



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0036321

(51)⁷ H01M 2/14

(13) B

(21) 1-2013-03928

(22) 17/05/2012

(86) PCT/US2012/038438 17/05/2012

(87) WO 2012/158969 22/11/2012

(30) 61/488,079 19/05/2011 US; 61/499,499 21/06/2011 US; 61/515,474 05/08/2011 US;
61/546,461 12/10/2011 US; 61/552,701 28/10/2011 US; 61/597,404 10/02/2012 US;
61/617,390 29/03/2012 US

(45) 25/07/2023 424

(43) 25/07/2014 316A

(73) Calera Corporation (US)

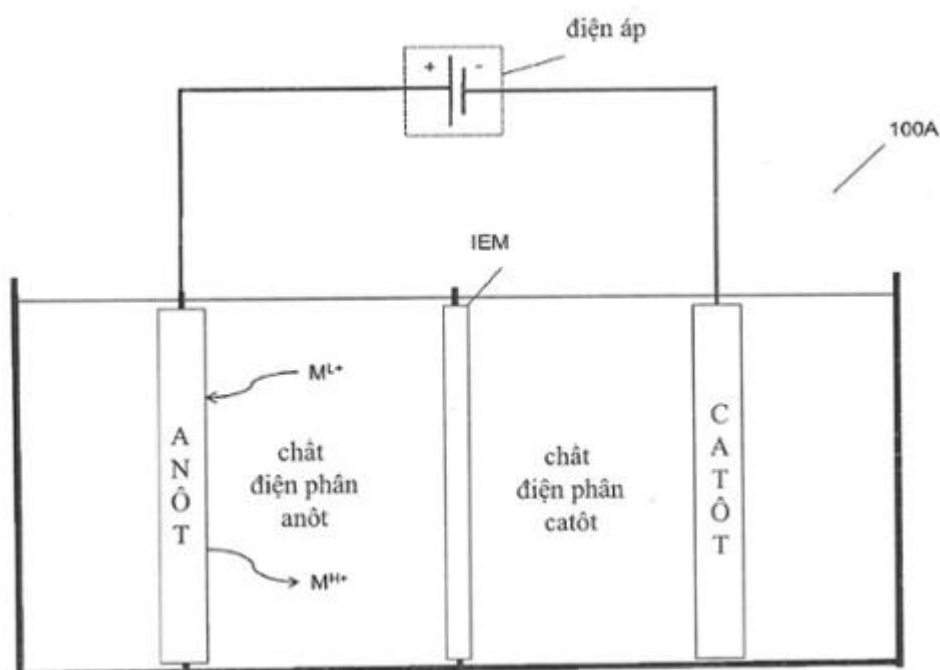
100 A Albright Way, Los Gatos, California 95032, United States of America

(72) ALBRECHT, Thomas A. (US); GILLIAM, Ryan J. (CA); BOGGS, Bryan (US);
SELF, Kyle (US); SOLAS, Dennis W. (US); KOSTOWSKYJ, Michael (CA);
LECLERC, Margarete K. (DE); GORER, Alexander (IL); WEISS, Michael (US).

(74) Công ty TNHH Tầm nhìn và Liên danh (VISION & ASSOCIATES CO.LTD.)

(54) PHƯƠNG PHÁP OXY HÓA ION KIM LOẠI TỪ TRẠNG THÁI OXY HÓA THẤP SANG TRẠNG THÁI OXY HÓA CAO

(57) Sáng chế đề xuất phương pháp và hệ thống của pin điện hóa bao gồm anốt và catốt trong đó anốt được tiếp xúc với ion kim loại mà chuyển đổi ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn. Ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn được phản ứng với khí hydro, hydrocarbon không no, và/hoặc hydrocarbon no để tạo thành sản phẩm.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến quá trình điện hóa kết hợp với hóa tổng hợp để halogen hóa hydrocacbon. Các hydrocacbon halogen hóa được tạo ra bằng cách này có thể được sử dụng trong sản xuất polyvinyl clorua (PVC).

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong nhiều quy trình hóa học, có thể cần natri hydroxit để thực hiện phản ứng hóa học, ví dụ để trung hòa axit, hoặc điều chỉnh độ pH của dung dịch, hoặc làm kết tủa hydroxit không tan từ dung dịch. Natri hydroxit có thể được sản xuất bằng một phương pháp nhờ hệ thống điện hóa. Trong quá trình sản xuất natri hydroxit bằng con đường điện hóa, như quá trình clo-kiềm, lượng lớn năng lượng, muối, và nước có thể được sử dụng.

Polyvinyl clorua, thường được biết đến là PVC, có thể là loại chất dẻo được sản xuất rộng rãi thứ ba trên thế giới, sau polyetylen và polypropylen. PVC được sử dụng rộng rãi trong xây dựng vì nó bền, rẻ, và chế tạo một cách dễ dàng. PVC có thể được sản xuất bằng cách polyme hóa monome vinyl clorua mà có thể được tạo thành từ etylen diclorua. Etylen diclorua có thể được sản xuất bằng cách clo hóa trực tiếp etylen sử dụng khí clo tạo thành từ quy trình clo-kiềm.

Việc sản xuất clo và natri hydroxit bằng cách điện phân dung dịch nước chứa natri clorua hoặc nước muối là một trong các quy trình điện hóa đòi hỏi sự tiêu thụ năng lượng lớn. Tổng năng lượng yêu cầu là ví dụ khoảng 2% ở Mỹ và khoảng 1% ở Nhật bản trong tổng năng lượng điện được phát ra, để duy trì quy trình này bằng công nghiệp clo-kiềm. Mức tiêu thụ năng lượng cao có thể liên quan tới việc phát thải cacbon dioxid lớn do đốt nhiên liệu hóa thạch. Do đó, vấn đề giảm nhu cầu điện năng cần được giải quyết để tránh ô nhiễm môi trường và sự nóng lên của trái đất.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất phương pháp bao gồm các bước cho anốt tiếp xúc với chất điện phân anốt trong đó chất điện phân anốt gồm ion kim loại; oxy hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn ở

anôt; cho catôt tiếp xúc với chất điện phân catôt; và cho hydrocacbon không no hoặc hydrocacbon no phản ứng với chất điện phân anôt gồm ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn, trong môi trường nước trong đó môi trường nước chứa hơn 5% khối lượng nước.

Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất phương pháp bao gồm các bước cho anôt tiếp xúc với chất điện phân anôt; oxy hoá ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn ở anôt; cho catôt tiếp xúc với chất điện phân catôt; và bổ sung phối tử vào chất điện phân anôt trong đó phối tử tương tác với ion kim loại.

Theo một số phương án của các khía cạnh nêu trên, phương pháp này còn bao gồm bước tạo thành kiềm, nước, hoặc khí hydro ở catôt. Theo một số phương án của các khía cạnh nêu trên, phương pháp này còn bao gồm bước tạo thành kiềm ở catôt. Theo một số phương án của các khía cạnh nêu trên, phương pháp này còn bao gồm bước tạo thành khí hydro ở catôt. Theo một số phương án của các khía cạnh nêu trên, phương pháp này còn bao gồm bước tạo thành nước ở catôt. Theo một số phương án của các khía cạnh nêu trên, catôt là catôt khử phân cực oxy mà khử oxy và nước thành ion hydroxit. Theo một số phương án của các khía cạnh nêu trên, catôt là catôt tạo ra khí hydro mà khử nước thành khí hydro và ion hydroxit. Theo một số phương án của các khía cạnh nêu trên, catôt là catôt tạo ra khí hydro mà khử axit clohydric thành khí hydro. Theo một số phương án của các khía cạnh nêu trên, catôt là catôt khử phân cực oxy mà phản ứng axit clohydric và khí oxy tạo thành nước.

Theo một số phương án của các khía cạnh và phương án nêu trên, ion kim loại bao gồm, nhưng không giới hạn ở, sắt, crom, đồng, thiếc, bạc, coban, urani, chì, thủy ngân, vanadi, bismut, titan, ruteni, osmi, europi, kẽm, cadimi, vàng, niken, paladi, platin, rodi, iridi, mangan, tecneti, reni, molybden, vonfram, niobi, tantan, zirconi, hafini, và sự kết hợp của chúng. Theo một số phương án, ion kim loại bao gồm, nhưng không giới hạn ở, sắt, crom, đồng, và thiếc. Theo một số phương án, ion kim loại là đồng. Theo một số phương án, trạng thái oxy hóa thấp của ion kim loại là $1+$, $2+$, $3+$, $4+$, hoặc $5+$. Theo một số phương án, trạng thái oxy hóa cao hơn của ion kim loại là $2+$, $3+$, $4+$, $5+$, hoặc $6+$. Theo một số phương án, ion kim loại là đồng được chuyển hóa từ Cu^+ thành Cu^{2+} , ion kim loại là sắt được chuyển hóa từ Fe^{2+} thành Fe^{3+} , ion kim loại là thiếc được chuyển hóa từ Sn^{2+} thành Sn^{4+} , ion kim loại là crom được chuyển

hóa từ Cr^{2+} thành Cr^{3+} , ion kim loại là platin được chuyển hóa từ Pt^{2+} thành Pt^{4+} , hoặc hỗn hợp của chúng.

Theo một số phương án của các khía cạnh và phương án nêu trên, không có khí nào được sử dụng hoặc được tạo thành ở anốt.

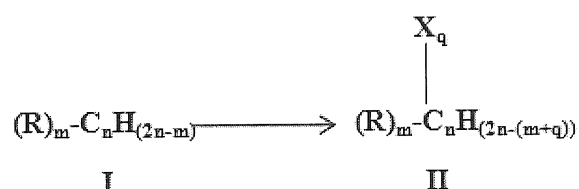
Theo một số phương án của các khía cạnh và phương án nêu trên, phương pháp này còn bao gồm bước bổ sung phối tử vào chất điện phân anốt trong đó phối tử tương tác với ion kim loại.

Theo một số phương án của các khía cạnh và phương án nêu trên, phương pháp này còn bao gồm bước cho hydrocacbon không no hoặc hydrocacbon no phản ứng với chất điện phân anốt gồm ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn và phối tử, trong đó phản ứng là trong môi trường nước.

Theo một số phương án của các khía cạnh và phương án nêu trên, phản ứng của hydrocacbon không no hoặc hydrocacbon no với chất điện phân anốt chứa ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn là phản ứng halogen hoá hoặc sulfonat hóa sử dụng kim loại halogenua hoặc kim loại sulfat ở trạng thái oxy hóa cao hơn tương ứng dẫn đến halohydrocacbon hoặc sulfohydrocacbon, và kim loại halogenua hoặc kim loại sulfat ở trạng thái oxy hóa thấp. Theo một số phương án, kim loại halogenua hoặc kim loại sulfat ở trạng thái oxy hóa thấp được luân chuyển trở lại chất điện phân anốt.

Theo một số phương án của các khía cạnh và phương án nêu trên, chất điện phân anốt gồm ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn còn gồm ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp.

Theo một số phương án của các khía cạnh và phương án nêu trên, hydrocacbon không no là hợp chất có công thức I dẫn đến hợp chất có công thức II sau khi halogen hoá hoặc sulfonat hóa:



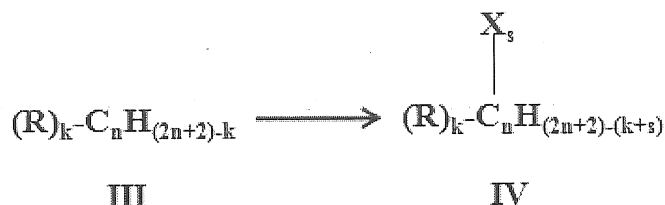
trong đó, n bằng từ 2 đến 10; m bằng từ 0 đến 5; và q bằng từ 1 đến 5;

R độc lập được chọn từ hydro, halogen, $-\text{COOR}'$, $-\text{OH}$, và $-\text{NR}'(\text{R}'')$, trong đó R' và R'' độc lập được chọn từ hydro, alkyl, và alkyl được thế; và

X là halogen được chọn từ clo, brom, và iot; $-\text{SO}_3\text{H}$; hoặc $-\text{OSO}_2\text{OH}$.

Theo một số phương án, m bằng 0; n bằng 2; q bằng 2; và X là clo. Theo một số phương án, hợp chất có công thức I là etylen, propylen, hoặc butylen và hợp chất có công thức II tương ứng là etylen diclorua, propylen diclorua hoặc 1,4-diclobutan. Theo một số phương án, phương pháp này còn bao gồm bước tạo thành monome vinyl clorua từ etylen diclorua và tạo thành poly(vinyl clorua) từ monome vinyl clorua.

Theo một số phương án của các khía cạnh và phương án nêu trên, hydrocacbon no là hợp chất có công thức III dẫn đến hợp chất có công thức IV sau khi halogen hoá hoặc sulfonat hóa:



trong đó, n bằng từ 2 đến 10; k bằng từ 0 đến 5; và s bằng từ 1 đến 5;

R độc lập được chọn từ hydro, halogen, $-\text{COOR}'$, $-\text{OH}$, và $-\text{NR}'(\text{R}'')$, trong đó R' và R'' độc lập được chọn từ hydro, alkyl, và alkyl được thế; và

X là halogen được chọn từ clo, brom, và iot; $-\text{SO}_3\text{H}$; hoặc $-\text{OSO}_2\text{OH}$.

Theo một số phương án, hợp chất có công thức III là metan, etan, hoặc propan.

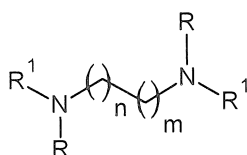
Theo một số phương án của các khía cạnh và phương án nêu trên, môi trường nước gồm từ 5 đến 90% khối lượng nước.

Theo một số phương án của các khía cạnh và phương án nêu trên, phối tử dẫn đến một hoặc nhiều tính chất bao gồm, nhưng không giới hạn ở, tăng khả năng phản ứng của ion kim loại đối với hydrocacbon không no, hydrocacbon no, hoặc khí hydro, tăng khả năng chọn lọc của ion kim loại đối với việc halogen hoá hydrocacbon không no hoặc hydrocacbon no, tăng sự chuyển halogen từ ion kim loại sang hydrocacbon không no, hydrocacbon no, hoặc khí hydro, giảm thế oxy hóa khử của pin điện hóa,

tăng độ tan của ion kim loại trong môi trường nước, giảm đi qua màng của ion kim loại đến chất điện phân catốt trong pin điện hóa, giảm ăn mòn pin điện hóa và/hoặc thiết bị phản ứng, tăng sự phân tách ion kim loại từ axit dung dịch sau khi phản ứng với khí hydro, tăng sự phân tách ion kim loại từ dung dịch hydrocacbon được halogen hóa, và kết hợp của các tính chất này.

Theo một số phương án của các khía cạnh và phương án nêu trên, phối tử bao gồm, nhưng không giới hạn ở, phosphin được thế hoặc không được thế, ete crown được thế hoặc không được thế, nito béo được thế hoặc không được thế, pyridin được thế hoặc không được thế, dinitril được thế hoặc không được thế, và kết hợp của các phối tử này.

Theo một số phương án của các khía cạnh và phương án nêu trên, phối tử có công thức A:

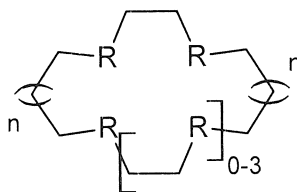


A

trong đó n và m độc lập bằng từ 0 đến 2 và R và R¹ độc lập là H, alkyl, hoặc alkyl được thế.

Theo một số phương án, alkyl được thế là alkyl được thế bằng một hoặc nhiều nhóm được chọn từ alkenyl, halogen, amin, và amin đã được thế.

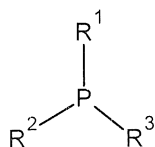
Theo một số phương án của các khía cạnh và phương án nêu trên, phối tử có công thức C:



C

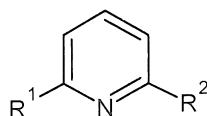
trong đó R độc lập O, S, P, hoặc N; và n bằng 0 hoặc 1.

Theo một số phương án của các khía cạnh và phương án nêu trên, phối tử có công thức D, hoặc oxit của chúng:

**D**

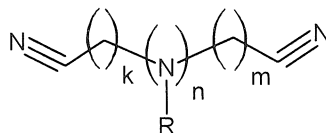
trong đó R^1 , R^2 , và R^3 độc lập là H, alkyl, alkyl được thế, alkoxy, alkoxy được thế, aryl, aryl được thế, heteroaryl, heteroaryl được thế, amin, amin được thế, xycloalkyl, xycloalkyl được thế, heteroxycloalkyl, và heteroxycloalkyl được thế.

Theo một số phương án của các khía cạnh và phương án nêu trên, phối tử có công thức E:

**E**

trong đó R^1 và R^2 độc lập là H, alkyl, alkyl được thế, aryl, aryl được thế, heteroaryl, heteroaryl được thế, amin, amin được thế, xycloalkyl, xycloalkyl được thế, heteroxycloalkyl, và heteroxycloalkyl được thế.

Theo một số phương án của các khía cạnh và phương án nêu trên, phối tử có công thức F:

**F**

trong đó R là hydro, alkyl, hoặc alkyl được thế; n bằng từ 0 đến 2; m bằng từ 0 đến 3; và k bằng từ 1 đến 3.

Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất hệ thống bao gồm anốt tiếp xúc với chất điện phân anốt gồm ion kim loại trong đó anốt có cấu hình để oxy hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn; catốt tiếp xúc với chất điện phân catốt; và thiết bị phản ứng được nối với buồng anốt theo cách có thể điều khiển được và có cấu hình để chất điện phân anốt gồm ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn phản ứng với hydrocarbon không no hoặc hydrocarbon no trong môi trường nước trong đó môi trường nước chứa hơn 5% khối lượng nước.

Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất hệ thống bao gồm anốt tiếp xúc với chất điện phân anốt gồm ion kim loại trong đó anốt có cấu hình để oxy hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn; phối tử trong chất điện phân anốt trong đó phối tử có cấu hình để tương tác với ion kim loại; và catốt tiếp xúc với chất điện phân catốt.

Theo một số phương án của các khía cạnh và phương án nêu trên, hệ thống còn gồm phối tử trong chất điện phân anốt trong đó phối tử có cấu hình để tương tác với ion kim loại.

Theo một số phương án của các khía cạnh và phương án về hệ thống nêu trên, catốt là catốt khuếch tán khí có cấu hình để phản ứng giữa khí oxy và nước tạo thành ion hydroxit. Theo một số phương án của các khía cạnh và phương án cho hệ thống nêu trên, catốt là catốt tạo ra khí hydro có cấu hình để tạo thành khí hydro và ion hydroxit bằng cách khử nước. Theo một số phương án của các khía cạnh và phương án cho hệ thống nêu trên, catốt là catốt tạo ra khí hydro có cấu hình để khử axit, như, axit clohydric thành khí hydro. Theo một số phương án của các khía cạnh và phương án về hệ thống nêu trên, catốt là catốt khuếch tán khí có cấu hình để phản ứng giữa axit clohydric và oxy tạo thành nước.

Theo một số phương án của các khía cạnh và phương án về hệ thống nêu trên, anốt có cấu hình để không tạo thành khí.

Theo một số phương án của các khía cạnh và phương án nêu trên, hệ thống còn gồm bộ gây kết tủa có cấu hình để tiếp xúc chất điện phân catốt với các cation có hoá trị hai để tạo thành sản phẩm cacbonat và/hoặc bicarbonat.

Theo một số phương án của các khía cạnh và phương án nêu trên, hệ thống còn gồm thiết bị phản ứng được nối với buồng anốt theo cách có thể điều khiển được và có cấu hình để chất điện phân anốt gồm ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn và phối tử phản ứng với hydrocacbon không no hoặc hydrocacbon no trong môi trường nước.

Theo một số phương án của các khía cạnh và phương án nêu trên, ion kim loại là đồng. Theo một số phương án của các khía cạnh và phương án nêu trên, hydrocacbon không no là etylen.

Theo khía cạnh khác, sáng chế đề xuất phương pháp bao gồm các bước cho anốt tiếp xúc với chất điện phân anốt; oxy hoá ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn ở anốt; và cho catốt tiếp xúc với chất điện phân catốt trong đó catốt là catốt khử phân cực oxy mà khử oxy và nước thành ion hydroxit.

Theo khía cạnh khác, sáng chế đề xuất phương pháp bao gồm các bước cho anốt tiếp xúc với chất điện phân anốt và oxy hoá ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn ở anốt; cho catốt tiếp xúc với chất điện phân catốt và tạo ra ion hydroxit trong chất điện phân catốt; và cho chất điện phân catốt tiếp xúc với khí cacbon dioxit hoặc dung dịch chứa các ion bicacbonat/cacbonat.

Theo khía cạnh khác, sáng chế đề xuất phương pháp bao gồm các bước cho anốt tiếp xúc với chất điện phân anốt và oxy hoá ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn ở anốt; cho catốt tiếp xúc với chất điện phân catốt; và ngăn ngừa việc di chuyển ion kim loại từ chất điện phân anốt sang chất điện phân catốt bằng cách sử dụng màng loại trừ theo kích cỡ hoặc màng trao đổi anion.

Theo khía cạnh khác, sáng chế đề xuất phương pháp bao gồm các bước cho anốt tiếp xúc với chất điện phân anốt và oxy hoá ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn ở anốt; và cho catốt tiếp xúc với chất điện phân catốt và tạo ra ion hydroxit và/hoặc khí hydro ở catốt; và tạo ra axit bằng cách cho ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn phản ứng với khí hydro.

Theo khía cạnh khác, sáng chế đề xuất phương pháp gồm các bước: sử dụng điện áp nhỏ hơn 2,5 vôn; cho anốt tiếp xúc với chất điện phân anốt và oxy hoá ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn ở anốt; và cho catốt tiếp xúc với chất điện phân catốt trong đó catốt tạo ra ion hydroxit, khí hydro, hoặc nước.

Theo khía cạnh khác, sáng chế đề xuất phương pháp sản xuất hydrocacbon đã halogen hóa xanh, bao gồm các bước: cho anốt tiếp xúc với chất điện phân anốt và oxy hoá kim loại clorua từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn ở anốt; cho catốt tiếp xúc với chất điện phân catốt; và halogen hóa hydrocacbon không no với kim loại clorua ở trạng thái oxy hóa cao hơn để tạo ra hydrocacbon đã halogen hóa xanh.

Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất phương pháp bao gồm các bước cho anốt tiếp xúc với chất điện phân anốt và oxy hoá kim loại clorua từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn ở anốt; cho catốt tiếp xúc với chất điện phân catốt; halogen hóa hydrocacbon không no với kim loại clorua ở trạng thái oxy hóa cao hơn; và bổ sung phối tử vào kim loại clorua trong đó phối tử tương tác với ion kim loại.

Một số phương án của các khía cạnh nêu trên được đề xuất trong bản mô tả này. Theo một số phương án, catốt là catốt khuếch tán khí. Theo một số phương án, catốt tạo thành khí hydro bằng cách khử nước hoặc axit clohydric. Theo một số phương án, ion kim loại được chọn từ nhóm gồm sắt, crom, đồng, thiếc, bạc, coban, urani, chì, thủy ngân, vanadi, bismut, titan, ruteni, osmi, europi, kẽm, cadimi, vàng, niken, paladi, platin, rodi, iridi, mangan, tecneti, reni, molybden, vonfram, niobi, tantan, zirconi, hafini, và kết hợp của các ion kim loại này. Theo một số phương án, ion kim loại được chọn từ nhóm bao gồm sắt, crom, đồng, và thiếc. Theo một số phương án, ion kim loại là đồng. Theo một số phương án, ion kim loại là thiếc. Theo một số phương án, ion kim loại là crom. Theo một số phương án, ion kim loại là sắt. Theo một số phương án, trạng thái oxy hóa thấp của ion kim loại là 1+, 2+, 3+, 4+, hoặc 5+. Theo một số phương án, trong đó trạng thái oxy hóa cao hơn của ion kim loại là 2+, 3+, 4+, 5+, hoặc 6+. Theo một số phương án, ion kim loại là đồng được chuyển hóa từ Cu^+ thành Cu^{2+} trong buồng anốt. Theo một số phương án, ion kim loại là sắt được chuyển hóa từ Fe^{2+} thành Fe^{3+} trong buồng anốt. Theo một số phương án, ion kim loại là thiếc được chuyển hóa từ Sn^{2+} thành Sn^{4+} trong buồng anốt. Theo một số phương án, ion kim loại là crom được chuyển hóa từ Cr^{3+} thành Cr^{6+} trong buồng anốt. Theo một số phương án, ion kim loại là crom được chuyển hóa từ Cr^{2+} thành Cr^{3+} trong buồng anốt. Theo một số phương án, không có khí nào được sử dụng hoặc được tạo thành ở anốt. Theo một số phương án, không có axit nào được tạo thành trong buồng anốt. Theo một số phương án, ion kim loại ở dạng kim loại halogenua. Theo một số phương án, kim loại halogenua với ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn tùy ý bao gồm kim loại halogenua với ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp được tiếp xúc với khí hydro để tạo thành hydro halogenua, như, nhưng không giới hạn ở, hydro clorua, axit clohydric, hydro bromua, axit bromhydric, hydro iodua, hoặc axit

iothydrin, và kim loại halogenua với ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp. Theo một số phương án, kim loại halogenua với ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp được luân chuyển trở lại buồng anot. Theo một số phương án, kim loại halogenua với ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn tùy ý bao gồm kim loại halogenua với ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp được tiếp xúc với hydrocacbon không no và/hoặc hydrocacbon no để tạo thành halohydrocacbon và kim loại halogenua với ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp. Theo một số phương án, kim loại halogenua với ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp được luân chuyển trở lại buồng anot.

Theo một số phương án, kim loại clorua với ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn tùy ý bao gồm kim loại clorua với ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp được tiếp xúc với khí hydro để tạo thành axit clohydric và kim loại clorua với ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp. Theo một số phương án, kim loại clorua với ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp được luân chuyển trở lại buồng anot. Theo một số phương án, kim loại clorua với ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn tùy ý bao gồm kim loại clorua với ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp được tiếp xúc với hydrocacbon không no để tạo thành clohydrocacbon và kim loại clorua với ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp. Theo một số phương án, kim loại clorua với ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp được luân chuyển trở lại buồng anot. Theo một số phương án, hydrocacbon không no là etylen và halohydrocacbon như clohydrocacbon là etylen diclorua. Theo một số phương án, các phương pháp được mô tả trong bản mô tả này còn bao gồm bước tạo thành monome vinyl clorua từ etylen diclorua. Theo một số phương án, các phương pháp được mô tả trong bản mô tả này còn bao gồm bước tạo thành poly(vinyl clorua) từ monome vinyl clorua.

Theo một số phương án, phương pháp này còn bao gồm bước cho chất điện phân catot tiếp xúc với cacbon từ nguồn cacbon. Theo một số phương án, phương pháp này còn bao gồm cho chất điện phân catot tiếp xúc với cacbon được chọn từ cacbon dioxit thể khí từ quy trình công nghiệp hoặc dung dịch chứa cacbon dioxit từ bộ phận tiếp xúc khí/lỏng tiếp xúc với cacbon dioxit thể khí từ quy trình công nghiệp. Theo một số phương án, phương pháp này còn bao gồm bước cho chất điện phân catot tiếp xúc với các cation có hoá trị hai sau khi cho tiếp xúc với cacbon để tạo thành sản

phẩm cacbonat và/hoặc bicacbonat. Theo một số phương án, phương pháp này bao gồm bước sử dụng điện áp giữa anôt và catôt bằng từ 0,01 đến 2,5V.

Theo một số phương án, việc xử lý ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn bằng hydrocacbon không no là ở bên trong buồng anôt. Theo một số phương án, việc xử lý ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn bằng hydrocacbon không no là ở bên ngoài buồng anôt. Theo một số phương án, việc xử lý ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn bằng hydrocacbon không no dẫn đến clohydrocacbon. Theo một số phương án, clohydrocacbon là etylen diclorua. Theo một số phương án, phương pháp này còn bao gồm bước xử lý ion Cu^{2+} bằng etylen để tạo thành etylen diclorua. Theo một số phương án, phương pháp này còn bao gồm bước xử lý etylen diclorua để tạo thành monome vinyl clorua. Theo một số phương án, phương pháp này còn bao gồm bước xử lý monome vinyl clorua để tạo thành poly (vinyl) clorua.

Theo khía cạnh khác, sáng chế đề xuất hệ thống bao gồm buồng anôt gồm anôt tiếp xúc với ion kim loại trong chất điện phân anôt, trong đó buồng anôt có cấu hình để chuyển hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn; và buồng catôt gồm catôt khử phân cực oxy tiếp xúc với chất điện phân catôt, trong đó buồng catôt có cấu hình để tạo ra kiềm.

Theo khía cạnh khác, sáng chế đề xuất hệ thống bao gồm buồng anôt gồm anôt tiếp xúc với ion kim loại trong chất điện phân anôt trong đó buồng anôt có cấu hình để chuyển hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn; buồng catôt gồm catôt tiếp xúc với chất điện phân catôt, trong đó buồng catôt có cấu hình để tạo ra kiềm; và bộ phận tiếp xúc được nối với buồng catôt theo cách có thể điều khiển được và có cấu hình để cacbon từ nguồn cacbon tiếp xúc với chất điện phân catôt.

Theo khía cạnh khác, sáng chế đề xuất hệ thống bao gồm buồng anôt gồm anôt tiếp xúc với ion kim loại trong chất điện phân anôt trong đó buồng anôt có cấu hình để chuyển hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn; và buồng catôt gồm catôt tiếp xúc với chất điện phân catôt, trong đó buồng catôt có cấu hình để tạo ra kiềm; và màng loại trừ theo kích cỡ và/hoặc màng trao đổi anion có cấu hình để ngăn việc di chuyển của ion kim loại từ chất điện phân anôt sang chất điện phân catôt.

Theo khía cạnh khác, sáng chế đề xuất hệ thống bao gồm anốt tiếp xúc với chất điện phân anốt trong đó anốt có cấu hình để oxy hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn; catốt tiếp xúc với chất điện phân catốt; và thiết bị phản ứng được nối với buồng anốt theo cách có thể điều khiển được và có cấu hình để ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn phản ứng với khí hydro để tạo thành axit.

Theo khía cạnh khác, sáng chế đề xuất hệ thống bao gồm anốt tiếp xúc với chất điện phân anốt trong đó anốt có cấu hình để oxy hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn; catốt tiếp xúc với chất điện phân catốt; và thiết bị phản ứng được nối với buồng anốt theo cách có thể điều khiển được và có cấu hình để ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn phản ứng với hydrocacbon không no để tạo thành hydrocacbon đã halogen hóa xanh.

Theo khía cạnh khác, sáng chế đề xuất hệ thống bao gồm anốt tiếp xúc với chất điện phân anốt trong đó anốt có cấu hình để oxy hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn; catốt tiếp xúc với chất điện phân catốt; phối tử trong chất điện phân anốt trong đó phối tử có cấu hình để tương tác với ion kim loại; và thiết bị phản ứng được nối với buồng anốt theo cách có thể điều khiển được và có cấu hình để ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn phản ứng với hydrocacbon không no khi có mặt phối tử.

Một số phương án của các khía cạnh về hệ thống mô tả ở trên được đề xuất trong bản mô tả này. Theo một số phương án, catốt là catốt khuếch tán khí. Theo một số phương án, catốt có cấu hình để tạo thành khí hydro bằng cách khử nước. Theo một số phương án, hệ thống này còn bao gồm hệ thống phân phối khí oxy được nối với buồng catốt theo cách có thể điều khiển được và có cấu hình để cung cấp khí oxy từ nguồn khí oxy cho buồng catốt. Theo một số phương án, ion kim loại ở dạng kim loại clorua. Theo một số phương án, hệ thống này còn bao gồm thiết bị phản ứng được nối với buồng anốt theo cách có thể điều khiển được và có cấu hình để kim loại clorua với ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn tiếp xúc với hydrocacbon không no để tạo thành clohydrocacbon. Theo một số phương án, hệ thống này còn bao bộ phận tiếp xúc được nối với buồng catốt theo cách có thể điều khiển được và có cấu hình để cacbon từ nguồn cacbon tiếp xúc với chất điện phân catốt. Theo một số phương án, hệ

thống này còn bao bộ phận tiếp xúc được nối với buồng catôt theo cách có thể điều khiển được và có cấu hình để cacbon từ nguồn cacbon tiếp xúc với chất điện phân catôt trong đó cacbon từ nguồn cacbon được chọn từ cacbon dioxit thể khí từ quy trình công nghiệp hoặc dung dịch cacbon dioxit từ bộ phận tiếp xúc khí/lỏng tiếp xúc với cacbon dioxit thể khí từ quy trình công nghiệp. Theo một số phương án, hệ thống này còn bao gồm bộ gây kết tủa để chất điện phân catôt tiếp xúc với ion kim loại kiềm thổ để tạo ra sản phẩm cacbonat và/hoặc bicarbonat.

Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất hệ thống bao gồm buồng anôt trong đó buồng anôt gồm anôt tiếp xúc với ion kim loại trong chất điện phân anôt trong đó buồng anôt có cấu hình để chuyển hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn và hệ thống phân phối hydrocacbon không no có cấu hình để phân phối hydrocacbon không no đến buồng anôt. Theo một số phương án, hydrocacbon không no là etylen. Theo một số phương án, ion kim loại là ion đồng.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Các dấu hiệu mới của sáng chế được nêu cụ thể trong các điểm yêu cầu bảo hộ kèm theo. Các dấu hiệu và ưu điểm của sáng chế có thể được hiểu rõ hơn dựa vào phần mô tả chi tiết sau đây mô tả các phương án minh họa, trong đó nguyên lý của sáng chế được sử dụng, và các hình vẽ đi kèm, trong đó:

Fig.1A là hình vẽ minh họa một phương án của sáng chế.

Fig.1B là hình vẽ minh họa một phương án của sáng chế.

Fig.2 là hình vẽ minh họa một phương án của sáng chế.

Fig.3A là hình vẽ minh họa một phương án của sáng chế.

Fig.3B là hình vẽ minh họa một phương án của sáng chế.

Fig.4A là hình vẽ minh họa một phương án của sáng chế.

Fig.4B là hình vẽ minh họa một phương án của sáng chế.

Fig.5A là hình vẽ minh họa một phương án của sáng chế.

Fig.5B là hình vẽ minh họa một phương án của sáng chế.

Fig.5C là hình vẽ minh họa một phương án của sáng chế.

Fig.6 là hình vẽ minh họa một phương án của sáng chế.

Fig.7A là hình vẽ minh họa một phương án của sáng chế.

Fig.7B là hình vẽ minh họa một phương án của sáng chế.

Fig.7C là hình vẽ minh họa một phương án của sáng chế.

Fig.8A là hình vẽ minh họa một phương án của sáng chế.

Fig.8B là hình vẽ minh họa một phương án của sáng chế.

Fig.8C là hình vẽ minh họa một phương án của sáng chế.

Fig.9 là hình vẽ minh họa một phương án của sáng chế.

Fig.10A là hình vẽ minh họa một phương án của sáng chế.

Fig.10B là hình vẽ minh họa một phương án của sáng chế.

Fig.11 là hình vẽ minh họa một phương án của sáng chế.

Fig.12 là hình vẽ minh họa một phương án của sáng chế.

Fig.13 là hình vẽ minh họa một phương án của sáng chế.

Fig.14 là bố trí thử nghiệm như được mô tả trong ví dụ 1 trong bản mô tả này.

Fig.15 là đồ thị minh họa như được mô tả trong ví dụ 2 trong bản mô tả này.

Fig.16 là đồ thị minh họa như được mô tả trong ví dụ 3 trong bản mô tả này.

Fig.17A là đồ thị minh họa quá trình khử crom bằng khí hydro được mô tả trong ví dụ 4 trong bản mô tả này.

Fig.17B là đồ thị minh họa quá trình khử đồng bằng khí hydro được mô tả trong ví dụ 4 trong bản mô tả này.

Fig.18 là đồ thị minh họa như được mô tả trong ví dụ 5 trong bản mô tả này.

Fig.19 là đồ thị minh họa như được mô tả trong ví dụ 5 trong bản mô tả này.

Fig.20 là hình vẽ một phương án minh họa như được mô tả trong ví dụ 6 trong bản mô tả này.

Fig.21 là đồ thị minh họa như được mô tả trong ví dụ 7 trong bản mô tả này.

Fig.22 là đồ thị minh họa như được mô tả trong ví dụ 8 trong bản mô tả này.

Fig.23 minh họa tóm tắt các chỉ số đo điện trở dòng điện một chiều của màng trao đổi anion, như được mô tả trong ví dụ 9.

Fig.24 minh họa sự ngăn không cho ion đồng qua lại màng trao đổi anion, như được mô tả trong ví dụ 9.

Fig.25A minh họa một vài ví dụ về các phối tử được sử dụng trong phản ứng được mô tả trong ví dụ 10.

Fig.25B minh họa một vài ví dụ về các phối tử có thể được sử dụng trong phản ứng được mô tả trong ví dụ 10.

Fig.26 là đồ thị minh họa như được mô tả trong ví dụ 11 trong bản mô tả này.

Fig.27 là đồ thị minh họa như được mô tả trong ví dụ 12 trong bản mô tả này.

Fig.28 là đồ thị minh họa như được mô tả trong ví dụ 13 trong bản mô tả này.

Fig.29 là đồ thị minh họa như được mô tả trong ví dụ 14 trong bản mô tả này.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sáng chế đề xuất hệ thống và phương pháp liên quan đến việc oxy hóa ion kim loại bằng anốt trong buồng anốt trong đó ion kim loại được oxy hóa từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn.

Người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực kỹ thuật này có thể hiểu rằng hệ thống và phương pháp điện hóa theo sáng chế có thể được thiết kế với dung dịch muối tương đương khác, ví dụ dung dịch kali clorua hoặc dung dịch natri clorua hoặc dung dịch magie clorua hoặc dung dịch natri sulfat hoặc dung dịch amoni clorua, để tạo ra dung dịch kiềm tương đương, ví dụ kali hydroxit và/hoặc kali cacbonat và/hoặc kali bicarbonat hoặc natri hydroxit và/hoặc natri cacbonat và/hoặc natri bicarbonat hoặc magie hydroxit và/hoặc magie cacbonat trong chất điện phân catốt. Do đó, chùng nào các khía cạnh/phương án tương đương này vẫn được dựa vào hoặc được gợi ý bởi hệ thống và phương pháp theo sáng chế, thì các khía cạnh/phương án tương đương này vẫn thuộc phạm vi của sáng chế.

Trước khi mô tả chi tiết sáng chế, cần hiểu rằng sáng chế không bị giới hạn ở các phương án cụ thể được mô tả, các phương án này có thể được thay đổi. Cũng cần hiểu rằng thuật ngữ được sử dụng ở đây chỉ nhằm mục đích mô tả các phương án cụ thể, và không được dự định để giới hạn, bởi vì phạm vi của sáng chế sẽ chỉ bị giới hạn bởi các điểm yêu cầu bảo hộ kèm theo.

Khi khoảng giá trị được cung cấp, cần hiểu là mỗi giá trị xen giữa, đến một phần mười đơn vị của giới hạn dưới trừ phi văn cảnh quy định rõ ràng theo cách khác, giữa giới hạn trên và dưới của khoảng này và khoảng được đề cập khác bất kỳ hoặc giá trị xen giữa trong khoảng được đề cập này, đều nằm trong sáng chế. Các giới hạn trên và dưới của các khoảng nhỏ hơn này có thể độc lập nằm trong các khoảng nhỏ hơn và cũng nằm trong sáng chế, tùy theo giới hạn bị loại trừ cụ thể bất kỳ trong khoảng được đề cập. Khi khoảng được đề cập bao gồm một hoặc cả hai giới hạn, thì các khoảng loại trừ một hoặc cả hai giới hạn được bao gồm này cũng nằm trong sáng chế.

Các khoảng nhất định được trình bày trong bản mô tả này bằng các giá trị bằng số có thể được hiểu là các số “khoảng”. Thuật ngữ “khoảng” nhằm đưa ra sự hỗ trợ bằng chữ cho một số chính xác đứng sau thuật ngữ này, cũng như một số là gần bằng hoặc xấp xỉ số đứng sau thuật ngữ này. Để xác định một số là gần bằng hoặc xấp xỉ một số được trích dẫn cụ thể hay không, một số không tương ứng gần bằng hoặc xấp xỉ có thể là số được trình bày trong văn cảnh đó tạo ra sự tương đương về cơ bản của số được trích dẫn cụ thể.

Trừ khi có quy định khác, tất cả thuật ngữ kỹ thuật và khoa học được sử dụng trong bản mô tả này đều có nghĩa giống như thường được hiểu bởi người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực kỹ thuật này. Mặc dù các phương pháp và các chất bất kỳ tương tự hoặc tương đương với các phương pháp và các chất được mô tả trong bản mô tả này cũng có thể được sử dụng trong thực tế hoặc thử nghiệm sáng chế, nhưng chỉ các phương pháp và các chất có tính minh họa đại diện được mô tả.

Tất cả các tài liệu công bố và các sáng chế được trích dẫn trong bản mô tả này được kết hợp ở đây để tham khảo cho dù mỗi tài liệu công bố hoặc sáng chế riêng lẻ được chỉ định cụ thể và riêng lẻ kết hợp để tham khảo và được kết hợp ở đây để bộc lộ và mô tả các phương pháp và/hoặc các chất mà các tài liệu công bố được trích dẫn có liên quan đến chúng. Việc trích dẫn tài liệu công bố bất kỳ là vì bộc lộ của tài liệu này trước ngày nộp đơn và không nên hiểu như thừa nhận là sáng chế không được quyền ghi lùi ngày tháng về trước ngày tài liệu công bố này do mất tính mới. Hơn nữa, ngày tháng công bố được cung cấp có thể khác với ngày tháng công bố thực tế mà có thể cần được xác nhận độc lập.

Lưu ý là, như được sử dụng trong bản mô tả này và trong các điểm yêu cầu bảo hộ đính kèm, các dạng số ít của danh từ bao gồm cả số nhiều trừ khi văn cảnh quy định rõ ràng theo cách khác. Lưu ý thêm là, các điểm yêu cầu bảo hộ có thể được phác thảo để loại trừ một thành phần tùy ý bất kỳ. Như vậy, bản mô tả này được dự định để làm nền tảng ban đầu để sử dụng thuật ngữ loại trừ như "chỉ có", "chỉ" và thậm chí tương tự có liên quan đến việc trích dẫn các thành phần bảo hộ, hoặc sử dụng sự giới hạn "phủ định".

Người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực kỹ thuật này sẽ hiểu rõ khi đọc bản mô tả này, mỗi phương án riêng lẻ được mô tả và được minh họa ở đây có các thành phần và dấu hiệu riêng biệt có thể dễ dàng được tách ra hoặc được kết hợp với các dấu hiệu của phương án bất kỳ trong số các phương án khác mà không trệch khỏi phạm vi hoặc ý tưởng của sáng chế. Phương pháp được trích dẫn bất kỳ có thể được thực hiện theo thứ tự các công việc được trích dẫn hoặc theo thứ tự khác bất kỳ có thể có một cách logic.

Hợp phần, phương pháp và hệ thống

Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất phương pháp và hệ thống liên quan đến sự oxy hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn trong buồng anốt của pin điện hóa. Ion kim loại được tạo thành ở trạng thái oxy hóa cao hơn có thể được dùng làm hoặc được sử dụng cho mục đích thương mại như, nhưng không giới hạn ở, phản ứng tổng hợp hóa học, phản ứng khử v.v.. Theo một khía cạnh, các pin điện hóa được mô tả trong bản mô tả này tạo ra hệ thống điện áp hiệu quả và thấp trong đó hợp chất kim loại như kim loại halogenua, ví dụ kim loại clorua hoặc kim loại sulfat với trạng thái oxy hóa cao hơn được tạo ra bởi anốt có thể được sử dụng cho các mục đích khác, như, nhưng không giới hạn ở, mục đích tạo ra hydro clorua, axit clohydric, hydro bromua, axit bromhydric, hydro iodua, axit iohydric, hoặc axit sulfuric từ khí hydro và/hoặc tạo ra halohydrocacbon hoặc sulfohydrocacbon từ các hydrocacbon.

Thuật ngữ "halohydrocacbon" hoặc "hydrocacbon đã halogen hóa" như được sử dụng trong bản mô tả này, bao gồm hydrocacbon được thế halo trong đó halo có thể là số lượng các halogen bất kỳ mà có thể được gắn vào hydrocacbon tùy theo hóa

trị cho phép. Halogen bao gồm flo, clo, brom, và iot. Ví dụ về halohydrocacbon bao gồm clohydrocacbon, bromhydrocacbon, và iohydrocacbon. Clohydrocacbon bao gồm, nhưng không giới hạn ở, monoclohydrocacbon, diclohydrocacbon, triclohydrocacbon, v.v.. Đối với kim loại halogenua, như, nhưng không giới hạn ở, kim loại bromua và kim loại iodua, kim loại bromua hoặc kim loại iodua với trạng thái oxy hóa cao hơn được tạo ra bởi buồng anốt có thể được sử dụng cho mục đích khác, như, nhưng không giới hạn ở, mục đích tạo ra hydro bromua hoặc hydro iodua và/hoặc tạo ra brom hoặc iohydrocacbon, như, nhưng không giới hạn ở, monobromhydrocacbon, dibromhydrocacbon, tribromhydrocacbon, moniohydrocacbon, dihydrocacbon, trihydrocacbon, v.v.. Theo một số phương án, ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn có thể được bán dưới các dạng này trên thị trường.

Thuật ngữ “sulfohydrocacbon” ở đây bao gồm các hydrocacbon được thế bằng một hoặc nhiều $-SO_3H$ hoặc $-OSO_2OH$ tùy theo hoá trị cho phép.

Pin điện hóa theo sáng chế có thể là pin điện hóa bất kỳ trong đó ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp được chuyển hóa thành ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn trong buồng anốt. Trong các pin điện hóa này, phản ứng catốt có thể là phản ứng bất kỳ tạo thành hoặc không tạo thành kiềm trong buồng catốt. Catốt này tiêu thụ điện tử và thực hiện phản ứng bất kỳ bao gồm, nhưng không giới hạn ở, phản ứng của nước để tạo thành ion hydroxit và khí hydro hoặc phản ứng của khí oxy và nước để tạo thành ion hydroxit hoặc khử các proton từ axit như axit clohydric để tạo ra khí hydro hoặc phản ứng của các proton từ axit clohydric và khí oxy để tạo ra nước.

Theo một số phương án, các pin điện hóa có thể bao gồm việc tạo ra kiềm trong buồng catốt của pin. Kiềm được tạo ra trong buồng catốt có thể được dùng cho mục đích thương mại hoặc có thể được xử lý bằng các cation có hoá trị hai để tạo ra cation có hoá trị hai chứa cacbonat/bicacbonat. Theo một số phương án, kiềm được tạo ra trong buồng catốt có thể được sử dụng để cô lập hoặc thu nạp cacbon dioxit. Cacbon dioxit có thể có mặt trong khí ống khói phát thải bởi các nhà máy công nghiệp khác nhau. Cacbon dioxit có thể được cô lập dưới dạng sản phẩm cacbonat và/hoặc bicacbonat. Theo một số phương án, hợp chất kim loại với kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn có thể được lấy ra từ buồng anốt và được sử dụng cho quy trình thương

mại bất kỳ đã biết đối với người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực kỹ thuật này. Do đó, cả chất điện phân anốt cũng như chất điện phân catốt có thể được sử dụng để tạo ra sản phẩm mà có thể được sử dụng cho mục đích thương mại, nhờ đó tạo ra quy trình hiệu quả hơn, tiết kiệm hơn và tiêu tốn ít năng lượng hơn.

Theo một số phương án, hợp chất kim loại được tạo ra bởi buồng anốt có thể được dùng luôn hoặc có thể được tinh chế trước khi cho phản ứng với khí hydro, hydrocacbon không no, hoặc hydrocacbon no để lần lượt tạo thành hydro clorua, axit clohydric, hydro bromua, axit bromhydric, hydro iodua, hoặc axit iohydric, axit sulfuric, và/hoặc halohydrocacbon hoặc sulfohydrocacbon. Theo một số phương án, hợp chất kim loại có thể được sử dụng tại vị trí mà ở đó khí hydro được tạo thành và/hoặc theo một số phương án, hợp chất kim loại được lấy ra từ buồng anốt có thể được chuyển tới vị trí mà ở đó khí hydro được tạo ra và hydro clorua, axit clohydric, hydro bromua, axit bromhydric, hydro iodua, hoặc axit iohydric được tạo thành từ đó. Theo một số phương án, hợp chất kim loại có thể được tạo thành trong hệ thống điện hóa và được sử dụng tại vị trí mà ở đó hydrocacbon không no như, nhưng không giới hạn ở, khí etylen được tạo ra hoặc được chuyển tới và/hoặc theo một số phương án, hợp chất kim loại được lấy ra từ buồng anốt có thể được chuyển tới vị trí mà ở đó hydrocacbon không no như, nhưng không giới hạn ở, khí etylen được tạo ra hoặc được chuyển tới và halohydrocacbon, ví dụ clohydrocacbon được tạo thành từ đó. Theo một số phương án, thiết bị tạo ra khí etylen được tích hợp với hệ thống điện hóa của sáng chế để đồng thời tạo ra hợp chất kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn và khí etylen và xử lý chúng với nhau để tạo ra sản phẩm, như etylen diclorua (EDC). Etylen diclorua cũng có thể đã biết như 1,2-dicloetan, dicloetan, 1,2-etylen diclorua, glycol diclorua, freon 150, borer sol, brocide, destruxol borer-sol, diclo-mulsion, dầu Hà Lan, hoặc granosan. Theo một số phương án, hệ thống điện hóa của sáng chế được tích hợp với thiết bị sản xuất monome vinyl clorua (VCM) hoặc thiết bị sản xuất polyvinylclorua (PVC) sao cho EDC được tạo thành bằng hệ thống và phương pháp của sáng chế được sử dụng trong sản xuất VCM và/hoặc PVC.

Hệ thống và phương pháp điện hóa được mô tả trong bản mô tả này tạo ra một hoặc nhiều ưu điểm so với hệ thống điện hóa thông thường đã biết trong tình trạng kỹ thuật, bao gồm, nhưng không giới hạn ở, không cần anốt khuếch tán khí; hiệu suất pin

cao hơn; điện áp thấp; anốt không chứa platin; cô lập cacbon dioxit; các hóa chất xanh và thân thiện với môi trường; và/hoặc tạo thành nhiều loại sản phẩm khả thi về mặt thương mại.

Hệ thống và phương pháp của sáng chế tạo ra pin điện hóa mà tạo thành các sản phẩm khác nhau, như, nhưng không giới hạn ở, các muối kim loại được tạo thành ở anốt, các muối kim loại được sử dụng để tạo ra các hóa chất khác nhau, kiềm được tạo thành ở catốt, kiềm được sử dụng để tạo ra các sản phẩm khác nhau, và/hoặc khí hydro được tạo thành ở catốt. Tất cả các sản phẩm này đã được xác định trong bản mô tả này và có thể được gọi là “các hóa chất xanh” vì các hóa chất này được tạo thành bằng cách sử dụng pin điện hóa vận hành ở điện áp hoặc năng lượng thấp và hiệu suất cao. Quy trình cần điện áp thấp hoặc tiêu tốn ít năng lượng được mô tả trong bản mô tả này sẽ dẫn đến phát thải ít cacbon dioxit hơn so với các phương pháp thông thường sản xuất các hóa chất hoặc sản phẩm tương tự. Theo một số phương án, các hóa chất hoặc sản phẩm được tạo thành bằng cách thu nạp cacbon dioxit từ khí ống khói trong kiểm sinh ra ở catốt, như, nhưng không giới hạn ở, sản phẩm cacbonat và bicarbonat. Sản phẩm cacbonat và bicarbonat này là “các hóa chất xanh” do chúng làm giảm sự ô nhiễm và tạo ra môi trường sạch hơn.

Kim loại

Thuật ngữ “ion kim loại” hoặc “kim loại” được sử dụng trong bản mô tả này, bao gồm ion kim loại bất kỳ có khả năng được chuyển hóa từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn. Ví dụ về các ion kim loại này bao gồm, nhưng không giới hạn ở, sắt, crom, đồng, thiếc, bạc, coban, urani, chì, thủy ngân, vanadi, bismut, titan, ruteni, osmi, europi, kẽm, cadimi, vàng, niken, paladi, platin, rodi, iridi, mangan, tecneti, reni, molypden, vonfram, niobi, tantan, zirconi, hafni, và kết hợp của các kim loại này. Theo một số phương án, ion kim loại bao gồm, nhưng không giới hạn ở, sắt, đồng, thiếc, crom, hoặc kết hợp của các kim loại này. Theo một số phương án, ion kim loại là đồng. Theo một số phương án, ion kim loại là thiếc. Theo một số phương án, ion kim loại là sắt. Theo một số phương án, ion kim loại là crom. Theo một số phương án, ion kim loại là platin. Thuật ngữ “trạng thái oxy hóa” được sử dụng trong bản mô tả này, bao gồm mức độ oxy hóa nguyên tử trong một chất. Ví dụ, theo một số phương án, trạng thái oxy hóa là điện tích thực ở ion. Một vài ví dụ về phản ứng của

ion kim loại ở anốt được thể hiện trong bảng I dưới đây (SHE là điện cực hydro chuẩn). Các giá trị lý thuyết của thế anốt cũng được thể hiện trong bảng. Cần hiểu rằng dao động nhất định của các điện áp này có thể xảy ra tùy thuộc vào các điều kiện, độ pH, các nồng độ của chất điện phân, v.v. và các dao động này cũng nằm trong phạm vi của sáng chế.

Bảng I

Phản ứng anốt	Thế anốt (V vs. SHE)
$\text{Ag}^+ \rightarrow \text{Ag}^{2+} + \text{e}^-$	-1,98
$\text{Co}^{2+} \rightarrow \text{Co}^{3+} + \text{e}^-$	-1,82
$\text{Pb}^{2+} \rightarrow \text{Pb}^{4+} + 2\text{e}^-$	-1,69
$\text{Ce}^{3+} \rightarrow \text{Ce}^{4+} + \text{e}^-$	-1,44
$2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + 6\text{e}^-$	-1,33
$\text{Ti}^+ \rightarrow \text{Ti}^{3+} + 2\text{e}^-$	-1,25
$\text{Hg}_2^{2+} \rightarrow 2\text{Hg}^{2+} + 2\text{e}^-$	-0,91
$\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{e}^-$	-0,77
$\text{V}^{3+} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{VO}^{2+} + 2\text{H}^+ + \text{e}^-$	-0,34
$\text{U}^{4+} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{UO}_2^{2+} + 4\text{H}^+ + \text{e}^-$	-0,27
$\text{Bi}^+ \rightarrow \text{Bi}^{3+} + 2\text{e}^-$	-0,20
$\text{Ti}^{3+} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{TiO}_2^{2+} + 2\text{H}^+ + \text{e}^-$	-0,19
$\text{Cu}^+ \rightarrow \text{Cu}^{2+} + \text{e}^-$	-0,16
$\text{UO}_2^+ \rightarrow \text{UO}_2^{2+} + \text{e}^-$	-0,16
$\text{Sn}^{2+} \rightarrow \text{Sn}^{4+} + 2\text{e}^-$	-0,15
$\text{Ru}(\text{NH}_3)_6^{2+} \rightarrow \text{Ru}(\text{NH}_3)_6^{3+} + \text{e}^-$	-0,10
$\text{V}^{2+} \rightarrow \text{V}^{3+} + \text{e}^-$	+0,26
$\text{Eu}^{2+} \rightarrow \text{Eu}^{3+} + \text{e}^-$	+0,35
$\text{Cr}^{2+} \rightarrow \text{Cr}^{3+} + \text{e}^-$	+0,42
$\text{U}^{3+} \rightarrow \text{U}^{4+} + \text{e}^-$	+0,52

Ion kim loại có thể có mặt dưới dạng hợp chất của kim loại hoặc hợp kim của kim loại hoặc kết hợp của các dạng này. Theo một số phương án, anion được gắn vào kim loại giống như anion của chất điện phân. Ví dụ, đối với natri hoặc kali clorua được sử dụng làm chất điện phân, kim loại clorua, như, nhưng không giới hạn ở, sắt clorua, đồng clorua, thiếc clorua, crom clorua v.v.. được dùng làm hợp chất kim loại. Ví dụ, đối với natri hoặc kali sulfat được sử dụng làm chất điện phân, kim loại sulfat, như, nhưng không giới hạn ở, sắt sulfat, đồng sulfat, thiếc sulfat, crom sulfat v.v.. được dùng làm hợp chất kim loại. Ví dụ, đối với natri hoặc kali bromua được sử dụng làm chất điện phân, kim loại bromua, như, nhưng không giới hạn ở, sắt bromua, đồng bromua, thiếc bromua v.v.. được dùng làm hợp chất kim loại.

Theo một số phương án, anion của chất điện phân có thể khác một phần hoặc khác hoàn toàn anion của kim loại. Ví dụ, theo một số phương án, anion của chất điện phân có thể là sulfat trong khi anion của kim loại có thể là clorua. Theo các phương án

này, có thể mong muốn có nồng độ ion clorua thấp hơn trong pin điện hóa. Ví dụ, theo một số phương án, nồng độ ion clorua cao hơn trong chất điện phân anốt, do clorua của chất điện phân và clorua của kim loại, có thể dẫn đến dạng ion không mong muốn trong chất điện phân anốt. Có thể tránh được điều này bằng cách sử dụng chất điện phân có chứa ion không phải clorua. Theo một số phương án, chất điện phân anốt có thể là kết hợp của các ion tương tự với anion kim loại và các anion khác với ion kim loại. Ví dụ, chất điện phân anốt có thể là hỗn hợp của các ion sulfat cũng như các ion clorua khi anion kim loại là clorua. Theo các phương án này, có thể mong muốn có đủ nồng độ các ion clorua trong chất điện phân để hòa tan muối kim loại nhưng nồng độ không đủ cao để gây ra sự hình thành ion không mong muốn.

Theo một số phương án, chất điện phân và/hoặc hợp chất kim loại được chọn dựa vào sản phẩm mong muốn cuối cùng. Ví dụ, nếu HCl là mong muốn từ phản ứng giữa khí hydro và hợp chất kim loại thì kim loại clorua được dùng làm hợp chất kim loại và natri clorua được sử dụng làm chất điện phân. Ví dụ, nếu hydrocacbon đã brom hóa là mong muốn từ phản ứng giữa hợp chất kim loại và hydrocacbon, thì kim loại bromua được dùng làm hợp chất kim loại và natri hoặc kali bromua được dùng làm chất điện phân.

Theo một số phương án, ion kim loại được sử dụng trong hệ thống điện hóa như được mô tả trong bản mô tả này có thể được chọn dựa vào độ tan của kim loại trong chất điện phân anốt và/hoặc điện áp pin mong muốn để oxy hóa kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn. Ví dụ, điện áp cần thiết để oxy hóa Cr^{2+} thành Cr^{3+} có thể là thấp hơn điện áp cần thiết để Sn^{2+} thành Sn^{4+} , tuy nhiên, lượng HCl được tạo thành do phản ứng giữa khí hydro với Cr^{3+} có thể là thấp hơn lượng HCl được tạo thành với Sn^{4+} do hai nguyên tử clo thu được cho mỗi phân tử thiếc. Do đó, theo một số phương án, trong trường hợp điện áp pin thấp hơn có thể được mong muốn, sự oxy hóa ion kim loại dẫn đến có thể sử dụng điện áp pin thấp hơn, như, nhưng không giới hạn ở Cr^{2+} . Ví dụ, đối với các phản ứng trong đó cacbon dioxid bị thu nạp bởi kiềm được tạo ra bởi chất điện phân catốt, thì có thể mong muốn điện áp thấp. Theo một số phương án, trong đó lượng sản phẩm cao hơn, như axit clohydric có thể được mong muốn, thì có thể sử dụng ion kim loại, mà dẫn đến lượng sản phẩm cao hơn dù điện áp tương đối cao, như, nhưng không giới hạn ở Sn^{2+} . Ví dụ,

điện áp của pin của hệ thiếc có thể cao hơn so với hệ crom, tuy nhiên, nồng độ của axit được tạo thành với Sn^{4+} có thể bù đắp cho điện áp cao hơn của hệ thống. Cần hiểu rằng sản phẩm được tạo thành bởi hệ thống và phương pháp được mô tả trong bản mô tả này, như axit, halohydrocacbon, sulfohydrocacbon, cacbonat, bicarbonat, v.v.. vẫn là các hóa chất “xanh” do chúng được sản xuất bằng cách các quy trình tiêu tốn ít năng lượng so với năng lượng đầu vào cần cho các phương pháp thông thường đã biết sản xuất cùng sản phẩm.

Theo một số phương án, cả ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp và ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn đều có mặt trong chất điện phân anốt. Theo một số phương án, có thể mong muốn có ion kim loại ở cả trạng thái oxy hóa thấp và trạng thái oxy hóa cao hơn trong chất điện phân anốt. Tỷ lệ thích hợp của ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp và trạng thái oxy hóa cao hơn trong chất điện phân anốt được mô tả trong bản mô tả này. Ion kim loại hỗn hợp ở trạng thái oxy hóa thấp với ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn có thể trợ giúp điện áp thấp trong hệ thống điện hóa và hiệu suất và tính chọn lọc cao trong phản ứng xúc tác tương ứng với khí hydro hoặc hydrocacbon.

Theo một số phương án, ion kim loại trong chất điện phân anốt là ion kim loại hỗn hợp. Ví dụ, chất điện phân anốt chứa ion đồng ở trạng thái oxy hóa thấp và ion đồng ở trạng thái oxy hóa cao hơn có thể còn chứa ion kim loại khác như, nhưng không giới hạn ở, sắt. Theo một số phương án, sự có mặt của ion kim loại thứ hai trong chất điện phân anốt có thể có lợi để làm giảm tổng năng lượng của phản ứng điện hóa kết hợp với phản ứng xúc tác.

Một vài ví dụ về các hợp chất kim loại có thể được sử dụng trong hệ thống và phương pháp của sáng chế bao gồm, nhưng không giới hạn ở, đồng (II) sulfat, đồng (II) nitrat, đồng (I) clorua, đồng (I) bromua, đồng (I) iodua, sắt (III) sulfat, sắt (III) nitrat, sắt (II) clorua, sắt (II) bromua, sắt (II) iodua, thiếc (II) sulfat, thiếc (II) nitrat, thiếc (II) clorua, thiếc (II) bromua, thiếc (II) iodua, crom (III) sulfat, crom (III) nitrat, crom (II) clorua, crom (II) bromua, crom (II) iodua, kẽm (II) clorua, kẽm (II) bromua, v.v..

Các phối tử

Theo một số phương án, chất phụ gia như phối tử được sử dụng kết hợp với ion kim loại để tăng cường hiệu quả của quá trình oxy hoá ion kim loại bên trong buồng anốt và/hoặc tăng cường phản ứng xúc tác của ion kim loại bên trong/bên ngoài buồng anốt như, nhưng không giới hạn ở phản ứng với khí hydro, với hydrocacbon không no, và/hoặc với hydrocacbon no. Theo một số phương án, phối tử được bổ sung cùng với kim loại vào chất điện phân anốt. Theo một số phương án, phối tử được gắn vào ion kim loại. Theo một số phương án, phối tử được gắn vào ion kim loại bằng liên kết cộng hóa trị, ion và/hoặc liên kết phối trí. Theo một số phương án, phối tử được gắn vào ion kim loại nhờ lực hấp dẫn Vanderwaal.

Do đó, theo một số phương án, sáng chế đề xuất phương pháp bao gồm các bước: cho anốt tiếp xúc với chất điện phân anốt; oxy hoá ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn ở anốt; bổ sung phối tử vào chất điện phân anốt trong đó phối tử tương tác với ion kim loại; và cho catốt tiếp xúc với chất điện phân catốt. Theo một số phương án, sáng chế đề xuất phương pháp bao gồm các bước: cho anốt tiếp xúc với chất điện phân anốt; oxy hoá ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn ở anốt; bổ sung phối tử vào chất điện phân anốt trong đó phối tử tương tác với ion kim loại; và cho catốt tiếp xúc với chất điện phân catốt trong đó catốt tạo thành ion hydroxit, nước, và/hoặc khí hydro. Theo một số phương án, sáng chế đề xuất phương pháp bao gồm các bước: cho anốt tiếp xúc với chất điện phân anốt; oxy hoá ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn ở anốt; bổ sung phối tử vào chất điện phân anốt trong đó phối tử tương tác với ion kim loại; cho catốt tiếp xúc với chất điện phân catốt trong đó catốt tạo thành ion hydroxit, nước, và/hoặc khí hydro; và cho chất điện phân anốt chứa phối tử và ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn tiếp xúc với hydrocacbon không no, khí hydro, hydrocacbon no, hoặc kết hợp các chất này.

Theo một số phương án, sáng chế đề xuất phương pháp bao gồm các bước: cho anốt tiếp xúc với chất điện phân anốt; oxy hoá kim loại halogenua từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn ở anốt; bổ sung phối tử vào kim loại halogenua trong đó phối tử tương tác với ion kim loại; cho catốt tiếp xúc với chất điện phân catốt trong đó catốt tạo ra ion hydroxit, nước, và/hoặc khí hydro; và halogen hóa hydrocacbon không no và/hoặc hydrocacbon no bằng kim loại halogenua ở trạng thái

oxy hóa cao hơn. Theo một số phương án, kim loại halogenua là kim loại clorua và phản ứng halogen hoá là clo hóa. Theo một số phương án, phương pháp này có chứa catốt tạo thành ra khí hydro. Theo một số phương án, phương pháp này có chứa catốt khử cực oxy. Theo một số phương án, hydrocacbon không no trong phương pháp này là alken được thể hoặc không được thể như C_nH_{2n} trong đó n bằng từ 2 đến 20 (hoặc alkyn hoặc công thức I như được mô tả dưới đây), ví dụ etylen, propylen, buten v.v.. Theo một số phương án, hydrocacbon no trong phương pháp này là alkan được thể hoặc không được thể như C_nH_{2n+2} trong đó n bằng từ 2 đến 20 (hoặc công thức III như được mô tả dưới đây), ví dụ metan, etan, propan, v.v.. Theo một số phương án, kim loại trong phương pháp này là kim loại clorua như đồng clorua. Theo một số phương án, phương pháp này sẽ tiết kiệm hơn 100kJ/mol hoặc hơn 150kJ/mol hoặc hơn 200kJ/mol hoặc nằm trong khoảng từ 100 đến 250kJ/mol năng lượng thực hoặc phương pháp này sẽ tiết kiệm hơn 1V điện áp (được mô tả dưới đây và trên Fig.8C). Theo một số phương án, hydrocacbon không no trong phương pháp này là C_2 - C_5 alken như nhưng không giới hạn ở, etylen, propylen, isobutylen, 2-buten (cis và/hoặc trans), penten v.v.. hoặc C_2 - C_4 alken như nhưng không giới hạn ở, etylen, propylen, isobutylen, 2-buten (cis và/hoặc trans), v.v.. Theo một số phương án, hydrocacbon không no trong phương pháp này là etylen và ion kim loại trong phương pháp này là kim loại clorua như, đồng clorua. Trong phương pháp này, việc halogen hoá etylen tạo thành EDC. Theo một số phương án, hydrocacbon no trong phương pháp này là etan và ion kim loại trong phương pháp này là kim loại clorua như, platin clorua hoặc đồng clorua. Trong phương pháp này, việc halogen hoá etan tạo thành cloetan hoặc EDC.

Theo một số phương án, sáng chế đề xuất hệ thống bao gồm anốt tiếp xúc với chất điện phân anốt trong đó anốt có cấu hình để oxy hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn; phối tử trong chất điện phân anốt trong đó phối tử có cấu hình để tương tác với ion kim loại; và catốt tiếp xúc với chất điện phân catốt. Theo một số phương án, sáng chế đề xuất hệ thống bao gồm anốt tiếp xúc với chất điện phân anốt trong đó anốt có cấu hình để oxy hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn; phối tử trong chất điện phân anốt trong đó phối tử có cấu hình để tương tác với ion kim loại; và catốt tiếp xúc với chất điện

phân catôt trong đó catôt có cấu hình để tạo ra ion hydroxit, nước, và/hoặc khí hydro. Theo một số phương án, sáng chế đề xuất hệ thống bao gồm anôt tiếp xúc với chất điện phân anôt trong đó anôt có cấu hình để oxy hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn; phối tử trong chất điện phân anôt trong đó phối tử có cấu hình để tương tác với ion kim loại; và catôt tiếp xúc với chất điện phân catôt trong đó catôt có cấu hình để tạo thành ion hydroxit, nước, và/hoặc khí hydro; và thiết bị phản ứng có cấu hình để chất điện phân anôt có chứa phối tử và ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn phản ứng với hydrocacbon không no, khí hydro, hydrocacbon no, hoặc kết hợp của các chất này. Theo một số phương án, hệ thống này có chứa catôt khử cực oxy. Theo một số phương án, hệ thống này có chứa catôt tạo ra khí hydro. Theo một số phương án, hệ thống này sẽ tiết kiệm hơn 100kJ/mol hoặc hơn 150kJ/mol hoặc hơn 200kJ/mol hoặc nằm trong khoảng từ 100 đến 250kJ/mol năng lượng thực hoặc hệ thống này sẽ tiết kiệm hơn 1V điện áp (được mô tả dưới đây và trên Fig.8C). Theo một số phương án, hydrocacbon không no trong hệ thống này là C₂-C₅ alken, như nhưng không giới hạn ở, etylen, propylen, isobutylen, 2-buten (cis và/hoặc trans), penten v.v.. hoặc C₂-C₄ alken, như nhưng không giới hạn ở, etylen, propylen, isobutylen, 2-buten (cis và/hoặc trans), v.v.. Theo một số phương án, hydrocacbon không no trong hệ thống này là etylen. Theo một số phương án, kim loại trong hệ thống này là kim loại clorua như đồng clorua. Theo một số phương án, hydrocacbon không no trong hệ thống này là etylen và ion kim loại trong hệ thống này là kim loại clorua như đồng clorua. Trong hệ thống này, halogen hoá etylen là tạo thành EDC. Theo một số phương án, hydrocacbon no trong hệ thống này là etan và ion kim loại trong hệ thống này là kim loại clorua như, platin clorua, đồng clorua, v.v.. Trong hệ thống này, halogen hoá etan là tạo thành cloetan và/hoặc EDC.

Theo một số phương án, phối tử dẫn đến một hoặc nhiều đặc tính sau: tăng khả năng phản ứng của ion kim loại đối với hydrocacbon không no, hydrocacbon no, hoặc khí hydro, tăng khả năng chọn lọc của ion kim loại đối với việc halogen hoá hydrocacbon không no hoặc hydrocacbon no, tăng sự dịch chuyển halogen từ ion kim loại sang hydrocacbon không no, hydrocacbon no, hoặc khí hydro, giảm thế oxy hóa khử của pin điện hóa, tăng độ tan của ion kim loại trong môi trường nước, giảm qua lại của ion kim loại qua màng đến chất điện phân catôt trong pin điện hóa, giảm ăn

mòn pin điện hóa và/hoặc thiết bị phản ứng, tăng sự phân tách của ion kim loại từ dung dịch axit sau khi phản ứng với khí hydro (như màng loại trừ theo kích cỡ), tăng sự phân tách của ion kim loại từ dung dịch hydrocacbon đã halogen hóa (như màng loại trừ theo kích cỡ), và kết hợp các đặc tính này.

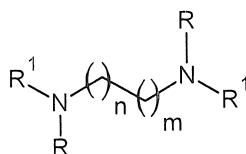
Theo một số phương án, sự gắn kết của phối tử vào ion kim loại làm tăng kích cỡ của ion kim loại cao hơn đủ để ngăn ngừa sự di chuyển của nó qua màng trao đổi ion trong pin. Theo một số phương án, màng trao đổi anion trong pin điện hóa có thể được sử dụng kết hợp với màng loại trừ theo kích cỡ sao cho ngăn được sự di chuyển của ion kim loại được gắn vào phối tử từ chất điện phân anốt đến chất điện phân catốt. Màng này được mô tả trong dưới đây. Theo một số phương án, sự gắn kết của phối tử vào ion kim loại làm tăng độ tan của ion kim loại trong môi trường nước. Theo một số phương án, sự gắn kết của phối tử vào ion kim loại làm giảm sự ăn mòn của kim loại trong pin điện hóa cũng như thiết bị phản ứng. Theo một số phương án, sự gắn kết của phối tử vào ion kim loại làm tăng kích cỡ của ion kim loại cao hơn đủ để tạo điều kiện thuận lợi cho việc tách ion kim loại từ axit hoặc từ hydrocacbon đã halogen hóa sau khi phản ứng. Theo một số phương án, sự có mặt và/hoặc sự gắn kết của phối tử vào ion kim loại có thể ngăn ngừa sự tạo thành các dạng ion kim loại được halogen hóa khác nhau trong dung dịch và khuyến khích tạo thành chỉ các dạng mong muốn. Ví dụ, sự có mặt của phối tử trong dung dịch ion đồng có thể hạn chế sự tạo thành các dạng ion đồng được halogen hóa khác nhau, như, nhưng không giới hạn ở, $[\text{CuCl}_3]^{2-}$ hoặc CuCl_2^0 nhưng khuyến khích tạo thành ion $\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}^+$. Theo một số phương án, sự có mặt và/hoặc sự gắn kết của phối tử trong dung dịch ion kim loại làm giảm tổng điện áp của pin bằng cách tạo ra một hoặc nhiều ưu điểm được mô tả trên đây.

Thuật ngữ “phối tử” được sử dụng trong bản mô tả này bao gồm phối tử bất kỳ có khả năng tăng cường các tính chất của ion kim loại. Theo một số phương án, các phối tử bao gồm, nhưng không giới hạn ở, phosphin béo được thế hoặc không được thế, phosphin thiom được thế hoặc không được thế, amino phosphin được thế hoặc không được thế, ete crown được thế hoặc không được thế, nitr béo được thế hoặc không được thế, nitr vòng được thế hoặc không được thế, lưu huỳnh béo được thế hoặc không được thế, lưu huỳnh vòng được thế hoặc không được thế, dị vòng

được thế hoặc không được thế, và chất dị thơm được thế hoặc không được thế. Một vài ví dụ về các phối tử này được minh họa trên các Fig.20, Fig.25A, và Fig.25B.

