



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

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN) (11)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ



1-0033260

(51)⁷ **B01D 71/78; B01D 71/82; B01D 53/22; (13) B**
B01D 71/52

(21) 1-2017-04028

(22) 09/03/2016

(86) PCT/US2016/021439 09/03/2016

(87) WO/2016/148988 22/09/2016

(30) 14/661,591 18/03/2015 US

(45) 25/09/2022 414

(43) 25/12/2017 357A

(73) UOP LLC (US)

25 East Algonquin Road, P.O. Box 5017, Des Plaines, Illinois 60017-5017, United States of America

(72) Chunqing LIU (US); Howie Q. TRAN (US).

(74) Văn phòng Luật sư Ân Nam (ANNAM IP & LAW)

(54) MÀNG POLYIMIT ĐƯỢC LIÊN KẾT NGANG VỚI EPOXYSILICON VÀ QUY TRÌNH PHÂN TÁCH ÍT NHẤT MỘT KHÍ RA KHỎI HỖN HỢP KHÍ SỬ DỤNG MÀNG NÀY

(57) Sáng chế đề xuất màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon có khả năng chọn lọc cao bao gồm polyme polyimit có các nhóm chức hydroxyl liên kết ngang với các nhóm chức epoxy trên polyme epoxysilicon. Sáng chế còn đề xuất quy trình phân tách ít nhất một khí ra khỏi hỗn hợp khí sử dụng màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon có khả năng chọn lọc cao. Quy trình này bao gồm bước tạo màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon có khả năng chọn lọc cao mà có khả năng thấm ít nhất một khí; bước cho hỗn hợp tiếp xúc với một mặt của màng này để làm cho ít nhất một khí thấm qua màng và bước loại bỏ hỗn hợp khí thấm bao gồm phần ít nhất một khí thấm qua màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon có khả năng chọn lọc cao ra khỏi mặt đối diện của màng này.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon bao gồm polyme polyimit có các nhóm chức hydroxyl liên kết ngang với các nhóm chức epoxy trên polyme epoxysilicon dưới bức xạ UV và phương pháp chế tạo và sử dụng màng này.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Từ 30 đến 35 năm trước, số lượng các nghiên cứu về quy trình phân tách khí sử dụng màng polyme đã gia tăng nhanh chóng. Các kỹ thuật phân tách bằng màng không chỉ có chi phí đầu tư thấp mà còn cho hiệu quả năng lượng cao hơn so với các phương pháp phân tách thông thường. Việc phân tách khí bằng màng là mối quan tâm hàng đầu đối với các nhà sản xuất và tinh chế dầu mỏ, các công ty hóa chất và các nhà cung cấp khí công nghiệp. Một số ứng dụng về phân tách khí bằng màng đã đạt được những thành công về mặt thương mại, bao gồm việc làm giàu N₂ từ không khí, loại bỏ cacbon dioxid ra khỏi khí tự nhiên và thu hồi dầu tăng cường, và còn bao gồm việc loại bỏ khí hydro ra khỏi khí metan, nitơ và argon trong dòng khí thải amoniac. Ví dụ, màng polyme cuộn xoắn xenluloza axetat SeparexTM của UOP hiện đang đứng đầu trên thị trường quốc tế trong việc loại bỏ cacbon dioxid từ khí tự nhiên.

Các polyme có các đặc tính quan trọng trong việc phân tách khí như chi phí thấp, có khả năng thấm, khả năng ổn định cơ học, và dễ xử lý. Các polyme thủy tinh (tức là, các polyme ở nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ chuyển thủy tinh T_g của chúng) có bộ khung polyme cứng hơn và do đó cho phép các phân tử nhỏ hơn như hydro và heli đi qua nhanh hơn, trong khi các phân tử lớn hơn chẳng hạn như hydrocacbon đi qua chậm hơn, khi so sánh với các polyme có bộ khung ít cứng hơn. Màng polyme thủy tinh xenluloza axetat (cellulose acetate - CA) được sử dụng rộng rãi trong lĩnh vực phân tách khí. Hiện nay, các màng CA như vậy được sử dụng trong việc làm giàu khí tự nhiên bao gồm việc loại bỏ khí cacbon dioxid. Mặc dù màng CA có nhiều ưu điểm, song chúng vẫn bị hạn chế ở một số đặc tính bao gồm khả năng chọn lọc, khả năng thấm và khả năng ổn định hóa học, nhiệt học và cơ học.

Màng thông dụng nhất được sử dụng trong các ứng dụng phân tách khí và chất lỏng thương mại là màng polyme không đối xứng và màng phân tách có lớp vỏ chọn lọc không xốp. Việc phân tách dựa trên cơ chế hòa tan-khuếch tán. Cơ chế này liên quan đến các tương tác ở mức độ phân tử của khí thẩm thấu với polyme màng. Cơ chế này giả thiết rằng trong một màng có hai bề mặt đối diện, mỗi thành phần được màng hấp thụ tại một bề mặt, rồi được vận chuyển nhờ sự chênh lệch nồng độ khí, và được nhả ra ở bề mặt đối diện. Theo mô hình khuếch tán dung dịch này, hiệu suất phân tách một cặp khí nhất định (ví dụ, CO_2/CH_4 , O_2/N_2 , H_2/CH_4) được xác định bằng hai thông số: hệ số độ thấm (sau đây được viết tắt là độ thấm hoặc P_A) và độ chọn lọc ($\alpha_{A/B}$). P_A là tích của lưu lượng dòng khí và độ dày lớp vỏ của màng, chia cho độ chênh lệch áp suất qua màng. $\alpha_{A/B}$ là tỷ lệ hệ số độ thấm của hai khí ($\alpha_{A/B} = P_A/P_B$) trong đó P_A là độ thấm của khí thấm nhiều hơn và P_B độ thấm của khí thấm ít hơn. Các khí có hệ số độ thấm cao bởi vì chúng có hệ số hòa tan cao, hệ số khuếch tán cao hoặc cả hai hệ số này đều cao. Nhìn chung, hệ số khuếch tán giảm khi hệ số hòa tan tăng và kích thước phân tử khí tăng. Các màng polyme hiệu suất cao được mong muốn có cả độ thấm và độ chọn lọc cao. Bởi vì, độ thấm cao hơn sẽ làm giảm kích thước của màng cần để xử lý một thể tích khí nhất định, nhờ đó làm giảm chi phí đầu tư cho màng. Và độ chọn lọc cao hơn sẽ giúp thu được khí sản phẩm có độ tinh khiết cao hơn.

Để phân tách một lượng lớn khí hoặc chất lỏng, cần phải có một bề mặt cực kỳ rộng hoặc một trong các thành phần cần phân tách phải có độ thấm đủ cao ở các điều kiện ưu tiên. Độ thấm, được xác định theo đơn vị thấm khí (Gas Permeation Unit - GPU, $1 \text{ GPU} = 10^{-6} \text{ cm}^3 (\text{STP})/\text{cm}^2 \text{ s (cm Hg)}$), là lưu lượng dòng định mức áp suất và bằng độ thấm chia cho độ dày lớp vỏ của màng. Các màng polyme phân tách khí có sẵn trên thị trường, như CA, polyimide, và các màng polysulfon được tạo ra bằng các phương pháp đảo pha và thay đổi dung môi có cấu trúc màng được bọc vỏ hoàn toàn không đối xứng. Các màng này khác biệt ở chỗ chúng có lớp “vỏ” bề mặt mỏng, đặc, bán thấm chọn lọc và vùng đỡ có các lỗ rỗng ít đặc hơn (hoặc xốp), không chọn lọc, các lỗ rỗng có kích thước rất lớn trong vùng đỡ đến rất nhỏ khi gần đến “vỏ”. Tuy nhiên, việc chế tạo các màng polyimide được bọc vỏ hoàn toàn không đối xứng có khả năng chọn lọc cao không có khuyết điểm là một việc rất khó. Các lỗ nano hoặc các khuyết điểm xuất hiện trên lớp vỏ làm giảm độ chọn lọc của màng. Trong quá trình đổ khuôn và sấy khô màng, màng polyimide co ngót mạnh trên đế vải, do đó, màng thấm

phẳng polyimit được bọc vỏ hoàn toàn không đối xứng không thể được chế tạo bằng kỹ thuật đảo pha.

Đơn sáng chế Mỹ số US 2005/0268783 A1 đã công bố các màng sợi rỗng polyimit liên kết ngang hóa học được làm từ polyme được monoeste hóa, sau đó được tạo sợi rỗng liên kết ngang cuối cùng.

Bằng sáng chế Mỹ số US 7,485,173 đã bộc lộ các màng nền hỗn hợp được liên kết ngang UV bằng chiếu xạ tia UV. Các màng nền hỗn hợp được liên kết ngang bao gồm các vật liệu xốp mịn được phân tán trong nền polyme được liên kết ngang UV liên tục.

Bằng sáng chế Mỹ số US 8,016,124 đã công bố màng compozit lớp mỏng (thin film composite - TFC) chứa hỗn hợp bao gồm polyetesulfon và các polyme polyimit thom. Màng TFC có lớp hỗn hợp bao gồm polyetesulfon và polyimit thom có độ dày nằm trong khoảng từ 0,1 đến 3 micromet.

Bằng sáng chế Mỹ số US 8,337,598 đã bộc lộ màng sợi rỗng TFC có lớp lõi và lớp vỏ polyme polyimit được liên kết ngang UV.

Màng không đối xứng được bọc vỏ hoàn toàn có lớp mỏng có khả năng chọn lọc và lớp xốp được làm đồng thời từ vật liệu và dung dịch tạo màng giống.

Sáng chế bộc lộ màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon bao gồm polyme polyimit có các nhóm chức hydroxyl được liên kết ngang với các nhóm chức epoxy trên polyme epoxysilicon dưới bức xạ UV, phương pháp chế tạo màng này, và việc sử dụng màng này để làm giàu khí tự nhiên và tinh sạch H₂.

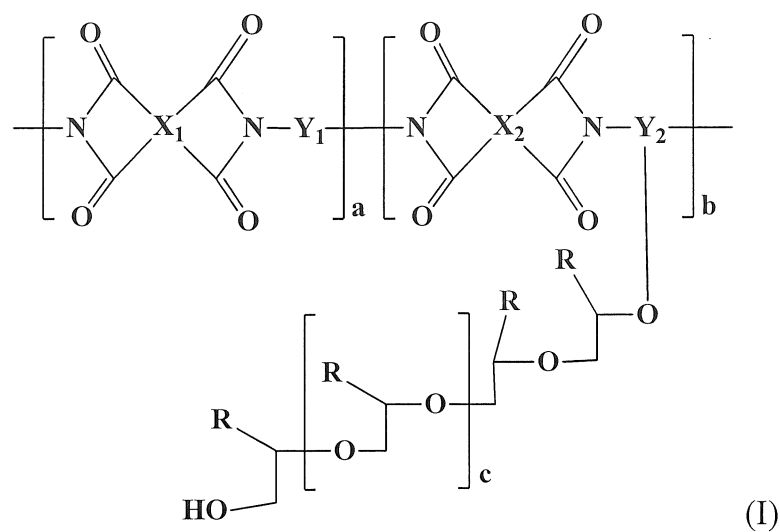
Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Sáng chế đề xuất màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon có khả năng chọn lọc cao bao gồm polyme polyimit có các nhóm chức hydroxyl liên kết ngang với các nhóm chức epoxy trên polyme epoxysilicon dưới bức xạ UV, phương pháp chế tạo màng này, và việc sử dụng màng này để làm giàu khí tự nhiên và tinh sạch H₂. Sáng chế đề xuất màng compozit lớp mỏng hoặc màng được bọc vỏ hoàn toàn không đối xứng bao gồm lớp vỏ chọn lọc polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon có khả năng chọn lọc cao có các nhóm chức hydroxyl trên chuỗi polyme polyimit được liên kết ngang với các nhóm chức epoxy trên chuỗi polyme epoxysilicon dưới bức xạ UV. Màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon có

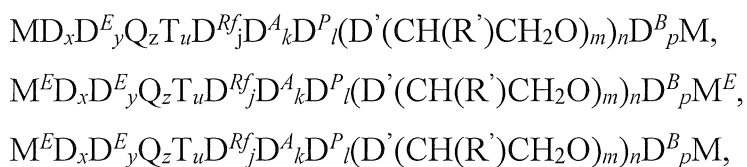
khả năng chọn lọc cao có thể có hình dạng tấm phẳng hoặc hình dạng sợi rỗng.

Sáng chế đề xuất màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon có khả năng chọn lọc cao. Việc liên kết ngang giữa polyme polyimit có các nhóm chức hydroxyl và polyme epoxysilicon có các nhóm chức epoxy theo sáng chế tạo ra màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon không chỉ có khả năng chọn lọc cao, mà còn có độ hóa dẻo và độ bền hóa học cao do sự tạo thành các đoạn chuỗi polyme được liên kết ngang thông qua các liên kết đồng hóa trị trực tiếp có thể có.

