



(12) **BẢN MÔ TẢ GIẢI PHÁP HỮU ÍCH THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN
GIẢI PHÁP HỮU ÍCH**

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

(11)



2-0004092

(51) **H01M 4/00**
2024.01

(13) **Y**

(21) 2-2024-00632

(22) 09/12/2022

(67) 1-2022-08066

(45) 26/05/2025 446

(43) 27/02/2023 419A

(73) Đại học Bách khoa Hà Nội (VN)

Số 1, Đại Cồ Việt, Hai Bà Trưng, Hà Nội

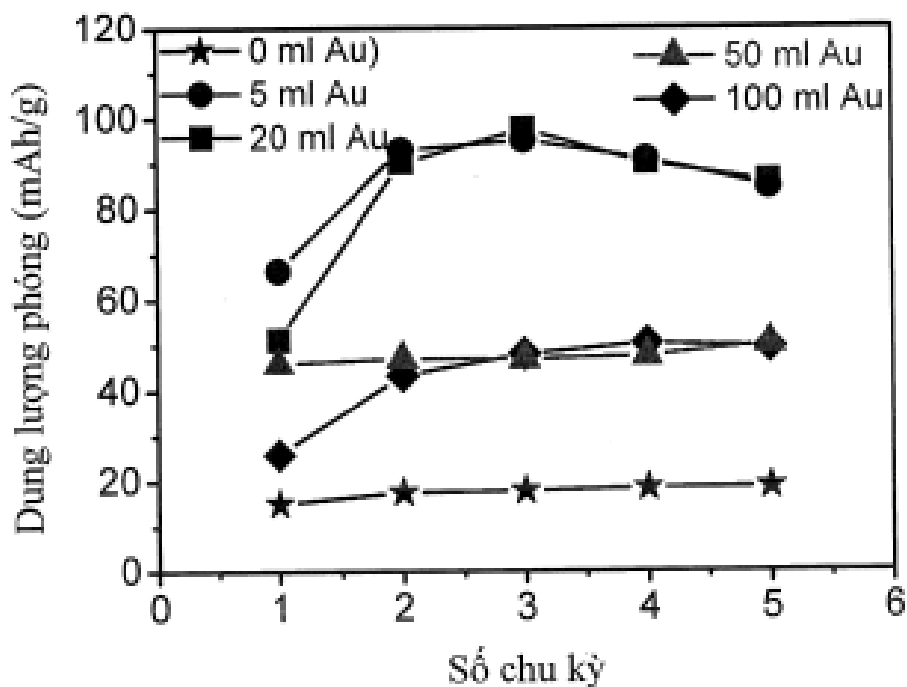
(72) Bùi Thị Hằng (VN); Doãn Hà Thắng (VN); Vũ Mạnh Thuận (VN).

(54) **QUY TRÌNH SẢN XUẤT VẬT LIỆU NANO TỔ HỢP (FE₂O₃/AU/CNT) DÙNG
TRONG ĐIỆN CỰC ÂM PIN SẮT-KHÍ**

(21) 2-2024-00632

(57) Giải pháp hữu ích đề cập đến quy trình sản xuất vật liệu vật liệu nano tổ hợp $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Au}/\text{CNT}$, trong đó bằng cách phân tán Au nano trong sắt oxit nano (Fe_2O_3) theo tỷ lệ từ 5 đến 20% trọng lượng, sau khi sấy khô, hỗn hợp này được phối trộn với ống nano carbon (CNT) tạo nên phức hợp nano tổ hợp $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Au}/\text{CNT}$ có hiệu quả đối với hoạt động điện hóa. Bằng cách phân tán Au nano trong sắt oxit nano với tỷ lệ thích hợp, hỗn hợp thu được có hiệu quả xúc tác đối với phản ứng oxy hóa- khử của sắt vượt trội thích hợp dùng làm điện cực với hiệu suất và dung lượng pin được cải thiện vượt trội. Vật liệu nano tổ hợp $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Au}/\text{CNT}$ có tiềm năng ứng dụng làm điện cực âm trong pin điện cực sắt-khí để tăng dung lượng và hiệu suất của pin.

Hình 3



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Giải pháp hữu ích thuộc lĩnh vực vật liệu và hóa học, cụ thể là giải pháp hữu ích đề cập đến quy trình sản xuất vật liệu nano tổ hợp sắt oxit/vàng/carbon ($\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Au}/\text{C}$) có đặc trưng điện hóa tốt, cho phép ứng dụng làm điện cực âm cho pin sắt-khí hiệu năng cao.

Tình trạng kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Tình trạng ô nhiễm môi trường đặc biệt là ô nhiễm không khí ở các nước đang phát triển là một trong những vấn đề cấp bách cần giải quyết. Khí thải từ các phương tiện vận chuyển sử dụng nguồn nhiên liệu hóa thạch là một trong những nguồn gây ô nhiễm không khí nghiêm trọng ở các thành phố lớn. Việc sử dụng các xe điện để thay thế các phương tiện sử dụng nguồn nhiên liệu hóa thạch đang được các nước đặc biệt quan tâm nghiên cứu phát triển. Pin lithium-ion có thể sử dụng làm nguồn điện cho xe điện, tuy nhiên chi phí loại pin này quá cao nên nó chủ yếu được ứng dụng trong các thiết bị nhỏ gọn. Do vậy người ta vẫn đang tìm kiếm loại pin khác phù hợp hơn cho xe điện. Nhiều loại pin đã được nghiên cứu và pin sắt-khí thu hút được nhiều sự quan tâm hơn cả do chúng có năng lượng lý thuyết cao (cao hơn pin Li-ion), tuổi thọ dài, chi phí thấp và thân thiện với môi trường. Trong pin sắt-khí, chất phản ứng của điện cực dương là oxy trong không khí, và chất phản ứng của điện cực âm là sắt do vậy dung lượng của nó được quyết định bởi vật liệu điện cực âm là sắt. Điểm đặc biệt của loại pin này là chất phản ứng ở điện cực dương là oxy lấy trực tiếp trong không khí nên khối lượng của pin được giảm đi, và mật độ năng lượng của pin sắt-khí được tăng lên. Tuy nhiên, ứng dụng thực tế của pin sắt-khí bị hạn chế bởi sự không ổn định của sắt trong môi trường kiềm, tính thụ động của điện cực sắt gây ra bởi $\text{Fe}(\text{OH})_2$ xuất hiện trong quá trình oxy hóa và khí hydro sinh ra trên bề mặt các điện cực cạnh tranh với phản ứng khử sắt làm giảm hiệu suất phóng và chu kỳ sạc của pin.