Nitơ béo được thế hoặc không được thế

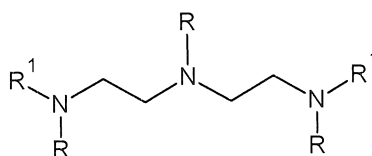
Theo một số phương án, phối tử là nitơ béo được thế hoặc không được thế có công thức A:



A

trong đó n và m độc lập bằng từ 0 đến 2 và R và R¹ độc lập là H, alkyl, hoặc alkyl được thế. Theo một số phương án, alkyl là metyl, etyl, propyl, i-propyl, butyl, i-butyl, hoặc pentyl. Theo một số phương án, alkyl được thế là alkyl được thế bằng một hoặc nhiều nhóm bao gồm alkenyl, halogen, amin, amin được thế, và kết hợp của các nhóm này. Theo một số phương án, amin được thế là được thế bằng nhóm được chọn từ hydro và/hoặc alkyl. Một vài ví dụ về các phối tử này được minh họa trên Fig.20.

Theo một số phương án, phối tử là nitơ béo được thế hoặc không được thế có công thức B:



B

trong đó R và R¹ độc lập là H, alkyl, hoặc alkyl được thế. Theo một số phương án, alkyl là metyl, etyl, propyl, i-propyl, butyl, i-butyl, hoặc pentyl. Theo một số phương án, alkyl được thế là alkyl được thế bằng một hoặc nhiều nhóm bao gồm alkenyl, halogen, amin, amin được thế, và kết hợp các nhóm này. Theo một số phương án, amin được thế là được thế bằng nhóm được chọn từ hydro và/hoặc alkyl.

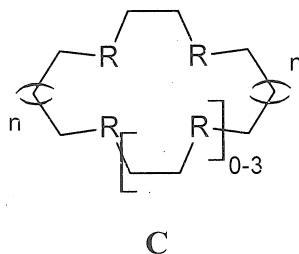
Theo một số phương án, phối tử là chất cho nitơ béo được thế hoặc không được thế có công thức B, trong đó R và R¹ độc lập là H, C₁-C₄ alkyl, hoặc C₁-C₄ alkyl được thế. Theo một số phương án, C₁-C₄ alkyl là metyl, etyl, propyl, i-propyl, butyl, hoặc i-butyl. Theo một số phương án, C₁-C₄ alkyl được thế là C₁-C₄ alkyl được thế

bằng một hoặc nhiều nhóm bao gồm alkenyl, halogen, amin, amin được thế, và kết hợp của các nhóm này. Theo một số phương án, amin được thế là được thế bằng nhóm được chọn từ hydro và/hoặc C₁-C₃ alkyl.

Nồng độ của phối tử có thể được chọn dựa vào các thông số khác nhau, bao gồm nhưng không giới hạn ở, nồng độ của ion kim loại, độ tan của phối tử v.v.. Một vài ví dụ về các phối tử là nito béo được thế hoặc không được thế, được minh họa trên Fig.20.

Ete crown được thế hoặc không được thế với nguyên tử khác loại O, S, P hoặc N

Theo một số phương án, phối tử là ete crown được thế hoặc không được thế có công thức C:

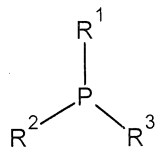


trong đó R độc lập O, S, P, hoặc N; và n bằng 0 hoặc 1.

Theo một số phương án, phối tử là ete crown được thế hoặc không được thế có công thức C, trong đó R là O và n bằng 0 hoặc 1. Theo một số phương án, phối tử là ete crown được thế hoặc không được thế có công thức C, trong đó R là S và n bằng 0 hoặc 1. Theo một số phương án, phối tử là ete crown được thế hoặc không được thế có công thức C, trong đó R là N và n bằng 0 hoặc 1. Theo một số phương án, phối tử là ete crown được thế hoặc không được thế có công thức C, trong đó R là P và n bằng 0 hoặc 1. Theo một số phương án, phối tử là ete crown được thế hoặc không được thế có công thức C, trong đó R là O hoặc S, và n bằng 0 hoặc 1. Theo một số phương án, phối tử là ete crown được thế hoặc không được thế có công thức C, trong đó R là O hoặc N, và n bằng 0 hoặc 1. Theo một số phương án, phối tử là ete crown được thế hoặc không được thế có công thức C, trong đó R là N hoặc S, và n bằng 0 hoặc 1. Theo một số phương án, phối tử là ete crown được thế hoặc không được thế có công thức C, trong đó R là N hoặc P, và n bằng 0 hoặc 1.

Phosphin được thế hoặc không được thế

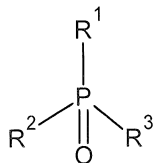
Theo một số phương án, phối tử là phosphin được thế hoặc không được thế có công thức D, hoặc oxit của chúng:



D

trong đó R^1 , R^2 , và R^3 độc lập là H, alkyl, alkyl được thế, alkoxy, alkoxy được thế, aryl, aryl được thế, heteroaryl, heteroaryl được thế, amin, amin được thế, xycloalkyl, xycloalkyl được thế, heteroxycloalkyl, và heteroxycloalkyl được thế.

Ví dụ về oxit có công thức D là:



trong đó R^1 , R^2 , và R^3 độc lập là H, alkyl, alkyl được thế, alkoxy, alkoxy được thế, aryl, aryl được thế, heteroaryl, heteroaryl được thế, amin, amin được thế, xycloalkyl, xycloalkyl được thế, heteroxycloalkyl, và heteroxycloalkyl được thế.

Theo một số phương án về hợp chất có công thức D hoặc oxit của nó, R^1 , R^2 , và R^3 độc lập là alkyl và alkyl được thế. Theo một số phương án về hợp chất có công thức D hoặc oxit của nó, R^1 , R^2 , và R^3 độc lập là alkyl và alkyl được thế trong đó alkyl được thế là được thế bằng nhóm được chọn từ alkoxy, alkoxy được thế, amin, và amin đã được thế. Theo một số phương án về hợp chất có công thức D hoặc oxit của nó, R^1 , R^2 , và R^3 độc lập là alkyl và alkyl được thế trong đó alkyl được thế là được thế bằng nhóm được chọn từ alkoxy và amin.

Theo một số phương án về hợp chất có công thức D hoặc oxit của nó, R^1 , R^2 , và R^3 độc lập là alkoxy và alkoxy được thế. Theo một số phương án về hợp chất có công thức D hoặc oxit của nó, R^1 , R^2 , và R^3 độc lập là alkoxy và alkoxy được thế trong đó alkoxy được thế là được thế bằng nhóm được chọn từ alkyl, alkyl được thế, amin, và amin được thế. Theo một số phương án về hợp chất có công thức D hoặc oxit của nó, R^1 , R^2 , và R^3 độc lập là alkoxy và alkoxy được thế trong đó alkoxy được thế là được thế bằng nhóm được chọn từ alkyl và amin.

Theo một số phương án về hợp chất có công thức D hoặc oxit của nó, R^1 , R^2 , và R^3 độc lập là aryl và aryl đã được thế. Theo một số phương án về hợp chất có công thức D hoặc oxit của chúng, R^1 , R^2 , và R^3 độc lập là aryl và aryl được thế trong đó aryl được thế là được thế bằng nhóm được chọn từ alkyl, alkyl được thế, alkoxy, alkoxy được thế, amin, và amin được thế. Theo một số phương án về hợp chất có công thức D hoặc oxit của nó, R^1 , R^2 , và R^3 độc lập là aryl và aryl được thế trong đó aryl được thế là được thế bằng nhóm được chọn từ alkyl, alkoxy, và amin. Theo một số phương án về hợp chất có công thức D hoặc oxit của nó, R^1 , R^2 , và R^3 độc lập là aryl và aryl được thế trong đó aryl được thế là được thế bằng nhóm được chọn từ alkyl và alkoxy.

Theo một số phương án về hợp chất có công thức D hoặc oxit của nó, R^1 , R^2 , và R^3 độc lập là heteroaryl và heteroaryl được thế. Theo một số phương án về hợp chất có công thức D hoặc oxit của nó, R^1 , R^2 , và R^3 độc lập là heteroaryl và heteroaryl được thế trong đó heteroaryl được thế là được thế bằng nhóm được chọn từ alkyl, alkyl được thế, alkoxy, alkoxy được thế, amin, và amin được thế. Theo một số phương án về hợp chất có công thức D hoặc oxit của nó, R^1 , R^2 , và R^3 độc lập là heteroaryl và heteroaryl được thế trong đó heteroaryl được thế là được thế bằng nhóm được chọn từ alkyl, alkoxy, và amin.

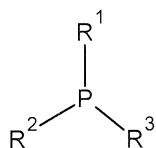
Theo một số phương án về hợp chất có công thức D hoặc oxit của chúng, R^1 , R^2 , và R^3 độc lập là xycloalkyl và xycloalkyl được thế. Theo một số phương án về hợp chất có công thức D hoặc oxit của nó, R^1 , R^2 , và R^3 độc lập là xycloalkyl và xycloalkyl được thế trong đó xycloalkyl được thế là được thế bằng nhóm được chọn từ alkyl, alkyl được thế, alkoxy, alkoxy được thế, amin, và amin được thế. Theo một số phương án về hợp chất có công thức D hoặc oxit của nó, R^1 , R^2 , và R^3 độc lập là xycloalkyl và xycloalkyl được thế trong đó xycloalkyl được thế là được thế bằng nhóm được chọn từ alkyl, alkoxy, và amin.

Theo một số phương án về hợp chất có công thức D hoặc oxit của nó, R^1 , R^2 , và R^3 độc lập là heteroxycloalkyl và heteroxycloalkyl được thế. Theo một số phương án về hợp chất có công thức D hoặc oxit của nó, R^1 , R^2 , và R^3 độc lập là heteroxycloalkyl và heteroxycloalkyl được thế trong đó heteroxycloalkyl được thế là được thế bằng nhóm được chọn từ alkyl, alkyl được thế, alkoxy, alkoxy được thế,

amin, và amin được thế. Theo một số phương án về hợp chất có công thức D hoặc oxit của nó, R^1 , R^2 , và R^3 độc lập là heteroxycloalkyl và heteroxycloalkyl được thế trong đó heteroxycloalkyl được thế là được thế bằng nhóm được chọn từ alkyl, alkoxy, và amin.

Theo một số phương án về hợp chất có công thức D hoặc oxit của nó, R^1 , R^2 , và R^3 độc lập là amin và amin được thế. Theo một số phương án về hợp chất có công thức D hoặc oxit của nó, R^1 , R^2 , và R^3 độc lập là amin và amin được thế trong đó amin được thế là được thế bằng nhóm được chọn từ alkyl, alkyl được thế, alkoxy, và alkoxy được thế. Theo một số phương án về hợp chất có công thức D hoặc oxit của nó, R^1 , R^2 , và R^3 độc lập là amin và amin đã được thế trong đó amin được thế là được thế bằng nhóm được chọn từ alkyl, và alkoxy. Theo một số phương án về hợp chất có công thức D hoặc oxit của chúng, R^1 , R^2 , và R^3 độc lập là amin và amin được thế trong đó amin đã được thế là được thế bằng alkyl.

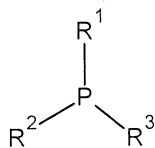
Theo một số phương án, phối tử là phosphin được thế hoặc không được thế có công thức D hoặc oxit của chúng:



D

trong đó R^1 , R^2 , và R^3 độc lập là H, alkyl; alkyl được thế là được thế bằng nhóm được chọn từ alkoxy, alkoxy được thế, amin, và amin được thế; aryl; aryl được thế là được thế bằng nhóm được chọn từ alkyl, alkyl được thế, alkoxy, alkoxy được thế, amin, và amin được thế; heteroaryl; heteroaryl được thế là được thế bằng nhóm được chọn từ alkyl, alkyl được thế, alkoxy, alkoxy được thế, amin, và amin được thế; amin; amin được thế là được thế bằng nhóm được chọn từ alkyl, alkyl được thế, alkoxy, và alkoxy được thế; xycloalkyl; xycloalkyl được thế là được thế bằng nhóm được chọn từ alkyl, alkyl được thế, alkoxy, alkoxy được thế, amin, và amin được thế; heteroxycloalkyl; và heteroxycloalkyl được thế là được thế bằng nhóm được chọn từ alkyl, alkyl được thế, alkoxy, alkoxy được thế, amin, và amin được thế.

Theo một số phương án, phối tử là phosphin được thế hoặc không được thế có công thức D hoặc oxit của chúng:

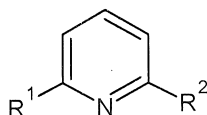


D

trong đó R¹, R², và R³ độc lập là H, alkyl; alkyl được thế là được thế bằng nhóm được chọn từ alkoxy và amin; aryl; aryl được thế là được thế bằng nhóm được chọn từ alkyl, alkoxy, và amin; heteroaryl; heteroaryl được thế là được thế bằng nhóm được chọn từ alkyl, alkoxy, và amin; amin; amin được thế là được thế bằng nhóm được chọn từ alkyl, và alkoxy; xycloalkyl; xycloalkyl được thế là được thế bằng nhóm được chọn từ alkyl, alkoxy, và amin; heteroxycloalkyl; và heteroxycloalkyl được thế là được thế bằng nhóm được chọn từ alkyl, alkoxy, và amin.

Pyridin được thế hoặc không được thế

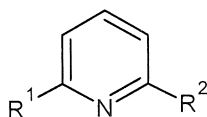
Theo một số phương án, phối tử là pyridin được thế hoặc không được thế có công thức E:



E

trong đó R¹ và R² độc lập là H, alkyl, alkyl được thế, aryl, aryl được thế, heteroaryl, heteroaryl được thế, amin, amin được thế, xycloalkyl, xycloalkyl được thế, heteroxycloalkyl, và heteroxycloalkyl được thế.

Theo một số phương án, phối tử là pyridin được thế hoặc không được thế có công thức E:



E

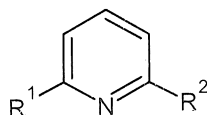
trong đó R¹ và R² độc lập là H, alkyl, alkyl được thế, heteroaryl, heteroaryl được thế, amin, và amin được thế.

Theo một số phương án, phối tử là pyridin được thế hoặc không được thế có công thức E, trong đó R^1 và R^2 độc lập là H, alkyl, và alkyl được thế trong đó alkyl được thế là được thế bằng nhóm được chọn từ alkoxy, alkoxy được thế, amin, và amin được thế. Theo một số phương án, phối tử là pyridin được thế hoặc không được thế có công thức E, trong đó R^1 và R^2 độc lập là H, alkyl, và alkyl được thế trong đó alkyl được thế là được thế bằng nhóm được chọn từ amin, và amin đã được thế trong đó amin được thế là được thế bằng alkyl, heteroaryl hoặc heteroaryl được thế.

Theo một số phương án, phối tử là pyridin được thế hoặc không được thế có công thức E, trong đó R^1 và R^2 độc lập là heteroaryl và heteroaryl được thế. Theo một số phương án, phối tử là pyridin được thế hoặc không được thế có công thức E, trong đó R^1 và R^2 độc lập là heteroaryl và heteroaryl được thế là được thế bằng alkyl, alkoxy hoặc amin.

Theo một số phương án, phối tử là pyridin được thế hoặc không được thế có công thức E, trong đó R^1 và R^2 độc lập là amin và amin được thế. Theo một số phương án, phối tử là pyridin được thế hoặc không được thế có công thức E, trong đó R^1 và R^2 độc lập là amin và amin được thế trong đó amin được thế là được thế bằng alkyl, heteroaryl hoặc heteroaryl được thế.

Theo một số phương án, phối tử là pyridin được thế hoặc không được thế có công thức E:

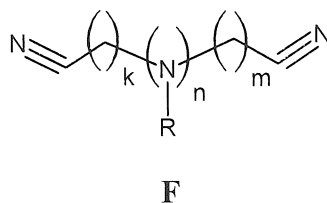


E

trong đó R^1 và R^2 độc lập là H; alkyl; alkyl được thế là được thế bằng nhóm được chọn từ amin và amin được thế; heteroaryl; heteroaryl được thế là được thế bằng alkyl, alkoxy hoặc amin; amin; và amin được thế là được thế bằng alkyl, heteroaryl hoặc heteroaryl được thế.

Dinitril được thế hoặc không được thế

Theo một số phương án, phối tử là dinitril được thế hoặc không được thế có công thức F:



trong đó R là hydro, alkyl, hoặc alkyl được thế; n bằng từ 0 đến 2; m bằng từ 0 đến 3; và k bằng từ 1 đến 3.

Theo một số phương án, phối tử là dinitril được thế hoặc không được thế có công thức F, trong đó R là hydro, alkyl, hoặc alkyl được thế là được thế bằng alkoxy hoặc amin; n bằng từ 0 đến 1; m bằng từ 0 đến 3; và k bằng từ 1 đến 3.

Theo một số phương án, phối tử là dinitril được thế hoặc không được thế có công thức F, trong đó R là hydro hoặc alkyl; n bằng từ 0 đến 1; m bằng từ 0 đến 3; và k bằng từ 1 đến 3.

Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất hợp phần gồm môi trường nước chứa phối tử được chọn từ phosphin được thế hoặc không được thế, ete crown được thế hoặc không được thế, nitơ béo được thế hoặc không được thế, pyridin được thế hoặc không được thế, dinitril được thế hoặc không được thế, và kết hợp của các phối tử này; và ion kim loại.

Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất hợp phần gồm môi trường nước chứa phối tử được chọn từ phosphin được thế hoặc không được thế, ete crown được thế hoặc không được thế, nitơ béo được thế hoặc không được thế, pyridin được thế hoặc không được thế, dinitril được thế hoặc không được thế, và kết hợp của các phối tử này; và ion kim loại được chọn từ sắt, crom, đồng, thiếc, bạc, coban, urani, chì, thủy ngân, vanadi, bismut, titan, ruteni, osmi, europi, kẽm, cadimi, vàng, niken, paladi, platin, rodi, iridi, mangan, tecneti, reni, molybden, vonfram, niobi, tantan, zirconi, hafini, và kết hợp của các ion kim loại này.

Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất hợp phần gồm môi trường nước chứa phối tử được chọn từ phosphin được thế hoặc không được thế, ete crown được thế hoặc không được thế, nitơ béo được thế hoặc không được thế, pyridin được thế hoặc không được thế, dinitril được thế hoặc không được thế, và kết hợp của các phối tử này, ion kim loại; và muối.

Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất hợp phần gồm môi trường nước chứa phối tử được chọn từ phosphin được thế hoặc không được thế, ete crown được thế hoặc không được thế, nitor béo được thế hoặc không được thế, pyridin được thế hoặc không được thế, dinitril được thế hoặc không được thế, và kết hợp của các phối tử này; ion kim loại được chọn từ sắt, crom, đồng, thiếc, bạc, coban, urani, chì, thủy ngân, vanadi, bismut, titan, ruteni, osmi, europi, kẽm, cadimi, vàng, niken, paladi, platin, rodi, iridi, mangan, tecneti, reni, molypden, vonfram, niobi, tantan, zirconi, hafini, và kết hợp của các ion kim loại này; và muối.

Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất hợp phần gồm môi trường nước chứa phối tử được chọn từ phosphin được thế hoặc không được thế, ete crown được thế hoặc không được thế, nitor béo được thế hoặc không được thế, pyridin được thế hoặc không được thế, dinitril được thế hoặc không được thế, và kết hợp của các phối tử này; ion kim loại được chọn từ sắt, crom, đồng, thiếc, bạc, coban, urani, chì, thủy ngân, vanadi, bismut, titan, ruteni, osmi, europi, kẽm, cadimi, vàng, niken, paladi, platin, rodi, iridi, mangan, tecneti, reni, molypden, vonfram, niobi, tantan, zirconi, hafini, và kết hợp của các ion kim loại này; và muối gồm natri clorua, amoni clorua, natri sulfat, amoni sulfat, canxi clorua, hoặc kết hợp của các muối này.

Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất hợp phần gồm môi trường nước chứa phối tử được chọn từ phosphin được thế hoặc không được thế, ete crown được thế hoặc không được thế, nitor béo được thế hoặc không được thế, pyridin được thế hoặc không được thế, dinitril được thế hoặc không được thế, và kết hợp của các phối tử này; ion kim loại; và muối gồm natri clorua, amoni clorua, natri sulfat, amoni sulfat, canxi clorua, hoặc kết hợp của các muối này.

Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất hợp phần gồm môi trường nước chứa phối tử được chọn từ phosphin được thế hoặc không được thế, ete crown được thế hoặc không được thế, nitor béo được thế hoặc không được thế, pyridin được thế hoặc không được thế, dinitril được thế hoặc không được thế, và kết hợp của các phối tử này, ion kim loại; muối; và hydrocacbon không no hoặc hydrocacbon no.

Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất hợp phần gồm môi trường nước chứa phối tử được chọn từ phosphin được thế hoặc không được thế, ete crown được thế hoặc không được thế, nitor béo được thế hoặc không được thế, pyridin được thế hoặc

không được thế, dinitril được thế hoặc không được thế, và kết hợp của các phối tử này; ion kim loại được chọn từ sắt, crom, đồng, thiếc, bạc, coban, urani, chì, thủy ngân, vanadi, bismut, titan, ruteni, osmi, europi, kẽm, cadimi, vàng, niken, paladi, platin, rođi, iridi, mangan, tecneti, reni, molypđen, vonfram, niobi, tantan, zirconi, hafini, và kết hợp của các ion kim loại này; muối; và hydrocacbon không no hoặc hydrocacbon no.

Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất hợp phần gồm môi trường nước chứa phối tử được chọn từ phosphin được thế hoặc không được thế, ete crown được thế hoặc không được thế, nitơ béo được thế hoặc không được thế, pyridin được thế hoặc không được thế, dinitril được thế hoặc không được thế, và kết hợp của các phối tử này; ion kim loại được chọn từ sắt, crom, đồng, thiếc, bạc, coban, urani, chì, thủy ngân, vanadi, bismut, titan, ruteni, osmi, europi, kẽm, cadimi, vàng, niken, paladi, platin, rođi, iridi, mangan, tecneti, reni, molypđen, vonfram, niobi, tantan, zirconi, hafini, và kết hợp của các ion kim loại này; muối gồm natri clorua, amoni clorua, natri sulfat, amoni sulfat, canxi clorua, hoặc kết hợp của các muối này; và hydrocacbon không no hoặc hydrocacbon no.

Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất hợp phần gồm môi trường nước chứa phối tử được chọn từ phosphin được thế hoặc không được thế, ete crown được thế hoặc không được thế, nitơ béo được thế hoặc không được thế, pyridin được thế hoặc không được thế, dinitril được thế hoặc không được thế, và kết hợp của các phối tử này; ion kim loại; muối gồm natri clorua, amoni clorua, natri sulfat, amoni sulfat, canxi clorua, hoặc kết hợp của các muối này; và hydrocacbon không no hoặc hydrocacbon no.

Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất hợp phần gồm môi trường nước chứa phối tử được chọn từ phosphin được thế hoặc không được thế, ete crown được thế hoặc không được thế, nitơ béo được thế hoặc không được thế, pyridin được thế hoặc không được thế, dinitril được thế hoặc không được thế, và kết hợp của các phối tử này; ion kim loại; muối gồm natri clorua, amoni clorua, natri sulfat, amoni sulfat, canxi clorua, hoặc kết hợp của các muối này; và hydrocacbon không no hoặc hydrocacbon no được chọn từ etylen, propylen, butylen, etan, propan, butan, và kết hợp của các hydrocacbon này.

Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất hợp phần gồm môi trường nước chứa phối tử được chọn từ phosphin được thế hoặc không được thế, ete crown được thế hoặc không được thế, nitor béo được thế hoặc không được thế, pyridin được thế hoặc không được thế, dinitril được thế hoặc không được thế, và kết hợp của các phối tử này; ion kim loại được chọn từ sắt, crom, đồng, thiếc, bạc, coban, urani, chì, thủy ngân, vanadi, bismut, titan, ruteni, osmi, europi, kẽm, cadimi, vàng, niken, paladi, platin, rodi, iridi, mangan, tecneti, reni, molybden, vonfram, niobi, tantan, zirconi, hafini, và kết hợp của các ion kim loại này; muối gồm natri clorua, amoni clorua, natri sulfat, amoni sulfat, canxi clorua, hoặc kết hợp của các muối này; và hydrocacbon không no hoặc hydrocacbon no được chọn từ etylen, propylen, butylen, etan, propan, butan, và kết hợp của các hydrocacbon này.

Theo một số phương án về phương pháp và hệ thống được đề xuất trong bản mô tả này, phối tử là:

bathocuprin được sulfonat hóa;
 pyridin;
 tris(2-pyridylmetyl)amin;
 glutaronitril;
 iminodioxetonitril;
 malononitril;
 succininitril;
 tris(diethylamino)phosphin;
 tris(dimethylamino)phosphin;
 tri(2-furyl)phosphin;
 tris(4-metoxypheyl)phosphin;
 bis(diethylamino)phenylphosphin;
 triamit của axit tris(N,N-tetrametylen)phosphoric;
 di-tert-butyl N,N-diisopropyl phosphoramidit;
 diethylphosphoramidat;

hexamethylphosphoramit;
 diethylentriamin;
 tris(2-aminoethyl)amin;
 N,N,N',N',N''-pentametyldiethylentriamin;
 15-Crown-5;
 1,4,8,11-tetrathiaxycloctetradecan; và
 muối, hoặc dạng đồng phân lập thể của chúng.

Theo một số phương án, sáng chế đề xuất phương pháp sử dụng phối tử bao gồm bước bổ sung phối tử vào chất điện phân anốt chứa dung dịch ion kim loại và dẫn đến một hoặc nhiều tính chất bao gồm, nhưng không giới hạn ở, tăng khả năng phản ứng của ion kim loại đối với hydrocacbon không no, hydrocacbon no, hoặc khí hydro, tăng khả năng chọn lọc của ion kim loại đối với việc halogen hoá hydrocacbon không no hoặc hydrocacbon no, tăng sự dịch chuyển halogen từ ion kim loại sang hydrocacbon không no, hydrocacbon no, hoặc khí hydro, giảm thế oxy hóa khử của pin điện hóa, tăng độ tan của ion kim loại trong môi trường nước, giảm sự qua lại của ion kim loại qua màng đến chất điện phân catốt trong pin điện hóa, giảm ăn mòn pin điện hóa và/hoặc thiết bị phản ứng, tăng sự phân tách ion kim loại từ dung dịch axit sau khi phản ứng với khí hydro, tăng sự phân tách ion kim loại từ dung dịch hydrocacbon đã halogen hóa, và kết hợp của các tính chất này.

Theo một số phương án, sáng chế đề xuất phương pháp bao gồm bước nâng cao hiệu quả của pin điện hóa trong đó pin điện hóa gồm anốt tiếp xúc với chất điện phân anốt chứa ion kim loại trong đó anốt này oxy hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn. Theo một số phương án, hiệu quả liên quan đến điện áp được áp dụng cho pin điện hóa.

Khi được sử dụng trong bản mô tả này, “alkenyl” chỉ hydrocarbyl mạch thẳng hoặc mạch nhánh có từ 2 đến 10 nguyên tử cacbon và theo một số phương án thì nhóm này có từ 2 đến 6 nguyên tử cacbon hoặc 2 đến 4 nguyên tử cacbon và có ít nhất 1 vị trí vinyl chưa no ($>C=C<$). Ví dụ, etenyl, propenyl, 1,3-butadienyl, và nhóm tương tự.

Khi được sử dụng trong bản mô tả này, “alkoxy” chỉ –O-alkyl trong đó alkyl được xác định trong bản mô tả này. Alkoxy bao gồm, ví dụ, metoxy, etoxy, *n*-propoxy, isopropoxy, *n*-butoxy, *t*-butoxy, *sec*-butoxy, và *n*-pentoxy.

Khi được sử dụng trong bản mô tả này, “alkyl” chỉ nhóm hydrocarbyl béo no hoá trị một có từ 1 đến 10 nguyên tử cacbon và, theo một số phương án, từ 1 đến 6 nguyên tử cacbon. “C_x-C_y alkyl” chỉ nhóm alkyl có từ x đến y nguyên tử cacbon. Thuật ngữ này bao gồm, ví dụ, nhóm hydrocarbyl mạch thẳng và mạch nhánh như methyl (CH₃-), ethyl (CH₃CH₂-), *n*-propyl (CH₃CH₂CH₂-), isopropyl ((CH₃)₂CH-), *n*-butyl (CH₃CH₂CH₂CH₂-), isobutyl ((CH₃)₂CHCH₂-), *sec*-butyl ((CH₃)(CH₃CH₂)CH-), *t*-butyl ((CH₃)₃C-), *n*-pentyl (CH₃CH₂CH₂CH₂CH₂-), và neopentyl ((CH₃)₃CCH₂-).

Khi được sử dụng trong bản mô tả này, “amino” hoặc “amin” chỉ nhóm -NH₂.

Khi được sử dụng trong bản mô tả này, “aryl” chỉ nhóm thơm có từ 6 đến 14 nguyên tử cacbon và không có nguyên tử khác loại trên vòng và có vòng đơn (ví dụ phenyl) hoặc đa vòng ngưng tụ (được ngưng tụ) (ví dụ, naphtyl hoặc antryl).

Khi được sử dụng trong bản mô tả này, “xycloalkyl” chỉ nhóm vòng no hoặc no một phần có từ 3 đến 14 nguyên tử cacbon và không có nguyên tử khác loại trên vòng và có vòng đơn hoặc đa vòng bao gồm hệ vòng ngưng tụ, hệ vòng liên kết cầu, và hệ vòng spiro. Ví dụ về nhóm xycloalkyl bao gồm, ví dụ, xyclopropyl, xyclobutyl, xyclopentyl, xyclooctyl, và xyclohexenyl.

Khi được sử dụng trong bản mô tả này, “halo” hoặc “halogen” chỉ flo, clo, brom, và iot.

Khi được sử dụng trong bản mô tả này, “heteroaryl” chỉ nhóm thơm có từ 2 đến 6 nguyên tử khác loại được chọn từ nhóm gồm oxy, nitơ, và lưu huỳnh và bao gồm hệ vòng đơn (ví dụ, furanyl) và hệ đa vòng (ví dụ, benzimidazol-2-yl và benzimidazol-6-yl). Heteroaryl bao gồm, nhưng không giới hạn ở, pyridyl, furanyl, thienyl, thiazolyl, isothiazolyl, triazolyl, imidazolyl, isoxazolyl, pyrolyl, pyrazolyl, pyridazinyl, pyrimidinyl, benzofuranyl, tetrahydrobenzofuranyl, isobenzofuranyl, benzothiazolyl, benzoisothiazolyl, benzotriazolyl, indolyl, isoindolyl, benzoxazolyl, quinolyl, tetrahydroquinolyl, isoquinolyl, quinazolinonyl, benzimidazolyl, benzisoxazolyl, hoặc benzothienyl.

Khi được sử dụng trong bản mô tả này, “heteroxycloalkyl” chỉ nhóm vòng no hoặc no một phần có từ 1 đến 5 nguyên tử khác loại được chọn từ nhóm gồm nitơ, lưu huỳnh, hoặc oxy và bao gồm hệ vòng đơn và hệ đa vòng bao gồm hệ vòng ngưng tụ, hệ vòng liên kết cầu, và hệ vòng spiro. Heteroxycyclyl bao gồm, nhưng không giới hạn ở, tetrahydropyranyl, piperidinyl, N-methylpiperidin-3-yl, piperazinyl, N-methylpyrrolidin-3-yl, 3-pyrrolidinyl, 2-pyrrolidon-1-yl, morpholinyl, và pyrrolidinyl.

Khi được sử dụng trong bản mô tả này, “alkoxy được thế” chỉ $-O\text{-alkyl}$ được thế trong đó alkyl được thế là như được xác định trong bản mô tả này.

Khi được sử dụng trong bản mô tả này, “alkyl được thế” chỉ nhóm alkyl có từ 1 đến 5 phần tử thế và, theo một số phương án, từ 1 đến 3 hoặc 1 đến 2 phần tử thế được chọn từ nhóm gồm alkenyl, halogen, $-OH$, $-COOH$, amino, amino được thế, trong đó các phần tử thế này là như được xác định trong bản mô tả này.

Khi được sử dụng trong bản mô tả này, “amino được thế” hoặc “amin được thế” chỉ nhóm $-NR^{10}R^{11}$ trong đó R^{10} và R^{11} độc lập được chọn từ nhóm gồm hydro, alkyl, alkyl được thế, aryl, aryl được thế, heteroaryl, và heteroaryl được thế.

Khi được sử dụng trong bản mô tả này, “aryl được thế” chỉ nhóm aryl được thế bằng từ 1 đến 8 phần tử thế và, theo một số phương án, từ 1 đến 5, từ 1 đến 3, hoặc 1 đến 2 phần tử thế được chọn từ nhóm gồm alkyl, alkyl được thế, alkoxy, alkoxy được thế, amin, amin được thế, alkenyl, halogen, $-OH$, và $-COOH$, trong đó phần tử thế này là như được xác định trong bản mô tả này.

Khi được sử dụng trong bản mô tả này, “xycloalkyl được thế” chỉ nhóm xycloalkyl, như được xác định trong bản mô tả này, có từ 1 đến 8, hoặc từ 1 đến 5 phần tử thế, hoặc theo một số phương án, từ 1 đến 3 phần tử thế được chọn từ nhóm gồm alkyl, alkyl được thế, alkoxy, alkoxy được thế, amin, amin được thế, alkenyl, halogen, $-OH$, và $-COOH$, trong đó phần tử thế là như được xác định trong bản mô tả này.

Khi được sử dụng trong bản mô tả này, “heteroaryl được thế” chỉ nhóm heteroaryl được thế bằng từ 1 đến 5, hoặc từ 1 đến 3, hoặc từ 1 đến 2 phần tử thế được chọn từ nhóm gồm các phần tử thế được xác định đối với aryl được thế.

Khi được sử dụng trong bản mô tả này, “heteroxycloalkyl được thế” chỉ nhóm dị vòng, như được xác định trong bản mô tả này, được thế bằng từ 1 đến 5 phần tử thế,

hoặc theo một số phương án, từ 1 đến 3 phần tử thế như được xác định đối với xycloalkyl được thế.

Cần hiểu rằng trong tất cả các nhóm được thế như được xác định trên đây, các polyme thu được bằng cách xác định các phần tử thế với bản thân chúng có phần tử thế khác (ví dụ, aryl được thế có nhóm aryl được thế là phần tử thế mà bản thân nó được thế bằng nhóm aryl được thế, v.v.) không được dự định để bao gồm ở đây. Trong các trường hợp này, số lượng thế tối đa là ba. Tương tự, cần hiểu rằng các định nghĩa trên đây không dự định bao gồm các kiểu thế không được phép (ví dụ, metyl được thế bằng 5 nhóm clo). Các kiểu thế không được phép này đã được người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực kỹ thuật này biết đến.

Theo một số phương án, nồng độ của phối tử trong pin điện hóa phụ thuộc vào nồng độ của ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp và/hoặc trạng thái oxy hóa cao hơn. Theo một số phương án, nồng độ của phối tử nằm trong khoảng từ 0,25M đến 5M; hoặc từ 0,25M đến 4M; hoặc từ 0,25M đến 3M; hoặc từ 0,5M đến 5M; hoặc từ 0,5M đến 4M; hoặc từ 0,5M đến 3M; hoặc từ 0,5M đến 2,5M; hoặc từ 0,5M đến 2M; hoặc từ 0,5M đến 1,5M; hoặc từ 0,5M đến 1M; hoặc từ 1M đến 2M; hoặc từ 1,5M đến 2,5M; hoặc từ 1,5M đến 2M.

Theo một số phương án, tỷ lệ giữa nồng độ của phối tử và nồng độ của ion Cu(I) nằm trong khoảng từ 1:1 đến 4:1; hoặc từ 1:1 đến 3:1; hoặc từ 1:1 đến 2:1; hoặc là 1:1; hoặc 2:1, hoặc 3:1, hoặc 4:1.

Theo một số phương án, dung dịch được sử dụng trong phản ứng xúc tác, tức là phản ứng của ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn với hydrocacbon không no hoặc hydrocacbon no, và dung dịch được sử dụng trong phản ứng điện hóa, có chứa nồng độ của ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn, như Cu(II), nằm trong khoảng từ 4,5M đến 7M, nồng độ của ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp, như Cu(I), nằm trong khoảng từ 0,25M đến 1,5M, và nồng độ của phối tử nằm trong khoảng từ 0,25M đến 6M. Theo một số phương án, nồng độ của natri clorua trong dung dịch có thể ảnh hưởng đến độ tan của phối tử và/hoặc ion kim loại; hiệu suất và tính chọn lọc của phản ứng xúc tác; và/hoặc hiệu suất của pin điện hóa. Do đó, theo một số phương án, nồng độ của natri clorua trong dung dịch nằm trong khoảng từ 1M đến 3M. Theo một số phương án, dung dịch được sử dụng trong phản ứng xúc tác, tức là phản ứng của ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn với hydrocacbon không no hoặc hydrocacbon no, và dung dịch được sử dụng trong phản ứng điện hóa, có chứa nồng

độ ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn, như Cu(II), nằm trong khoảng từ 4,5M đến 7M, nồng độ của ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp, như Cu(I), nằm trong khoảng từ 0,25M đến 1,5M, nồng độ của phối tử nằm trong khoảng từ 0,25M đến 6M, và nồng độ của natri clorua nằm trong khoảng từ 1M đến 3M.

Phương pháp và hệ thống điện hóa

Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất phương pháp bao gồm các bước: cho anốt tiếp xúc với ion kim loại trong chất điện phân anốt trong buồng anốt; chuyển hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn trong buồng anốt; và cho catốt tiếp xúc với chất điện phân catốt trong buồng catốt. Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất phương pháp bao gồm các bước: cho anốt tiếp xúc với ion kim loại trong chất điện phân anốt trong buồng anốt; chuyển hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn trong buồng anốt; cho catốt tiếp xúc với chất điện phân catốt trong buồng catốt; và tạo thành kiềm, nước, và/hoặc khí hydro trong buồng catốt. Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất phương pháp bao gồm các bước: cho anốt tiếp xúc với ion kim loại trong chất điện phân anốt trong buồng anốt; chuyển hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn trong buồng anốt; và xử lý ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn bằng hydrocacbon không no hoặc hydrocacbon no. Theo một số phương án, việc xử lý ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn bằng hydrocacbon không no hoặc hydrocacbon no dẫn đến tạo thành halohydrocacbon. Theo một số phương án, việc xử lý ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn bằng hydrocacbon không no hoặc hydrocacbon no, diễn ra bên trong buồng anốt. Theo một số phương án, việc xử lý ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn bằng hydrocacbon không no hoặc hydrocacbon no, diễn ra bên ngoài buồng anốt. Theo một số phương án, catốt là catốt khử cực oxy.

Một số phương án về các pin điện hóa được minh họa trong các hình vẽ và được mô tả trong bản mô tả này. Cần hiểu rằng các hình vẽ chỉ nhằm mục đích minh họa và các thay đổi về chất phản ứng và thiết lập phản ứng đều nằm trong phạm vi của sáng chế. Tất cả các phương pháp và hệ thống điện hóa được mô tả trong bản mô tả này không tạo ra khí clo như được thấy trong hệ clo-kiềm. Tất cả các hệ thống và phương pháp liên quan đến sự halogen hóa hoặc sulfonat hóa hydrocacbon không no hoặc hydrocacbon no đều không sử dụng khí oxy trong thiết bị phản ứng xúc tác.

Theo một số phương án, sáng chế đề xuất phương pháp bao gồm các bước: cho anôt tiếp xúc với ion kim loại trong chất điện phân anôt trong buồng anôt; chuyển hóa hoặc oxy hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn ở anôt; và cho catôt tiếp xúc với chất điện phân catôt trong buồng catôt; và tạo thành kiềm, nước, và/hoặc khí hydro ở catôt. Theo một số phương án, sáng chế đề xuất phương pháp bao gồm các bước: cho anôt tiếp xúc với ion kim loại trong chất điện phân anôt trong buồng anôt; oxy hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn ở anôt; cho catôt tiếp xúc với chất điện phân catôt trong buồng catôt; tạo thành kiềm, nước, và/hoặc khí hydro ở catôt; và cho chất điện phân anôt chứa ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn tiếp xúc với hydrocacbon không no và/hoặc hydrocacbon no để tạo thành hydrocacbon đã halogen hóa, hoặc cho chất điện phân anôt chứa ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn tiếp xúc với khí hydro để tạo thành axit, hoặc kết hợp cả hai cách này.

Theo một số phương án, sáng chế đề xuất hệ thống bao gồm buồng anôt gồm anôt tiếp xúc với ion kim loại trong chất điện phân anôt, trong đó buồng anôt có cấu hình để chuyển hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn; và buồng catôt gồm catôt tiếp xúc với chất điện phân catôt. Theo khía cạnh khác, sáng chế đề xuất hệ thống bao gồm buồng anôt chứa anôt tiếp xúc với ion kim loại trong chất điện phân anôt, trong đó buồng anôt có cấu hình để chuyển hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn; và buồng catôt chứa catôt tiếp xúc với chất điện phân catôt, trong đó buồng catôt có cấu hình để tạo ra kiềm, nước, và/hoặc khí hydro. Theo một số phương án, sáng chế đề xuất hệ thống bao gồm buồng anôt gồm anôt tiếp xúc với ion kim loại trong chất điện phân anôt, trong đó anôt có cấu hình để chuyển hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn; và buồng catôt gồm catôt tiếp xúc với chất điện phân catôt trong đó catôt có cấu hình để tạo ra kiềm, nước, và/hoặc khí hydro trong chất điện phân catôt; và thiết bị phản ứng được nối với buồng anôt theo cách có thể điều khiển được và có cấu hình để chất điện phân anôt chứa ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn tiếp xúc với hydrocacbon không no và/hoặc hydrocacbon no và/hoặc khí hydro để tương ứng tạo thành hydrocacbon đã halogen hóa hoặc axit. Theo khía cạnh khác, sáng chế đề xuất hệ thống bao gồm buồng anôt gồm anôt tiếp xúc với ion kim loại trong chất điện phân anôt trong đó buồng anôt có cấu hình để chuyển hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn và hệ thống phân phối hydrocacbon không no và/hoặc hydrocacbon no có cấu hình để phân phối

hydrocacbon không no và/hoặc hydrocacbon no cho buồng anốt trong đó buồng anốt còn có cấu hình để chuyển hóa hydrocacbon không no và/hoặc hydrocacbon no thành hydrocacbon đã halogen hóa.

Như được minh họa trên Fig.1A, hệ thống điện hóa 100A bao gồm buồng anốt với anốt tiếp xúc với chất điện phân anốt trong đó chất điện phân anốt chứa ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp (được biểu thị là M^{L+}) được chuyển hóa bằng anốt thành ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn (được biểu thị là M^{H+}). Ion kim loại có thể ở dạng sulfat, clorua, bromua, hoặc iodua.

Khi được sử dụng trong bản mô tả này, “trạng thái oxy hóa thấp” được biểu thị là $L+$ trong M^{L+} bao gồm trạng thái oxy hóa thấp của kim loại. Ví dụ, trạng thái oxy hóa thấp của ion kim loại có thể là $1+$, $2+$, $3+$, $4+$, hoặc $5+$. Khi được sử dụng trong bản mô tả này, “trạng thái oxy hóa cao hơn” được biểu thị là $H+$ trong M^{H+} bao gồm trạng thái oxy hóa cao hơn của kim loại. Ví dụ, trạng thái oxy hóa cao hơn của ion kim loại có thể là $2+$, $3+$, $4+$, $5+$, hoặc $6+$.

Các điện tử được sinh ra ở anốt được sử dụng để thực hiện phản ứng ở catốt. Phản ứng catốt có thể là phản ứng bất kỳ đã biết trong tình trạng kỹ thuật. Buồng anốt và buồng catốt có thể được ngăn cách bằng màng trao đổi ion (IEM) mà có thể cho phép các ion đi qua, như, nhưng không giới hạn ở, ion natri theo một số phương án vào chất điện phân catốt nếu chất điện phân anốt là natri clorua hoặc natri sulfat v.v.. chứa kim loại halogenua. Một vài phản ứng có thể xảy ra ở catốt bao gồm, nhưng không giới hạn ở, phản ứng của nước để tạo thành hydroxit và khí hydro, phản ứng của khí oxy và nước để tạo thành ion hydroxit, phản ứng khử HCl để tạo thành khí hydro; hoặc phản ứng của HCl và khí oxy để tạo thành nước.

Như được minh họa trên Fig.1B, hệ thống điện hóa 100B bao gồm buồng catốt với catốt tiếp xúc với chất điện phân catốt tạo thành ion hydroxit trong chất điện phân catốt. Hệ thống điện hóa 100B còn bao gồm buồng anốt với anốt tiếp xúc với chất điện phân anốt trong đó chất điện phân anốt chứa ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp (được biểu thị là M^{L+}) được chuyển hóa bằng anốt thành ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn (được biểu thị là M^{H+}). (Các) điện tử được sinh ra ở anốt được sử dụng để thực hiện phản ứng ở catốt. Buồng anốt và buồng catốt ngăn cách bằng màng trao đổi ion (IEM) cho phép ion natri đi qua để vào chất điện phân catốt nếu chất điện phân anốt là natri clorua, natri bromua, natri iodua, natri sulfat, amoni clorua v.v.. hoặc dung dịch tương đương chứa kim loại halogenua. Theo một số phương án, màng

trao đổi ion cho phép anion đi qua, như, nhưng không giới hạn ở, ion clorua, ion bromua, ion iodua, hoặc ion sulfat đến chất điện phân anốt nếu chất điện phân catốt là, ví dụ, natri clorua, natri bromua, natri iodua, hoặc natri sulfat hoặc dung dịch tương đương. Ion natri kết hợp với ion hydroxit trong chất điện phân catốt tạo thành natri hydroxit. Anion kết hợp với ion kim loại tạo thành kim loại halogenua hoặc kim loại sulfat. Cần hiểu rằng catốt tạo thành hydroxit, như được minh họa trên Fig.1B chỉ nhằm mục đích minh họa và catốt khác như, catốt khử HCl tạo ra khí hydro hoặc catốt cho phản ứng cả HCl và khí oxy tạo thành nước, cũng có thể áp dụng như nhau đối với hệ thống. Các catốt này được mô tả trong bản mô tả này.

Theo một số phương án, hệ thống điện hóa theo sáng chế bao gồm một hoặc nhiều màng trao đổi ion. Do đó, theo một số phương án, sáng chế đề xuất phương pháp bao gồm các bước: cho anốt tiếp xúc với ion kim loại trong chất điện phân anốt trong buồng anốt; oxy hoá ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn ở anốt; cho catốt tiếp xúc với chất điện phân catốt trong buồng catốt; tạo thành kiềm, nước, và/hoặc khí hydro ở catốt; và ngăn cách catốt và anốt bằng ít nhất một màng trao đổi ion. Theo một số phương án, sáng chế đề xuất phương pháp bao gồm các bước: cho anốt tiếp xúc với ion kim loại trong chất điện phân anốt trong buồng anốt; oxy hoá ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn ở anốt; cho catốt tiếp xúc với chất điện phân catốt trong buồng catốt; tạo thành kiềm, nước, và/hoặc khí hydro ở catốt; ngăn cách catốt và anốt bằng ít nhất một màng trao đổi ion; và cho chất điện phân anốt chứa ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn tiếp xúc với hydrocacbon không no và/hoặc hydrocacbon no tạo thành hydrocacbon đã halogen hóa, hoặc cho chất điện phân anốt chứa ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn tiếp xúc với khí hydro tạo thành axit, hoặc kết hợp cả hai cách này. Theo một số phương án, màng trao đổi ion là màng trao đổi cation (cation exchange membrane - CEM), màng trao đổi anion (anion exchange membrane - AEM); hoặc kết hợp của hai màng này.

Theo một số phương án, sáng chế đề xuất hệ thống bao gồm buồng anốt gồm anốt tiếp xúc với ion kim loại trong chất điện phân anốt, trong đó anốt có cấu hình để chuyển hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn; buồng catốt gồm catốt tiếp xúc với chất điện phân catốt, trong đó catốt có cấu hình để tạo ra kiềm, nước, và/hoặc khí hydro; và ít nhất một màng trao đổi ion ngăn cách catốt và anốt. Theo một số phương án, sáng chế đề xuất hệ thống bao gồm buồng anốt gồm

anôt tiếp xúc với ion kim loại trong chất điện phân anôt, trong đó anôt có cấu hình để chuyển hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn; buồng catôt gồm catôt tiếp xúc với chất điện phân catôt, trong đó catôt có cấu hình để tạo ra kiềm, nước, và/hoặc khí hydro; ít nhất một màng trao đổi ion ngăn cách catôt và anôt; và thiết bị phản ứng được nối với buồng anôt theo cách có thể điều khiển được và có cấu hình để chất điện phân anôt chứa ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn tiếp xúc với hydrocacbon không no và/hoặc hydrocacbon no và/hoặc khí hydro để tương ứng tạo thành hydrocacbon đã halogen hóa và axit. Theo một số phương án, màng trao đổi ion là màng trao đổi cation (CEM), màng trao đổi anion (AEM); hoặc sự kết hợp của hai màng này.

Như được minh họa trên Fig.2, hệ thống điện hóa 200 bao gồm catôt tiếp xúc với chất điện phân catôt và anôt tiếp xúc với chất điện phân anôt. Catôt tạo thành ion hydroxit trong chất điện phân catôt và anôt chuyển hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp (M^{L+}) sang trạng thái oxy hóa cao hơn (M^{H+}). Anôt và catôt được ngăn cách bằng màng trao đổi anion (AEM) và màng trao đổi cation (CEM). Chất điện phân thứ ba (ví dụ, natri clorua, natri bromua, natri iodia, natri sulfat, amoni clorua, hoặc kết hợp các chất này hoặc dung dịch tương đương) được bố trí giữa AEM và CEM. Ion natri từ chất điện phân thứ ba đi qua CEM để tạo thành natri hydroxit trong buồng catôt và anion halogenua như, ion clorua, ion bromua hoặc ion iodia, hoặc anion sulfat, từ chất điện phân thứ ba đi qua AEM để tạo thành dung dịch cho kim loại halogenua hoặc kim loại sulfat trong buồng anôt. Sau đó, kim loại halogenua hoặc kim loại sulfat được tạo thành trong chất điện phân anôt được cấp cho thiết bị phản ứng để phản ứng với khí hydro hoặc hydrocacbon không no hoặc hydrocacbon no tương ứng tạo ra hydro clorua, axit clohydric, hydro bromua, axit bromhydric, hydro iodia, hoặc axit iothydric và/hoặc halohydrocacbon. Chất điện phân thứ ba, sau khi chuyển giao ion, có thể được rút ra từ buồng giữa dưới dạng dung dịch đã cạn kiệt ion. Ví dụ, theo một số phương án, khi chất điện phân thứ ba là dung dịch natri clorua, thì sau khi chuyển giao ion natri cho chất điện phân catôt và chuyển giao ion clorua cho chất điện phân anôt, dung dịch natri clorua đã cạn kiệt có thể được lấy rút từ buồng giữa. Dung dịch muối đã cạn kiệt có thể được sử dụng cho mục đích thương mại hoặc có thể được chuyển tới buồng anôt và/hoặc catôt làm chất điện phân hoặc được cô để tái sử dụng làm chất điện phân thứ ba. Theo một số phương án, dung dịch muối đã cạn kiệt có thể hữu dụng để điều chế nước đã khử muối. Cần hiểu rằng catôt tạo thành hydroxit, như được minh họa trên Fig.2 chỉ nhằm mục đích minh họa và catôt khác

như, catôt khử HCl để tạo thành khí hydro hoặc catôt phản ứng HCl và khí oxy để tạo thành nước, có thể áp dụng như nhau đối với các hệ thống này và cũng được mô tả trong bản mô tả này.

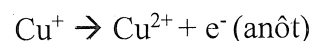
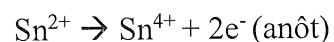
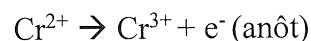
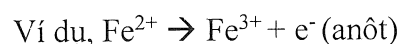
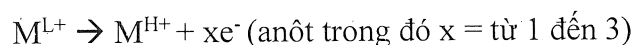
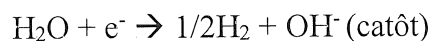
Theo một số phương án, hai màng trao đổi ion, như được minh họa trên Fig.2, có thể được thay thế bằng một màng trao đổi ion như được minh họa trên Fig.1A hoặc 1B. Theo một số phương án, màng trao đổi ion là màng trao đổi anion, như được minh họa trên Fig.3A. Theo các phương án này, chất điện phân catôt có thể là natri halogenua, natri sulfat hoặc dung dịch tương đương và AEM là sao cho anion đi qua để vào chất điện phân anôt nhưng ngăn không cho ion kim loại đi từ chất điện phân anôt vào chất điện phân catôt. Theo một số phương án, màng trao đổi ion là màng trao đổi cation, như được minh họa trên Fig.3B. Theo các phương án này, chất điện phân anôt có thể là natri halogenua, natri sulfat hoặc dung dịch tương đương chứa dung dịch kim loại halogenua hoặc dung dịch tương đương và CEM là sao cho cation natri đi qua để vào chất điện phân catôt nhưng ngăn không cho ion kim loại đi từ chất điện phân anôt vào chất điện phân catôt. Theo một số phương án, việc sử dụng một màng trao đổi ion thay vì hai màng trao đổi ion có thể làm giảm độ bền nhờ có nhiều IEM và có thể tạo thuận lợi cho các điện áp thấp vận hành các phản ứng điện hóa. Một vài ví dụ về màng trao đổi anion thích hợp được đề xuất trong bản mô tả này.

Theo một số phương án, catôt được sử dụng trong hệ thống điện hóa theo sáng chế là catôt tạo ra khí hydro. Do đó, theo một số phương án, sáng chế đề xuất phương pháp bao gồm các bước: cho anôt tiếp xúc với ion kim loại trong chất điện phân anôt trong buồng anôt; oxy hoá ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn ở anôt; cho catôt tiếp xúc với chất điện phân catôt trong buồng catôt; tạo thành kiềm và khí hydro ở catôt. Theo một số phương án, sáng chế đề xuất phương pháp bao gồm các bước: cho anôt tiếp xúc với ion kim loại trong chất điện phân anôt trong buồng anôt; oxy hoá ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn ở anôt; cho catôt tiếp xúc với chất điện phân catôt trong buồng catôt; tạo thành kiềm và khí hydro ở catôt; và cho chất điện phân anôt chứa ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn tiếp xúc với hydrocacbon không no hoặc hydrocacbon no để tạo thành hydrocacbon đã halogen hóa, hoặc cho chất điện phân anôt chứa ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn tiếp xúc với khí hydro để tạo thành axit, hoặc kết hợp cả hai cách này. Theo một số phương án, phương pháp này còn bao gồm ngăn cách catôt và anôt bằng ít nhất một màng trao đổi ion. Theo một số phương án, màng trao đổi ion

là màng trao đổi cation (CEM), màng trao đổi anion (AEM); hoặc kết hợp của hai màng này. Theo một số phương án, phương pháp nêu trên bao gồm anốt không tạo thành khí. Theo một số phương án, phương pháp này bao gồm anốt không sử dụng khí.

Theo một số phương án, sáng chế đề xuất hệ thống bao gồm buồng anốt gồm anốt tiếp xúc với ion kim loại trong chất điện phân anốt, trong đó anốt có cấu hình để chuyển hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn; và buồng catốt gồm catốt tiếp xúc với chất điện phân catốt, trong đó catốt có cấu hình để tạo ra kiềm và khí hydro. Theo một số phương án, sáng chế đề xuất hệ thống bao gồm buồng anốt gồm anốt tiếp xúc với ion kim loại trong chất điện phân anốt, trong đó anốt có cấu hình để chuyển hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn; và buồng catốt gồm catốt tiếp xúc với chất điện phân catốt, trong đó catốt có cấu hình để tạo ra kiềm và khí hydro; và thiết bị phản ứng được nối với buồng anốt theo cách có thể điều khiển được và có cấu hình để chất điện phân anốt chứa ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn tiếp xúc với hydrocacbon không no hoặc hydrocacbon no và/hoặc khí hydro để tương ứng tạo thành hydrocacbon đã halogen hoá và axit. Theo một số phương án, hệ thống có cấu hình để không tạo thành khí ở anốt. Theo một số phương án, hệ thống có cấu hình để không sử dụng khí ở anốt. Theo một số phương án, hệ thống còn bao gồm ít nhất một màng trao đổi ion ngăn cách catốt và anốt. Theo một số phương án, màng trao đổi ion là màng trao đổi cation (CEM), màng trao đổi anion (AEM); hoặc kết hợp của hai màng này.

Ví dụ, như được minh họa trên Fig.4B, hệ thống điện hóa 400 bao gồm catốt tiếp xúc với chất điện phân catốt 401 trong đó hydroxit được tạo thành trong chất điện phân catốt. Hệ thống 400 còn bao gồm anốt tiếp xúc với chất điện phân anốt 402 mà chuyển hoá ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp (M^{L+}) thành ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn (M^{H+}). Sau đây là phản ứng xảy ra ở catốt và anốt:



Như được minh họa trên Fig.4B, hệ thống điện hóa 400 bao gồm catôt tạo thành ion hydroxit và khí hydro ở catôt. Khí hydro có thể được thổi ra hoặc được thu nạp và cất giữ cho mục đích thương mại. Theo một số phương án, hydro được giải phóng ở catôt có thể được halogen hoá hoặc sulfonat hóa (bao gồm sulfat hóa) với kim loại halogenua hoặc kim loại sulfat được tạo thành trong chất điện phân anôt để tạo thành hydro clorua, axit clohydric, hydro bromua, axit bromhydric, hydro iodua, axit iohydric, hoặc axit sulfuric. Phản ứng này được mô tả chi tiết trong bản mô tả này. M^{H+} được tạo thành ở anôt kết hợp với ion clorua để tạo thành kim loại clorua ở trạng thái oxy hóa cao hơn như, nhưng không giới hạn ở, $FeCl_3$, $CrCl_3$, $SnCl_4$, hoặc $CuCl_2$ v.v.. Ion hydroxit được tạo thành ở catôt kết hợp với ion natri để tạo thành natri hydroxit.

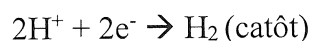
Cần hiểu rằng ion clorua trong ứng dụng này chỉ nhằm mục đích minh họa và các ion tương đương khác như, nhưng không giới hạn ở, sulfat, bromua hoặc iodua cũng nằm trong phạm vi của sáng chế và sẽ tạo thành kim loại halogenua hoặc kim loại sulfat tương ứng trong chất điện phân anôt. Cũng cần hiểu rằng MCl_n được thể hiện trên các hình vẽ trong bản mô tả này là hỗn hợp của ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp cũng như ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn. Số nguyên n trong MCl_n chỉ biểu thị ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp và trạng thái oxy hóa cao hơn và có thể bằng từ 1 đến 5 hoặc hơn tùy thuộc vào ion kim loại. Ví dụ, theo một số phương án, trong đó đồng là ion kim loại, MCl_n có thể là hỗn hợp của $CuCl$ và $CuCl_2$. Sau đó, hỗn hợp của các ion đồng này trong chất điện phân anôt có thể được tiếp xúc với khí hydro, hydrocacbon không no, và/hoặc hydrocacbon no để tạo thành sản phẩm tương ứng.

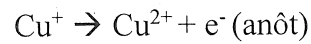
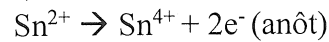
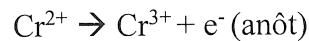
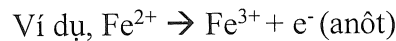
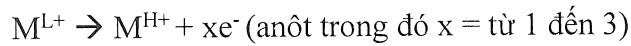
Theo một số phương án, catôt được sử dụng trong hệ thống điện hóa theo sáng chế là catôt tạo ra khí hydro mà không tạo thành kiềm. Do đó, theo một số phương án, sáng chế đề xuất phương pháp bao gồm các bước: cho anôt tiếp xúc với ion kim loại trong chất điện phân anôt trong buồng anôt; oxy hoá ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn ở anôt; cho catôt tiếp xúc với chất điện phân catôt trong buồng catôt; tạo thành khí hydro ở catôt. Theo một số phương án, sáng chế đề xuất phương pháp bao gồm các bước: cho anôt tiếp xúc với ion kim loại trong chất điện phân anôt trong buồng anôt; oxy hoá ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn ở anôt; cho catôt tiếp xúc với chất điện phân catôt trong buồng catôt; tạo thành khí hydro ở catôt; và cho chất điện phân anôt chứa ion kim loại

ở trạng thái oxy hóa cao hơn tiếp xúc với hydrocacbon không no hoặc hydrocacbon no để tạo thành hydrocacbon đã halogen hóa, hoặc cho chất điện phân anốt chứa ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn tiếp xúc với khí hydro để tạo thành axit, hoặc kết hợp cả hai cách này. Theo một số phương án, phương pháp này còn bao gồm ngăn cách catốt và anốt bằng ít nhất một màng trao đổi ion. Theo một số phương án, màng trao đổi ion là màng trao đổi cation (CEM), màng trao đổi anion (AEM); hoặc kết hợp của hai màng này. Theo một số phương án, phương pháp nêu trên bao gồm anốt không tạo thành khí. Theo một số phương án, phương pháp này bao gồm anốt không sử dụng khí.

Theo một số phương án, sáng chế đề xuất hệ thống bao gồm buồng anốt gồm anốt tiếp xúc với ion kim loại trong chất điện phân anốt, trong đó anốt có cấu hình để chuyển hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn; và buồng catốt gồm catốt tiếp xúc với chất điện phân catốt, trong đó catốt có cấu hình để tạo ra khí hydro. Theo một số phương án, sáng chế đề xuất hệ thống bao gồm buồng anốt gồm anốt tiếp xúc với ion kim loại trong chất điện phân anốt, trong đó anốt có cấu hình để chuyển hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn; và buồng catốt gồm catốt tiếp xúc với chất điện phân catốt, trong đó catốt có cấu hình để tạo ra khí hydro; và thiết bị phản ứng được nối với buồng anốt theo cách có thể điều khiển được và có cấu hình để chất điện phân anốt chứa ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn tiếp xúc với hydrocacbon không no hoặc hydrocacbon no và/hoặc khí hydro để tương ứng tạo thành hydrocacbon đã halogen hoá và axit. Theo một số phương án, hệ thống có cấu hình để không tạo thành khí ở anốt. Theo một số phương án, hệ thống có cấu hình để không sử dụng khí ở anốt. Theo một số phương án, hệ thống còn bao gồm ít nhất một màng trao đổi ion ngăn cách catốt và anốt. Theo một số phương án, màng trao đổi ion là màng trao đổi cation (CEM), màng trao đổi anion (AEM); hoặc kết hợp của hai màng này.

Ví dụ, như được minh họa trên Fig.4B, hệ thống điện hóa 400 bao gồm catốt tiếp xúc với chất điện phân catốt 401 trong đó axit clohydric được phân phối đến chất điện phân catốt được biến đổi thành khí hydro trong chất điện phân catốt. Hệ thống 400 còn bao gồm anốt tiếp xúc với chất điện phân anốt 402 mà chuyển hoá ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp (M^{L+}) thành ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn (M^{H+}). Sau đây là các phản ứng xảy ra ở catốt và anốt:





Như được minh họa trên Fig.4B, hệ thống điện hóa 400 bao gồm catôt mà tạo thành khí hydro ở catôt. Khí hydro có thể được thổi ra hoặc được thu nạp và cất giữ cho mục đích thương mại. Theo một số phương án, hydro được giải phóng ở catôt có thể được halogen hoá hoặc sulfonat hóa (bao gồm sulfat hóa) với kim loại halogenua hoặc kim loại sulfat được tạo thành trong chất điện phân anôt để tạo thành hydro clorua, axit clohydric, hydro bromua, axit bromhydric, hydro iodua, axit iohydric, hoặc axit sulfuric. Phản ứng này được mô tả chi tiết trong bản mô tả này. M^{H+} được tạo thành ở anôt kết hợp với ion clorua để tạo thành kim loại clorua ở trạng thái oxy hóa cao hơn như, nhưng không giới hạn ở, $FeCl_3$, $CrCl_3$, $SnCl_4$, hoặc $CuCl_2$ v.v.. Ion hydroxit được tạo thành ở catôt kết hợp với ion natri để tạo thành natri hydroxit.

Cần hiểu rằng một AEM trên Fig.4B chỉ nhằm mục đích minh họa và hệ thống có thể được thiết kế để có CEM với HCl được phân phối vào chất điện phân anôt và các ion hydro đi qua CEM vào chất điện phân catôt. Theo một số phương án, hệ thống được minh họa trên Fig.4B có thể chứa cả AEM và CEM với buồng giữa chứa muối clorua. Cũng cần hiểu rằng MCl_n được thể hiện trên các hình vẽ được minh họa trong bản mô tả này là hỗn hợp của ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp cũng như ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn. Số nguyên n trong MCl_n chỉ biểu thị ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp và trạng thái oxy hóa cao hơn và có thể bằng từ 1 đến 5 hoặc hơn tùy thuộc vào ion kim loại. Ví dụ, theo một số phương án, trong đó đồng là ion kim loại, MCl_n có thể là hỗn hợp của $CuCl$ và $CuCl_2$. Sau đó, hỗn hợp các ion đồng này trong chất điện phân anôt có thể được tiếp xúc với khí hydro, hydrocacbon không no, và/hoặc hydrocacbon no để tạo thành sản phẩm tương ứng.

Theo một số phương án, catôt trong hệ thống điện hóa theo sáng chế có thể là catôt khuếch tán khí. Theo một số phương án, catôt trong hệ thống điện hóa theo sáng chế có thể là catôt khuếch tán khí tạo thành kiềm ở catôt. Theo một số phương án, sáng chế đề xuất phương pháp bao gồm các bước: cho anôt tiếp xúc với ion kim loại trong chất điện phân anôt; oxy hoá ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng

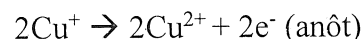
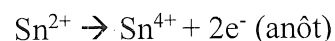
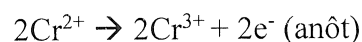
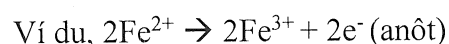
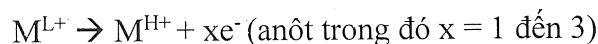
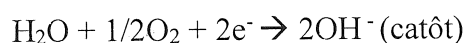
thái oxy hóa cao hơn ở anôt; và cho catôt khuếch tán khí tiếp xúc với chất điện phân catôt. Theo một số phương án, catôt khuếch tán khí là catôt khử cực oxy (ODC). Theo một số phương án, phương pháp này bao gồm bước tạo thành kiềm ở ODC. Theo một số phương án, sáng chế đề xuất phương pháp bao gồm các bước: cho anôt tiếp xúc với chất điện phân anôt, oxy hoá ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn ở anôt; và cho catôt tiếp xúc với chất điện phân catôt trong đó catôt là catôt khử phân cực oxy mà khử oxy và nước thành ion hydroxit. Theo một số phương án, sáng chế đề xuất phương pháp bao gồm các bước: cho anôt tiếp xúc với ion kim loại trong chất điện phân anôt trong buồng anôt; oxy hoá ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn ở anôt; cho catôt khuếch tán khí tiếp xúc với chất điện phân catôt trong buồng catôt; tạo thành kiềm ở catôt; và cho chất điện phân anôt chứa ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn tiếp xúc với hydrocacbon không no và/hoặc hydrocacbon no để tạo thành hydrocacbon đã halogen hóa, hoặc cho chất điện phân anôt chứa ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn tiếp xúc với khí hydro để tạo thành axit, hoặc kết hợp cả hai cách này. Theo một số phương án, catôt khuếch tán khí không tạo thành khí. Theo một số phương án, phương pháp này bao gồm anôt không tạo thành khí. Theo một số phương án, phương pháp này bao gồm anôt không sử dụng khí. Theo một số phương án, phương pháp còn bao gồm ngăn cách catôt và anôt bằng ít nhất một màng trao đổi ion. Theo một số phương án, màng trao đổi ion là màng trao đổi cation (CEM), màng trao đổi anion (AEM); hoặc kết hợp của hai màng này.

Theo một số phương án, sáng chế đề xuất hệ thống bao gồm buồng anôt gồm anôt tiếp xúc với ion kim loại trong chất điện phân anôt, trong đó anôt có cấu hình để chuyển hóa hoặc oxy hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn; và buồng catôt gồm catôt khuếch tán khí tiếp xúc với chất điện phân catôt, trong đó catôt có cấu hình để tạo ra kiềm. Theo một số phương án, catôt khuếch tán khí là catôt khử cực oxy (ODC). Theo một số phương án, sáng chế đề xuất hệ thống bao gồm buồng anôt gồm anôt tiếp xúc với ion kim loại trong chất điện phân anôt, trong đó anôt có cấu hình để chuyển hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn; và buồng catôt gồm catôt khuếch tán khí tiếp xúc với chất điện phân catôt, trong đó catôt có cấu hình để tạo ra kiềm; và thiết bị phản ứng được nối với buồng anôt theo cách có thể điều khiển được và có cấu hình để chất điện phân anôt chứa ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn tiếp xúc với hydrocacbon không no và/hoặc hydrocacbon no và/hoặc khí hydro để tương ứng tạo thành

hydrocacbon đã halogen hoá và axit. Theo một số phương án, hệ thống có cấu hình để không tạo thành khí ở catôt khuếch tán khí. Theo một số phương án, hệ thống có cấu hình để không tạo thành khí ở anôt. Theo một số phương án, hệ thống có cấu hình để không sử dụng khí ở anôt. Theo một số phương án, hệ thống còn bao gồm ít nhất một màng trao đổi ion ngăn cách catôt và anôt. Theo một số phương án, màng trao đổi ion là màng trao đổi cation (CEM), màng trao đổi anion (AEM); hoặc kết hợp của hai màng này.

Khi được sử dụng trong bản mô tả này, “catôt khuếch tán khí,” hoặc “điện cực khuếch tán khí,” hoặc dạng tương đương khác của chúng bao gồm điện cực bất kỳ có khả năng phản ứng với khí tạo thành các dạng ion. Theo một số phương án, catôt khuếch tán khí, như được sử dụng trong bản mô tả này, là catôt khử cực oxy (ODC). Catôt khuếch tán khí này có thể được gọi là điện cực khuếch tán khí, catôt tiêu thụ oxy, catôt khử oxy, catôt thở oxy, catôt khử cực oxy, và dạng tương tự.

Theo một số phương án, như được minh họa trên Fig.5A, sự kết hợp của catôt khuếch tán khí (ví dụ, ODC) và anôt trong pin điện hóa có thể sẽ tạo thành kiểm trong buồng catôt. Theo một số phương án, hệ thống điện hóa 500 bao gồm catôt khuếch tán khí tiếp xúc với chất điện phân catôt 501 và anôt tiếp xúc với chất điện phân anôt 502. Anôt và catôt được ngăn cách bằng màng trao đổi anion (AEM) và màng trao đổi cation (CEM). Chất điện phân thứ ba (ví dụ, natri halogenua hoặc natri sulfat) được bố trí giữa từ AEM và CEM. Dưới đây là các phản ứng có thể xảy ra ở anôt và catôt.



$\text{M}^{\text{H}+}$ được tạo thành ở anôt kết hợp với ion clorua để tạo thành kim loại clorua MCl_n như, nhưng không giới hạn ở, FeCl_3 , CrCl_3 , SnCl_4 , hoặc CuCl_2 v.v... Ion hydroxit được tạo thành ở catôt phản ứng với ion natri để tạo thành natri hydroxit. Oxy ở catôt có thể là không khí hoặc nguồn oxy bất kỳ có trên thị trường.

Phương pháp và hệ thống chứa catôt khuếch tán khí hoặc ODC, như được mô tả trong bản mô tả này và được minh họa trên Fig.5A, có thể đến đến tiết kiệm điện áp so với phương pháp và hệ thống bao gồm catôt tạo ra khí hydro (như được minh họa trên Fig.4B). Việc tiết kiệm điện áp này theo đó có thể dẫn đến việc tiêu thụ điện ít đi và ít phát thải cacbon dioxit để phát điện. Điều này có thể dẫn đến tạo ra các hóa chất xanh hơn như natri hydroxit, các hydrocacbon được halogen hóa và/hoặc axit, là những hóa chất mà được tạo thành bằng các phương pháp và hệ thống có hiệu quả và tiết kiệm năng lượng theo sáng chế. Theo một số phương án, pin điện hóa có ODC có sự tiết kiệm điện áp lý thuyết nhiều hơn 0,5V, hoặc nhiều hơn 1V, hoặc nhiều hơn 1,5V, hoặc trong khoảng từ 0,5 đến 1,5V, so với pin điện hóa không có ODC hoặc so với pin điện hóa có catôt tạo ra khí hydro. Theo một số phương án, sự tiết kiệm điện áp này đạt được nhờ độ pH của chất điện phân catôt nằm trong khoảng từ 7 đến 15, hoặc trong khoảng từ 7 đến 14, hoặc trong khoảng từ 6 đến 12, hoặc trong khoảng từ 7 đến 12, hoặc nằm trong khoảng từ 7 đến 10.

Điện thế pin tổng có thể được xác định nhờ kết hợp phương trình Nernst cho mỗi phản ứng nửa pin:

$$E = E^{\circ} - RT \ln(Q) / n F$$

trong đó, E° là thế khử chuẩn, R là hằng số khí chung (8,314 J/mol K), T là nhiệt độ tuyệt đối, n là số lượng điện tử tham gia vào phản ứng nửa pin, F là hằng số Faraday (96485 J/V mol), và Q là chỉ số phản ứng sao cho:

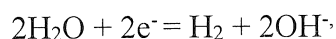
$$E_{\text{tổng}} = E_{\text{anôt}} - E_{\text{catôt}}$$

Khi kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp được oxy hóa thành kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn ở anôt như sau:



$E_{\text{anôt}}$ dựa vào sự thay đổi nồng độ của đồng II có thể nằm trong khoảng từ 0,159 đến 0,75V.

Khi nước bị khử thành ion hydroxit và khí hydro ở catôt (như được minh họa trên Fig.4B) như sau:

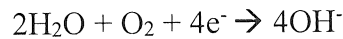


$E_{\text{catôt}} = -0,059 \text{ pH}_c$, trong đó pH_c là độ pH của chất điện phân catôt = 14

$E_{\text{catôt}} = -0,83$

$E_{\text{tổng}}$ khi đó nằm trong khoảng từ 0,989 đến 1,53, tùy thuộc vào nồng độ của ion đồng trong chất điện phân anôt.