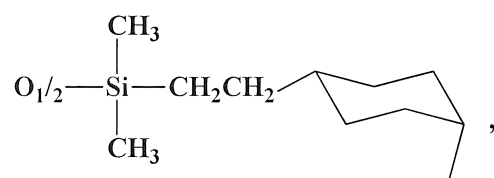
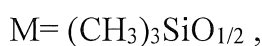
Sáng chế đề xuất màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon bao gồm polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon trong đó polyme polyimit có các nhóm chức hydroxyl liên kết ngang với các nhóm chức epoxy trên polyme epoxysilicon. Polyme polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon bao gồm nhiều đơn vị lặp lại có công thức (I), trong đó công thức (I) là

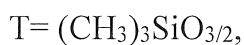
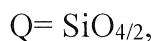
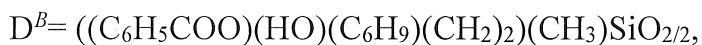
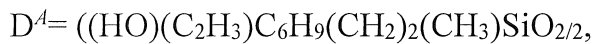
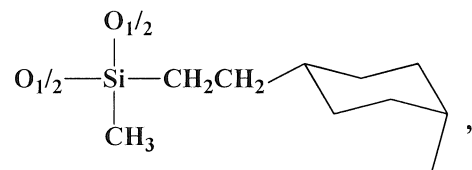
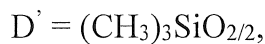
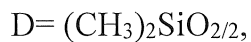


trong đó R được chọn từ nhóm bao gồm

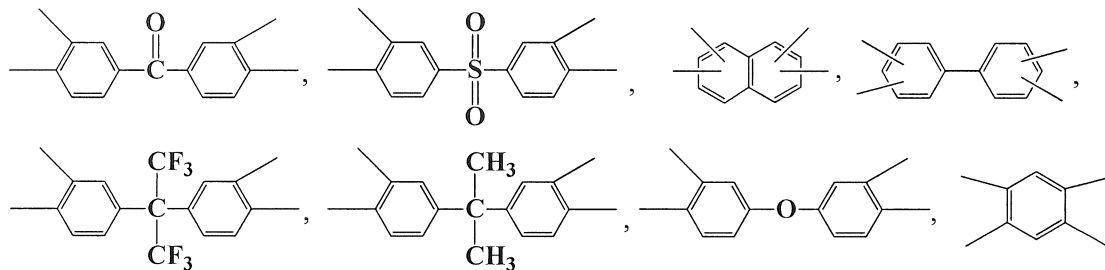


và hỗn hợp của chúng; trong đó

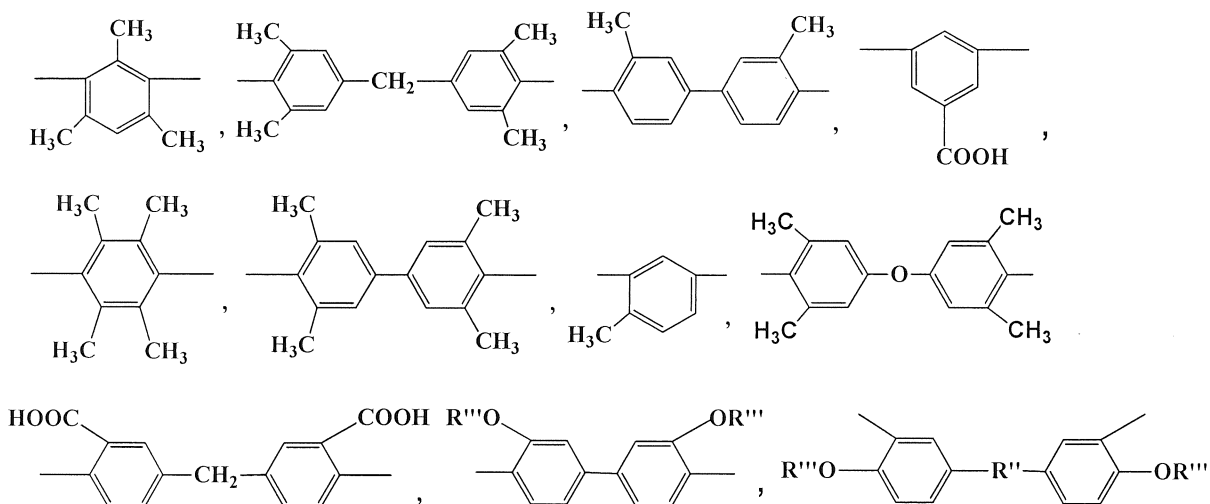




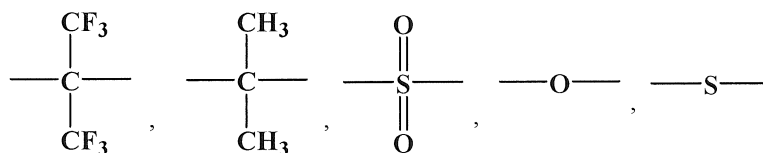
trong đó R' được chọn từ nhóm bao gồm hydro, metyl, và etyl, và trong đó j, k, l, m, n, p, x, y, z, và u là các số nguyên dương và j, k, l, n, p, u và z có thể là 0; trong đó X₁ và X₂ lần lượt được chọn từ nhóm bao gồm



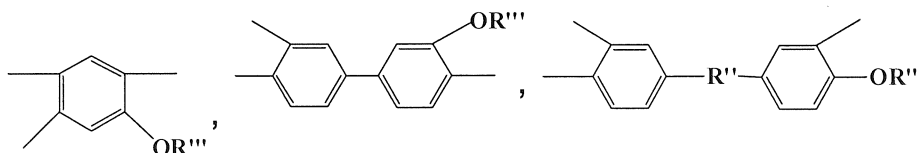
và hỗn hợp của chúng; X₁ và X₂ là giống hoặc khác nhau; trong đó Y₁ được chọn từ nhóm bao gồm



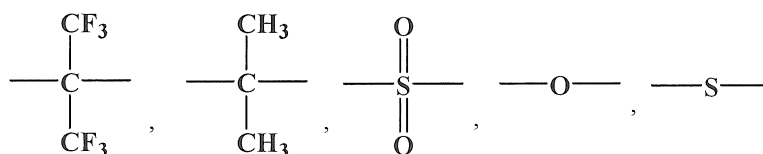
và hỗn hợp của chúng, R'' được chọn từ nhóm bao gồm



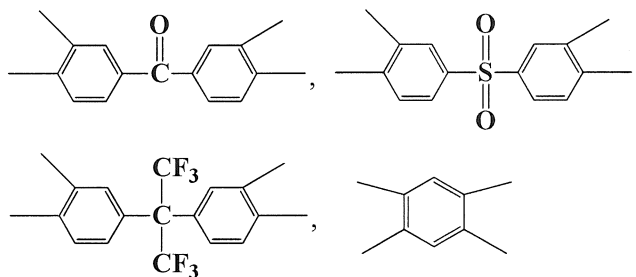
và hỗn hợp của chúng, và R''' được chọn từ nhóm bao gồm -H, COCH₃ và hỗn hợp của chúng; Y₂ được chọn từ nhóm bao gồm



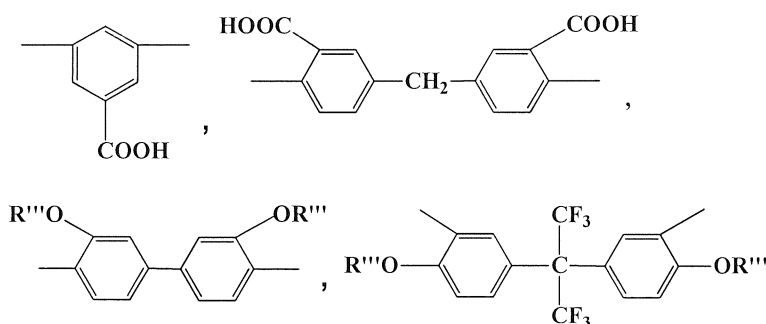
và hỗn hợp của chúng, R'' được chọn từ nhóm bao gồm



và hỗn hợp của chúng, và R''' được chọn từ nhóm bao gồm -H, COCH₃ và hỗn hợp của chúng; trong đó a, b và c độc lập là các số nguyên từ 1 đến 500. Trong công thức (I), tốt hơn là X₁ và X₂ được chọn lần lượt từ nhóm bao gồm

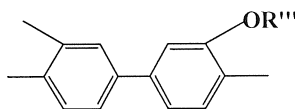


và hỗn hợp của chúng; X₁ và X₂ là giống hoặc khác nhau; tốt hơn là Y₁ được chọn từ nhóm bao gồm



và hỗn hợp của chúng, trong đó R''' được chọn từ nhóm bao gồm -H, COCH₃ và hỗn

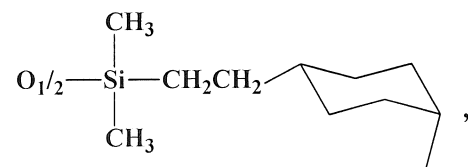
hợp của chúng; tốt hơn là Y₂ là



tốt hơn là R được chọn từ nhóm bao gồm MD_xD^E_yM, M^ED_xD^E_yM^E, M^ED_xD^E_yM và hỗn hợp của chúng; trong đó

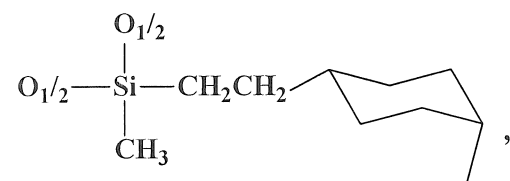
M = (CH₃)₃SiO_{1/2},

M^E =

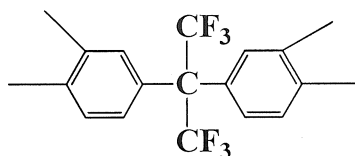


D = (CH₃)₂SiO_{2/2},

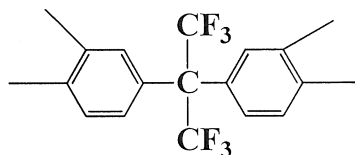
D^E =



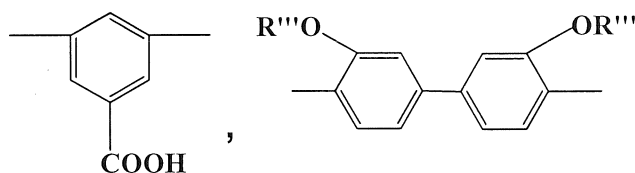
trong đó x và y là các số nguyên dương. Trong công thức (I), tốt hơn là X₁ là



tốt hơn nữa là X₂ là



tốt hơn nữa là Y₁ được chọn từ nhóm bao gồm



và hỗn hợp của chúng, trong đó R''' được chọn từ nhóm bao gồm -H, COCH₃ và hỗn hợp của chúng.

Màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon có khả năng chọn lọc cao

theo sáng chế có thể là màng được bọc vỏ hoàn toàn không đối xứng hoặc màng compozit lớp mỏng (thin film composit - TFC).

Màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon có khả năng chọn lọc cao dạng tấm phẳng hoặc dạng sợi rỗng được bọc vỏ hoàn toàn không đối xứng được tạo ra theo quy trình đảo pha.

Chế phẩm dịch sệt màng để tạo màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon có khả năng chọn lọc cao dạng tấm phẳng hoặc sợi rỗng được bọc vỏ hoàn toàn không đối xứng theo sáng chế bao gồm các dung môi tốt đối với polyme polyimit có các nhóm chức hydroxyl theo sáng chế mà có thể hòa tan hoàn toàn polyme. Các dung môi tốt tiêu biểu được sử dụng trong sáng chế bao gồm N-metylpyrrolidon (NMP), N,N-dimetyl axetamid (DMAC), metylen clorua, N,N-dimetylformamid (DMF), dimetyl sulfoxit (DMSO), dioxan, 1,3-dioxolan, axeton, hỗn hợp của chúng, các dung môi khác được biết đến bởi người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này và hỗn hợp của các dung môi này. Trong một số trường hợp, chế phẩm dịch sệt màng để tạo màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon có khả năng chọn lọc cao dạng tấm phẳng hoặc sợi rỗng được bọc vỏ hoàn toàn không đối xứng theo sáng chế còn bao gồm các dung môi kém mà không thể hòa tan polyme polyimit có các nhóm chức hydroxyl như metanol, etanol, tetrahydrofuran (THF), toluen, n-octan, n-decan, axit lactic, axit xitric và hỗn hợp của các dung môi này. Để tạo ra màng có độ thấm cao, cần tỷ lệ khối lượng thích hợp của các dung môi được sử dụng theo sáng chế mà tạo ra màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon có khả năng chọn lọc cao dạng tấm phẳng hoặc dạng sợi rỗng được bọc vỏ hoàn toàn không đối xứng có lớp vỏ chọn lọc không xốp siêu mỏng nhỏ hơn 200 nm.

Màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon có khả năng chọn lọc cao dạng compozit lớp mỏng được mô tả theo sáng chế bao gồm lớp phân tách chọn lọc không xốp mỏng được mô tả theo sáng chế và lớp đỡ cơ học không chọn lọc xốp được làm từ vật liệu khác polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon được mô tả theo sáng chế. Lớp đỡ cơ học không chọn lọc xốp được làm từ vật liệu khác polyme polyimit có các nhóm chức hydroxyl được mô tả theo sáng chế có độ chọn lọc thấp và lưu lượng dòng cao có thể được làm từ các vật liệu bao gồm xenluloza axetat, xenluloza triaxetat, polysulfon, polyetesulfon, polyamid, polyimit, polyeteimit,

polyuretan, polycacbonat, polystyren, polybenzoxazol và hỗn hợp của chúng.