Các nghiên cứu về điện cực sắt cho thấy kích thước hạt sắt, cấu trúc điện cực ảnh hưởng mạnh đến đặc trưng điện hóa của nó. Do vậy, để khắc phục những vấn đề nêu trên của điện cực sắt, một số giải pháp đã được đưa ra như giảm kích thước hạt sắt oxit, sử dụng vật liệu carbon làm chất phụ gia để tăng độ dẫn điện tử của điện cực, và sử dụng

chất phụ gia khác để khử lượng khí hydro sinh ra. Khi kích thước hạt ôxít sắt giảm đi, lớp $\text{Fe}(\text{OH})_2$ hình thành trên bề mặt trở nên mỏng hơn, lớp sắt oxit bên trong vẫn có thể tham gia phản ứng, tính thuận nghịch của phản ứng điện cực được tăng lên. Đặc biệt khi carbon có trong điện cực, độ dẫn điện tử tăng lên, tốc độ truyền điện tử trong điện cực được cải thiện, tốc độ phản ứng oxy hóa-khử tăng lên làm tăng hiệu suất phóng-nạp. Đáng chú ý là sắt oxit Fe_3O_4 có khả năng dẫn điện tốt hơn Fe_2O_3 nên có thể có thể dùng bột Fe_3O_4 kích thước nano làm vật liệu hoạt động điện cực thay thế Fe_2O_3 . Nếu kết hợp sử dụng chất phụ gia nano carbon và giảm kích thước hạt sắt oxit trong điện cực thì hiệu quả đạt được sẽ cao hơn.

Việc sử dụng sắt oxit Fe_3O_4 làm vật liệu hoạt động cho điện cực sắt đã được thực hiện. Tài liệu JP 2012094509 A đề cập đến quy trình chế tạo vật liệu điện cực âm composit bao gồm vật liệu nền là ống carbon và vật liệu hoạt động điện cực là các hạt nhỏ sắt oxit Fe_3O_4 phân tán trên bề mặt ống carbon. Vật liệu này được sử dụng làm điện cực âm pin sắt-khí cho thấy dung lượng phóng của điện cực được cải thiện, tuy nhiên sự duy trì dung lượng đạt được còn thấp, sự suy giảm dung lượng diễn ra rất nhanh sau vài chu kỳ đầu. Để có thể ứng dụng thực tế số chu kỳ phóng nạp cần phải đạt được hàng nghìn lần. Do vậy việc duy trì dung lượng theo chu kỳ phóng nạp đối với vật liệu điện cực composit này vẫn cần được cải thiện nhiều hơn nữa.

Tài liệu JP 6234917 B2 đề cập đến vật liệu điện cực âm cho pin thứ cấp kim loại-khí bao gồm sắt hoặc oxit có phần bề mặt xốp. Giải pháp hữu ích này nhằm giải quyết các vấn đề về điện cực âm pin thứ cấp kim loại-khí, đó là điện cực kim loại. Sắt hoặc sắt oxit trở thành vật liệu hoạt động của điện cực âm trong pin thứ cấp kim loại-khí. Phần bề mặt của sắt hoặc sắt oxit là xốp. Hình dạng xốp là hình dạng có nhiều lỗ rỗng với kích thước sao cho chất điện ly lỏng hoặc chất điện ly rắn có thể thâm nhập vào các lỗ rỗng. Khi bề mặt của sắt hoặc sắt oxit có hình dạng như vậy, trong pin thứ cấp kim loại-không khí, diện tích tiếp xúc giữa vật liệu làm điện cực âm (điện cực kim loại) và chất điện phân được mở rộng, do đó hiệu suất phản ứng tăng lên, cho phép sạc và xả hiệu quả.

Năm 2018, Kazushi Hayashi và đồng nghiệp đề cập đến vật liệu điện cực âm cho pin thứ cấp kim loại-khí gồm bộ thu dòng điện và sắt hoặc sắt oxit được gắn trên bộ thu dòng điện này (xem: JP 6352884 B2). Theo đó các hạt sắt hoặc sắt oxit được dùng làm vật liệu hoạt động của điện cực, bộ thu dòng điện được tạo ra từ vật liệu carbon hoặc từ

vật liệu kim loại và chúng không tham gia vào phản ứng oxy hóa-khử của điện cực. Bộ thu dòng điện có độ dẫn điện tử và độ xốp nên diện tích tiếp xúc giữa vật liệu làm điện cực âm và chất điện phân được mở rộng, do đó hiệu suất phản ứng tăng lên và các điện tử sinh ra do quá trình oxy hóa - khử nhanh chóng được di chuyển, vì vậy cho phép phóng-nạp hiệu quả. Tuy nhiên dung lượng phóng của điện cực đạt được còn thấp và cũng bị giảm đi nhanh chóng theo số chu kỳ phóng-nạp. Do vậy vật liệu này cần phải cải thiện nhiều hơn nữa về mặt dung lượng phóng đạt được và sự duy trì dung lượng theo số chu kỳ phóng-nạp.