Khi nước bị khử thành ion hydroxit ở ODC (như được minh họa trên Fig.5A) như sau:



$$E_{\text{catôt}} = 1,224 - 0,059 \text{ pH}_c, \text{ trong đó } \text{pH}_c = 14$$

$$E_{\text{catôt}} = 0,4\text{V}$$

$E_{\text{tổng}}$ khi đó nằm trong khoảng từ -0,241 đến 0,3V tùy thuộc vào nồng độ của ion đồng trong chất điện phân anôt.

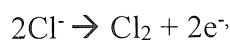
Do đó, việc sử dụng ODC trong buồng catôt mang lại sự tiết kiệm điện áp lý thuyết trong buồng catôt hoặc sự tiết kiệm điện áp lý thuyết trong pin là khoảng 1,5V hoặc nằm trong khoảng từ 0,5 đến 2V hoặc nằm trong khoảng từ 0,5 đến 1,5V hoặc nằm trong khoảng từ 1 đến 1,5V, so với pin điện hóa không có ODC hoặc so với pin điện hóa có catôt tạo ra khí hydro.

Do đó, theo một số phương án, sáng chế đề xuất phương pháp bao gồm các bước: cho anôt tiếp xúc với ion kim loại trong chất điện phân anôt; cho catôt khử phân cực oxy tiếp xúc với chất điện phân catôt; áp dụng một điện áp lên anôt và catôt; tạo thành kiềm ở catôt; chuyển ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn ở anôt; và tiết kiệm điện áp ở mức lớn hơn 0,5V hoặc nằm trong khoảng từ 0,5 đến 1,5V so với catôt tạo ra khí hydro hoặc so với pin không có ODC. Theo một số phương án, sáng chế đề xuất hệ thống bao gồm buồng anôt gồm anôt tiếp xúc với ion kim loại trong chất điện phân anôt, trong đó anôt này có cấu hình để chuyển hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn; và buồng catôt gồm catôt khử phân cực oxy tiếp xúc với chất điện phân catôt, trong đó catôt này có cấu hình để tạo ra kiềm, trong đó hệ thống tạo ra tiết kiệm điện áp ở mức lớn hơn 0,5V hoặc nằm trong khoảng từ 0,5 đến 1,5V điện áp so với hệ thống có catôt tạo ra khí hydro hoặc so với hệ thống không có ODC. Theo một số phương án, sự tiết kiệm điện áp là sự tiết kiệm điện áp lý thuyết mà có thể thay đổi tùy thuộc vào điện trở ôm trong pin.

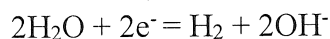
Mặc dù phương pháp và hệ thống chứa catôt khuếch tán khí hoặc ODC dẫn đến tiết kiệm điện áp so với phương pháp và hệ thống chứa catôt tạo ra khí hydro, cả hai hệ thống tức là hệ thống chứa ODC và hệ thống chứa catôt tạo ra khí hydro theo

sáng chế, đều thể hiện sự tiết kiệm điện áp đáng kể so với hệ clo-kiềm thông thường đã biết trong tình trạng kỹ thuật. Sự tiết kiệm điện áp này có thể dẫn đến việc tiêu thụ điện ít đi và phát thải cacbon dioxit ít hơn để phát điện. Điều này có thể dẫn đến tạo ra các hóa chất xanh hơn như natri hydroxit, các hydrocacbon được halogen hóa và/hoặc axit, mà được tạo thành bằng các phương pháp và hệ thống có hiệu quả và tiết kiệm năng lượng theo sáng chế. Ví dụ, sự tiết kiệm điện áp là có lợi trong quá trình sản xuất các hydrocacbon được halogen hóa, như EDC, mà thường được tạo thành bằng cách cho etylen phản ứng với khí clo được sinh ra bởi quy trình clo-kiềm tiêu thụ điện áp cao. Theo một số phương án, hệ thống điện hóa theo sáng chế (pin 2 hoặc 3 ngăn có catôt tạo ra khí hydro hoặc ODC) có sự tiết kiệm điện áp lý thuyết nhiều hơn 0,5V, hoặc nhiều hơn 1V, hoặc nhiều hơn 1,5V, hoặc trong khoảng từ 0,5 đến 3V, so với quy trình clo-kiềm. Theo một số phương án, sự tiết kiệm điện áp này đạt được nhờ độ pH của chất điện phân catôt nằm trong khoảng từ 7 đến 15, hoặc nằm trong khoảng từ 7 đến 14, hoặc nằm trong khoảng từ 6 đến 12, hoặc nằm trong khoảng từ 7 đến 12, hoặc nằm trong khoảng từ 7 đến 10.

Ví dụ, $E_{\text{anôt}}$ lý thuyết trong quy trình clo-kiềm là khoảng 1,36V qua phản ứng sau:



$E_{\text{catôt}}$ lý thuyết trong quy trình clo-kiềm là khoảng -0,83V (ở độ pH >14) qua phản ứng sau:



$E_{\text{tổng}}$ lý thuyết đối với quy trình clo-kiềm khi đó là 2,19V. $E_{\text{tổng}}$ lý thuyết đối với catôt tạo ra khí hydro trong hệ thống theo sáng chế nằm trong khoảng từ 0,989 đến 1,53V và $E_{\text{tổng}}$ đối với ODC trong hệ thống theo sáng chế khi đó nằm trong khoảng từ -0,241 đến 0,3V, tùy thuộc vào nồng độ của ion đồng trong chất điện phân anôt. Do đó, hệ thống điện hóa theo sáng chế mang lại mức tiết kiệm điện áp lý thuyết trong buồng catôt hoặc mức tiết kiệm điện áp lý thuyết trong pin lớn hơn 3V hoặc lớn hơn 2V hoặc nằm trong khoảng từ 0,5 đến 2,5V hoặc nằm trong khoảng từ 0,5 đến 2,0V hoặc nằm trong khoảng từ 0,5 đến 1,5V hoặc nằm trong khoảng từ 0,5 đến 1,0V hoặc nằm trong khoảng từ 1 đến 1,5V hoặc nằm trong khoảng từ 1 đến 2V hoặc nằm trong khoảng từ 1 đến 2,5V hoặc nằm trong khoảng từ 1,5 đến 2,5V, so với hệ thống clo-kiềm.

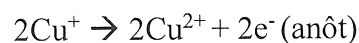
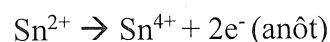
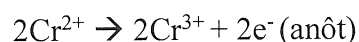
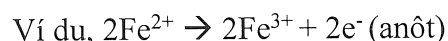
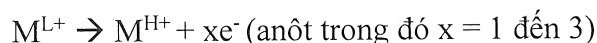
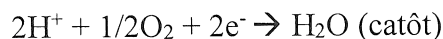
Theo một số phương án, pin điện hóa có thể được tạo điều kiện bằng chất điện phân thứ nhất và có thể được vận hành với chất điện phân thứ hai. Ví dụ, theo một số phương án, pin điện hóa và AEM, CEM hoặc sự kết hợp của chúng được tạo điều kiện bằng natri sulfat dưới dạng chất điện phân và sau khi làm ổn định điện áp bằng natri sulfat, pin có thể được vận hành với natri clorua dưới dạng chất điện phân. Ví dụ minh họa về việc làm ổn định pin điện hóa được mô tả trong ví dụ 13 của sáng chế. Do đó, theo một số phương án, sáng chế đề xuất phương pháp bao gồm các bước: cho anốt tiếp xúc với chất điện phân anốt thứ nhất trong buồng anốt; cho catốt tiếp xúc với chất điện phân catốt trong buồng catốt; ngăn cách catốt và anốt bằng ít nhất một màng trao đổi ion; tạo điều kiện màng trao đổi ion bằng chất điện phân anốt thứ nhất trong buồng anốt; cho anốt tiếp xúc với chất điện phân anốt thứ hai chứa ion kim loại; oxy hoá ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn ở anốt; và tạo thành kiềm, nước, và/hoặc khí hydro ở catốt. Theo một số phương án, chất điện phân anốt thứ nhất là natri sulfat và chất điện phân anốt thứ hai là natri clorua. Theo một số phương án, phương pháp này còn bao gồm bước cho chất điện phân anốt thứ hai chứa ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn tiếp xúc với hydrocacbon không no và/hoặc hydrocacbon no để tạo thành hydrocacbon được halogen hóa, hoặc cho chất điện phân anốt thứ hai chứa ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn tiếp xúc với khí hydro để tạo thành axit, hoặc kết hợp cả hai cách này. Theo một số phương án, màng trao đổi ion là màng trao đổi cation (CEM), màng trao đổi anion (AEM); hoặc kết hợp của hai màng này.

Theo một số phương án, catốt trong hệ thống điện hóa theo sáng chế có thể là catốt khuếch tán khí mà phản ứng HCl với khí oxy để tạo thành nước. Theo một số phương án, sáng chế đề xuất phương pháp bao gồm các bước: cho anốt tiếp xúc với ion kim loại trong chất điện phân anốt; oxy hoá ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn ở anốt; và cho catốt khuếch tán khí tiếp xúc với chất điện phân catốt. Theo một số phương án, catốt khuếch tán khí là catốt khử cực oxy (ODC). Theo một số phương án, phương pháp này bao gồm bước cho HCl phản ứng với khí oxy để tạo thành nước ở ODC. Theo một số phương án, sáng chế đề xuất phương pháp bao gồm các bước: cho anốt tiếp xúc với chất điện phân anốt, oxy hoá ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn ở anốt; và cho catốt tiếp xúc với chất điện phân catốt trong đó catốt là catốt khử phân cực oxy mà phản ứng oxy và HCl để tạo thành nước. Theo một số phương án, sáng chế đề xuất phương pháp bao gồm các bước: cho anốt tiếp xúc với ion kim loại trong chất điện

phân anôt trong buồng anôt; oxy hoá ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn ở anôt; cho catôt khuếch tán khí tiếp xúc với chất điện phân catôt trong buồng catôt; tạo thành nước ở catôt từ HCl và khí oxy; và cho chất điện phân anôt chứa ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn tiếp xúc với hydrocacbon không no và/hoặc hydrocacbon no để tạo thành hydrocacbon được halogen hóa, hoặc cho chất điện phân anôt chứa ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn tiếp xúc với khí hydro để tạo thành axit, hoặc kết hợp cả hai cách này. Theo một số phương án, catôt khuếch tán khí không tạo thành khí. Theo một số phương án, phương pháp này bao gồm anôt không tạo thành khí. Theo một số phương án, phương pháp này bao gồm anôt không sử dụng khí. Theo một số phương án, phương pháp này còn bao gồm ngăn cách catôt và anôt bằng ít nhất một màng trao đổi ion. Theo một số phương án, màng trao đổi ion là màng trao đổi cation (CEM), màng trao đổi anion (AEM); hoặc kết hợp của hai màng này.

Theo một số phương án, sáng chế đề xuất hệ thống bao gồm buồng anôt gồm anôt tiếp xúc với ion kim loại trong chất điện phân anôt, trong đó anôt có cấu hình để chuyển hóa hoặc oxy hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn; và buồng catôt gồm catôt khuếch tán khí tiếp xúc với chất điện phân catôt, trong đó catôt có cấu hình để tạo ra nước từ HCl. Theo một số phương án, catôt khuếch tán khí là catôt khử cực oxy (ODC). Theo một số phương án, sáng chế đề xuất hệ thống bao gồm buồng anôt gồm anôt tiếp xúc với ion kim loại trong chất điện phân anôt, trong đó anôt có cấu hình để chuyển hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn; và buồng catôt gồm catôt khuếch tán khí tiếp xúc với chất điện phân catôt, trong đó catôt có cấu hình để tạo ra nước từ HCl; và thiết bị phản ứng được nối với buồng anôt theo cách có thể điều khiển được và có cấu hình để chất điện phân anôt gồm ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn tiếp xúc với hydrocacbon không no và/hoặc hydrocacbon no và/hoặc khí hydro để tương ứng tạo thành hydrocacbon được halogen hóa và axit. Theo một số phương án, hệ thống có cấu hình để không tạo ra khí ở catôt khuếch tán khí. Theo một số phương án, hệ thống có cấu hình để không tạo ra khí ở anôt. Theo một số phương án, hệ thống có cấu hình để không sử dụng khí ở anôt. Theo một số phương án, hệ thống còn bao gồm ít nhất một màng trao đổi ion ngăn cách catôt và anôt. Theo một số phương án, màng trao đổi ion là màng trao đổi cation (CEM), màng trao đổi anion (AEM); hoặc kết hợp của hai màng này.

Theo một số phương án, như được minh họa trên Fig.5B, sự kết hợp của catôt khuếch tán khí (ví dụ, ODC) và anôt trong pin điện hóa có thể dẫn đến phát sinh nước trong buồng catôt. Theo một số phương án, hệ thống điện hóa 500 bao gồm catôt khuếch tán khí tiếp xúc với chất điện phân catôt 501 và anôt tiếp xúc với chất điện phân anôt 502. Dưới đây là các phản ứng có thể xảy ra ở anôt và catôt.



$\text{M}^{\text{H}+}$ được tạo thành ở anôt kết hợp với ion clorua để tạo thành kim loại clorua MCl_n như, nhưng không giới hạn ở, FeCl_3 , CrCl_3 , SnCl_4 , hoặc CuCl_2 v.v.. Oxy ở catôt có thể là không khí hoặc nguồn oxy bất kỳ có trên thị trường. Cần hiểu rằng một AEM trên Fig.5B chỉ nhằm mục đích minh họa và hệ thống có thể được thiết kế có CEM với HCl được phân phối vào chất điện phân anôt và các ion hydro đi qua CEM vào chất điện phân catôt. Theo một số phương án, hệ thống được minh họa trên Fig.5B có thể chứa cả AEM và CEM với buồng giữa chứa muối clorua.

Theo một số phương án, hệ thống điện hóa của sáng chế có thể kết hợp với các pin điện hóa khác cho một hệ thống hiệu quả và đòi hỏi năng lượng thấp. Ví dụ, theo một số phương án, như được minh họa trên Fig.5C, hệ thống điện hóa 400 trên Fig.4B có thể kết hợp với pin điện hóa khác sao cho axit clohydric được tạo ra trong pin điện hóa khác này được sử dụng cho chất điện phân catôt của hệ thống 400. Hệ thống điện hóa 400 có thể được thay bằng hệ thống 100A (Fig.1A), 100B (Fig.1B), 200 (Fig.2), 400 (Fig.4A), 500 (Fig.5A và 5B), chỉ khác là ngăn catôt được cải biến để tiếp nhận HCl từ một pin điện hóa khác và oxy hóa nó để tạo thành khí hydro. Ion clorua di chuyển từ chất điện phân catôt vào chất điện phân anôt qua AEM. Điều này có thể dẫn đến cải tiến toàn bộ điện áp của hệ thống, ví dụ, điện áp pin lý thuyết của hệ thống có thể nằm trong khoảng từ 0,1 đến 0,7V. Theo một số phương án, khi catôt là ODC, điện áp pin lý thuyết có thể nằm trong khoảng từ -0,5 đến -1V. Các pin điện hóa tạo ra HCl trong chất điện phân anôt được mô tả trong đơn yêu cầu cấp patent Mỹ số 12/503,557, nộp ngày 15/7/2009, được đưa vào đây để tham khảo. Nguồn HCl khác

đã được biết đến trong tình trạng kỹ thuật. Ví dụ về nguồn HCl từ quy trình sản xuất VCM và sự tích hợp của nó vào hệ thống điện hóa theo sáng chế được minh họa trên Fig.8B bên dưới.

Theo một số phương án về phương pháp và hệ thống được mô tả trong bản mô tả này, màng loại trừ theo kích cỡ (SEM) được sử dụng kết hợp với hoặc thay cho màng trao đổi anion (AEM). Theo một số phương án, AEM là bề mặt được phủ một lớp SEM. Theo một số phương án, SEM này được liên kết hoặc được ép lên AEM. Việc sử dụng SEM cùng với hoặc thay cho AEM có thể ngăn ngừa sự di chuyển của ion kim loại hoặc phối tử được gắn vào ion kim loại từ dung dịch anolit vào dung dịch catolit do kích thước lớn của ion kim loại riêng lẻ hoặc được gắn vào phối tử. Điều này có thể còn ngăn ngừa việc làm bẩn CEM hoặc sự nhiễm tạp ion kim loại vào dung dịch catolit. Cần hiểu rằng việc sử dụng SEM này cùng với hoặc thay cho AEM vẫn sẽ tạo thuận lợi cho việc di chuyển ion clorua từ chất điện phân thứ ba vào dung dịch anolit. Theo một số phương án, sáng chế đề xuất phương pháp bao gồm các bước: cho anốt tiếp xúc với chất điện phân anốt; oxy hoá ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn ở anốt; cho catốt tiếp xúc với chất điện phân catốt; và ngăn ngừa việc di chuyển của ion kim loại từ chất điện phân anốt vào chất điện phân catốt bằng cách sử dụng màng loại trừ theo kích cỡ. Theo một số phương án, phương pháp này còn bao gồm catốt mà tạo ra kiềm trong chất điện phân catốt, hoặc catốt khử cực oxy mà tạo ra kiềm trong chất điện phân catốt hoặc catốt mà tạo ra khí hydro. Theo một số phương án, phương pháp này còn bao gồm bước cho chất điện phân anốt gồm ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn tiếp xúc với hydrocacbon không no hoặc no để tạo thành hydrocacbon được halogen hóa, hoặc cho chất điện phân anốt gồm ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn tiếp xúc với khí hydro để tạo thành axit, hoặc kết hợp cả hai cách này. Theo một số phương án, hydrocacbon không no trong phương pháp này là etylen. Theo một số phương án, ion kim loại trong phương pháp này là đồng clorua. Theo một số phương án, hydrocacbon không no trong phương pháp này là etylen và ion kim loại là đồng clorua. Ví dụ về hydrocacbon được halogen hóa có thể được tạo thành từ etylen là etylen diclorua, EDC.

Theo một số phương án, sáng chế đề xuất hệ thống bao gồm anốt tiếp xúc với chất điện phân anốt và có cấu hình để oxy hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn; catốt tiếp xúc với chất điện phân catốt; và màng loại

trừ theo kích cỡ được bố trí giữa anôt và catôt và có cấu hình để ngăn ngừa việc di chuyển của ion kim loại từ chất điện phân anôt vào chất điện phân catôt. Theo một số phương án, hệ thống này còn bao gồm catôt có cấu hình để tạo ra kiềm trong chất điện phân catôt hoặc tạo ra nước trong chất điện phân catôt hoặc tạo ra khí hydro. Theo một số phương án, hệ thống này còn bao gồm catôt khử cực oxy có cấu hình để tạo ra kiềm và/hoặc nước trong chất điện phân catôt. Theo một số phương án, hệ thống này còn bao gồm catôt tạo ra khí hydro. Theo một số phương án, hệ thống này còn bao gồm thiết bị phản ứng được nối với buồng anôt theo cách có thể điều khiển được và có cấu hình để chất điện phân anôt gồm ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn tiếp xúc với hydrocacbon không no hoặc no để tạo thành hydrocacbon được halogen hóa, hoặc để chất điện phân anôt chứa ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn tiếp xúc với khí hydro để tạo thành axit, hoặc kết hợp cả hai cách này. Theo một số phương án, hydrocacbon không no trong hệ thống này là etylen. Theo một số phương án, ion kim loại trong hệ thống này là đồng clorua. Theo một số phương án, hydrocacbon không no trong hệ thống này là etylen và ion kim loại là đồng clorua. Ví dụ về hydrocacbon được halogen hóa mà có thể được tạo thành từ etylen là EDC.

Theo một số phương án, màng loại trừ theo kích cỡ như được xác định ở trên và dưới đây, ngăn ngừa hoàn toàn sự di chuyển ion kim loại vào buồng catôt hoặc buồng giữa với chất điện phân thứ ba hoặc giảm di chuyển này ở mức 100%; hoặc 99%; hoặc 95% hoặc 75%; hoặc 50%; hoặc 25%; hoặc từ 25 đến 50%; hoặc từ 50 đến 75%; hoặc từ 50 đến 95%.

Theo một số phương án, AEM được sử dụng trong phương pháp và hệ thống theo sáng chế là bền vững với các hợp chất hữu cơ (như phối tử hoặc các hydrocacbon) sao cho AEM không tương tác với các chất hữu cơ và/hoặc AEM không phản ứng hoặc hấp thụ ion kim loại. Điều này có thể đạt được, ví dụ, bằng cách sử dụng polyme không chứa gốc tự do hoặc anion sẵn có để phản ứng với chất hữu cơ hoặc với ion kim loại. Ví dụ, polyme chứa amin được bậc bốn hoá hoàn toàn có thể được sử dụng làm AEM. Ví dụ khác về AEM được mô tả trong bản mô tả này.

Theo một số phương án, kim loại được tạo thành ở trạng thái oxy hóa cao hơn trong chất điện phân anôt trải qua các phản ứng mà có thể dẫn đến các sản phẩm oxy hóa tương ứng (hydrocacbon được halogen hóa và/hoặc axit) cũng như kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp đã bị khử hoá. Sau đó, ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp có thể được tái luân chuyển trở lại hệ thống điện hóa để tạo ra ion kim loại ở trạng thái

oxy hóa cao hơn. Các phản ứng để tái sinh ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp từ ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn, bao gồm, nhưng không giới hạn ở, phản ứng với khí hydro hoặc các hydrocacbon như được mô tả trong bản mô tả này.

Phản ứng với khí hydro, hydrocacbon không no, và hydrocacbon no

Theo một số phương án, sáng chế đề xuất phương pháp bao gồm các bước: cho anốt tiếp xúc với ion kim loại trong chất điện phân anốt trong buồng anốt; chuyển hóa hoặc oxy hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn ở anốt; và xử lý ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn bằng khí hydro. Theo một số phương án, phương pháp này bao gồm bước cho catốt tiếp xúc với chất điện phân catốt và tạo thành kiềm trong chất điện phân catốt. Theo một số phương án, phương pháp này bao gồm bước cho catốt tiếp xúc với chất điện phân catốt và tạo thành kiềm và/hoặc khí hydro ở catốt. Theo một số phương án, phương pháp này bao gồm bước cho catốt tiếp xúc với chất điện phân catốt và tạo thành kiềm, nước, và/hoặc khí hydro ở catốt. Theo một số phương án, phương pháp này bao gồm bước cho catốt khuếch tán khí tiếp xúc với chất điện phân catốt và tạo thành kiềm ở catốt. Theo một số phương án, sáng chế đề xuất phương pháp bao gồm các bước: cho anốt tiếp xúc với ion kim loại trong chất điện phân anốt trong buồng anốt; chuyển hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn ở anốt; cho catốt tiếp xúc với chất điện phân catốt; tạo thành kiềm, nước hoặc khí hydro ở catốt; và xử lý ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn trong chất điện phân anốt bằng khí hydro từ catốt. Theo một số phương án, sáng chế đề xuất phương pháp bao gồm các bước: cho anốt tiếp xúc với ion kim loại trong chất điện phân anốt trong buồng anốt; chuyển hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn ở anốt; cho catốt khử cực oxy tiếp xúc với chất điện phân catốt; tạo thành kiềm hoặc nước ở catốt; và xử lý ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn trong chất điện phân anốt bằng khí hydro. Theo một số phương án, sáng chế đề xuất phương pháp bao gồm các bước: cho anốt tiếp xúc với ion kim loại trong chất điện phân anốt trong buồng anốt; chuyển hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn ở anốt; cho catốt tiếp xúc với chất điện phân catốt; tạo thành nước hoặc khí hydro ở catốt; và xử lý ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn trong chất điện phân anốt bằng khí hydro. Theo một số phương án, việc xử lý khí hydro bằng ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn có thể diễn ra bên trong buồng catốt hoặc bên ngoài buồng

catôt. Theo một số phương án, phương pháp nêu trên bao gồm bước tạo thành hydro clorua, axit clohydric, hydro bromua, axit bromhydric, hydro iodua, axit iothydric và/hoặc axit sulfuric bằng cách xử lý ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn bằng khí hydro. Theo một số phương án, việc xử lý ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn bằng khí hydro dẫn đến tạo thành hydro clorua, axit clohydric, hydro bromua, axit bromhydric, hydro iodua, axit iothydric, và/hoặc axit sulfuric và ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp. Theo một số phương án, ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp được luân chuyển trở lại buồng anôt. Theo một số phương án, hỗn hợp của ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp và axit được xử lý bằng các kỹ thuật làm chậm (tách) axit để tách riêng ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp ra từ axit trước khi ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp được luân chuyển trở lại buồng anôt.

Theo một số phương án của phương pháp nêu trên, phương pháp này không tạo ra khí clo ở anôt.

Theo một số phương án, sáng chế đề xuất hệ thống bao gồm buồng anôt bao gồm anôt tiếp xúc với ion kim loại trong chất điện phân anôt trong đó anôt có cấu hình để chuyển hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn; và thiết bị phản ứng được nối với buồng anôt theo cách có thể điều khiển được và có cấu hình để chất điện phân anôt gồm ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn phản ứng với khí hydro. Theo một số phương án, hệ thống này bao gồm buồng catôt chứa catôt với chất điện phân catôt trong đó catôt có cấu hình để tạo ra kiềm trong chất điện phân catôt. Theo một số phương án, hệ thống này bao gồm buồng catôt chứa catôt với chất điện phân catôt trong đó catôt có cấu hình để tạo ra khí hydro trong chất điện phân catôt. Theo một số phương án, hệ thống này bao gồm buồng catôt chứa catôt với chất điện phân catôt trong đó catôt có cấu hình để tạo ra kiềm và khí hydro trong chất điện phân catôt. Theo một số phương án, hệ thống này bao gồm catôt khuếch tán khí với chất điện phân catôt trong đó catôt có cấu hình để tạo ra kiềm trong chất điện phân catôt. Theo một số phương án, hệ thống này bao gồm catôt khuếch tán khí với chất điện phân catôt trong đó catôt có cấu hình để tạo thành nước trong chất điện phân catôt. Theo một số phương án, sáng chế đề xuất hệ thống bao gồm buồng anôt chứa anôt với ion kim loại trong chất điện phân anôt trong đó anôt có cấu hình để chuyển hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn trong buồng anôt; buồng catôt bao gồm catôt với chất điện phân catôt trong đó catôt có cấu hình để tạo thành kiềm và/hoặc khí hydro trong chất điện phân catôt;

và thiết bị phản ứng được nối với buồng anot theo cách có thể điều khiển được và có cấu hình để chất điện phân anot gồm ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn phản ứng với khí hydro từ catốt. Theo một số phương án, thiết bị phản ứng được nối với buồng anot theo cách có thể điều khiển được và có cấu hình để chất điện phân anot gồm ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn phản ứng với khí hydro từ catốt trong cùng pin điện hóa hoặc với nguồn khí hydro bên ngoài. Theo một số phương án, việc xử lý khí hydro bằng ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn có thể diễn ra bên trong buồng catốt hoặc bên ngoài buồng catốt. Theo một số phương án, hệ thống nêu trên bao gồm việc tạo thành hydro clorua, axit clohydric, hydro bromua, axit bromhydric, hydro iodua, axit iothydric, và/hoặc axit sulfuric bằng cách cho ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn phản ứng với hoặc xử lý bằng khí hydro. Theo một số phương án, việc xử lý ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn bằng khí hydro dẫn đến tạo thành hydro clorua, axit clohydric, hydro bromua, axit bromhydric, hydro iodua, axit iothydric, và/hoặc axit sulfuric và ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp. Theo một số phương án, hệ thống có cấu hình để tạo thành ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp từ ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn bằng khí hydro và luân chuyển ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp trở lại buồng anot. Theo một số phương án, hệ thống có cấu hình để tách ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp từ axit sử dụng kỹ thuật tách axit như, nhưng không giới hạn ở, nhựa trao đổi ion, màng loại trừ theo kích cỡ, và thẩm tách axit, v.v..

Theo một số phương án về hệ thống nêu trên, anot trong hệ thống có cấu hình để không tạo ra khí clo.

Theo một số phương án, kim loại được tạo thành ở trạng thái oxy hóa cao hơn trong chất điện phân anot của hệ thống điện hóa trên các hình vẽ Fig.1A, Fig.1B, Fig.2, Fig.3A, Fig.3B, Fig.4A, Fig.4B, Fig.5A và Fig.5B có thể được phản ứng với khí hydro để tạo thành sản phẩm tương ứng dựa vào anion được gắn vào kim loại. Ví dụ, kim loại clorua, kim loại bromua, kim loại iodua, hoặc kim loại sulfat tương ứng có thể tạo thành hydro clorua, axit clohydric, hydro bromua, axit bromhydric, hydro iodua, axit iothydric, hoặc axit sulfuric, sau khi cho khí hydro phản ứng với kim loại halogenua hoặc kim loại sulfat. Theo một số phương án, khí hydro lấy từ nguồn bên ngoài. Theo một số phương án, như được minh họa trên Fig.4A hoặc Fig.4B, khí hydro được phản ứng với kim loại halogenua hoặc kim loại sulfat, là khí hydro được tạo thành ở catốt. Theo một số phương án, khí hydro thu được từ sự kết hợp của

nguồn bên ngoài và khí hydro được tạo thành ở catôt. Theo một số phương án, phản ứng của kim loại halogenua hoặc kim loại sulfat với khí hydro dẫn đến việc tạo ra sản phẩm được mô tả ở trên cũng như kim loại halogenua hoặc kim loại sulfat ở trạng thái oxy hóa thấp. Sau đó, ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp có thể được tái luân chuyển trở lại hệ thống điện hóa để tạo ra ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn.

Ví dụ về hệ thống điện hóa trên Fig.5A là được minh họa trên Fig.6. Cần hiểu rằng hệ thống 600 trên Fig.6 chỉ nhằm mục đích minh họa và các ion kim loại khác với các trạng thái oxy hóa khác nhau (ví dụ, crom, thiếc v.v.) và các hệ thống điện hóa khác tạo thành sản phẩm không phải kiềm như, nước (như trên Fig.5B) hoặc khí hydro (như trên Fig.4A hoặc 4B), trong buồng catôt, có thể áp dụng như nhau cho hệ thống. Theo một số phương án, như được minh họa trên Fig.6, hệ thống điện hóa 600 bao gồm catôt khử cực oxy mà tạo ra ion hydroxit từ nước và oxy. Hệ thống 600 còn bao gồm anôt mà chuyển hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa 2+ sang trạng thái oxy hóa 3+ (hoặc từ trạng thái oxy hóa 2+ sang trạng thái oxy hóa 4+, như Sn, v.v.). Ion M^{3+} kết hợp với ion clorua để tạo ra MCl_3 . Kim loại clorua MCl_3 sau đó được phản ứng với khí hydro để khử hoá ion kim loại xuống trạng thái oxy hóa thấp để tạo ra MCl_2 . Sau đó, MCl_2 được luân chuyển trở lại buồng anôt để chuyển hóa thành MCl_3 . Axit clohydric được tạo ra trong quy trình mà có thể được sử dụng cho mục đích thương mại hoặc có thể được dùng trong các quy trình khác như được mô tả trong bản mô tả này. Theo một số phương án, HCl được sản xuất bằng phương pháp này có thể được sử dụng để hoà tan các khoáng chất nhằm tạo ra các cation có hoá trị hai có thể được sử dụng trong các quy trình kết tủa cacbonat, như được mô tả trong bản mô tả này. Theo một số phương án, kim loại halogenua hoặc kim loại sulfat trên Fig.6 có thể được phản ứng với hydrocacbon không no hoặc no để tạo thành halohydrocacbon hoặc sulfohydrocacbon, như được mô tả trong bản mô tả này (không thể hiện trên hình vẽ). Theo một số phương án, catôt không phải là catôt khuếch tán khí mà là catôt như được mô tả trên Fig.4A hoặc 4B. Theo một số phương án, hệ thống 600 có thể được áp dụng cho hệ thống điện hóa bất kỳ mà tạo ra kiềm.

Một số ví dụ về thiết bị phản ứng mà thực hiện phản ứng giữa hợp chất kim loại với khí hydro được đề xuất trong bản mô tả này. Ví dụ, thiết bị phản ứng như tháp phản ứng cho phản ứng của ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn (được tạo thành như được thể hiện trên các hình vẽ) với khí hydro được minh họa trên Fig.7A. Theo một số phương án, như được minh họa trên Fig.7A, dung dịch anolit được cho đi qua

tháp phản ứng. Khí chứa hydro cũng được chuyển tới tháp phản ứng này. Lượng khí hydro dư có thể thoát ra từ tháp phản ứng mà có thể được thu gom và được chuyển ngược lại tháp phản ứng. Bên trong tháp phản ứng, dung dịch anolit chứa ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn (được minh họa là FeCl_3) có thể phản ứng với khí hydro để tạo thành HCl và ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp, tức là dạng khử được minh họa là FeCl_2 . Tháp phản ứng có thể tùy ý chứa than hoặc cacbon hoạt tính hoặc theo cách khác, cacbon hoạt tính có thể có mặt bên ngoài tháp phản ứng. Phản ứng của ion kim loại với khí hydro có thể xảy ra trên cacbon hoạt tính từ đó dung dịch anolit bị khử có thể được tái sinh hoặc cacbon hoạt tính có thể đơn giản là đóng vai trò làm thiết bị lọc để loại các tạp chất ra khỏi khí. Dung dịch anolit đã bị khử chứa HCl và ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp có thể được đưa đi thu hồi axit sử dụng kỹ thuật phân tách hoặc kỹ thuật tách axit đã biết trong tình trạng kỹ thuật bao gồm, nhưng không giới hạn ở, nhựa trao đổi ion, màng loại trừ theo kích cỡ, và thẩm tách axit, v.v.. để tách HCl ra khỏi dung dịch anolit. Theo một số phương án, các phối tử, được mô tả trong bản mô tả này, có thể tạo thuận lợi cho việc tách ion kim loại ra khỏi dung dịch axit do kích thước lớn của phối tử được gắn vào ion kim loại. Dung dịch anolit chứa ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp có thể được luân chuyển trở lại pin điện hóa và HCl có thể được thu gom.

Một ví dụ khác về thiết bị phản ứng, phản ứng của ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn (được tạo thành như được thể hiện trên các hình vẽ) với khí hydro còn được minh họa trên Fig. 7B. Như được minh họa trên Fig. 7B, dung dịch anolit từ buồng anốt chứa ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn, như, nhưng không giới hạn ở, Fe^{3+} , Sn^{4+} , Cr^{3+} , v.v.. có thể được sử dụng để phản ứng với khí hydro để tạo thành HCl hoặc có thể được sử dụng để lọc khí chứa SO_2 để tạo ra khí hoặc axit sulfuric sạch. Theo một số phương án, dự định rằng các khí NO_x có thể được phản ứng với ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn để tạo thành axit nitric. Theo một số phương án, như được minh họa trên Fig. 7B, dung dịch anolit được cho đi qua tháp phản ứng. Khí chứa hydro, SO_2 , và/hoặc NO_x cũng được chuyển đến tháp phản ứng. Lượng khí hydro dư có thể thoát ra khỏi tháp phản ứng mà có thể được thu gom và được chuyển ngược lại tới tháp phản ứng. Lượng SO_2 dư có thể được cho đi qua máy lọc khí trước khi giải phóng khí sạch hơn ra khí quyển. Bên trong tháp phản ứng, dung dịch anolit chứa ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn có thể phản ứng với khí hydro và/hoặc SO_2 để tạo thành HCl và/hoặc H_2SO_4 và ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp, tức là dạng đã khử. Tháp phản ứng có thể tùy ý có chứa than hoặc cacbon

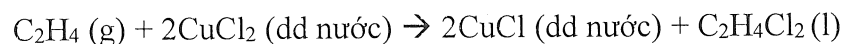
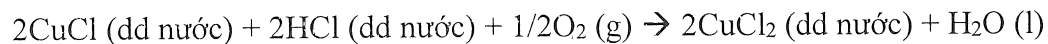
hoạt tính hoặc theo cách khác, cacbon hoạt tính có thể có mặt bên ngoài tháp phản ứng. Phản ứng của ion kim loại với khí hydro hoặc khí SO_2 có thể xảy ra trên cacbon hoạt tính từ đó dung dịch anolit đã khử có thể được tái sinh hoặc cacbon hoạt tính có thể đơn giản là đóng vai trò làm thiết bị lọc để loại bỏ các tạp chất ra khỏi khí. Dung dịch anolit khử chứa HCl và/hoặc H_2SO_4 và ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp có thể được đưa đi thu hồi axit sử dụng kỹ thuật tách đã biết trong tình trạng kỹ thuật bao gồm, nhưng không giới hạn ở, nhựa trao đổi ion, màng loại trừ theo kích cỡ, và thẩm tách axit, v.v.. để tách HCl và/hoặc H_2SO_4 ra khỏi dung dịch anolit. Theo một số phương án, các phối tử, được mô tả trong bản mô tả này, có thể tạo thuận lợi để tách ion kim loại ra khỏi dung dịch axit do kích thước lớn của phối tử được gắn vào ion kim loại. Dung dịch anolit chứa ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp có thể được luân chuyển trở lại pin điện hóa và HCl và/hoặc H_2SO_4 có thể được thu gom. Theo một số phương án, phản ứng bên trong tháp phản ứng có thể diễn ra trong từ 1 đến 10 giờ ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 50 đến 100°C.

Ví dụ về nhựa trao đổi ion để tách HCl ra khỏi dung dịch anolit chứa kim loại được minh họa trên Fig.7C. Như được minh họa trên Fig.7C, quy trình tách có thể bao gồm bước hấp phụ/hấp thụ ưu tiên axit khoáng vào nhựa trao đổi anion. Trong bước thứ nhất, dung dịch anolit chứa HCl và/hoặc H_2SO_4 được cho đi qua nhựa trao đổi ion mà hấp phụ HCl và/hoặc H_2SO_4 và sau đó tách riêng dung dịch anolit. HCl và/hoặc H_2SO_4 có thể được tái sinh từ nhựa bằng cách rửa nhựa với nước. Việc thẩm tách khuếch tán có thể là phương pháp khác để tách axit ra khỏi dung dịch anolit. Theo một số phương án, các phối tử được mô tả trong bản mô tả này có thể tạo thuận lợi cho việc tách ion kim loại ra khỏi dung dịch axit do kích thước lớn của phối tử được gắn vào ion kim loại.

Theo một số phương án, sử dụng một phần hoặc toàn bộ axit clohydric được tạo ra trong quy trình này để hòa tan sắt vụn tạo ra FeCl_2 và khí hydro. FeCl_2 được tạo ra trong quy trình này có thể được luân chuyển trở lại buồng anốt để chuyển hóa thành FeCl_3 . Theo một số phương án, khí hydro có thể được sử dụng trong pin nhiên liệu hydro. Pin nhiên liệu này khi đó có thể được sử dụng để phát điện để cấp năng lượng cho hệ thống điện hóa được mô tả trong bản mô tả này. Theo một số phương án, khí hydro được chuyển tới hệ thống điện hóa như được mô tả trong đơn sáng chế tạm thời Mỹ số 61/477,097 được kết hợp ở đây để tham khảo.

Theo một số phương án, axit clohydric có hoặc không có ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp được xử lý bằng một quy trình điện hóa khác để tạo ra khí hydro và ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn. Hệ thống này được minh họa trên Fig.11.

Theo một số phương án, sử dụng axit clohydric được tạo ra trong quy trình này để tạo ra etylen diclorua như được minh họa dưới đây:

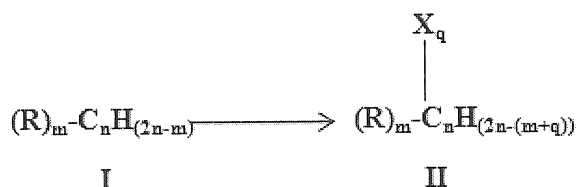


Theo một số phương án, kim loại được tạo thành ở trạng thái oxy hóa cao hơn trong chất điện phân anốt của hệ thống điện hóa trên các Fig.1A, Fig.1B, Fig.2, Fig.3A, Fig.3B, Fig.4A, Fig.4B, Fig.5A, Fig.5B, và Fig.5C có thể được phản ứng với các hydrocacbon không no để tạo thành halohydrocacbon hoặc sulfohydrocacbon tương ứng dựa vào anion được gắn vào kim loại. Ví dụ, kim loại clorua, kim loại bromua, kim loại iodua, hoặc kim loại sulfat v.v.. có thể tương ứng dẫn đến clohydrocacbon, bromhydrocacbon, iohydrocacbon, hoặc sulfohydrocacbon, sau khi các hydrocacbon không no phản ứng với kim loại halogenua hoặc kim loại sulfat. Theo một số phương án, phản ứng của kim loại halogenua hoặc kim loại sulfat với các hydrocacbon không no dẫn đến tạo ra sản phẩm được mô tả trên đây cũng như kim loại halogenua hoặc kim loại sulfat ở trạng thái oxy hóa thấp. Sau đó, ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp có thể được tái luân chuyển trở lại hệ thống điện hóa để tạo ra ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn.

Thuật ngữ “hydrocacbon không no” như được sử dụng trong bản mô tả này bao gồm hydrocacbon có cacbon không no hoặc hydrocacbon có ít nhất một liên kết đôi và/hoặc ít nhất một liên kết ba giữa các nguyên tử cacbon liền kề. Hydrocacbon không no có thể là mạch thẳng, mạch nhánh, hoặc vòng (thơm hoặc không thơm). Ví dụ, hydrocacbon có thể là thuộc olefin, axetylen, không thơm như xyclohexen, nhóm thơm hoặc hydrocacbon không no được thế như, nhưng không giới hạn ở, hydrocacbon không no được halogen hóa. Các hydrocacbon có ít nhất một liên kết đôi có thể được gọi là olefin hoặc alken và có thể có công thức chung của alken không được thế như C_nH_{2n} trong đó n là bằng từ 2 đến 20 hoặc từ 2 đến 10 hoặc từ 2 đến 8, hoặc từ 2 đến 5. Theo một số phương án, một hoặc nhiều hydro trên alken có thể còn được thế thêm bằng nhóm chức khác như nhưng không giới hạn ở, halogen (bao gồm clo, brom, iot, và flo), axit carboxylic (-COOH), hydroxyl (-OH), amin, v.v.. Các

hydrocacbon không no bao gồm toàn bộ dạng đồng phân không no, như, nhưng không giới hạn ở, chất đồng phân cis và trans, chất đồng phân E và Z, chất đồng phân vị trí v.v..

Theo một số phương án, hydrocacbon không no trong phương pháp và hệ thống được đề xuất ở đây có công thức I mà sau khi halogen hoá hoặc sulfonat hóa (bao gồm cả sulfat hóa) dẫn đến hợp chất có công thức II:



trong đó, n bằng từ 2 đến 10; m bằng từ 0 đến 5; và q bằng từ 1 đến 5;

R độc lập được chọn từ hydro, halogen, -COOR', -OH, và -NR'(R''), trong đó R' và R'' độc lập được chọn từ hydro, alkyl, và alkyl được thế; và

X là halogen được chọn từ flo, clo, brom, và iot; -SO₃H; hoặc -OSO₂OH.

Cần hiểu rằng (các) phân tử thế R có thể là trên một nguyên tử cacbon hoặc trên nhiều hơn 1 nguyên tử cacbon tùy thuộc vào số lượng R và nguyên tử cacbon. Ví dụ, khi n bằng 3 và m bằng 2, phân tử thế R có thể là trên cùng nguyên tử cacbon hoặc trên hai nguyên tử cacbon khác nhau.

Theo một số phương án, hydrocacbon không no trong phương pháp và hệ thống nêu ở đây có công thức I mà sau khi halogen hoá dẫn đến hợp chất có công thức II, trong đó, n bằng từ 2 đến 10; m bằng từ 0 đến 5; và q bằng từ 1 đến 5; R độc lập được chọn từ hydro, halogen, -COOR', -OH, và -NR'(R''), trong đó R' và R'' độc lập được chọn từ hydro, alkyl, và alkyl được thế; và X là halogen được chọn từ clo, brom, và iot.

Theo một số phương án, hydrocacbon không no trong phương pháp và hệ thống được đề xuất trong bản mô tả này có công thức I mà sau khi halogen hoá dẫn đến hợp chất có công thức II, trong đó, n bằng từ 2 đến 5; m bằng từ 0 đến 3; và q bằng từ 1 đến 4; R độc lập được chọn từ hydro, halogen, -COOR', -OH, và -NR'(R''), trong đó R' và R'' độc lập được chọn từ hydro và alkyl; và X là halogen được chọn từ clo và brom.

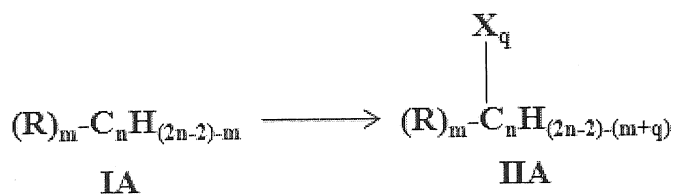
Theo một số phương án, hydrocacbon không no trong phương pháp và hệ thống nêu ở đây có công thức I mà sau khi halogen hoá dẫn đến hợp chất có công thức II, trong đó, n bằng từ 2 đến 5; m bằng từ 0 đến 3; và q bằng từ 1 đến 4; R độc lập được chọn từ hydro, halogen, và -OH, và X là halogen được chọn từ clo và brom.

Cần hiểu rằng khi m lớn hơn 1, phần tử thế R có thể là trên cùng một nguyên tử cacbon hoặc trên các nguyên tử cacbon khác nhau. Tương tự, cần hiểu rằng khi q lớn hơn 1, phần tử thế X có thể là trên cùng một nguyên tử cacbon hoặc trên các nguyên tử cacbon khác nhau.

Theo một số phương án liên quan đến công thức I nêu trên, m bằng 0 và q bằng từ 1 đến 2. Theo các phương án này, X là clo.

Ví dụ về alken được thế hoặc không được thế, bao gồm công thức I, bao gồm, nhưng không giới hạn ở, etylen, clo etylen, brom etylen, iot etylen, propylen, clo propylen, hydroxyl propylen, 1-butylen, 2-butylen (cis hoặc trans), isobutylen, 1,3-butadien, pentylen, hexen, xyclopropylen, xyclobutylen, xyclohexen, v.v.. Các hydrocacbon có ít nhất một liên kết ba có thể được gọi là alkyn và có thể có công thức chung của alkyn không được thế là C_nH_{2n-2} trong đó n bằng từ 2 đến 10 hoặc từ 2 đến 8, hoặc từ 2 đến 5. Theo một số phương án, một hoặc nhiều hydro trên alkyn có thể còn được thế bằng nhóm chức khác như nhưng không giới hạn ở, halogen, axit carboxylic, hydroxyl, v.v..

Theo một số phương án, hydrocacbon không no trong phương pháp và hệ thống nêu ở đây có công thức IA mà sau khi halogen hoá hoặc sulfonat hóa (bao gồm sulfat hóa) dẫn đến hợp chất có công thức IIA:



trong đó, n bằng từ 2 đến 10; m bằng từ 0 đến 5; và q bằng từ 1 đến 5;

R độc lập được chọn từ hydro, halogen, -COOR', -OH, và -NR'(R''), trong đó R' và R'' độc lập được chọn từ hydro, alkyl, và alkyl được thế; và

X là halogen được chọn từ flo, clo, brom, và iot; -SO₃H; hoặc -OSO₂OH.

Ví dụ về alkyn được thế hoặc không được thế bao gồm, nhưng không giới hạn ở, axetylen, propyn, clo propyn, brom propyn, butyn, pentyn, hexyn, v.v..

Cần hiểu rằng (các) phần tử thế R có thể là trên một nguyên tử cacbon hoặc trên nhiều hơn 1 nguyên tử cacbon tùy thuộc vào số lượng R và nguyên tử cacbon. Ví dụ, khi n bằng 3 và m bằng 2, thì phần tử thế R có thể là trên cùng một nguyên tử cacbon hoặc trên hai nguyên tử cacbon khác nhau.

Theo một số phương án, sáng chế đề xuất phương pháp bao gồm các bước: cho anốt tiếp xúc với ion kim loại trong chất điện phân anốt trong buồng anốt; chuyển hóa hoặc oxy hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn ở anốt; và xử lý chất điện phân anốt chứa ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn bằng hydrocacbon không no. Theo một số phương án, phương pháp này bao gồm bước cho catốt tiếp xúc với chất điện phân catốt và tạo thành kiềm ở catốt. Theo một số phương án, phương pháp này bao gồm bước cho catốt tiếp xúc với chất điện phân catốt và tạo thành kiềm, nước, và/hoặc khí hydro ở catốt. Theo một số phương án, phương pháp này bao gồm bước cho catốt khuếch tán khí tiếp xúc với chất điện phân catốt và tạo thành kiềm hoặc nước ở catốt. Theo một số phương án, sáng chế đề xuất phương pháp bao gồm các bước: cho anốt tiếp xúc với ion kim loại trong chất điện phân anốt trong buồng anốt; chuyển hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn ở anốt; cho catốt tiếp xúc với chất điện phân catốt; tạo thành kiềm, nước, và/hoặc khí hydro ở catốt; và xử lý chất điện phân anốt chứa ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn bằng hydrocacbon không no. Theo một số phương án, sáng chế đề xuất phương pháp bao gồm các bước: cho anốt tiếp xúc với ion kim loại trong chất điện phân anốt trong buồng anốt; chuyển hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn ở anốt; cho catốt khuếch tán khí tiếp xúc với chất điện phân catốt; tạo thành kiềm hoặc nước ở catốt; và xử lý chất điện phân anốt chứa ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn bằng hydrocacbon không no. Theo một số phương án, sáng chế đề xuất phương pháp bao gồm các bước: cho anốt tiếp xúc với ion kim loại trong chất điện phân anốt trong buồng anốt; chuyển hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn ở anốt; cho catốt khuếch tán khí tiếp xúc với chất điện phân catốt; tạo thành kiềm ở catốt; và xử lý chất điện phân anốt chứa ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn bằng hydrocacbon không no. Theo một số phương án, việc xử lý hydrocacbon không no bằng ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn có thể diễn ra bên trong buồng catốt

hoặc bên ngoài buồng catôt. Theo một số phương án, việc xử lý ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn bằng hydrocacbon không no dẫn đến clo, brom, iot, hoặc sulfohydrocacbon và ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp. Theo một số phương án, ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp được luân chuyển trở lại buồng anôt.

Theo một số phương án về phương pháp được mô tả trên đây, anôt không tạo ra khí clo. Theo một số phương án về phương pháp được mô tả trên đây, việc xử lý hydrocacbon không no bằng ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn không cần đến khí oxy và/hoặc khí clo. Theo một số phương án về phương pháp được mô tả trên đây, anôt không tạo ra khí clo và việc xử lý hydrocacbon không no bằng ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn không cần đến khí oxy và/hoặc khí clo.

Theo một số phương án, sáng chế đề xuất hệ thống bao gồm buồng anôt chứa anôt tiếp xúc với ion kim loại trong chất điện phân anôt trong đó anôt có cấu hình để chuyển hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn; và thiết bị phản ứng được nối với buồng anôt theo cách có thể điều khiển được và có cấu hình để chất điện phân anôt gồm ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn phản ứng với hydrocacbon không no. Theo một số phương án, hệ thống bao gồm buồng catôt gồm catôt với chất điện phân catôt trong đó catôt có cấu hình để tạo ra kiềm, nước, và/hoặc khí hydro trong chất điện phân catôt. Theo một số phương án, hệ thống bao gồm buồng catôt chứa catôt với chất điện phân catôt trong đó catôt có cấu hình để tạo ra kiềm và/hoặc khí hydro trong chất điện phân catôt. Theo một số phương án, hệ thống bao gồm catôt khuếch tán khí với chất điện phân catôt trong đó catôt có cấu hình để tạo thành kiềm hoặc nước trong chất điện phân catôt. Theo một số phương án, sáng chế đề xuất hệ thống bao gồm buồng anôt chứa anôt với ion kim loại trong chất điện phân anôt trong đó anôt có cấu hình để chuyển hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn trong buồng anôt; buồng catôt chứa catôt với chất điện phân catôt trong đó catôt có cấu hình để tạo thành kiềm, nước hoặc khí hydro trong chất điện phân catôt; và thiết bị phản ứng được nối với buồng anôt theo cách có thể điều khiển được và có cấu hình để chất điện phân anôt gồm ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn phản ứng với hydrocacbon không no. Theo một số phương án, sáng chế đề xuất hệ thống bao gồm buồng anôt chứa anôt với ion kim loại trong chất điện phân anôt trong đó anôt có cấu hình để chuyển hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn trong buồng anôt; buồng catôt chứa catôt khuếch tán khí với chất điện phân catôt trong đó catôt có cấu hình để tạo ra kiềm

trong chất điện phân catôt; và thiết bị phản ứng được nối với buồng anôt theo cách có thể điều khiển được và có cấu hình để chất điện phân anôt gồm ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn phản ứng với hydrocacbon không no. Theo một số phương án, việc xử lý hydrocacbon không no bằng ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn có thể diễn ra bên trong buồng catôt hoặc bên ngoài buồng catôt. Theo một số phương án, việc xử lý ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn bằng hydrocacbon không no dẫn đến clo, brom, iot, hoặc sulfohydrocacbon và ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp. Theo một số phương án, hệ thống có cấu hình để tạo thành ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp từ ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn bằng hydrocacbon không no và luân chuyển ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp trở lại buồng anôt.

Theo một số phương án, hydrocacbon không no trong phương pháp và hệ thống nêu trên và như được mô tả trong bản mô tả này có công thức I hoặc là C_2-C_{10} alken hoặc C_2-C_5 alken. Theo một số phương án về phương pháp và hệ thống được mô tả trên đây, hydrocacbon không no trong các phương án nêu trên và như được mô tả trong bản mô tả này là etylen. Halohydrocacbon được tạo ra từ hydrocacbon không no này có công thức II (như được mô tả trong bản mô tả này), ví dụ, etylen diclorua, cloetanol, butyl clorua, diclobutan, clobutanol, v.v... Theo một số phương án về phương pháp và hệ thống được mô tả trên đây, ion kim loại là ion kim loại được mô tả trong bản mô tả này, như, nhưng không giới hạn ở, đồng, sắt, thiếc, hoặc crom.

Theo một số phương án về hệ thống được mô tả trên đây, anôt có cấu hình để không sinh ra khí clo. Theo một số phương án về hệ thống được mô tả trên đây, thiết bị phản ứng có cấu hình để hydrocacbon không no phản ứng với ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn, có cấu hình để không cần đến khí oxy và/hoặc khí clo. Theo một số phương án về phương pháp được mô tả trên đây, anôt có cấu hình để không tạo ra khí clo và thiết bị phản ứng có cấu hình để không cần đến khí oxy và/hoặc khí clo.

Ví dụ về hệ thống điện hóa trên Fig.5A được minh họa trên Fig.8A. Cần hiểu rằng hệ thống 800 trên Fig.8A chỉ nhằm mục đích minh họa và các ion kim loại khác ở các trạng thái oxy hóa khác nhau, các hydrocacbon không no khác, và các hệ thống điện hóa khác tạo thành sản phẩm không phải kiềm, như nước hoặc khí hydro trong buồng catôt, có thể áp dụng như nhau đối với hệ thống. Catôt trên Fig.4A hoặc Fig.4B cũng có thể được thay thế trên Fig.8A. Theo một số phương án, như được minh họa trên Fig.8A, hệ thống điện hóa 800 bao gồm catôt khử cực oxy tạo thành ion hydroxit từ nước và oxy. Hệ thống 800 còn bao gồm anôt chuyển đổi ion kim loại từ trạng thái

oxy hóa 1+ sang trạng thái oxy hóa 2+. Ion Cu^{2+} kết hợp với ion clorua để tạo thành CuCl_2 . Kim loại clorua CuCl_2 sau đó có thể được phản ứng với hydrocacbon không no, như, nhưng không giới hạn ở, etylen để khử ion kim loại sang trạng thái oxy hóa thấp để tạo thành CuCl và diclohydrocacbon, như, nhưng không giới hạn ở, etylen diclorua. Sau đó, CuCl được luân chuyển trở lại buồng anốt để chuyển hóa thành CuCl_2 .

Etylen diclorua được tạo thành bằng phương pháp và hệ thống theo sáng chế có thể được sử dụng cho mục đích thương mại bất kỳ. Theo một số phương án, etylen diclorua được xử lý tạo thành monome vinyl clorua (VCM) nhờ quy trình như cracking/tinh chế. Monome vinyl clorua có thể được sử dụng để sản xuất polyvinylclorua. Theo một số phương án, axit clohydric được tạo thành trong quá trình chuyển hóa EDC thành VCM có thể được tách và được phản ứng với axetylen để tạo thành tiếp VCM.

Theo một số phương án, HCl được tạo ra trong quy trình tạo thành VCM có thể được luân chuyển vào một hoặc nhiều hệ thống điện hóa như được mô tả trong bản mô tả này, trong đó HCl được sử dụng trong catốt hoặc chất điện phân anốt để tạo thành khí hydro hoặc nước ở catốt. Như được thấy trên Fig.8B, hệ thống điện hóa tích hợp theo sáng chế được minh họa kết hợp với sự tổng hợp VCM/PVC. Hệ thống điện hóa bất kỳ theo sáng chế như hệ thống được minh họa trên Fig.1B, Fig.2, Fig.4A hoặc Fig.5A có thể được sử dụng để tạo thành CuCl_2 mà khi được phản ứng với etylen dẫn đến EDC. Bước cracking EDC cùng với việc xử lý VCM sau đó tạo ra HCl mà có thể được luân chuyển vào hệ thống điện hóa bất kỳ trên Fig.4B hoặc Fig.5B để tạo thành thêm CuCl_2 . Cần hiểu rằng toàn bộ quy trình chỉ có thể được tiến hành theo hệ thống trên Fig.4B hoặc Fig.5B (tức là không có sự kết hợp của các hệ thống trên Fig.1B, Fig.2, Fig.4A hoặc Fig.5A).

Theo một số phương án, việc clo hóa etylen trong môi trường nước bằng kim loại clorua ở trạng thái oxy hóa cao hơn dẫn đến etylen diclorua, cloetanol, hoặc tổ hợp các chất này. Theo một số phương án về phương pháp và hệ thống được mô tả trong bản mô tả này, lượng etylen diclorua tạo thành từ etylen là hơn 10% khối lượng; hoặc hơn 20% khối lượng, hoặc hơn 30% khối lượng, hoặc hơn 40% khối lượng, hoặc hơn 50% khối lượng, hoặc hơn 60% khối lượng, hoặc hơn 70% khối lượng, hoặc hơn 80% khối lượng, hoặc hơn 90% khối lượng, hoặc hơn 95% khối lượng, hoặc khoảng 99% khối lượng, hoặc nằm trong khoảng từ 10 đến 99% khối lượng, hoặc nằm trong

khoảng từ 10 đến 95% khối lượng, hoặc nằm trong khoảng từ 15 đến 95% khối lượng, hoặc nằm trong khoảng từ 25 đến 95% khối lượng, hoặc nằm trong khoảng từ 50 đến 95% khối lượng, hoặc nằm trong khoảng từ 50 đến 99% khối lượng, hoặc nằm trong khoảng từ 50 đến 99,9% khối lượng, hoặc trong khoảng từ 50 đến 99,99% khối lượng. Theo một số phương án, phần trăm khối lượng còn lại là của cloetanol. Theo một số phương án, không tạo thành cloetanol trong phản ứng. Theo một số phương án, cloetanol được tạo thành với EDC còn lại trong phản ứng là nhỏ hơn 0,001% khối lượng hoặc nhỏ hơn 0,01% khối lượng hoặc nhỏ hơn 0,1% khối lượng hoặc nhỏ hơn 0,5% khối lượng hoặc nhỏ hơn 1% khối lượng hoặc nhỏ hơn 5% khối lượng hoặc nhỏ hơn 10% khối lượng hoặc nhỏ hơn 20% khối lượng. Theo một số phương án, lượng ion kim loại có mặt trong sản phẩm EDC là nhỏ hơn 0,001% khối lượng hoặc nhỏ hơn 0,01% khối lượng hoặc nhỏ hơn 0,1% khối lượng hoặc nhỏ hơn 0,5% khối lượng hoặc nhỏ hơn 1% khối lượng hoặc nhỏ hơn 5% khối lượng. Theo một số phương án, lượng cloetanol và/hoặc ion kim loại có mặt trong sản phẩm EDC là nhỏ hơn 0,001% khối lượng hoặc nhỏ hơn 0,01% khối lượng hoặc nhỏ hơn 0,1% khối lượng.

Theo một số phương án, sản phẩm EDC chứa ion kim loại có thể được xử lý bằng bước rửa mà có thể bao gồm rửa bằng dung môi hữu cơ hoặc cho sản phẩm EDC đi qua cột để loại bỏ ion kim loại. Theo một số phương án, sản phẩm EDC có thể được tinh chế bằng cách chưng cất trong đó sản phẩm phụ bất kỳ như cloral (CCl_3CHO) và/hoặc cloral hydrat (2,2,2-tricloetan-1,1-di-ol), nếu được tạo thành, có thể được phân tách.

Theo một số phương án, hydrocacbon không no là propen. Theo một số phương án, ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn như CuCl_2 được xử lý bằng propen để tạo thành propan diclorua ($\text{C}_3\text{H}_6\text{Cl}_2$) hoặc diclopropan (DCP) mà có thể được sử dụng để tạo ra alyl clorua ($\text{C}_3\text{H}_5\text{Cl}$). Theo một số phương án, hydrocacbon không no là butan hoặc butylen. Theo một số phương án, ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn như CuCl_2 được xử lý bằng buten để tạo thành butan diclorua ($\text{C}_4\text{H}_8\text{Cl}_2$) hoặc diclobuten ($\text{C}_4\text{H}_6\text{Cl}_2$) mà có thể được sử dụng để tạo ra clopren ($\text{C}_4\text{H}_5\text{Cl}$). Theo một số phương án, hydrocacbon không no là benzen. Theo một số phương án, ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn như CuCl_2 được xử lý bằng benzen để dẫn đến clobenzen. Theo một số phương án, ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn như CuCl_2 được xử lý bằng axetylen để dẫn đến cloaxetylen, dicloaxetylen, vinyl clorua, dicloeten, tetracloeten, hoặc kết hợp các chất này. Theo một số phương án,

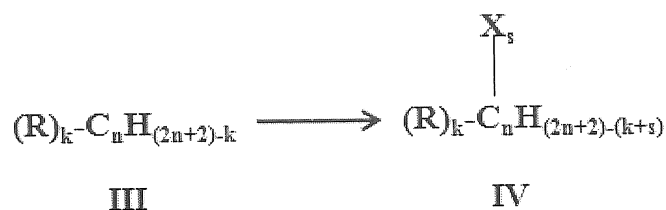
hydrocacbon không no được xử lý bằng kim loại clorua ở trạng thái oxy hóa cao hơn để tạo ra sản phẩm bao gồm, nhưng không giới hạn ở, etylen diclorua, cloetanol, clopropen, propylen oxit (được khử hydroclo hóa tiếp), alyl clorua, metyl clorua, tricloetylen, tetracloeten, clobenzen, 1,2-dicloetan, 1,1,2-tricloetan, 1,1,2,2-tetracloetan, pentacloetan, 1,1-dicloethen, clophenol, toluen được clo hóa, v.v..

Theo một số phương án, hiệu suất tạo ra hydrocacbon được halogen hóa từ hydrocacbon không no, ví dụ, hiệu suất tạo ra EDC từ etylen hoặc hiệu suất tạo ra DCP từ propylen, hoặc diclobuten từ buten, bằng cách sử dụng ion kim loại là hơn 90% hoặc hơn 95% hoặc nằm trong khoảng từ 90 đến 95% hoặc nằm trong khoảng từ 90 đến 99% hoặc nằm trong khoảng từ 90 đến 99,9% khối lượng. Theo một số phương án, tính chọn lọc của hydrocacbon được halogen hóa từ hydrocacbon không no, ví dụ, hiệu suất tạo ra EDC từ etylen hoặc hiệu suất tạo ra DCP từ propylen, hoặc diclobuten từ buten, bằng cách sử dụng ion kim loại là hơn 80% hoặc hơn 90% hoặc nằm trong khoảng từ 80 đến 99% khối lượng. Theo một số phương án, STY (hiệu suất không gian thời gian – space time yield) của hydrocacbon được halogen hóa từ hydrocacbon không no, ví dụ, hiệu suất của EDC từ etylen hoặc hiệu suất của DCP từ propylen, hoặc diclobuten từ buten, bằng cách sử dụng ion kim loại là hơn 3 hoặc hơn 4 hoặc hơn 5 hoặc trong khoảng từ 3 đến 5 hoặc nằm trong khoảng từ 3 đến 6 hoặc nằm trong khoảng từ 3 đến 8.

Theo một số phương án, kim loại được tạo thành ở trạng thái oxy hóa cao hơn trong chất điện phân anot của hệ thống điện hóa trên các Fig.1A, Fig.1B, Fig.2, Fig.3A, Fig.3B, Fig.4A, Fig.4B, Fig.5A, và Fig.5B có thể được phản ứng với các hydrocacbon no để tạo thành halohydrocacbon hoặc sulfohydrocacbon tương ứng dựa vào anion được gắn vào kim loại. Ví dụ, kim loại clorua, kim loại bromua, kim loại iodia, hoặc kim loại sulfat v.v.. có thể dẫn đến clohydrocacbon, bromhydrocacbon, iodhydrocacbon, hoặc sulfohydrocacbon tương ứng, sau khi cho các hydrocacbon no phản ứng với kim loại halogenua hoặc kim loại sulfat. Theo một số phương án, phản ứng của kim loại halogenua hoặc kim loại sulfat với các hydrocacbon no dẫn đến tạo ra sản phẩm được mô tả trên đây cũng như kim loại halogenua hoặc kim loại sulfat ở trạng thái oxy hóa thấp. Sau đó, ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp có thể được tái luân chuyển trở lại hệ thống điện hóa để tạo ra ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn.

Thuật ngữ “hydrocacbon no” như được sử dụng trong bản mô tả này, bao gồm hydrocacbon không có cacbon không no hoặc hydrocacbon. Hydrocacbon này có thể là mạch thẳng, mạch nhánh, hoặc vòng. Ví dụ, hydrocacbon có thể là alkan được thế hoặc không được thế và/hoặc xycloalkan được thế hoặc không được thế. Các hydrocacbon có thể có công thức chung của alkan không được thế như C_nH_{2n+2} trong đó n bằng từ 2 đến 20 hoặc từ 2 đến 10 hoặc từ 2 đến 8, hoặc từ 2 đến 5. Theo một số phương án, một hoặc nhiều hydro trên alkan hoặc xycloalkan có thể còn được thế bằng các nhóm chức khác như, nhưng không giới hạn ở, halogen (bao gồm clo, brom, iot, và flo), axit carboxylic ($-COOH$), hydroxyl ($-OH$), amin, v.v..

Theo một số phương án, hydrocacbon no trong phương pháp và hệ thống được đề xuất trong bản mô tả này có công thức III mà sau khi halogen hoá hoặc sulfonat hóa (bao gồm sulfat hóa) dẫn đến hợp chất có công thức IV:



trong đó, n bằng từ 2 đến 10; k bằng từ 0 đến 5; và s bằng từ 1 đến 5;

R độc lập được chọn từ hydro, halogen, $-COOR'$, $-OH$, và $-NR'(R'')$, trong đó R' và R'' độc lập được chọn từ hydro, alkyl, và alkyl được thế; và

X là halogen được chọn từ flo, clo, brom, và iot; $-SO_3H$; hoặc $-OSO_2OH$.

Cần hiểu rằng (các) phần tử thế R có thể là trên một nguyên tử cacbon hoặc trên nhiều hơn 1 nguyên tử cacbon tùy thuộc vào số lượng R và nguyên tử cacbon. Ví dụ, khi n bằng 3 và k bằng 2, phần tử thế R có thể là trên cùng một nguyên tử cacbon hoặc trên hai nguyên tử cacbon khác nhau.

Theo một số phương án, hydrocacbon no trong phương pháp và hệ thống được đề xuất trong bản mô tả này có công thức III mà sau khi halogen hoá dẫn đến hợp chất có công thức IV:

trong đó, n bằng từ 2 đến 10; k bằng từ 0 đến 5; và s bằng từ 1 đến 5;

R độc lập được chọn từ hydro, halogen, $-COOR'$, $-OH$, và $-NR'(R'')$, trong đó R' và R'' độc lập được chọn từ hydro, alkyl, và alkyl được thế; và

X là halogen được chọn từ clo, brom, và iot.

Theo một số phương án, hydrocacbon no trong phương pháp và hệ thống được đề xuất trong bản mô tả này có công thức III mà sau khi halogen hoá dẫn đến hợp chất có công thức IV:

trong đó, n bằng từ 2 đến 5; k bằng từ 0 đến 3; và s bằng từ 1 đến 4;

R độc lập được chọn từ hydro, halogen, $-\text{COOR}'$, $-\text{OH}$, và $-\text{NR}'(\text{R}'')$, trong đó R' và R'' độc lập được chọn từ hydro và alkyl; và

X là halogen được chọn từ clo và brom.

Theo một số phương án, hydrocacbon no trong phương pháp và hệ thống được đề xuất trong bản mô tả này có công thức III mà sau khi halogen hoá dẫn đến hợp chất có công thức IV:

trong đó, n bằng từ 2 đến 5; k bằng từ 0 đến 3; và s bằng từ 1 đến 4;

R độc lập được chọn từ hydro, halogen, và đến OH, và

X là halogen được chọn từ clo và brom.

Cần hiểu rằng khi k lớn hơn 1, phần tử thế R có thể là trên cùng nguyên tử cacbon hoặc trên các nguyên tử cacbon khác nhau. Tương tự, cần hiểu rằng khi s lớn hơn 1, phần tử thế X có thể là trên cùng nguyên tử cacbon hoặc trên các nguyên tử cacbon khác nhau.

Theo một số phương án về các phương án được mô tả trên đây có công thức III, k là 0 và s bằng từ 1 đến 2. Theo các phương án này, X là Clo.

Ví dụ về các alkan được thế hoặc không được thế, ví dụ có công thức III, bao gồm, nhưng không giới hạn ở, metan, etan, cloetan, brometan, iodoetan, propan, clopropan, hydroxypropan, butan, clobutan, hydroxybutan, pentan, hexan, xyclohexan, xyclopentan, cloxyclopentan, v.v...

Theo một số phương án, sáng chế đề xuất phương pháp bao gồm bước cho anôt tiếp xúc với ion kim loại trong chất điện phân anôt trong buồng anôt; chuyển hóa hoặc oxy hoá ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn ở anôt; và xử lý chất điện phân anôt chứa ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn bằng hydrocacbon no. Theo một số phương án của phương pháp này, phương pháp này gồm bước cho catôt tiếp xúc với chất điện phân catôt và tạo thành kiềm ở catôt.

Theo một số phương án của phương pháp, phương pháp gồm bước cho catôt tiếp xúc với chất điện phân catôt và tạo thành kiềm và khí hydro ở catôt. Theo một số phương án của phương pháp này, phương pháp này gồm bước cho catôt tiếp xúc với chất điện phân catôt và tạo thành khí hydro ở catôt. Theo một số phương án của phương pháp này, phương pháp này gồm bước cho catôt khuếch tán khí tiếp xúc với chất điện phân catôt và tạo thành kiềm ở catôt. Theo một số phương án của phương pháp này, phương pháp này gồm bước cho catôt khuếch tán khí tiếp xúc với chất điện phân catôt và tạo thành nước ở catôt. Theo một số phương án, sáng chế đề xuất phương pháp gồm bước cho anôt tiếp xúc với ion kim loại trong chất điện phân anôt trong buồng anôt; chuyển hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn ở anôt; cho catôt tiếp xúc với chất điện phân catôt; tạo thành kiềm, nước, và/hoặc khí hydro ở catôt; và xử lý chất điện phân anôt chứa ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn bằng hydrocacbon no. Theo một số phương án, sáng chế đề xuất phương pháp gồm bước cho anôt tiếp xúc với ion kim loại trong chất điện phân anôt trong buồng anôt; chuyển hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn ở anôt; cho catôt khuếch tán khí tiếp xúc với chất điện phân catôt; tạo thành kiềm hoặc nước ở catôt; và xử lý chất điện phân anôt chứa ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn bằng hydrocacbon no. Theo một số phương án, việc xử lý hydrocacbon no với ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn có thể là bên trong buồng catôt hoặc bên ngoài buồng catôt. Theo một số phương án, việc xử lý ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn bằng hydrocacbon no dẫn đến hydrocacbon được halogen hóa hoặc sulfohydrocacbon, như, clo, brom, iot, hoặc sulfohydrocacbon và ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp. Theo một số phương án, ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp được tái luân chuyển trở lại buồng anôt. Theo một số phương án, hydrocacbon no trong các phương án nêu trên và như được mô tả trong bản mô tả này có công thức III (như được mô tả trong bản mô tả này) hoặc là C_2 đến C_{10} alkan hoặc C_2 đến C_5 alkan. Theo một số phương án, hydrocacbon no trong các phương án nêu trên và như được mô tả trong bản mô tả này là metan. Theo một số phương án, hydrocacbon no trong các phương án nêu trên và như được mô tả trong bản mô tả này là etan. Theo một số phương án, hydrocacbon no trong các phương án nêu trên và như được mô tả trong bản mô tả này là propan. Halohydrocacbon được tạo thành từ hydrocacbon no này có công thức IV (như được mô tả trong bản mô tả này), ví dụ clometan, diclometan, cloetan, dicloetan, clopropan, diclopropan, v.v...

Theo một số phương án của phương pháp được mô tả trên đây, ion kim loại được sử dụng là platin, paladi, đồng, sắt, thiếc, và crom. Theo một số phương án của các phương pháp được mô tả trên đây, anốt không tạo ra khí clo. Theo một số phương án của các phương pháp được mô tả trên đây, việc xử lý hydrocacbon no với ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn không cần đến khí oxy và/hoặc khí clo. Theo một số phương án của phương pháp được mô tả trên đây, anốt không tạo ra khí clo và việc xử lý hydrocacbon no với ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn không cần đến khí oxy và/hoặc khí clo.