Màng sợi rỗng compozit lớp mỏng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon bao gồm polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon được mô tả theo sáng chế được đúc từ dịch sệt vỏ và dịch sệt lõi sử dụng ống định hình ba lỗ theo quy trình tạo sợi đảo pha ép đùn kết hợp. Dịch sệt lõi bao gồm polyme polyetesulfon (PES) có giá thành thấp, có sẵn trên thị trường và polyimit P85 có giá thành thấp, có sẵn trên thị trường. Dịch sệt vỏ bao gồm poly(2,2'-bis-(3,4-dicacboxyphenyl)hexaflopropan dianhydrit-3,3'-dihydroxy-4,4'-diamino-biphenyl-3,3'-diacetoxo-4,4'-diamino-biphenyl) (viết tắt là PI-A). Polyimit PI-A được tổng hợp từ phản ứng ngưng tụ giữa 2,2'-bis-(3,4-dicacboxyphenyl)hexaflopropan dianhydrit (6FDA) và 3,3'-dihydroxy-4,4'-diamino-biphenyl (HAB) trong dung môi phân cực DMAc hoặc NMP theo quy trình hai bước để điều chế poly(axit amic), theo sau là quy trình imidazol hóa dung dịch. Anhydrit axetic được sử dụng làm tác nhân dehydrat hóa và pyridin được sử dụng làm xúc tác imidazol hóa cho phản ứng imidazol hóa dung dịch trong bước tổng hợp thứ hai. Dịch sệt lõi và dịch sệt vỏ được ép đùn kết hợp qua ống định hình ba lỗ ở nhiệt độ tạo sợi nhất định. Chất lưu lõi chứa nước có hàm lượng 20% khối lượng trong NMP được bơm vào lõi của sợi đồng thời với quá trình ép đùn kết hợp dịch sệt lõi và dịch sệt vỏ. Tỷ lệ tốc độ dòng của dịch sệt lõi và dịch sệt vỏ được điều chỉnh nằm trong khoảng từ 3:1 đến 10:1. Màn sợi rỗng compozit lớp mỏng đã sấy khô còn được liên kết ngang với epoxysilicon có thể đóng rắn bằng UV SilForce* UV9315 từ Momentive, Columbus, Ohio khi có mặt chất xúc tác quang là muối bis(dodexylphenyl)iodonium SilForce UV9380C từ Momentive ("SilForce" là nhãn hiệu của Momentive Performance Matrials, Inc.) để tạo màng sợi rỗng compozit lớp mỏng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon có khả năng chọn lọc cao PI-A-ESi/P84-PES.

Màng sợi rỗng compozit lớp mỏng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon PI-A-ESi/P84-PES cho hiệu suất phân tách CO₂/CH₄ cao với độ thấm CO₂ là 69 GPU và độ chọn lọc CO₂/CH₄ là 30,6 cho quá trình phân tách CO₂/CH₄ xảy ra ở nhiệt độ 50°C dưới áp suất nguyên liệu 5617 kPa với 10% CO₂ và 90% CH₄ trong khí nguyên liệu.

Sáng chế đề xuất quy trình phân tách ít nhất một khí từ hỗn hợp khí sử dụng màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon có khả năng chọn lọc cao bao

gồm polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon được mô tả trong bản mô tả này, quy trình này bao gồm các bước: (a) tạo màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon có khả năng chọn lọc cao được mô tả theo sáng chế mà có khả năng thấm ít nhất một khí đã nêu; (b) cho hỗn hợp tiếp xúc với một mặt của màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon có khả năng chọn lọc cao để làm cho ít nhất một khí thấm qua màng ; và (c) loại bỏ hỗn hợp khí thấm bao gồm phần ít nhất một khí đã nêu mà thấm qua màng đã nêu ra khỏi mặt đối diện của màng này.

Màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon có khả năng chọn lọc cao được mô tả theo sáng chế không chỉ thích hợp dùng để phân tách CO_2/CH_4 mà còn dùng để phân tách các khí khác như tinh sạch H_2 , phân tách O_2/N_2 và $\text{H}_2\text{S}/\text{CH}_4$.

Mô tả chi tiết sáng chế

Các màng phân tách khí có sẵn trên thị trường, như CA, polyimit và các màng polysulfon được tạo ra bằng các phương pháp đảo pha và thay đổi dung môi và có hình dạng tấm phẳng hoặc sợi rỗng có cấu trúc màng được bọc vỏ hoàn toàn không đối xứng. Các màng này khác biệt ở chỗ, chúng có lớp “vỏ” bề mặt mỏng, đặc, bán thấm chọn lọc và lớp đỡ có lỗ rỗng ít đặc hơn (hoặc xốp), không chọn lọc với các lỗ rỗng có kích thước nằm trong khoảng từ rất lớn trong vùng đỡ đến rất nhỏ khi gần đến vỏ. Lớp vỏ và lớp đỡ xốp không chọn lọc được làm đồng thời từ vật liệu giống nhau và dung dịch tạo màng giống nhau.

Một loại màng phân tách khí không đối xứng khác là màng composit lớp mỏng (TFC). Điểm khác biệt của màng TFC cũng là ở lớp vỏ bề mặt bán thấm chọn lọc và lớp đỡ xốp không chọn lọc. Tuy nhiên, lớp mỏng chọn lọc và lớp xốp không chọn lọc có thể được làm từ các nguyên liệu khác nhau. Ngoài ra, lớp mỏng chọn lọc và lớp xốp không chọn lọc có thể được tạo ra theo quy trình hai bước phân biệt hoặc quy trình ép đùn kết hợp hai dung dịch tạo màng khác nhau.

Đối với màng tấm phẳng TFC được tạo ra theo quy trình nhúng phủ hoặc cán, lớp đặc mỏng chọn lọc nằm trên lớp xốp không chọn lọc có thể dễ dàng bị tách ra khỏi lớp xốp không chọn lọc, do đó làm giảm đáng kể độ chọn lọc trong việc phân tách khí. Mặt khác, đối với màng sợi rỗng TFC được tạo ra theo quy trình đảo pha ép đùn kết hợp, lớp vỏ bao gồm lớp đặc mỏng chọn lọc và lớp đệm mỏng tương đối xốp, và lớp lõi xốp không chọn lọc được tạo ra theo quy trình đảo pha một bước. Do đó, lớp vỏ

không thể bị tách ra khỏi lớp lõi không chọn lọc. Ngoài ra, lớp lõi xốp không chọn lọc của màng sợi rỗng TFC có thể được làm từ các vật liệu tạo màng giá thành thấp và lớp vỏ chọn lọc có thể được làm từ vật liệu tạo màng mới có hiệu suất cao và giá thành cao.

Bởi vì việc sử dụng màng để phân tách cả khí và chất lỏng yêu cầu năng lượng thấp và có tiềm năng mở rộng các kiểu dáng màng môđun, cho nên nó trở thành một lĩnh vực kỹ thuật đang phát triển có lợi nhuận kinh tế cao và tiềm năng. Ngoài ra, các vật liệu tạo màng mới và các phương pháp tạo màng mới có hiệu suất cao liên tục được nghiên cứu và phát triển. Do đó, quy trình sử dụng màng có khả năng cạnh tranh hơn các quy trình truyền thống tốn kém và đòi hỏi năng lượng cao, ví dụ như quy trình chưng cất. Kỹ thuật màng được ứng dụng cho một phạm vi lớn các hệ thống màng phân tách khí bao gồm làm giàu khí nitơ, làm giàu khí oxy, thu hồi khí hydro, loại bỏ khí hydro sulfit và cacbon dioxit ra khỏi khí tự nhiên và dehydro hóa không khí và khí tự nhiên. Ngoài ra, kỹ thuật này còn có tiềm năng ứng dụng cho hệ thống màng thích hợp như các quy trình phân tách hydrocacbon khác nhau. Các màng được sử dụng trong các ứng dụng này phải có độ chọn lọc cao, bền và có khả năng xử lý một lượng lớn thể tích khí hoặc chất lỏng để đạt hiệu quả kinh tế. Trong 25 năm qua, các màng phân tách khí đã có những cải tiến mạnh mẽ, chúng có thể xử lý ở quy mô lớn và yêu cầu năng lượng thấp. Hơn 90% ứng dụng phân tách màng liên quan đến phân tách khí không ngưng tụ như khí nitơ từ không khí và khí hydro từ nitơ, argon hoặc metan. Việc phân tách khí bằng màng là mối quan tâm hàng đầu đối với các nhà sản xuất và tinh chế dầu mỏ, các công ty hóa chất và các nhà cung cấp khí công nghiệp. Một vài ứng dụng phân tách khí bằng màng đã đạt được thành công về mặt thương mại, bao gồm làm giàu khí nitơ từ không khí, khí hydro từ nitơ, argon hoặc metan, loại bỏ cacbon dioxit từ khí tự nhiên và khí sinh học và thu hồi dầu tăng cường.

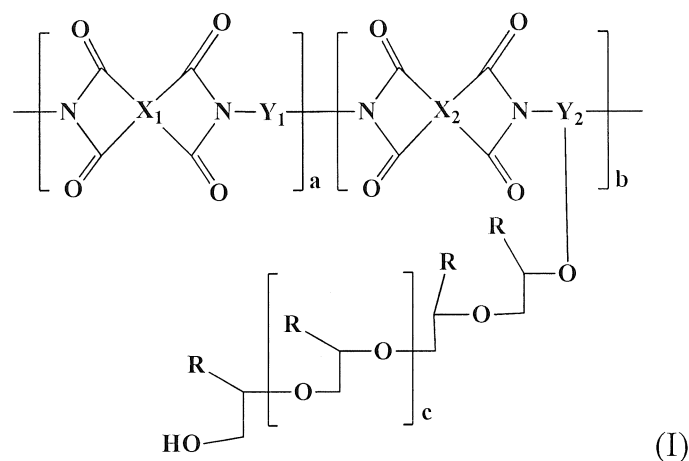
Sáng chế đề xuất màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon có khả năng chọn lọc cao bao gồm polyme polyimit có các nhóm chức hydroxyl liên kết ngang với các nhóm chức epoxy trên polyme epoxysilicon khi có mặt một lượng có tác dụng chất xúc tác quang muối bis(dodexylphenyl)iodonium dưới bức xạ UV. Sáng chế còn đề xuất ứng dụng của màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon có khả năng chọn lọc cao trong việc tinh sạch H_2 như phân tách H_2/CH_4 và trong việc phân tách khí khác như CO_2/CH_4 , H_2S/CH_4 , CO_2/N_2 , olefin/paraffin (ví dụ,

propylen/propan) và phân tách O₂/N₂.

Sáng chế đề xuất màng composit lớp mỏng hoặc màng được bọc vỏ hoàn toàn không đối xứng bao gồm lớp vỏ chọn lọc polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon có khả năng chọn lọc cao có các nhóm chức hydroxyl trên chuỗi polyme polyimit được liên kết ngang với các nhóm chức epoxy trên chuỗi polyme epoxysilicon khi có mặt chất xúc tác quang là muối bis(dodexylphenyl)iodonium dưới bức xạ UV. Màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon có khả năng chọn lọc cao có thể có hình dạng tấm phẳng hoặc hình dạng sợi rỗng.

Sáng chế đề xuất màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon có khả năng chọn lọc cao. Liên kết ngang giữa polyme polyimit có các nhóm chức hydroxyl và polyme epoxysilicon có các nhóm chức epoxy theo sáng chế tạo ra màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon không chỉ có khả năng chọn lọc cao, mà còn có độ hóa dẻo và độ bền hóa học cao do sự tạo thành các đoạn chuỗi polyme được liên kết ngang thông qua các liên kết đồng hóa trị trực tiếp có thể có.

Sáng chế đề xuất màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon bao gồm polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon trong đó polyme polyimit có các nhóm chức hydroxyl liên kết ngang với các nhóm chức epoxy trên polyme epoxysilicon. Polyme polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon bao gồm nhiều đơn vị lặp lại có công thức (I), trong đó công thức (I) là



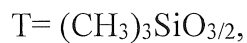
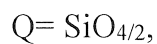
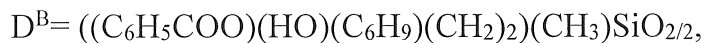
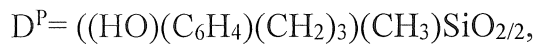
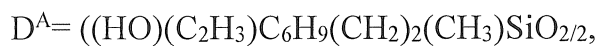
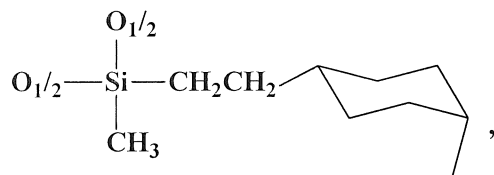
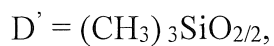
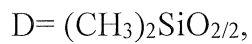
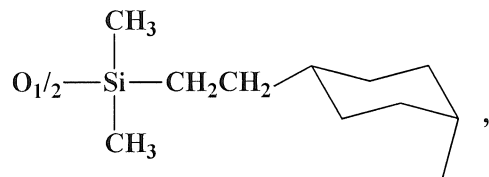
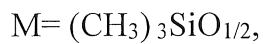
trong đó R được chọn từ nhóm bao gồm

$MD_xD_y^E Q_z T_u D^{Rf}_j D^{A_k} D^{P_l} (D'(\text{CH}(\text{R}')\text{CH}_2\text{O})_m)_n D^B_p M,$

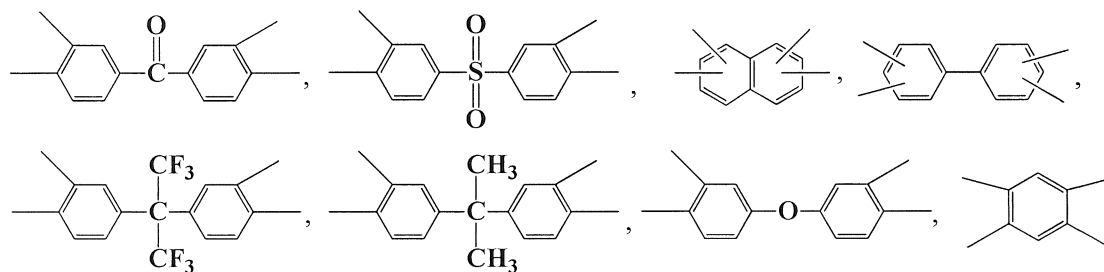
$M^E D_x D_y^E Q_z T_u D^{Rf}_j D^{A_k} D^{P_l} (D'(\text{CH}(\text{R}')\text{CH}_2\text{O})_m)_n D^B_p M^E,$