Kết hợp cả chất phụ gia điện cực và chất phụ gia trong dung dịch điện ly, Bùi Thị Hằng và cộng sự (Bui Thi Hang et al., The effect of carbon species on the properties of Fe/C composite for metal-air battery anode, *Journal of Power Sources* 143 (2005) 256–264), (Bui Thi Hang et al., The effect of additives on the electrochemical properties of Fe/C composite for Fe/air battery anode, *Journal of Power Sources* 155 (2006) 461–469, doi:10.1016/j.jpowsour.2005.04.010) và bài (Bui Thi Hang et al., Fe/carbon nanofiber composite materials for Fe-air battery anodes, *Journal of Electroanalytical Chemistry* 704 (2013) 145–152, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jelechem.2013.06.018>). Việc sử dụng nano carbon làm chất phụ gia điện cực một mặt làm tăng độ dẫn điện của điện cực, mặt khác tạo môi trường để phân tán mảnh sắt trong quá trình phóng-nạp thông qua cơ chế kết tủa-hòa tan giúp cải thiện đáng kể hiệu suất phóng-nạp của điện cực sắt/carbon (Fe/C). Chất phụ gia trong dung dịch điện ly giúp khử lượng khí hydro sinh ra trong quá trình nạp và tăng tốc độ phản ứng oxy hóa khử của sắt dẫn đến tăng dung lượng, hiệu suất phóng nạp của điện cực tổ hợp sắt/carbon (Fe/C).

Để giảm kích thước hạt sắt, và tăng diện tích bề mặt của vật liệu hoạt động điện cực, vật liệu carbon phủ nano sắt oxit ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) đã được chế tạo bằng các phương pháp khác nhau. Các tác giả đã sử dụng phương pháp pháp nhiệt phân trong môi trường khí trơ để nung chảy và phân hủy vật liệu nguồn là nitrat sắt để tạo các hạt nano sắt oxit ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) phân bố rộng rãi lên vật liệu nền carbon (Bui Thi Hang et al., The electrochemical properties of Fe_2O_3 -loaded carbon electrodes for iron-air battery anodes, *Journal of Power Sources* 150 (2005) 261–271, doi:10.1016/j.jpowsour.2005.02.028). Sự phân bố như vậy của các hạt nano sắt oxit ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) giúp cho phản ứng oxy hóa-khử diễn ra nhanh hơn, lớp $\text{Fe}(\text{OH})_2$ hình thành trên bề mặt điện cực sẽ rất mỏng nên lớp sắt oxit bên trong vẫn có thể tham gia phản ứng, do đó tính thuận nghịch của phản ứng điện cực

được tăng lên dẫn đến cải thiện hiệu suất phóng-nạp của điện cực sắt oxit/carbon ($\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{C}$).

Để cải thiện dung lượng phóng của điện cực carbon phủ nano sắt oxit, năm 2007 Bùi Thị Hằng và cộng sự đã sử dụng chất phụ gia kali sulfua (K_2S) cho dung dịch điện ly và chất phụ gia bismut sulfua (Bi_2S_3) cho điện cực trong công trình (Bui Thi Hang et al., Effect of metal-sulfide additives on electrochemical properties of nano-sized Fe_2O_3 -loaded carbon for Fe/air battery anodes, *Journal of Power Sources* 168 (2007) 522–532, doi:10.1016/j.jpowsour.2007.02.067). Kết quả cho thấy dung lượng phóng của điện cực carbon mang Fe_2O_3 đã được cải thiện đáng kể và giá trị dung lượng phóng đạt được phụ thuộc vào loại carbon sử dụng.

Nano carbon thường có diện tích bề mặt lớn, tận dụng lợi thế này của sợi nano carbon dạng xương cá (herringbone carbon nanofiber - herringbone CNF) và sợi nano carbon mao quản (mesoporous carbon nanofiber - mesoporous CNF), tác giả Bùi Thị Hằng và cộng sự đã chế tạo thành công vật liệu carbon phủ nano sắt oxit ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) với sự phân bố rộng rãi của các hạt nano sắt oxit ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) trên bề mặt cũng như trong các hốc trên bề mặt của sợi carbon. Sự phân bố như vậy giúp tăng diện tích bề mặt tiếp xúc của vật liệu hoạt động điện cực cũng như giúp liên kết giữa hạt nano sắt oxit ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) với carbon chặt chẽ hơn, dẫn đến tăng độ dẫn điện của vật liệu, tăng hiệu suất phóng-nạp của điện cực (Bui Thi Hang et al., Nanoparticle Fe_2O_3 -Loaded Carbon Nanofibers as Iron-Air Battery Anodes), trên tạp chí *Journal of The Electrochemical Society*, 160 (9) A1442-A1445 (2013), DOI: 10.1149/2.066309jes). Với sự hỗ trợ của chất phụ gia trong dung dịch điện ly kali sulfua (K_2S) và chất phụ gia điện cực bismut sulfua (Bi_2S_3), vật liệu sợi nano carbon phủ hạt nano sắt oxit ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) này đã thể hiện sự cải thiện đáng kể về dung lượng phóng cũng như sự hiệu suất phóng-nạp. Tuy nhiên lượng sắt oxit trong vật liệu carbon phủ hạt nano sắt oxit trong các công bố nói trên còn thấp (chiếm 20%) nên mật độ năng lượng vẫn chưa được cải thiện triệt để.