Theo một số phương án, sáng chế đề xuất hệ thống bao gồm buồng anốt chứa anốt tiếp xúc với ion kim loại trong chất điện phân anốt trong đó anốt có cấu hình để chuyển hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn; và thiết bị phản ứng được nối với buồng anốt theo cách có thể điều khiển được và có cấu hình để chất điện phân anốt gồm ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn phản ứng với hydrocacbon no. Theo một số phương án, hệ thống bao gồm buồng catốt chứa catốt với chất điện phân catốt trong đó catốt có cấu hình để tạo ra kiềm ở catốt. Theo một số phương án, hệ thống bao gồm buồng catốt chứa catốt với chất điện phân catốt trong đó catốt có cấu hình để tạo ra khí hydro ở catốt. Theo một số phương án, hệ thống bao gồm buồng catốt chứa catốt với chất điện phân catốt trong đó catốt có cấu hình để tạo ra kiềm và khí hydro ở catốt. Theo một số phương án, hệ thống bao gồm catốt khuếch tán khí với chất điện phân catốt trong đó catốt có cấu hình để tạo ra kiềm ở catốt. Theo một số phương án, hệ thống bao gồm catốt khuếch tán khí với chất điện phân catốt trong đó catốt có cấu hình để tạo ra nước ở catốt. Theo một số phương án, sáng chế đề xuất hệ thống bao gồm buồng anốt chứa anốt với ion kim loại trong chất điện phân anốt trong đó anốt có cấu hình để chuyển hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn trong buồng anốt; buồng catốt chứa catốt với chất điện phân catốt trong đó catốt có cấu hình để tạo ra kiềm, nước, và khí hydro trong chất điện phân catốt; và thiết bị phản ứng được nối với buồng anốt theo cách có thể điều khiển được và có cấu hình để chất điện phân anốt gồm ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn phản ứng với hydrocacbon no. Theo một số phương án, sáng chế đề xuất hệ thống bao gồm buồng anốt chứa anốt với ion kim loại trong chất điện phân anốt trong đó anốt có cấu hình để chuyển hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn trong buồng anốt; buồng catốt chứa catốt khuếch tán khí với chất điện phân catốt trong đó catốt có cấu hình để tạo ra kiềm hoặc nước trong chất điện phân catốt; và thiết bị phản ứng được nối với buồng anốt theo cách có thể

điều khiển được và có cấu hình để chất điện phân anốt gồm ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn phản ứng với hydrocacbon no. Theo một số phương án, việc xử lý hydrocacbon no với ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn có thể là bên trong buồng catốt hoặc bên ngoài buồng catốt. Theo một số phương án, việc xử lý ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn bằng hydrocacbon no dẫn đến clo, brom, iot, hoặc sulfohydrocacbon và ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp. Theo một số phương án, hệ thống có cấu hình để tạo thành ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp từ ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn với hydrocacbon no và tái luân chuyển ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp đến buồng anốt.

Theo một số phương án của phương pháp và hệ thống được mô tả như trên đây, ion kim loại là ion kim loại được mô tả trong bản mô tả này, như, nhưng không giới hạn ở, platin, paladi, đồng, sắt, thiếc, hoặc crom.

Theo một số phương án của hệ thống được mô tả trên đây, anốt có cấu hình để không tạo ra khí clo. Theo một số phương án của hệ thống được mô tả trên đây, thiết bị phản ứng có cấu hình để phản ứng hydrocacbon no với ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn, có cấu hình để không cần đến khí oxy và/hoặc khí clo. Theo một số phương án của phương pháp được mô tả trên đây, anốt có cấu hình để không tạo ra khí clo và thiết bị phản ứng có cấu hình để không cần đến khí oxy và/hoặc khí clo.

Cần hiểu rằng ví dụ về hệ thống điện hóa được minh họa trên Fig.8A có thể có cấu hình cho các hydrocacbon no bằng cách thay hydrocacbon không no bằng hydrocacbon no. Do đó, ion kim loại thích hợp có thể được sử dụng như platin clorua, paladi clorua, đồng clorua v.v...

Theo một số phương án, việc clo hóa etan trong môi trường nước bằng kim loại clorua ở trạng thái oxy hóa cao hơn, dẫn đến etan clorua, etan diclorua, hoặc kết hợp của các chất này. Theo một số phương án của phương pháp và hệ thống được mô tả trong bản mô tả này, có sự tạo thành cloetan từ etan ở mức hơn 10% khối lượng; hoặc hơn 20% khối lượng, hoặc hơn 30% khối lượng, hoặc hơn 40% khối lượng, hoặc hơn 50% khối lượng, hoặc hơn 60% khối lượng, hoặc hơn 70% khối lượng, hoặc hơn 80% khối lượng, hoặc hơn 90% khối lượng, hoặc hơn 95% khối lượng, hoặc khoảng 99% khối lượng, hoặc trong khoảng từ 10 đến 99% khối lượng, hoặc trong khoảng từ 10 đến 95% khối lượng, hoặc trong khoảng từ 15 đến 95% khối lượng, hoặc trong khoảng từ 25 đến 95% khối lượng, hoặc trong khoảng từ 50 đến 95% khối lượng, hoặc trong khoảng từ 50 đến 99% khối lượng, hoặc trong khoảng từ 50 đến 99,9%

khối lượng, hoặc trong khoảng từ 50 đến 99,99% khối lượng. Theo một số phương án, phần trăm khối lượng còn lại là của cloetanol và/hoặc etylen diclorua. Theo một số phương án, không có cloetanol được tạo thành trong phản ứng. Theo một số phương án, cloetanol được tạo thành với sản phẩm còn lại trong phản ứng ở mức nhỏ hơn 0,001% khối lượng hoặc nhỏ hơn 0,01% khối lượng hoặc nhỏ hơn 0,1% khối lượng hoặc nhỏ hơn 0,5% khối lượng hoặc nhỏ hơn 1% khối lượng hoặc nhỏ hơn 5% khối lượng hoặc nhỏ hơn 10% khối lượng hoặc nhỏ hơn 20% khối lượng. Theo một số phương án, ion kim loại có mặt trong sản phẩm ở mức nhỏ hơn 0,001% khối lượng hoặc nhỏ hơn 0,01% khối lượng hoặc nhỏ hơn 0,1% khối lượng hoặc nhỏ hơn 0,5% khối lượng hoặc nhỏ hơn 1% khối lượng hoặc nhỏ hơn 5% khối lượng. Theo một số phương án, cloetanol và/hoặc ion kim loại có mặt trong sản phẩm ở mức nhỏ hơn 0,001% khối lượng hoặc nhỏ hơn 0,01% khối lượng hoặc nhỏ hơn 0,1% khối lượng.

Theo một số phương án, hiệu suất tạo ra hydrocacbon được halogen hóa từ hydrocacbon no, ví dụ hiệu suất tạo ra cloetan hoặc EDC từ etan, bằng cách sử dụng ion kim loại là hơn 90% hoặc hơn 95% hoặc trong khoảng từ 90 đến 95% hoặc trong khoảng từ 90 đến 99% hoặc trong khoảng từ 90 đến 99,9% khối lượng. Theo một số phương án, tính chọn lọc hydrocacbon được halogen hóa từ hydrocacbon no, ví dụ hiệu suất tạo ra cloetan hoặc EDC từ etan, bằng cách sử dụng ion kim loại là hơn 80% hoặc hơn 90% hoặc trong khoảng từ 80 đến 99% khối lượng. Theo một số phương án, STY (hiệu suất không gian thời gian) của hydrocacbon được halogen hóa từ hydrocacbon no là hơn 3 hoặc hơn 4 hoặc hơn 5 hoặc trong khoảng từ 3 đến 5 hoặc trong khoảng từ 3 đến 6 hoặc trong khoảng từ 3 đến 8.

[01] Sản phẩm, như, nhưng không giới hạn ở, hydrocacbon được halogen hóa, axit, cacbonat, và/hoặc bicarbonat được tạo thành bằng phương pháp và hệ thống của sáng chế xanh hơn là cùng sản phẩm này được tạo thành bằng phương pháp và hệ thống thông thường đã biết trong lĩnh vực này. Sáng chế đề xuất phương pháp để tạo thành hydrocacbon được halogen hóa xanh, gồm bước cho anốt tiếp xúc với chất điện phân anốt; oxy hóa kim loại clorua từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn ở anốt; cho catốt tiếp xúc với chất điện phân catốt; và halogen hóa hydrocacbon không no hoặc no bằng kim loại clorua ở trạng thái oxy hóa cao hơn để tạo ra hydrocacbon được halogen hóa xanh. Theo một số phương án, sáng chế đề xuất hydrocacbon được halogen hóa xanh được tạo thành bằng phương pháp được mô tả trong bản mô tả này. Sáng chế còn đề xuất hệ thống bao gồm anốt tiếp xúc với chất

điện phân anốt trong đó anốt có cấu hình để oxy hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn; catốt tiếp xúc với chất điện phân catốt; và thiết bị phản ứng được nối với buồng anốt theo cách có thể điều khiển được và có cấu hình để ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn phản ứng với hydrocacbon no hoặc không no để tạo thành hydrocacbon được halogen hóa xanh.

Thuật ngữ “xanh hơn” hoặc “xanh” hoặc dạng tương đương về ngữ pháp của chúng, như được sử dụng trong bản mô tả này, bao gồm hóa chất hoặc sản phẩm bất kỳ được tạo thành bằng phương pháp và hệ thống của sáng chế mà có sự tiết kiệm năng lượng hoặc tiết kiệm điện áp cao hơn so với cùng hóa chất hoặc sản phẩm được tạo thành bởi phương pháp đã biết trong lĩnh vực này. Ví dụ, clo-kiềm là quy trình thường được sử dụng để sản xuất khí clo, mà khí clo này sau đó được sử dụng để clo hóa etylen tạo thành EDC. Lượng năng lượng cần để sản xuất EDC từ quy trình clo-kiềm là cao hơn lượng năng lượng cần để sản xuất EDC từ quy trình oxy hóa kim loại của sáng chế. Do đó, EDC được sản xuất bằng phương pháp và hệ thống của sáng chế là xanh hơn EDC được sản xuất bằng quy trình clo-kiềm. Sự tiết kiệm năng lượng được minh họa trên Fig.8C là hình minh họa mức rào cản năng lượng hoạt hóa để thực hiện phương pháp của sáng chế so với mức rào cản năng lượng hoạt hóa đối với quy trình clo-kiềm.

Như được minh họa trên Fig.8C, việc so sánh được thực hiện giữa mức năng lượng cần để sản xuất EDC từ quy trình clo-kiềm và năng lượng cần để sản xuất EDC từ phương pháp và hệ thống của sáng chế. Quy trình sản xuất EDC được minh họa làm hai phần. Phần điện hóa, trong đó bước oxy hóa đồng diễn ra trong hệ thống 1 và hệ thống 2 của sáng chế so sánh với bước tạo clo diễn ra trong quy trình clo-kiềm. Phần xúc tác, trong đó đồng (II) clorua (được tạo ra bằng điện hóa) clo hóa etylen trong hệ thống 1 và 2 và khí clo (được tạo ra bằng quy trình clo-kiềm) clo hóa etylen (đã biết thông thường) để tạo thành EDC. Trong hệ thống 1, phản ứng điện hóa được thực hiện khi không có mặt phối tử và trong hệ thống 2, phản ứng điện hóa được thực hiện khi có mặt phối tử. Trong hệ thống 1, hệ thống 2, và quy trình clo-kiềm, catốt là catốt tạo ra khí hydro và mật độ dòng điện cho phản ứng điện hóa là $300\text{mA}/\text{cm}^2$. Như được minh họa trên Fig.8C, cho phản ứng điện hóa, có sự tiết kiệm năng lượng hơn $125\text{kJ}/\text{mol}$ đối với hệ thống 1 so với quy trình clo-kiềm và sự tiết kiệm năng lượng hơn $225\text{kJ}/\text{mol}$ đối với hệ thống 2 so với quy trình clo-kiềm. Do đó, có thể có sự tiết kiệm năng lượng lên đến $300\text{kJ}/\text{mol}$; hoặc lên đến $250\text{kJ}/\text{mol}$; hoặc trong khoảng từ

50 đến 300kJ/mol; hoặc trong khoảng từ 50 đến 250kJ/mol; hoặc trong khoảng từ 100 đến 250kJ/mol; hoặc trong khoảng từ 100 đến 200kJ/mol, để sản xuất hydrocacbon được halogen hóa xanh, như, nhưng không giới hạn ở, EDC, bằng phương pháp và hệ thống của sáng chế so với quy trình thông thường như quy trình clo-kiềm để sản xuất EDC. Điều này quy đổi thành sự tiết kiệm hơn 1 megaoát giờ/tấn EDC hoặc trong khoảng từ 1 đến 21 megaoát giờ/tấn EDC đối với Hệ thống 1 và 2 so với quy trình clo-kiềm. Tiết kiệm năng lượng này cũng tương quan tới sự tiết kiệm điện áp hơn 1V hoặc trong khoảng từ 1 đến 2V (1Vx2 điện tử là khoảng 200kJ/mol) so với quy trình clo-kiềm.

Như còn được minh họa trên Fig.8C, phần xúc tác của phản ứng có rào cản lý thuyết thấp đối với riêng từng Hệ thống 1 và 2 và rào cản cao đối với hai Hệ thống 1 và 2. Phản ứng xúc tác trong Hệ thống 1 và Hệ thống 2 có thể xảy ra ở điểm có mức rào cản thấp hoặc ở điểm có mức rào cản cao hoặc ở điểm bất kỳ giữa hai mức này, tùy thuộc vào các điều kiện như, nhưng không giới hạn ở, nồng độ, kích cỡ của thiết bị phản ứng, tốc độ chảy v.v... Ngay cả khi có đầu vào năng lượng nhất định cho phản ứng xúc tác trong Hệ thống 1 và 2, năng lượng đầu vào này sẽ được bù lại bởi sự tiết kiệm năng lượng đáng kể trong phản ứng điện hóa sao cho có sự tiết kiệm năng lượng thực lên đến 100kJ/mol; hoặc hơn 100kJ/mol; hoặc trong khoảng từ 50 đến 100kJ/mol; hoặc trong khoảng từ 0 đến 100kJ/mol. Điều này quy đổi thành lên đến hoặc hơn 1 mega oát giờ/tấn EDC hoặc sự tiết kiệm điện áp từ 0 đến 1V hoặc hơn 1V; hoặc trong khoảng từ 1 đến 2V so với quy trình clo-kiềm. Cần hiểu rằng quy trình clo-kiềm, Hệ thống 1 và Hệ thống 2 đều được thực hiện trong môi trường nước. Pin điện hóa hoặc hệ thống xúc tác chạy trên dung môi hữu cơ này (ví dụ với một ít hoặc toàn bộ nước từ pin điện hóa được loại bỏ bằng chưng cất đồng sôi) sẽ cần đến mức năng lượng cao hơn phương pháp thông thường và sẽ không thu được hydrocacbon được halogen hóa xanh.

Còn được minh họa trên Fig.8C là sự tiết kiệm năng lượng trong Hệ thống 2 có sử dụng phối tử so với Hệ thống 1 không cần sử dụng phối tử.

Do đó, sáng chế đề xuất phương pháp sản xuất hydrocacbon được halogen hóa xanh, gồm bước cho anôt tiếp xúc với chất điện phân anôt; oxy hoá kim loại clorua từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn ở anôt; cho catôt tiếp xúc với chất điện phân catôt; và halogen hóa hydrocacbon no hoặc không no với kim loại clorua ở trạng thái oxy hóa cao hơn để tạo ra hydrocacbon được halogen hóa xanh

trong đó phương pháp này dẫn đến sự tiết kiệm năng lượng thực hơn 100kJ/mol hoặc hơn 150kJ/mol hoặc hơn 200kJ/mol hoặc trong khoảng từ 100 đến 250kJ/mol hoặc trong khoảng từ 50 đến 100kJ/mol hoặc trong khoảng từ 0 đến 100kJ/mol hoặc phương pháp dẫn đến sự tiết kiệm điện áp hơn 1V hoặc trong khoảng từ 0 đến 1V hoặc trong khoảng từ 1 đến 2V hoặc trong khoảng từ 0 đến 2V. Sáng chế còn đề xuất hệ thống bao gồm anốt tiếp xúc với chất điện phân anốt trong đó anốt có cấu hình để oxy hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn; catốt tiếp xúc với chất điện phân catốt; và thiết bị phản ứng được nối với buồng anốt theo cách có thể điều khiển được và có cấu hình để ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn phản ứng với hydrocacbon no hoặc không no để tạo thành hydrocacbon được halogen hóa xanh trong đó hệ thống dẫn đến sự tiết kiệm năng lượng thực hơn 100kJ/mol hoặc hơn 150kJ/mol hoặc hơn 200kJ/mol hoặc trong khoảng từ 100 đến 250kJ/mol hoặc trong khoảng từ 50 đến 100kJ/mol hoặc trong khoảng từ 0 đến 100kJ/mol hoặc hệ thống dẫn đến sự tiết kiệm điện áp hơn 1V hoặc trong khoảng từ 0 đến 1V hoặc trong khoảng từ 1 đến 2V hoặc trong khoảng từ 0 đến 2V.

Toàn bộ hệ thống điện hóa và phương pháp được mô tả trong bản mô tả này được thực hiện trong môi trường nước hoặc môi trường hơn 5% khối lượng nước hoặc hơn 6% khối lượng nước. Theo một khía cạnh, phương pháp và hệ thống có lợi là thực hiện phản ứng oxy hóa kim loại trong pin điện hóa và phản ứng khử bên ngoài pin, tất cả đều trong môi trường nước. Đáng ngạc nhiên và bất ngờ là người nộp đơn đã thấy rằng việc sử dụng môi trường nước, để halogen hóa hoặc sulfonat hóa hydrocacbon no hoặc không no hoặc khí hydro, không những dẫn đến hiệu suất cao và tính chọn lọc của sản phẩm (được thể hiện trong các Ví dụ dưới đây) mà còn dẫn đến việc tạo ra ion kim loại đã khử với trạng thái oxy hóa thấp trong môi trường nước mà có thể được tái luân chuyển trở lại hệ thống điện hóa. Theo một số phương án, do pin điện hóa hoạt động hiệu quả trong môi trường nước, không cần đến bước loại bỏ hoặc loại bỏ tối thiểu nước (như qua chưng cất đồng sôi) khỏi chất điện phân anốt chứa ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn mà được phản ứng với hydrocacbon no hoặc không no hoặc khí hydro trong môi trường nước. Do đó, việc sử dụng môi trường nước trong cả hai pin điện hóa và hệ thống xúc tác cho hệ thống và phương pháp tích hợp hiệu quả và đòi hỏi năng lượng ít hơn theo sáng chế.

Do đó, theo một số phương án, sáng chế đề xuất phương pháp bao gồm các bước: cho anốt tiếp xúc với chất điện phân anốt trong đó chất điện phân anốt gồm ion

kim loại, oxy hoá ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn ở anốt, cho catốt tiếp xúc với chất điện phân catốt, và cho hydrocacbon no hoặc không no phản ứng với chất điện phân anốt gồm ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn trong môi trường nước trong đó môi trường nước chứa hơn 5% khối lượng nước hoặc hơn 5,5% khối lượng hoặc hơn 6% khối lượng hoặc trong khoảng từ 5 đến 90% khối lượng hoặc trong khoảng từ 5 đến 95% khối lượng hoặc trong khoảng từ 5 đến 99% khối lượng nước hoặc trong khoảng từ 5,5 đến 90% khối lượng hoặc trong khoảng từ 5,5 đến 95% khối lượng hoặc trong khoảng từ 5,5 đến 99% khối lượng nước hoặc trong khoảng từ 6 đến 90% khối lượng hoặc trong khoảng từ 6 đến 95% khối lượng hoặc trong khoảng từ 6 đến 99% khối lượng nước. Theo một số phương án, sáng chế đề xuất phương pháp bao gồm bước cho anốt tiếp xúc với chất điện phân anốt trong đó chất điện phân anốt gồm ion kim loại, oxy hoá kim loại halogenua hoặc kim loại sulfat từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn ở anốt, cho catốt tiếp xúc với chất điện phân catốt, và halogen hóa hoặc sulfonat hóa hydrocacbon no hoặc không no bằng kim loại halogenua hoặc kim loại sulfat ở trạng thái oxy hóa cao hơn trong môi trường nước trong đó môi trường nước chứa hơn 5% khối lượng hoặc hơn 5,5% khối lượng hoặc hơn 6% khối lượng hoặc trong khoảng từ 5 đến 90% khối lượng hoặc trong khoảng từ 5 đến 95% khối lượng hoặc trong khoảng từ 5,5 đến 90% khối lượng hoặc trong khoảng từ 5,5 đến 95% khối lượng hoặc trong khoảng từ 5,5 đến 99% khối lượng nước hoặc trong khoảng từ 6 đến 90% khối lượng hoặc trong khoảng từ 6 đến 95% khối lượng hoặc trong khoảng từ 6 đến 99% khối lượng nước. Các hydrocacbon không no (như công thức I), các hydrocacbon no (như công thức III), các hydrocacbon được halogen hóa (như công thức II và IV), ion kim loại, v.v... đều được mô tả chi tiết trong bản mô tả này.

Theo một số phương án, sáng chế đề xuất phương pháp bao gồm các bước: cho anốt tiếp xúc với chất điện phân anốt, oxy hoá kim loại halogenua hoặc kim loại sulfat từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn ở anốt, cho catốt tiếp xúc với chất điện phân catốt, và cho kim loại halogenua hoặc kim loại sulfat ở trạng thái oxy hóa cao hơn tiếp xúc với khí hydro trong môi trường nước để tạo thành axit, như, axit clohydric hoặc axit sulfuric trong đó môi trường nước chứa hơn 5% khối lượng nước hoặc hơn 5,5% khối lượng hoặc hơn 6% khối lượng hoặc trong khoảng từ 5 đến 90% khối lượng hoặc trong khoảng từ 5 đến 95% khối lượng hoặc trong khoảng từ 5 đến 99% khối lượng nước hoặc trong khoảng từ 5,5 đến 90% khối lượng hoặc

trong khoảng từ 5,5 đến 95% khối lượng hoặc trong khoảng từ 5,5 đến 99% khối lượng nước hoặc trong khoảng từ 6 đến 90% khối lượng hoặc trong khoảng từ 6 đến 95% khối lượng hoặc trong khoảng từ 6 đến 99% khối lượng nước. Theo một số phương án, catôt tạo ra ion hydroxit.

Theo một số phương án của phương pháp được mô tả trên đây, catôt tạo ra nước, kiềm, và/hoặc khí hydro. Theo một số phương án của phương pháp được mô tả trên đây, catôt là ODC tạo ra nước. Theo một số phương án của phương pháp được mô tả trên đây, catôt là ODC tạo ra kiềm. Theo một số phương án của phương pháp được mô tả trên đây, catôt tạo ra khí hydro. Theo một số phương án của phương pháp được mô tả trên đây, catôt là catôt khử phân cực oxy mà khử oxy và nước thành ion hydroxit; catôt là catôt tạo ra khí hydro mà khử nước thành khí hydro và ion hydroxit; catôt là catôt tạo ra khí hydro mà khử axit clohydric thành khí hydro; hoặc catôt là catôt khử phân cực oxy mà phản ứng axit clohydric và khí oxy tạo thành nước.

Theo một số phương án của phương pháp được mô tả trên đây, ion kim loại là ion kim loại bất kỳ được mô tả trong bản mô tả này. Theo một số phương án của phương pháp được mô tả trên đây, ion kim loại được chọn từ nhóm gồm sắt, crom, đồng, thiếc, bạc, coban, urani, chì, thủy ngân, vanadi, bismut, titan, ruteni, osmi, europi, kẽm, cadimi, vàng, niken, paladi, platin, rodi, iridi, mangan, tecneti, reni, molybden, vonfram, niobi, tantan, zirconi, hafini, và kết hợp các ion kim loại này. Theo một số phương án, ion kim loại được chọn từ nhóm gồm sắt, crom, đồng, và thiếc. Theo một số phương án, ion kim loại là đồng. Theo một số phương án, trạng thái oxy hóa thấp của ion kim loại là 1+, 2+, 3+, 4+, hoặc 5+. Theo một số phương án, trạng thái oxy hóa cao hơn của ion kim loại là 2+, 3+, 4+, 5+, hoặc 6+.

Theo một số phương án, phương pháp còn bao gồm bước tái luân chuyển ít nhất một phần ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp trở lại pin điện hóa. Theo một số phương án, phương pháp này không thực hiện bước chưng cất đồng sôi nước trước khi cho ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn phản ứng với hydrocacbon no hoặc không no.

Theo một số phương án, phương pháp được mô tả trên đây không tạo ra khí clo ở anôt. Theo một số phương án, phương pháp được mô tả trên đây không cần đến khí oxy và/hoặc khí clo để clo hóa hydrocacbon no hoặc không no thành hydrocacbon được halogen hóa.

Theo một số phương án, sáng chế đề xuất hệ thống bao gồm anốt tiếp xúc với chất điện phân anốt chứa ion kim loại trong đó anốt có cấu hình để oxy hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn; catốt tiếp xúc với chất điện phân catốt; và thiết bị phản ứng được nối với buồng anốt theo cách có thể điều khiển được và có cấu hình để chất điện phân anốt gồm ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn phản ứng với hydrocacbon no hoặc không no trong môi trường nước trong đó môi trường nước chứa hơn 5% khối lượng nước hoặc hơn 5,5% khối lượng hoặc hơn 6% khối lượng hoặc trong khoảng từ 5 đến 90% khối lượng hoặc trong khoảng từ 5 đến 95% khối lượng hoặc trong khoảng từ 5 đến 99% khối lượng nước hoặc trong khoảng từ 5,5 đến 90% khối lượng hoặc trong khoảng từ 5,5 đến 95% khối lượng hoặc trong khoảng từ 5,5 đến 99% khối lượng nước hoặc trong khoảng từ 6 đến 90% khối lượng hoặc trong khoảng từ 6 đến 95% khối lượng hoặc trong khoảng từ 6 đến 99% khối lượng nước. Theo một số phương án, sáng chế đề xuất hệ thống bao gồm anốt tiếp xúc với chất điện phân anốt và có cấu hình để oxy hóa kim loại halogenua hoặc kim loại sulfat từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn ở anốt, catốt tiếp xúc với chất điện phân catốt, và thiết bị phản ứng được nối với buồng anốt theo cách có thể điều khiển được và có cấu hình để halogen hóa hoặc sulfonat hóa hydrocacbon no hoặc không no bằng kim loại halogenua hoặc kim loại sulfat ở trạng thái oxy hóa cao hơn trong môi trường nước trong đó môi trường nước chứa hơn 5% khối lượng nước hoặc hơn 5,5% khối lượng hoặc hơn 6% khối lượng hoặc trong khoảng từ 5 đến 90% khối lượng hoặc trong khoảng từ 5 đến 95% khối lượng hoặc trong khoảng từ 5 đến 99% khối lượng nước hoặc trong khoảng từ 5,5 đến 90% khối lượng hoặc trong khoảng từ 5,5 đến 95% khối lượng hoặc trong khoảng từ 5,5 đến 99% khối lượng nước hoặc trong khoảng từ 6 đến 90% khối lượng hoặc trong khoảng từ 6 đến 95% khối lượng hoặc trong khoảng từ 6 đến 99% khối lượng nước.

Theo một số phương án, sáng chế đề xuất hệ thống bao gồm anốt tiếp xúc với chất điện phân anốt và có cấu hình để oxy hóa kim loại halogenua hoặc kim loại sulfat từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn ở anốt, catốt tiếp xúc với chất điện phân catốt, và thiết bị phản ứng được nối với buồng anốt theo cách có thể điều khiển được và có cấu hình để kim loại halogenua hoặc kim loại sulfat ở trạng thái oxy hóa cao hơn tiếp xúc với khí hydro trong môi trường nước để tạo thành axit, như, axit clohydric hoặc axit sulfuric trong đó môi trường nước chứa nước ở mức hơn 5% khối lượng hoặc hơn 5,5% khối lượng hoặc hơn 6% khối lượng hoặc trong khoảng từ 5 đến 90% khối lượng hoặc trong khoảng từ 5 đến 95% khối lượng hoặc trong khoảng

từ 5 đến 99% khối lượng hoặc trong khoảng từ 5,5 đến 90% khối lượng hoặc trong khoảng từ 5,5 đến 95% khối lượng hoặc trong khoảng từ 5,5 đến 99% khối lượng nước hoặc trong khoảng từ 6 đến 90% khối lượng hoặc trong khoảng từ 6 đến 95% khối lượng hoặc trong khoảng từ 6 đến 99% khối lượng.

Theo một số phương án của hệ thống được mô tả trên đây, catôt có cấu hình để tạo ra ion hydroxit. Theo một số phương án của hệ thống được mô tả trên đây, catôt có cấu hình để tạo ra khí hydro. Theo một số phương án của hệ thống được mô tả trên đây, catôt có cấu hình để tạo ra nước. Theo một số phương án của hệ thống được mô tả trên đây, catôt là ODC. Theo một số phương án của phương pháp và hệ thống này, không cần chưng cất đồng sôi nước để giảm lượng nước trong chất điện phân anôt. Theo một số phương án, hệ thống còn bao gồm bộ phân tách được nối theo cách có thể điều khiển được với thiết bị phản ứng mà phân tách sản phẩm như axit hoặc hydrocacbon được halogen hóa khỏi ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp. Theo một số phương án, hệ thống còn bao gồm hệ thống tái luân chuyển được nối theo cách có thể điều khiển được bộ phân tách và buồng anôt của hệ thống điện hóa có cấu hình để tái luân chuyển ít nhất một phần ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp khỏi bộ phân tách đến pin điện hóa. Hệ thống tái luân chuyển này có thể là đường ống dẫn, ống dẫn, ống v.v... mà có thể được sử dụng để vận chuyển các dung dịch. Các van điều khiển và hệ thống điều khiển máy tính thích hợp có thể được kết hợp với hệ thống luân chuyển này.

Theo một số phương án, hệ thống được mô tả trên đây có cấu hình để không tạo thành khí clo ở anôt. Theo một số phương án, hệ thống được mô tả trên đây có cấu hình để không cần đến khí oxy và/hoặc khí clo để clo hóa hydrocacbon no hoặc không no thành hydrocacbon được halogen hóa.

Theo một số phương án, hệ thống điện hóa và phương pháp được mô tả trong bản mô tả này bao gồm môi trường nước chứa nước ở mức hơn 5% khối lượng. Theo một số phương án, môi trường nước chứa nước ở mức hơn 5% khối lượng; hoặc hơn 6% khối lượng; hoặc hơn 8% khối lượng; hoặc hơn 10% khối lượng; hoặc hơn 15% khối lượng; hoặc hơn 20% khối lượng; hoặc hơn 25% khối lượng; hoặc hơn 50% khối lượng; hoặc hơn 60% khối lượng; hoặc hơn 70% khối lượng; hoặc hơn 80% khối lượng; hoặc hơn 90% khối lượng; hoặc khoảng 99% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 5 đến 100% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 5 đến 99% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 5 đến 90% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 5 đến 80% khối lượng; hoặc

trong khoảng từ 5 đến 70% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 5 đến 60% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 5 đến 50% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 5 đến 40% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 5 đến 30% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 5 đến 20% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 5 đến 10% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 6 đến 100% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 6 đến 99% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 6 đến 90% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 6 đến 80% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 6 đến 70% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 6 đến 60% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 6 đến 50% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 6 đến 40% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 6 đến 30% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 6 đến 20% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 6 đến 10% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 8 đến 100% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 8 đến 99% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 8 đến 90% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 8 đến 80% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 8 đến 70% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 8 đến 60% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 8 đến 50% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 8 đến 40% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 8 đến 30% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 8 đến 20% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 8 đến 10% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 10 đến 100% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 10 đến 75% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 10 đến 50% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 20 đến 100% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 20 đến 50% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 50 đến 100% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 50 đến 75% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 50 đến 60% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 70 đến 100% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 70 đến 90% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 80 đến 100% khối lượng. Theo một số phương án, môi trường nước có thể chứa dung môi hữu cơ tan trong nước.

Theo một số phương án của phương pháp và hệ thống được mô tả trong bản mô tả này, lượng tổng ion kim loại trong chất điện phân anốt hoặc lượng đồng trong chất điện phân anốt hoặc lượng sắt trong chất điện phân anốt hoặc lượng crom trong chất điện phân anốt hoặc lượng thiếc trong chất điện phân anốt hoặc lượng platin hoặc lượng ion kim loại tiếp xúc với hydrocacbon no hoặc không no nằm trong khoảng từ 1 đến 12M; hoặc trong khoảng từ 1 đến 11M; hoặc trong khoảng từ 1 đến 10M; hoặc trong khoảng từ 1 đến 9M; hoặc trong khoảng từ 1 đến 8M; hoặc trong khoảng từ 1 đến 7M; hoặc trong khoảng từ 1 đến 6M; hoặc trong khoảng từ 1 đến 5M; hoặc trong khoảng từ 1 đến 4M; hoặc trong khoảng từ 1 đến 3M; hoặc trong khoảng từ 1 đến 2M; hoặc trong khoảng từ 2 đến 12M; hoặc trong khoảng từ 2 đến 11M; hoặc trong khoảng từ 2 đến 10M; hoặc trong khoảng từ 2 đến 9M; hoặc trong khoảng từ 2 đến

8M; hoặc trong khoảng từ 2 đến 7M; hoặc trong khoảng từ 2 đến 6M; hoặc trong khoảng từ 2 đến 5M; hoặc trong khoảng từ 2 đến 4M; hoặc trong khoảng từ 2 đến 3M; hoặc trong khoảng từ 3 đến 12M; hoặc trong khoảng từ 3 đến 11M; hoặc trong khoảng từ 3 đến 10M; hoặc trong khoảng từ 3 đến 9M; hoặc trong khoảng từ 3 đến 8M; hoặc trong khoảng từ 3 đến 7M; hoặc trong khoảng từ 3 đến 6M; hoặc trong khoảng từ 3 đến 5M; hoặc trong khoảng từ 3 đến 4M; hoặc trong khoảng từ 4 đến 12M; hoặc trong khoảng từ 4 đến 11M; hoặc trong khoảng từ 4 đến 10M; hoặc trong khoảng từ 4 đến 9M; hoặc trong khoảng từ 4 đến 8M; hoặc trong khoảng từ 4 đến 7M; hoặc trong khoảng từ 4 đến 6M; hoặc trong khoảng từ 4 đến 5M; hoặc trong khoảng từ 5 đến 12M; hoặc trong khoảng từ 5 đến 11M; hoặc trong khoảng từ 5 đến 10M; hoặc trong khoảng từ 5 đến 9M; hoặc trong khoảng từ 5 đến 8M; hoặc trong khoảng từ 5 đến 7M; hoặc trong khoảng từ 5 đến 6M; hoặc trong khoảng từ 6 đến 12M; hoặc trong khoảng từ 6 đến 11M; hoặc trong khoảng từ 6 đến 10M; hoặc trong khoảng từ 6 đến 9M; hoặc trong khoảng từ 6 đến 8M; hoặc trong khoảng từ 6 đến 7M; hoặc trong khoảng từ 7 đến 12M; hoặc trong khoảng từ 7 đến 11M; hoặc trong khoảng từ 7 đến 10M; hoặc trong khoảng từ 7 đến 9M; hoặc trong khoảng từ 7 đến 8M; hoặc trong khoảng từ 8 đến 12M; hoặc trong khoảng từ 8 đến 11M; hoặc trong khoảng từ 8 đến 10M; hoặc trong khoảng từ 8 đến 9M; hoặc trong khoảng từ 9 đến 12M; hoặc trong khoảng từ 9 đến 11M; hoặc trong khoảng từ 9 đến 10M; hoặc trong khoảng từ 10 đến 12M; hoặc trong khoảng từ 10 đến 11M; hoặc trong khoảng từ 11 đến 12M. Theo một số phương án, lượng tổng ion trong chất điện phân anốt, như được mô tả trên đây, là lượng ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp cộng với lượng ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn; hoặc tổng lượng ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn; hoặc tổng lượng ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp.

Theo một số phương án của phương pháp và hệ thống được mô tả trong bản mô tả này, chất điện phân anốt chứa ion kim loại có thể chứa hỗn hợp của ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp và ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn. Theo một số phương án, có thể mong muốn có hỗn hợp của ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp và ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn trong chất điện phân anốt. Theo một số phương án, chất điện phân anốt mà được tiếp xúc với hydrocacbon no hoặc không no chứa ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp và ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn. Theo một số phương án, ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp và ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn có mặt với tỷ lệ sao cho xảy ra phản ứng giữa ion kim loại với hydrocacbon no hoặc không no để tạo thành halo hoặc sulfohydrocacbon. Theo

một số phương án, tỷ lệ ion giữa kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn và ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp nằm trong khoảng từ 20:1 đến 1:20, hoặc trong khoảng từ 14:1 đến 1:2; hoặc trong khoảng từ 14:1 đến 8:1; hoặc trong khoảng từ 14:1 đến 7:1; hoặc trong khoảng từ 2:1 đến 1:2; hoặc trong khoảng từ 1:1 đến 1:2; hoặc trong khoảng từ 4:1 đến 1:2; hoặc trong khoảng từ 7:1 đến 1:2.

Theo một số phương án của phương pháp và hệ thống được mô tả trong bản mô tả này, chất điện phân anốt trong hệ thống điện hóa và phương pháp của sáng chế chứa ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn nằm trong khoảng từ 4 đến 7M, ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp nằm trong khoảng từ 0,1 đến 2M và natri clorua nằm trong khoảng từ 1 đến 3M. Chất điện phân anốt có thể tùy ý có chứa axit clohydric với lượng trong khoảng từ 0,01 đến 0,1M. Theo một số phương án của phương pháp và hệ thống được mô tả trong bản mô tả này, chất điện phân anốt được phản ứng với khí hydro hoặc hydrocacbon no hoặc không no chứa ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn nằm trong khoảng từ 4 đến 7M, ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp nằm trong khoảng từ 0,1 đến 2M và natri clorua nằm trong khoảng từ 1 đến 3M. Chất điện phân anốt có thể tùy ý có chứa axit clohydric với lượng trong khoảng từ 0,01 đến 0,1M.

Theo một số phương án của phương pháp và hệ thống được mô tả trong bản mô tả này, chất điện phân anốt có thể chứa một cation khác ngoài ion kim loại. Cation khác bao gồm, nhưng không giới hạn ở, ion kim loại kiềm và/hoặc ion kim loại kiềm thổ, như nhưng không giới hạn ở, lithi, natri, canxi, magie, v.v... Lượng cation khác được bổ sung vào chất điện phân anốt có thể nằm trong khoảng từ 0,01 đến 5M; hoặc trong khoảng từ 0,01 đến 1M; hoặc trong khoảng từ 0,05 đến 1M; hoặc trong khoảng từ 0,5 đến 2M; hoặc trong khoảng từ 1 đến 5M.

Theo một số phương án của phương pháp và hệ thống được mô tả trong bản mô tả này, chất điện phân anốt có thể chứa axit. Axit có thể được bổ sung vào chất điện phân anốt để tạo ra độ pH của dung dịch anolit bằng 1 hoặc 2 hoặc thấp hơn. Axit này có thể là axit clohydric hoặc axit sulfuric.

Hệ thống được đề xuất trong bản mô tả này bao gồm thiết bị phản ứng được nối với buồng anốt theo cách có thể điều khiển được. Thiết bị phản ứng là thiết bị có cấu hình để kim loại clorua trong chất điện phân anốt tiếp xúc với khí hydro hoặc hydrocacbon no hoặc không no. Thiết bị phản ứng này có thể là phương tiện bất kỳ để cho kim loại clorua trong chất điện phân anốt tiếp xúc với khí hydro hoặc

hydrocacbon no hoặc không no. Phương tiện này hoặc thiết bị phản ứng này đã được biết trong lĩnh vực kỹ thuật và bao gồm, nhưng không giới hạn ở, ống dẫn, đường dẫn, bể, một loạt các bể, bộ phận chứa, tháp, đường ống dẫn, và dạng tương tự. Một vài ví dụ về thiết bị phản ứng này được mô tả trên các Fig.7A, Fig.7B, Fig.10A, và Fig.10B trong bản mô tả. Thiết bị phản ứng này có thể được lắp với một hoặc nhiều bộ điều khiển để điều khiển nhiệt độ bộ cảm biến, bộ cảm biến áp suất, cơ cấu điều khiển, bơm phun khí trơ, v.v.. để giám sát, điều khiển, và/hoặc tạo thuận lợi cho phản ứng. Theo một số phương án, phản ứng giữa kim loại clorua với ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn và hydrocacbon no hoặc không no được thực hiện trong thiết bị phản ứng ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 100 đến 200°C hoặc trong khoảng từ 100 đến 175°C hoặc trong khoảng từ 150 đến 175°C và áp suất trong khoảng từ 100 đến 500psig hoặc trong khoảng từ 100 đến 400psig hoặc trong khoảng từ 100 đến 300psig hoặc trong khoảng từ 150 đến 350psig. Theo một số phương án, các cấu phần của thiết bị phản ứng được tráng phủ Teflon để ngăn ngừa sự ăn mòn các cấu phần này. Một vài ví dụ về thiết bị phản ứng để thực hiện phản ứng giữa ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn với khí hydro được minh họa trên các Fig.7A và Fig.7B.

Theo một số phương án, hydrocacbon no hoặc không no có thể được đưa vào buồng anốt ở đó kim loại halogenua hoặc kim loại sulfat với kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn phản ứng với hydrocacbon no hoặc không no để tạo thành sản phẩm tương ứng bên trong buồng anốt. Theo một số phương án, hydrocacbon no hoặc không no có thể được đưa vào buồng anốt ở đó kim loại clorua và kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn phản ứng với hydrocacbon no hoặc không no để tạo thành clohydrocacbon. Hệ thống này bao gồm hệ thống phân phối hydrocacbon no hoặc không no mà được nối với buồng anốt theo cách có thể điều khiển được và có cấu hình để phân phối hydrocacbon no hoặc không no đến buồng anốt. Hydrocacbon no hoặc không no có thể là dạng rắn, lỏng, hoặc khí. Hydrocacbon no hoặc không no có thể được cung cấp cho anốt bằng cách sử dụng phương tiện bất kỳ để dẫn hydrocacbon no hoặc không no từ bên ngoài nguồn đến buồng anốt. Phương tiện để dẫn hydrocacbon no hoặc không no từ bên ngoài nguồn đến buồng anốt hoặc hệ thống phân phối hydrocacbon no hoặc không no đã được biết trong lĩnh vực kỹ thuật và bao gồm, nhưng không giới hạn ở, ống dẫn, bể, đường dẫn, đường ống dẫn, và dạng tương tự. Theo một số phương án, hệ thống hoặc hệ thống phân phối hydrocacbon no hoặc không no bao gồm đường ống mà dẫn hydrocacbon no hoặc không no từ bên ngoài nguồn đến anốt. Cần hiểu rằng hydrocacbon no hoặc không no có thể được dẫn đến

anôt từ bên dưới của pin, bên trên của pin hoặc bên cạnh. Theo một số phương án, khí hydrocacbon no hoặc không no được dẫn đến anôt theo cách sao cho khí hydrocacbon no hoặc không no này không tiếp xúc trực tiếp với dung dịch anolit. Theo một số phương án, hydrocacbon no hoặc không no có thể được dẫn đến anôt qua nhiều cổng vào. Nguồn hydrocacbon no hoặc không no mà cung cấp hydrocacbon no hoặc không no cho buồng anôt, trong phương pháp và hệ thống được đề xuất trong bản mô tả này, bao gồm nguồn hydrocacbon no hoặc không no bất kỳ đã biết trong lĩnh vực này. Các nguồn này bao gồm, nhưng không giới hạn ở, hydrocacbon no hoặc không no hạng thương phẩm và/hoặc nhà máy sản xuất hydrocacbon no hoặc không no, như, công nghiệp lọc hóa dầu.

Theo một số phương án, sáng chế đề xuất phương pháp và hệ thống trong đó các pin điện hóa của sáng chế được lắp đặt ngay tại chỗ nơi mà hydrocacbon no hoặc không no được tạo ra, như nhà máy tinh chế để thực hiện halogen hoá, như clo hóa hydrocacbon no hoặc không no. Theo một số phương án, dung dịch anolit chứa ion kim loại từ hệ thống điện hóa được vận chuyển đến nhà máy tinh chế nơi mà hydrocacbon no hoặc không no được tạo thành để thực hiện halogen hoá, như clo hóa hydrocacbon no hoặc không no. Theo một số phương án, phương pháp và hệ thống của sáng chế có thể sử dụng khí etylen từ các nhà máy tinh chế mà không cần lọc hoặc làm sạch khí etylen. Thông thường, các nhà máy sản xuất khí etylen lọc khí để loại bỏ các tạp chất. Theo một số phương án của phương pháp và hệ thống của sáng chế, việc lọc sơ bộ khí là không cần thiết và có thể được tránh.

Theo một số phương án, việc tạo ra kim loại và halogen hoá, như phản ứng clo hóa xảy ra trong cùng buồng anôt. Ví dụ minh họa cho phương án này được mô tả trên Fig.9. Cần hiểu rằng hệ thống 900 trên Fig.9 là chỉ nhằm mục đích minh họa và các ion kim loại khác với trạng thái oxy hóa khác nhau, các hydrocacbon no hoặc không no khác, các hệ thống điện hóa khác tạo thành sản phẩm không phải kiềm, như nước hoặc khí hydro trong buồng catôt, và các chất khí hydrocacbon no hoặc không no khác có thể được áp dụng như nhau cho hệ thống. Theo một số phương án, như được minh họa trên Fig.9, hệ thống điện hóa 900 bao gồm anôt được đặt gần AEM. Hệ thống 900 này còn bao gồm lớp khuếch tán khí (GDL). Chất điện phân anôt tiếp xúc với anôt ở một bên và GDL ở bên còn lại. Theo một số phương án, anôt có thể được đặt để làm giảm đến mức tối thiểu điện trở từ dung dịch anolit, ví dụ, anôt có thể được đặt gần với AEM hoặc được gắn với AEM. Theo một số phương án, anôt chuyển hóa

ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn. Ví dụ, anốt chuyển hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa 1+ sang trạng thái oxy hóa 2+. Ion Cu^{2+} kết hợp với ion clorua để tạo ra CuCl_2 . Khí etylen được tạo áp vào buồng khí lên một mặt GDL. Sau đó, khí etylen khuếch tán qua lớp khuếch tán khí và phản ứng với kim loại clorua ở trạng thái oxy hóa cao hơn để tạo thành clohydrocacbon, như etylen diclorua. Kim loại clorua CuCl_2 sau đó bị khử thành trạng thái oxy hóa thấp để tạo thành CuCl . Theo một số phương án, chất điện phân anốt có thể được lấy ra và etylen diclorua có thể được tách ra khỏi chất điện phân anốt bằng cách sử dụng kỹ thuật tách đã biết trong tình trạng kỹ thuật, bao gồm, nhưng không giới hạn ở, lọc, chưng cất chân không, chưng cất phân đoạn, kết tinh phân đoạn, nhựa trao đổi ion, v.v.. Theo một số phương án, etylen diclorua có thể nặng hơn chất điện phân anốt và có thể tạo thành lớp phân tách bên trong buồng anốt. Theo các phương án này, etylen diclorua có thể lấy ra từ đáy bên dưới pin. Theo một số phương án, buồng khí ở một bên của GDL có thể được thông để lấy khí ra. Theo một số phương án, buồng anốt có thể được thông để loại bỏ khí etylen hoặc sản phẩm phụ dạng khí. Hệ thống 900 còn bao gồm catốt khử cực oxy mà tạo ra ion hydroxit từ nước và oxy. Ion hydroxit có thể được xử lý bằng quy trình bất kỳ trong số các quy trình kết tủa cacbonat được mô tả trong bản mô tả này. Theo một số phương án, catốt không phải là catốt khuếch tán khí mà là catốt như được mô tả trên Fig.4A hoặc Fig.4B. Theo một số phương án, hệ thống 900 có thể được áp dụng cho hệ thống điện hóa bất kỳ mà tạo ra kiềm.

Theo một số phương án của hệ thống và phương pháp được mô tả trong bản mô tả này, không có khí nào được tạo thành ở catốt. Theo một số phương án của hệ thống và phương pháp được mô tả trong bản mô tả này, khí hydro được tạo thành ở catốt. Theo một số phương án của hệ thống và phương pháp được mô tả trong bản mô tả này, không có khí nào được tạo thành ở anốt. Theo một số phương án của hệ thống và phương pháp được mô tả trong bản mô tả này, không có khí nào được sử dụng ở anốt ngoài hydrocacbon no hoặc không no dạng khí.

Ví dụ minh họa khác về thiết bị phản ứng mà được nối với hệ thống điện hóa được minh họa trên Fig.10A. Như được minh họa trên Fig.10A, buồng anốt của hệ thống điện hóa (hệ thống điện hóa có thể là hệ thống điện hóa bất kỳ được mô tả trong bản mô tả) được nối với thiết bị phản ứng mà cũng được nối với nguồn hydrocacbon no hoặc không no, ví dụ minh họa là etylen (C_2H_4) trên Fig.10A. Theo một số phương án, hệ thống điện hóa và thiết bị phản ứng là bên trong cùng bộ phận và được nối bên

trong bộ phận này. Chất điện phân anốt, chứa ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn tùy ý cùng với ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp, với etylen được cấp cho thiết bị phản ứng tạo ứng suất trước (ví dụ được lót gạch). Phản ứng clo hóa etylen xảy ra bên trong thiết bị phản ứng để tạo thành etylen diclorua (EDC hoặc dicloetan DCE) và ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp. Thiết bị phản ứng có thể hoạt động ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 340 đến 360°F và 200 đến 300 psig. Các điều kiện thiết bị phản ứng khác, như, nhưng không giới hạn ở, nồng độ ion kim loại, tỷ lệ ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp so với ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn, áp suất từng phần của DCE và hơi nước có thể được đặt để đảm bảo vận hành có tính chọn lọc cao. Nhiệt phản ứng có thể được loại bỏ bằng cách làm bay hơi nước. Theo một số phương án, bề mặt làm nguội có thể không cần đến trong thiết bị phản ứng và do đó không cần đến gradien nhiệt độ hoặc điều khiển nhiệt độ đóng. Các chất khí thoát ra từ thiết bị phản ứng có thể được làm nguội với nước (được thể hiện như là thiết bị “làm nguội” trên Fig.10A) trong tháp chưng cất phức hợp tạo ứng suất trước (ví dụ được lót gạch). Chất lỏng rời khỏi tháp có thể được làm mát thêm và được tách thành pha nước và pha DCE. Pha nước có thể được chia thành từng phần để được tái sử dụng cho tháp như nước làm mát và phần còn lại có thể được tái sử dụng cho thiết bị phản ứng hoặc hệ thống điện hóa. Sản phẩm DCE có thể được làm mát thêm và được cho nước chảy tràn để tách thêm nước và etylen được hòa tan. Etylen được hòa tan có thể được tái sử dụng như được thể hiện trên Fig.10A. Các chất khí không được ngưng tụ từ tháp làm mát có thể được tái sử dụng cho thiết bị phản ứng, trừ dòng thải để loại bỏ chất trơ. Dòng thải có thể đi qua hệ thống thu hồi etylen để giữ cho tỷ lệ sử dụng toàn bộ etylen cao, ví dụ lên đến 95%. Các xác định thử nghiệm có thể gồm các điểm giới hạn bất lửa của khí etylen ở nhiệt độ, áp suất của quá trình trên thực tế và thành phần. Vật liệu kết cấu của nhà máy có thể bao gồm lớp gạch lót tạo ứng suất trước, Hastelloys B và C, inconel, titan có phụ gia (ví dụ AKOT, Grade II), tantan, Kynar, Teflon, PEEK, thủy tinh, hoặc các polyme hoặc chất dẻo khác. Thiết bị phản ứng cũng có thể được thiết kế để chất điện phân anốt chảy liên tục trong và ngoài thiết bị phản ứng.

Ví dụ minh họa khác về thiết bị phản ứng được nối với hệ thống điện hóa được minh họa trên Fig.10B. Như được minh họa trên Fig.10B, hệ thống thiết bị phản ứng 1000 là bình thủy tinh A, treo từ phần trên của vành kim loại B, được nối với đường thoát C, bằng khớp nối bi kim loại được hàn với đầu của vành này. Thiết bị phản ứng thủy tinh được bọc trong vỏ kim loại được gia nhiệt bằng điện, D. Nhiệt đầu

vào và nhiệt độ có thể được kiểm soát bằng bộ điều chỉnh nhiệt độ tự động. Hydrocacbon có thể được đưa vào vỏ kim loại qua miệng E và qua ống thủy tinh F, mà có thể được lắp khớp với chân bằng thủy tinh xóp. Thiết kế này có thể tạo ra sự cân bằng áp suất ở cả hai bên của thiết bị phản ứng thủy tinh. Hydrocacbon có thể đến tiếp xúc với dung dịch kim loại (kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn) ở đáy của thiết bị phản ứng và có thể sủi bọt khí qua môi trường này. Sản phẩm dễ bay hơi, hơi nước, và/hoặc hydrocacbon chưa phản ứng có thể đi ra qua đường C, tùy ý được trang bị van H mà có thể giảm áp suất ra khí quyển. Các chất khí thoát ra có thể được cho đi qua hệ thống bẫy thích hợp để loại bỏ sản phẩm. Thiết bị này cũng có thể được trang bị cơ cấu nhánh phụ G, cho phép khí đi qua vùng áp suất mà không đi qua môi trường kim loại nước. Theo một số phương án, ion kim loại bị khử ở trạng thái oxy hóa thấp được để lại trong bình, được xử lý điện phân, như được mô tả trong bản mô tả này, để tái sinh ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn.

Một phương án minh họa của sáng chế được thể hiện trên Fig.11. Như được minh họa trên Fig.11, hệ thống điện hóa 600 trên Fig.6 (hoặc theo cách khác là hệ thống 400 trên Fig.4B) có thể được tích hợp với hệ thống điện hóa CuCl-HCl 1100 (cũng được minh họa như hệ thống trên Fig.4B). Trong hệ thống điện hóa CuCl-HCl 1100, đầu vào ở anốt là CuCl và HCl tạo ra CuCl_2 và ion hydro. Ion hydro đi qua màng trao đổi proton đến catốt ở đó nó tạo thành khí hydro. Theo một số phương án, màng dẫn clorua cũng có thể được sử dụng. Theo một số phương án, dự định pin CuCl-HCl có thể chạy ở 0,5V hoặc nhỏ hơn và hệ thống 600 có thể chạy ở 0V hoặc nhỏ hơn. Có thể có một vài sai số so với điện áp dự tính do thất thoát điện trở.

Theo một khía cạnh, trong hệ thống và phương pháp được đề xuất trong bản mô tả này, CuCl_2 được tạo thành trong chất điện phân anốt có thể được sử dụng để sản xuất đồng. Ví dụ, CuCl_2 được tạo thành trong hệ thống và phương pháp của sáng chế có thể được sử dụng cho quy trình ngâm chiết để chiết đồng ra khỏi các khoáng chất đồng. Ví dụ, chalcopyrit là khoáng chất đồng có thể được ngâm chiết trong môi trường clorua với sự giúp đỡ của chất oxy hóa, Cu^{2+} . Đồng hoá trị hai có thể chiết được đồng từ chalcopyrit và các sulfit khác. Các khoáng chất khác như sắt, lưu huỳnh, vàng, bạc v.v... có thể được thu hồi khi đồng đã được ngâm chiết. Theo một số phương án, CuCl_2 được tạo ra bởi các pin điện hóa được mô tả trong bản mô tả này, có thể được bổ sung vào dịch cô đặc khoáng chất đồng. Ion Cu^{2+} có thể oxy hóa khoáng chất đồng và tạo thành CuCl. Dung dịch CuCl từ dịch cô đặc có thể được nạp vào

buồng anốt của pin điện hóa được mô tả trong bản mô tả này mà có thể chuyển hóa CuCl thành CuCl_2 . CuCl_2 sau đó có thể được quay lại vào dịch cô đặc khoáng chất để oxy hóa tiếp khoáng chất đồng. Khi đồng được ngâm chiết, bạc có thể được gắn kết cùng với sự kết tủa thêm kẽm, chì v.v... Đồng sau đó có thể kết tủa dưới dạng đồng oxit bằng cách xử lý với kiềm mà kiềm này có thể được tạo ra bởi buồng catốt của pin điện hóa. Sau khi kết tủa đồng dưới dạng oxit, phần dịch lọc NaCl có thể được quay trở lại pin điện hóa. Khí hydro được sinh ra ở catốt có thể được sử dụng để khử đồng oxit để tạo thành đồng kim loại (ở nhiệt độ cao). Đồng đã nung chảy có thể chế tạo thành sản phẩm đồng như thanh dây đồng. Phương pháp này có thể được sử dụng cho quặng cấp thấp hoặc các loại khoáng chất đồng khác nhau. Nhà máy điện hóa có thể được xây lắp gần với mỏ đá hoặc gần với cơ sở cô đặc làm giảm chi phí vận chuyển sản phẩm thải và cho phép chỉ vận chuyển sản phẩm kim loại có giá trị.

Các quy trình và hệ thống được mô tả trong bản mô tả này có thể là các quy trình hoặc hệ thống theo mẻ hoặc các quy trình hoặc hệ thống dòng liên tục.

Phản ứng giữa khí hydro hoặc hydrocacbon no hoặc không no với ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn, như được mô tả trong các khía cạnh và phương án trong bản mô tả này, được thực hiện trong môi trường nước. Theo một số phương án, phản ứng này có thể là trong môi trường lỏng không phải nước mà có thể là dung môi đối với nguyên liệu hydrocacbon hoặc khí hydro. Môi trường lỏng hoặc dung môi có thể là nước hoặc không phải nước. Dung môi không phải nước thích hợp là dung môi aprotic phân cực và không phân cực, ví dụ dimetylformamit (DMF), dimetylsulphoxit (DMSO), các hydrocacbon được halogen hóa, ví dụ, diclometan, cacbon tetracloerua, và 1,2-dicloetan, và nitril hữu cơ, ví dụ, axetonitril khô. Dung môi hữu cơ có thể chứa nguyên tử nitơ có khả năng tạo thành liên kết hóa học với kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp nhờ đó đem lại độ ổn định được tăng cường cho ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp. Theo một số phương án, axetonitril là dung môi hữu cơ.

Theo một số phương án, khi dung môi hữu cơ được sử dụng cho phản ứng giữa ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn với khí hydro hoặc hydrocacbon, nước có thể cần được loại ra khỏi môi trường chứa kim loại. Theo cách này, ion kim loại thu được từ hệ thống điện hóa như được mô tả trong bản mô tả này có thể chứa nước. Theo một số phương án, nước có thể được loại ra khỏi môi trường chứa ion kim loại bằng phương pháp chưng cất đồng sôi hỗn hợp này. Theo một số phương án, dung môi chứa ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn và khí hydro hoặc hydrocacbon no

hoặc không no có thể chứa nước trong môi trường phản ứng ở mức trong khoảng từ 5 đến 90%; hoặc 5 đến 80%; hoặc 5 đến 70%; hoặc 5 đến 60%; hoặc 5 đến 50%; hoặc 5 đến 40%; hoặc 5 đến 30%; hoặc 5 đến 20%; hoặc 5 đến 10% khối lượng. Lượng nước mà có thể dung nạp được trong môi trường phản ứng có thể phụ thuộc vào chất mang halogenua cụ thể trong môi trường, ví dụ, lượng nước dung nạp được đối với đồng clorua là lớn hơn so với sắt III clorua. Bước chưng cất đồng sôi này có thể tránh được khi môi trường nước được sử dụng trong phản ứng.

Theo một số phương án, phản ứng của ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn với khí hydro hoặc hydrocacbon no hoặc không no có thể xảy ra khi nhiệt độ phản ứng là lớn hơn 50°C cho đến 350°C. Trong môi trường nước, phản ứng có thể được tiến hành trong điều kiện siêu áp suất khí quyển lên đến 1000 psi hoặc thấp hơn để duy trì môi trường phản ứng ở pha lỏng ở nhiệt độ từ 50°C đến 200°C, thông thường từ khoảng 120°C đến khoảng 180°C.

Theo một số phương án, phản ứng của ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn với hydrocacbon no hoặc không no có thể bao gồm chất mang halogenua. Theo một số phương án, tỷ lệ giữa ion halogenua: tổng ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn là 1:1; hoặc lớn hơn 1:1; hoặc là 1,5:1; hoặc lớn hơn 2:1 và hoặc ít nhất là 3:1. Do vậy, ví dụ, tỷ lệ trong dung dịch đồng halogenua trong axit clohydric đặc có thể là khoảng 2:1 hoặc 3:1. Theo một số phương án, do mức độ sử dụng chất mang halogenua cao, nên có thể mong muốn sử dụng kim loại halogenua ở nồng độ cao và dùng dung dịch bão hòa hoặc gần bão hòa của kim loại halogenua. Nếu muốn, dung dịch có thể được tạo đệm để duy trì độ pH ở mức mong muốn trong quá trình phản ứng halogen hoá.

Theo một số phương án, muối không phải halogenua của kim loại có thể được bổ sung vào dung dịch chứa ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn. Muối kim loại được bổ sung có thể tan trong dung dịch kim loại halogenua. Ví dụ về các muối thích hợp để kết hợp trong dung dịch đồng clorua bao gồm, nhưng không giới hạn ở, đồng sulphat, đồng nitrat và đồng tetraflorurat. Theo một số phương án, kim loại halogenua có thể được bổ sung không phải là kim loại halogenua được sử dụng trong phương pháp và hệ thống này. Ví dụ, sắt III clorua có thể được bổ sung vào hệ thống đồng clorua ở thời điểm halogen hoá hydrocacbon không no.

Nguyên liệu hydrocacbon no hoặc không no có thể được nạp vào bình halogen hoá liên tục hoặc gián đoạn. Việc halogen hoá hiệu quả có thể phụ thuộc vào việc đạt

được sự tiếp xúc mật thiết giữa nguyên liệu và ion kim loại trong dung dịch và phản ứng halogen hoá có thể được thực hiện bằng kỹ thuật được thiết kế để tăng cường hoặc tối đa hóa sự tiếp xúc này. Dung dịch ion kim loại có thể được đảo trộn bằng cách khuấy hoặc lắc hoặc kỹ thuật mong muốn bất kỳ, ví dụ phản ứng có thể được tiến hành trong cột, như cột lên chặt, hoặc thiết bị phản ứng tầng-nhỏ giọt hoặc thiết bị phản ứng được mô tả trong bản mô tả này. Ví dụ, khi hydrocacbon no hoặc không no là dạng khí, kỹ thuật ngược-dòng có thể được sử dụng trong đó hydrocacbon no hoặc không no được đi từ dưới lên qua cột hoặc thiết bị phản ứng và dung dịch ion kim loại được đi từ trên xuống qua cột hoặc thiết bị phản ứng. Ngoài việc tăng cường sự tiếp xúc của hydrocacbon no hoặc không no và ion kim loại trong dung dịch, kỹ thuật được mô tả trong bản mô tả này cũng có thể làm tăng tốc độ hòa tan của hydrocacbon no hoặc không no trong dung dịch, như có thể mong muốn trong trường hợp trong đó dung dịch là nước và độ tan trong nước của hydrocacbon no hoặc không no là thấp. Sự hoà tan của nguyên liệu cũng có thể được trợ giúp bằng áp suất cao hơn.

Hỗn hợp của các hydrocacbon no, không no và/hoặc các hydrocacbon được halogen hóa một phần có thể được sử dụng. Theo một số phương án, sản phẩm được halogen hóa một phần của quy trình theo sáng chế mà có khả năng halogen hoá tiếp có thể được tái luân chuyển tới bình phản ứng qua giai đoạn thu hồi sản phẩm và, nếu thích hợp, giai đoạn tái sinh ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp. Theo một số phương án, phản ứng halogen hoá có thể tiếp tục bên ngoài bình phản ứng halogen hoá, ví dụ trong bình tái sinh riêng rẽ, và có thể cần chú ý kiểm soát phản ứng để tránh halogen hoá quá mức hydrocacbon no hoặc không no.

Theo một số phương án, hệ thống điện hóa như được mô tả trong bản mô tả này được lắp đặt gần với nhà máy sản xuất hydrocacbon no hoặc không no hoặc nhà máy sản xuất khí hydro. Theo một số phương án, hệ thống điện hóa như được mô tả trong bản mô tả này được lắp đặt gần với nhà máy PVC. Ví dụ, theo một số phương án, hệ thống điện hóa này nằm trong bán kính 100 dặm gần nhà máy khí etylen, khí hydro, monome vinyl clorua, và/hoặc PVC. Theo một số phương án, hệ thống điện hóa như được mô tả trong bản mô tả này được lắp đặt bên trong hoặc bên ngoài nhà máy etylen để etylen phản ứng với ion kim loại. Theo một số phương án, các nhà máy được mô tả như trên đây được trang bị thêm hệ thống điện hóa như được mô tả trong bản mô tả này. Theo một số phương án, chất điện phân anốt chứa ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn được vận chuyển đến vị trí của các nhà máy nêu trên. Theo một

số phương án, chất điện phân anốt chứa ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn được vận chuyển đến trong vòng 100 dặm từ vị trí của các nhà máy nêu trên. Theo một số phương án, hệ thống điện hóa như được mô tả trong bản mô tả này được lắp đặt gần với các nhà máy như nêu trên cũng như gần với nguồn cation hoá trị hai sao cho kiềm được tạo ra trong chất điện phân catốt được phản ứng với các cation có hoá trị hai để tạo thành sản phẩm cacbonat/bicacbonat. Theo một số phương án, hệ thống điện hóa như được mô tả trong bản mô tả này được lắp đặt gần với các nhà máy nêu trên, gần với nguồn cation hoá trị hai và/hoặc nguồn cacbon dioxit sao cho kiềm được tạo ra trong chất điện phân catốt có thể cô lập cacbon dioxit để tạo ra sản phẩm cacbonat/bicacbonat. Theo một số phương án, cacbon dioxit được sinh ra ở nhà máy tinh chế mà sản xuất hydrocacbon no hoặc không no được sử dụng trong hệ thống điện hóa hoặc được sử dụng để kết tủa sản phẩm cacbonat/bicacbonat. Do đó, theo một số phương án, hệ thống điện hóa như được mô tả trong bản mô tả này được lắp đặt gần với các nhà máy nêu trên, gần với nguồn cation hoá trị hai và/hoặc nguồn cacbon dioxit như, các nhà máy tinh chế sản xuất hydrocacbon no hoặc không no, sao cho kiềm được tạo ra trong chất điện phân catốt có thể cô lập cacbon dioxit để tạo thành sản phẩm cacbonat/bicacbonat.

Số lượng halo hoặc sulfohydrocacbon bất kỳ có thể được tạo ra từ phản ứng của kim loại clorua ở trạng thái oxy hóa cao hơn với các hydrocacbon không no hoặc no, như được mô tả trong bản mô tả. Clohydrocacbon này có thể được sử dụng trong công nghiệp hóa chất và/hoặc sản xuất. Clohydrocacbon có thể được dùng làm hợp chất trung gian hoặc dung môi hóa học. Sử dụng dung môi bao gồm nhiều ứng dụng, gồm làm sạch kim loại và vải, chiết xuất chất béo và dầu, và môi trường phản ứng để tổng hợp hóa chất.

Theo một số phương án, hydrocacbon không no như etylen được phản ứng với kim loại clorua ở trạng thái oxy hóa cao hơn để tạo thành etylen diclorua. Etylen diclorua có thể được sử dụng cho nhiều mục đích bao gồm, nhưng không giới hạn ở, tạo ra các hóa chất gồm chất dẻo, cao su và sợi vải tổng hợp, như, nhưng không giới hạn ở, vinyl clorua, tri- và tetra-cloetylen, vinyliden clorua, tricloetan, etylen glycol, diaminoetylen, polyvinyl clorua, ni-lông, tơ nhân tạo vitcô, cao su styren-butadien, và nhiều loại chất dẻo; làm dung môi được dùng đối với chất khử mỡ và chất tẩy sơn; làm dung môi cho nhựa, nhựa đường, bitum, cao su, chất béo, dầu, sáp, gôm, nhiếp ảnh, sao chụp, mỹ phẩm, làm sạch da, và thuốc; chất xông khói khử trùng cho các loại

hạt, các vườn cây ăn quả, nhà nấm, bọc đồ nội thất, và thảm; làm chất tẩy gỉ; làm đơn chất phản ứng như chất trung gian trong sản xuất các loại hợp chất hữu cơ như, etylendiamin; làm nguồn clo để loại bỏ eten và clorua; làm tiền chất của 1,1,1-tricloetan được sử dụng để làm sạch khô; làm chất phụ gia chống gây nổ trong nhiên liệu pha chì; được sử dụng trong việc chiết các gia vị như màu vàng đỏ của hạt điều, bột ớt và nghệ; làm chất pha loãng đối với thuốc diệt loài gây hại; trong sơn, chất bao, và các chất kết dính; và kết hợp các chất này.

Trong các phương pháp và hệ thống được mô tả trong bản mô tả này, theo một số phương án, không có axit clohydric nào được tạo thành trong buồng anốt. Trong phương pháp và hệ thống được mô tả trong bản mô tả này, theo một số phương án, không có khí nào được tạo thành ở anốt. Trong phương pháp và hệ thống được mô tả trong bản mô tả này, theo một số phương án, không có khí nào được sử dụng ở anốt. Trong phương pháp và hệ thống được mô tả trong bản mô tả này, theo một số phương án, khí hydro được tạo thành ở catốt. Trong phương pháp và hệ thống được mô tả trong bản mô tả này, theo một số phương án, không có khí hydro được tạo thành ở catốt.

Theo một số phương án, dây được nối giữa catốt và anốt để dòng điện đi qua pin. Theo các phương án này, pin này có thể đóng vai trò làm ắc quy và dòng điện được phát ra qua pin này có thể được sử dụng để tạo ra kiềm mà được lấy ra từ pin này. Theo một số phương án, điện trở của pin có thể tăng lên và dòng điện có thể giảm xuống. Theo các phương án này, điện áp có thể được áp dụng cho pin điện hóa. Điện trở của pin có thể tăng vì nhiều lý do bao gồm, nhưng không giới hạn ở, sự ăn mòn điện cực, điện trở dung dịch, bản màng, v.v... Theo một số phương án, dòng điện có thể được lấy ra từ pin sử dụng tải cường độ dòng điện.

Theo một số phương án, hệ thống được đề xuất trong bản mô tả này dẫn đến hệ thống điện áp từ điện áp thấp đến điện áp bằng 0 mà tạo ra kiềm so với quy trình clo-kiềm hoặc quy trình clo-kiềm có ODC hoặc quy trình bất kỳ khác mà oxy hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn trong buồng anốt. Theo một số phương án, hệ thống được mô tả trong bản mô tả này chạy ở điện áp nhỏ hơn 2V; hoặc nhỏ hơn 1,2V; hoặc nhỏ hơn 1,1V; hoặc nhỏ hơn 1V; hoặc nhỏ hơn 0,9V; hoặc nhỏ hơn 0,8V; hoặc nhỏ hơn 0,7V; hoặc nhỏ hơn 0,6V; hoặc nhỏ hơn 0,5V; hoặc nhỏ hơn 0,4V; hoặc nhỏ hơn 0,3V; hoặc nhỏ hơn 0,2V; hoặc nhỏ hơn 0,1V; hoặc 0 vôn; hoặc trong khoảng từ 0 đến 1,2V; hoặc trong khoảng từ 0 đến 1V;

hoặc trong khoảng từ 0 đến 0,5 V; hoặc trong khoảng từ 0,5 đến 1V; hoặc trong khoảng từ 0,5 đến 2V; hoặc trong khoảng từ 0 đến 0,1 V; hoặc trong khoảng từ 0,1 đến 1V; hoặc trong khoảng từ 0,1 đến 2V; hoặc trong khoảng từ 0,01 đến 0,5V; hoặc trong khoảng từ 0,01 đến 1,2V; hoặc trong khoảng từ 1 đến 1,2V; hoặc trong khoảng từ 0,2 đến 1V; hoặc 0V; hoặc 0,5V; hoặc 0,6V; hoặc 0,7V; hoặc 0,8V; hoặc 0,9V; hoặc 1V.

Trong bản mô tả này, “điện áp” bao gồm điện áp hoặc thế hiệu dịch được áp dụng cho hoặc lấy ra từ pin điện hóa mà điều khiển phản ứng mong muốn giữa anốt và catốt trong pin điện hóa. Theo một số phương án, phản ứng mong muốn có thể là sự dịch chuyển điện tử giữa anốt và catốt sao cho dung dịch kiềm, nước, hoặc khí hydro được tạo thành trong chất điện phân catốt và ion kim loại được oxy hóa ở anốt. Theo một số phương án, phản ứng mong muốn có thể là sự dịch chuyển điện tử giữa anốt và catốt sao cho ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn được tạo thành trong chất điện phân anốt từ ion kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp. Điện áp có thể được áp dụng cho pin điện hóa bằng phương tiện bất kỳ để sử dụng dòng điện đi qua anốt và catốt của pin điện hóa. Phương tiện này là đã được biết trong lĩnh vực kỹ thuật và bao gồm, nhưng không giới hạn ở, các thiết bị, như, nguồn phát điện, pin nhiên liệu, thiết bị hoạt động nhờ ánh sáng mặt trời, thiết bị hoạt động nhờ gió, và kết hợp các thiết bị này. Loại nguồn phát điện để cung cấp dòng điện có thể là nguồn năng lượng bất kỳ đã biết đối với người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực kỹ thuật này. Ví dụ, theo một số phương án, điện áp có thể được áp dụng bằng cách nối các anốt và catốt của pin với nguồn phát dòng điện một chiều (DC) bên ngoài. Nguồn điện này có thể là dòng điện xoay chiều (AC) được chỉnh lưu thành DC. Nguồn điện DC này có thể có điện áp và dòng điện điều chỉnh được để áp dụng một lượng điện áp cần thiết lên pin điện hóa.

Theo một số phương án, dòng điện được áp dụng cho pin điện hóa ít nhất là 50 mA/cm²; hoặc ít nhất là 100mA/cm²; hoặc ít nhất là 150mA/cm²; hoặc ít nhất là 200mA/cm²; hoặc ít nhất là 500mA/cm²; hoặc ít nhất là 1000mA/cm²; hoặc ít nhất là 1500mA/cm²; hoặc ít nhất là 2000mA/cm²; hoặc ít nhất là 2500mA/cm²; hoặc trong khoảng từ 100 đến 2500mA/cm²; hoặc trong khoảng từ 100 đến 2000mA/cm²; hoặc trong khoảng từ 100 đến 1500mA/cm²; hoặc trong khoảng từ 100 đến 1000mA/cm²; hoặc trong khoảng từ 100 đến 500mA/cm²; hoặc trong khoảng từ 200 đến 2500mA/cm²; hoặc trong khoảng từ 200 đến 2000mA/cm²; hoặc trong khoảng từ 200 đến 1500mA/cm²; hoặc trong khoảng từ 200 đến 1000mA/cm²; hoặc trong khoảng từ

200 đến 500mA/cm²; hoặc trong khoảng từ 500 đến 2500mA/cm²; hoặc trong khoảng từ 500 đến 2000mA/cm²; hoặc trong khoảng từ 500 đến 1500mA/cm²; hoặc trong khoảng từ 500 đến 1000mA/cm²; hoặc trong khoảng từ 1000 đến 2500mA/cm²; hoặc trong khoảng từ 1000 đến 2000mA/cm²; hoặc trong khoảng từ 1000 đến 1500mA/cm²; hoặc trong khoảng từ 1500 đến 2500mA/cm²; hoặc trong khoảng từ 1500 đến 2000mA/cm²; hoặc trong khoảng từ 2000 đến 2500mA/cm².