$M^E D_x D_y^E Q_z T_u D^{Rf}_j D^{A_k} D^{P_l} (D'(\text{CH}(\text{R}')\text{CH}_2\text{O})_m)_n D^B_p M,$

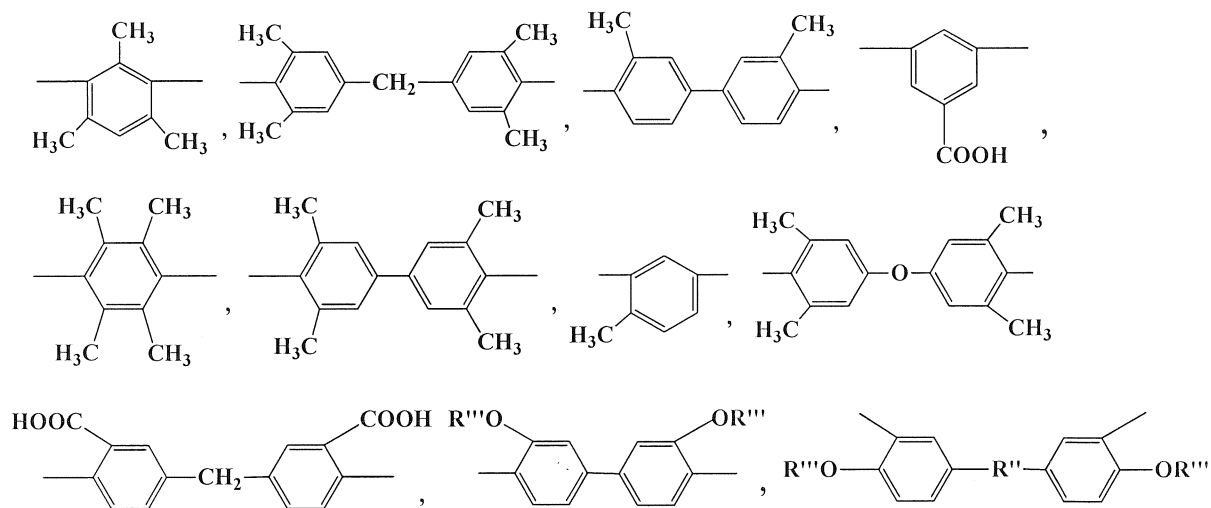
và hỗn hợp của chúng, trong đó



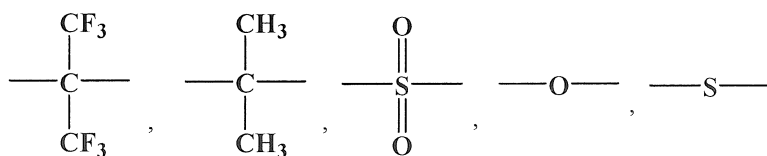
trong đó R' được chọn từ nhóm bao gồm hydro, metyl và etyl, và trong đó j, k, l, m, n, p, x, y, z, và u là các số nguyên dương và j, k, l, n, p, u và z có thể là 0; trong đó X₁ và X₂ lần lượt được chọn từ nhóm bao gồm



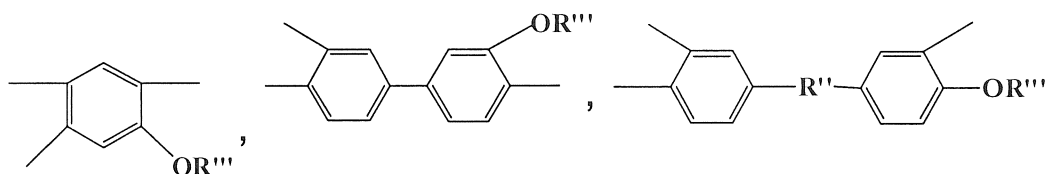
và hỗn hợp của chúng; X₁ và X₂ là giống hoặc khác nhau; trong đó Y₁ được chọn từ nhóm bao gồm



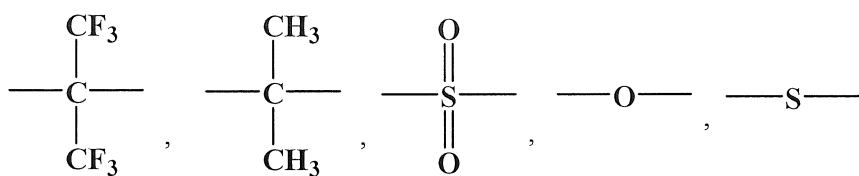
và hỗn hợp của chúng, R'' được chọn từ nhóm bao gồm



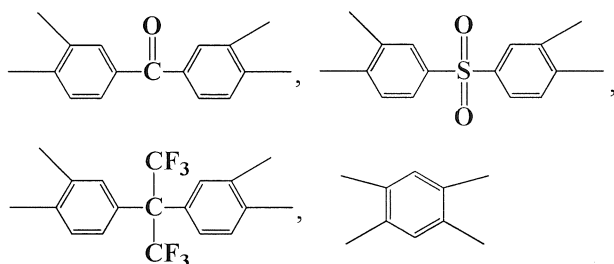
và hỗn hợp của chúng, và R''' được chọn từ nhóm bao gồm -H, COCH₃ và hỗn hợp của chúng; Y₂ được chọn từ nhóm bao gồm



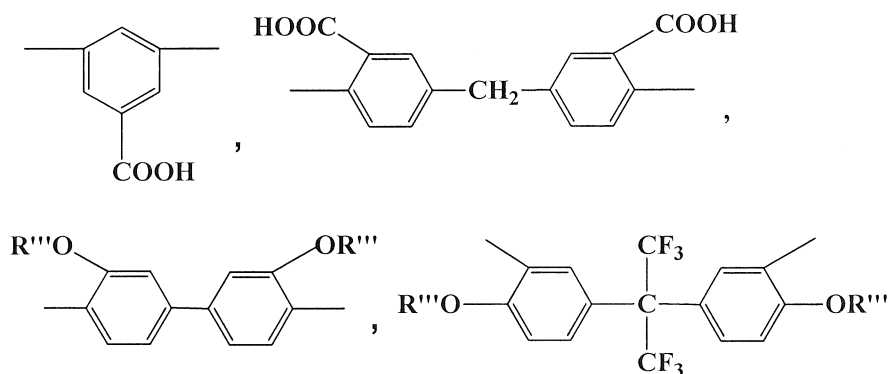
và hỗn hợp của chúng, R'' được chọn từ nhóm bao gồm



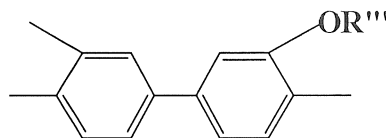
và hỗn hợp của chúng, và R''' được chọn từ nhóm bao gồm -H, COCH₃ và hỗn hợp của chúng; trong đó a, b và c độc lập là các số nguyên từ 1 đến 500. Trong công thức (I), tốt hơn là X₁ và X₂ được chọn lần lượt từ nhóm bao gồm



và hỗn hợp của chúng; X₁ và X₂ là giống hoặc khác nhau; tốt hơn là Y₁ được chọn từ nhóm bao gồm



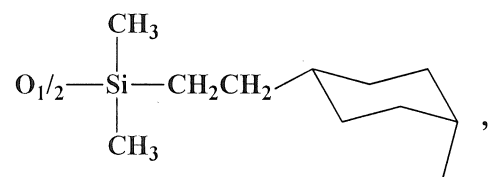
và hỗn hợp của chúng, trong đó R''' được chọn từ nhóm bao gồm -H, COCH₃, và hỗn hợp của chúng; tốt hơn là Y₂ là



tốt hơn là R được chọn từ nhóm bao gồm MD_xD^E_yM, M^ED_xD^E_yM^E, M^ED_xD^E_yM và hỗn hợp của chúng; trong đó

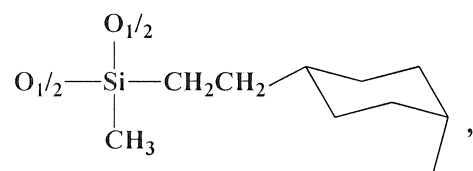
M = (CH₃)₃SiO_{1/2},

M^E =

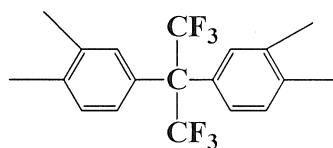


D = (CH₃)₂SiO_{2/2},

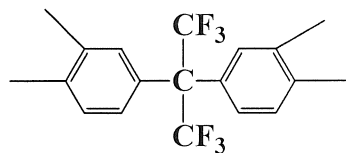
D^E =



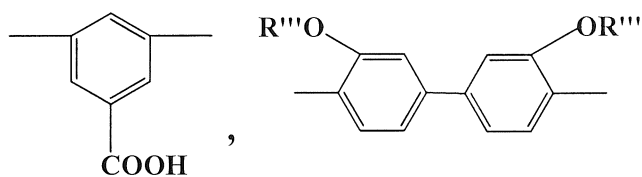
trong đó x và y là các số nguyên dương. Trong công thức (I), tốt hơn là X₁ là



tốt hơn nữa là X₂ là

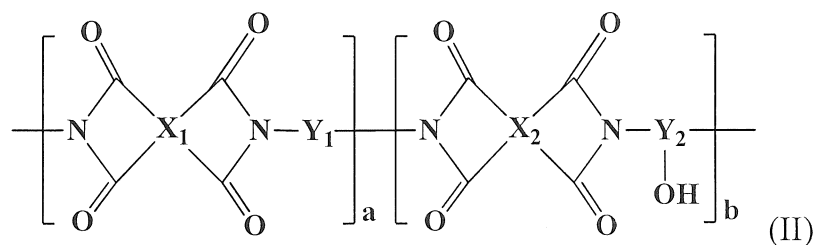


tốt hơn nữa là Y_1 được chọn từ nhóm bao gồm

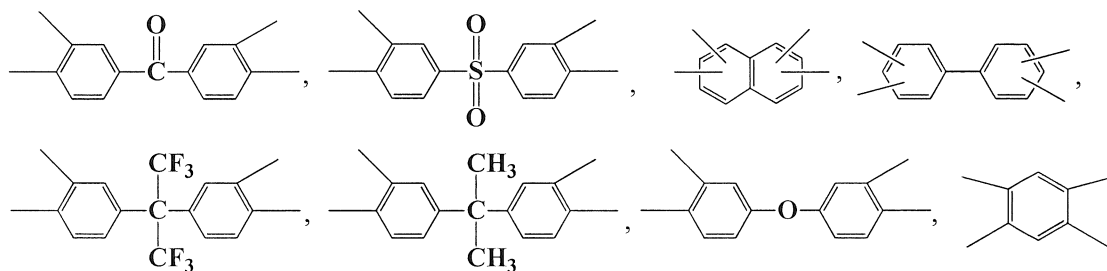


và hỗn hợp của chúng, trong đó R''' được chọn từ nhóm bao gồm $-H$, $COCH_3$ và hỗn hợp của chúng.

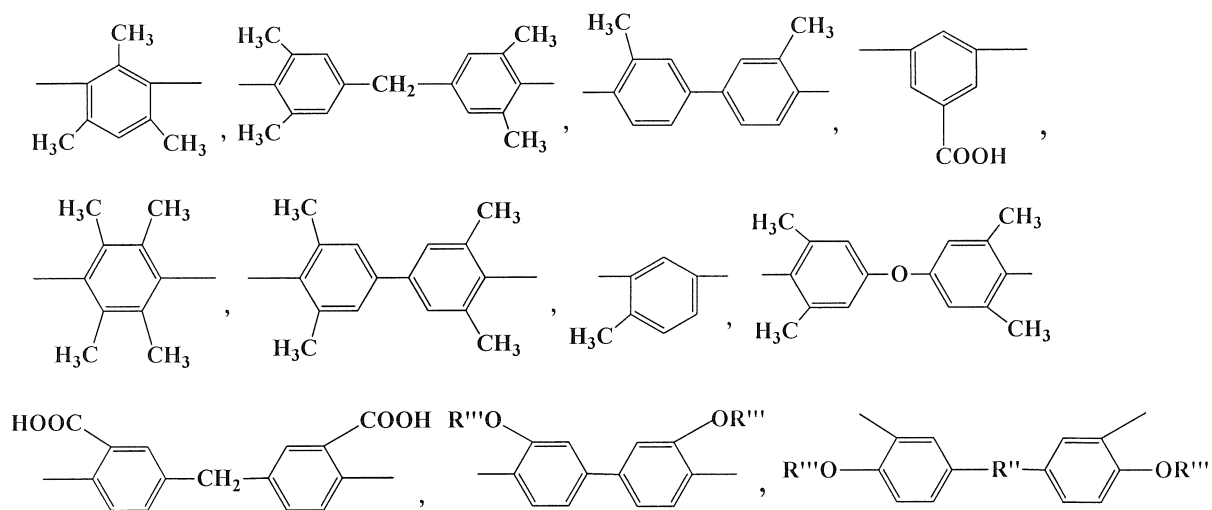
Polyme polyimit có các nhóm chức hydroxyl được sử dụng để tạo ra màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon có khả năng chọn lọc cao theo sáng chế bao gồm nhiều đơn vị lặp lại có công thức (II), trong đó công thức (II) là



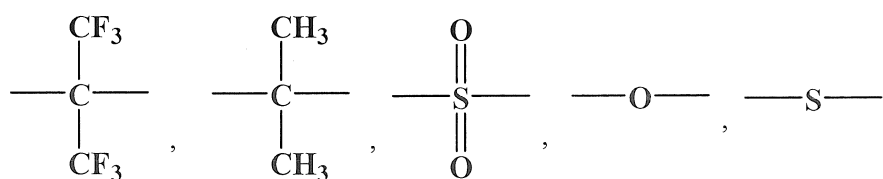
trong đó, X_1 và X_2 được chọn lần lượt từ nhóm bao gồm