Tài liệu (Bui Thi Hang et al., Effect of additives on the electrochemical properties of $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{C}$ nanocomposite for Fe/air battery anode), trên tạp chí *Journal of Electroanalytical Chemistry* 762 (2016) 59–65) đã cho thấy việc tăng lượng sắt oxit trong vật liệu carbon phủ nano sắt oxit ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) đã được thực hiện nhằm mục đích tăng mật độ năng lượng của điện cực âm pin sắt-khí, và kết quả đạt được rất khả quan. Ngoài

ra chất phụ gia dung dịch điện ly là liti hydroxit (LiOH) cũng được sử dụng cùng với kali sulfua (K_2S) đã cho thấy khả năng kết hợp đồng thời nhiều chất phụ gia trong điện cực cũng như trong dung dịch điện ly.

Kích thước, hình thái học hạt sắt oxit cũng được thay đổi sao cho hiệu suất phóng- nạp của điện cực sắt oxit/carbon (Fe_2O_3/C) đạt được cao nhất. Tài liệu (Bui Thi Hang et al., α - Fe_2O_3 Urchins Synthesized by a Facile Hydrothermal Route as an Anode for an Fe-Air Battery, 29 (2020) 1245-1252), doi: 10.1007/s11665-020-04677-1) đã sử dụng các tiền chất là sắt (III) nitrat và dimethylsulfoxide (DMSO) để tổng hợp vật liệu nano sắt oxit (α - Fe_2O_3) bằng phương pháp thủy nhiệt kết hợp ủ nhiệt để tạo ra các hình thái và cấu trúc khác nhau của hạt sắt oxit. Phương pháp thủy nhiệt kết hợp ủ nhiệt còn được áp dụng với các tiền chất $FeCl_3 \cdot 6H_2O$, $(NH_4)_2CO_3$ và Na_2HPO_4 để tạo ra các hạt sắt oxit (α - Fe_2O_3) có hình thái và cấu trúc khác nhau được công bố trong (Bui Thi Hang et al., Hydrothermal Synthesis of α - Fe_2O_3 as anode for Fe/Air Battery, 21(2021) 2545–2551)). Tài liệu (Bui Thi Hang et al., Controlled synthesis of various Fe_2O_3 morphologies as energy storage materials) trên tạp chí Scientific Report (2021) 11:5185, <https://doi.org/10.1038/s41598-021-84755-z>) sử dụng phương pháp thủy nhiệt để thực hiện thủy phân các tiền chất là sắt (III) clorua ($FeCl_3 \cdot 6H_2O$) và chất hoạt động bề mặt cetyltrimethylammonium bromide (CTAB) để tạo ra các hạt nano sắt oxit, sau đó ủ nhiệt để tạo bột nano sắt oxit (α - Fe_2O_3). Thay đổi tỷ lệ nồng độ giữa các tiền chất là vật liệu sắt (III) clorua và chất hoạt động bề mặt cetyltrimethylammonium bromide (CTAB) tác giả đã thu được nhiều vật liệu nano sắt oxit (α - Fe_2O_3) có kích thước, hình dạng khác nhau. Điện cực sắt được chế tạo từ vật liệu nano sắt oxit (α - Fe_2O_3) này cho thấy dung lượng phóng của nó phụ thuộc vào hình dạng của hạt nano sắt oxit. Đặc biệt trong môi trường dung dịch điện ly KOH có chứa chất phụ gia kali sulfua (K_2S), dung lượng phóng của điện cực sắt được cải thiện hơn nữa.

Như vậy việc sử dụng các chất phụ gia cho điện cực như carbon, bismut sulfua (Bi_2S_3), chất phụ gia cho dung dịch điện ly như kali sulfua (K_2S), liti hydroxit (LiOH) cho thấy rằng các chất phụ gia đã giúp cải thiện đáng kể dung lượng phóng cũng như sự hiệu suất phóng-nạp của điện cực sắt oxit/carbon (Fe_2O_3/C).

Một chất phụ gia điện cực khác là hạt nano vàng cũng đã được sử dụng và kết quả đạt được cũng rất khả quan. Tài liệu (Bui Thi Hang et al., Electrochemical properties of Fe_2O_3/Au in alkaline solution, Vietnam Journal of Science and Technology) 62(1)(2020)

13-16) công bố nghiên cứu sử dụng một lượng nano vàng thay đổi trong một khoảng rộng để tìm ra hàm lượng phù hợp. Kết quả thu được giúp nhóm tác giả khẳng định việc sử dụng nano vàng làm chất phụ gia cho điện cực sắt oxit là hướng đi đúng và cần có những nghiên cứu chi tiết hơn nữa.

Năm 2022, tài liệu (Bui Thi Hang et al., Nanogold as an Additive in Iron Oxide Electrode, *Advances in Engineering Research and Application* (2022) 669-674) công bố cho thấy nano vàng được sử dụng làm chất phụ gia điện cực cùng với carbon. Lượng nano vàng được thay đổi trong điện cực sắt oxit để tìm ra hàm lượng nano vàng phù hợp nhất. Các hạt nano vàng có kích thước rất nhỏ cỡ vài chục nano mét được phân tán trên bề mặt hạt sắt oxit làm tăng độ dẫn điện của sắt oxit. Kết quả cho thấy việc kết hợp nano vàng với carbon làm chất phụ gia cho điện cực sắt oxit đã cải thiện đáng kể tốc độ phản ứng oxy hóa - khử của sắt cũng như dung lượng phóng của điện cực tổ hợp sắt oxit/nano vàng/carbon ($\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Au}/\text{C}$).