Theo một số phương án, pin hoạt động ở điện áp nằm trong khoảng từ 0 đến 3V khi dòng điện được áp dụng nằm trong khoảng từ 100 đến 250 mA/cm² hoặc từ 100 đến 150 mA/cm² hoặc từ 100 đến 200 mA/cm² hoặc từ 100 đến 300 mA/cm² hoặc từ 100 đến 400 mA/cm² hoặc từ 100 đến 500 mA/cm² hoặc từ 150 đến 200 mA/cm² hoặc từ 200 đến 150 mA/cm² hoặc từ 200 đến 300 mA/cm² hoặc từ 200 đến 400 mA/cm² hoặc từ 200 đến 500 mA/cm² hoặc bằng 150 mA/cm² hoặc 200 mA/cm² hoặc 300 mA/cm² hoặc 400 mA/cm² hoặc 500 mA/cm² hoặc 600 mA/cm². Theo một số phương án, pin hoạt động trong khoảng từ 0 đến 1V. Theo một số phương án, pin hoạt động trong khoảng từ 0 đến 1,5V khi dòng điện được áp dụng là từ 100 đến 250 mA/cm² hoặc từ 100 đến 150 mA/cm² hoặc từ 150 đến 200 mA/cm² hoặc bằng 150 mA/cm² hoặc 200 mA/cm². Theo một số phương án, pin hoạt động trong khoảng từ 0 đến 1V ở tải cường độ dòng điện trong khoảng từ 100 đến 250 mA/cm² hoặc từ 100 đến 150 mA/cm² hoặc từ 150 đến 200 mA/cm² hoặc bằng 150 mA/cm² hoặc 200 mA/cm². Theo một số phương án, pin hoạt động ở 0,5V ở dòng điện hoặc tải cường độ dòng điện trong khoảng từ 100 đến 250 mA/cm² hoặc từ 100 đến 150 mA/cm² hoặc từ 150 đến 200 mA/cm² hoặc bằng 150 mA/cm² hoặc 200 mA/cm².

Theo một số phương án, hệ thống và phương pháp được đề xuất trong bản mô tả này còn bao gồm bộ lọc và/hoặc đệm giữa anốt và màng trao đổi ion và/hoặc catốt và màng trao đổi ion. Hệ thống điện hóa chứa bộ lọc và/hoặc đệm được mô tả trong đơn sáng chế tạm thời của Mỹ số 61/442,573, nộp ngày 14/2/2011, được đưa vào bản mô tả để tham khảo.

Hệ thống được đề xuất trong bản mô tả này có thể áp dụng cho hoặc có thể được sử dụng cho phương pháp bất kỳ trong số một hoặc nhiều phương pháp được mô tả trong bản mô tả này. Theo một số phương án, hệ thống được đề xuất trong bản mô tả này còn bao gồm hệ thống cấp hoặc phân phối khí oxy được nối theo cách có thể điều khiển được với buồng catốt. Hệ thống phân phối khí oxy có cấu hình để cung cấp khí oxy cho catốt khuếch tán khí. Theo một số phương án, hệ thống phân phối khí oxy

có cấu hình để phân phối khí đến catôt khuếch tán khí trong đó việc khử khí được xúc tác bởi ion hydroxit. Theo một số phương án, khí oxy và nước bị khử thành ion hydroxit; khí oxy chưa phản ứng trong hệ thống được thu hồi; và được tái luân chuyển trở lại catôt. Khí oxy có thể được cung cấp cho catôt bằng cách sử dụng phương tiện bất kỳ để dẫn khí oxy từ nguồn bên ngoài vào catôt. Phương tiện này là để dẫn khí oxy từ nguồn bên ngoài vào catôt hoặc hệ thống phân phối khí oxy đã biết trong lĩnh vực kỹ thuật này và bao gồm, nhưng không giới hạn ở, ống dẫn, đường dẫn, đường ống dẫn, và dạng tương tự. Theo một số phương án, hệ thống hoặc hệ thống phân phối khí oxy bao gồm đường dẫn khí oxy từ nguồn bên ngoài vào catôt. Cần hiểu rằng khí oxy có thể được dẫn vào catôt từ bên dưới pin, bên trên của pin hoặc bên cạnh. Theo một số phương án, khí oxy được dẫn đến mặt sau của catôt trong đó khí oxy không tiếp xúc trực tiếp với dung dịch catolit. Theo một số phương án, khí oxy có thể được dẫn đến catôt qua nhiều cổng vào. Trong phương pháp và hệ thống được đề xuất trong bản mô tả này, nguồn oxy mà cung cấp khí oxy cho catôt khuếch tán khí bao gồm nguồn oxy bất kỳ đã biết trong lĩnh vực này. Các nguồn này bao gồm, nhưng không giới hạn ở, không khí xung quanh, khí oxy cấp thương phẩm từ xylanh, khí oxy thu được bằng cách chưng cất phân đoạn không khí hóa lỏng, khí oxy thu được bằng cách cho không khí đi qua đệm zeolit, khí oxy thu được từ quá trình điện phân nước, oxy thu được bằng cách ép không khí qua màng gốm dựa vào các dioxit zirconi bởi áp suất hoặc dòng điện cao, thiết bị tạo oxy bằng phản ứng hóa học, khí oxy ở dạng lỏng trong bể chứa cách nhiệt, hoặc kết hợp các cách này. Theo một số phương án, nguồn oxy cũng có thể cung cấp khí cacbon dioxit. Theo một số phương án, oxy từ nguồn khí oxy có thể được tinh chế trước khi được đưa vào buồng catôt. Theo một số phương án, oxy từ nguồn khí oxy được dùng như trong buồng catôt.

Kiểm trong buồng catôt

Chất điện phân catôt chứa kiềm có thể được lấy ra từ buồng catôt. Kiềm có thể được tách ra khỏi chất điện phân catôt bằng cách sử dụng kỹ thuật đã biết trong lĩnh vực này, bao gồm nhưng không giới hạn ở, thẩm tách khuếch tán. Theo một số phương án, kiềm được tạo ra trong phương pháp và hệ thống được đề xuất trong bản mô tả này, được dùng trong thương mại hoặc được sử dụng trong các quy trình thương mại đã biết trong lĩnh vực này. Độ tinh khiết của kiềm được tạo thành trong phương pháp và hệ thống này có thể thay đổi tùy thuộc vào các mục đích sử dụng cuối cùng. Ví dụ, phương pháp và hệ thống được đề xuất trong bản mô tả này mà sử dụng pin

điện hóa được lắp với màng, có thể tạo thành kiềm chất lượng màng mà có thể gần như không chứa các tạp chất. Theo một số phương án, kiềm ít tinh khiết hơn cũng có thể được tạo thành bằng cách tránh sử dụng màng hoặc bằng cách bổ sung cacbon vào chất điện phân catôt. Theo một số phương án, kiềm được tạo thành trong chất điện phân catôt là hơn 2% khối lượng hoặc hơn 5% khối lượng hoặc trong khoảng từ 5 đến 50% khối lượng.

Theo một số phương án, kiềm được tạo ra trong buồng catôt có thể được sử dụng trong nhiều quy trình thương mại, như được mô tả trong bản mô tả này. Theo một số phương án, hệ thống thích hợp cho các sử dụng này có thể được nối theo cách điều khiển được với bộ điện hóa, hoặc kiềm có thể được vận chuyển đến vị trí thích hợp để sử dụng. Theo một số phương án, hệ thống bao gồm bộ thu gom có cấu hình để thu gom kiềm từ buồng catôt và nối nó với quy trình thích hợp mà có thể là phương tiện bất kỳ để thu gom và xử lý kiềm bao gồm, nhưng không giới hạn ở, bể, bộ thu gom, ống dẫn v.v... có thể thu gom, xử lý, và/hoặc chuyển kiềm được tạo ra trong buồng catôt để sử dụng trong nhiều quy trình thương mại.

Theo một số phương án, kiềm, như, natri hydroxit được tạo ra trong dung dịch catolit được dùng cho mục đích thương mại hoặc được xử lý theo nhiều cách đã biết trong lĩnh vực này. Ví dụ, natri hydroxit được tạo thành trong dung dịch catolit có thể được dùng làm bazơ trong công nghiệp hóa chất, trong các hộ gia đình, và/hoặc trong sản xuất bột giấy, giấy, vải dệt, nước uống, xà phòng, chất tẩy rửa và chất thông tắc đường ống. Theo một số phương án, natri hydroxit có thể được sử dụng trong sản xuất giấy. Cùng với natri sulfua, natri hydroxit có thể là thành phần của dung dịch màu trắng được sử dụng để tách lignin từ các sợi xenluloza trong quy trình Kraft. Cũng có thể hữu dụng trong một vài giai đoạn sau của quy trình tẩy trắng bột giấy màu nâu thu được từ quy trình nghiền bột. Các giai đoạn này có thể bao gồm loại lignin oxy, chiết oxy hóa, và chiết đơn thuần, tất cả các giai đoạn này có thể cần đến môi trường kiềm mạnh với $\text{pH} > 10,5$ ở cuối các giai đoạn. Theo một số phương án, natri hydroxit có thể được sử dụng để phân huỷ các mô. Quy trình này có thể gồm bước đặt xác động vật vào buồng kín và sau đó cho xác này vào hỗn hợp gồm hydroxit và nước, mà có thể phá vỡ liên kết hóa học giữ cho xác nguyên vẹn. Theo một số phương án, natri hydroxit có thể được sử dụng trong quy trình Bayer trong đó natri hydroxit được sử dụng để tinh chế quặng chứa nhôm oxit (bôxit) để sản xuất nhôm oxit (nhôm oxit). Nhôm oxit là nguyên liệu thô có thể được sử dụng để sản xuất nhôm kim loại nhờ quy

trình điện phân Hall-Héroult. Nhôm oxit có thể tan trong natri hydroxit, để lại các tạp chất ít tan hơn ở độ pH cao như sắt oxit dưới dạng bùn màu đỏ có tính kiềm mạnh. Theo một số phương án, natri hydroxit có thể được sử dụng trong quy trình sản xuất xà phòng. Theo một số phương án, natri hydroxit có thể được sử dụng trong sản xuất diezen sinh học trong đó natri hydroxit có thể được dùng làm chất xúc tác cho quá trình trans-este hóa của metanol và triglyxerit. Theo một số phương án, natri hydroxit có thể được dùng làm chất tẩy rửa, như, nhưng không giới hạn ở, chất khử mỡ trên đồ thép không gỉ và dụng cụ bằng nung thủy tinh.

Theo một số phương án, natri hydroxit có thể được sử dụng trong chế biến thực phẩm. Thực phẩm sử dụng natri hydroxit bao gồm, nhưng không giới hạn ở, rửa hoặc bóc vỏ rau và trái cây bằng hóa chất, xử lý sôcôla và cacao, sản xuất chất tạo màu caramen, trung nước sôi làm sạch gia cầm, chế biến nước ngọt, và làm đặc kem. Ôliu có thể được ngâm trong natri hydroxit để làm mềm chúng, trong khi bánh pretzel và bánh mỳ kiểu Đức (lye roll) có thể được tráng với dung dịch natri hydroxit trước khi nướng để làm cho giòn. Theo một số phương án, natri hydroxit có thể được sử dụng trong gia đình làm chất làm sạch cống để thông cống tắc. Theo một số phương án, natri hydroxit có thể được dùng làm thuốc đuổi cho tóc thẳng. Theo một số phương án, natri hydroxit có thể được sử dụng trong các nhà máy lọc dầu và để khoan dầu, vì nó có thể làm tăng độ nhớt và ngăn các vật liệu nặng lắng xuống. Trong công nghiệp hóa chất, natri hydroxit có thể cung cấp các chức năng trung hòa axit, thủy phân, ngưng tụ, xà phòng hóa, và thay thế các nhóm khác trong hợp chất hữu cơ của ion hydroxyl. Theo một số phương án, natri hydroxit có thể được sử dụng trong công nghiệp dệt. Việc ngâm kiềm vải sợi bằng dung dịch natri hydroxit có thể làm cho độ bền kéo đứt lớn hơn và độ bóng láng đồng đều. Cũng có thể loại bỏ sáp và dầu khỏi sợi để tạo ra sợi dễ tẩy trắng và nhuộm hơn. Natri hydroxit có thể cũng được sử dụng trong sản xuất tơ nhân tạo vitcô. Theo một số phương án, natri hydroxit có thể được sử dụng để sản xuất natri hypoclorit mà có thể được dùng làm chất tẩy trắng và chất sát trùng gia dụng và để sản xuất natri phenolat mà có thể được sử dụng trong khử trùng và để sản xuất Aspirin.

Sự tiếp xúc của cacbon dioxit với chất điện phân catôt

Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất phương pháp và hệ thống như được mô tả trong bản mô tả này, gồm bước cho cacbon dioxit tiếp xúc với chất điện phân catôt ở bên trong buồng catôt hoặc bên ngoài buồng catôt. Theo một khía cạnh, sáng chế đề

xuất phương pháp bao gồm các bước: cho anôt tiếp xúc với ion kim loại trong chất điện phân anôt trong buồng anôt; chuyển hóa hoặc oxy hoá ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn trong buồng anôt; cho catôt tiếp xúc với chất điện phân catôt trong buồng catôt; tạo thành kiềm trong chất điện phân catôt; và cho kiềm trong chất điện phân catôt tiếp xúc với cacbon từ nguồn cacbon, như cacbon dioxit từ nguồn cacbon dioxit. Theo một số phương án, phương pháp này còn gồm bước sử dụng kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn được tạo thành trong buồng anôt (như được mô tả trong bản mô tả này) hoặc sử dụng nó cho phản ứng với khí hydro hoặc phản ứng với các hydrocacbon no hoặc không no (như được mô tả trong bản mô tả này). Theo một số phương án, sáng chế đề xuất phương pháp bao gồm các bước cho anôt tiếp xúc với chất điện phân anôt; oxy hoá ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn ở anôt; cho catôt tiếp xúc với chất điện phân catôt; tạo ra ion hydroxit trong chất điện phân catôt; và cho chất điện phân catôt tiếp xúc với khí thải công nghiệp chứa cacbon dioxit hoặc với dung dịch chứa cacbon dioxit gồm ion bicarbonat.

Theo khía cạnh khác, sáng chế đề xuất hệ thống bao gồm buồng anôt chứa anôt tiếp xúc với ion kim loại trong chất điện phân anôt, trong đó anôt có cấu hình để chuyển hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn; buồng catôt chứa catôt tiếp xúc với chất điện phân catôt trong đó catôt có cấu hình để tạo ra kiềm; và bộ phận tiếp xúc được nối theo cách có thể điều khiển được với buồng catôt và có cấu hình để cacbon từ nguồn cacbon như cacbon dioxit từ nguồn cacbon dioxit tiếp xúc với kiềm trong chất điện phân catôt. Theo một số phương án, hệ thống này còn bao gồm thiết bị phản ứng được nối với buồng anôt theo cách có thể điều khiển được và có cấu hình để ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn phản ứng với khí hydro hoặc với các hydrocacbon không no hoặc no (như được mô tả trong bản mô tả này).

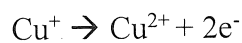
Theo một số phương án, cacbon từ nguồn cacbon đã được xử lý bằng chất điện phân catôt để tạo thành dung dịch chứa cacbon dioxit hòa tan trong kiềm của chất điện phân catôt. Kiềm có mặt trong chất điện phân catôt có thể tạo thuận lợi để hoà tan cacbon dioxit trong dung dịch. Dung dịch có cacbon dioxit hòa tan bao gồm axit cacbonic, bicarbonat, cacbonat, hoặc hỗn hợp bất kỳ của chúng. Theo phương pháp và hệ thống này, cacbon từ nguồn cacbon bao gồm cacbon dioxit dạng khí từ quy trình công nghiệp hoặc dung dịch cacbon dioxit từ bộ phận tiếp xúc khí/lỏng mà tiếp xúc

với cacbon dioxid khí từ quy trình công nghiệp. Bộ phận tiếp xúc này cũng đã được xác định trong bản mô tả này. Theo một số phương án, hệ thống bao gồm bộ tiếp xúc, ngoài ion hydroxit, buồng catôt còn chứa các ion bicacbonat và cacbonat.

Ví dụ minh họa về hệ thống điện hóa được tích hợp với cacbon từ nguồn cacbon được minh họa trên Fig.12. Cần hiểu rằng hệ thống 1200 trên Fig.12 chỉ nhằm mục đích minh họa và các ion kim loại khác với các trạng thái oxy hóa khác nhau (ví dụ crom, thiếc v.v.); các hệ thống điện hóa khác được mô tả trong bản mô tả này như hệ thống điện hóa trên các Fig.1A, Fig.1B, Fig.2, Fig.3A, Fig.3B, Fig.4A, Fig.5A, Fig.5C, Fig.6, Fig.8A, Fig.8B, Fig.9, và Fig.11; và chất điện phân thứ ba không phải natri clorua như natri sulfat, là biến thể mà có thể áp dụng tương tự cho hệ thống này. Hệ thống điện hóa 1200 trên Fig.12 bao gồm anôt và catôt được phân cách bằng màng trao đổi anion và màng trao đổi cation tạo ra buồng thứ ba chứa chất điện phân thứ ba, NaCl. Ion kim loại này được oxy hóa trong buồng anôt từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn mà kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn này sau đó được sử dụng cho phản ứng trong thiết bị phản ứng, như phản ứng với khí hydro hoặc phản ứng với hydrocacbon no hoặc không no. Sản phẩm được tạo thành bằng các phản ứng này được mô tả trong bản mô tả. Catôt được minh họa là catôt tạo ra khí hydro trên Fig.12 mặc dù ODC có thể áp dụng tương tự cho hệ thống này. Buồng catôt được nối với bộ phận tiếp xúc khí/lồng mà tiếp xúc với khí cacbon dioxid. Chất điện phân catôt chứa kiềm như hydroxit và/hoặc natri cacbonat được luân chuyển đến bộ phận tiếp xúc khí/lồng làm cho chất điện phân catôt tiếp xúc với khí cacbon dioxid dẫn đến tạo thành dung dịch natri bicacbonat/natri cacbonat. Dung dịch cacbon dioxid hòa tan này sau đó được luân chuyển đến buồng catôt trong đó kiềm được tạo thành ở catôt chuyển hóa ion bicacbonat thành ion cacbonat tạo ra độ pH của chất điện phân catôt nhỏ hơn 12. Quá trình này sẽ làm cho điện áp của pin giảm xuống nhỏ hơn 2V. Do đó, dung dịch natri cacbonat được tạo thành có thể được luân chuyển trở lại bộ phận tiếp xúc khí/lồng để tiếp xúc thêm với khí cacbon dioxid hoặc có thể được lấy ra để thực hiện quá trình kết tủa canxi cacbonat như được mô tả trong bản mô tả này. Theo một số phương án, khí cacbon dioxid được cấp trực tiếp vào buồng catôt không sử dụng bộ phận tiếp xúc khí/lồng trung gian. Theo một số phương án, dung dịch bicacbonat từ bộ phận tiếp xúc khí/lồng không được cấp vào buồng catôt nhưng thay vào đó được sử dụng để kết tủa sản phẩm bicacbonat.

Phương pháp và hệ thống liên quan tới việc cacbon từ nguồn cacbon tiếp xúc với chất điện phân catôt (khi catôt là ODC hoặc catôt tạo ra khí hydro), như được mô tả trong bản mô tả này và được minh họa trên Fig.12, có thể dẫn đến tiết kiệm điện áp so với phương pháp và hệ thống mà cacbon từ nguồn cacbon không tiếp xúc với chất điện phân catôt. Sự tiết kiệm điện áp này có thể dẫn đến tiêu thụ điện ít hơn và ít phát thải cacbon dioxit hơn để phát điện. Điều này có thể sẽ dẫn đến việc tạo ra các hóa chất xanh như natri cacbonat, natri bicacbonat, canxi/magie bicacbonat hoặc cacbonat, các hydrocacbon được halogen hóa và/hoặc axit, mà được tạo thành bằng các phương pháp và hệ thống hiệu quả và tiết kiệm năng lượng theo sáng chế. Theo một số phương án, pin điện hóa, trong đó cacbon từ nguồn cacbon (như khí cacbon dioxit hoặc dung dịch natri cacbonat/bicacbonat từ bộ phận tiếp xúc khí/lỏng) được tiếp xúc với kiềm được tạo ra bởi catôt, có tiết kiệm điện áp nửa pin catôt theo lý thuyết hoặc tiết kiệm điện áp pin tổng theo lý thuyết là hơn 0,1V, hoặc hơn 0,2V, hoặc hơn 0,5V, hoặc hơn 1V, hoặc hơn 1,5V, hoặc trong khoảng từ 0,1 đến 1,5V, hoặc trong khoảng từ 0,1 đến 1V, hoặc trong khoảng từ 0,2 đến 1,5V, hoặc trong khoảng từ 0,2 đến 1V, hoặc trong khoảng từ 0,5 đến 1,5V, hoặc trong khoảng từ 0,5 đến 1V so với pin điện hóa trong đó không có cacbon được tiếp xúc với kiềm từ catôt như, ODC hoặc catôt tạo ra khí hydro. Theo một số phương án, sự tiết kiệm điện áp này thu được với độ pH chất điện phân catôt nằm trong khoảng từ 7 đến 13, hoặc trong khoảng từ 6 đến 12, hoặc trong khoảng từ 7 đến 12, hoặc trong khoảng từ 7 đến 10, hoặc trong khoảng từ 6 đến 13.

Dựa vào phương trình Nernst đã được đề cập trên đây, khi kim loại ở trạng thái oxy hóa thấp được oxy hóa thành kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn ở anôt như sau:



$E_{\text{anôt}}$ dựa trên nồng độ của đồng II nằm trong khoảng từ 0,159 đến 0,75V.

Khi nước bị khử thành ion hydroxit và khí hydro ở catôt (như được minh họa trên Fig.4B hoặc Fig.12) và ion hydroxit đến tiếp xúc với ion bicacbonat (như khí cacbon dioxit được hòa tan trực tiếp vào chất điện phân catôt hoặc dung dịch natri cacbonat/bicacbonat từ bộ phận tiếp xúc khí/lỏng được luân chuyển vào chất điện phân catôt) để tạo thành cacbonat, độ pH của chất điện phân catôt giảm từ 14 đến nhỏ hơn 14, như sau:

$E_{\text{catôt}} = -0,059 \text{ pH}_c$, trong đó pH_c là pH của chất điện phân catôt = 10

$$E_{\text{catôt}} = -0,59$$

$E_{\text{tổng}}$ khi đó nằm trong khoảng từ 0,749 đến 1,29 tùy thuộc vào nồng độ của ion đồng trong chất điện phân anôt. $E_{\text{catôt}} = -0,59$ là tiết kiệm hơn 200mV hoặc trong khoảng từ 200mV đến 500mV hoặc trong khoảng từ 100 đến 500mV so với $E_{\text{catôt}} = -0,83$ đối với catôt tạo ra khí hydro không tiếp xúc với ion bicacbonat/cacbonat. $E_{\text{Tổng}} = 0,749$ đến 1,29 là tiết kiệm hơn 200mV hoặc trong khoảng từ 200mV đến 1,2V hoặc trong khoảng từ 100mV đến 1,5V so với $E_{\text{Tổng}} = 0,989$ đến 1,53 đối với catôt tạo ra khí hydro không tiếp xúc với ion bicacbonat/cacbonat.

Tương tự, khi nước bị khử thành ion hydroxit ở ODC (như được minh họa trên Fig.5A) và ion hydroxit đến tiếp xúc với ion bicacbonat (như khí cacbon dioxit được hòa tan trực tiếp vào chất điện phân catôt hoặc dung dịch natri cacbonat/bicacbonat từ bộ phận tiếp xúc khí/lồng được luân chuyển vào chất điện phân catôt) để tạo ra cacbonat, độ pH của chất điện phân catôt giảm từ 14 đến thấp hơn 14, như sau:

$$E_{\text{catôt}} = 1,224 - 0,059 \text{ pH}_c, \text{ trong đó } \text{pH}_c = 10$$

$$E_{\text{catôt}} = 0,636\text{V}$$

$E_{\text{tổng}}$ khi đó nằm trong khoảng từ -0,477 đến 0,064V tùy thuộc vào nồng độ của ion đồng trong chất điện phân anôt. $E_{\text{catôt}} = 0,636$ là tiết kiệm hơn 100mV hoặc trong khoảng từ 100mV đến 200mV hoặc trong khoảng từ 100 đến 500mV hoặc trong khoảng từ 200 đến 500mV so với $E_{\text{catôt}} = 0,4$ đối với ODC không tiếp xúc với ion bicacbonat/cacbonat. $E_{\text{Tổng}} = -0,477$ đến 0,064V là tiết kiệm hơn 200mV hoặc trong khoảng từ 200mV đến 1,2V hoặc trong khoảng từ 100mV đến 1,5V so với $E_{\text{Tổng}} = -0,241$ đến 0,3 đối với ODC không tiếp xúc với ion bicacbonat/cacbonat.

Như được mô tả trên đây, khi chất điện phân catôt được cho phép tăng đến độ pH bằng 14 hoặc lớn hơn, sự khác biệt giữa điện thế nửa pin anôt và điện thế nửa pin catôt sẽ gia tăng. Với khoảng thời gian hoạt động của pin được tăng lên mà không bổ sung CO_2 hoặc không có can thiệp khác, ví dụ pha loãng với nước, điện thế pin cần thiết sẽ tang gia. Hoạt động của pin điện hóa với pH catôt trong khoảng từ 7 đến 13 hoặc trong khoảng từ 7 đến 12 cho sự tiết kiệm năng lượng đáng kể.

Do vậy, đối với các giá trị pH khác nhau trong chất điện phân catôt, ion hydroxit, ion cacbonat và/hoặc ion bicacbonat được tạo ra trong chất điện phân catôt

khí điện áp được áp dụng cho từ anốt đến catốt nhỏ hơn 2,9, hoặc nhỏ hơn 2,5, hoặc nhỏ hơn 2,1, hoặc 2,0, hoặc nhỏ hơn 1,5, hoặc nhỏ hơn 1,0, hoặc nhỏ hơn 0,5, hoặc trong khoảng từ 0,5 đến 1,5V, trong khi độ pH trong chất điện phân catốt nằm trong khoảng từ 7 đến 13 hoặc từ 7 đến 12 hoặc từ 6 đến 12 hoặc từ 7 đến 10.

Theo một số phương án, nguồn cacbon là nguồn khí cacbon dioxit bất kỳ và/hoặc nguồn bất kỳ mà tạo ra dạng hòa tan hoặc dung dịch cacbon dioxit. Dạng hòa tan của cacbon dioxit hoặc dung dịch chứa cacbon dioxit bao gồm axit cacbonic, ion bicacbonat, ion cacbonat, hoặc kết hợp các chất này. Theo một số phương án, khí oxy và/hoặc khí cacbon dioxit được cung cấp cho catốt là từ nguồn oxy bất kỳ và nguồn khí cacbon dioxit đã biết trong lĩnh vực này. Nguồn khí oxy và nguồn khí cacbon dioxit có thể là giống nhau hoặc có thể là khác nhau. Một vài ví dụ về nguồn khí oxy và nguồn khí cacbon dioxit được mô tả trong bản mô tả này.

Theo một số phương án, kiềm được tạo ra trong buồng catốt có thể được xử lý với dòng khí cacbon dioxit và/hoặc dạng hòa tan của cacbon dioxit để tạo thành sản phẩm cacbonat/ bicacbonat mà có thể được dùng cho mục đích thương mại hoặc có thể được xử lý bằng các cation có hoá trị hai, như, nhưng không giới hạn ở, ion kim loại kiềm thổ để tạo thành kim loại kiềm thổ cacbonat và/hoặc bicacbonat.

Trong bản mô tả này, “cacbon từ nguồn cacbon” bao gồm cacbon dioxit dạng khí hoặc dạng hòa tan hoặc dung dịch chứa cacbon dioxit. Cacbon từ nguồn cacbon bao gồm CO₂, axit cacbonic, ion bicacbonat, ion cacbonat, hoặc kết hợp của các chất này. Trong bản mô tả này, “nguồn cacbon” bao gồm nguồn bất kỳ cung cấp khí và/hoặc cacbon dioxit dạng hòa tan. Nguồn cacbon bao gồm, nhưng không giới hạn ở, dòng chất thải hoặc các quy trình công nghiệp mà cung cấp dòng khí CO₂; bộ phận tiếp xúc khí/lỏng mà cung cấp dung dịch chứa CO₂, axit cacbonic, ion bicacbonat, ion cacbonat, hoặc kết hợp của các nguồn này; và/hoặc dung dịch nước muối bicacbonat.

Theo một số phương án, khí CO₂ là dòng chất thải hoặc sản phẩm từ nhà máy công nghiệp. Bản chất của nhà máy công nghiệp có thể thay đổi trong các phương án này. Các nhà máy công nghiệp này bao gồm, nhưng không giới hạn ở, nhà máy tinh chế tạo thành các hydrocacbon no hoặc không no, các nhà máy điện (ví dụ như được mô tả chi tiết trong đơn quốc tế số PCT/US08/88318, có tiêu đề là, “Phương pháp tách CO₂” nộp ngày 24/12/2008, phần bộc lộ được kết hợp trong bản mô tả để tham khảo), các nhà máy xử lý hóa chất, nhà máy thép, nhà máy giấy, các nhà máy xi măng (ví dụ như được mô tả chi tiết trong đơn tạm thời của Mỹ số 61/088,340, phần bộc lộ được

kết hợp trong bản mô tả để tham khảo), và các nhà máy công nghiệp khác sinh ra CO₂ dưới dạng sản phẩm phụ. Dòng chất thải ở đây là dòng khí (hoặc dòng tương tự) được tạo ra ở dạng sản phẩm phụ của quy trình hoạt động của nhà máy công nghiệp. Dòng khí này có thể về cơ bản là CO₂ tinh khiết hoặc dòng khí nhiều thành phần chứa CO₂ và một hoặc nhiều chất khí bổ sung. Dòng khí nhiều thành phần (chứa CO₂) có thể được sử dụng làm nguồn CO₂ trong phương án của phương pháp bao gồm cả dòng khử, ví dụ khí tổng hợp, khí tổng hợp dịch chuyển, khí tự nhiên, và hydro và dạng tương tự, và dòng oxy hoá, ví dụ khí thải từ quá trình đốt cháy, như đốt cháy metan. Các khí thải chứa NO_x, SO_x, VOC, các hạt và Hg sẽ kết hợp các hợp chất này với cacbonat trong sản phẩm kết tủa. Các dòng khí nhiều thành phần cụ thể được quan tâm mà có thể được xử lý theo sáng chế bao gồm, nhưng không giới hạn ở, khí thải nhà máy điện đốt cháy chứa oxy, khí sản phẩm nổi hơi kiểu tuabin, khí là sản phẩm từ quá trình khí hóa than, khí là sản phẩm từ quá trình khí hóa than dịch chuyển, khí là sản phẩm từ thủy phân kỵ khí, dòng khí tự nhiên đầu giếng, khí tự nhiên hoặc metan hydrat biến đổi, và dạng tương tự. Trong trường hợp nếu khí chứa cả cacbon dioxid và khí oxy, khí này có thể được sử dụng vừa làm nguồn cacbon dioxid vừa làm nguồn oxy. Ví dụ, khí thải thu được từ quá trình đốt cháy oxy và metan có thể chứa khí oxy và có thể cung cấp cả hai nguồn khí cacbon dioxid cũng như khí oxy.

Do vậy, dòng chất thải có thể được tạo ra từ nhiều kiểu nhà máy công nghiệp khác nhau. Dòng chất thải thích hợp theo sáng chế bao gồm các dòng chất thải, như, khí thải, được sản sinh từ các nhà máy công nghiệp đốt nhiên liệu hóa thạch (ví dụ than đá, dầu, khí tự nhiên) hoặc sản phẩm nhiên liệu chịu tác động của con người từ các lớp trầm tích nhiên liệu hữu cơ có trong tự nhiên (ví dụ cát hắc ín, dầu nặng, đá phiến chứa dầu, v.v.). Theo một số phương án, dòng chất thải thích hợp cho hệ thống và phương pháp của sáng chế bắt nguồn từ nhà máy điện đốt than đá, như nhà máy điện than đá được nghiền thành bột, nhà máy điện than đá siêu tới hạn, nhà máy điện than đá đốt khối lượng lớn, nhà máy điện than đá tầng sôi. Theo một số phương án, dòng chất thải bắt nguồn từ các nhà máy điện kiểu tuabin hơi nước và nồi đun đốt khí hoặc dầu, nhà máy điện tuabin khí một chu trình đơn dùng nồi đun đốt khí hoặc dầu, hoặc nhà máy điện tuabin khí chu trình hỗn hợp dùng nồi hơi đốt khí hoặc dầu. Theo một số phương án, các dòng chất thải sản sinh bởi nhà máy điện mà đốt khí tổng hợp (tức là, khí được sản xuất bởi quá trình khí hóa chất hữu cơ, ví dụ, than đá, sinh khối, v.v.) được sử dụng. Theo một số phương án, các dòng chất thải từ các nhà máy chu trình kết hợp khí hóa tích hợp (IGCC) được sử dụng. Theo một số phương án, các

dòng chất thải được sản sinh từ các lò sinh hơi thu hồi nhiệt (Heat Recovery Steam Generator - HRSG) được sử dụng để tạo ra các hợp phần theo hệ thống và phương pháp được đề xuất trong bản mô tả này.

Các dòng chất thải được sản sinh bởi các nhà máy xi măng cũng thích hợp cho hệ thống và phương pháp được đề xuất trong bản mô tả này. Các dòng chất thải nhà máy xi măng bao gồm các dòng chất thải từ cả nhà máy xử lý bằng phương pháp ướt và nhà máy xử lý bằng phương pháp khô, các nhà máy này có thể sử dụng lò đứng hoặc lò quay, và có thể bao gồm lò nung sơ bộ. Các nhà máy công nghiệp này có thể đốt một loại nhiên liệu, hoặc có thể đốt hai hoặc nhiều loại nhiên liệu kế tiếp hoặc đồng thời.

Mặc dù cacbon dioxit có thể có mặt trong không khí xung quanh, do nồng độ rất thấp của nó, cacbon dioxit môi trường có thể không cung cấp đủ cacbon dioxit để tạo thành bicacbonat và/hoặc cacbonat như thu được khi cacbon từ nguồn cacbon được tiếp xúc với chất điện phân catôt. Theo một số phương án của hệ thống và phương pháp này, áp suất bên trong hệ thống điện hóa có thể lớn hơn áp suất môi trường trong không khí xung quanh và do đó cacbon dioxit môi trường thường có thể bị ngăn không cho thâm nhập vào chất điện phân catôt.

Hệ thống tiếp xúc hoặc bộ tiếp xúc bao gồm phương tiện bất kỳ để cho cacbon từ nguồn cacbon tiếp xúc với chất điện phân catôt bên trong buồng catôt hoặc bên ngoài buồng catôt. Phương tiện để cho cacbon tiếp xúc với chất điện phân catôt hoặc bộ tiếp xúc có cấu hình để cacbon từ nguồn cacbon tiếp xúc với buồng catôt là đã biết trong lĩnh vực kỹ thuật này và bao gồm, nhưng không giới hạn ở, phun, ống dẫn, đường ống, đường ống dẫn, và dạng tương tự. Theo một số phương án, hệ thống bao gồm đường ống dẫn cacbon đến chất điện phân catôt bên trong buồng catôt. Cần hiểu rằng khi cacbon từ nguồn cacbon được tiếp xúc với chất điện phân catôt bên trong buồng catôt, cacbon có thể được phun vào chất điện phân catôt từ phía dưới đáy của pin, từ phía trên của pin, từ cửa nạp bên của pin, và/hoặc từ tất cả các cổng nạp tùy thuộc vào lượng cacbon mong muốn trong buồng catôt. Lượng cacbon từ nguồn cacbon bên trong buồng catôt có thể phụ thuộc vào tốc độ chảy của dung dịch, độ pH mong muốn của chất điện phân catôt, và/hoặc kích cỡ của pin. Sự tối ưu hóa lượng cacbon từ nguồn cacbon là nằm trong phạm vi của sáng chế. Theo một số phương án, cacbon từ nguồn cacbon được chọn từ cacbon dioxit dạng khí từ quy trình công

nghiệp hoặc dung dịch cacbon dioxit từ bộ tiếp xúc khí/lỏng tiếp xúc với khí cacbon dioxit từ quy trình công nghiệp.

Theo một số phương án, buồng catôt bao gồm vách ngăn giúp tạo thuận lợi cho việc phân phối khí cacbon dioxit và/hoặc dung dịch cacbon dioxit trong buồng catôt. Theo một số phương án, vách ngăn có thể giúp ngăn việc trộn khí cacbon dioxit với khí oxy và/hoặc việc trộn khí cacbon dioxit trong buồng catôt với khí hydro trong buồng anôt. Theo một số phương án, vách ngăn dẫn đến dung dịch catolit có cacbon dioxit dạng khí cũng như dạng hòa tan của cacbon dioxit. Theo một số phương án, hệ thống được đề xuất trong bản mô tả này bao gồm vách ngăn mà chia chất điện phân catôt thành phần chất điện phân catôt thứ nhất và phần chất điện phân catôt thứ hai, trong đó phần chất điện phân catôt thứ hai bao gồm cacbon dioxit hòa tan tiếp xúc với catôt; và trong đó phần chất điện phân catôt thứ nhất bao gồm cacbon dioxit hòa tan và cacbon dioxit khí, tiếp xúc phần chất điện phân catôt thứ hai bên dưới vách ngăn. Trong hệ thống này, vách ngăn được đặt trong chất điện phân catôt sao cho khí, ví dụ cacbon dioxit trong phần chất điện phân catôt thứ nhất là được cách ly với chất điện phân catôt trong phần chất điện phân catôt thứ hai. Do vậy, vách ngăn có thể dùng làm phương tiện để ngăn ngừa việc trộn các chất khí trên catôt và/hoặc các chất khí và hoặc hơi từ anôt. Vách ngăn được mô tả trong Công bố đơn Mỹ số 2010/0084280, nộp ngày 12/11/2009.

Theo một số phương án, nguồn cacbon là bộ phận tiếp xúc khí/lỏng cung cấp dạng hòa tan hoặc dung dịch chứa cacbon dioxit chứa CO_2 , cacbonic axit, bicacbonat ion, cacbonat ion, hoặc kết hợp của các dạng này. Theo một số phương án, dung dịch được nạp với CO_2 được hòa tan một phần hoặc hoàn toàn được sản xuất bằng cách sục khí hoặc khuếch tán dòng khí CO_2 qua huyền phù hoặc dung dịch để tạo ra nước đã nạp CO_2 . Theo một số phương án, huyền phù hoặc dung dịch đã nạp CO_2 bao gồm chất loại proton thu được từ chất điện phân catôt của pin điện hóa, như được mô tả trong bản mô tả này. Theo một số phương án, bộ phận tiếp xúc khí/lỏng có thể bao gồm buồng sủi bọt trong đó khí CO_2 được sục qua huyền phù hoặc dung dịch chứa chất loại proton. Theo một số phương án, bộ tiếp xúc có thể bao gồm tháp phun trong đó huyền phù hoặc dung dịch chứa chất loại proton được phun hoặc được luân chuyển qua khí CO_2 . Theo một số phương án, bộ tiếp xúc có thể bao gồm tầng lèn chặt để làm tăng diện tích tiếp xúc giữa khí CO_2 và dung dịch chứa chất loại proton. Ví dụ, bộ phận tiếp xúc khí/lỏng hoặc thiết bị hấp thụ có thể chứa huyền phù hoặc dung dịch

hoặc tăng lên chất chứa natri cacbonat. CO_2 được sục qua huyền phù hoặc dung dịch hoặc tăng lên chất này trong đó môi trường kiềm tạo điều kiện thuận lợi để hoà tan CO_2 trong dung dịch. Sau khi hoà tan CO_2 , dung dịch có thể chứa bicacbonat, cacbonat, hoặc kết hợp của các chất này. Theo một số phương án, nhiệt độ chất lỏng của thiết bị hấp thụ hoặc bộ tiếp xúc bằng từ 32 đến 37°C. Thiết bị hấp thụ hoặc bộ phận tiếp xúc để hấp phụ CO_2 trong dung dịch được mô tả trong đơn Mỹ số 12/721,549, nộp ngày 10/3/2010, được kết hợp ở đây để tham khảo. Dung dịch chứa cacbonat/bicacbonat có thể được lấy ra khỏi bộ phận tiếp xúc khí/lỏng để tạo thành sản phẩm bicacbonat/cacbonat. Theo một số phương án, dung dịch cacbonat/bicacbonat có thể được chuyển tới chất điện phân catốt chứa kiềm. Kiềm có thể chuyển hóa về cơ bản hoặc toàn bộ bicacbonat thành cacbonat để tạo thành dung dịch cacbonat. Dung dịch cacbonat có thể được luân chuyển trở lại bộ phận tiếp xúc khí/lỏng hoặc có thể được lấy ra từ buồng catốt và được xử lý bằng các cation có hoá trị hai để tạo thành sản phẩm bicacbonat/cacbonat.

Theo một số phương án, kiềm được tạo ra trong chất điện phân catốt có thể được phân phối đến bộ phận tiếp xúc khí/lỏng trong đó khí cacbon dioxit đến tiếp xúc với kiềm. Khí cacbon dioxit sau khi đến tiếp xúc với kiềm có thể dẫn đến tạo thành axit cacbonic, ion bicacbonat, ion cacbonat, hoặc kết hợp của các chất này. Dạng hoà tan của cacbon dioxit sau đó có thể được phân phối trở lại buồng catốt, ở đó kiềm có thể chuyển hóa bicacbonat thành cacbonat. Hỗn hợp cacbonat/bicacbonat sau đó có thể được dùng cho mục đích thương mại hoặc được xử lý bằng các cation có hoá trị hai, như, ion kim loại kiềm thổ để tạo thành cacbonat/bicacbonat kim loại kiềm thổ.

Theo một số phương án, hệ thống bao gồm hệ thống luân chuyển chất điện phân catốt được làm cho phù hợp để rút và luân chuyển chất điện phân catốt trong hệ thống. Theo một số phương án, hệ thống luân chuyển chất điện phân catốt bao gồm bộ phận tiếp xúc khí/lỏng bên ngoài buồng catốt được làm cho phù hợp để cho cacbon từ nguồn cacbon tiếp xúc với chất điện phân catốt luân chuyển, và để tái luân chuyển chất điện phân trong hệ thống. Vì độ pH của chất điện phân catốt có thể được điều chỉnh bằng cách rút và/hoặc luân chuyển chất điện phân catốt/cacbon từ nguồn cacbon từ hệ thống, nên độ pH của ngăn chứa chất điện phân catốt có thể được điều hòa bằng cách điều tiết lượng chất điện phân catốt được lấy ra khỏi hệ thống, đi qua bộ phận tiếp xúc khí/lỏng, và/hoặc luân chuyển trở lại buồng catốt.

Theo một số phương án, nguồn cacbon là dung dịch nước muối bicacbonat. Dung dịch nước muối bicacbonat, được mô tả trong đơn tạm thời Mỹ số 61/433,641, nộp ngày 18/01/2011 và đơn tạm thời Mỹ số 61/408,325, nộp ngày 29/10/2010, được kết hợp ở đây để tham khảo. Trong bản mô tả này, “dung dịch nước muối bicacbonat” bao gồm nước muối bất kỳ chứa ion bicacbonat. Theo một số phương án, nước muối là nước muối tổng hợp như dung dịch chứa nước muối chứa bicacbonat, ví dụ natri bicacbonat, kali bicacbonat, lithi bicacbonat v.v.. Theo một số phương án, nước muối là nước muối bicacbonat có trong tự nhiên, ví dụ nước muối ngầm như hồ có trong tự nhiên. Theo một số phương án, nước muối bicacbonat được sản xuất từ nước muối ngầm, như nhưng không giới hạn ở, nước muối cacbonat, nước muối kiềm, nước muối cứng, và/hoặc nước muối cứng kiềm. Theo một số phương án, nước muối bicacbonat được sản xuất từ các khoáng chất trong đó các khoáng chất được nghiền và được hòa tan trong nước muối và tùy ý được xử lý thêm. Các khoáng chất có thể được tìm thấy bên dưới bề mặt, trên bề mặt, hoặc ngay dưới bề mặt của hồ. Nước muối bicacbonat cũng có thể được sản xuất từ evaporit. Nước muối bicacbonat có thể bao gồm các oxyanion khác của cacbon ngoài bicacbonat (HCO_3^-), như, nhưng không giới hạn ở, axit cacbonic (H_2CO_3) và/hoặc cacbonat (CO_3^{2-}).

Theo một số phương án về pin điện hóa được mô tả trong bản mô tả này, hệ thống có cấu hình để tạo ra ion cacbonat bằng cách cho cacbon như, CO_2 , axit cacbonic, ion bicacbonat, ion cacbonat, hoặc kết hợp của các chất này, từ nguồn cacbon phản ứng với kiềm, như, natri hydroxit từ chất điện phân catốt. Theo một số phương án (không thể hiện trên các hình vẽ), cacbon từ nguồn cacbon, như cacbon dioxit dạng khí có thể được tiếp xúc với dung dịch catolit bên trong buồng catốt và dung dịch catolit chứa hydroxit/cacbonat/bicacbonat có thể được lấy ra từ buồng catốt và được tiếp xúc với bộ phận tiếp xúc khí/lỏng bên ngoài buồng catốt. Theo các phương án này, dung dịch catolit từ bộ phận tiếp xúc khí/lỏng có thể được tiếp xúc ngược trở lại dung dịch catolit bên trong buồng catốt.

Đối với hệ thống trong đó cacbon từ nguồn cacbon được tiếp xúc với chất điện phân catốt bên ngoài buồng catốt, chất điện phân catốt chứa kiềm có thể được lấy ra từ buồng catốt và có thể được cho vào bộ phận chứa có cấu hình để có chứa cacbon từ nguồn cacbon. Bộ phận chứa có thể có đầu nạp nguồn cacbon vào như ống dẫn hoặc đường ống, v.v.. hoặc đường ống dẫn để nối thông với dòng khí CO_2 , dung dịch chứa CO_2 dạng hòa tan, và/hoặc nước muối bicacbonat. Bộ phận chứa cũng có thể lưu

thông với thiết bị phản ứng trong đó nguồn cacbon, như, ví dụ dung dịch nước muối bicacbonat có thể được tạo ra, được cải biến, và/hoặc lưu giữ.

Đối với hệ thống trong đó cacbon từ nguồn cacbon được tiếp xúc với chất điện phân catôt bên trong buồng catôt, chất điện phân catôt chứa kiềm, bicacbonat, và/hoặc cacbonat có thể được lấy ra từ buồng catôt và có thể được tiếp xúc với ion kim loại kiềm thổ, như được mô tả trong bản mô tả này, để tạo thành sản phẩm bicacbonat/cacbonat.

Các hợp phần của pin điện hóa

Phương pháp và hệ thống được đề xuất trong bản mô tả này bao gồm một hoặc nhiều hợp phần dưới đây.

Theo một số phương án, anôt có thể chứa lớp nền dẫn điện, bền với ăn mòn. Như, nhưng không giới hạn ở, cacbon vô định hình, như muội than, cacbon flo hóa như cacbon flo hóa cụ thể được mô tả trong Patent Mỹ số 4,908,198 và có trên thị trường dưới tên thương mại là cacbon SFC™. Ví dụ khác về vật liệu nền dẫn điện bao gồm, nhưng không giới hạn ở, titan oxit bán hợp thức, như, titan oxit bán hợp thức pha Magneli có công thức TiO_x trong đó x nằm trong khoảng từ 1,67 đến 1,9. Ví dụ, titan oxit Ti_4O_7 . Theo một số phương án, vật liệu nền cacbon tạo ra giá mang cơ học cho GDE hoặc làm chất trộn để tăng cường tính dẫn điện nhưng có thể không được dùng làm giá mang chất xúc tác để ngăn ngừa sự ăn mòn.

Theo một số phương án, điện cực khuếch tán khí hoặc điện cực chung được mô tả trong bản mô tả này có chứa chất xúc tác điện để hỗ trợ sự phân ly điện hóa, ví dụ khử oxy ở catôt. Ví dụ về chất xúc tác điện bao gồm, nhưng không giới hạn ở, kim loại hoặc hợp kim phân tán cao của nhóm kim loại platin, như platin, paladi, rutheni, rodi và iridi (ví dụ, lưới titan được phủ kim loại oxit pha trộn PtIr hoặc titan được phủ bằng platin được mạ điện); kim loại oxit xúc tác điện; hợp chất vòng lớn chứa kim loại hữu cơ, và chất xúc tác điện khác đã biết trong lĩnh vực khử điện hóa oxy.

Theo một số phương án, điện cực được mô tả trong bản mô tả này liên quan đến cấu trúc phức hợp xốp đồng nhất cũng như cấu trúc phức hợp kiểu phân lớp hỗn tạp trong đó mỗi lớp có thể có tính chất vật lý và hợp phần riêng biệt, ví dụ độ xốp và chất nền dẫn điện để ngăn ngừa chảy tràn, và sự thất thoát bề mặt chung ba pha, và tính năng điện cực thu được.

Điện cực được đề xuất trong bản mô tả này có thể bao gồm anốt và catốt có các lớp polyme xếp trên hoặc liền kề với phía dung dịch anolit hoặc dung dịch catolit của điện cực mà có thể giúp làm giảm sự thẩm thấu và bản điện cực. Nhựa hoặc màng polyme ổn định có thể có trong lớp điện cực phức hợp liền kề với dung dịch anolit bao gồm nhựa được tạo thành từ polyme không ion, như polystyren, polyvinyl clorua, polysulfon, v.v., hoặc polyme tích điện loại ion như các polyme được tạo thành từ axit polystyrenesulfonic, các copolyme sulfonat hóa của styren và vinylbenzen, dẫn xuất polyme carboxylat hóa, polyme sulfonat hóa hoặc carboxylat hóa có mạch hydrocacbon được flo hóa một phần hoặc hoàn toàn và polyme amin hóa như polyvinylpyridin. Màng polyme rỗng li ti ổn định cũng có thể được bao gồm trên mặt khô để ức chế sự thẩm thấu chất điện phân. Theo một số phương án, catốt khuếch tán khí bao gồm các catốt đã biết trong lĩnh vực mà được phủ trên lớp phủ điện tích bề mặt lớn bằng kim loại quý như vàng và/hoặc bạc, hợp kim của kim loại quý, niken, và dạng tương tự.

Theo một số phương án, chất điện phân bao gồm dung dịch catolit hoặc chất điện phân catốt và/hoặc dung dịch anolit hoặc chất điện phân anốt, hoặc chất điện phân thứ ba được đặt giữa AEM và CEM, trong hệ thống và phương pháp được đề xuất trong bản mô tả này bao gồm, nhưng không giới hạn ở, nước muối hoặc nước ngọt. Nước muối bao gồm, nhưng không giới hạn ở, nước biển, nước muối, và/hoặc nước lợ. Theo một số phương án, chất điện phân catốt trong hệ thống và phương pháp được đề xuất trong bản mô tả này bao gồm, nhưng không giới hạn ở, nước biển, nước ngọt, nước muối, nước lợ, hydroxit, như, natri hydroxit, hoặc kết hợp các nước này. "Nước muối" được sử dụng theo nghĩa thông thường của nó chỉ nhiều loại chất lỏng khác nhau không phải nước ngọt, trong đó thuật ngữ "nước muối" bao gồm, nhưng không giới hạn ở, nước lợ, nước biển và nước muối (bao gồm, nước muối ngầm có trong tự nhiên hoặc nước muối ngầm có tác động của con người và nước muối nhân tạo, ví dụ nước thải nhà máy địa nhiệt, nước thải khử muối, v.v...), cũng như các nước muối khác có độ mặn lớn hơn của nước ngọt. Nước muối là nước bão hòa hoặc gần bão hòa muối và có độ mặn là 50 ppt (phần nghìn: parts per thousand) hoặc lớn hơn. Nước lợ là nước mặn hơn nước ngọt, nhưng không mặn bằng nước biển, có độ mặn nằm trong khoảng từ 0,5 đến 35 ppt. Nước biển là nước từ biển hoặc đại dương và có độ mặn nằm trong khoảng từ 35 đến 50 ppt. Nguồn nước muối có thể là nguồn có trong tự nhiên, như biển, đại dương, hồ, đầm lầy, cửa sông, phá, v.v., hoặc nguồn nhân tạo. Theo một số phương án, hệ thống được đề xuất trong bản mô tả này bao

gồm nước muối từ nước muối trên cạn. Theo một số phương án, nước muối cạn kiệt được lấy ra từ các pin điện hóa được bổ sung muối và được tái luân chuyển trở lại pin điện hóa.

Theo một số phương án, chất điện phân bao gồm chất điện phân catốt và/hoặc chất điện phân anốt và/hoặc chất điện phân thứ ba, như, nước muối bao gồm nước chứa hơn 1% hàm lượng clorua, như, NaCl; hoặc hơn 10% NaCl; hoặc hơn 20% NaCl; hoặc hơn 30% NaCl; hoặc hơn 40% NaCl; hoặc hơn 50% NaCl; hoặc hơn 60% NaCl; hoặc hơn 70% NaCl; hoặc hơn 80% NaCl; hoặc hơn 90% NaCl; hoặc trong khoảng từ 1 đến 99% NaCl; hoặc trong khoảng từ 1 đến 95% NaCl; hoặc trong khoảng từ 1 đến 90% NaCl; hoặc trong khoảng từ 1 đến 80% NaCl; hoặc trong khoảng từ 1 đến 70% NaCl; hoặc trong khoảng từ 1 đến 60% NaCl; hoặc trong khoảng từ 1 đến 50% NaCl; hoặc trong khoảng từ 1 đến 40% NaCl; hoặc trong khoảng từ 1 đến 30% NaCl; hoặc trong khoảng từ 1 đến 20% NaCl; hoặc trong khoảng từ 1 đến 10% NaCl; hoặc trong khoảng từ 10 đến 99% NaCl; hoặc trong khoảng từ 10 đến 95% NaCl; hoặc trong khoảng từ 10 đến 90% NaCl; hoặc trong khoảng từ 10 đến 80% NaCl; hoặc trong khoảng từ 10 đến 70% NaCl; hoặc trong khoảng từ 10 đến 60% NaCl; hoặc trong khoảng từ 10 đến 50% NaCl; hoặc trong khoảng từ 10 đến 40% NaCl; hoặc trong khoảng từ 10 đến 30% NaCl; hoặc trong khoảng từ 10 đến 20% NaCl; hoặc trong khoảng từ 20 đến 99% NaCl; hoặc trong khoảng từ 20 đến 95% NaCl; hoặc trong khoảng từ 20 đến 90% NaCl; hoặc trong khoảng từ 20 đến 80% NaCl; hoặc trong khoảng từ 20 đến 70% NaCl; hoặc trong khoảng từ 20 đến 60% NaCl; hoặc trong khoảng từ 20 đến 50% NaCl; hoặc trong khoảng từ 20 đến 40% NaCl; hoặc trong khoảng từ 20 đến 30% NaCl; hoặc trong khoảng từ 30 đến 99% NaCl; hoặc trong khoảng từ 30 đến 95% NaCl; hoặc trong khoảng từ 30 đến 90% NaCl; hoặc trong khoảng từ 30 đến 80% NaCl; hoặc trong khoảng từ 30 đến 70% NaCl; hoặc trong khoảng từ 30 đến 60% NaCl; hoặc trong khoảng từ 30 đến 50% NaCl; hoặc trong khoảng từ 30 đến 40% NaCl; hoặc trong khoảng từ 40 đến 99% NaCl; hoặc trong khoảng từ 40 đến 95% NaCl; hoặc trong khoảng từ 40 đến 90% NaCl; hoặc trong khoảng từ 40 đến 80% NaCl; hoặc trong khoảng từ 40 đến 70% NaCl; hoặc trong khoảng từ 40 đến 60% NaCl; hoặc trong khoảng từ 40 đến 50% NaCl; hoặc trong khoảng từ 50 đến 99% NaCl; hoặc trong khoảng từ 50 đến 95% NaCl; hoặc trong khoảng từ 50 đến 90% NaCl; hoặc trong khoảng từ 50 đến 80% NaCl; hoặc trong khoảng từ 50 đến 70% NaCl; hoặc trong khoảng từ 50 đến 60% NaCl; hoặc trong khoảng từ 60 đến 99% NaCl; hoặc trong

khoảng từ 60 đến 95% NaCl; hoặc trong khoảng từ 60 đến 90% NaCl; hoặc trong khoảng từ 60 đến 80% NaCl; hoặc trong khoảng từ 60 đến 70% NaCl; hoặc trong khoảng từ 70 đến 99% NaCl; hoặc trong khoảng từ 70 đến 95% NaCl; hoặc trong khoảng từ 70 đến 90% NaCl; hoặc trong khoảng từ 70 đến 80% NaCl; hoặc trong khoảng từ 80 đến 99% NaCl; hoặc trong khoảng từ 80 đến 95% NaCl; hoặc trong khoảng từ 80 đến 90% NaCl; hoặc trong khoảng từ 90 đến 99% NaCl; hoặc trong khoảng từ 90 đến 95% NaCl. Theo một số phương án, phần trăm nêu trên áp dụng cho amoni clorua, sắt III clorua, natri bromua, natri iodua, hoặc natri sulfat làm chất điện phân. Phần trăm được nêu trong bản mô tả này bao gồm % khối lượng hoặc % khối lượng/khối lượng hoặc % khối lượng/thể tích. Cần hiểu rằng toàn bộ hệ thống điện hóa như được mô tả trong bản mô tả này có chứa natri clorua có thể thay bằng chất điện phân thích hợp khác, như, nhưng không giới hạn ở, amoni clorua, natri bromua, natri iodua, natri sulfat, hoặc kết hợp các chất này.

Theo một số phương án, chất điện phân catôt, như, nước muối, nước ngọt, và/hoặc natri hydroxit không bao gồm ion kim loại kiềm thổ hoặc các cation có hoá trị hai. Trong bản mô tả này, các cation có hoá trị hai bao gồm ion kim loại kiềm thổ, như nhưng không giới hạn ở, canxi, magie, bari, stronti, radi, v.v.. Theo một số phương án, chất điện phân catôt, như, nước muối, nước ngọt, và/hoặc natri hydroxit chứa ít hơn 1% khối lượng các cation có hoá trị hai. Theo một số phương án, chất điện phân catôt, như, nước biển, nước ngọt, nước muối, nước lợ, và/hoặc natri hydroxit chứa ít hơn 1% khối lượng các cation có hoá trị hai. Theo một số phương án, chất điện phân catôt, như, nước biển, nước ngọt, nước muối, nước lợ, và/hoặc natri hydroxit bao gồm các cation có hoá trị hai bao gồm, nhưng không giới hạn ở, canxi, magie, và kết hợp các cation này. Theo một số phương án, chất điện phân catôt, như, nước biển, nước ngọt, nước muối, nước lợ, và/hoặc natri hydroxit chứa ít hơn 1% khối lượng các cation có hoá trị hai bao gồm, nhưng không giới hạn ở, canxi, magie, và kết hợp của các cation này.

Theo một số phương án, chất điện phân catôt, như, nước biển, nước ngọt, nước muối, nước lợ, và/hoặc natri hydroxit chứa ít hơn 1% khối lượng; hoặc ít hơn 5% khối lượng; hoặc ít hơn 10% khối lượng; hoặc ít hơn 15% khối lượng; hoặc ít hơn 20% khối lượng; hoặc ít hơn 25% khối lượng; hoặc ít hơn 30% khối lượng; hoặc ít hơn 40% khối lượng; hoặc ít hơn 50% khối lượng; hoặc ít hơn 60% khối lượng; hoặc ít hơn 70% khối lượng; hoặc ít hơn 80% khối lượng; hoặc ít hơn 90% khối lượng;

hoặc ít hơn 95% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 0,05 đến 1% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 0,5 đến 1% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 0,5 đến 5% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 0,5 đến 10% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 0,5 đến 20% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 0,5 đến 30% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 0,5 đến 40% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 0,5 đến 50% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 0,5 đến 60% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 0,5 đến 70% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 0,5 đến 80% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 0,5 đến 90% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 5 đến 8% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 5 đến 10% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 5 đến 20% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 5 đến 30% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 5 đến 40% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 5 đến 50% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 5 đến 60% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 5 đến 70% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 5 đến 80% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 5 đến 90% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 10 đến 20% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 10 đến 30% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 10 đến 40% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 10 đến 50% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 10 đến 60% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 10 đến 70% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 10 đến 80% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 10 đến 90% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 30 đến 40% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 30 đến 50% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 30 đến 60% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 30 đến 70% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 30 đến 80% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 30 đến 90% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 50 đến 60% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 50 đến 70% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 50 đến 80% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 50 đến 90% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 75 đến 80% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 75 đến 90% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 80 đến 90% khối lượng; hoặc trong khoảng từ 90 đến 95% khối lượng; các cation có hoá trị hai bao gồm, nhưng không giới hạn ở, canxi, magie, và kết hợp các cation này.

Theo một số phương án, chất điện phân catôt bao gồm, nhưng không giới hạn ở, natri hydroxit, natri bicacbonat, natri cacbonat, hoặc kết hợp các chất này. Theo một số phương án, chất điện phân catôt bao gồm, nhưng không giới hạn ở, natri hoặc kali hydroxit. Theo một số phương án, chất điện phân catôt bao gồm, nhưng không giới hạn ở, natri hydroxit, các cation có hoá trị hai, hoặc kết hợp các chất này. Theo một số phương án, chất điện phân catôt bao gồm, nhưng không giới hạn ở, natri hydroxit, natri bicacbonat, natri cacbonat, các cation có hoá trị hai, hoặc kết hợp các chất này. Theo một số phương án, chất điện phân catôt bao gồm, nhưng không giới

hạn ở, natri hydroxit, canxi bicacbonat, canxi cacbonat, magie bicacbonat, magie cacbonat, canxi magie cacbonat, hoặc kết hợp các chất này. Theo một số phương án, chất điện phân catôt bao gồm, nhưng không giới hạn ở, nước muối, natri hydroxit, dung dịch nước muối bicacbonat, hoặc kết hợp các chất này. Theo một số phương án, chất điện phân catôt bao gồm, nhưng không giới hạn ở, nước muối và natri hydroxit. Theo một số phương án, chất điện phân catôt bao gồm, nhưng không giới hạn ở, nước ngọt và natri hydroxit. Theo một số phương án, chất điện phân catôt bao gồm nước ngọt không có kiềm tính hoặc các cation có hoá trị hai. Theo một số phương án, chất điện phân catôt bao gồm, nhưng không giới hạn ở, nước ngọt, natri hydroxit, natri bicacbonat, natri cacbonat, các cation có hoá trị hai, hoặc kết hợp các chất này.

Theo một số phương án, chất điện phân anôt bao gồm, nhưng không giới hạn ở, nước ngọt và ion kim loại. Theo một số phương án, chất điện phân anôt bao gồm, nhưng không giới hạn ở, nước muối và ion kim loại. Theo một số phương án, chất điện phân anôt bao gồm dung dịch ion kim loại.

Theo một số phương án, nước muối cạn kiệt từ pin có thể được luân chuyển trở lại pin. Theo một số phương án, chất điện phân catôt chứa dung dịch natri hydroxit với lượng từ 1 đến 90%; từ 1 đến 50%; hoặc từ 1 đến 40%; hoặc từ 1 đến 30%; hoặc từ 1 đến 15%; hoặc từ 1 đến 20%; hoặc từ 1 đến 10%; hoặc từ 5 đến 90%; hoặc từ 5 đến 50%; hoặc từ 5 đến 40%; hoặc từ 5 đến 30%; hoặc từ 5 đến 20%; hoặc từ 5 đến 10%; hoặc từ 10 đến 90%; hoặc từ 10 đến 50%; hoặc từ 10 đến 40%; hoặc từ 10 đến 30%; hoặc từ 10 đến 20%; hoặc từ 15 đến 20%; hoặc từ 15 đến 30%; hoặc từ 20 đến 30%. Theo một số phương án, chất điện phân anôt chứa dung dịch ion kim loại từ 0 đến 5 M; hoặc từ 0 đến 4,5M; hoặc từ 0 đến 4M; hoặc từ 0 đến 3,5M; hoặc từ 0 đến 3M; hoặc từ 0 đến 2,5M; hoặc từ 0 đến 2M; hoặc từ 0 đến 1,5M; hoặc từ 0 đến 1M; hoặc từ 1 đến 5M; hoặc từ 1 đến 4,5M; hoặc từ 1 đến 4M; hoặc từ 1 đến 3,5M; hoặc từ 1 đến 3M; hoặc từ 1 đến 2,5M; hoặc từ 1 đến 2M; hoặc từ 1 đến 1,5M; hoặc từ 2 đến 5M; hoặc từ 2 đến 4,5M; hoặc từ 2 đến 4M; hoặc từ 2 đến 3,5M; hoặc từ 2 đến 3M; hoặc từ 2 đến 2,5M; hoặc từ 3 đến 5M; hoặc từ 3 đến 4,5M; hoặc từ 3 đến 4M; hoặc từ 3 đến 3,5M; hoặc từ 4 đến 5M; hoặc từ 4,5 đến 5M. Theo một số phương án, anôt không tạo thành khí oxy. Theo một số phương án, anôt không tạo thành khí clo.

Theo một số phương án, chất điện phân catôt và chất điện phân anôt được ngăn cách một phần hoặc hoàn toàn bằng màng trao đổi ion. Theo một số phương án, màng trao đổi ion là màng trao đổi anion hoặc màng trao đổi cation. Theo một số

phương án, màng trao đổi cation trong pin điện hóa, như được bộc lộ trong bản mô tả này, là phổ biến và có bán trên thị trường, ví dụ, của Asahi Kasei từ Tokyo, Nhật Bản; hoặc của Melbrane International ở Glen Rock, NJ, hoặc DuPont, ở Mỹ. Ví dụ về CEM bao gồm, nhưng không giới hạn ở, N2030WX (Dupont), F8020/F8080 (Flemion), và F6801 (Aciplex). CEM mong muốn trong phương pháp và hệ thống của sáng chế có thất thoát điện trở tối thiểu, tính chọn lọc lớn hơn 90%, và độ ổn định cao trong kiềm đậm đặc. Trong phương pháp và hệ thống của sáng chế, AEM có tiếp xúc với dung dịch anolit muối kim loại đậm đặc và dòng nước muối bão hòa. Có thể mong muốn là AEM cho phép ion muối như ion clorua đi vào dung dịch anolit nhưng không cho các ion kim loại từ dung dịch anolit đi qua. Theo một số phương án, các muối kim loại có thể tạo thành các loại ion khác nhau (cation, anion, và/hoặc trung tính) bao gồm nhưng không giới hạn ở, MCl^+ , MCl_2^- , MCl_2^0 , M^{2+} v.v.. và mong muốn là các phức hợp này không đi qua AEM hoặc không làm bẩn màng. Trong các ví dụ có nêu một số màng được thử nghiệm cho các phương pháp và hệ thống của sáng chế mà được nhận thấy là có ngăn ngừa kim loại đi qua màng.

Do đó, được đề xuất trong bản mô tả này là phương pháp gồm bước cho anốt tiếp xúc với ion kim loại trong chất điện phân anốt trong buồng anốt; chuyển hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn ở anốt; cho catốt tiếp xúc với chất điện phân catốt trong buồng catốt; tạo thành kiềm, nước, hoặc khí hydro ở catốt; và ngăn ngừa việc di chuyển của ion kim loại từ chất điện phân anốt vào chất điện phân catốt bằng cách sử dụng màng trao đổi anion trong đó màng trao đổi anion này có điện trở ôhm nhỏ hơn $3\Omega\text{cm}^2$ hoặc nhỏ hơn $2\Omega\text{cm}^2$ hoặc nhỏ hơn $1\Omega\text{cm}^2$. Theo một số phương án, màng trao đổi anion có điện trở ôhm nằm trong khoảng từ 1 đến $3\Omega\text{cm}^2$. Theo một số phương án, sáng chế đề xuất phương pháp bao gồm các bước cho anốt tiếp xúc với ion kim loại trong chất điện phân anốt trong buồng anốt; chuyển hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn ở anốt; cho catốt tiếp xúc với chất điện phân catốt trong buồng catốt; tạo thành kiềm, nước, hoặc khí hydro ở catốt; và ngăn ngừa việc di chuyển của ion kim loại từ chất điện phân anốt vào chất điện phân catốt bằng cách sử dụng màng trao đổi anion trong đó màng trao đổi anion không cho hơn 80%, hoặc hơn 90%, hoặc hơn 99%, hoặc khoảng 99,9% ion kim loại từ chất điện phân anốt đi qua.

Sáng chế còn đề xuất hệ thống gồm anốt tiếp xúc với ion kim loại trong chất điện phân anốt trong buồng anốt trong đó anốt có cấu hình để chuyển hóa ion kim loại

từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn trong buồng anốt; catốt tiếp xúc với chất điện phân catốt trong buồng catốt trong đó catốt có cấu hình để tạo thành kiềm, nước, hoặc khí hydro trong buồng catốt; và màng trao đổi anion trong đó màng trao đổi anion có điện trở ôm nhỏ hơn $3\Omega\text{cm}^2$ hoặc nhỏ hơn $2\Omega\text{cm}^2$ hoặc nhỏ hơn $1\Omega\text{cm}^2$. Theo một số phương án, màng trao đổi anion có điện trở ôm nằm trong khoảng từ 1 đến $3\Omega\text{cm}^2$. Theo một số phương án, sáng chế đề xuất hệ thống gồm anốt tiếp xúc với ion kim loại trong chất điện phân anốt trong buồng anốt trong đó anốt có cấu hình để chuyển hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn trong buồng anốt; catốt tiếp xúc với chất điện phân catốt trong buồng catốt trong đó catốt có cấu hình để tạo thành kiềm, nước, hoặc khí hydro trong buồng catốt; và màng trao đổi anion trong đó màng trao đổi anion không hơn 80%, hoặc hơn 90%, hoặc hơn 99%, hoặc khoảng 99,9% ion kim loại từ chất điện phân anốt đi qua.

Cũng được đề xuất trong bản mô tả này là phương pháp gồm bước cho anốt tiếp xúc với ion kim loại trong chất điện phân anốt trong buồng anốt trong đó anốt có cấu hình để chuyển hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn trong buồng anốt; catốt tiếp xúc với chất điện phân catốt trong buồng catốt trong đó catốt có cấu hình để tạo thành kiềm trong buồng catốt; màng trao đổi anion ngăn cách chất điện phân anốt với ngăn nước muối; màng trao đổi cation ngăn cách chất điện phân catốt với ngăn nước muối; trong đó màng trao đổi anion có điện trở ôm nhỏ hơn $3\Omega\text{cm}^2$ hoặc nhỏ hơn $2\Omega\text{cm}^2$ hoặc nhỏ hơn $1\Omega\text{cm}^2$. Theo một số phương án, màng trao đổi anion có điện trở ôm nằm trong khoảng từ 1 đến $3\Omega\text{cm}^2$. Theo một số phương án, sáng chế đề xuất hệ thống bao gồm bước cho anốt tiếp xúc với ion kim loại trong chất điện phân anốt trong buồng anốt trong đó anốt có cấu hình để chuyển hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn trong buồng anốt; catốt tiếp xúc với chất điện phân catốt trong buồng catốt trong đó catốt có cấu hình để tạo thành kiềm trong buồng catốt; màng trao đổi anion ngăn cách chất điện phân anốt với ngăn nước muối; màng trao đổi cation ngăn cách chất điện phân catốt với ngăn nước muối; và ngăn ngừa việc di chuyển của ion kim loại từ chất điện phân anốt vào ngăn nước muối bằng cách sử dụng màng trao đổi anion mà không cho hơn 80%, hoặc hơn 90%, hoặc hơn 99%, hoặc khoảng 99,9% các ion kim loại từ chất điện phân anốt đi qua.

Sáng chế còn đề xuất hệ thống gồm anốt tiếp xúc với ion kim loại trong chất điện phân anốt trong buồng anốt trong đó anốt có cấu hình để chuyển hóa ion kim loại

từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn trong buồng anốt; catốt tiếp xúc với chất điện phân catốt trong buồng catốt trong đó catốt có cấu hình để tạo ra kiềm trong buồng catốt; màng trao đổi anion tách chất điện phân anốt khỏi ngăn nước muối; và màng trao đổi cation tách chất điện phân catốt khỏi ngăn nước muối, trong đó màng trao đổi anion có điện trở ôhm nhỏ hơn $3\Omega\text{cm}^2$ hoặc nhỏ hơn $2\Omega\text{cm}^2$ hoặc nhỏ hơn $1\Omega\text{cm}^2$. Theo một số phương án, màng trao đổi anion có điện trở ôhm nằm trong khoảng từ 1 đến $3\Omega\text{cm}^2$. Theo một số phương án, sáng chế đề xuất hệ thống gồm anốt tiếp xúc với ion kim loại trong chất điện phân anốt trong buồng anốt trong đó anốt có cấu hình để chuyển hóa ion kim loại từ trạng thái oxy hóa thấp sang trạng thái oxy hóa cao hơn trong buồng anốt; catốt tiếp xúc với chất điện phân catốt trong buồng catốt trong đó catốt có cấu hình để tạo ra kiềm trong buồng catốt; màng trao đổi anion tách chất điện phân anốt khỏi ngăn nước muối; và màng trao đổi cation tách chất điện phân catốt từ ngăn nước muối, trong đó màng trao đổi anion không cho hơn 80%, hoặc hơn 90%, hoặc hơn 99%, hoặc khoảng 99,9% ion kim loại đi qua màng từ chất điện phân anốt.

Phương pháp và hệ thống gồm AEM được mô tả trên đây còn bao gồm việc xử lý chất điện phân anốt chứa ion kim loại ở trạng thái oxy hóa cao hơn với khí hydro, hydrocacbon không no, hoặc hydrocacbon no, như được mô tả trong bản mô tả này.