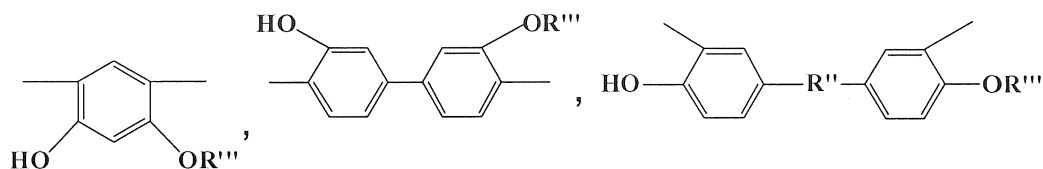
và hỗn hợp của chúng; X_1 và X_2 là giống hoặc khác nhau; trong đó Y_1 được chọn từ nhóm bao gồm



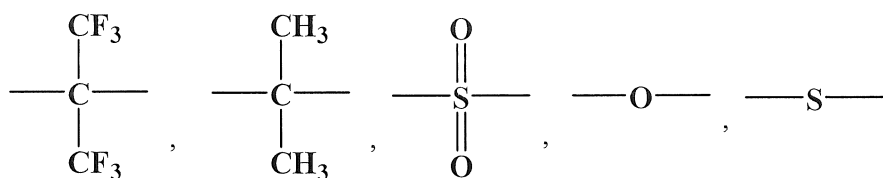
và hỗn hợp của chúng, R'' được chọn từ nhóm bao gồm



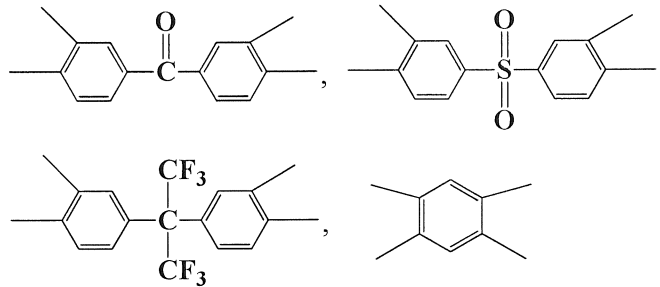
và hỗn hợp của chúng, và R''' được chọn từ nhóm bao gồm -H, COCH₃ và hỗn hợp của chúng; Y₂-OH được chọn từ nhóm bao gồm



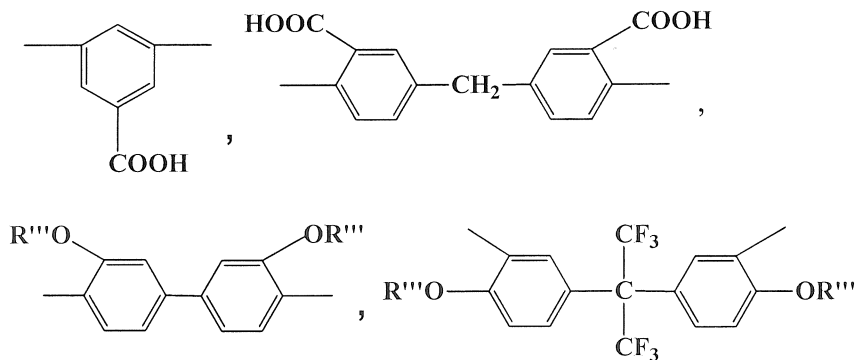
và hỗn hợp của chúng, R'' được chọn từ nhóm bao gồm



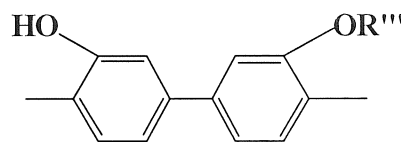
và hỗn hợp của chúng, và R''' được chọn từ nhóm bao gồm -H, COCH₃ và hỗn hợp của chúng; trong đó a và b độc lập là các số nguyên từ 1 đến 500. Trong công thức (II), tốt hơn là X₁ và X₂ được chọn lần lượt từ nhóm bao gồm



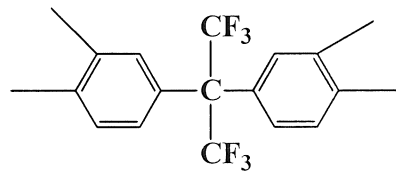
và hỗn hợp của chúng; X₁ và X₂ là giống hoặc khác nhau; tốt hơn là Y₁ được chọn từ nhóm bao gồm



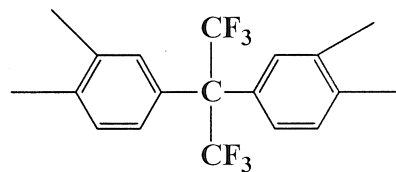
và hỗn hợp của chúng, trong đó R''' được chọn từ nhóm bao gồm -H, COCH₃, và hỗn hợp của chúng; tốt hơn là Y₂ -OH là



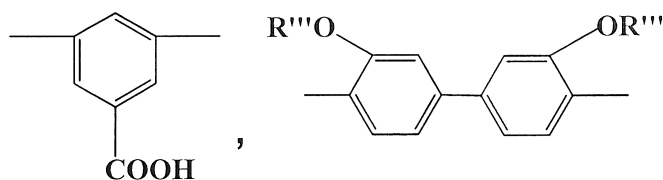
Trong công thức (II), tốt hơn là X₁ là



tốt hơn nữa là X₂ là



tốt hơn nữa là Y₁ được chọn từ nhóm bao gồm

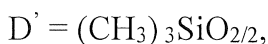
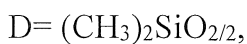
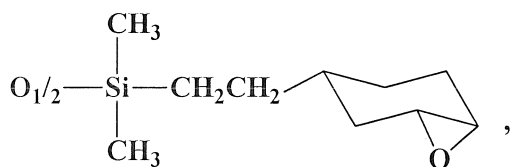
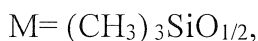
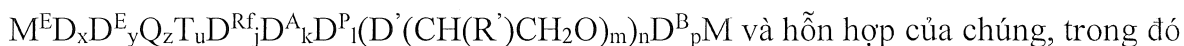
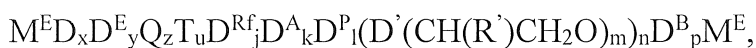
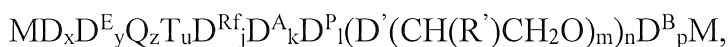


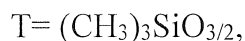
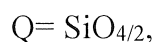
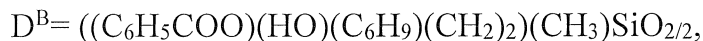
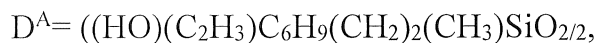
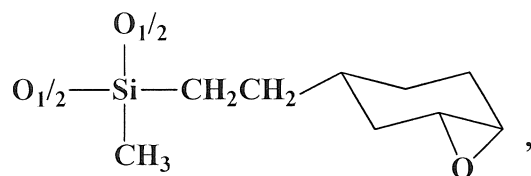
và hỗn hợp của chúng, trong đó R''' được chọn từ nhóm bao gồm -H, COCH₃ và hỗn hợp của chúng.

Polyme polyimit có các nhóm chức hydroxyl được sử dụng để tạo ra màng liên kết với epoxysilicon có khả năng chọn lọc cao được mô tả theo sáng chế được chọn từ nhóm bao gồm poly(2,2'-bis-(3,4-dicacboxyphenyl)hexaflopropan dianhydrit-3,3'-dihydroxy-4,4'-diamino-biphenyl-3,3'-diacetoxi-4,4'-diamino-biphenyl) (viết tắt là PI-A), axit poly(2,2'-bis-(3,4-dicacboxyphenyl)hexaflopropan dianhydrit-3,3'-dihydroxy-4,4'-diamino-biphenyl-3,3'-diacetoxi-4,4'-diamino-biphenyl-3,5-diaminobenzoic) (viết tắt là PI-B) và hỗn hợp của chúng.

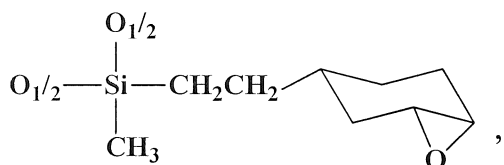
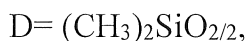
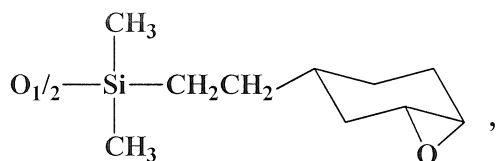
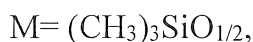
Polyme polyimit có các nhóm chức hydroxyl được sử dụng để tạo màng liên kết với epoxysilicon có khả năng chọn lọc cao được mô tả theo sáng chế có khối lượng phân tử trung bình khối nằm trong khoảng từ 50.000 đến 1.000.000 Dalton, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 70.000 đến 500.000 Dalton.

Polyme epoxysilicon có các nhóm chức epoxy được sử dụng để tạo màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon có khả năng chọn lọc cao theo sáng chế được chọn từ nhóm bao gồm





trong đó R' được chọn từ nhóm bao gồm hydro, metyl và etyl, và trong đó j, k, l, m, n, p, x, y, z, và u là các số nguyên dương và j, k, l, n, p, u và z có thể là 0. Tốt hơn là, polyme epoxysilicon có các nhóm chức epoxy được sử dụng để tạo màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon có khả năng chọn lọc cao theo sáng chế được chọn từ nhóm bao gồm $\text{MD}_x\text{D}_y^{\text{E}}\text{M}$, $\text{M}^{\text{E}}\text{D}_x\text{D}_y^{\text{E}}\text{M}^{\text{E}}$, $\text{M}^{\text{E}}\text{D}_x\text{D}_y^{\text{E}}\text{M}$ và hỗn hợp của chúng; trong đó



trong đó x và y là các số nguyên dương.

Tốt hơn là, polyme epoxysilicon có các nhóm chức epoxy được sử dụng để tạo màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon có khả năng chọn lọc cao theo sáng chế được lựa chọn từ nhóm bao gồm epoxysilicon có thể đóng rắn bằng tia UV thương mại, ví dụ, epoxysilicon có thể đóng rắn quang bằng UV Momentive SilForce* có tên thương mại là SilForce* UV9315, SilForce* UV9430 và SilForce* UV9400.

Chất xúc tác quang muối bis(dodexylphenyl)iodonium được sử dụng để tạo

màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon có khả năng chọn lọc cao được mô tả theo sáng chế được chọn từ các muối thuộc nhóm axit bao gồm axit hexafluorantimonic, axit hexafluoroarsenic, axit hexafluorophosphoric, axit tetrafluoroboric, axit tetra(perfluorophenyl)boric và hỗn hợp của chúng. Ví dụ, chất xúc tác quang iodonium có sẵn trên thị trường có tên thương mại là SilForce* UV9380C từ Momentive. Tốt hơn là, tỷ lệ khối lượng của chất xúc tác quang muối bis(dodecylphenyl)iodonium và polyme epoxysilicon được sử dụng để tạo ra màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon theo sáng chế nằm trong khoảng từ 100:1 đến 100:10.

Màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon có khả năng chọn lọc cao theo sáng chế có thể là màng được bọc vỏ hoàn toàn không đối xứng hoặc màng composit lớp mỏng (thin film composit - TFC).

Màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon có khả năng chọn lọc cao dạng tấm phẳng hoặc dạng sợi rỗng được bọc vỏ hoàn toàn không đối xứng được tạo ra nhờ quy trình đảo pha.

Chế phẩm dịch sệt màng để tạo màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon có khả năng chọn lọc cao dạng tấm phẳng hoặc sợi rỗng được bọc vỏ hoàn toàn không đối xứng theo sáng chế bao gồm các dung môi tốt cho polyme polyimit có các nhóm chức hydroxyl theo sáng chế mà có thể hòa tan hoàn toàn polyme. Các dung môi tốt tiêu biểu được sử dụng theo sáng chế bao gồm N-methylpyrrolidon (NMP), N,N-dimethyl acetamid (DMAC), metylen clorua, N,N-dimethylformamid (DMF), dimethyl sulfoxit (DMSO), dioxan, 1,3-dioxolan, axeton, hỗn hợp của chúng, các dung môi khác được biết đến bởi người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này và hỗn hợp của các dung môi này. Trong một số trường hợp, chế phẩm dịch sệt màng để tạo màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon có khả năng chọn lọc cao dạng tấm phẳng hoặc sợi rỗng được bọc vỏ hoàn toàn không đối xứng theo sáng chế còn bao gồm các dung môi kém mà không thể hòa tan polyme polyimit có các nhóm chức hydroxyl như metanol, etanol, tetrahydrofuran (THF), toluen, n-octan, n-decan, axit lactic, axit xitric và hỗn hợp của các dung môi này. Để tạo ra màng có độ thấm cao, cần tỷ lệ khối lượng thích hợp của các dung môi được sử dụng theo sáng chế mà tạo ra màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon có khả năng chọn lọc cao dạng tấm phẳng hoặc dạng sợi rỗng được bọc vỏ hoàn toàn không đối xứng có lớp vỏ chọn lọc không xốp siêu mỏng nhỏ

hơn 200 nm.

Màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon có khả năng chọn lọc cao dạng compozit lớp mỏng bao gồm màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon bao gồm lớp phân tách chọn lọc không xốp mỏng được mô tả theo sáng chế và lớp đỡ cơ học không chọn lọc xốp được làm từ vật liệu khác polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon được mô tả theo sáng chế. Màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon có khả năng chọn lọc cao dạng compozit lớp mỏng có hình dạng sợi rỗng hoặc tấm phẳng.

Để tạo màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon có khả năng chọn lọc cao dạng sợi rỗng TFC, tốt hơn là, dung dịch polyme polyimit có các nhóm chức hydroxyl có nồng độ nằm trong khoảng từ 20 đến 40 % khối lượng. Dung dịch polyme polyimit có các nhóm chức hydroxyl và dung dịch polyme để tạo lớp đỡ cơ học không chọn lọc xốp được ép đùn kết hợp từ ống định hình để tạo ra màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon có khả năng chọn lọc cao dạng sợi rỗng TFC.

Lớp đỡ cơ học không chọn lọc xốp được làm từ vật liệu khác polyme polyimit có các nhóm chức hydroxyl được mô tả theo sáng chế có độ chọn lọc thấp và lưu lượng dòng cao. Việc lựa chọn lớp đỡ cơ học không chọn lọc xốp để tạo màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon có khả năng chọn lọc cao TFC theo sáng chế có thể dựa vào độ bền nhiệt, độ bền dung môi và độ bền cơ học của lớp đỡ cơ học không chọn lọc xốp, cũng như các yếu tố khác được xác định bởi các điều kiện vận hành để thẩm có chọn lọc. Tốt hơn là, lớp đỡ cơ học không chọn lọc xốp chịu lực ít nhất một phần hoặc, trong một số trường hợp, có thể chịu lực chủ yếu. Lớp đỡ cơ học không chọn lọc xốp có thể cơ bản chống đỡ cấu trúc màng. Một số các polyme được ưu tiên khác với polyme polyimit có các nhóm chức hydroxyl được mô tả theo sáng chế mà thích hợp để tạo ra lớp đỡ cơ học không chọn lọc xốp cho màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon có khả năng chọn lọc cao theo sáng chế bao gồm, nhưng không chỉ giới hạn ở, polysulfon, polysulfon được sulfonat hóa, polyetesulfon (PES), PES được sulfonat hóa, polyete, polyeteimit như Ultem, polyme xenluloza như xenluloza axetat và xenluloza triaxetat, polyamit, polyimit như P84 và P84HT, polyete xeton và hỗn hợp của chúng.

Sáng chế đề xuất quy trình tách ít nhất một khí từ hỗn hợp khí sử dụng màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon có khả năng chọn lọc cao được mô tả

theo sáng chế, quy trình này bao gồm các bước: (a) tạo màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon có khả năng chọn lọc cao được mô tả theo sáng chế mà có khả năng thấm ít nhất một khí; (b) cho hỗn hợp tiếp xúc với một mặt của màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon có khả năng chọn lọc cao được mô tả theo sáng chế để làm cho ít nhất một khí đã nêu thấm qua màng ; và (c) loại bỏ hỗn hợp khí thấm bao gồm ít nhất một khí đã nêu mà thấm qua màng đã nêu ra khỏi mặt đối diện của màng này.

Màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon có khả năng chọn lọc cao được mô tả theo sáng chế đặc biệt hữu dụng trong việc tinh sạch, phân tách hoặc hấp thụ các dạng cụ thể trong pha lỏng hoặc pha khí.

Màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon có khả năng chọn lọc cao được mô tả theo sáng chế đặc biệt hữu dụng trong các quy trình phân tách khí trong tinh sạch không khí, hóa dầu, tinh chế và trong ngành công nghiệp khí tự nhiên. Ví dụ về việc phân tách như trên như trên bao gồm phân tách hợp chất hữu cơ dễ bay hơi (như toluen, xylen và axeton) từ khí quyển, ví dụ như thu hồi khí nitơ và oxy từ không khí. Ví dụ về việc phân tách này bao gồm phân tách CO_2 hoặc H_2S từ khí tự nhiên hoặc H_2 từ N_2 , CH_4 và Ar trong dòng khí thải amoniac, thu hồi H_2 trong máy tinh chế, phân tách olefin/paraffin như phân tách propylen/propan và phân tách paraffin iso/paraffin mạch thẳng. Bất kỳ cặp hoặc nhóm các khí nào mà khác nhau về kích thước phân tử, ví dụ, khí nitơ và oxy, cacbon dioxit và metan, hydro và metan hoặc cacbon monoxit, heli và metan đều có thể được phân tách bằng cách sử dụng màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon có khả năng chọn lọc cao được mô tả theo sáng chế. Nhiều hơn hai khí có thể được loại khỏi khí thứ ba. Ví dụ, một số thành phần khí mà có thể được loại bỏ có chọn lọc khỏi khí tự nhiên bằng cách sử dụng màng được mô tả theo sáng chế bao gồm cacbon dioxit, oxy, nitơ, hơi nước, hydro sulfit, heli và các khí vi lượng khác. Một số thành phần khí này có thể được giữ lại có chọn lọc bao gồm các khí hydrocacbon. Nếu các thành phần có thể thấm là các thành phần axit được chọn từ nhóm bao gồm cacbon dioxit, hydro sulfit và hỗn hợp của chúng và được loại bỏ khỏi hỗn hợp hydrocacbon, ví dụ như khí tự nhiên, một môđun hoặc ít nhất hai môđun trong thiết bị song song hoặc một nhóm các môđun có thể được dùng để loại bỏ các thành phần axit. Ví dụ, nếu một môđun được dùng, áp suất của khí nguyên liệu có thể thay đổi từ 275 kPa đến 2,6 MPa (25 đến 4000 psi). Áp suất chênh

lệch qua màng có thể nằm trong khoảng từ 70 kPa đến 14,5 MPa (10 psi đến 2100 psi) phụ thuộc vào nhiều yếu tố như màng cụ thể được sử dụng, tốc độ dòng của dòng đầu vào và khả năng nén dòng khí thấm của máy nén theo mức độ nén mong muốn. Áp suất chênh lệch lớn hơn 14,5 MPa (2100 psi) có thể làm rách màng. Tốt hơn là, áp suất chênh lệch thấp nhất là 0,7 MPa (100 psi), bởi vì áp suất chênh lệch thấp hơn có thể yêu cầu nhiều môđun hơn, tốn thời gian hơn và phải nén các dòng sản phẩm trung gian. Nhiệt độ vận hành của quy trình có thể thay đổi phụ thuộc vào nhiệt độ của dòng nguyên liệu và các điều kiện nhiệt độ xung quanh. Tốt hơn là, nhiệt độ vận hành có hiệu quả của màng theo sáng chế nằm trong khoảng từ -50° đến 150°C. Tốt hơn nữa là, nhiệt độ vận hành có hiệu quả của màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon có khả năng chọn lọc cao theo sáng chế nằm trong khoảng từ -20° đến 100°C, tốt hơn là, nhiệt độ vận hành có hiệu quả của màng theo sáng chế nằm trong khoảng từ 25° đến 100°C.

Màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon có khả năng chọn lọc cao được mô tả theo sáng chế cũng đặc biệt hữu dụng trong các quy trình phân tách khí/hơi trong các ngành công nghiệp hóa học, hóa dầu, dược phẩm và các ngành công nghiệp liên quan để loại bỏ hơi hữu cơ khỏi dòng khí, ví dụ, trong xử lý khí thải để thu hồi các hợp chất hữu cơ dễ bay hơi nhằm đáp ứng các quy định về khí sạch, hoặc trong các dòng xử lý trong các nhà máy sản xuất sao cho các hợp chất có giá trị (ví dụ, monome vinylclorua, propylen) có thể được thu hồi. Ví dụ khác về các quy trình phân tách khí/hơi có thể sử dụng màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon có khả năng chọn lọc cao được mô tả theo sáng chế là quy trình phân tách hơi hydrocacbon khỏi hydro trong tinh chế dầu và khí, để làm ngưng tụ hydrocacbon trong khí tự nhiên (tức là, làm giảm điểm đóng sương xuống dưới nhiệt độ thấp nhất có thể của ống dẫn ra ngoài sao cho các hydrocacbon lỏng không phân tách trong ống dẫn), để kiểm soát số lượng metan trong khí nhiên liệu cho các động cơ khí và tua bin khí, và để thu hồi xăng.

Màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon có khả năng chọn lọc cao được mô tả theo sáng chế còn có ứng dụng trực tiếp lên nồng độ olefin trong dòng paraffin/olefin cho ứng dụng crackinh olefin. Ví dụ, màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon có khả năng chọn lọc cao có thể được sử dụng để phân tách propylen/propan nhằm tăng nồng độ của dòng thải trong phản ứng khử hydro hóa có

xúc tác để sản xuất propylen từ propan và isobutylen từ isobutan. Nhờ đó, có thể giảm số lượng các giai đoạn của bộ tách propylen/propan cần để thu propylen dạng polyme. Màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon có khả năng chọn lọc cao còn được ứng dụng để phân tách isoparaffin và paraffin mạch thẳng trong đồng phân hóa paraffin trong ánh sáng và MaxenTM, quy trình tăng nồng độ của paraffin mạch thẳng (n paraffin) trong nguyên liệu thô crackinh napta, mà sau đó có thể được chuyển đổi thành etylen.

Màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon có khả năng chọn lọc cao còn có thể hoạt động ở nhiệt độ cao để làm giàu khí tự nhiên (ví dụ, loại bỏ khí CO₂ ra khỏi khí tự nhiên). Màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon có khả năng chọn lọc cao được mô tả theo sáng chế có thể được sử dụng trong hệ thống màng một giai đoạn hoặc được sử dụng làm màng giai đoạn thứ nhất và/hoặc thứ hai trong hệ thống màng hai giai đoạn để làm giàu khí tự nhiên.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Các ví dụ sau đây được đưa ra nhằm minh họa một hoặc nhiều phương án được ưu tiên của sáng chế, nhưng không chỉ giới hạn ở các phương án này. Các cải biến khác nhau của các ví dụ sau đây đều nằm trong phạm vi của sáng chế.

Ví dụ 1: Tạo màng sợi rỗng TFC polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon PI-A-ESi/P84-PES

Màng sợi rỗng compozit lớp mỏng (TFC) polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon PI-A-ESi/P84-PES bao gồm polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon poly(2,2'-bis-(3,4-dicacboxyphenyl)hexaflopropan dianhydrit-3,3'-dihydroxy-4,4'-diamino-biphenyl-3,3'-diacetoxi-4,4'-diamino-biphenyl) (viết tắt là PI-A) được đúc từ dịch sệt vỏ và dịch sệt lõi sử dụng ống định hình ba lỗ theo quy trình tạo sợi đảo pha ép đùn kết hợp. Dịch sệt lõi bao gồm polyme polyetesulfon (PES), polyimit P84, NMP, LiNO₃ và axit lactic được chuẩn bị. Dịch sệt vỏ bao gồm PI-A, NMP, 1,3-dioxolan, isopropanol và axeton cũng được chuẩn bị. Dịch sệt lõi và dịch sệt vỏ được ép đùn kết hợp qua ống định hình ba lỗ ở nhiệt độ 50 °C. Chất lưu lõi chứa 20% khối lượng nước trong NMP được bơm vào lõi của sợi đồng thời với việc ép đùn kết hợp dịch sệt lõi và dịch sệt vỏ. Tỷ lệ giữa tốc độ dòng dịch sệt lõi, tốc độ dòng

dịch sệt vỏ và tốc độ dòng chất lưu lõi là 10:1: 2,7. Sợi mới tạo ra đi qua khe hở không khí dài 13 cm ở nhiệt độ phòng, và sau đó được nhúng vào bể nước đông tụ ở nhiệt độ 0°C và được quấn ở tốc độ 23 m/phút. Sợi ướt nước được ủ trong bể nước nóng ở nhiệt độ 85°C trong 30 phút. Sau đó, sợi ướt nước đã ủ lần lượt được trao đổi với metanol và hexan ba lần và trong thời gian 30 phút mỗi lần, sau đó được sấy khô ở nhiệt độ 85°C trong lò trong khoảng thời gian 1 giờ để tạo ra màng sợi rỗng TFC được sấy khô. Polyimide PI-A trên lớp vỏ còn được liên kết ngang với epoxysilicon có thể đóng rắn bằng UV SilForce* UV9315 từ Momentive khi có mặt chất xúc tác quang muối bis(dodexylphenyl)iodonium SilForce* UV9380C từ Momentive dưới bức xạ UV trong 3 phút để tạo ra màng sợi rỗng compozit lớp mỏng polyimide được liên kết ngang với epoxysilicon có khả năng chọn lọc cao PI-A-ESi/P84-PES.