Qua việc hệ thống hóa các công trình nghiên cứu của chúng tôi trên đây, có thể thấy sự cải tiến về vật liệu điện cực cho điện cực âm của pin sắt-khí cũng như các chất phụ gia điện cực, phụ gia dung dịch điện ly đã được thực hiện một cách bài bản. Tuy nhiên, vẫn cần có quy trình sản xuất vật liệu cho phép tăng cường hiệu quả xả cũng như hiệu suất phóng nạp của pin, cho phép ứng dụng trong sản xuất cực âm cho pin sắt-khí đạt hiệu năng cao.

Bản chất kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Mục đích của giải pháp hữu ích nhằm khắc phục các vấn đề nêu trên, cụ thể là giải pháp hữu ích đề cập đến quy trình sản xuất vật liệu nano tổ hợp $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Au}/\text{C}$, cụ thể là vật liệu bằng cách phân tán vật liệu nano trong dung môi để tạo sự phân tán rộng của chất phụ gia lên chất hoạt động điện hóa giúp tăng hiệu suất phóng-nạp của pin. Bằng cách thay đổi tỷ lệ chất phụ gia nano vàng cho phép tạo ra vật liệu nano sắt oxit/vàng ($\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Au}$) tối ưu với đặc trưng điện hóa vượt trội. Hơn nữa, khi kết hợp với chất phụ gia carbon, được chọn từ nhóm bao gồm muội axetylen (acetylene black: AB), ống nano carbon (carbon nanotube: CNT) và sợi nano carbon (carbon nanofiber: CNF), đặc trưng điện hóa của điện cực sắt oxit/vàng/carbon ($\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Au}/\text{C}$) được cải thiện rõ rệt thể hiện ở dung lượng phóng cao vượt trội.

Theo đó, giải pháp hữu ích đề cập đến quy trình sản xuất vật liệu nano tổ hợp $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Au}/\text{C}$ dùng làm điện cực âm cho pin sắt-khí, trong đó quy trình này bao gồm các bước:

a) phân tán vật liệu nano vào trong dung môi, trong đó vật liệu sắt oxit (Fe_2O_3) nano và vàng nano được phân tán vào nước đến nồng độ 1/100 (trọng lượng/thể tích) thu được dung dịch nano sắt oxit và nano vàng, tương ứng;

b) phối trộn vật liệu nano bằng cách phân tán một lượng dung dịch vàng nano vào trong dung dịch sắt nano theo tỷ lệ nano vàng/sắt oxit là từ 5 đến 20% (theo thể tích), sau đó khuấy trộn đều trong điều kiện tốc độ khuấy 200 vòng/phút trong 2 giờ, sau đó được sấy khô ở 60°C trong 24 giờ thu được hỗn hợp nano sắt oxit/vàng ($\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Au}$) với tỷ lệ $\text{Au}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ từ 5 đến 20% (theo trọng lượng); và

c) phân tán hỗn hợp nano sắt oxit/vàng lên phụ gia, trong đó hỗn hợp nano sắt oxit/vàng được phân tán với phụ gia bằng cách phối trộn với carbon được chọn từ nhóm bao gồm muội axetylen (acetylene black: AB), ống nano carbon (carbon nanotube: CNT) và sợi nano carbon (carbon nanofiber: CNF) theo tỷ lệ 1:1 (theo khối lượng), thu được vật liệu nano tổ hợp $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Au}/\text{C}$.

Theo các phương án ưu tiên, trong đó phụ gia carbon được sử dụng là muội axetylen (AB), tốt hơn là sợi nano carbon (CNF), tốt hơn nữa là ống nano carbon (CNT).

Giải pháp hữu ích cũng đề cập đến điện cực âm pin sắt-khí, trong đó điện cực âm pin sắt-khí này được sản xuất từ vật liệu nano tổ hợp $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Au}/\text{C}$ thu được từ quy trình theo giải pháp hữu ích.

Giải pháp hữu ích cũng đề cập đến pin sắt-khí, trong đó pin sắt-khí này có điện cực âm được sản xuất từ vật liệu nano tổ hợp $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Au}/\text{C}$ thu được từ quy trình theo giải pháp hữu ích với dung dịch điện ly trong pin là dung dịch nước kali hydroxit (KOH) được bổ sung chất phụ gia kalisulfua (K_2S).

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 là ảnh hiển vi độ phân giải cao (SEM, TEM) của vật liệu nano vàng (Au) và nano Fe_2O_3 nguyên liệu.

Hình 2 là ảnh hiển vi độ phân giải cao (SEM) của vật liệu hỗn hợp nano sắt oxit/vàng ($\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Au}$).

Hình 3 là đồ thị thể hiện sự thay đổi dung lượng phóng của điện cực sắt oxit/vàng/carbon ($\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Au}/\text{C}$) với hàm lượng nano vàng khác nhau theo số chu kỳ quét trong dung dịch điện ly kiềm.

Mô tả chi tiết giải pháp hữu ích

Giải pháp hữu ích đề cập đến quy trình sản xuất vật liệu nano tổ hợp $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Au}/\text{C}$ dùng làm điện cực âm cho pin sắt-khí, điện cực âm pin sắt-khí được sản xuất từ vật liệu nano tổ hợp $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Au}/\text{C}$ và pin sắt-khí có điện cực âm được làm từ vật liệu nano tổ hợp $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Au}/\text{C}$ theo giải pháp hữu ích.

Quy trình sản xuất vật liệu nano tổ hợp $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Au}/\text{C}$ dùng làm điện cực âm cho pin sắt-khí bao gồm các bước:

Phân tán vật liệu nano vào trong dung môi, trong đó vật liệu sắt oxit (Fe_2O_3) nano và vàng nano được phân tán vào nước đến nồng độ 1/100 (trọng lượng/thể tích) thu được dung dịch nano sắt oxit và nano vàng, tương ứng.