Ví dụ về màng trao đổi cation bao gồm, nhưng không giới hạn ở, màng cation gồm polyme perfluor hóa chứa nhóm anion, ví dụ nhóm sulphonie và/hoặc carboxylic. Tuy nhiên, có thể hiểu rằng theo một số phương án, tùy thuộc vào sự cần thiết phải ngăn hoặc cho phép việc di chuyển của các loại cation hoặc anion cụ thể giữa các chất điện phân, màng trao đổi cation bị hạn chế hơn và do đó cho phép việc di chuyển của một loại cation trong khi lại hạn chế việc di chuyển của loại cation khác có thể được dùng làm, ví dụ màng trao đổi cation mà cho phép việc di chuyển của ion natri vào chất điện phân catốt từ chất điện phân anốt trong khi hạn chế việc di chuyển của ion khác từ chất điện phân anốt vào chất điện phân catốt, có thể được sử dụng. Tương tự, theo một số phương án, tùy thuộc vào sự cần thiết phải ngăn hoặc cho phép việc di chuyển của các loại anion cụ thể giữa các chất điện phân, màng trao đổi anion hạn chế hơn và do đó cho phép việc di chuyển của một loại anion trong khi lại hạn chế việc di chuyển của loại anion khác có thể được dùng làm, ví dụ màng trao đổi anion cho phép ion clorua di chuyển vào chất điện phân anốt từ chất điện phân catốt trong khi hạn chế

việc di chuyển của ion hydroxit từ chất điện phân catôt vào chất điện phân anôt, có thể được sử dụng. Màng trao đổi cation và/hoặc anion hạn chế này có sẵn trên thị trường và có thể được lựa chọn bởi người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực kỹ thuật này.

Theo một số phương án, sáng chế đề xuất hệ thống gồm một hoặc nhiều màng trao đổi anion, và màng trao đổi cation được đặt giữa anôt và catôt. Theo một số phương án, màng này cần được chọn sao cho chúng có thể hoạt động trong dung dịch điện phân axit và/hoặc bazơ khi thích hợp. Các tính chất mong muốn khác của màng bao gồm tính chọn lọc ion cao, điện trở ion thấp, độ bền nổ cao, và độ ổn định cao trong dung dịch điện phân axit ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 0°C đến 100°C hoặc cao hơn, hoặc dung dịch kiềm ở khoảng nhiệt độ tương tự có thể được sử dụng. Theo một số phương án, dự định rằng màng trao đổi ion ngăn sự vận chuyển ion kim loại từ dung dịch anolit vào dung dịch catolit. Theo một số phương án, màng này là ổn định ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 0°C đến 90°C; hoặc từ 0°C đến 80°C; hoặc từ 0°C đến 70°C; hoặc từ 0°C đến 60°C; hoặc từ 0°C đến 50°C; hoặc từ 0°C đến 40°C, hoặc từ 0°C đến 30°C, hoặc từ 0°C đến 20°C, hoặc từ 0°C đến 10°C, hoặc cao hơn có thể được sử dụng. Theo một số phương án, màng này là ổn định ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 0°C đến 90°C; hoặc từ 0°C đến 80°C; hoặc từ 0°C đến 70°C; hoặc từ 0°C đến 60°C; hoặc từ 0°C đến 50°C; hoặc từ 0°C đến 40°C, nhưng không ổn định ở nhiệt độ cao hơn, có thể được sử dụng. Đối với các phương án khác, có thể hữu dụng khi sử dụng màng trao đổi ion đặc hiệu ion cho phép việc di chuyển của một loại cation nhưng không cho phép việc di chuyển của cation khác; hoặc việc di chuyển của một loại anion và không cho phép đối với anion khác, để thu được sản phẩm các sản phẩm mong muốn trong chất điện phân. Theo một số phương án, màng có thể là ổn định và hoạt động trong khoảng thời gian mong muốn trong hệ thống, ví dụ vài ngày, vài tuần hoặc vài tháng hoặc vài năm ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 0°C đến 90°C; hoặc từ 0°C đến 80°C; hoặc từ 0°C đến 70°C; hoặc từ 0°C đến 60°C; hoặc từ 0°C đến 50°C; hoặc từ 0°C đến 40°C; hoặc từ 0°C đến 30°C; hoặc từ 0°C đến 20°C; hoặc từ 0°C đến 10°C, và cao hơn và/hoặc thấp hơn. Theo một số phương án, ví dụ, màng có thể là ổn định và hoạt động trong ít nhất 1 ngày, ít nhất 5 ngày, 10 ngày, 15 ngày, 20 ngày, 100 ngày, 1000 ngày, từ 5 đến 10 năm, hoặc lâu hơn trong chất điện phân ở nhiệt độ 100°C, 90°C, 80°C, 70°C, 60°C, 50°C, 40°C, 30°C, 20°C, 10°C, 5°C và cao hơn hoặc thấp hơn.

Điện trở ôm của màng có thể ảnh hưởng đến điện áp đi qua anôt và catôt, ví dụ khi điện trở ôm của màng tăng, điện áp đi qua anôt và catôt có thể tăng, và ngược lại. Màng có thể được sử dụng bao gồm, nhưng không giới hạn ở, màng có điện trở ôm tương đối thấp và tính lưu động ion tương đối cao; và màng có đặc điểm hydrat hoá tương đối cao gia tăng cùng với nhiệt độ, và do đó làm giảm điện trở ôm. Bằng cách chọn màng có điện trở ôm thấp hơn đã biết trong lĩnh vực, điện áp đi qua anôt và catôt ở nhiệt độ xác định có thể được giảm.

Được phân tán qua màng có thể là các kênh ion chứa nhóm axit. Các kênh ion này có thể kéo dài từ bề mặt bên trong của chất nền ra bề mặt bên ngoài và nhóm axit có thể liên kết một cách dễ dàng với nước trong phản ứng thuận nghịch dưới dạng nước-hydrat hoá. Liên kết của nước dưới dạng nước-hydrat hoá có thể tuân theo động học phản ứng bậc nhất, sao cho tốc độ phản ứng là tỷ lệ thuận với nhiệt độ. Do đó, màng có thể được chọn để tạo ra điện trở ôm và điện trở ion tương đối thấp trong khi tạo ra độ bền và điện trở tăng trong hệ thống trong khoảng nhiệt độ vận hành.

Theo một số phương án, cacbon từ nguồn cacbon, khi được tiếp xúc với chất điện phân catôt bên trong buồng catôt, phản ứng với ion hydroxit và tạo ra nước và ion cacbonat, tùy thuộc vào độ pH của chất điện phân catôt. Việc bổ sung cacbon từ nguồn cacbon vào chất điện phân catôt có thể làm giảm độ pH của chất điện phân catôt. Do vậy, tùy thuộc vào mức độ kiềm tính mong muốn trong chất điện phân catôt, độ pH của chất điện phân catôt có thể được điều chỉnh và theo một số phương án được duy trì trong khoảng từ 6 và 12; trong khoảng từ 7 và 14 hoặc lớn hơn; hoặc trong khoảng từ 7 và 13; hoặc trong khoảng từ 7 và 12; hoặc trong khoảng từ 7 và 11; hoặc trong khoảng từ 7 và 10; hoặc trong khoảng từ 7 và 9; hoặc trong khoảng từ 7 và 8; hoặc trong khoảng từ 8 và 14 hoặc lớn hơn; hoặc trong khoảng từ 8 và 13; hoặc trong khoảng từ 8 và 12; hoặc trong khoảng từ 8 và 11; hoặc trong khoảng từ 8 và 10; hoặc trong khoảng từ 8 và 9; hoặc trong khoảng từ 9 và 14 hoặc lớn hơn; hoặc trong khoảng từ 9 và 13; hoặc trong khoảng từ 9 và 12; hoặc trong khoảng từ 9 và 11; hoặc trong khoảng từ 9 và 10; hoặc trong khoảng từ 10 và 14 hoặc lớn hơn; hoặc trong khoảng từ 10 và 13; hoặc trong khoảng từ 10 và 12; hoặc trong khoảng từ 10 và 11; hoặc trong khoảng từ 11 và 14 hoặc lớn hơn; hoặc trong khoảng từ 11 và 13; hoặc trong khoảng từ 11 và 12; hoặc trong khoảng từ 12 và 14 hoặc lớn hơn; hoặc trong khoảng từ 12 và 13; hoặc trong khoảng từ 13 và 14 hoặc lớn hơn. Theo một số phương án, độ pH của chất điện phân catôt có thể được điều chỉnh tới giá trị bất kỳ

trong khoảng từ 7 đến 14 hoặc lớn hơn, pH nhỏ hơn 12, pH = 7,0, 7,5, 8,0, 8,5, 9,0, 9,5, 10,0, 10,5, 11,0, 11,5, 12,0, 12,5, 13,0, 13,5, 14,0, và/hoặc lớn hơn.

Tương tự, theo một số phương án của hệ thống, độ pH của chất điện phân anốt được điều chỉnh và được duy trì trong khoảng từ 0 đến 7; hoặc trong khoảng từ 0 đến 6; hoặc trong khoảng từ 0 đến 5; hoặc trong khoảng từ 0 đến 4; hoặc trong khoảng từ 0 đến 3; hoặc trong khoảng từ 0 đến 2; hoặc trong khoảng từ 0 đến 1. Vì điện áp đi qua anốt và catốt có thể phụ thuộc vào một vài yếu tố bao gồm sự khác nhau trong pH giữa chất điện phân anốt và chất điện phân catốt (như có thể được xác định bằng phương trình Nernst đã biết trong lĩnh vực), theo một số phương án, độ pH của chất điện phân anốt có thể được điều chỉnh tới giá trị nằm trong khoảng từ 0 đến 7, bao gồm 0, 0,5, 1,0, 1,5, 2,0, 2,5, 3,0, 3,5, 4,0, 4,5, 5,0, 5,5, 6,0, 6,5 và 7, tùy thuộc vào điện áp vận hành mong muốn giữa anốt và catốt. Do vậy, trong hệ thống tương đương, trong đó mong muốn giảm năng lượng sử dụng và/hoặc điện áp giữa anốt và catốt, ví dụ như trong quy trình clo-kiềm, cacbon từ nguồn cacbon có thể được bổ sung vào chất điện phân catốt như được bộc lộ trong bản mô tả này để đạt được độ chênh lệch pH mong muốn giữa chất điện phân anốt và chất điện phân catốt.

Hệ thống có thể có cấu hình để tạo ra độ chênh lệch pH mong muốn bất kỳ giữa chất điện phân anốt và chất điện phân catốt bằng cách điều biến độ pH của chất điện phân anốt, độ pH của chất điện phân catốt, nồng độ của hydroxit trong chất điện phân catốt, rút cạn và bổ sung chất điện phân anốt, rút cạn và bổ sung chất điện phân catốt, và/hoặc lượng cacbon từ nguồn cacbon được bổ sung vào chất điện phân catốt. Bằng cách điều biến độ chênh lệch pH giữa chất điện phân anốt và chất điện phân catốt, điện áp giữa anốt và catốt có thể được điều biến. Theo một số phương án, hệ thống có cấu hình để tạo ra độ chênh lệch pH giữa chất điện phân anốt và chất điện phân catốt ít nhất là 4 đơn vị pH; ít nhất 5 đơn vị pH; ít nhất 6 đơn vị pH; ít nhất 7 đơn vị pH; ít nhất 8 đơn vị pH; ít nhất 9 đơn vị pH; ít nhất 10 đơn vị pH; ít nhất 11 đơn vị pH; ít nhất 12 đơn vị pH; ít nhất 13 đơn vị pH; ít nhất 14 đơn vị pH; hoặc trong khoảng từ 4 đến 12 đơn vị pH; hoặc trong khoảng từ 4 đến 11 đơn vị pH; hoặc trong khoảng từ 4 đến 10 đơn vị pH; hoặc trong khoảng từ 4 đến 9 đơn vị pH; hoặc trong khoảng từ 4 đến 8 đơn vị pH; hoặc trong khoảng từ 4 đến 7 đơn vị pH; hoặc trong khoảng từ 4 đến 6 đơn vị pH; hoặc trong khoảng từ 4 đến 5 đơn vị pH; hoặc trong khoảng từ 3 đến 12 đơn vị pH; hoặc trong khoảng từ 3 đến 11 đơn vị pH; hoặc trong khoảng từ 3 đến 10 đơn vị pH; hoặc trong khoảng từ 3 đến 9 đơn vị pH; hoặc trong

khoảng từ 3 đến 8 đơn vị pH; hoặc trong khoảng từ 3 đến 7 đơn vị pH; hoặc trong khoảng từ 3 đến 6 đơn vị pH; hoặc trong khoảng từ 3 đến 5 đơn vị pH; hoặc trong khoảng từ 3 đến 4 đơn vị pH; hoặc trong khoảng từ 5 đến 12 đơn vị pH; hoặc trong khoảng từ 5 đến 11 đơn vị pH; hoặc trong khoảng từ 5 đến 10 đơn vị pH; hoặc trong khoảng từ 5 đến 9 đơn vị pH; hoặc trong khoảng từ 5 đến 8 đơn vị pH; hoặc trong khoảng từ 5 đến 7 đơn vị pH; hoặc trong khoảng từ 5 đến 6 đơn vị pH; hoặc trong khoảng từ 6 đến 12 đơn vị pH; hoặc trong khoảng từ 6 đến 11 đơn vị pH; hoặc trong khoảng từ 6 đến 10 đơn vị pH; hoặc trong khoảng từ 6 đến 9 đơn vị pH; hoặc trong khoảng từ 6 đến 8 đơn vị pH; hoặc trong khoảng từ 6 đến 7 đơn vị pH; hoặc trong khoảng từ 7 đến 12 đơn vị pH; hoặc trong khoảng từ 7 đến 11 đơn vị pH; hoặc trong khoảng từ 7 đến 10 đơn vị pH; hoặc trong khoảng từ 7 đến 9 đơn vị pH; hoặc trong khoảng từ 7 đến 8 đơn vị pH; hoặc trong khoảng từ 8 đến 12 đơn vị pH; hoặc trong khoảng từ 8 đến 11 đơn vị pH; hoặc trong khoảng từ 8 đến 10 đơn vị pH; hoặc trong khoảng từ 8 đến 9 đơn vị pH; hoặc trong khoảng từ 9 đến 12 đơn vị pH; hoặc trong khoảng từ 9 đến 11 đơn vị pH; hoặc trong khoảng từ 9 đến 10 đơn vị pH; hoặc trong khoảng từ 10 đến 12 đơn vị pH; hoặc trong khoảng từ 10 đến 11 đơn vị pH; hoặc trong khoảng từ 11 đến 12 đơn vị pH. Theo một số phương án, hệ thống có cấu hình để tạo ra độ chênh lệch pH là ít nhất 4 đơn vị pH giữa chất điện phân anốt và chất điện phân catốt.

Theo một số phương án, chất điện phân anốt và chất điện phân catốt trong pin điện hóa, trong phương pháp và hệ thống được đề xuất trong bản mô tả này, được vận hành ở nhiệt độ trong phòng hoặc ở nhiệt độ cao, như, ví dụ hơn 40°C, hoặc hơn 50°C, hoặc hơn 60°C, hoặc hơn 70°C, hoặc hơn 80°C, hoặc trong khoảng từ 30 đến 70°C.

Sản xuất sản phẩm bicacbonat và/hoặc cacbonat

Theo một số phương án, phương pháp và hệ thống được đề xuất trong bản mô tả này có cấu hình để xử lý dung dịch cacbonat/bicacbonat thu được sau khi chất điện phân catốt được tiếp xúc với cacbon từ nguồn cacbon. Theo một số phương án, dung dịch chứa cacbonat và/hoặc bicacbonat được xử lý bằng các cation có hoá trị hai, như nhưng không giới hạn ở, canxi và/hoặc magie để tạo thành canxi và/hoặc magie cacbonat và/hoặc bicacbonat. Phương án minh họa cho các quy trình này được đưa ra trên Fig.13.

Như được minh họa trên Fig.13, quy trình 1300 minh họa phương pháp và hệ thống để xử lý dung dịch cacbonat/bicacbonat thu được sau khi chất điện phân catốt được tiếp xúc với cacbon từ nguồn cacbon. Theo một số phương án, dung dịch được gây kết tủa trong bộ phận kết tủa 1301. Theo một số phương án, dung dịch bao gồm natri hydroxit, natri cacbonat, và/hoặc natri bicacbonat. Theo một số phương án, hệ thống có cấu hình để xử lý ion bicacbonat và/hoặc cacbonat trong chất điện phân catốt với ion kim loại kiềm thổ hoặc cation có hoá trị hai bao gồm, nhưng không giới hạn ở, canxi, magie, và kết hợp của các cation này. Thuật ngữ “cation có hoá trị hai” trong bản mô tả này, bao gồm chất rắn hoặc dung dịch bất kỳ chứa các cation có hoá trị hai, như, ion kim loại kiềm thổ hoặc môi trường nước bất kỳ chứa kim loại kiềm thổ. Kim loại kiềm thổ bao gồm canxi, magie, stronti, bari, v.v.. hoặc kết hợp các kim loại này. Các cation có hoá trị hai (ví dụ cation kim loại kiềm thổ như Ca^{2+} và Mg^{2+}) có thể được tìm thấy ở chất thải công nghiệp, nước biển, nước muối, nước cứng, các khoáng chất, và nhiều nguồn thích hợp khác. Nước chứa kim loại kiềm thổ bao gồm nước ngọt hoặc nước muối, tùy thuộc vào phương pháp sử dụng nước. Theo một số phương án, nước được sử dụng trong quy trình chứa một hoặc nhiều kim loại kiềm thổ, ví dụ magie, canxi, v.v.. Theo một số phương án, ion kim loại kiềm thổ có mặt với lượng từ 1% đến 99% khối lượng; hoặc từ 1% đến 95% khối lượng; hoặc từ 1% đến 90% khối lượng; hoặc từ 1% đến 80% khối lượng; hoặc từ 1% đến 70% khối lượng; hoặc từ 1% đến 60% khối lượng; hoặc từ 1% đến 50% khối lượng; hoặc từ 1% đến 40% khối lượng; hoặc từ 1% đến 30% khối lượng; hoặc từ 1% đến 20% khối lượng; hoặc từ 1% đến 10% khối lượng; hoặc từ 20% đến 95% khối lượng; hoặc từ 20% đến 80% khối lượng; hoặc từ 20% đến 50% khối lượng; hoặc từ 50% đến 95% khối lượng; hoặc từ 50% đến 80% khối lượng; hoặc từ 50% đến 75% khối lượng; hoặc từ 75% đến 90% khối lượng; hoặc từ 75% đến 80% khối lượng; hoặc từ 80% đến 90% khối lượng trong dung dịch chứa ion kim loại kiềm thổ. Theo một số phương án, ion kim loại kiềm thổ có mặt trong nước muối, như, nước biển. Theo một số phương án, nguồn các cation có hoá trị hai là nước cứng hoặc nước muối cứng có trong tự nhiên. Theo một số phương án, nước giàu canxi có thể kết hợp với các khoáng chất magie silicat, như olivin hoặc serpentin.

Theo một số phương án, thạch cao (ví dụ, từ quy trình Solvay) cung cấp nguồn cation có hoá trị hai như, nhưng không giới hạn ở, ion canxi. Sau khi kết tủa canxi cacbonat/bicacbonat sử dụng dung dịch cacbonat/bicacbonat từ buồng catốt và canxi từ thạch cao, dịch nổi trên bề mặt chứa natri sulfat có thể được luân chuyển vào hệ

thống điện hóa như được mô tả trong bản mô tả này. Dung dịch natri sulfat có thể được sử dụng kết hợp với kim loại sulfat như đồng sulfat như ion Cu(I) được oxy hóa thành ion Cu (II) trong buồng anốt và được sử dụng tiếp để sulfonat hóa các chất khí hydro hoặc để sulfonat hóa các hydrocacbon không no hoặc no. Theo các phương án này, hệ thống điện hóa được tích hợp toàn bộ với quy trình kết tủa. Sử dụng thạch cao làm nguồn canxi được mô tả trong đơn tạm thời Mỹ số 61/514,879, nộp ngày 3/8/2011.

Ở một số địa phương, các dòng chất thải công nghiệp từ các quy trình công nghiệp khác nhau cung cấp nguồn cation thuận tiện (cũng như trong một số trường hợp các nguyên liệu khác hữu dụng trong quy trình, ví dụ kim loại hydroxit). Các dòng chất thải này bao gồm, nhưng không giới hạn ở, chất thải mỏ; tro đốt nhiên liệu hóa thạch (ví dụ tro nhẹ, tro đáy, xỉ nồi hơi); xỉ (ví dụ xỉ sắt, xỉ phospho); chất thải lò xi măng (ví dụ bụi lò xi măng); chất thải nhà máy lọc dầu/nhà máy lọc hóa dầu (ví dụ nước muối mỏ dầu và nước muối vỉa metan); các chất thải vỉa quặng than (ví dụ nước muối sản xuất khí và nước muối vỉa quặng than); chất thải xử lý giấy; nước làm mềm nước muối thải (ví dụ dòng thoát trao đổi ion); chất thải xử lý silicon; chất thải nông nghiệp; chất thải hoàn thành kim loại; chất thải dệt độ pH cao; và bùn cặn có tính kiềm. Theo một số phương án, dung dịch nước chứa cation bao gồm canxi và/hoặc magie với lượng nằm trong khoảng từ 10 đến 50000 phần triệu; hoặc từ 10 đến 10000 phần triệu; hoặc từ 10 đến 5000 phần triệu; hoặc từ 10 đến 1000 phần triệu; hoặc từ 10 đến 100 phần triệu; hoặc từ 50 đến 50000 phần triệu; hoặc từ 50 đến 10000 phần triệu; hoặc từ 50 đến 1000 phần triệu; hoặc từ 50 đến 100 phần triệu; hoặc từ 100 đến 50000 phần triệu; hoặc từ 100 đến 10000 phần triệu; hoặc từ 100 đến 1000 phần triệu; hoặc từ 100 đến 500 phần triệu; hoặc từ 1000 đến 50000 phần triệu; hoặc từ 1000 đến 10000 phần triệu; hoặc từ 5000 đến 50000 phần triệu; hoặc từ 5000 đến 10000 phần triệu; hoặc từ 10000 đến 50000 phần triệu.

Nước ngọt có thể là nguồn cation thuận tiện (ví dụ, cation của kim loại kiềm thổ như Ca^{2+} và Mg^{2+}). Nguồn nước ngọt thích hợp bất kỳ có thể được sử dụng, bao gồm nguồn nước ngọt từ nguồn tương đối không chứa khoáng chất đến nguồn tương đối giàu trong khoáng chất. Nguồn nước ngọt giàu khoáng có thể có trong tự nhiên, bao gồm nguồn bất kỳ trong số các nguồn nước cứng, hồ, hoặc biển nội địa. Một số nguồn nước ngọt giàu khoáng như hồ kiềm hoặc biển nội địa (ví dụ, Hồ Van ở Thổ Nhĩ Kỳ) cũng cung cấp nguồn chất biến đổi độ pH. Nguồn nước ngọt giàu khoáng

cũng có thể là do tác động của con người. Ví dụ, nước nghèo khoáng (mềm) có thể được tiếp xúc với nguồn cation như cation kim loại kiềm thổ (ví dụ, Ca^{2+} , Mg^{2+} , v.v.) để tạo ra nước giàu khoáng thích hợp cho phương pháp và hệ thống được mô tả trong bản mô tả. Cation hoặc các tiền chất của chúng (ví dụ, muối, các khoáng chất) có thể được bổ sung vào nước ngọt (hoặc loại nước khác bất kỳ được mô tả trong bản mô tả này) sử dụng quy trình thuận tiện bất kỳ (ví dụ, bổ sung thêm chất rắn, hỗn dịch, hoặc dung dịch). Theo một số phương án, các cation có hoá trị hai được chọn từ Ca^{2+} và Mg^{2+} được bổ sung vào nước ngọt. Theo một số phương án, nước ngọt chứa Ca^{2+} kết hợp với magie silicat (ví dụ, olivin hoặc serpentin), hoặc sản phẩm hoặc các dạng được xử lý của chúng, tạo ra dung dịch chứa cation canxi và magie.

Chất kết tủa thu được sau khi cho cacbon từ nguồn cacbon tiếp xúc với chất điện phân catốt và các cation có hoá trị hai bao gồm, nhưng không giới hạn ở, canxi cacbonat, magie cacbonat, canxi bicacbonat, magie bicacbonat, canxi magie cacbonat, hoặc kết hợp các chất này. Theo một số phương án, chất kết tủa có thể được xử lý bằng một hoặc nhiều bước bao gồm, nhưng không giới hạn ở, trộn, khuấy, nhiệt độ, pH, kết tủa, thời gian lưu trú của chất kết tủa, khử nước chất kết tủa, rửa chất kết tủa bằng nước, tỷ lệ ion, nồng độ của các chất phụ gia, sấy khô, xay, nghiền, cắt giữ, để già hóa, và lưu hóa, để tạo ra hợp phần cacbonat theo sáng chế. Theo một số phương án, các điều kiện kết tủa là sao cho sản phẩm cacbonat là các dạng ổn định chuyển hóa, như, nhưng không giới hạn ở vaterit, aragonit, canxi cacbonat vô định hình, hoặc kết hợp các dạng này.

Bộ gây kết tủa 1301 có thể là bể hoặc một loạt bể. Quy trình tiếp xúc bao gồm, nhưng không giới hạn ở, quy trình tiếp xúc trực tiếp, ví dụ cho chảy thể tích nước chứa cation, ví dụ ion kim loại kiềm thổ qua thể tích của chất điện phân catốt chứa natri hydroxit; phương tiện cho tiếp xúc đồng thời, ví dụ sự tiếp xúc giữa các dòng pha lỏng chảy đơn hướng; và phương tiện dòng ngược, ví dụ sự tiếp xúc giữa các dòng pha lỏng chảy ngược chiều, và phương tiện tương tự. Do vậy, sự tiếp xúc có thể đạt được bằng cách sử dụng bộ pha, máy sục khí, thiết bị phản ứng lỏng Venturi, vòi phun, thiết bị lọc khí, phun, khay, hoặc các thiết bị phản ứng cột lên chặt, và dạng tương tự, nếu thuận tiện. Theo một số phương án, việc tiếp xúc là bằng cách phun. Theo một số phương án, việc tiếp xúc là qua cột lên chặt. Theo một số phương án, cacbon từ nguồn cacbon được bổ sung vào nguồn cation và chất điện phân catốt chứa hydroxit. Theo một số phương án, nguồn cation và chất điện phân catốt chứa kiềm

được bổ sung cho cacbon từ nguồn cacbon. Theo một số phương án, cả nguồn cation và cacbon từ nguồn cacbon là đồng thời được bổ sung cho chất điện phân catốt chứa kiềm trong bộ gây kết tủa để kết tủa.

Theo một số phương án, trong đó cacbon từ nguồn cacbon được bổ sung vào chất điện phân catốt bên trong buồng catốt, chất điện phân catốt được lấy ra bao gồm hydroxit, bicacbonat và/hoặc cacbonat được đưa vào bộ gây kết tủa để phản ứng thêm với các cation có hoá trị hai. Theo một số phương án, trong đó cacbon từ nguồn cacbon và các cation có hoá trị hai được bổ sung vào chất điện phân catốt bên trong buồng catốt, chất điện phân catốt được lấy ra bao gồm natri hydroxit, canxi cacbonat, magie cacbonat, canxi bicacbonat, magie bicacbonat, canxi magie cacbonat, hoặc kết hợp các chất này, được đưa vào bộ gây kết tủa để xử lý tiếp.

Bộ gây kết tủa 1301 chứa dung dịch chứa canxi cacbonat, magie cacbonat, canxi bicacbonat, magie bicacbonat, canxi magie cacbonat, hoặc kết hợp các chất này được xử lý trong điều kiện gây kết tủa. Ở bước kết tủa, hợp chất cacbonat, có thể là vô định hình hoặc tinh thể, được kết tủa. Các hợp chất cacbonat này có thể tạo thành sản phẩm phản ứng bao gồm axit cacbonic, bicacbonat, cacbonat, hoặc hỗn hợp các chất này. Chất kết tủa cacbonat có thể là hợp phần tự xi măng hoá và có thể được cất giữ như trong dịch cái hoặc có thể được xử lý tiếp để sản xuất sản phẩm xi măng. Theo cách khác, chất kết tủa có thể được đưa xử lý tiếp để tạo ra xi măng thủy lực hoặc hợp phần vật liệu xi măng bổ sung (SCM). Hợp phần tự xi măng hoá, xi măng thủy lực, và SCM được mô tả trong đơn Mỹ số 12/857,248, nộp ngày 16/8/2010.

Một hoặc nhiều điều kiện hoặc một hoặc nhiều điều kiện kết tủa quan tâm bao gồm các điều kiện làm thay đổi môi trường vật lý của nước để tạo ra sản phẩm kết tủa mong muốn. Một hoặc nhiều điều kiện hoặc điều kiện kết tủa bao gồm, nhưng không giới hạn ở, một hoặc nhiều điều kiện trong số nhiệt độ, pH, kết tủa, khử nước hoặc tách chất kết tủa, sấy khô, xay, và cất giữ. Ví dụ, nhiệt độ của nước có thể nằm trong khoảng thích hợp để xảy ra kết tủa hợp phần mong muốn. Ví dụ, nhiệt độ của nước có thể được tăng đến mức thích hợp để xảy ra kết tủa hợp chất cacbonat mong muốn. Theo các phương án này, nhiệt độ của nước có thể bằng từ 5 đến 70°C, như từ 20 đến 50°C, và gồm từ 25 tới 45°C. Như vậy, mặc dù tập hợp xác định các điều kiện kết tủa có thể có nhiệt độ nằm trong khoảng từ 0 tới 100°C, nhiệt độ có thể được tăng trong phương án nhất định để tạo ra chất kết tủa mong muốn. Theo phương án nhất định, nhiệt độ được tăng sử dụng năng lượng được phát ra từ nguồn phát thải cacbon dioxit

từ thấp hoặc bằng 0, ví dụ nguồn năng lượng mặt trời, nguồn năng lượng gió, nguồn năng lượng thủy điện, v.v..

Thời gian lưu trú của chất kết tủa trong bộ gây kết tủa trước khi chất kết tủa được lấy ra khỏi dung dịch, có thể thay đổi. Theo một số phương án, thời gian lưu trú của chất kết tủa trong dung dịch là hơn 5 giây, hoặc trong khoảng từ 5 giây đến 1 giờ, hoặc trong khoảng từ 5 giây đến 1 phút, hoặc trong khoảng từ 5 giây đến 20 giây, hoặc trong khoảng từ 5 giây đến 30 giây, hoặc trong khoảng từ 5 giây đến 40 giây. Không bị ràng buộc bởi lý thuyết, dự định rằng thời gian lưu trú của chất kết tủa có thể ảnh hưởng đến kích cỡ của hạt. Ví dụ, thời gian lưu trú càng ngắn có thể tạo ra kích cỡ các hạt càng nhỏ hoặc các hạt phân tán hơn trong khi thời gian lưu trú lâu hơn có thể tạo ra các hạt được kết tụ hoặc các hạt kích cỡ lớn hơn. Theo một số phương án, thời gian lưu trú trong quy trình của sáng chế có thể được sử dụng để tạo ra các hạt kích cỡ nhỏ cũng như kích cỡ lớn trong một mẻ hoặc nhiều mẻ mà có thể được tách riêng hoặc có thể vẫn ở dạng hỗn hợp nhiều cỡ để dùng cho bước sau của quy trình.

Bản chất của chất kết tủa cũng có thể bị ảnh hưởng bằng cách lựa chọn các tỷ lệ ion chính thích hợp. Các tỷ lệ ion chính có thể có ảnh hưởng đến việc tạo thành dạng đa hình, sao cho sản phẩm cacbonat là dạng ổn định chuyển hóa, như, nhưng không giới hạn ở vaterit, aragonit, canxi cacbonat vô định hình, hoặc kết hợp các dạng này. Theo một số phương án, sản phẩm cacbonat cũng có thể bao gồm canxit. Chất kết tủa đa hình này được mô tả trong đơn Mỹ số 12/857,248, nộp ngày 16/8/2010. Ví dụ, magie có thể làm ổn định vaterit và/hoặc canxi cacbonat vô định hình trong chất kết tủa. Tốc độ kết tủa cũng có thể ảnh hưởng đến sự tạo thành pha đa hình của hợp chất và có thể được kiểm soát theo cách đủ để tạo ra sản phẩm kết tủa mong muốn. Kết tủa nhanh nhất có thể thu được bằng cách gây mầm dung dịch bằng pha đa hình mong muốn. Khi không có bước gây mầm kết tủa, kết tủa nhanh có thể đạt được bằng cách tăng nhanh độ pH của nước biển. Độ pH càng cao, kết tủa có thể càng nhanh.

Theo một số phương án, tập hợp các điều kiện để tạo ra chất kết tủa mong muốn từ nước bao gồm, nhưng không giới hạn ở, nhiệt độ và pH của nước, và trong một số ví dụ các nồng độ của các chất phụ gia và các ion trong nước. Các điều kiện kết tủa cũng có thể bao gồm các yếu tố như tỷ lệ trộn, cách thức khuấy như siêu âm, và sự có mặt của các tinh thể mầm, các chất xúc tác, màng, hoặc chất nền. Theo một số phương án, các điều kiện kết tủa bao gồm các điều kiện siêu bão hòa, nhiệt độ, độ pH, và/hoặc gradien nồng độ, hoặc luân chuyển hoặc thay đổi thông số bất kỳ trong số

các thông số này. Các quy trình được sử dụng để điều chế chất kết tủa hợp chất cacbonat theo sáng chế có thể là theo quy trình mẻ hoặc quy trình liên tục. Cần hiểu rằng các điều kiện kết tủa có thể là khác để tạo ra kết tủa nhất định trong hệ thống dòng liên tục so với hệ thống theo mẻ.

Sau khi tạo ra chất kết tủa cacbonat từ nước, hợp phần cacbonat đã kết tủa thu được có thể được tách ra khỏi dịch cái hoặc được khử nước để tạo ra sản phẩm kết tủa, như được minh họa ở bước 1302 trên Fig.13. Theo cách khác, chất kết tủa được để lại trong dịch cái hoặc dịch nổi trong dịch cái và được dùng làm hợp phần xi măng hoá. Việc phân tách chất kết tủa có thể thu được bằng cách sử dụng phương pháp thuận tiện bất kỳ, bao gồm phương pháp cơ học, ví dụ trong đó lượng nước dư được tháo hết khỏi chất kết tủa, ví dụ chỉ bằng trọng lực hoặc bằng trọng lực kèm theo bổ sung chân không, ép cơ học, bằng cách lọc chất kết tủa từ dịch cái để tạo ra phần dịch lọc, v.v.. Việc tách nước khỏi lượng lớn tạo ra chất kết tủa ướt, đã khử nước. Trạm khử nước có thể là bất kỳ trong số nhiều trạm khử nước được nối với nhau để khử nước hồ xi măng (ví dụ song song, nối tiếp, hoặc kết hợp các cách này).

Quy trình trên đây dẫn đến việc sản xuất hồ xi măng gồm chất kết tủa và dịch cái. Chất kết tủa này trong dịch cái và/hoặc trong hồ xi măng có thể tạo ra hợp phần xi măng hoá. Theo một số phương án, một phần hoặc toàn bộ chất kết tủa đã khử nước hoặc hồ xi măng được xử lý thêm để tạo ra xi măng thủy lực hoặc hợp phần SCM.

Nếu muốn, hợp phần tạo thành từ chất kết tủa và dịch cái có thể được cất giữ trong khoảng thời gian sau khi gây kết tủa và trước khi xử lý tiếp. Ví dụ, hợp phần có thể được cất giữ trong khoảng thời gian nằm trong khoảng từ 1 tới 1000 ngày hoặc hơn, như 1 đến 10 ngày hoặc hơn, ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1 đến 40°C, như từ 20 đến 25°C.

Sau đó, các hợp phần hồ xi măng được tách. Các phương án có thể bao gồm việc xử lý dịch cái, trong đó dịch cái có thể hoặc có thể không có mặt trong cùng hợp phần dưới dạng sản phẩm. Dịch cái thu được từ phản ứng có thể được xử lý bằng cách sử dụng quy trình thuận tiện bất kỳ. Theo phương án nhất định, dịch cái này có thể được chuyển đến bể thải 1307 để thải bỏ. Theo phương án nhất định, dịch cái này có thể thải bỏ vào nguồn nước tự nhiên, ví dụ, đại dương, biển, hồ hoặc sông. Theo phương án nhất định, dịch cái được quay trở lại nguồn nước cấp cho phương pháp theo sáng chế, ví dụ, đại dương hoặc biển. Theo cách khác, dịch cái có thể được xử lý

thêm, ví dụ được xử lý bằng quy trình khử muối, như được mô tả thêm trong đơn tạm thời của Mỹ số 12/163,205, nộp ngày 27/6/2008.

Sau đó, chất kết tủa đã khử nước thu được được làm khô để tạo ra hợp phần cacbonat theo sáng chế, như được minh họa ở bước 1304 trên Fig.13. Bước sấy khô có thể thực hiện bằng cách sấy khô chất kết tủa bằng không khí. Trong đó chất kết tủa được sấy khô bằng không khí, sấy khô bằng không khí có thể ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ đến -70 đến 120°C, nếu muốn. Theo phương án nhất định, sấy khô thu được bằng cách sấy khô-đông lạnh (tức là, đông khô), trong đó chất kết tủa được đóng băng, áp suất xung quanh được giảm xuống và bổ sung đủ nhiệt để cho phép nước đã đóng băng trong vật liệu thăng hoa trực tiếp từ pha kết tủa đã đông lạnh thành khí. Theo phương án khác, chất kết tủa được sấy phun để làm khô chất kết tủa, trong đó chất lỏng chứa chất kết tủa được làm khô bằng cách cấp nó qua khí nóng (như dòng khí thải từ nhà máy điện), ví dụ khi chất lỏng nạp liệu được bơm qua máy phun vào buồng sấy khô chính và khí nóng được đưa qua dưới dạng dòng cùng chiều hoặc dòng ngược chiều với chiều máy phun. Tùy thuộc vào quy trình sấy khô cụ thể của hệ thống, trạm sấy khô có thể bao gồm bộ phận lọc, cơ cấu đông khô, cơ cấu sấy phun, v.v.. Bước sấy khô có thể xả không khí và quặng bụi 1306.

Theo một số phương án, bước sấy phun có thể bao gồm việc tách các hạt chất kết tủa kích cỡ khác nhau. Nếu muốn, sản phẩm kết tủa đã khử nước từ 1302 có thể được rửa trước khi sấy khô, như được minh họa ở bước 1303 trên Fig.13. Chất kết tủa có thể được rửa bằng nước ngọt, ví dụ để loại bỏ các muối (như NaCl) từ chất kết tủa đã khử nước. Nước rửa đã sử dụng có thể được thải bỏ nếu thuận tiện, ví dụ bằng cách thải vào bể thải, v.v.. Nước được sử dụng để rửa có thể chứa kim loại, như, sắt, niken, v.v..

Theo một số phương án, chất kết tủa đã làm khô được nghiền mịn, xay, để già hóa, và/hoặc lưu hóa (như được thể hiện trong bước tinh chế 1305), ví dụ để tạo ra các tính chất vật lý mong muốn, như cỡ hạt, diện tích bề mặt, điện thế zeta, v.v., hoặc để thêm một hoặc nhiều hợp phần vào chất kết tủa, như hỗn hợp, thể kết tụ, vật liệu xi măng bổ sung, v.v., để tạo ra hợp phần cacbonat. Việc nghiền mịn có thể bao gồm nhiều quy trình khác nhau. Theo phương án nhất định, sản phẩm được xử lý nghiền mịn cơ học, ví dụ nghiền, để thu được sản phẩm có các tính chất vật lý mong muốn, ví dụ cỡ hạt, v.v.. Chất kết tủa đã làm khô có thể được xay hoặc được nghiền để thu được cỡ hạt mong muốn.

Theo một số phương án, chất kết tủa canxi cacbonat được tạo thành bởi phương pháp và hệ thống theo sáng chế, ở dạng ổn định chuyển hóa bao gồm nhưng không giới hạn ở, vaterit, aragonit, canxi cacbonat vô định hình, hoặc kết hợp của các dạng này. Theo một số phương án, kết tủa canxi cacbonat được tạo thành bởi phương pháp và hệ thống theo sáng chế, ở dạng ổn định chuyển hóa bao gồm nhưng không giới hạn ở, vaterit, canxi cacbonat vô định hình, hoặc kết hợp các dạng này. Hợp phần chứa vaterit của canxi cacbonat, sau khi tiếp xúc với nước chuyển hóa thành dạng đa hình ổn định như aragonit, canxit, hoặc kết hợp các dạng này với độ bền nén cao.

Hợp phần cacbonat hoặc hợp phần xi măng, nhờ đó được tạo thành, có các nguyên tố hoặc chất đánh dấu thu được từ cacbon từ nguồn cacbon được sử dụng trong quy trình. Hợp phần cacbonat sau khi đông kết và đóng rắn, có độ bền nén là ít nhất 14 MPa; hoặc ít nhất 16 MPa; hoặc ít nhất 18 MPa; hoặc ít nhất 20 MPa; hoặc ít nhất 25 MPa; hoặc ít nhất 30 MPa; hoặc ít nhất 35 MPa; hoặc ít nhất 40 MPa; hoặc ít nhất 45 MPa; hoặc ít nhất 50 MPa; hoặc ít nhất 55 MPa; hoặc ít nhất 60 MPa; hoặc ít nhất 65 MPa; hoặc ít nhất 70 MPa; hoặc ít nhất 75 MPa; hoặc ít nhất 80 MPa; hoặc ít nhất 85 MPa; hoặc ít nhất 90 MPa; hoặc ít nhất 95 MPa; hoặc ít nhất 100 MPa; hoặc từ 14 đến 100 MPa; hoặc từ 14 đến 80 MPa; hoặc từ 14 đến 75 MPa; hoặc từ 14 đến 70 MPa; hoặc từ 14 đến 65 MPa; hoặc từ 14 đến 60 MPa; hoặc từ 14 đến 55 MPa; hoặc từ 14 đến 50 MPa; hoặc từ 14 đến 45 MPa; hoặc từ 14 đến 40 MPa; hoặc từ 14 đến 35 MPa; hoặc từ 14 đến 30 MPa; hoặc từ 14 đến 25 MPa; hoặc từ 14 đến 20 MPa; hoặc từ 14 đến 18 MPa; hoặc từ 14 đến 16 MPa; hoặc từ 17 đến 35 MPa; hoặc từ 17 đến 30 MPa; hoặc từ 17 đến 25 MPa; hoặc từ 17 đến 20 MPa; hoặc từ 17 đến 18 MPa; hoặc từ 20 đến 100 MPa; hoặc từ 20 đến 90 MPa; hoặc từ 20 đến 80 MPa; hoặc từ 20 đến 75 MPa; hoặc từ 20 đến 70 MPa; hoặc từ 20 đến 65 MPa; hoặc từ 20 đến 60 MPa; hoặc từ 20 đến 55 MPa; hoặc từ 20 đến 50 MPa; hoặc từ 20 đến 45 MPa; hoặc từ 20 đến 40 MPa; hoặc từ 20 đến 35 MPa; hoặc từ 20 đến 30 MPa; hoặc từ 20 đến 25 MPa; hoặc từ 30 đến 100 MPa; hoặc từ 30 đến 90 MPa; hoặc từ 30 đến 80 MPa; hoặc từ 30 đến 75 MPa; hoặc từ 30 đến 70 MPa; hoặc từ 30 đến 65 MPa; hoặc từ 30 đến 60 MPa; hoặc từ 30 đến 55 MPa; hoặc từ 30 đến 50 MPa; hoặc từ 30 đến 45 MPa; hoặc từ 30 đến 40 MPa; hoặc từ 30 đến 35 MPa; hoặc từ 40 đến 100 MPa; hoặc từ 40 đến 90 MPa; hoặc từ 40 đến 80 MPa; hoặc từ 40 đến 75 MPa; hoặc từ 40 đến 70 MPa; hoặc từ 40 đến 65 MPa; hoặc từ 40 đến 60 MPa; hoặc từ 40 đến 55 MPa; hoặc từ 40 đến 50 MPa; hoặc từ 40 đến 45 MPa; hoặc từ 50 đến 100 MPa; hoặc từ 50 đến 90 MPa; hoặc từ 50 đến 80 MPa; hoặc từ 50 đến 75 MPa; hoặc từ 50 đến 70 MPa; hoặc từ 50 đến 65

MPa; hoặc từ 50 đến 60 MPa; hoặc từ 50 đến 55 MPa; hoặc từ 60 đến 100 MPa; hoặc từ 60 đến 90 MPa; hoặc từ 60 đến 80 MPa; hoặc từ 60 đến 75 MPa; hoặc từ 60 đến 70 MPa; hoặc từ 60 đến 65 MPa; hoặc từ 70 đến 100 MPa; hoặc từ 70 đến 90 MPa; hoặc từ 70 đến 80 MPa; hoặc từ 70 đến 75 MPa; hoặc từ 80 đến 100 MPa; hoặc từ 80 đến 90 MPa; hoặc từ 80 đến 85 MPa; hoặc từ 90 đến 100 MPa; hoặc từ 90 đến 95 MPa; hoặc bằng 14 MPa; hoặc 16 MPa; hoặc 18 MPa; hoặc 20 MPa; hoặc 25 MPa; hoặc 30 MPa; hoặc 35 MPa; hoặc 40 MPa; hoặc 45 MPa. Ví dụ, theo một số phương án của các khía cạnh đã nói và các phương án nêu trên, hợp phần sau khi đông kết và đông rắn có độ bền nén bằng từ 14 MPa đến 40 MPa; hoặc từ 17 MPa đến 40 MPa; hoặc từ 20 MPa đến 40 MPa; hoặc từ 30 MPa đến 40 MPa; hoặc từ 35 MPa đến 40 MPa. Theo một số phương án, độ bền nén được mô tả trong bản mô tả này là độ bền nén sau 1 ngày, hoặc 3 ngày, hoặc 7 ngày, hoặc 28 ngày.

Chất kết tủa, gồm, ví dụ canxi và magie cacbonat và bicarbonat theo một số phương án có thể được sử dụng làm vật liệu xây dựng, ví dụ làm xi măng và cốt liệu, như được mô tả trong đơn yêu cầu cấp patent Mỹ được chuyển nhượng số 12/126,776, nộp ngày 23/5/ 2008.

Các ví dụ sau đây được đưa ra để cung cấp cho người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực kỹ thuật này phân biệt và mô tả đầy đủ về cách để tạo ra và sử dụng sáng chế, và không được nhằm giới hạn phạm vi của sáng chế cũng như không nhằm để tuyên bố là các thử nghiệm dưới đây là tất cả các thử nghiệm hay các thử nghiệm duy nhất được thực hiện. Các cải biến khác nhau của sáng chế ngoài những phương án được mô tả trong bản mô tả này sẽ được hiểu bởi người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực kỹ thuật này dựa trên phần mô tả ở trên và các hình vẽ kèm theo. Các cải biến này nằm trong phạm vi của các yêu cầu bảo hộ đính kèm. Đã có các nỗ lực được thực hiện để đảm bảo độ chính xác đối với các con số được sử dụng (ví dụ lượng, nhiệt độ, v.v.) nhưng một số độ lệch và sai số thử nghiệm cần được tính đến. Trừ khi được chỉ dẫn theo cách khác, các phần là phần khối lượng, phân tử lượng là phân tử lượng trung bình khối lượng, nhiệt độ là theo độ C, và áp suất là bằng hoặc gần áp suất khí quyển.

Trong các Ví dụ và các chỗ khác, các chữ viết tắt có các nghĩa sau đây:

AEM	=	màng trao đổi anion
Ag	=	bạc
Ag/AgCl	=	bạc/bạc clorua
cm ²	=	xentimet vuông
ClEtOH	=	cloetanol
CV	=	quét thế vòng
DI	=	được khử ion
EDC	=	etylen diclorua
g	=	gam
HCl	=	axit clohydric
hr	=	giờ
Hz	=	hec
M	=	nồng độ mol
mA	=	miliampe
mA/cm ²	=	miliampe/xentimet vuông
mg	=	miligram
min.	=	phút
mmol	=	milimol
mol	=	mol
ml	=	microlít
mm	=	micromet
mL	=	mililít
ml/phút	=	mililít/phút
mV	=	milivon
mV/s hoặc mVs ⁻¹	=	milivon/giây

NaCl	=	natri clorua
NaOH	=	natri hydroxit
nm	=	nanomet
Ωcm^2	=	ôm xentimet vuông
Pd/C	=	paladi/cacbon
Pt	=	platin
PtIr	=	platin iriđi
rpm	=	vòng/ phút
STY	=	hiệu suất không gian thời gian
V	=	điện áp
w/v	=	khối lượng/thể tích
w/w	=	khối lượng/khối lượng

Ví dụ thực hiện sáng chế

Ví dụ 1

Ví dụ này minh họa các điều kiện bố trí thử nghiệm và các điều kiện thử nghiệm đề xuất cho phản ứng nửa pin. Phản ứng được tiến hành theo cách bố trí thử nghiệm được minh họa trên Fig.14. Quét thể vòng được thực hiện trên dung dịch anolit muối kim loại (thiếc (ii) clorua, crom (II) clorua, sắt (II) clorua, và đồng (I) clorua).

Ví dụ 2

Sự tiết kiệm điện áp với CO_2 trong dung dịch catolit

Ví dụ này minh họa mật độ dòng điện cao nhất đạt được ở 0V trong các hệ thống điện hóa khác nhau. Các điều kiện được sử dụng cho thử nghiệm này là: anôt: lá Pt 6cm^2 ; catôt: catôt khử cực oxy 6cm^2 ; dung dịch anolit: 0,5M Cr^{2+} được tạo solvat với nước được khử ion siêu tinh khiết; nước muối: NaCl 15,6% khối lượng được tạo solvat với nước được khử ion siêu tinh khiết; dung dịch catolit: NaOH 10% khối lượng được tạo solvat với nước được khử ion siêu tinh khiết. Nhiệt độ dung dịch được

giữ không đổi ở 70°C và được luân chuyển trở lại trong pin ở tốc độ 400 vòng/phút sử dụng ống nhu động định cỡ LS16. Hệ thống điện hóa như được sử dụng trong thử nghiệm này là hệ thống điện hóa 500 trên Fig.5A nhưng với hệ thống 2 ngăn trong đó chỉ một màng trao đổi ion được sử dụng (hệ thống A trên Fig.15); hệ thống điện hóa 500 trên Fig.5A với hệ thống 2 ngăn và trong đó CO_2 được đưa vào dung dịch catolit (hệ thống B trên Fig.15); hệ thống điện hóa 500 trên Fig.5A với hệ thống 3 ngăn (hệ thống C trên Fig.15); và hệ thống điện hóa 500 trên Fig.5A với hệ thống 3 ngăn và trong đó CO_2 được đưa vào dung dịch catolit (hệ thống D trên Fig.15).

Dung dịch catolit được sục CO_2 cho đến khi độ pH đạt được nhỏ hơn 12 và xấp xỉ 10. Như được minh họa trên Fig.15, việc điều chỉnh độ pH của dung dịch catolit qua phun CO_2 cải thiện tính năng tổng thể do mật độ dòng điện cao hơn đạt được ở 0V. Ngoài ra, việc bỏ ngăn và màng trao đổi cation đối với hệ thống 2 ngăn có kết quả cải thiện so với hệ thống 3 ngăn. Dự tính có sự giảm thất thoát điện trở từ màng và chất điện phân.

Ví dụ 3

Sự tiết kiệm điện áp với CO_2 trong dung dịch catolit

Ví dụ này minh họa mật độ dòng điện cao nhất đạt được ở 0V trong các hệ thống điện hóa khác nhau. Các điều kiện được sử dụng cho thử nghiệm này là: anốt: lá Pt 6cm^2 ; catốt: lá Pt 6cm^2 ; dung dịch anolit: Cr^{2+} 0,5M được tạo solvat với nước được khử ion siêu tinh khiết; nước muối: NaCl 15,6% khối lượng được tạo solvat với nước được khử ion siêu tinh khiết; dung dịch catolit: NaOH 10% khối lượng được tạo solvat với nước được khử ion siêu tinh khiết. Nhiệt độ dung dịch được giữ không đổi ở 70°C và được luân chuyển trở lại trong pin ở tốc độ 400 vòng/phút sử dụng ống nhu động cỡ LS16.

Hệ thống điện hóa như được sử dụng trong thử nghiệm này là hệ thống điện hóa 400 trên Fig.4A nhưng với hệ thống 2 ngăn trong đó chỉ một màng trao đổi ion được sử dụng (hệ thống E trên Fig.16); và hệ thống điện hóa 400 trên Fig.4A với hệ thống 2 ngăn và trong đó CO_2 được đưa vào dung dịch catolit (hệ thống F trên Fig.16). Cần hiểu rằng thử nghiệm tương tự có thể được tiến hành với hệ thống 3 ngăn, như được mô tả trong ví dụ 2.

Dung dịch catolit được sục CO_2 cho đến khi độ pH đạt được nhỏ hơn 12 và xấp xỉ 10. Như được minh họa trên Fig.16, việc điều chỉnh độ pH của dung dịch

catolit nhờ phun CO_2 làm cải thiện tính năng tổng thể vì nó làm tăng điện áp lên 300mV ở 150mA/cm². Ở đây phản ứng catốt tạo ra hydro mà có thể được sử dụng để tái sinh ion kim loại qua việc sử dụng quá trình hydro hóa (như được minh họa trên Fig.6). Đối với thử nghiệm này, dòng điện được tăng lên theo cách thế tĩnh điện và ghi lại điện áp pin thu được.

Ví dụ 4

Xử lý kim loại bằng khí hydro

Thử nghiệm 1: Hydro hóa crom

Ví dụ này minh họa sự hydro hóa ion crom ở trạng thái oxy hóa cao hơn để tạo thành ion crom ở trạng thái oxy hóa thấp và axit clohydric. Fig.17A minh họa đồ thị quét thế vòng điện hóa để phát hiện sự có mặt của Cr^{2+} sau khi khử dung dịch chứa Cr^{3+} 0,46M bằng hydro ở 25°C trong 8 giờ. Hai dung dịch chuẩn là Cr^{2+} 0,46M và Cr^{3+} 0,46M được pha và xác định đặc tính bằng điện hóa. Các điều kiện được sử dụng cho thử nghiệm này là: anốt: Lá Pt 6cm²; catốt: Lá Pt 6cm²; dung dịch anolit: Cr^{2+} 0,46M, Cr^{3+} 0,46M, và dung dịch khử chứa Cr^{3+} và Cr^{2+} được solvat hóa với nước được khử ion siêu tinh khiết. Nhiệt độ dung dịch được giữ không đổi ở 70°. Điện áp được quét từ 0 tới 0,8V với điện cực tham chiếu Ag/AgCl ở 10mV/s. Được mong đợi là thấy có sự oxy hóa Cr^{2+} với không có tín hiệu oxy hóa đối với chất chuẩn Cr^{3+} trong khoảng điện áp này. Vì đỉnh oxy hóa đối với chất chuẩn Cr^{2+} được nhận thấy, dung dịch mà bị khử từ Cr^{3+} thành Cr^{2+} được kiểm tra bằng cách sử dụng phép đo quét thế vòng. Như được minh họa trên Fig.17A, mẫu bị khử cho thấy sự có mặt của Cr^{2+} chỉ ra có khử Cr^{3+} thành Cr^{2+} thông qua hydro hóa.

Thử nghiệm 2: Sự hydro hóa đồng

Ví dụ này minh họa sự hydro hóa ion đồng ở trạng thái oxy hóa cao hơn để tạo thành ion đồng ở trạng thái oxy hóa thấp và axit clohydric. Cho 100ml nước DI vào bình tam giác đáy tròn 1 cổ 100ml. Bằng cách sử dụng bộ nối dẫn khí vào cổ chữ T, nước được hút ra và đổ đầy nitơ gấp 5 lần. Sau đó, thêm 1,7g (0,01mol) $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (0,1M trong $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) và thanh khuấy từ vào nước không có oxy này. Thêm 300mg Pd/C 1% vào chất lỏng màu xanh da trời nhạt thu được, và hỗn hợp được khuấy nhanh trong môi trường nitơ. Sau đó, hỗn hợp này được hút ra 4X với khí H_2 từ bóng cao su và cuối cùng tiếp tục khuấy nhanh dưới áp suất H_2 dương. Sau 12h dùng máy khuấy và lấy khoảng 2mL dịch mẫu và lọc qua đĩa lọc 0,2mm sử dụng bơm xi-

ranh 5ml. Phần dịch lọc thu được là trong. Như được minh họa trên Fig.17B, UV - VIS cho thấy ~94% Cu(II) chuyển hóa thành Cu(I) (đường cong đồ thị phía trên là cho Cu(II) trước khi phản ứng và đường cong đồ thị phía dưới là cho Cu(II) sau khi phản ứng) với dung dịch có tính axit đáng kể (thể hiện sự tạo thành HCl).

Ví dụ 5

Sự tạo thành halohydrocacbon từ hydrocacbon không no

Sự tạo thành EDC từ etylen sử dụng đồng clorua

Thử nghiệm 1: Thử nghiệm này nhằm tạo thành etylen diclorua (EDC) từ etylen sử dụng đồng clorua. Thử nghiệm được tiến hành trong bình áp suất. Bình áp suất có vỏ ngoài chứa chất xúc tác, tức là dung dịch đồng clorua và đầu vào để sục khí etylen trong dung dịch đồng clorua. Dung dịch chất xúc tác được sử dụng trong thử nghiệm là 200ml NaCl 1M, CuCl_2 1M, và 0,5ml HCl 12,1M. Dung dịch này là trong và màu xanh lá cây. Bình áp suất được gia nhiệt đến 160°C và khí etylen được đưa vào bình đến áp suất 300 psi trong 30 phút. Dung dịch sau khi phản ứng được thấy là sẫm màu hơn nhiều so với dung dịch ban đầu. Sản phẩm được tạo thành trong dung dịch được chiết bằng 50mL pentan và sau đó được tách sử dụng phễu chiết. Phần chiết pentan chứa EDC được chạy sắc ký khí (GC). Fig.18 minh họa đỉnh tại thời gian lưu cho EDC. Các đỉnh nhỏ khác thuộc về pentan. Fig.19 cho thấy rằng CV của dung dịch xúc tác tiền phản ứng là đường thẳng và CV của dung dịch sau phản ứng cho thấy có oxy hóa ở 0,4V (đối với nửa pin và điện cực tham chiếu). UV-Vis của sản phẩm cho nồng độ Cu^{2+} là 0,973M.

Thử nghiệm 2: Thử nghiệm này nhằm tạo thành etylen diclorua (EDC) từ etylen sử dụng đồng clorua. Thử nghiệm được tiến hành trong bình áp suất. Bình áp suất có vỏ ngoài chứa chất xúc tác, tức là dung dịch đồng clorua và đầu vào để sục khí etylen trong dung dịch đồng clorua. Nồng độ của các chất phản ứng được thể hiện trong bảng II dưới đây. Bình áp suất được gia nhiệt đến 160°C và khí etylen được đưa vào bình chứa 200ml dung dịch ở 300psi trong khoảng từ 30 phút đến 1 giờ trong các Thử nghiệm. Bình được làm nguội tới 4°C trước khi thông khí và mở. Sản phẩm được tạo thành trong dung dịch được chiết bằng etyl axetat và sau đó được tách sử dụng phễu chiết. Phần chiết etyl axetat chứa EDC được chạy sắc ký khí (GC).

Bảng II

Thời gian (giờ)	CuCl ₂	CuCl	NaCl	HCl (M)	EDC (mg)	Clo - ethanol (mg)	Sử dụng Cu (EDC)	STY	Độ chọn lọc khối lượng: EDC / (EDC + ClEtOH) %
0,5	6	0,5	1	0,03	3,909,26	395,13	8,77%	0,526	90,82%
0,5	4,5	0,5	2,5	0,03	3,686,00	325,50	11,03%	0,496	91,89%

Sự tạo thành diclopropan từ propylen sử dụng đồng clorua

Thử nghiệm này nhằm tạo thành 1,2-diclopropan (DCP) từ propylen sử dụng đồng clorua. Thử nghiệm được tiến hành trong bình áp suất. Bình áp suất có vỏ ngoài chứa chất xúc tác, tức là dung dịch đồng clorua và đầu vào để sạc khí propylen trong dung dịch đồng clorua. 150mL dung dịch chứa CuCl₂ 5M, CuCl 0,5M, NaCl 1M, và HCl 0,03M được đặt vào bình áp suất tráng thủy tinh được khuấy 450mL. Sau khi sạc bình đầy kín bằng N₂, gia nhiệt đến 160°C. Sau khi đạt đến nhiệt độ này, propylen được bổ sung vào bình để nâng áp suất từ áp suất tự sinh, chủ yếu là do hơi nước, đến áp suất 130psig. Sau 15 phút, thêm tiếp propylen vào để nâng áp suất từ 120psig đến 140psig. Sau khi bổ sung 15 phút, áp suất là 135psig. Tại thời điểm này, bình phản ứng được làm nguội tới 14°C, được khử áp, và mở ra. Etyl axetat được sử dụng để rửa các bộ phận của bình phản ứng và sau đó được sử dụng làm dung môi chiết. Sản phẩm được phân tích bằng sắc ký khí mà thể hiện 0,203g 1,2-diclopropan đã được thu hồi trong pha etyl axetat.

Ví dụ 6

Sử dụng phối tử

Đối với nghiên cứu hệ thống đồng gắn phối tử, mẫu được tạo ra bằng cách sử dụng phối tử N,N,N,N-tetrametyletylenđiamin (TMEDA).



Các ví dụ khác về phối tử được minh họa trên Fig.20 mà được mô tả trong bản mô tả này. Phối tử bất kỳ trong số các phối tử được minh họa trên Fig.20 có thể được

sử dụng trong phản ứng xúc tác của sáng chế. Ví dụ khác về các phối tử còn được minh họa trong ví dụ 10. Dung dịch gốc nước gồm: NaCl 2,5M, CuCl₂ 1,0M, CuCl 0,5M, và TMEDA 2,2M. Nhờ việc trộn phối tử với phần còn lại của dung dịch, dung dịch màu nâu thay đổi nhanh thành dung dịch xanh da trời đậm chỉ ra rằng phản ứng nổi đã xảy ra. Việc xử lý dung dịch (được pha loãng) trên đây với diclometan, tiếp đó lắc mạnh cho thấy sau khi tách pha, phức chất không được kéo vào dung môi chiết. Tác dụng này là mong muốn vì có thể giảm tạp chất phức kim loại khi phương pháp chiết được sử dụng để tách sản phẩm hữu cơ khỏi ion kim loại. Độ pH của dung dịch thay đổi từ axit tính thành bazơ nhẹ (pH từ 2,6 đến 7,8) nhờ bổ sung phối tử. Tác dụng này của phối tử đến độ pH có thể là có lợi để giảm bản chất ăn mòn của hệ xúc tác đồng clorua.

Ví dụ 7

Sự tiết kiệm điện áp với phối tử

Phản ứng nửa pin được thực hiện sử dụng dung dịch phối tử kim loại từ ví dụ 6 và bố trí thử nghiệm của ví dụ 1. Điện cực làm việc đối với phản ứng nửa pin là anốt lưới Pt 52 mắt 4cm²; điện cực đối là Lá Pt 6cm²; và điện cực tham chiếu là điện cực calomel bão hòa (SCE). Dung dịch trong cốc thử nghiệm được giữ ở 70°C. Theo một thử nghiệm, dung dịch có chứa NaCl 2,5M, CuCl₂ 1,0M, và CuCl 0,5M và không chứa phối tử. Trong thử nghiệm khác, dung dịch có chứa NaCl 2,5M, CuCl₂ 1,0M, CuCl 0,5M, và TMEDA 2,2M (Ví dụ 6). Như được minh họa trên Fig.21, nhận thấy có tiết kiệm điện áp khoảng 200mV ở 150mA/cm² khi phối tử được sử dụng trong dung dịch kim loại.

Ví dụ 8

Sự tiết kiệm điện áp với phối tử

Phản ứng toàn pin được tiến hành sử dụng dung dịch phối tử kim loại từ Ví dụ 6 và pin trên Fig.4B. Các hợp phần của pin có bán trên thị trường và bao gồm anốt lưới Pt; catốt lưới Ni mịn; màng trao đổi anion ở dạng AHA; và màng trao đổi cation như là 2100. Dung dịch catolit là NaOH 10% khối lượng. Trong thử nghiệm thứ nhất, dung dịch anolit là NaCl 2,5M, CuCl₂ 1,0M, và CuCl 0,5M và không chứa phối tử và trong thử nghiệm thứ hai, chất điện phân anốt là NaCl 2,5M, CuCl₂ 1,0M, CuCl 0,5M, và 2,2M TMEDA (Ví dụ 6). Fig.22 thể hiện rằng sự có mặt của phối tử làm giảm thế oxy hóa khử (khoảng 300mV trong thử nghiệm này) mà dẫn đến sự giảm điện áp pin.

Màu của dung dịch phối tử cũng thay đổi dần mà có thể là do sự oxy hóa Cu^+ thành Cu^{2+} .

Ví dụ 9

Màng trao đổi anion

Ví dụ này minh họa tác dụng của việc chọn lọc AEM đến khả năng ngăn ion kim loại đi qua AEM vào buồng giữa. Ví dụ này còn minh họa việc chọn lọc AEM mà ngăn không cho ion kim loại đi qua, tránh bẩn màng, và làm tăng độ bền.

Phương pháp dòng điện một chiều

Một loạt các màng trao đổi anion được kiểm tra trong thử nghiệm này bao gồm ACS, ACM và AHA từ Astom Corporation, FAB và FAP từ FuMaTech, và DSV từ Asahi Glass. AEM được kẹp giữa dung dịch anolit chứa 3M CuCl_2 /1M CuCl /4,6M NaCl và buồng chứa chất điện phân NaCl 4,6M. Bố trí ba điện cực chuẩn được sử dụng bao gồm điện cực làm việc lưới platin/điện cực đối và điện cực tham chiếu calomel bão hòa (SCE). Hai SCE bổ sung được đặt trong mao quản luggin ở một trong hai phía của màng. Bước dòng điện nhỏ gồm 1, 2, 4, 5, 7,5, 10, và 11mA/cm² được áp dụng và vận năng kế được sử dụng để theo dõi sự thay đổi điện thế giữa hai SCE. Độ dốc của mật độ dòng điện với thay đổi điện áp bằng điện trở vùng mặt phẳng xuyên qua. Các kết quả được minh họa trên Fig.23. Các giá trị điện trở trên Fig.23 bao gồm điện trở AEM và điện trở dung dịch. ACS, ACM, và FAB cho thấy điện trở cao nhất. Dự định rằng các AEM này được thiết kế để tăng cường chặn proton và cần đến môi trường axit cao cho để hoạt động. FAP, DSV, và AHA có mức giảm trên 5Ωcm². FAP và DSV cho thấy các dấu hiệu thấm qua đáng kể của các bazơ Cu. AHA được xác định là hữu hiệu nhất chống lại sự đi qua và được xác định là có điện trở nhỏ nhất.

Phương pháp quang phổ trở kháng

Trong thử nghiệm này, điện cực hai lá Pt được sử dụng. Màng AHA được kẹp giữa dung dịch nước muối bão hòa và chất điện phân bazơ Cu. Khoảng tần số từ 15,000Hz đến 0,001Hz ở biên độ 20mA và tín hiệu DC là 150 mA/cm². Pin được chạy có và không có AHA và sự khác nhau ở các đoạn chắn x tần số cao biểu thị điện trở vùng AEM.

Điện trở AHA trong ba chất điện phân bazơ Cu khác nhau được tóm tắt trong bảng III. Dung dịch A là: NaCl 4,6M; dung dịch B là: 0,5M CuCl /2,5M NaCl ; dung

dịch C là: 4,5M CuCl_2 /0,5M CuCl /2,5M NaCl ; và dung dịch D là: 4,5M CuCl_2 /0,5M CuCl .

Bảng III: Tóm tắt các kết quả chỉ số đo điện trở của AHA trong các dung dịch bazơ Cu khác nhau

Hóa học	Ωcm^2 dung dịch	Ωcm^2 AHA + dung dịch	Ωcm^2 AHA	Thất thoát V ở $150\text{mA}/\text{cm}^2$
A-màng-A	1,28	3,14	1,86	0,28
A-màng-B	1,28/1,77	3,58	1,81-2,06	0,272 -0,308
A-màng-C	1,28/2,8	4,96	2,16-2,92	0,324-0,438
A-màng-D	1,28/3,14	7,51	4,37-5,3	0,656-0,795

Nhận thấy là dung dịch B không có CuCl_2 có điện trở tương tự với NaCl thuần túy không có CuCl_x bổ sung. Dung dịch C thể hiện sự thất thoát điện áp trong khoảng từ 320 đến 430mV. Bổ sung CuCl_2 vào dung dịch anolit được tạo ra sự tăng điện trở ở mức nhỏ. Dự định rằng điều này có thể do sự thay đổi điện trở dung dịch qua AEM. Dung dịch D, mà là tương đương với dung dịch C không có NaCl , thể hiện sự tăng thất thoát điện áp trên 2 lần. Dự định rằng có thể có thay đổi loại đồng dẫn đến làm tăng điện trở.

Tính thấm hoặc khả năng đi qua màng của các phức Cu-clorua

Cấu hình toàn pin được sử dụng để xác định loại Cu vận chuyển qua AEM. Dung dịch chứa 4,5M CuCl_2 /0,5M CuCl /2,5M NaCl được nạp vào dung dịch anolit, NaCl 4,6M được nạp vào ngăn hợp chất trung gian, và NaOH 10 % khối lượng được nạp vào dung dịch catolit ở 70°C . Pin được làm cho hoạt động ở $150\text{mA}/\text{cm}^2$ và $300\text{mA}/\text{cm}^2$ ở một loạt tốc độ chảy. Với mỗi tốc độ chảy (như 20ml/phút, 40ml/phút, v.v.) nồng độ ion đồng được đo trước thử nghiệm và sau khi chạy pin 30 phút. UV-VIS được sử dụng để xác định tổng Cu trong dung dịch nước muối trong ngăn hợp chất trung gian, trước và sau thử nghiệm. Sau đó, giá trị này được so sánh với số mol cảm ứng đi qua để thu được phần trăm không cho đi qua. Các kết quả được tóm tắt trên Fig.24. Như được minh họa trên Fig.24, màng AHA không cho >99% +/- đến 0,01% các loại Cu đi qua trong số tất cả các loại Cu trong tất cả các trường hợp.

Ví dụ 10

Sử dụng phối tử

Thêm 49mg CuCl (0,5mmol) vào lọ thủy tinh nắp có ren 4mL, chứa thanh khuấy. Phối tử cùng với 100ml nước được bổ sung vào dung dịch này, và hỗn hợp phản ứng được cho phản ứng trong từ 2 đến 3 giờ ở nhiệt độ trong phòng. Tiếp theo, 2mL dung dịch nước chứa CuCl₂ 6M và NaCl 1M, mà được gia nhiệt để hoà tan hoàn toàn, được thêm vào. Lọ nhỏ được đậy nắp kèm pre-slit septa làm từ TEF và silicon. Lọ nhỏ được đặt trong thiết bị phản ứng áp suất vỏ trai trên đĩa khuấy nóng. Khí quyển bên trong thiết bị phản ứng được trao đổi với N₂. Quá trình khuấy được bắt đầu ở 620 vòng/phút và thiết bị phản ứng được gia nhiệt đến 140°C. Sau khi đạt đến nhiệt độ này, thiết bị phản ứng với nhiều lọ nhỏ bên trong được tạo áp đến tổng áp suất 350psi. Sau 1 giờ, thiết bị phản ứng được làm nguội tới nhiệt độ dưới 30°C và được thông khí từ từ. Hỗn hợp phản ứng được chiết bằng 1ml etyl axetat. Pha hữu cơ được phân tích bằng GC (sắc ký khí) cho hàm lượng etylen diclorua và cloetanol (ClEtOH). Fig.25A và Bảng IV minh họa phối tử, lượng phối tử, các điều kiện phản ứng cụ thể, và lượng sản phẩm chính được tạo thành. Ví dụ so sánh không có phối tử cũng được bao gồm trong bảng. Fig.25B minh họa các ví dụ khác về các phối tử mà có thể được sử dụng trong phản ứng xúc tác. Bảng IV chứng minh rằng phối tử không những tăng cường hiệu suất của EDC trong phản ứng mà còn tăng cường tính chọn lọc.

Bảng IV

Phối tử #	Lượng phối tử theo mmol	EDC bằng GC trong mg/ml	ClEtOH bằng GC trong mg/ml	Tính chọn lọc
Không có phối tử	Không áp dụng	10,20	1,53	0,87
2	0,5	6,89	1,33	0,84
2	2	3,87	1,15	0,77
3	0,5	8,20	1,48	0,85
3	2	11,56	1,73	0,87
4	0,5	7,84	1,38	0,85
4	2	1,75	0,46	0,79
5	0,5	7,75	1,36	0,85
5	2	2,11	0,70	0,75

Phối tử #	Lượng phối tử theo mmol	EDC bằng GC trong mg/ml	ClEtOH bằng GC trong mg/ml	Tính chọn lọc
6	0,5	15,49	1,78	0,90
6	2	16,29	1,98	0,89
7	0,5	13,42	1,44	0,90
8	0,5	6,88	0,97	0,88
10	0,5	10,14	1,66	0,86
10	2	15,96	1,59	0,91
11	0,5	11,10	1,93	0,85
11	2	12,22	2,01	0,86
12	0,5	9,75	1,50	0,87
12	2	1,06	0,45	0,70

Ví dụ 11

Oxy hoá sắt kim loại trong pin điện hóa

Phản ứng nửa pin được thực hiện sử dụng dung dịch sắt với bố trí thử nghiệm được đề cập trong ví dụ 1. Điện cực làm việc đối với phản ứng nửa pin là lưới PtIr 152 mắt 6cm²; điện cực đối là Lá Pt 8cm²; và điện cực tham chiếu là điện cực hydro chuẩn (SHE) Ag/AgCl. Dung dịch trong cốc thử nghiệm được giữ ở 70°C. Trong Thử nghiệm này, dung dịch có chứa FeCl₂ 1M và NaCl 2,5M. Như được minh họa trên Fig.26, quá trình oxy hóa Fe²⁺ thành Fe³⁺ ở anốt được nhận thấy ở tốc độ quét điện áp là 5 mV/s.