Ví dụ so sánh 1: Tạo màng sợi rỗng TFC polyimide PI-A/P84-PES

Màng sợi rỗng TFC polyimide PI-A/P84-PES bao gồm polyimide PI-A không liên kết ngang được đúc từ dịch sệt vỏ và dịch sệt lõi bằng ống định hình ba lỗ theo quy trình tạo sợi đảo pha ép đùn kết hợp. Dịch sệt lõi bao gồm polyme PES, polyimide P84, NMP, LiNO₃ và axit lactic được chuẩn bị. Dịch sệt vỏ bao gồm PI-A, NMP, 1,3-dioxolan, isopropanol và axeton cũng được chuẩn bị. Dịch sệt lõi và dịch sệt vỏ được ép đùn kết hợp qua ống định hình ba lỗ ở nhiệt độ 50°C. Chất lưu lõi chứa nước có hàm lượng 20% khối lượng trong NMP được bơm vào lõi của sợi đồng thời với quá trình ép đùn kết hợp dịch sệt lõi và dịch sệt vỏ. Tỷ lệ tốc độ dòng dịch sệt lõi, tốc độ dòng dịch sệt vỏ và tốc độ dòng chất lưu lõi là 10:1: 2,7. Sợi mới tạo được cho đi qua khe hở không khí có độ dài 13 cm ở nhiệt độ phòng, và sau đó được nhúng vào bể nước đông tụ ở nhiệt độ 0°C và được quấn với tốc độ 23 m/phút. Sợi ướt nước được ủ trong bể nước nóng ở nhiệt độ 85°C trong 30 phút. Sau đó, sợi ướt nước đã ủ lần lượt được trao đổi với metanol và hexan ba lần và trong thời gian 30 phút mỗi lần, sau đó được sấy khô ở nhiệt độ 85°C trong lò trong thời gian 1 giờ để tạo ra màng sợi rỗng TFC được sấy khô. Màng còn được phủ lớp mỏng cao su silicon RTV có thể đóng rắn bằng nhiệt ở nhiệt độ 85°C trong lò trong thời gian 1 giờ để tạo ra màng sợi rỗng TFC PI-A/P84-PES cuối cùng.

Ví dụ 3: Đánh giá hiệu quả phân tách CO₂/CH₄ của màng sợi rỗng PI-A-ESi/P84-PES

và TFC PI-A/P84-PES

Màng sợi rỗng TFC polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon PI-A-ESi/P84-PES và màng sợi rỗng TFC polyimit không liên kết ngang PI-A/P84-PES được thử nghiệm khả năng phân tách CO₂/CH₄ ở nhiệt độ 50°C dưới áp suất khí nguyên liệu 5617 kPa (800 psig) với 10% CO₂ và 90% CH₄ trong nguyên liệu. Các kết quả được trình bày trong Bảng 1. Màng sợi rỗng TFC polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon PI-A-ESi/P84-PES cho hiệu quả phân tách CO₂/CH₄ cao với độ thấm CO₂ là 69 GPU và độ chọn lọc CO₂/CH₄ là 30,6 cho việc phân tách CO₂/CH₄ ở nhiệt độ 50°C dưới áp suất nguyên liệu là 5617 kPa với 10% CO₂ và 90% CH₄ trong khí nguyên liệu. Màng sợi rỗng TFC polyimit không liên kết ngang PI-A/P84-PES cho độ thấm CO₂ cao hơn (123 GPU) và độ chọn lọc CO₂/CH₄ thấp hơn đáng kể (11,8) so với màng sợi rỗng TFC polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon PI-A-ESi/P84-PES ngay cả khi màng sợi rỗng polyimit không liên kết ngang PI-A/P84-PES được phủ lớp mỏng silicon RTV có thể đóng rắn bằng nhiệt.

Bảng 1: Hiệu quả phân tách CO₂/CH₄ của màng sợi rỗng TFC polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon PI-A-ESi/P84-PES và màng sợi rỗng TFC polyimit không liên kết ngang PI-A/P84-PES.

Màng	Độ thấm CO ₂ (GPU)	Độ chọn lọc CO ₂ /CH ₄
PI-A-ESi/P84-PES	69	30,6
PI-A/P84-PES	123	11,8

1 GPU = 10⁻⁶ cm³ (STP)/cm² s (cm Hg)

Điều kiện thử nghiệm: nhiệt độ 50°C, áp suất khí nguyên liệu 5617 kPa (800 psig), nguyên liệu chứa 10% CO₂ và 90% CH₄.

Ví dụ 4: Tạo màng sợi rỗng TFC polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon PI-B-ESi/P84-PES

Màng sợi rỗng TFC polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon PI-B-ESi/P84-PES bao gồm axit poly(2,2'-bis-(3,4-dicacboxyphenyl)hexafloropropan dianhydrit-3,3'-dihydroxy-4,4'-diamino-biphenyl-3,3'-diacetoxi-4,4'-diamino-biphenyl-3,5-diaminobenzoic) liên kết ngang với epoxysilicon (viết tắt là PI-B) được

đúc từ dịch sệt vỏ và dịch sệt lõi bằng ống định hình ba lỗ theo quy trình tạo sợi đảo pha ép đùn kết hợp sử dụng quy trình giống với quy trình đối với màng sợi rỗng TFC PI-A-ESi/P84-PES được mô tả trong ví dụ 1, tuy nhiên polymer PI-B được sử dụng cho lớp vỏ thay cho PI-A.

Ví dụ so sánh 4: Tạo màng sợi rỗng TFC polyimide PI-B/P84-PES

Màng sợi rỗng TFC PI-B-ESi/P84-PES bao gồm polyimide PI-A không liên kết ngang được đúc từ dịch sệt vỏ và dịch sệt lõi bằng ống định hình ba lỗ theo quy trình tạo sợi đảo pha ép đùn kết hợp sử dụng quy trình giống với quy trình cho màng sợi rỗng TFC PI-A/P84-PES được mô tả trong ví dụ so sánh 1, tuy nhiên polymer PI-B được thay cho PI-A được sử dụng cho lớp vỏ.

Ví dụ 5: Đánh giá hiệu quả phân tách CO₂/CH₄ của màng sợi rỗng PI-B-ESi/P84-PES và TFC PI-B/P84-PES

Màng sợi rỗng TFC polyimide được liên kết ngang với epoxysilicon PI-B-ESi/P84-PES và màng sợi rỗng TFC polyimide không liên kết ngang PI-B/P84-PES được thử nghiệm khả năng phân tách CO₂/CH₄ ở nhiệt độ 50°C dưới áp suất khí nguyên liệu 5617 kPa (800 psig) với 10% CO₂ và 90% CH₄ trong nguyên liệu. Các kết quả được trình bày trong Bảng 2. Màng sợi rỗng TFC polyimide được liên kết ngang với epoxysilicon PI-B-ESi/P84-PES cho hiệu quả phân tách CO₂/CH₄ cao với độ thấm CO₂ là 51 GPU và độ chọn lọc CO₂/CH₄ là 26,2 trong việc phân tách CO₂/CH₄ ở nhiệt độ 50°C dưới áp suất nguyên liệu là 5617 kPa với 10% CO₂ và 90% CH₄ trong khí nguyên liệu. Màng sợi rỗng TFC polyimide không liên kết ngang PI-B/P84-PES cho độ thấm CO₂ cao hơn (69 GPU) và độ chọn lọc CO₂/CH₄ thấp hơn đáng kể (12,2) so với màng sợi rỗng TFC polyimide được liên kết ngang với epoxysilicon PI-B-ESi/P84-PES ngay cả khi màng sợi rỗng polyimide không liên kết ngang PI-B/P84-PES được phủ lớp mỏng silicon RTV có thể đóng rắn bằng nhiệt.

Bảng 2: Hiệu suất phân tách CO₂/CH₄ của màng sợi rỗng TFC polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon PI-B-ESi/P84-PES và màng sợi rỗng TFC polyimit không được liên kết ngang PI-B/P84-PES.

Màng	Độ thấm CO ₂ (GPU)	Độ chọn lọc CO ₂ /CH ₄
PI-B-ESi/P84-PES	51	26,2
PI-B/P84-PES	69	12,2

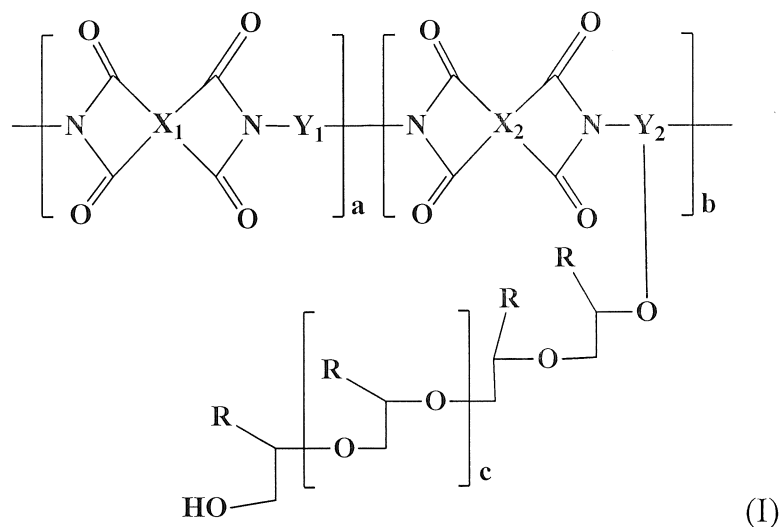
1 GPU = 10⁻⁶ cm³ (STP)/cm² s (cm Hg)

Điều kiện thử nghiệm: nhiệt độ 50°C, áp suất khí nguyên liệu 5617 kPa (800 psig), nguyên liệu chứa 10% CO₂ và 90% CH₄.

Các phương án cụ thể

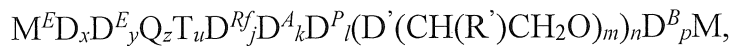
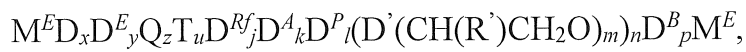
Sau đây, các phương án cụ thể được mô tả, nên hiểu rằng phần mô tả này nhằm mục đích minh họa chứ không giới hạn phạm vi của phần mô tả ở trên và bộ yêu cầu bảo hộ kèm theo.

Phương án thứ nhất theo sáng chế là màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon bao gồm polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon trong đó polyme polyimit có các nhóm chức hydroxyl liên kết ngang với nhóm chức epoxy trên polyme epoxysilicon trong đó polyme liên kết ngang với epoxysilicon bao gồm nhiều đơn vị lặp lại có công thức (I), trong đó công thức (I) là

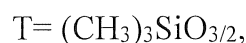
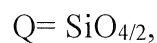
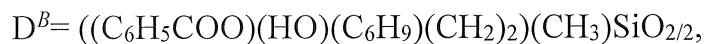
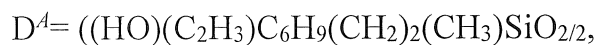
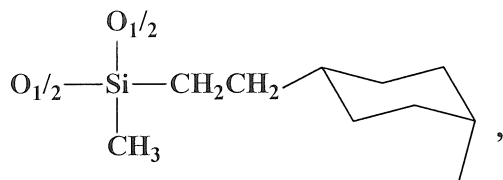
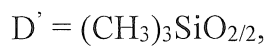
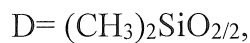
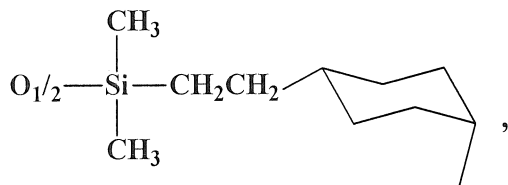
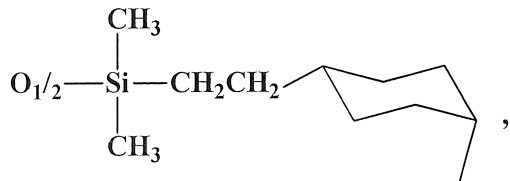
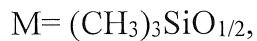


trong đó R được chọn từ nhóm bao gồm

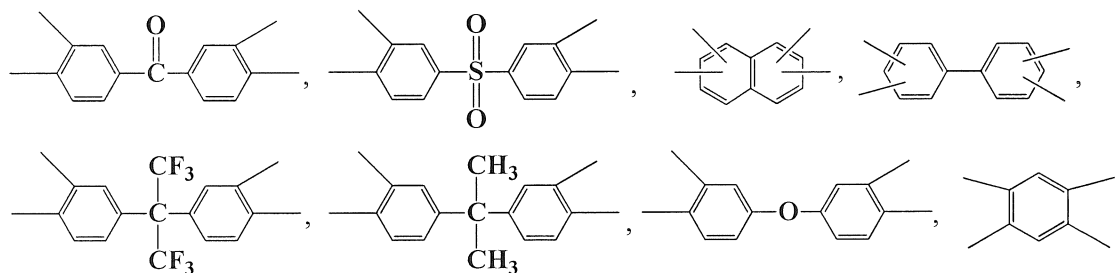
MD_xD_y^EQ_zT_uD_j^{Rf}D_k^AD_l^P(D'(CH(R')CH₂O)_m)_nD_p^BM,



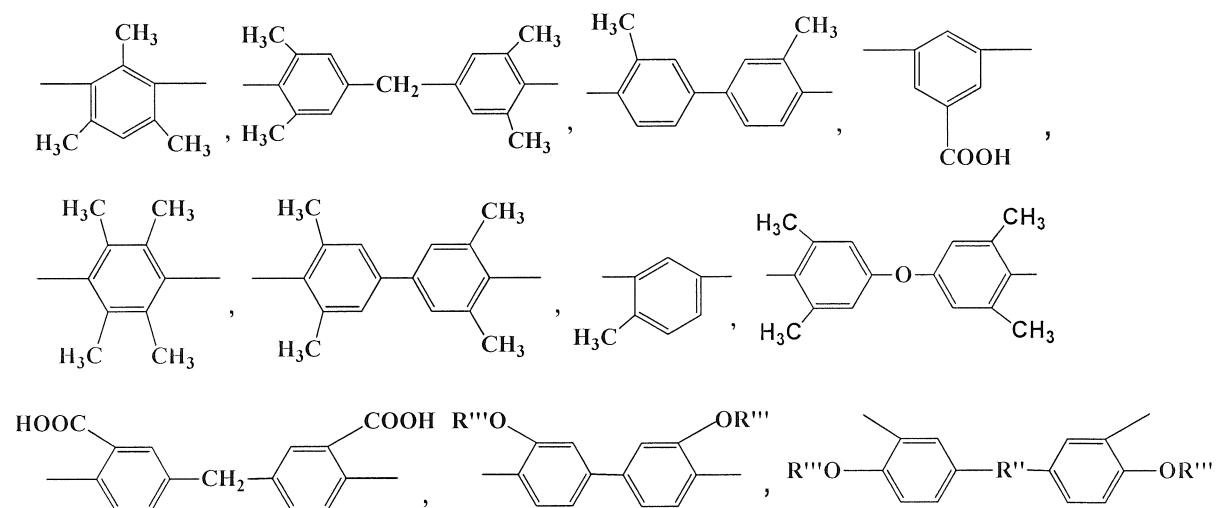
và hỗn hợp của chúng; trong đó



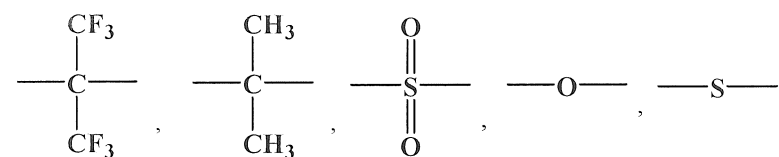
trong đó R' được chọn từ nhóm bao gồm hydro, metyl và etyl và trong đó j, k, l, m, n, p, x, y, z và u là các số nguyên dương, và j, k, l, n, p, u và z có thể là 0; trong đó X₁ và X₂ lần lượt được chọn từ nhóm bao gồm