Vật liệu nano tổ hợp sắt oxit/vàng/carbon ($\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Au}/\text{C}$) được chế tạo bằng phương pháp phân tán vật liệu trong dung môi để tạo sự phân tán rộng của chất phụ gia lên vật hoạt động điện hóa. Phương pháp phân tán này tốt nhất được thực hiện bằng cách phân tán vật liệu oxit sắt (Fe_2O_3) nanomet vào nước tạo dung dịch với nồng độ khác nhau. Vàng nano (Au) được phân tán với lượng khác nhau tạo nên hỗn hợp phân tán vật liệu nano. Tốt hơn là các hỗn hợp được phân tán đến cùng nồng độ 1% (trọng lượng/thể tích) trước khi phối trộn để dễ dàng kiểm soát tỷ lệ trước khi phối trộn với nhau tạo hỗn hợp.

Phối trộn vật liệu nano bằng cách phân tán một lượng dung dịch vàng nano vào trong dung dịch sắt nano theo tỷ lệ nano vàng/sắt oxit là từ 5 đến 20% (theo thể tích). Sau khi phối trộn, tiến hành khuấy trộn đều trong điều kiện tốc độ khuấy 200 vòng/phút trong 2 giờ. Sau đó sấy khô hỗn hợp ở 60°C trong 24 giờ thu được hỗn hợp nano sắt oxit/vàng ($\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Au}$) thu được hỗn hợp với tỷ lệ $\text{Au}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ từ 5 đến 20% (theo trọng lượng).

Phân tán hỗn hợp nano sắt oxit/vàng lên phụ gia, trong đó hỗn hợp nano sắt oxit/vàng được phân tán với phụ gia. Chất phụ gia được sử dụng tốt nhất là carbon được chọn từ nhóm bao gồm muội axetylen (acetylene black: AB), ống nano carbon (carbon nanotube: CNT) và sợi nano carbon (carbon nanofiber: CNF). Tỷ lệ giữa hỗn hợp nano

sắt oxit/vàng lên phụ gia là 1:1 (theo khối lượng). Sau khi phối trộn đều, thu được vật liệu nano tổ hợp $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Au}/\text{C}$. Theo các phương án ưu tiên, trong đó phụ gia carbon được sử dụng là muối axetyen (AB) để thu vật liệu nano tổ hợp dạng $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Au}/\text{AB}$. Tốt hơn là sử dụng sợi nano carbon (CNF) để thu vật liệu nano tổ hợp dạng $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Au}/\text{CNF}$. Tốt hơn nữa là sử dụng ống nano carbon (CNT) để thu vật liệu nano tổ hợp dạng $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Au}/\text{CNT}$.

Bằng cách tạo ra phức hợp nano vàng/sắt oxit với tỷ lệ nano vàng/sắt oxit từ 5 đến 20% (theo trọng lượng), các tác giả bất ngờ nhận thấy hiệu suất của về chu kỳ và dung lượng phóng của pin điện cực sắt-khí vượt trội. Điều này cho thấy tỷ lệ phụ gia nano vàng sạch và nano carbon trong hỗn hợp kết hợp với ống nano carbon có hiệu quả ứng dụng làm điện cực cho pin nhằm tăng hiệu suất dung lượng phóng cho pin sắt-khí.

Giải pháp hữu ích cũng đề cập đến điện cực âm pin sắt-khí, trong đó điện cực âm pin sắt-khí này được sản xuất từ vật liệu nano tổ hợp $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Au}/\text{C}$ thu được từ quy trình theo giải pháp hữu ích. Tốt hơn là điện cực này được sản xuất từ vật liệu $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Au}/\text{AB}$, tốt hơn nữa là từ vật liệu $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Au}/\text{CNF}$, tốt nhất là từ vật liệu $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Au}/\text{CNT}$ thu được từ quy trình theo giải pháp hữu ích.

Giải pháp hữu ích cũng đề cập đến pin sắt-khí, trong đó pin sắt-khí này có điện cực âm được sản xuất từ vật liệu nano tổ hợp $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Au}/\text{C}$ thu được từ quy trình theo giải pháp hữu ích với dung dịch điện ly trong pin là dung dịch nước kali hydroxit (KOH) được bổ sung chất phụ gia kalisulfua (K_2S). Theo các phương án ưu tiên, trong đó pin sắt khí này có điện cực âm được sản xuất từ vật liệu $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Au}/\text{AB}$, tốt hơn nữa là từ vật liệu $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Au}/\text{CNF}$, tốt nhất là từ vật liệu $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Au}/\text{CNT}$ thu được từ quy trình theo giải pháp hữu ích.

Ví dụ thực hiện giải pháp hữu ích

Ví dụ 1. Sản xuất vật liệu nano tổ hợp để làm điện cực

Phân tán 1 g vật liệu nano sắt oxit (Fe_2O_3) với 100 ml nước, phân tán nano vàng với nước đến cùng nồng độ, sau đó bổ sung 5ml dung dịch nano vàng (Au) vào 100ml dung dịch nano sắt thu được ở trên.

Hỗn hợp được khuấy đều với tốc độ 200 vòng/phút trong 2 giờ, sau đó sấy loại dung môi ở 60°C trong 24 giờ, ta thu được hỗn hợp nano sắt oxit/vàng ($\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Au}$) dạng bột mịn.