Ví dụ 12

Chất điện phân trong pin điện hóa

Phản ứng toàn pin được thực hiện sử dụng natri clorua và amoni clorua làm chất điện phân. Các hợp phần của pin có bán trên thị trường và bao gồm anốt lưới Pt; catốt lưới PGM; màng trao đổi anion là AHA từ Neosepta; và màng trao đổi cation là Dupont N2100. Dung dịch catolit là NaOH 10% khối lượng. Trong thử nghiệm thứ nhất, dung dịch anolit là 4,5M CuCl₂/ 0,5M CuCl/ 2,5M NaCl và trong thử nghiệm thứ hai, dung dịch anolit là 4,5M CuCl₂/ 0,5M CuCl/ 2,5M NH₄Cl. Dung dịch trong pin được giữ ở 70°C. Fig.27 thể hiện rằng mặc dù cả hai chất điện phân natri clorua và

amonit clorua đều hoạt động tốt trong pin điện hóa, chất điện phân anôt NH_4Cl làm giảm điện áp hoạt động pin từ 200 đến 250mV ở 300mA/cm². Dự định rằng có thể là do tính dẫn điện của dung dịch anolit gia tăng dẫn đến điện trở qua AEM thấp hơn.

Ví dụ 13

Xử lý AEM lúc khởi động pin điện hóa

Thử nghiệm này liên quan tới việc xử lý AEM trước khi khởi động pin điện hóa. Dung dịch ban đầu được đưa vào toàn bộ pin là Na_2SO_4 0,5M làm dung dịch anolit, đưa NaCl 4,6M vào ngăn hợp chất trung gian, và NaOH 10% khối lượng làm dung dịch catolit. Màng là FAS của FuMaTech làm màng trao đổi anion và N2100 của Dupont làm màng trao đổi cation. Sau đó, pin được chạy ở 300 mA/cm². Ở thời điểm này, phản ứng ở anôt là sinh oxy và phản ứng ở catôt là khử nước. Như được minh họa trên Fig.28, nhận thấy điện áp pin tổng thể ban đầu là khoảng 4,5V. Khi điện áp đã ổn định, bột van và Na_2SO_4 được xả ra khỏi pin và sau đó dung dịch anolit (4,5M CuCl_2 /0,5M CuCl /2,5M NaCl) được nạp vào buồng anôt. Pin được giữ không đổi ở 300mA/cm² trong suốt thời gian này. Phản ứng ở anôt lúc này là oxy hóa đồng, như được minh họa trên Fig.28 khi có sụt điện áp pin đột ngột. Đường cong đồ thị màu đen thể hiện điện áp khi chất điện phân đồng được đưa vào pin (không có sự ổn định điện áp ban đầu bằng natri sulfat) trước khi áp dụng điện áp. Có sự tiết kiệm điện áp khoảng 200mV khi Na_2SO_4 được sử dụng khi khởi động và điện áp ổn định hơn đáng kể trong thời gian thử nghiệm. Việc xử lý AEM ở mật độ dòng điện hoạt động trước khi đưa chất điện phân bazơ đồng vào có thể là có lợi cho điện áp và độ ổn định.

Ví dụ 14

Tái luân chuyển pha nước từ thiết bị phản ứng xúc tác vào hệ thống điện hóa

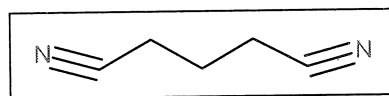
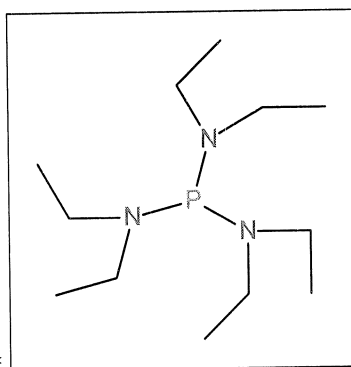
Ví dụ này minh họa sự tái luân chuyển dung dịch Cu(I) được tạo ra bởi thiết bị phản ứng xúc tác vào pin điện hóa chứa điện cực lưới PtIr. Dung dịch chứa Cu(II) 4,5M, Cu(I) 0,1M, và NaCl 1,0M được nạp vào thiết bị phản ứng bom Parr trong 60 phút phản ứng ở 160°C và 330 psi. Dung dịch này được thử nghiệm thông qua phép đo quét thế vòng (cyclic voltammetry - CV) anôt trước và sau khi chạy xúc tác để tìm tác dụng của các gốc hữu cơ như EDC hoặc dung môi chiết còn dư đến tính năng anôt. Mỗi thử nghiệm CV được tiến hành ở 70°C với tốc độ quét 10mVs⁻¹ trong năm chu trình, 0,3 đến 0,8V với điện cực calomel bão hòa (SCE).

Fig.29 minh họa đáp ứng V/I thu được của điện cực lưới PtIr (6cm²) trong dung dịch trước và sau khi xúc tác (lần lượt được ký hiệu là PRE và POST). Như được minh họa trên Fig.29, thế oxy hóa khử (điện áp ở dòng điện 0) dịch chuyển xuống điện áp thấp hơn sau khi xúc tác như được mong đợi từ phương trình Nernst để tăng nồng độ Cu(I). Sự tăng nồng độ Cu(I) là do sản xuất EDC với sự tái sinh Cu(I) trong phản ứng xúc tác. Đường cong CV trước khi xúc tác đạt đến dòng điện giới hạn gần 0,5A do các giới hạn chuyển khối ở nồng độ Cu(I) thấp. Việc tạo ra Cu(I) trong khi chạy xúc tác được biểu thị bằng sự cải thiện đáng kể trong biểu hiện động học sau xúc tác, được minh họa trên Fig.29 là đạt đến đường đồ thị dốc hơn và độ dốc I/V tuyến tính với không có dòng giới hạn. Không có tác dụng tiêu cực nào của EDC dư hoặc các chất hữu cơ khác là rõ ràng như được chỉ ra bởi đường đồ thị I/V thuận nghịch điển hình thu được trong CV sau xúc tác.

Ví dụ 15

Tái luân chuyển pha nước từ thiết bị phản ứng xúc tác chứa phối tử

Ví dụ này minh họa sự tái luân chuyển của dung dịch Cu(I) chứa phối tử từ thiết bị phản ứng xúc tác vào pin điện hóa. 2mL mẫu dung dịch chất xúc tác được thử nghiệm trong thiết bị phản ứng xúc tác năng suất cao được chuyển đến vi pin ba điện cực để sàng lọc điện hóa nhờ phép đo quét thế vòng (CV) anốt để xác định xem có mối tương quan tồn tại giữa thế oxy hóa khử và tính năng xúc tác hay không. Các phối tử là:



Phối tử #1=; và Phối tử #2=

Dung dịch chất xúc tác có chứa 5,0M Cu(II)/0,5M Cu(I)/0,5M hoặc 1M phối tử/1M NaCl. Dung dịch phối tử được thử nghiệm trong nửa vi pin anốt nhờ phép đo quét thế vòng để xác định thế oxy hóa khử. Vi pin gồm điện cực làm việc lá PtIr, điện cực đối lá Pt, và mao quản bắc cầu với vi điện cực Ag/AgCl làm điện cực tham chiếu. Tất cả các điện cực được đóng kín vào lọ 4mL, được gia nhiệt đến 70°C và được

khuấy ở 100 vòng/phút. Mỗi thử nghiệm CV được tiến hành ở 70°C với tốc độ quét 10 mV s⁻¹ trong năm chu trình, 0,3 đến 0,8V với điện cực tham chiếu Ag/AgCl.

Bảng V thể hiện điện áp thu được trong năm dung dịch được tái luân chuyển xúc tác. Các kết quả chỉ ra rằng phối tử tăng cường quá trình sản xuất EDC và dung dịch xúc tác được tái luân chuyển chứa phối tử vào pin điện hóa, giảm điện áp điện hóa. Bảng V cho thấy thế oxy hóa khử của các mẫu chứa phối tử #1 (mẫu A và B) có thế oxy hóa khử giảm so với hệ thống không có phối tử tương đương E. Mẫu C và D chứa phối tử #2 có thế oxy hóa khử tương tự so với mẫu không có phối tử E.

Bảng V

Mẫu	Phối tử #	Nồng độ /mol	CV
A	1	0,5	0,684
B	1	1	0,676
C	2	1	0,739
D	2	0,5	0,737
E	không có phối tử	Không áp dụng	0,728

trong đó n và m độc lập bằng từ 0 đến 2 và R và R^1 độc lập là H, alkyl, hoặc alkyl được thế để tạo thành halohydrocarbon hoặc sulfohydrocarbon và kim loại halogenua hoặc kim loại sulfat ở trạng thái oxy hóa thấp hơn.

3. Phương pháp theo điểm 1 hoặc điểm 2, còn bao gồm bước tạo thành kiềm, nước, hoặc khí hydro ở catôt.

4. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó chất điện phân catôt chứa nước và catôt là catôt khử phân cực oxy mà khử oxy và nước thành ion hydroxit; chất điện phân catôt chứa nước và catôt là catôt tạo ra khí hydro mà khử nước thành khí hydro và ion hydroxit; chất điện phân catôt chứa axit clohydric và catôt là catôt tạo ra khí hydro mà khử axit clohydric thành khí hydro; hoặc chất điện phân catôt chứa axit clohydric và catôt là catôt khử phân cực oxy mà cho axit clohydric và khí oxy phản ứng để tạo thành nước.

5. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó ion kim loại của kim loại halogenua hoặc kim loại sulfat được chọn từ nhóm gồm sắt, crom, đồng, thiếc, bạc, coban, urani, chì, thủy ngân, vanadi, bismut, titan, ruteni, osmi, europi, kẽm, cadimi, vàng, niken, paladi, platin, rodi, iridi, mangan, tecneti, reni, molybden, vonfram, niobi, tantan, zirconi, hafini, và kết hợp các kim loại này.

6. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó ion kim loại của kim loại halogenua hoặc kim loại sulfat được chọn từ nhóm gồm sắt, crom, đồng, và thiếc.

7. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó ion kim loại của kim loại halogenua hoặc kim loại sulfat là đồng.

8. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó trạng thái oxy hóa thấp hơn của ion kim loại của kim loại halogenua hoặc kim loại sulfat là $1+$, $2+$, $3+$, $4+$, hoặc $5+$.

9. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó trạng thái oxy hóa cao hơn của ion kim loại của kim loại halogenua hoặc kim loại sulfat là $2+$, $3+$, $4+$, $5+$, hoặc $6+$.

10. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó ion kim loại của kim loại halogenua hoặc kim loại sulfat là đồng được chuyển hóa từ Cu^+ thành Cu^{2+} , ion kim loại của kim loại halogenua hoặc kim loại sulfat là sắt được chuyển hóa từ Fe^{2+} thành Fe^{3+} , ion kim loại của kim loại halogenua hoặc kim loại sulfat là thiếc được chuyển hóa từ Sn^{2+} thành Sn^{4+} , ion kim loại của kim loại halogenua hoặc kim loại sulfat là crom được chuyển hóa từ Cr^{2+} thành Cr^{3+} , ion kim loại của kim loại halogenua hoặc kim loại sulfat là platin được chuyển hóa từ Pt^{2+} thành Pt^{4+} , hoặc kết hợp các ion kim loại này.

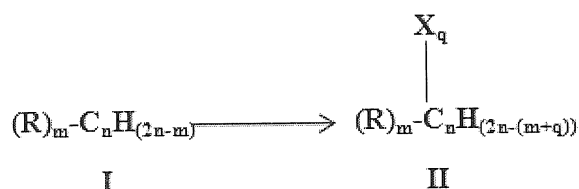
11. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó không có khí nào được sử dụng ở anốt.

12. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm 1 hoặc từ 3 đến 11, còn bao gồm bước bổ sung phối tử vào chất điện phân anốt trong đó phối tử tương tác với kim loại halogenua.

13. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó kim loại halogenua hoặc kim loại sulfat ở trạng thái oxy hóa thấp hơn được luân chuyển trở lại chất điện phân anốt.

14. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó chất điện phân anốt gồm kim loại halogenua hoặc kim loại sulfat ở trạng thái oxy hóa cao hơn còn gồm kim loại halogenua hoặc kim loại sulfat ở trạng thái oxy hóa thấp hơn.

15. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm 1 hoặc từ 3 đến 14, trong đó hydrocacbon không no là hợp chất có công thức I dẫn đến hợp chất có công thức II sau khi halogen hoá:



trong đó, n bằng từ 2 đến 10; m bằng từ 0 đến 5; và q bằng từ 1 đến 5;

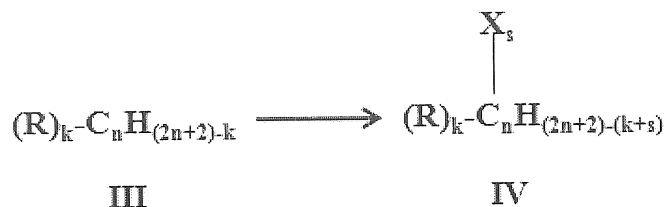
R độc lập được chọn từ hydro, halogen, -COOR', -OH, và -NR'(R''), trong đó R' và R'' độc lập được chọn từ hydro, alkyl, và alkyl được thế; và

X là halogen được chọn từ clo, brom, và iot.

16. Phương pháp theo điểm 1 hoặc điểm 2, trong đó hydrocacbon không no là etylen, propylen, hoặc butylen mà lần lượt phản ứng với chất điện phân anôt chứa kim loại halogenua ở trạng thái oxy hóa cao hơn để tạo thành etylen diclorua, propylen diclorua hoặc 1,4-diclobutan.

17. Phương pháp theo điểm 16, còn bao gồm bước tạo thành monome vinyl clorua từ etylen diclorua và tạo thành poly(vinyl clorua) từ monome vinyl clorua.

18. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm 1 hoặc từ 3 đến 14, trong đó hydrocacbon no là hợp chất có công thức III dẫn đến hợp chất có công thức IV sau khi halogen hoá:



trong đó, n bằng từ 2 đến 10; k bằng từ 0 đến 5; và s bằng từ 1 đến 5;

R độc lập được chọn từ hydro, halogen, - COOR', - OH, và -NR'(R''), trong đó R' và R'' độc lập được chọn từ hydro, alkyl, và alkyl được thế; và

X là halogen được chọn từ clo, brom, và iot.

19. Phương pháp theo điểm 1 hoặc điểm 2, trong đó hydrocacbon no là metan, etan, hoặc propan.

20. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 2 đến 19, trong đó phối tử này dẫn đến một hoặc nhiều tính chất được chọn từ tính phản ứng tăng cường của ion kim loại của kim loại halogenua hoặc kim loại sulfat đối với hydrocacbon không no hoặc hydrocacbon no, tính chọn lọc tăng cường của ion kim loại của kim loại halogenua đối với phản ứng halogen hoá của hydrocacbon no hoặc không no, sự chuyển halogen tăng cường từ ion kim loại của kim loại halogenua hoặc kim loại sulfat sang hydrocacbon không no, hoặc hydrocacbon no, thế oxy hóa khử giảm của pin điện hóa, độ tan tăng của ion kim loại của kim loại halogenua hoặc kim loại sulfat trong môi

trường nước, giảm đi qua màng của ion kim loại của kim loại halogenua hoặc kim loại sulfat vào chất điện phân catôt trong pin điện hóa, giảm ăn mòn pin điện hóa, phân tách tăng cường ion kim loại của kim loại halogenua từ dung dịch hydrocacbon đã halogen hóa, và kết hợp các tính chất này.

21. Phương pháp theo điểm 2, trong đó alkyl được thế là alkyl được thế bằng một hoặc nhiều nhóm được chọn từ alkenyl, halogen, amin, và amin được thế.

22. Phương pháp theo điểm 1 hoặc điểm 2, trong đó hydrocacbon không no là C₂-C₁₀alken hoặc hydrocacbon no là C₂-C₁₀alkan.

23. Phương pháp theo điểm 1, trong đó nước muối chứa nước bao gồm clorua với hàm lượng lớn hơn 1%.

24. Phương pháp theo điểm 1, trong đó nước muối bao gồm natri clorua.

25. Phương pháp theo điểm 1, trong đó tổng lượng ion kim loại của kim loại halogenua trong chất điện phân anôt nằm trong khoảng từ 6 đến 12M.

26. Phương pháp theo điểm 1, trong đó chất điện phân anôt gồm ion kim loại của kim loại halogenua ở trạng thái oxy hóa cao hơn nằm trong khoảng từ 4 đến 7M, ion kim loại của kim loại halogenua ở trạng thái oxy hóa thấp hơn nằm trong khoảng từ 0,1 đến 2M và natri clorua nằm trong khoảng từ 1 đến 3M.

27. Phương pháp theo điểm 1, trong đó hiệu suất của halohydrocacbon là lớn hơn 90% khối lượng.

28. Phương pháp, bao gồm các bước:

cho anôt tiếp xúc với chất điện phân anôt, trong đó chất điện phân anôt bao gồm nước muối và đồng halogenua;

áp dụng điện áp lên anôt và catôt và oxy hoá đồng halogenua từ trạng thái oxy hóa thấp đến trạng thái oxy hóa cao hơn ở anôt, trong đó không có khí nào được tạo thành ở anôt;

cho catôt tiếp xúc với chất điện phân catôt; và

cho etylen phản ứng với chất điện phân anôt gồm đồng halogenua ở trạng thái oxy hóa cao hơn, trong môi trường nước trong đó môi trường nước chứa nước ở mức hơn 25% khối lượng, để tạo thành etylen diclorua trong đó hiệu suất etylen diclorua là lớn hơn 80% khối lượng.

29. Phương pháp theo điểm 28, trong đó phản ứng còn tạo thành cloetanol, tricloetan, cloral, cloral hydrat, 1-1-dicloeten, tricloetylen, tetracloeten, 1,1,2,2-tetracloetan, hoặc kết hợp các chất này.

30. Phương pháp theo điểm 2, trong đó nồng độ của ion kim loại của kim loại halogenua hoặc kim loại sulfat ở trạng thái oxy hóa cao hơn nằm trong khoảng từ 4,5 đến 7M, nồng độ của ion kim loại của kim loại halogenua hoặc kim loại sulfat ở trạng thái oxy hóa thấp hơn nằm trong khoảng từ 0,25 đến 1,5M, và nồng độ của phối tử nằm trong khoảng từ 0,25 đến 6M.

31. Phương pháp theo điểm 30, trong đó chất điện phân anôt là natri clorua.

32. Phương pháp theo điểm 31, trong đó nồng độ của natri clorua nằm trong khoảng từ 1 đến 3M.

33. Phương pháp theo điểm 2, trong đó hydrocacbon không no là etylen và kim loại halogenua là kim loại clorua.

34. Phương pháp theo điểm 33, trong đó kim loại clorua là đồng clorua.

35. Phương pháp theo điểm 34, trong đó etylen phản ứng với đồng clorua ở trạng thái oxy hóa cao hơn và phối tử để tạo thành halohydrocacbon chứa etylen diclorua.

36. Phương pháp theo điểm 2, trong đó halohydrocacbon bao gồm etylen diclorua, cloetanol, cloral, cloral hydrat, 1-1-dicloeten, tricloetylen, tetracloeten, 1,1,2,2-tetracloetan, hoặc kết hợp các chất này.

37. Phương pháp theo điểm 2, trong đó phản ứng được thực hiện trong môi trường nước trong đó môi trường nước chứa nước ở mức nhiều hơn 5% khối lượng.

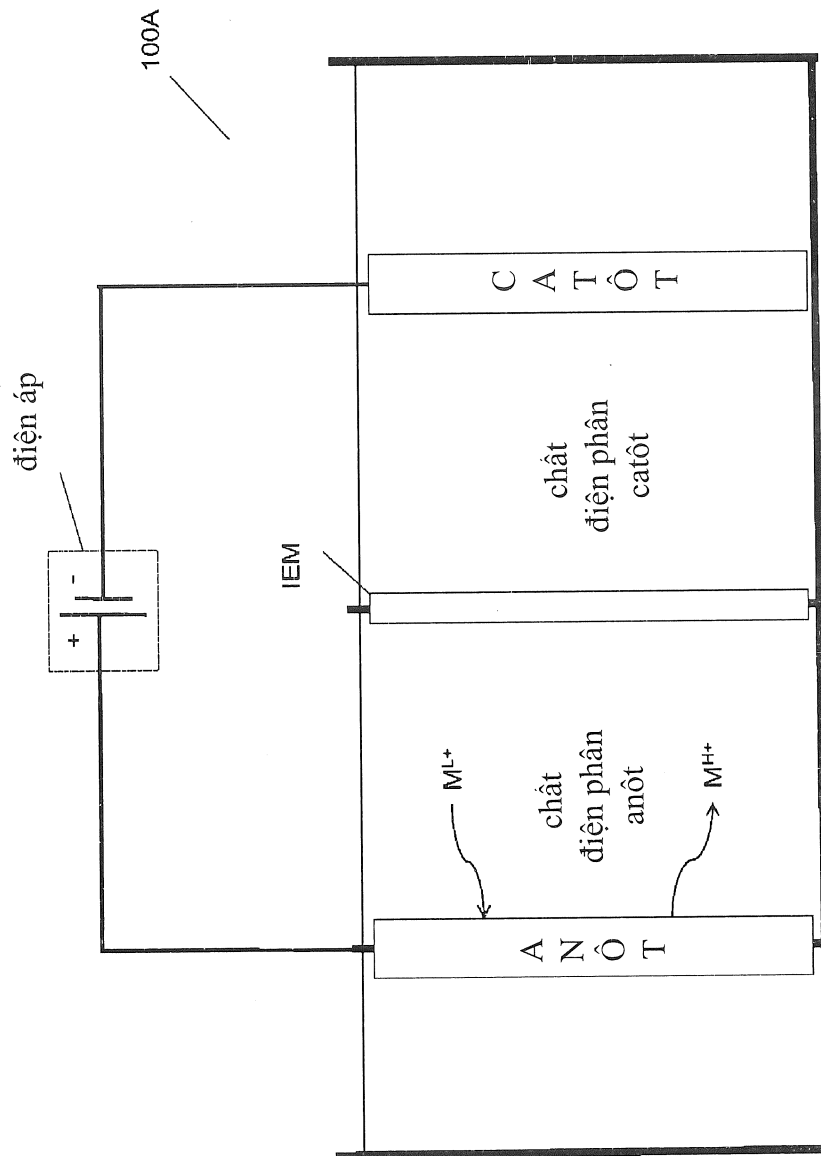


Fig.1A

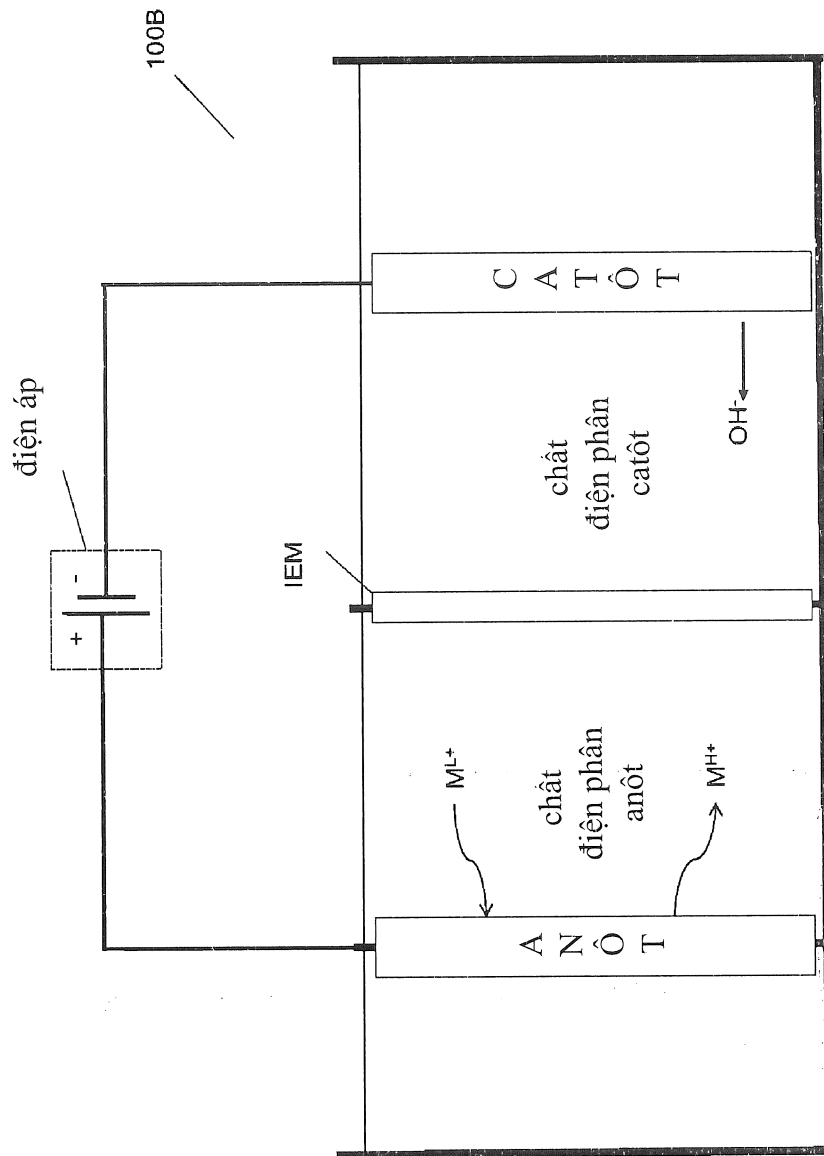


Fig.1B

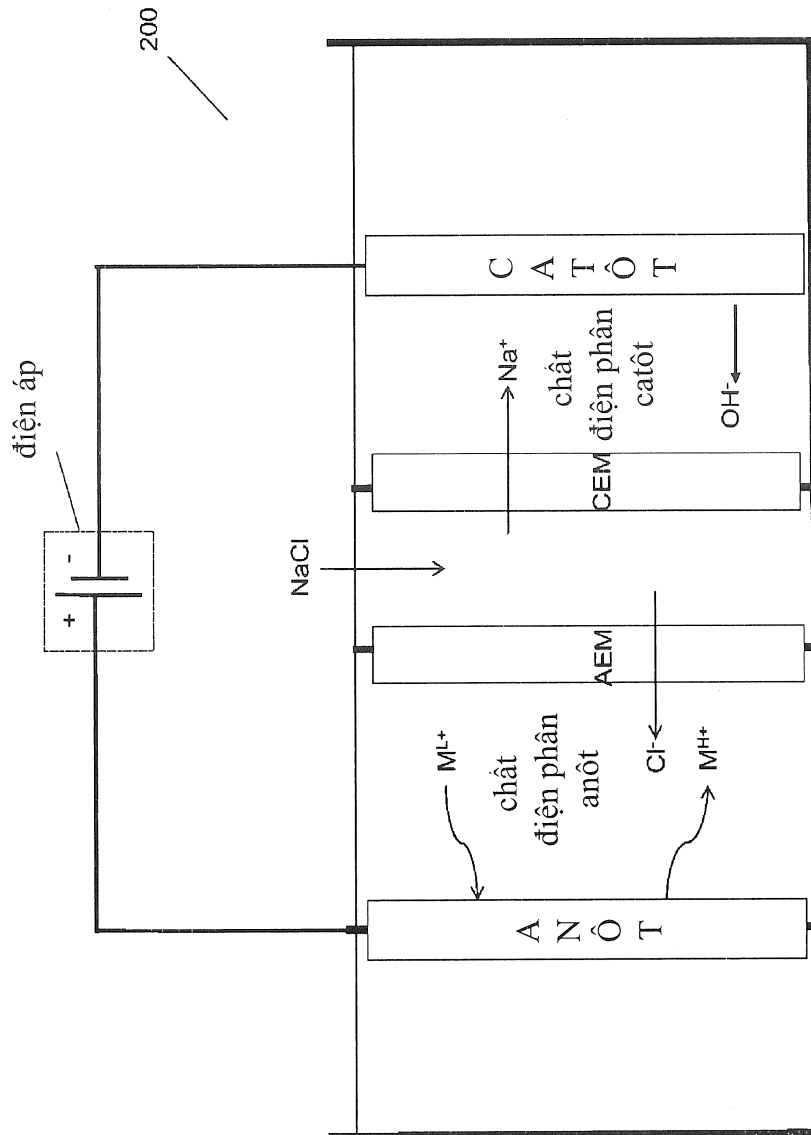


Fig.2

4/40

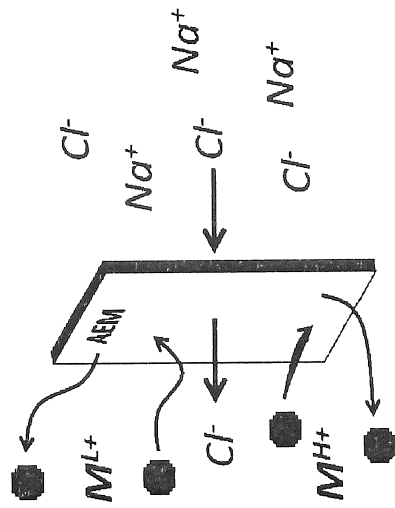


Fig.3A

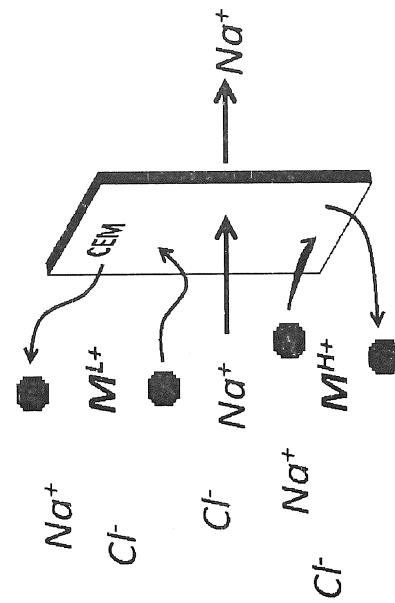


Fig.3B

5/40

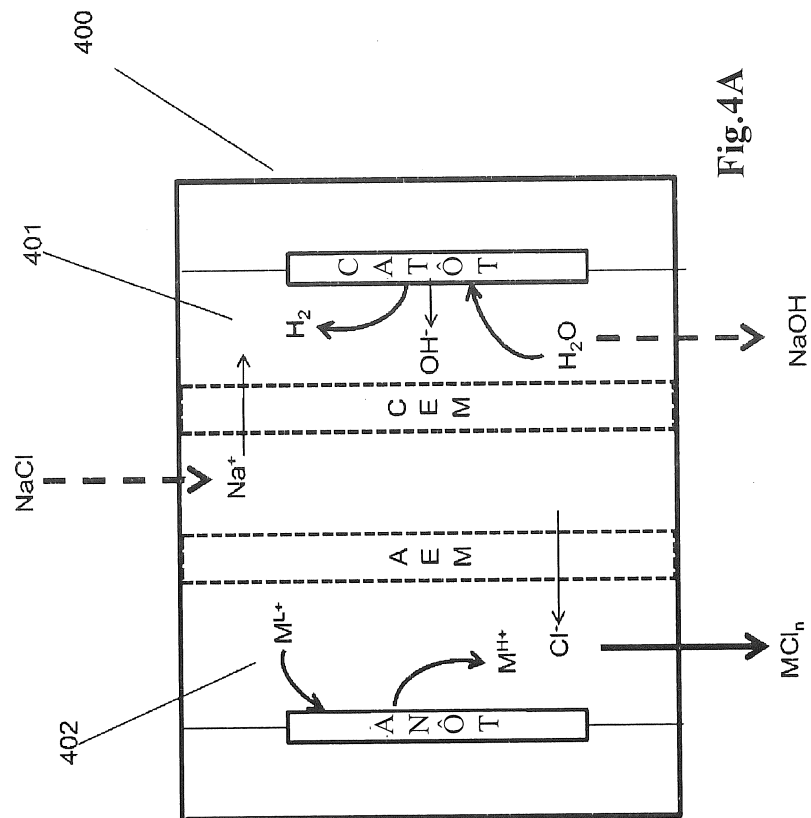


Fig. 4A

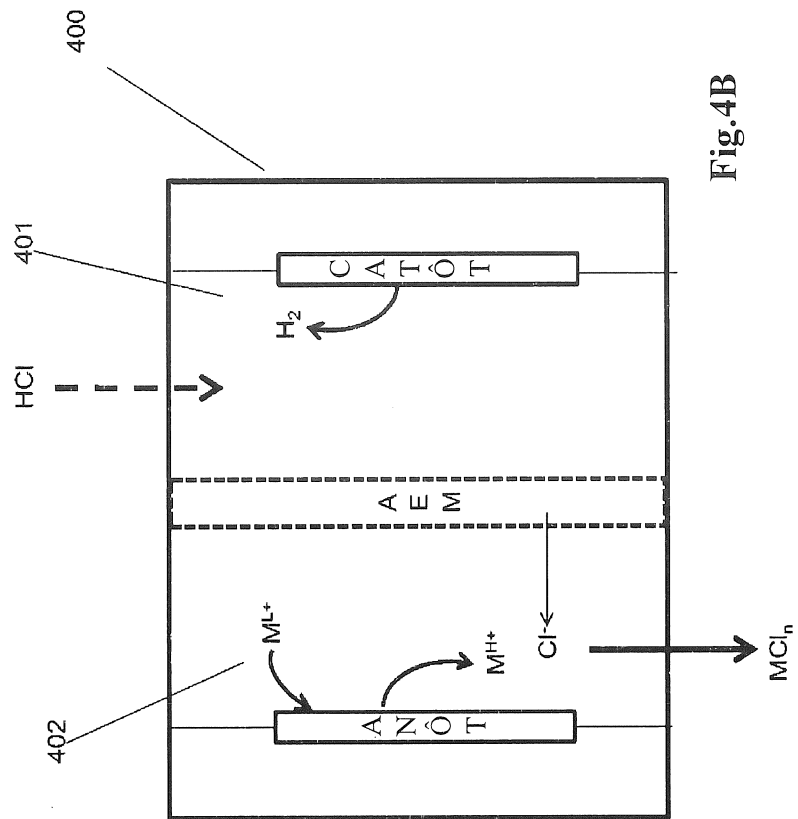


Fig. 4B

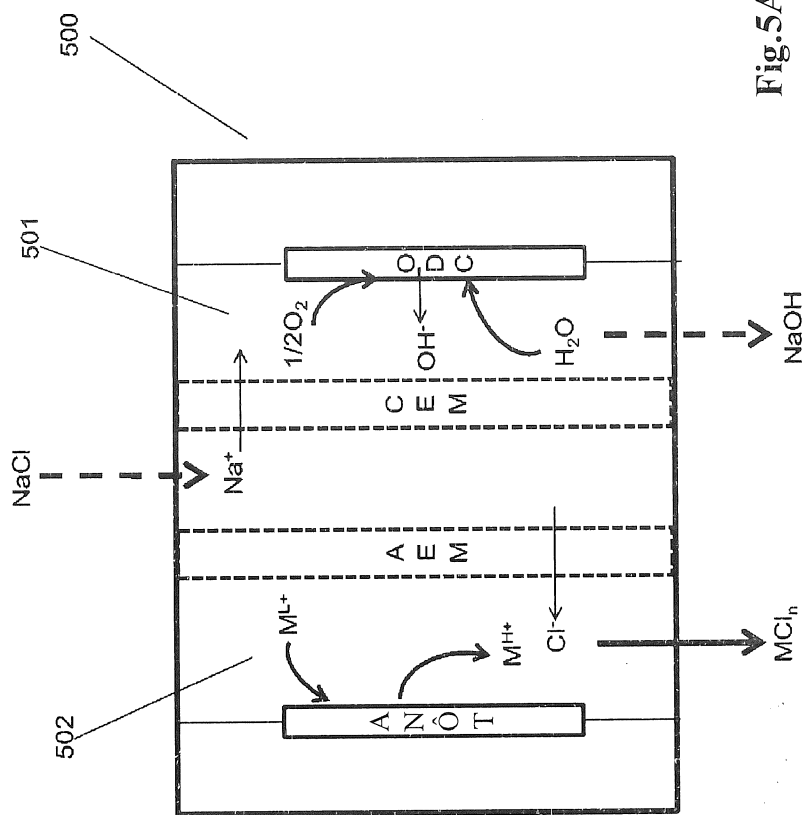


Fig. 5A

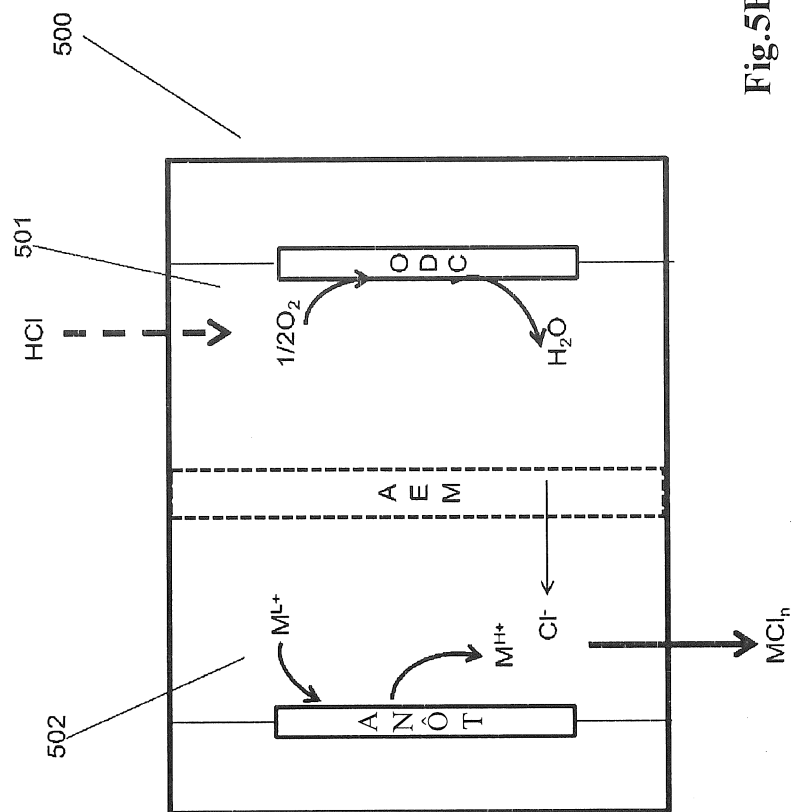


Fig.5B

9/40

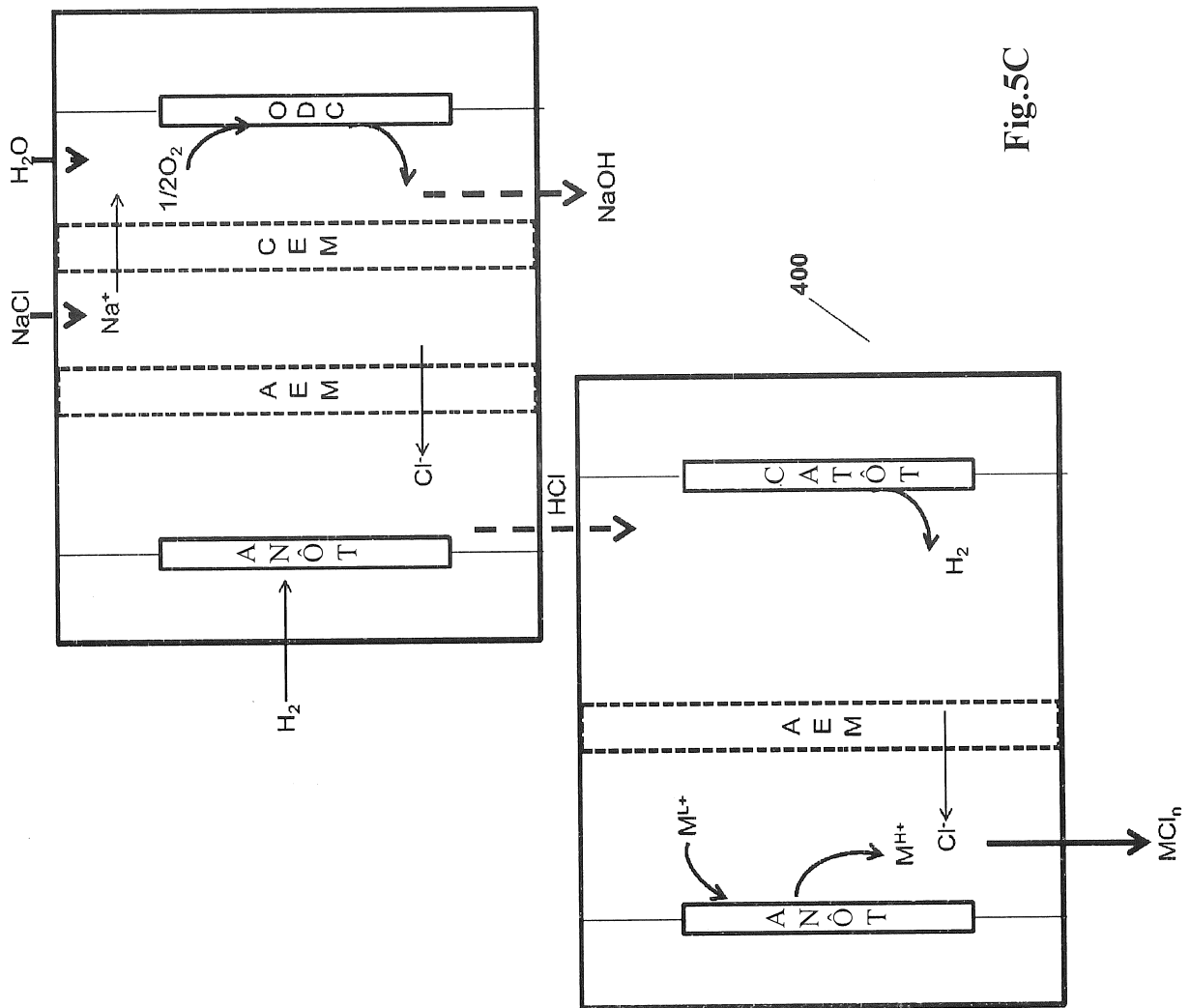


Fig.5C

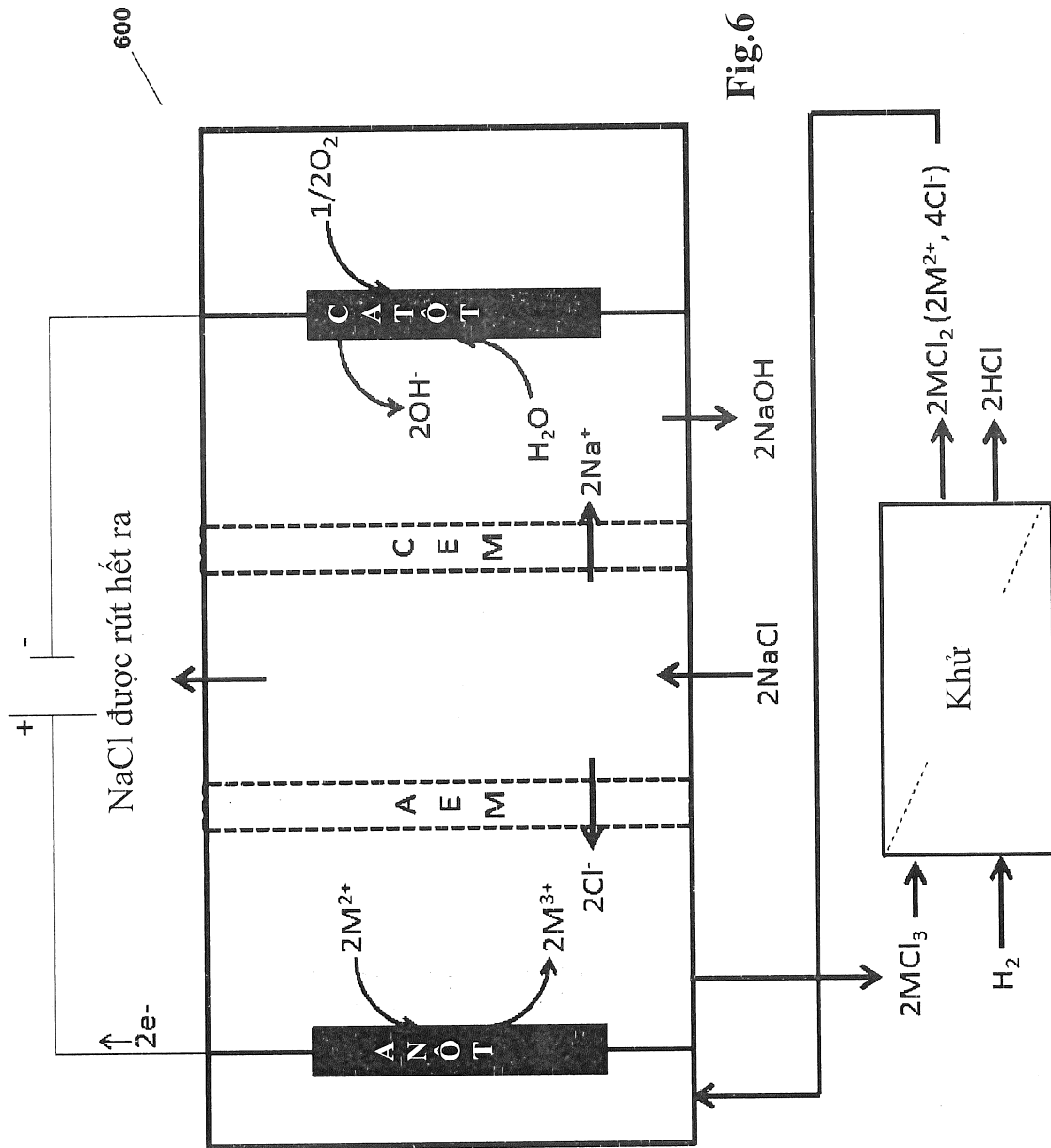


Fig.6

11/40

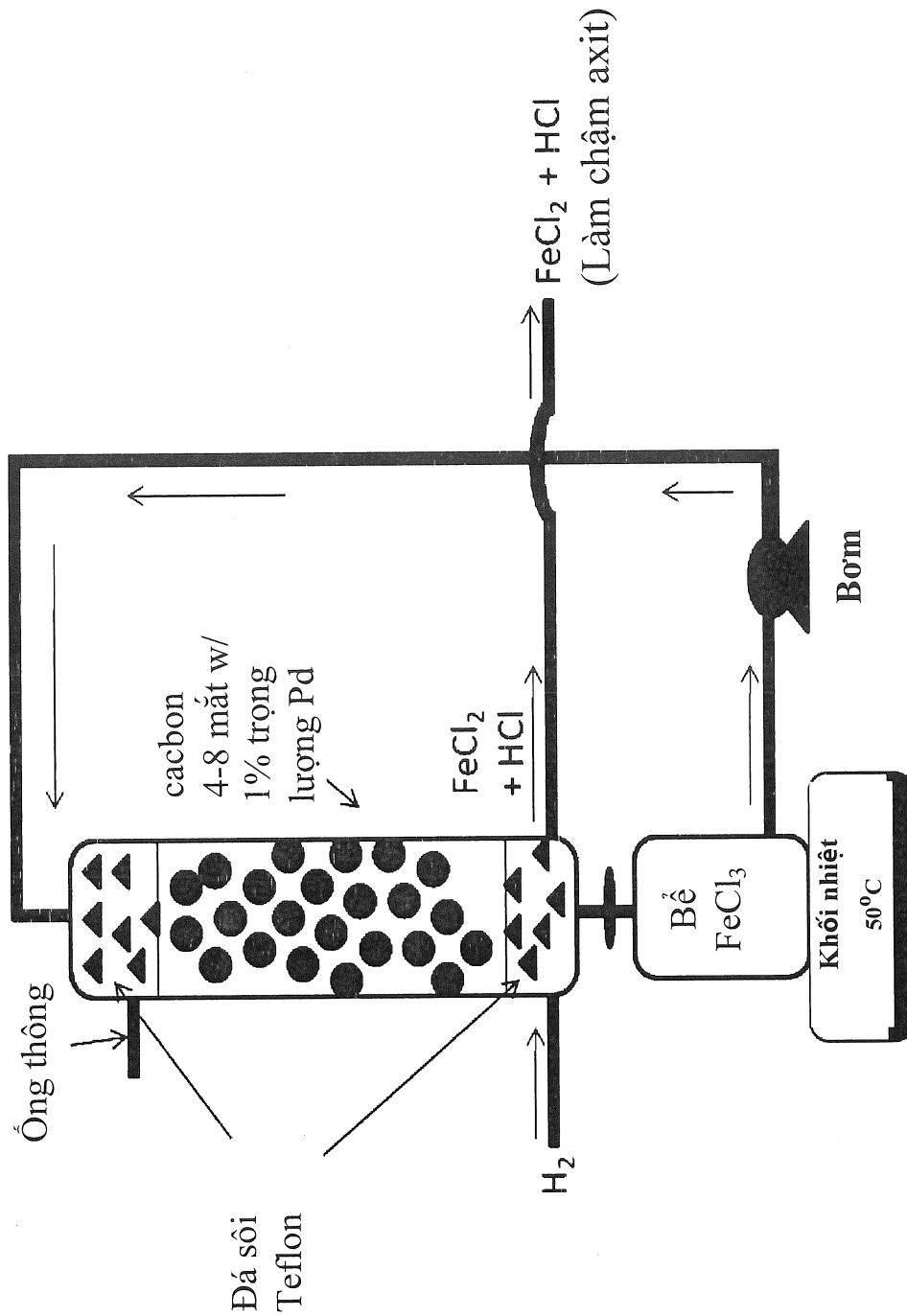


Fig.7A

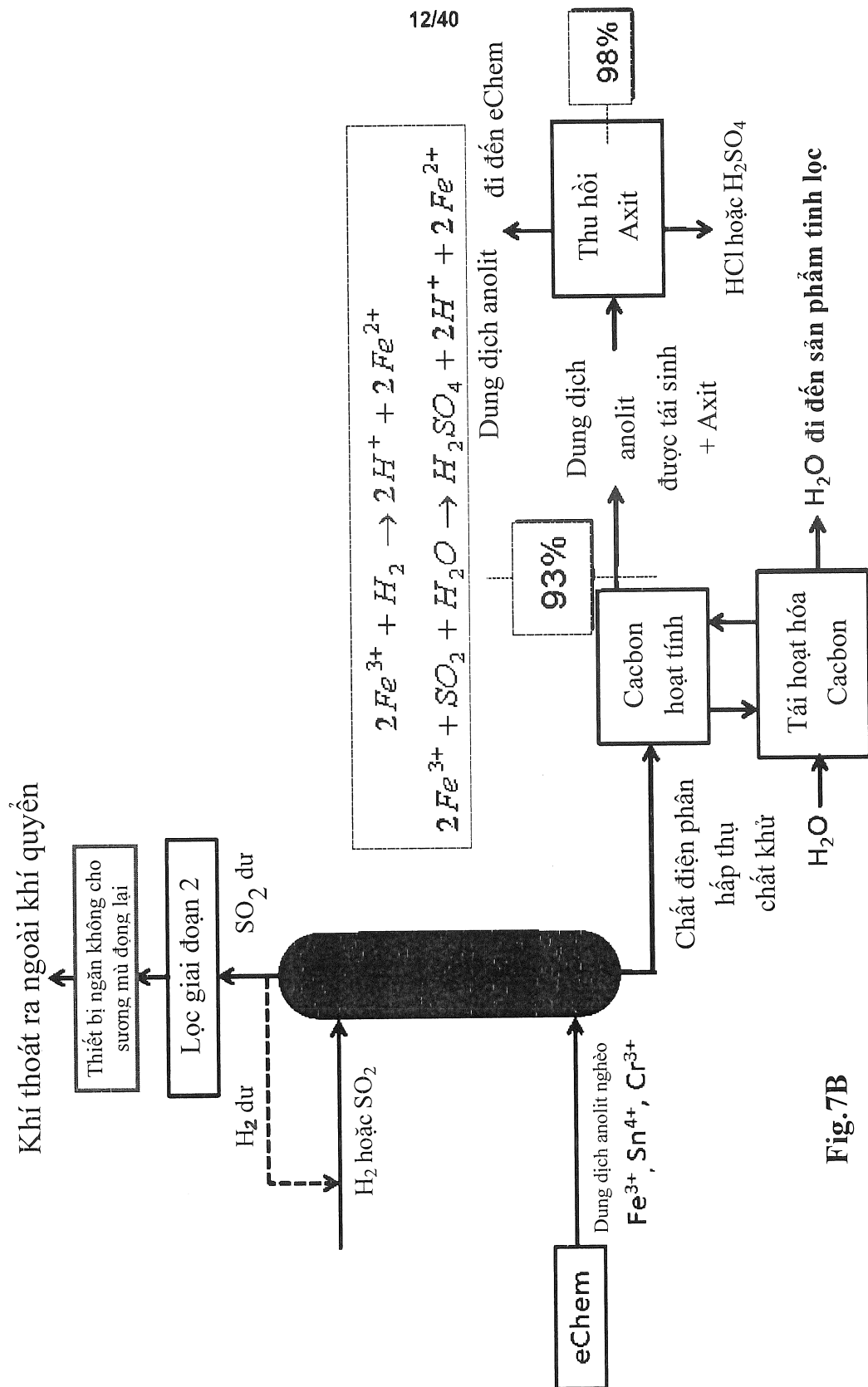
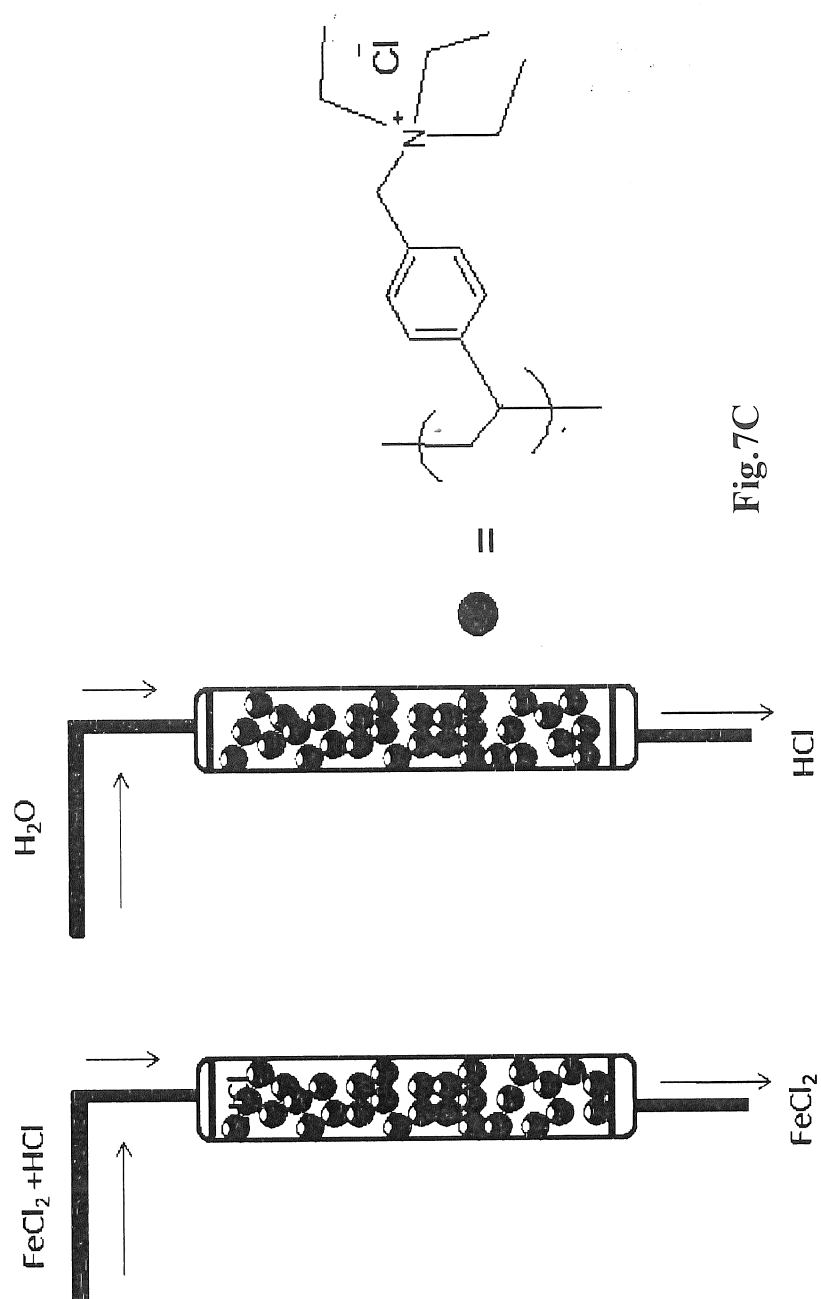


Fig.7B

13/40



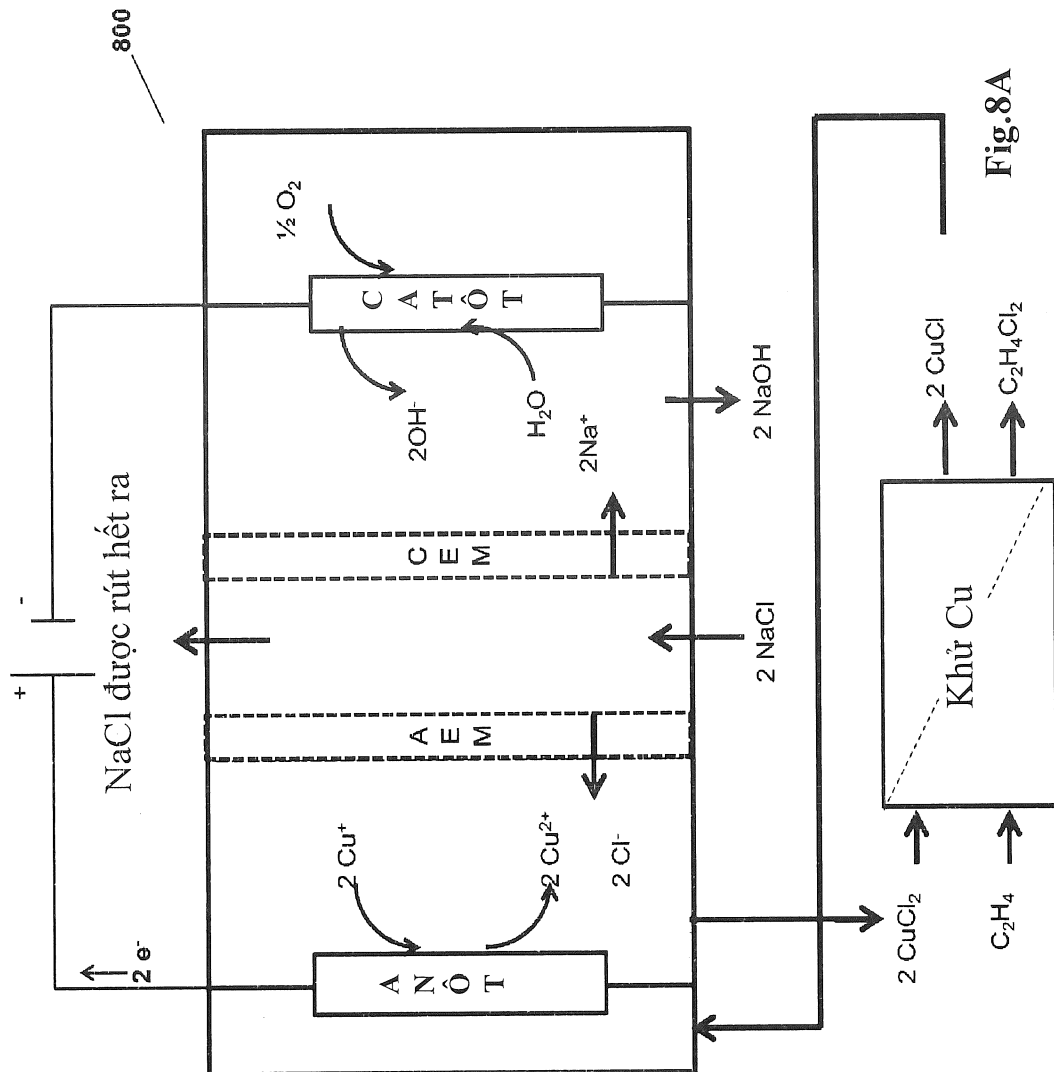


Fig.8A

15/40

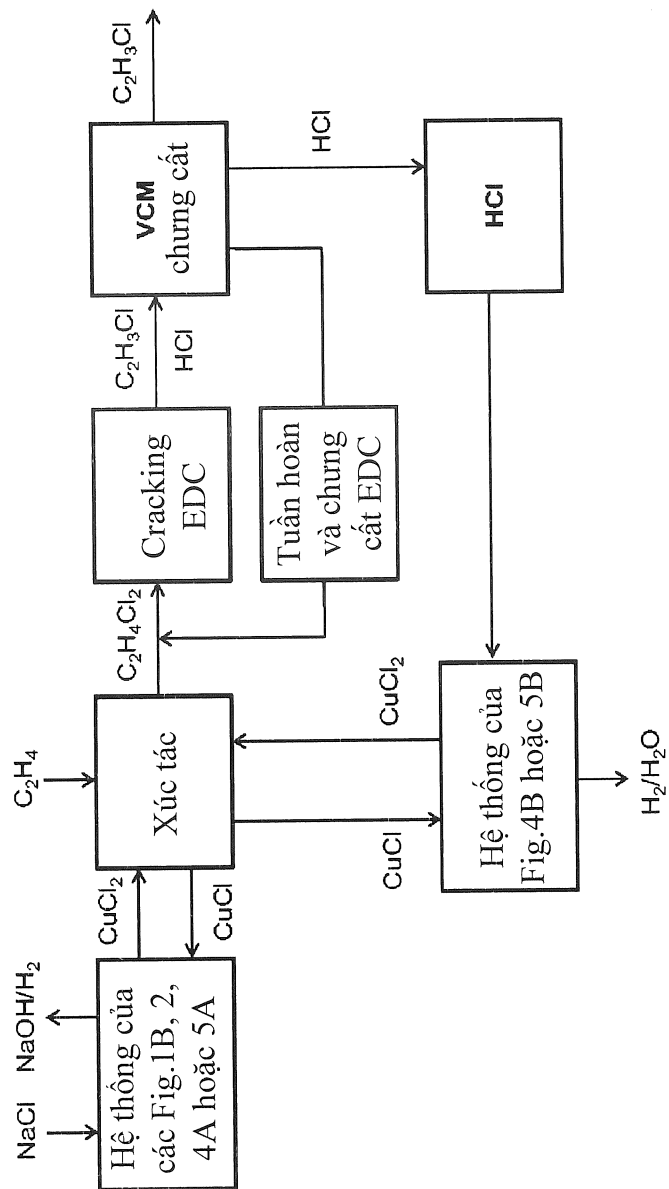


Fig. 8B

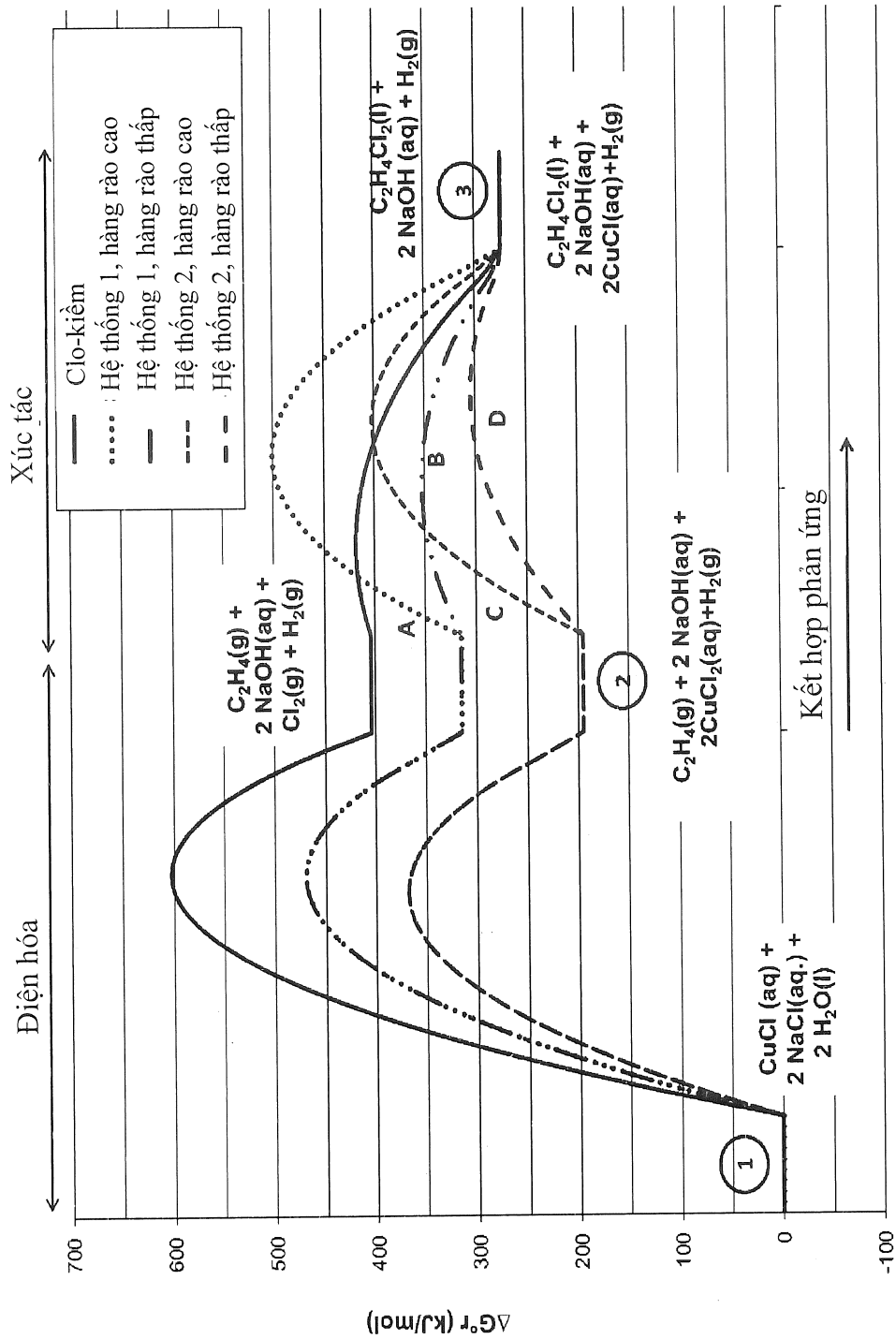


Fig.8C

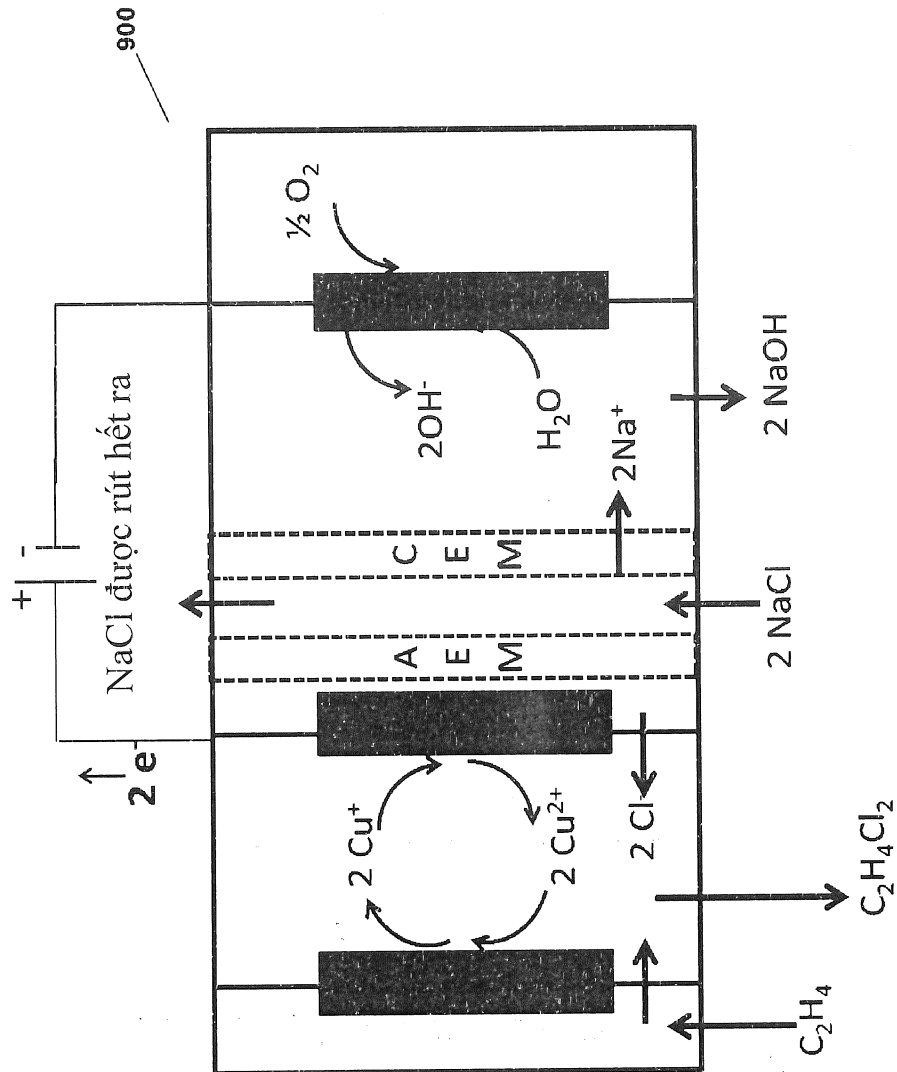


Fig.9

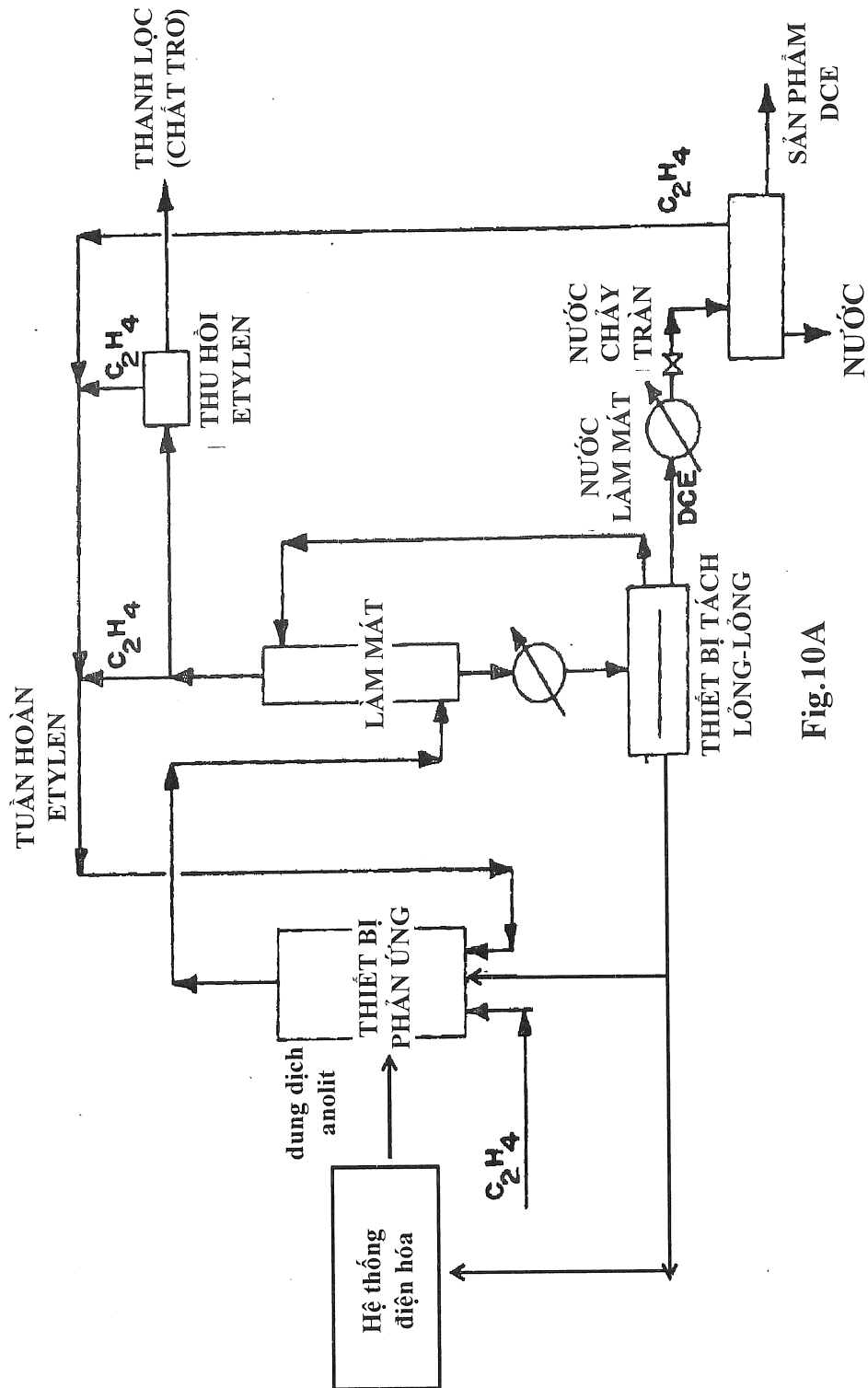
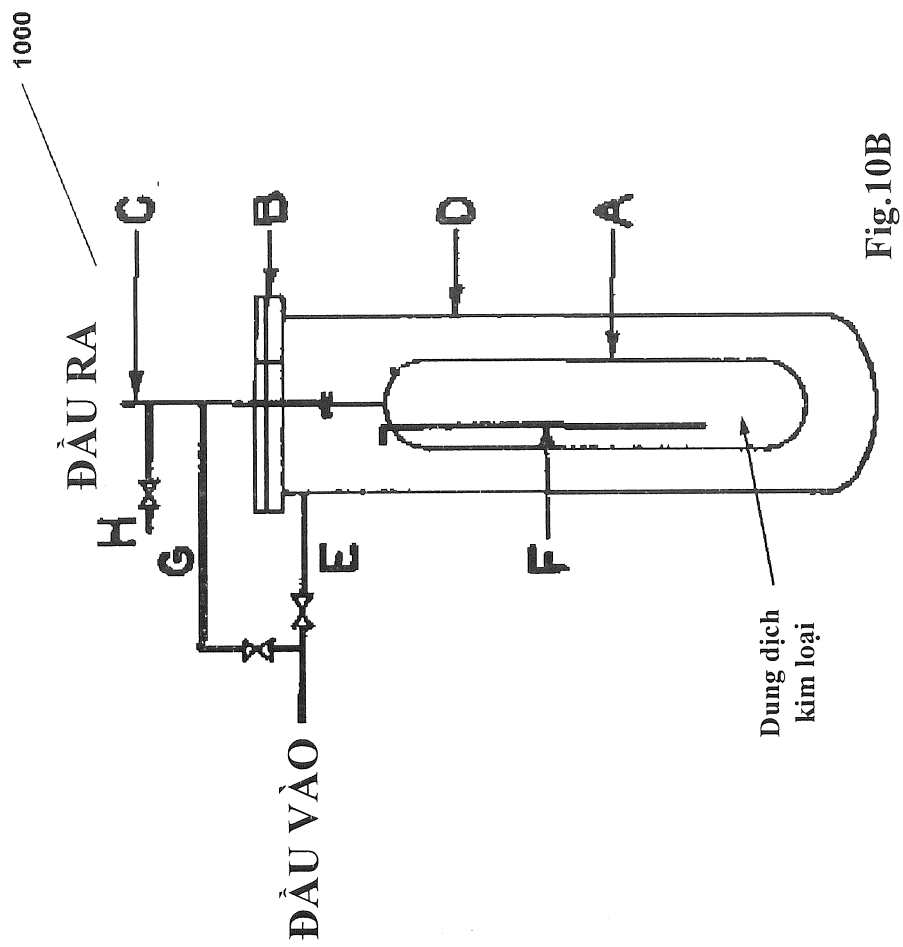


Fig.10A



20/40

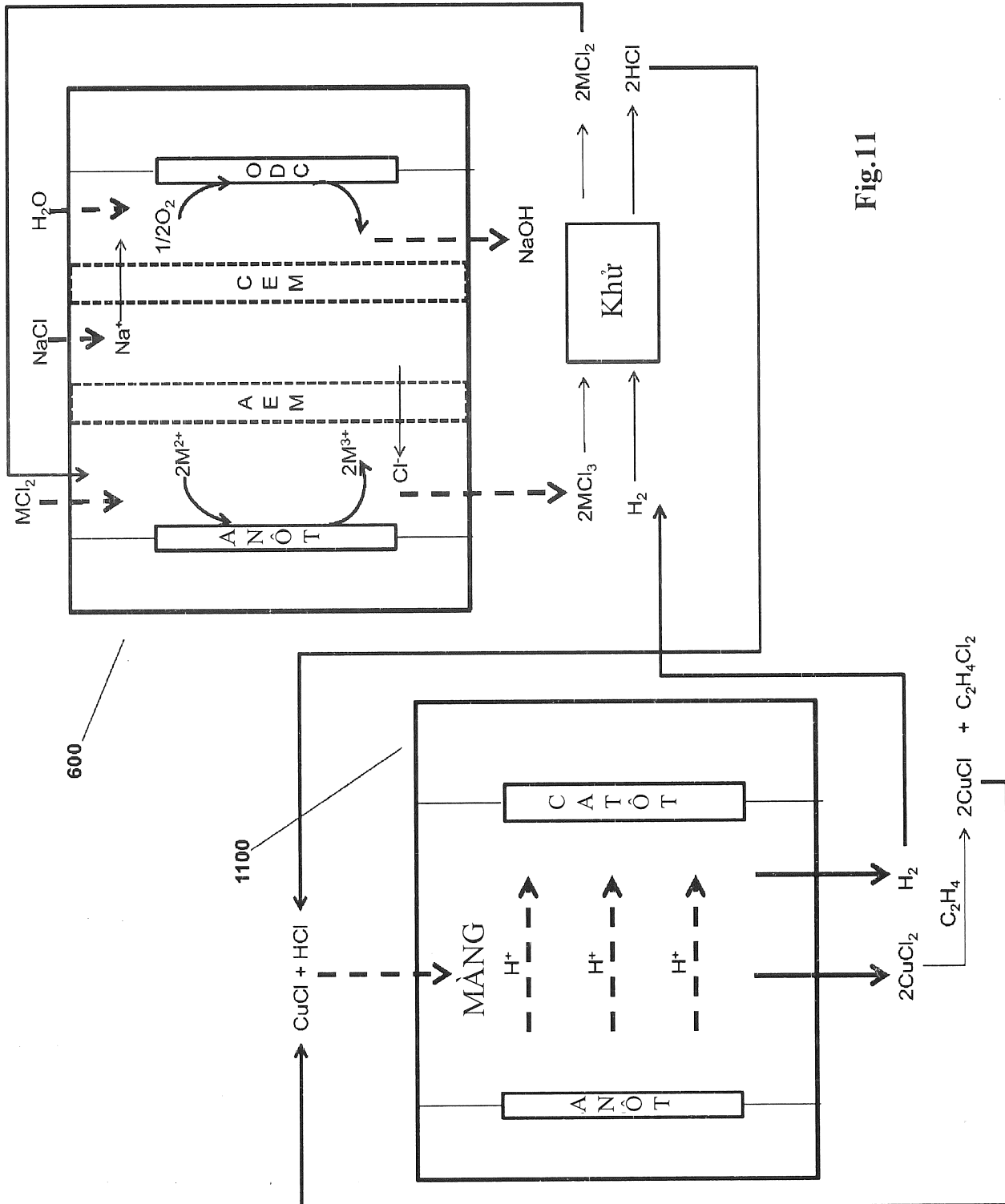


Fig.11

21/40

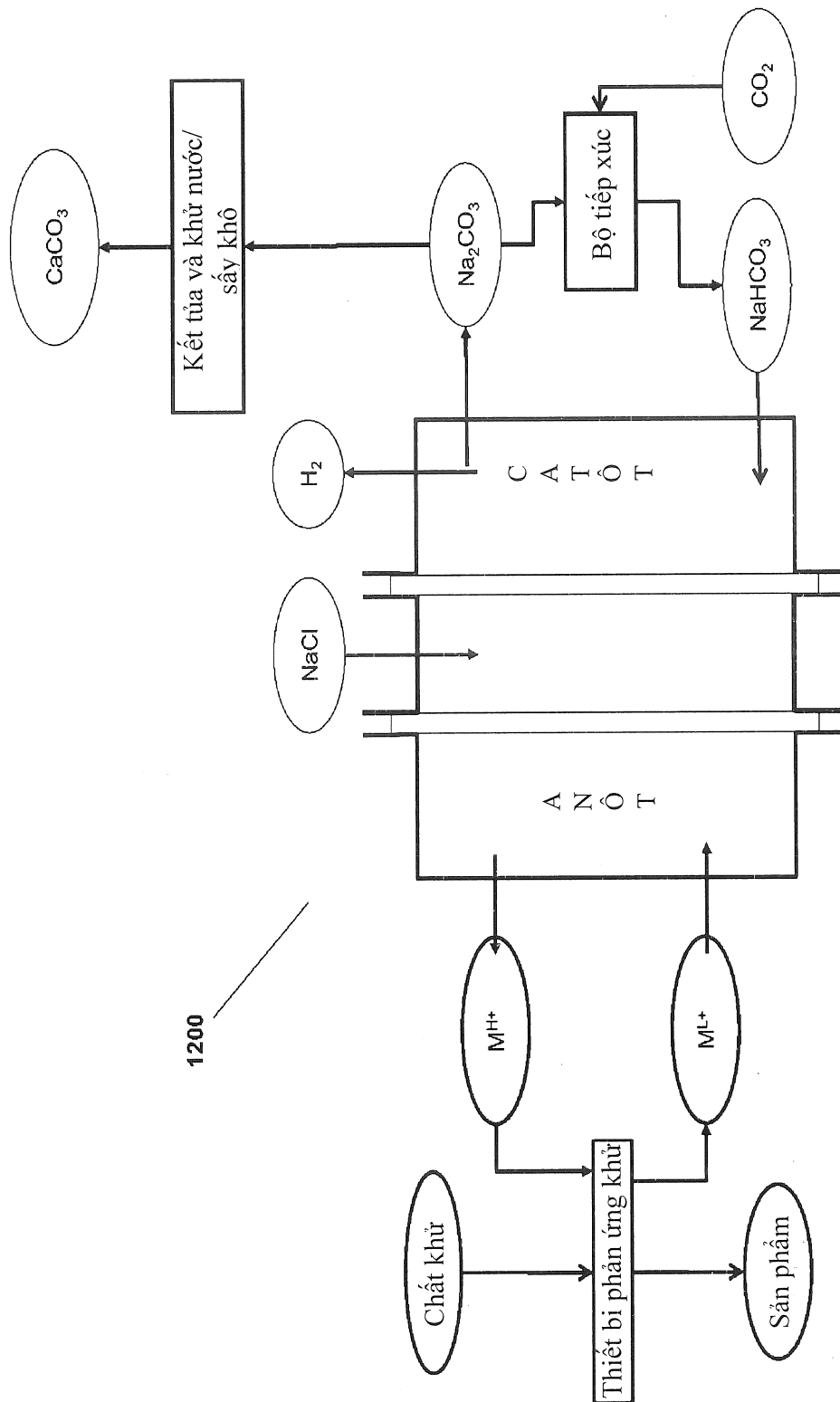
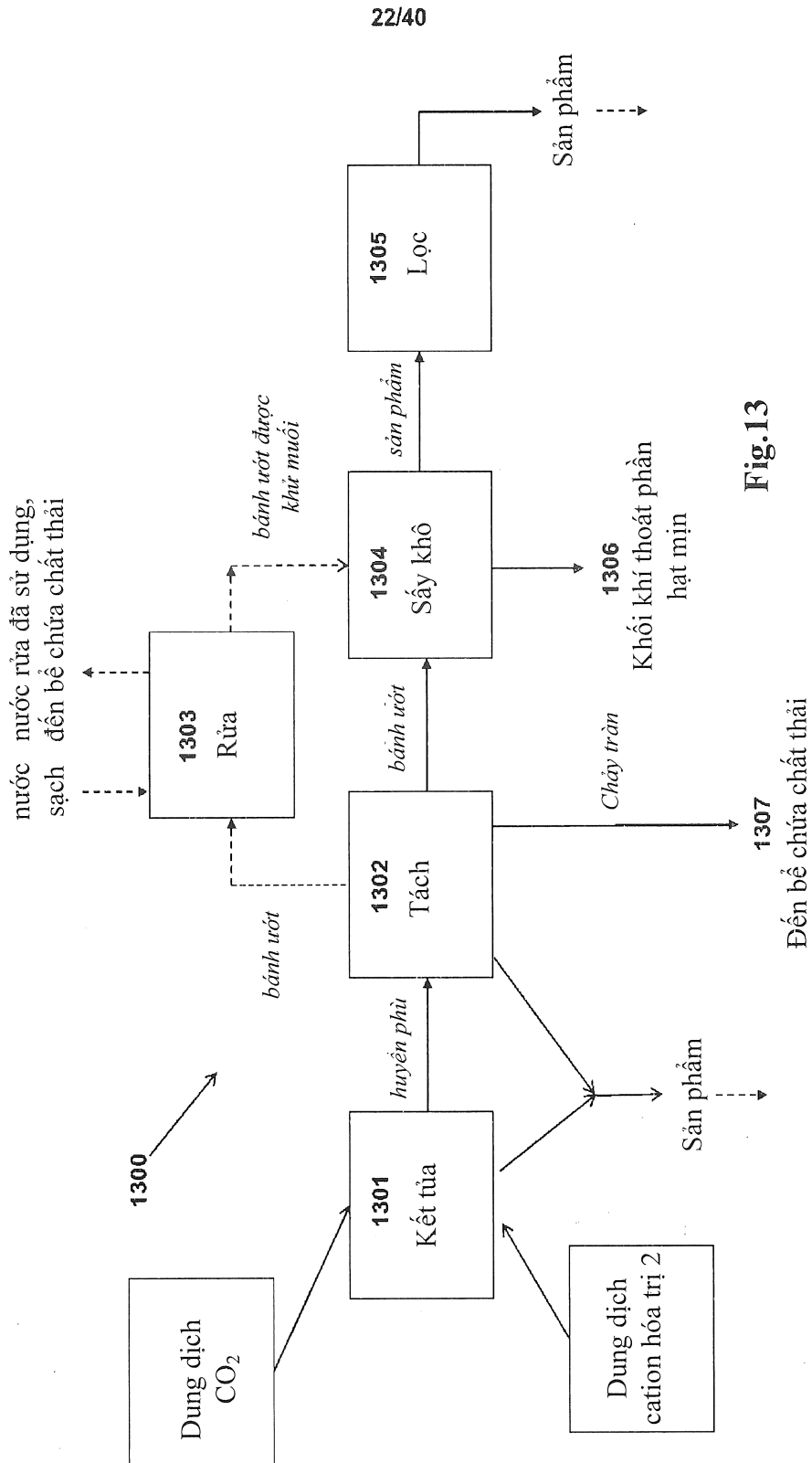


Fig.12



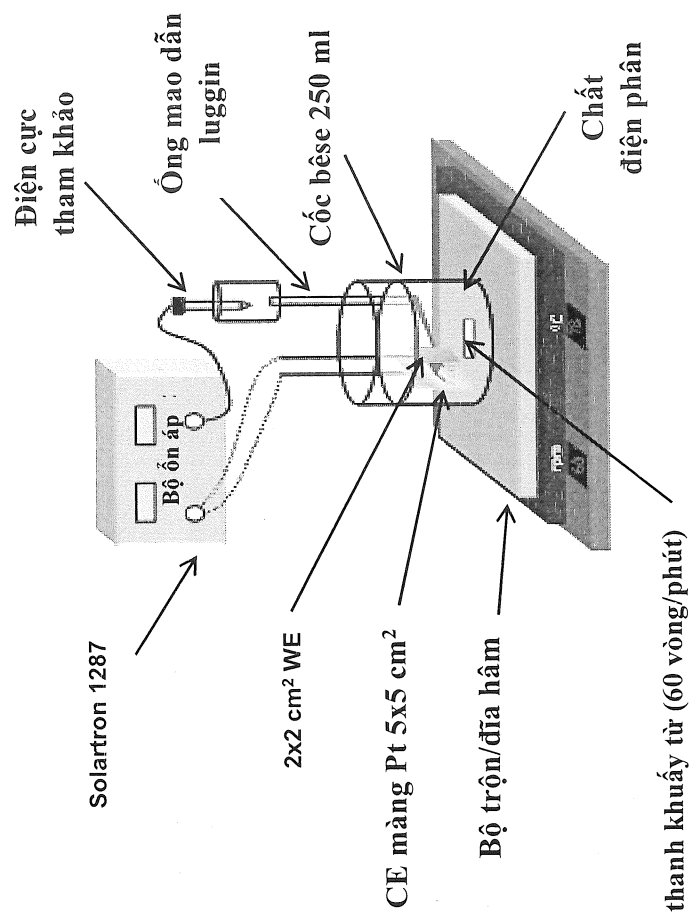


FIG.14

24/40

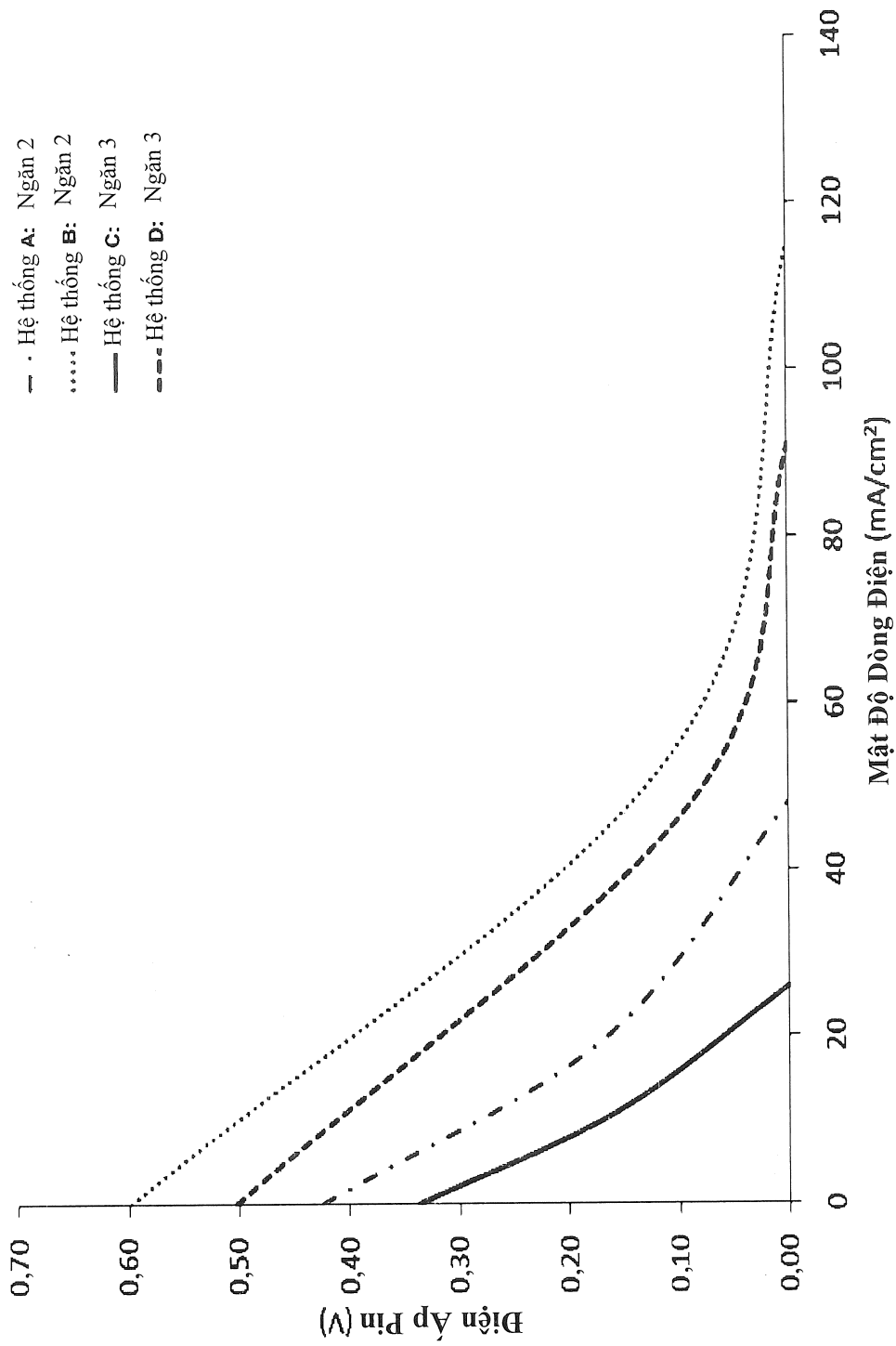


Fig.15

25/40

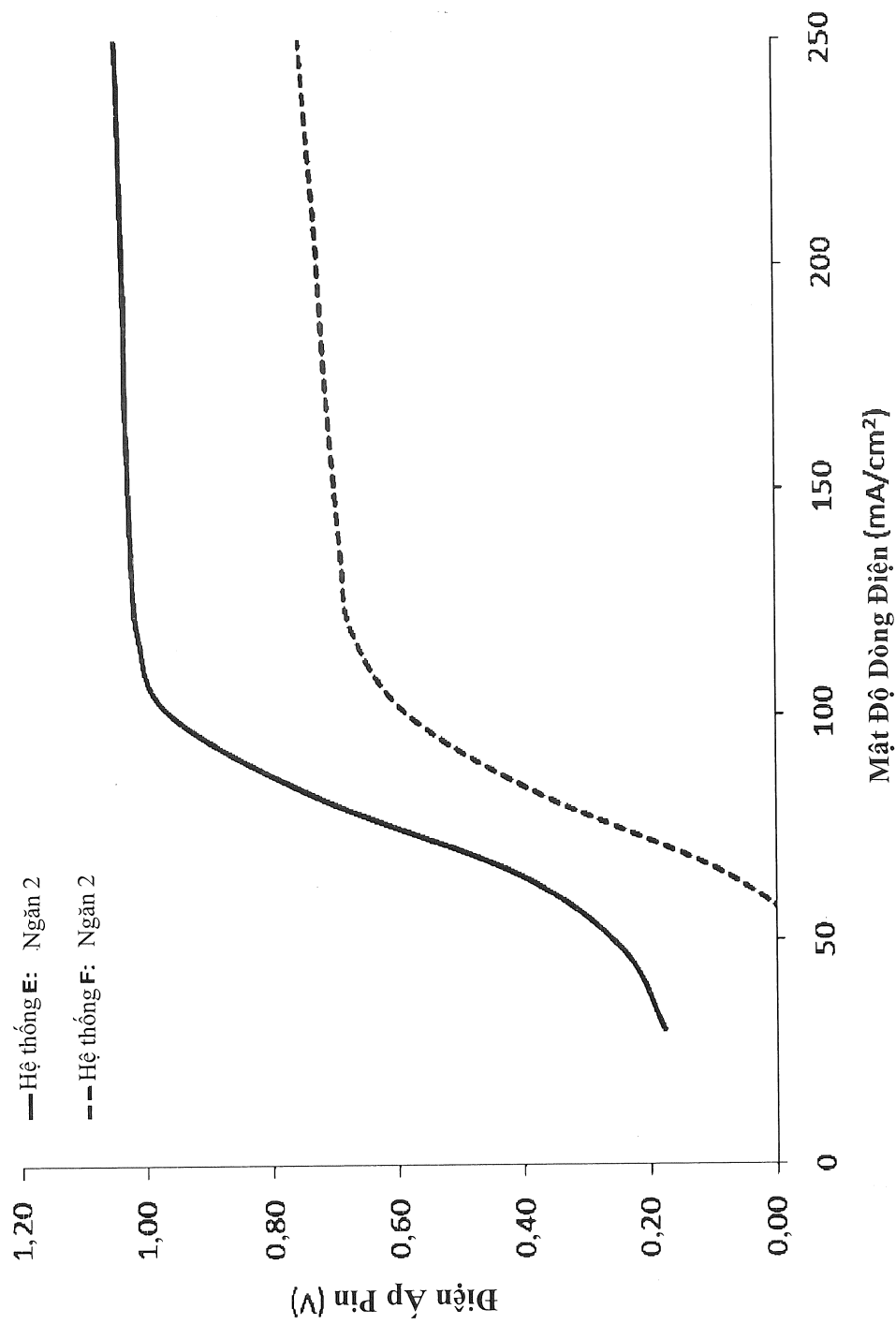


Fig.16

26/40

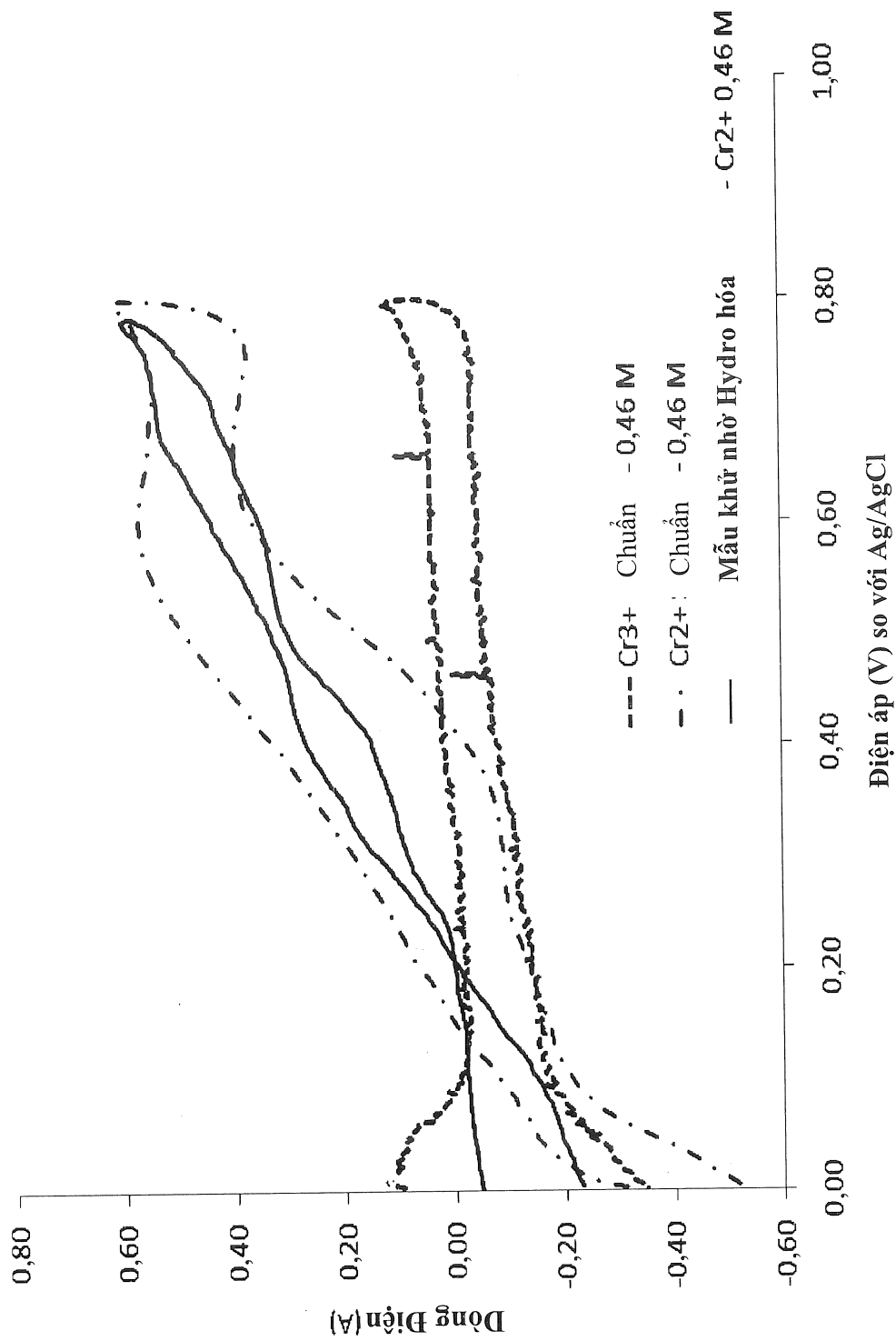


Fig.17A

27/40

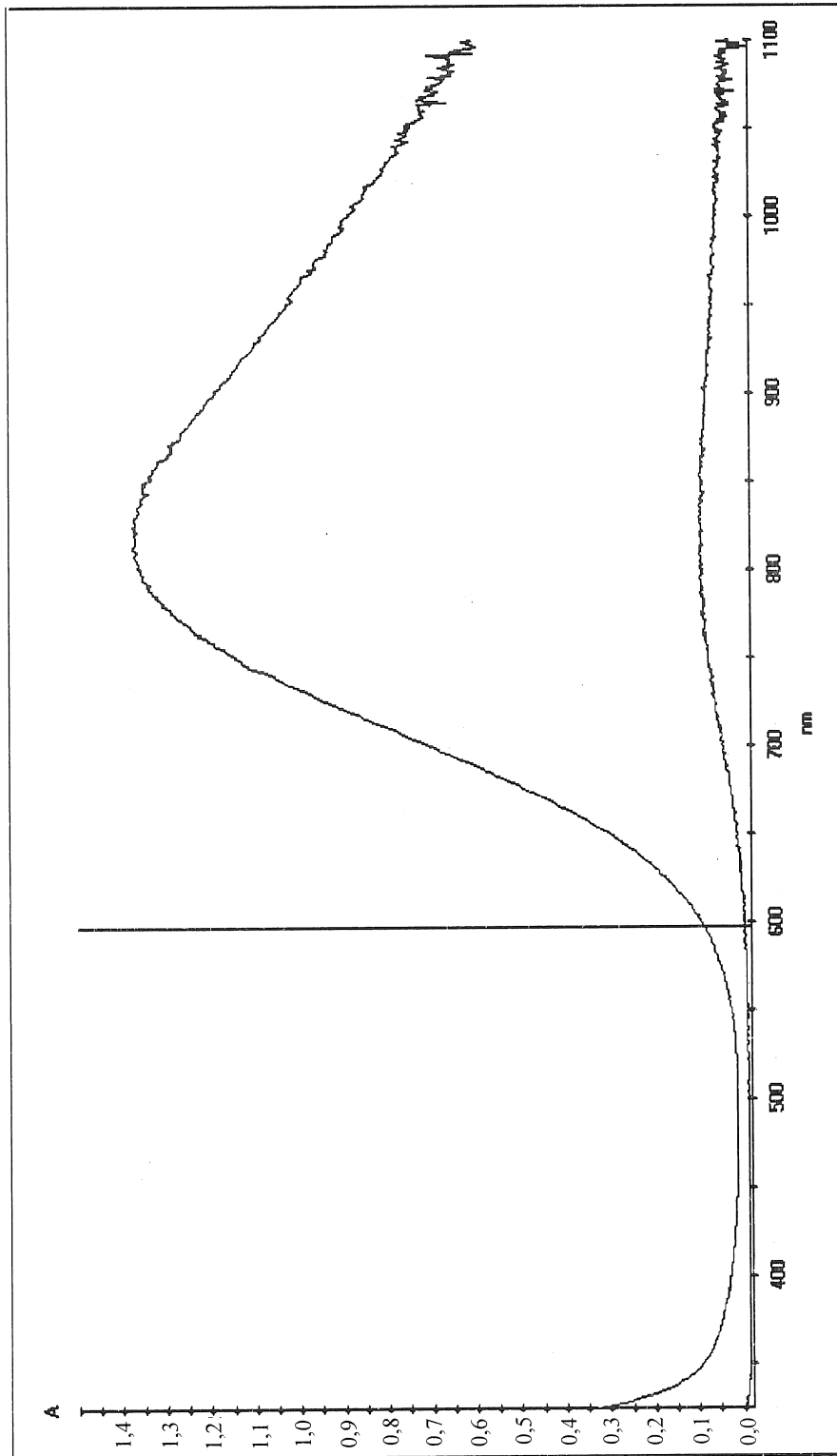


Fig.17A

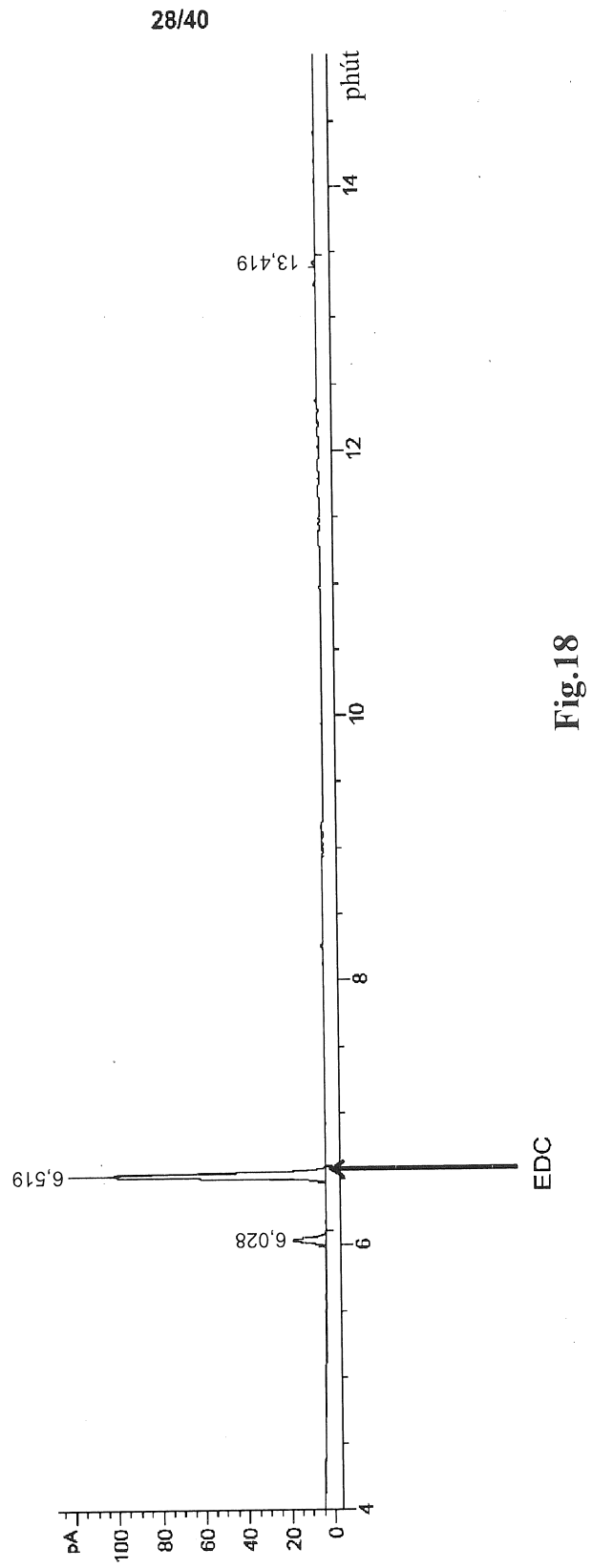


Fig.18

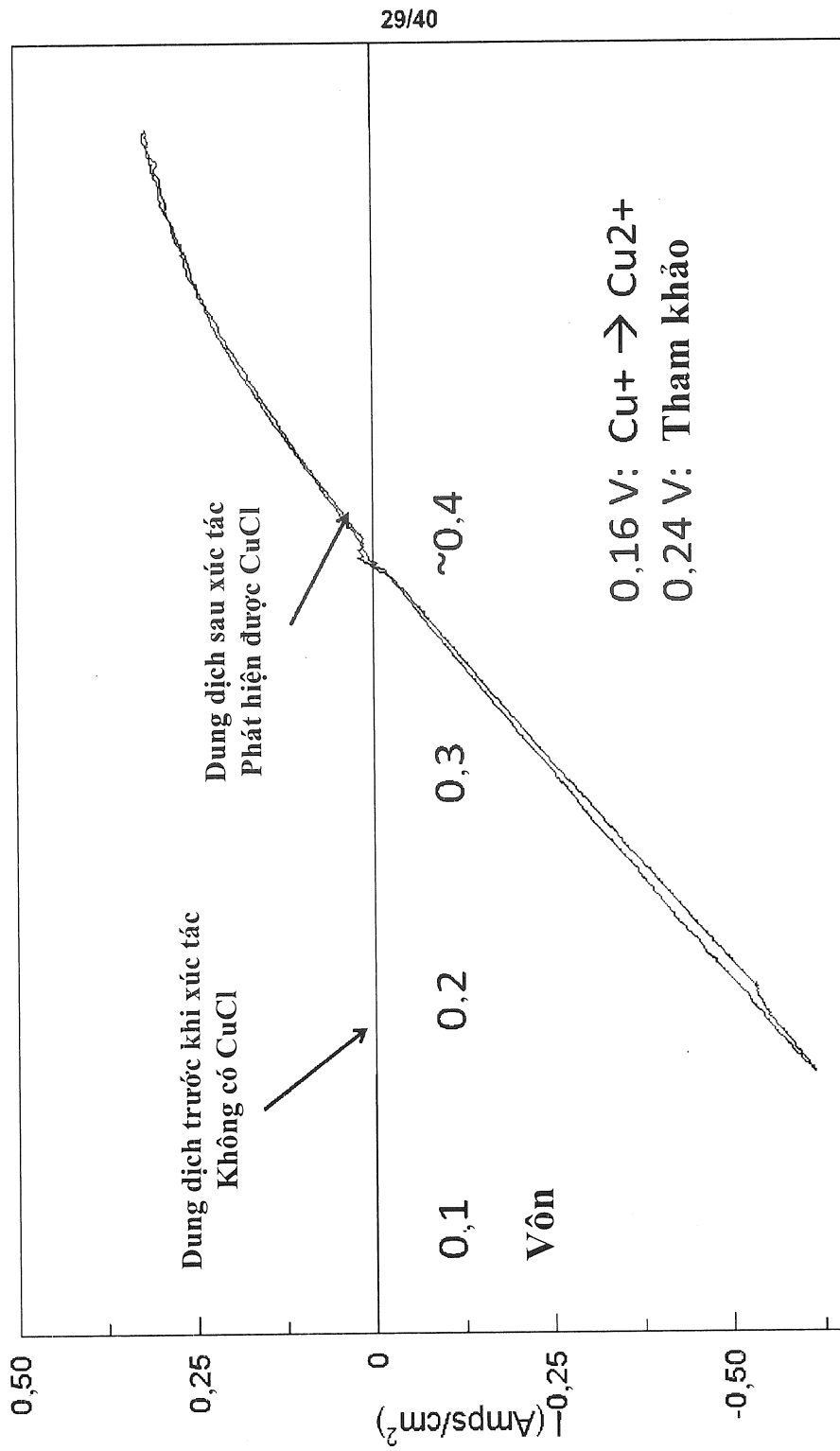


Fig.19

30/40

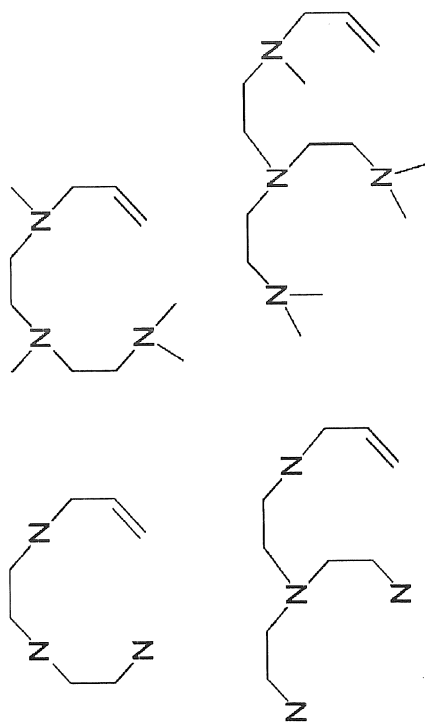
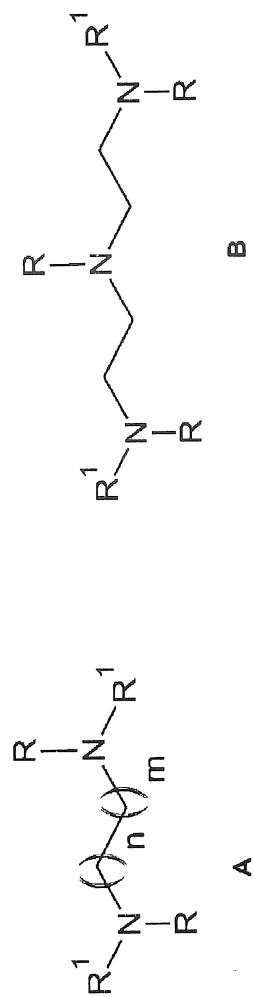


Fig.20

Một vài ví dụ

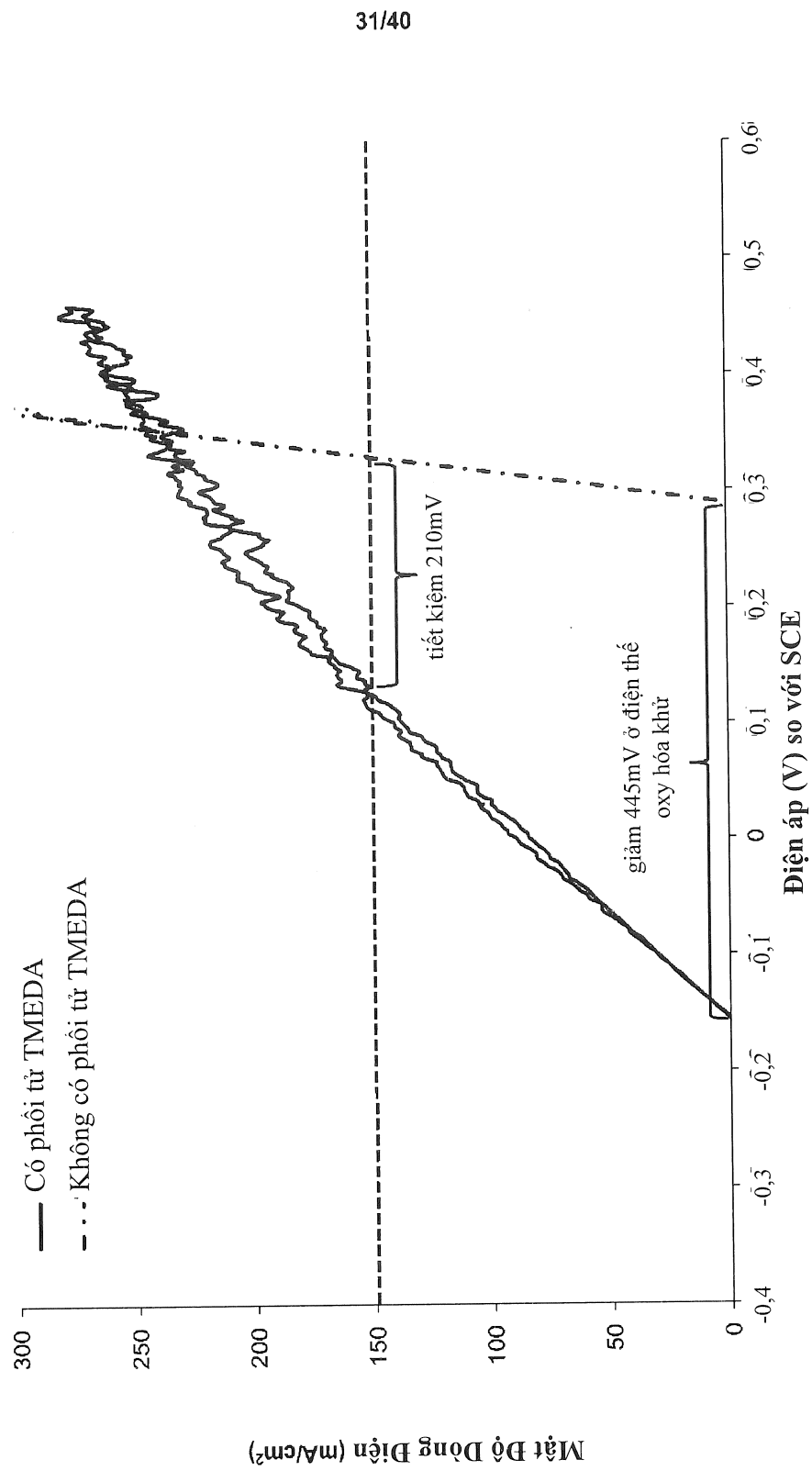


Fig.21

32/40

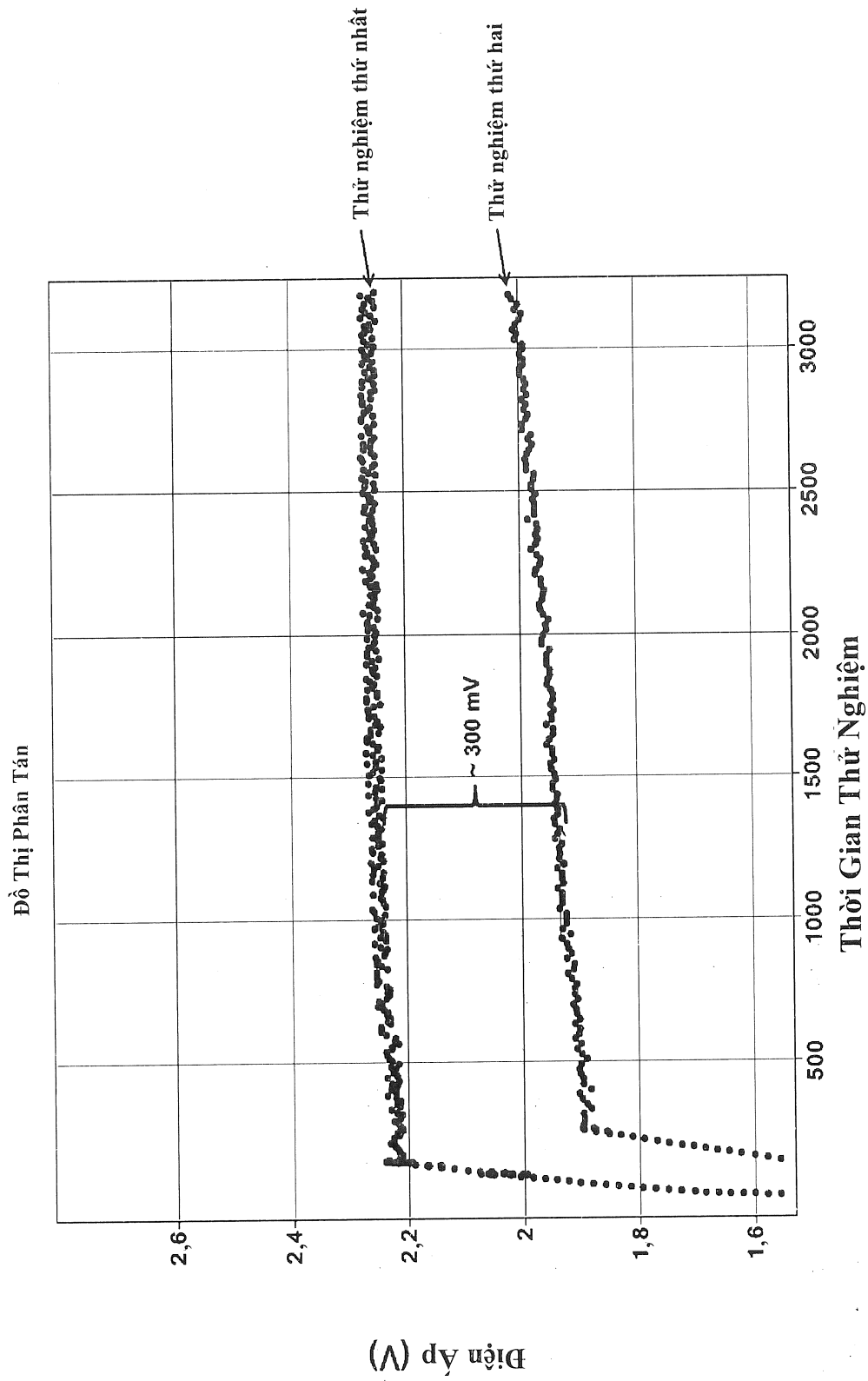


Fig.22

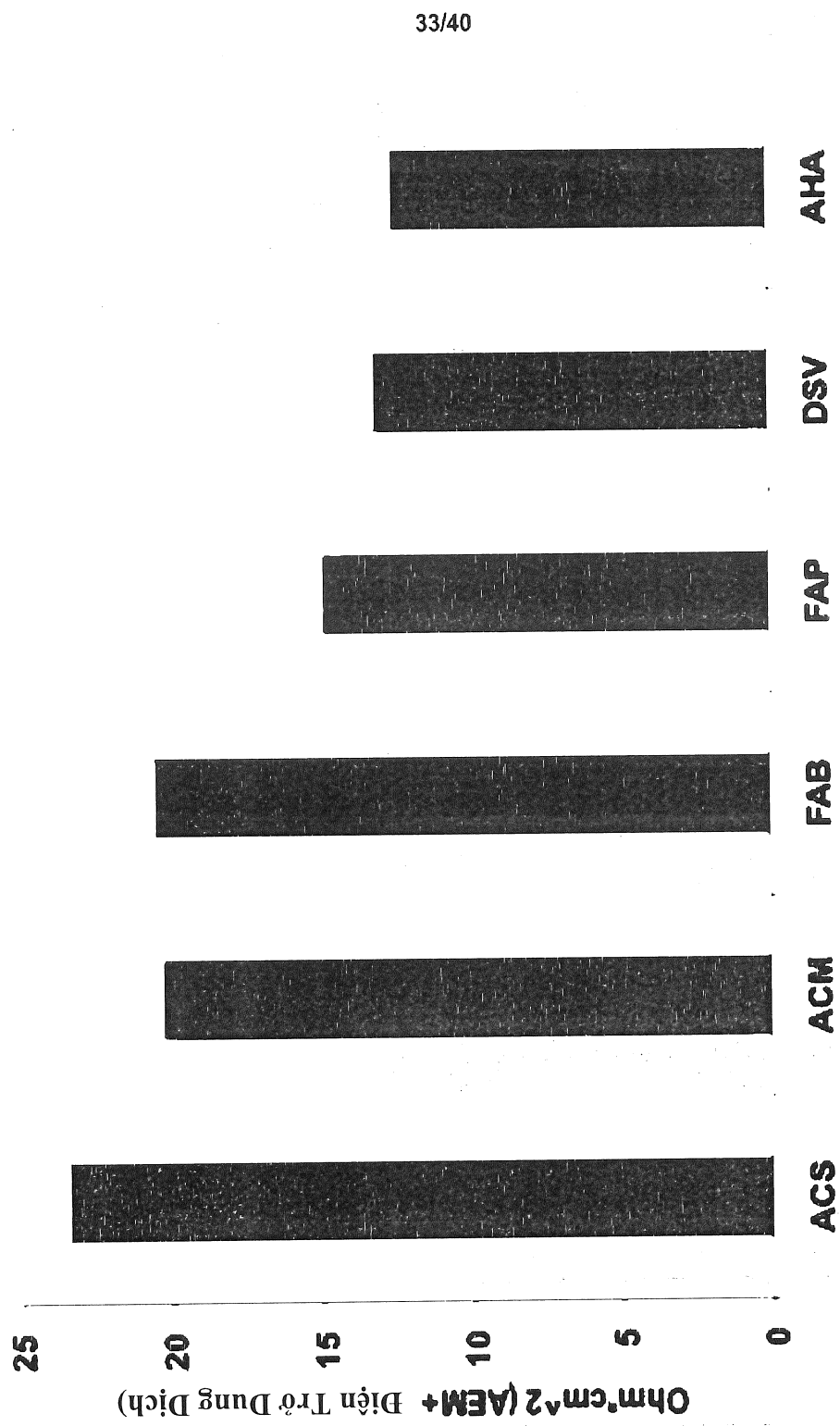


Fig.23

34/40

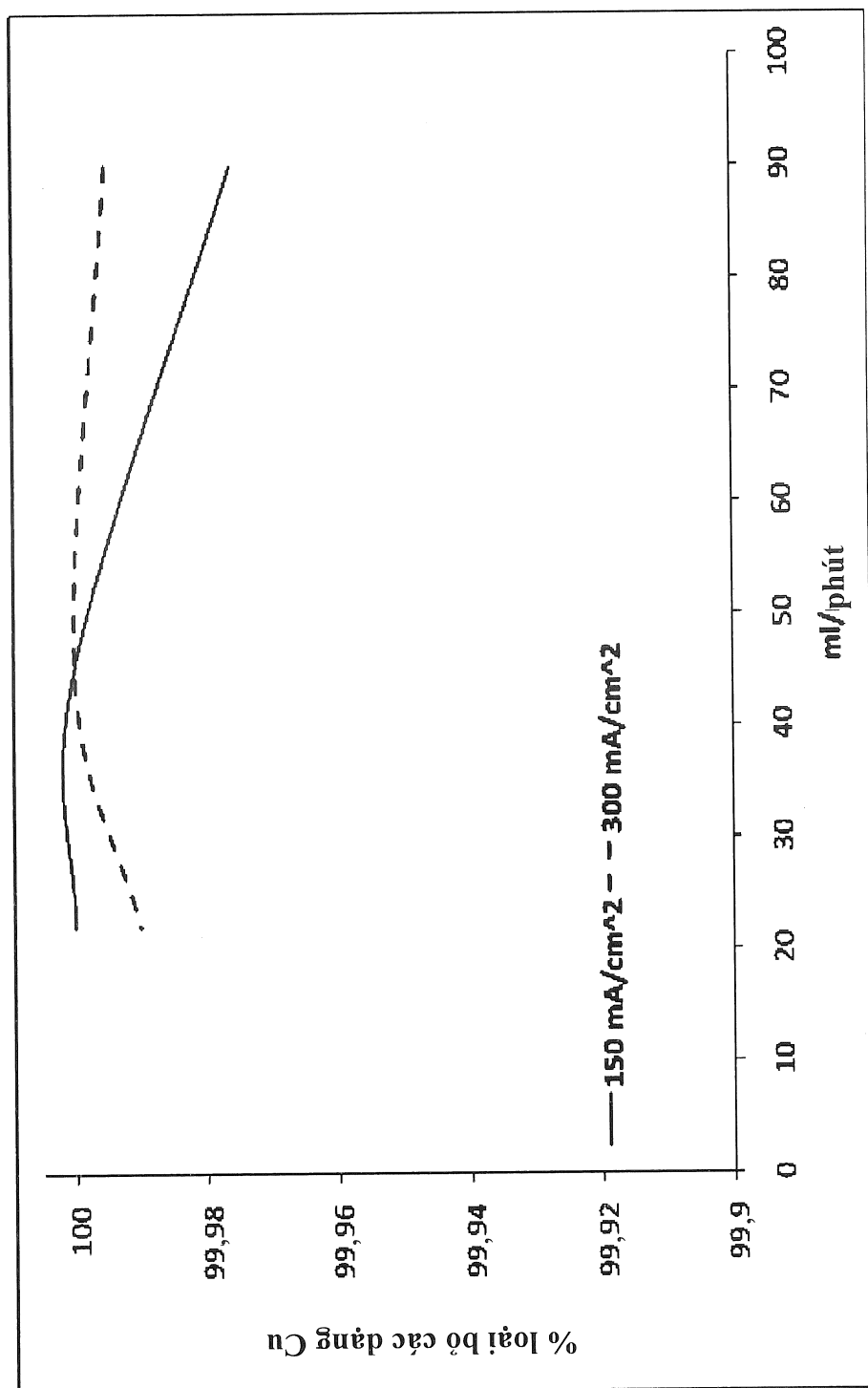


Fig.24

35/40

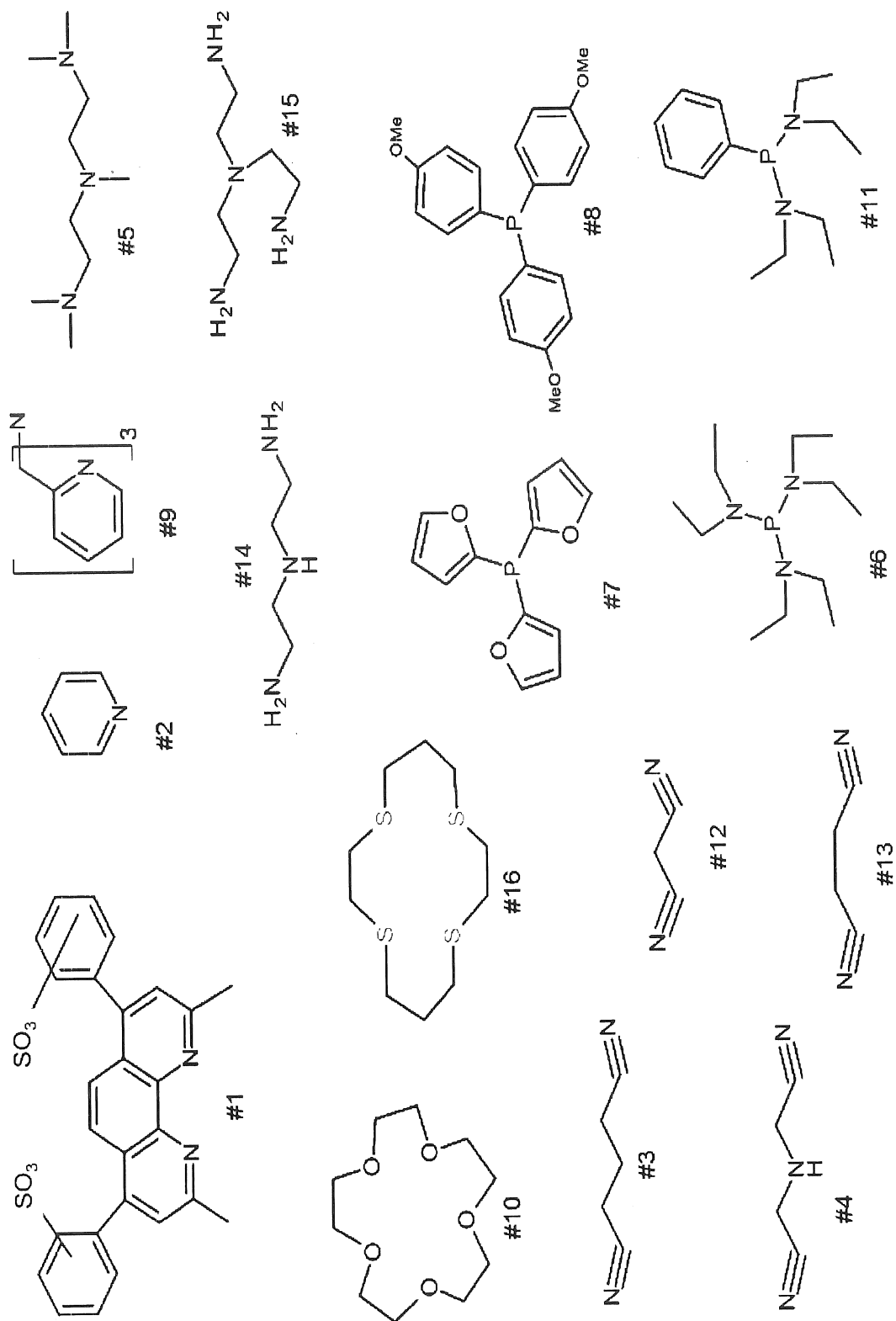
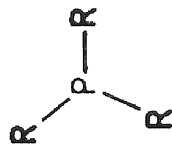
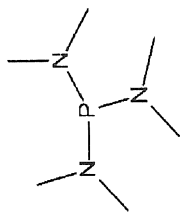


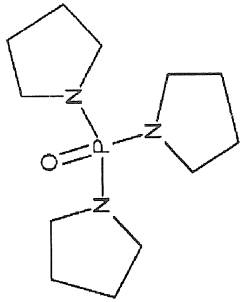
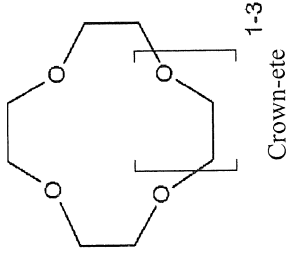
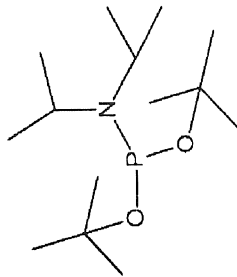
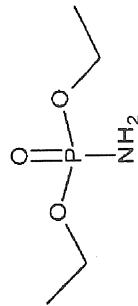
Fig.25A

Phosphin

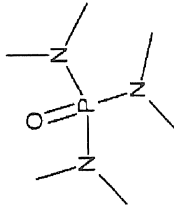
R = béo, thơm,
thơm được thế, NR₂



Tris(dimetylamino)phosphin

Triamit của axit
Tris(N,N-tremametylen)phosphoric1-3
Crown-eteDi-tert-butyl N,N-diisopropyl
phosphoramidit

Dietyl phosphoramidat



Hexametylphosphoramit

36/40

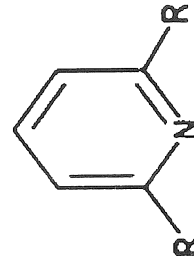
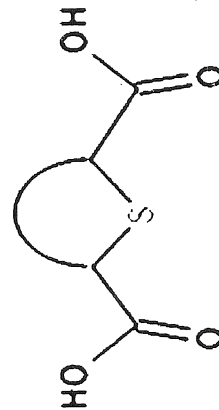
Chất cho S có nhóm carboxylicR = CH₂NR₂, C₅H₅N, H, v.v..

Fig.25B

Phối tử gốc pyridin

37/40

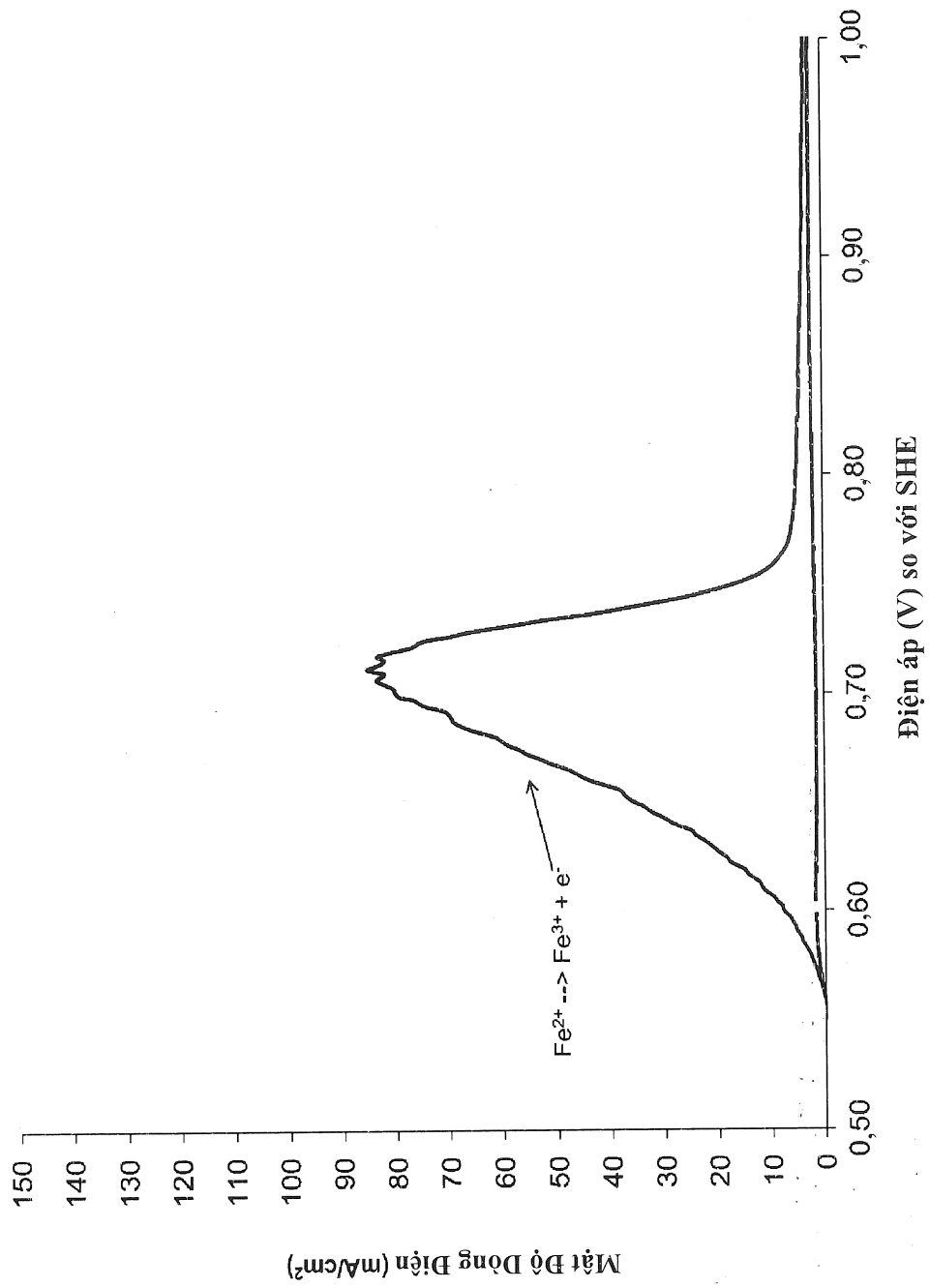


Fig.26

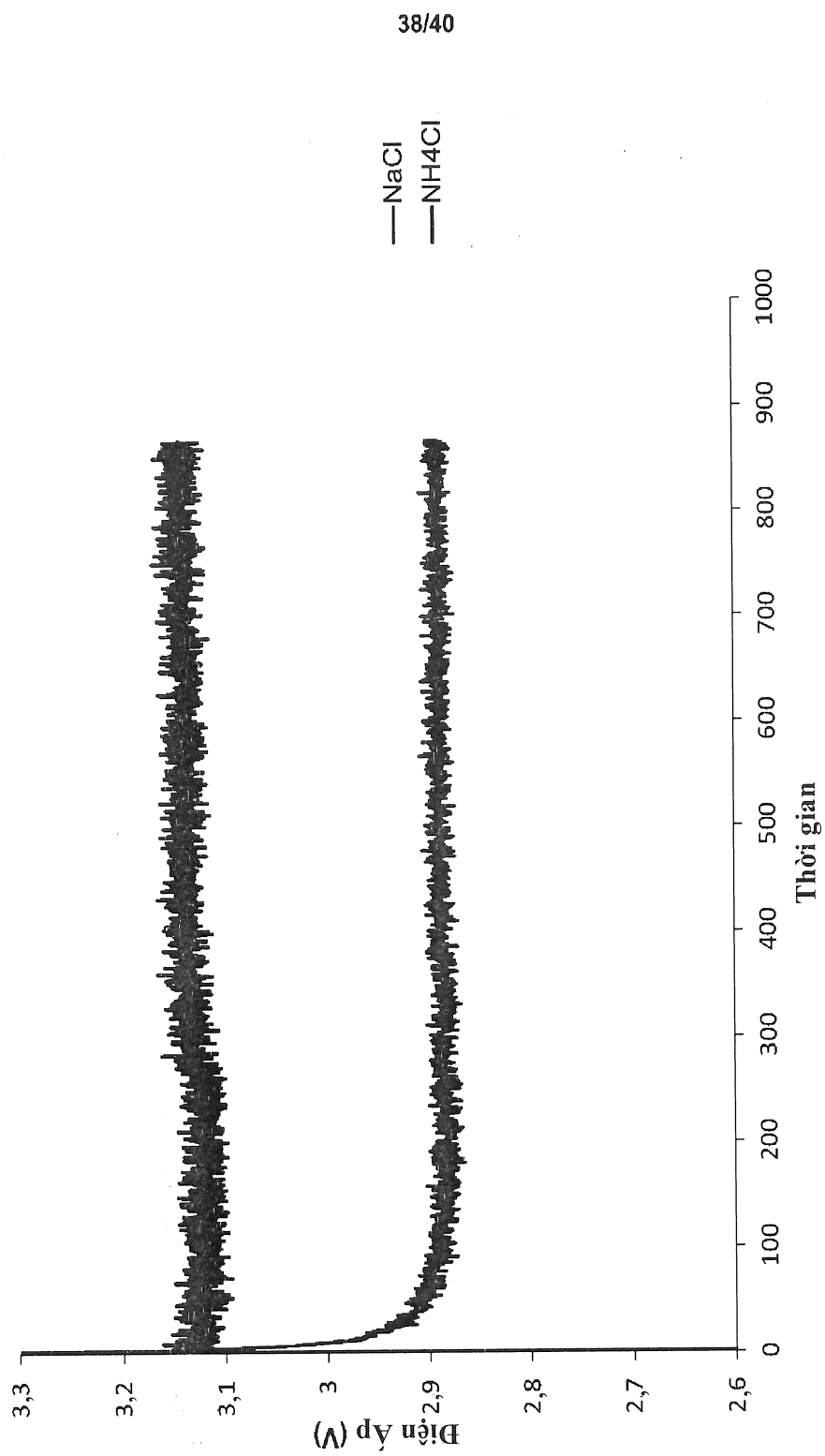


Fig.27

39/40

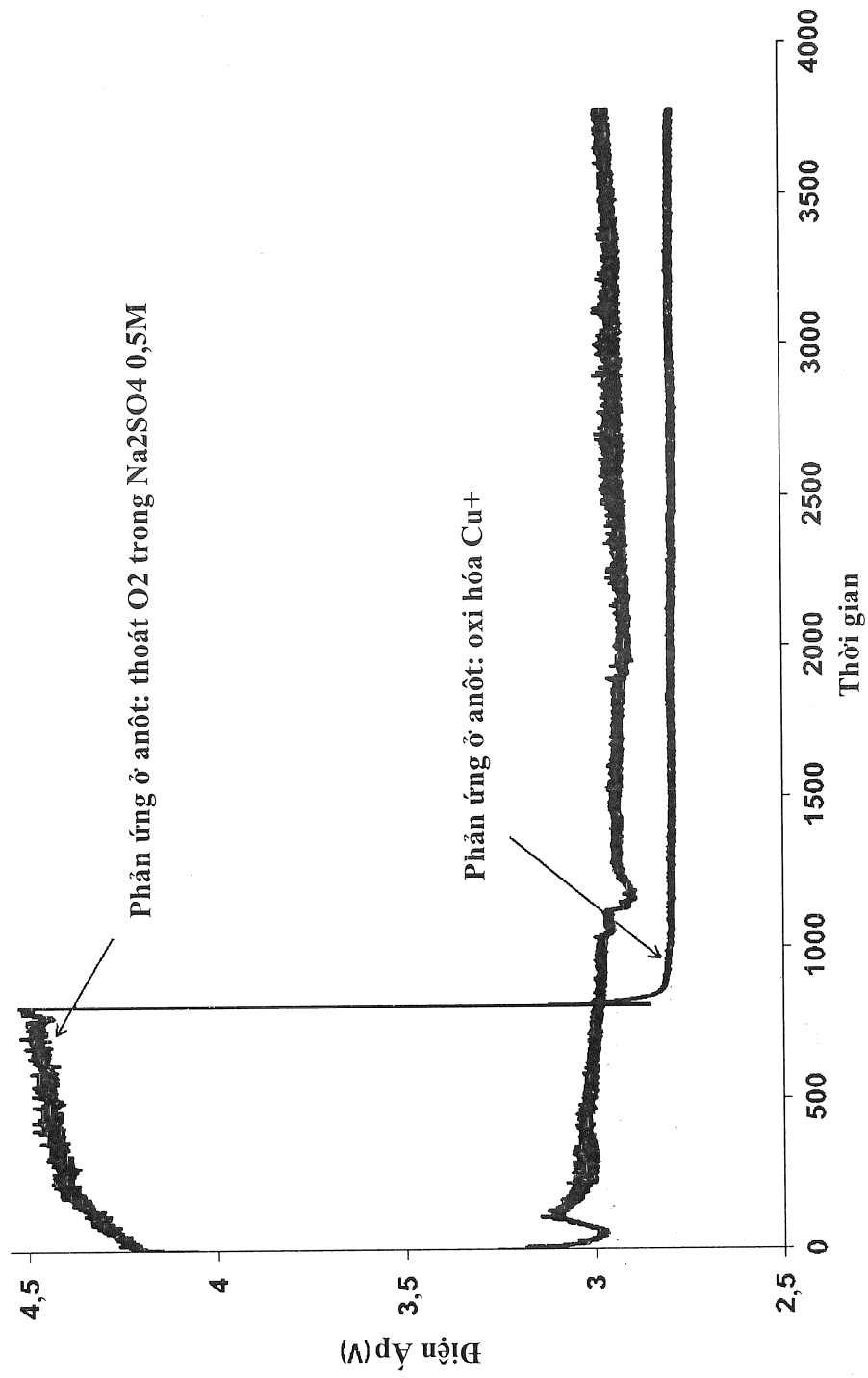


Fig.28

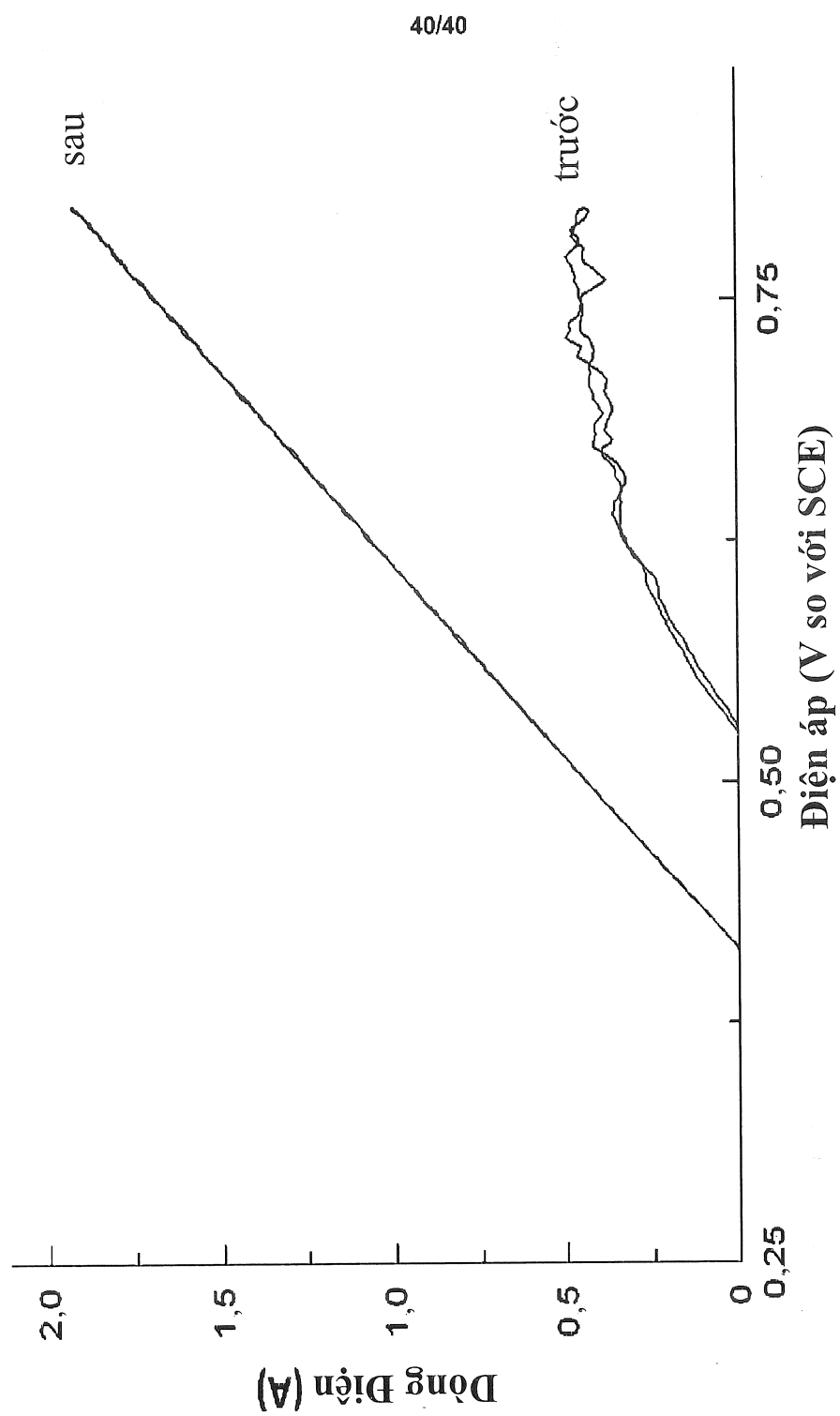


Fig.29