Phối trộn hỗn hợp nano sắt oxit/vàng ($\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Au}$) với ống nano carbon (carbon nanotube: CNT) dạng bột với cùng lượng. Sau khi phối trộn đều thu được vật liệu nano tổ hợp dạng bột mịn.

Ví dụ. Sản xuất vật liệu nano tổ hợp để làm điện cực

Phân tán 1 g vật liệu nano sắt oxit (Fe_2O_3) với 100 ml nước, phân tán nano vàng với nước đến cùng nồng độ, sau đó bổ sung 20 ml dung dịch nano vàng (Au) vào 100ml dung dịch nano sắt thu được ở trên.

Hỗn hợp được khuấy đều với tốc độ 200 vòng/phút trong 2 giờ, sau đó sấy loại dung môi ở 60°C trong 24 giờ, ta thu được hỗn hợp nano sắt oxit/vàng ($\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Au}$) dạng bột mịn.

Phối trộn hỗn hợp nano sắt oxit/vàng ($\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Au}$) với ống nano carbon (carbon nanotube: CNT) dạng bột với cùng lượng. Sau khi phối trộn đều thu được vật liệu nano tổ hợp dạng bột mịn.

Ví dụ 3. Sản xuất vật liệu nano tổ hợp để làm điện cực

Phân tán 1 g vật liệu nano sắt oxit (Fe_2O_3) với 100 ml nước, phân tán nano vàng với nước đến cùng nồng độ, sau đó bổ sung 50 ml dung dịch nano vàng (Au) vào 100ml dung dịch nano sắt thu được ở trên.

Hỗn hợp được khuấy đều với tốc độ 200 vòng/phút trong 2 giờ, sau đó sấy loại dung môi ở 60°C trong 24 giờ, ta thu được hỗn hợp nano sắt oxit/vàng ($\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Au}$) dạng bột mịn.

Phối trộn hỗn hợp nano sắt oxit/vàng ($\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Au}$) với ống nano carbon (carbon nanotube: CNT) dạng bột với cùng lượng. Sau khi phối trộn đều thu được vật liệu nano tổ hợp dạng bột mịn.

Ví dụ 4. Sản xuất vật liệu nano tổ hợp để làm điện cực

Phân tán 1 g vật liệu nano sắt oxit (Fe_2O_3) với 100 ml nước, phân tán nano vàng với nước đến cùng nồng độ, sau đó bổ sung 100 ml dung dịch nano vàng (Au) vào 100ml dung dịch nano sắt thu được ở trên.

Hỗn hợp được khuấy đều với tốc độ 200 vòng/phút trong 2 giờ, sau đó sấy loại dung môi ở 60°C trong 24 giờ, ta thu được hỗn hợp nano sắt oxit/vàng ($\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Au}$) dạng bột mịn.

Phối trộn hỗn hợp nano sắt oxit/vàng ($\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Au}$) với ống nano carbon (carbon nanotube: CNT) dạng bột với cùng lượng. Sau khi phối trộn đều thu được vật liệu nano tổ hợp dạng bột mịn.

Ví dụ 5. Đánh giá khả năng ứng dụng vật liệu nano tổ hợp làm điện cực

Kết quả kiểm tra vật liệu và hỗn hợp vật liệu nano tổ hợp được thể hiện trên các hình từ Hình 1 đến Hình 3. Trong đó hình 1 là ảnh hiển vi độ phân giải cao (SEM, TEM) của (A) vật liệu nano vàng (Au) và (B) nano Fe_2O_3 . Hình 2 minh họa ảnh hiển vi độ phân giải cao (SEM) của vật liệu hỗn hợp nano sắt oxit/vàng ($\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Au}$), trong đó cho thấy vật liệu vàng được phân tán đều trong vật liệu nano sắt.

Sản phẩm vật liệu thu được từ Ví dụ 1 đến Ví dụ 4 được ép thành điện cực và đánh giá về dung lượng phóng và chu kỳ quét. Kết quả được thể hiện trên Hình 3 với kết quả minh họa cho sự thay đổi dung lượng phóng của điện cực sắt oxit/vàng/carbon ($\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Au}/\text{C}$) với lượng nano vàng khác nhau theo số chu kỳ quét trong dung dịch điện ly kiềm ở cùng điều kiện thử nghiệm.

Kết quả trên Hình 3 cho thấy mô tả kết quả đo dung lượng phóng của điện cực sử dụng vật liệu nano tổ hợp sắt oxit/vàng/carbon so với điện cực sắt oxit (Fe_2O_3). Kết quả cho thấy hiệu quả của việc kết hợp chất phụ gia nano vàng (Au), sắt oxit (Fe_2O_3) và phụ gia carbon (CNT) với tỷ lệ khác nhau. Kết quả cho thấy, đặc trưng điện hóa của vật liệu nano tổ hợp sắt oxit/vàng/carbon ($\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Au}/\text{CNT}$) đã được cải thiện đáng kể thể hiện ở dung lượng phóng cao khi sử dụng dung dịch nano vàng (Au) trong khoảng từ 5 đến 20 ml, tương ứng với tỷ lệ nano $\text{Au}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ từ 5 đến 20% (theo trọng lượng).

Hiệu quả đạt được của giải pháp hữu ích

Quy trình sản xuất vật liệu nano tổ hợp $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Au}/\text{CNT}$ theo giải pháp hữu ích cho phép phát triển điện cực sắt ứng dụng cho pin sắt - khí nhằm tăng hiệu suất dung lượng phóng và chu kỳ nạp xả. Bằng cách kết hợp nano $\text{Au}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ từ 5 đến 20% (theo trọng

lượng) cho phép phát triển vật liệu tiềm năng dùng làm điện cực cho pin sắt-khí, phát triển pin điện cung ứng cho các loại xe điện nhằm giảm bớt ô nhiễm môi trường do khí thải độc hại của các phương tiện sử dụng nguồn nhiên liệu hóa thạch gây ra góp phần bảo vệ sức khỏe con người.

Với kích thước hạt rất nhỏ và hoạt tính xúc tác cao của nano vàng cùng với sự phân tán của chúng trên hạt nano sắt oxit (Fe_2O_3), khả năng chu trình hóa và tốc độ phản ứng oxy hóa khử của sắt trong điện cực âm pin sắt khí sử dụng vật liệu nano tổ hợp sắt oxit/vàng/carbon ($\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Au}/\text{C}$) đã được cải thiện. Điện cực dạng tổ hợp này có thể sử dụng cho các loại pin điện cực sắt khác nhau.

Tỷ lệ vật liệu nano tổ hợp sắt oxit/vàng/carbon ($\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Au}/\text{C}$) được tối ưu giúp giảm chi phí, tăng hiệu quả của vật liệu, tiềm năng ứng dụng làm điện cực âm cho pin với dung lượng phóng cao hơn mà không sử dụng chất phụ gia cho phép dễ dàng chế tạo theo các cấu hình khác nhau cho các ứng dụng khác nhau.

YÊU CẦU BẢO HỘ

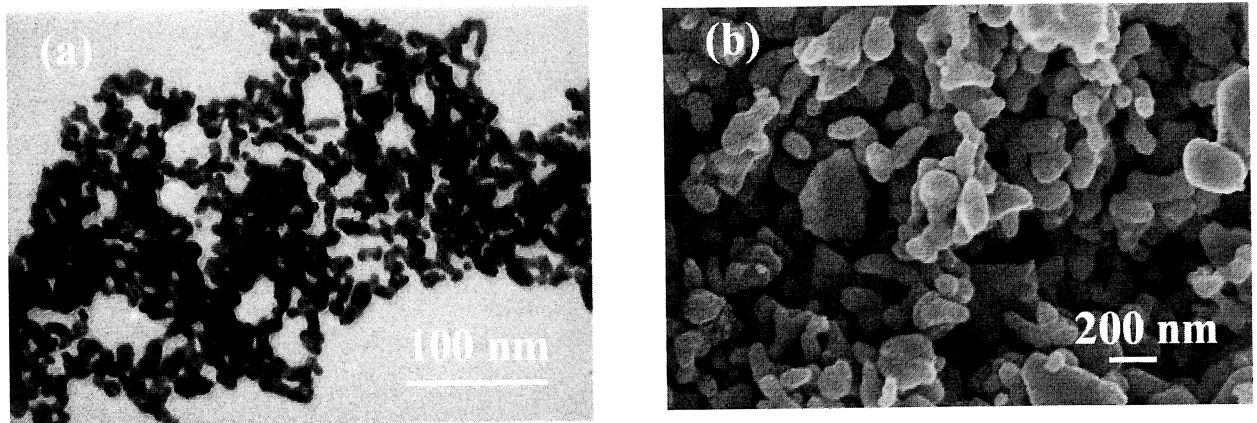
1. Quy trình sản xuất vật liệu nano tổ hợp $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Au}/\text{CNT}$ dùng làm điện cực âm cho pin sắt-khí, trong đó quy trình này bao gồm các bước:

a) phân tán vật liệu nano vào trong dung môi, trong đó vật liệu sắt oxit (Fe_2O_3) nano và vàng nano được phân tán vào nước đến nồng độ 1/100 (trọng lượng/thể tích) thu được dung dịch nano sắt oxit và nano vàng, tương ứng;

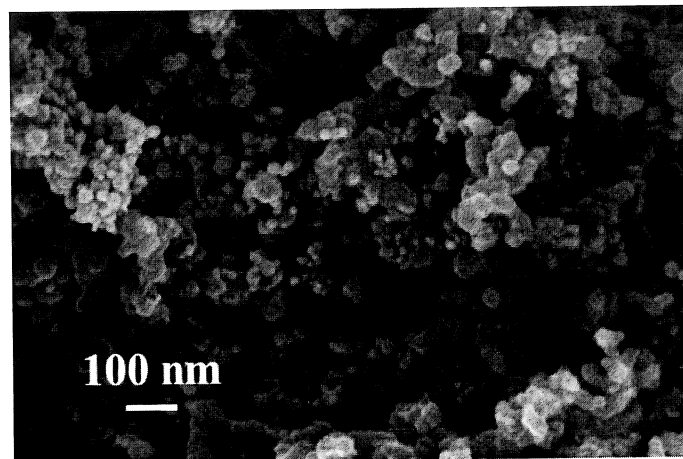
b) phối trộn vật liệu nano bằng cách phân tán một lượng dung dịch vàng nano vào trong dung dịch sắt nano theo tỷ lệ nano vàng/sắt oxit là từ 5 đến 20% (theo thể tích), sau đó khuấy trộn đều trong điều kiện tốc độ khuấy 200 vòng/phút trong 2 giờ, sau đó được sấy khô ở 60°C trong 24 giờ thu được hỗn hợp nano sắt oxit/vàng ($\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Au}$) với tỷ lệ $\text{Au}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ từ 5 đến 20% (theo trọng lượng); và

c) phân tán hỗn hợp nano sắt oxit/vàng lên phụ gia, trong đó hỗn hợp nano sắt oxit/vàng được phân tán với phụ gia bằng cách phối trộn với ống nano carbon (CNT) theo tỷ lệ 1:1 (theo khối lượng), thu được vật liệu nano tổ hợp $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Au}/\text{CNT}$.

Hình 1



Hình 2



Hình 3