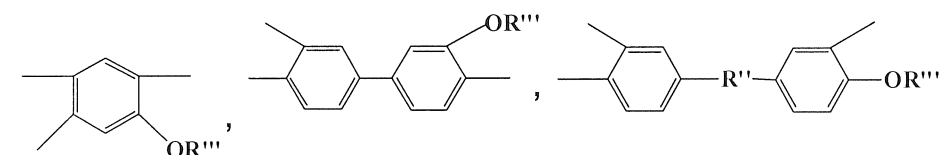
và hỗn hợp của chúng; X_1 và X_2 là giống hoặc khác nhau; trong đó Y_1 được chọn từ nhóm bao gồm



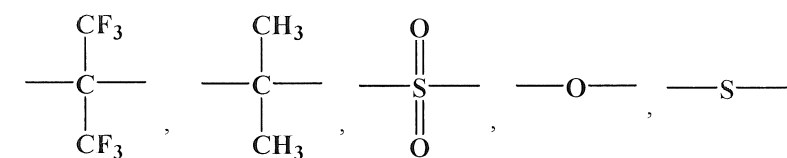
và hỗn hợp của chúng, R'' được chọn từ nhóm bao gồm



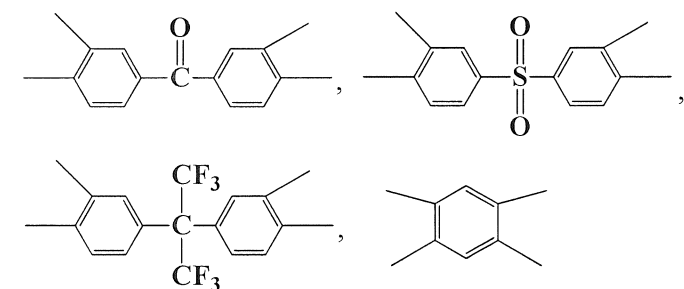
và hỗn hợp của chúng, và R'' được chọn từ nhóm bao gồm -H, COCH₃ và hỗn hợp của chúng; Y₂ được chọn từ nhóm bao gồm



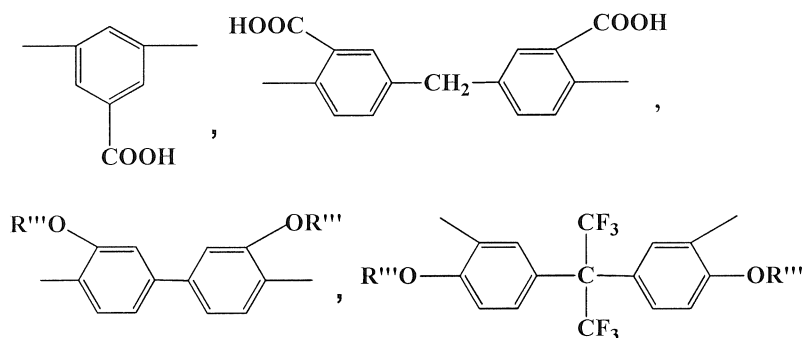
và hỗn hợp của chúng, R'' được chọn từ nhóm bao gồm



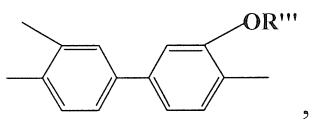
và hỗn hợp của chúng, và R''' được chọn từ nhóm bao gồm -H, COCH₃ và hỗn hợp của chúng; và trong đó a, b và c độc lập là các số nguyên từ 1 đến 500. Theo một phương án dựa trên phương án thứ nhất, trong đó trong công thức (I), X₁ và X₂ lần lượt được chọn từ nhóm bao gồm



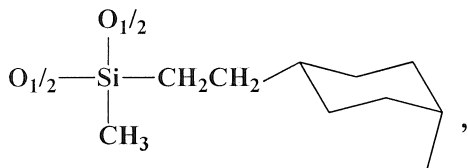
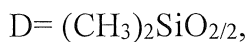
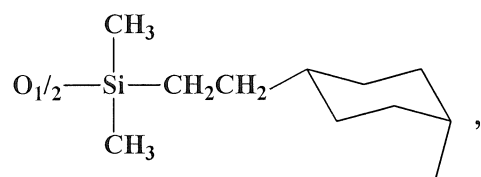
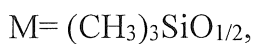
và hỗn hợp của chúng; và X_1 và X_2 là giống hoặc khác nhau. Theo một phương án dựa trên phương án thứ nhất, trong đó công thức (I), Y_1 được chọn từ nhóm bao gồm



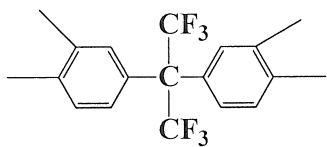
và hỗn hợp của chúng, trong đó R''' được chọn từ nhóm bao gồm $-\text{H}$, COCH_3 và hỗn hợp của chúng. Theo một phương án dựa trên phương án thứ nhất, trong đó trong công thức (I), Y_2 là



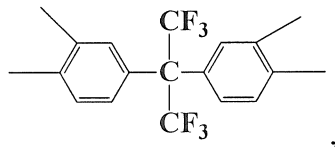
R''' được chọn từ nhóm bao gồm $-\text{H}$, COCH_3 và hỗn hợp của chúng. Mạng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon theo mục 1 trong đó trong công thức (I), R được chọn từ nhóm bao gồm $\text{MD}_x\text{D}_y^{\text{E}}\text{M}$, $\text{M}^{\text{E}}\text{D}_x\text{D}_y^{\text{E}}\text{M}^{\text{E}}$, $\text{M}^{\text{E}}\text{D}_x\text{D}_y^{\text{E}}\text{M}$ và hỗn hợp của chúng; trong đó



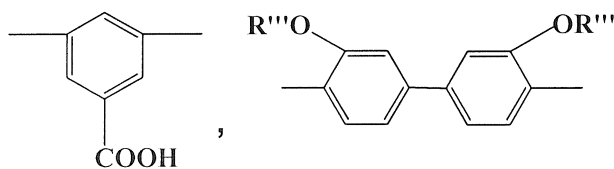
trong đó x và y là các số nguyên dương. Theo một phương án dựa trên phương án thứ nhất, trong đó trong công thức (I), X_1 là



X₂ là



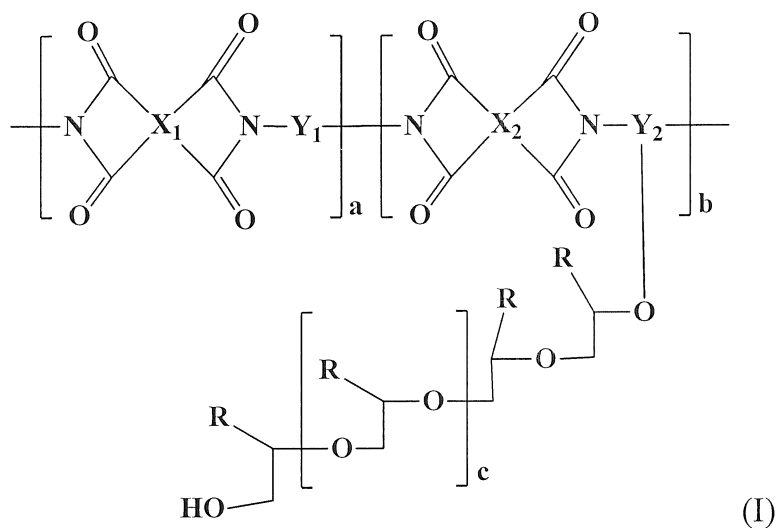
Y₁ được chọn từ nhóm bao gồm



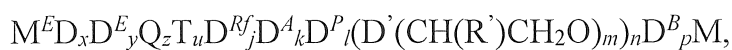
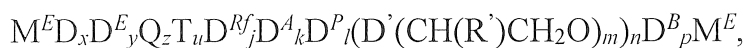
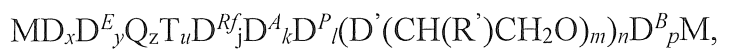
và hỗn hợp của chúng, trong đó R''' được chọn từ nhóm bao gồm -H, COCH₃ và hỗn hợp của chúng. Theo một phương án dựa trên phương án thứ nhất, màng được chọn từ nhóm bao gồm màng được bọc vỏ hoàn toàn không đối xứng, màng composit lớp mỏng (TFC) hoặc màng sợi rỗng. Theo một phương án dựa trên phương án thứ nhất, trong đó composit lớp mỏng bao gồm lớp phân tách chọn lọc không xốp bao gồm polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon và lớp đỡ cơ học không chọn lọc xốp được làm từ vật liệu khác polyme polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon. Theo một phương án dựa trên phương án thứ nhất, trong đó lớp đỡ cơ học không chọn lọc xốp bao gồm polyme được chọn từ nhóm bao gồm polysulfon, polysulfon được sulfonat hóa, polyetesulfon, polyetesulfon được sulfonat hóa, polyete, polyeteimit, polyme xenluloza như xenluloza axetat và xenluloza triaxetat, polyamit, polyimit, polyete xeton và hỗn hợp của chúng. Theo một phương án dựa trên phương án thứ nhất, trong đó polyme polyimit có các nhóm chức hydroxyl bao gồm poly(2,2'-bis-(3,4-dicacboxyphenyl)hexaflopropan dianhydrit-3,3'-dihydroxy-4,4'-diamino-biphenyl-3,3'-diacetoxi-4,4'-diamino-biphenyl), axit poly(2,2'-bis-(3,4-dicacboxyphenyl)hexaflopropan dianhydrit-3,3'-dihydroxy-4,4'-diamino-biphenyl-3,3'-diacetoxi-4,4'-diamino-biphenyl-3,5-diaminobenzoic)

Phương án thứ hai theo sáng chế là quy trình phân tách ít nhất một khí ra khỏi hỗn hợp khí sử dụng màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon bao gồm polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon trong đó polyme polyimit có các nhóm chức hydroxyl liên kết ngang với nhóm chức epoxy trên polyme epoxysilicon trong đó

polyme liên kết ngang với epoxysilicon bao gồm nhiều đơn vị lặp lại có công thức (I), trong đó công thức (I) có cấu tạo hóa học là

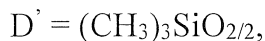
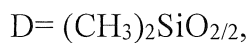
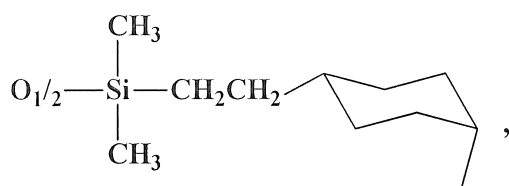


trong đó R được chọn từ nhóm bao gồm

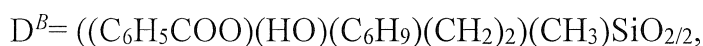
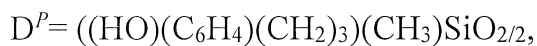
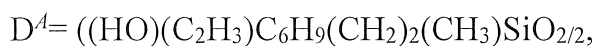
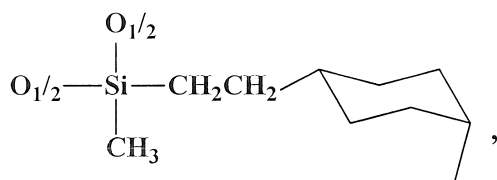


và hỗn hợp của chúng, trong đó $M = (CH_3)_3SiO_{1/2}$,

$M^E =$

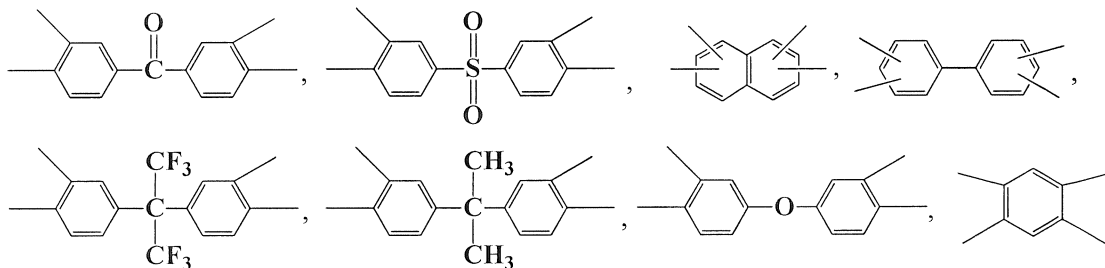


$D^E =$

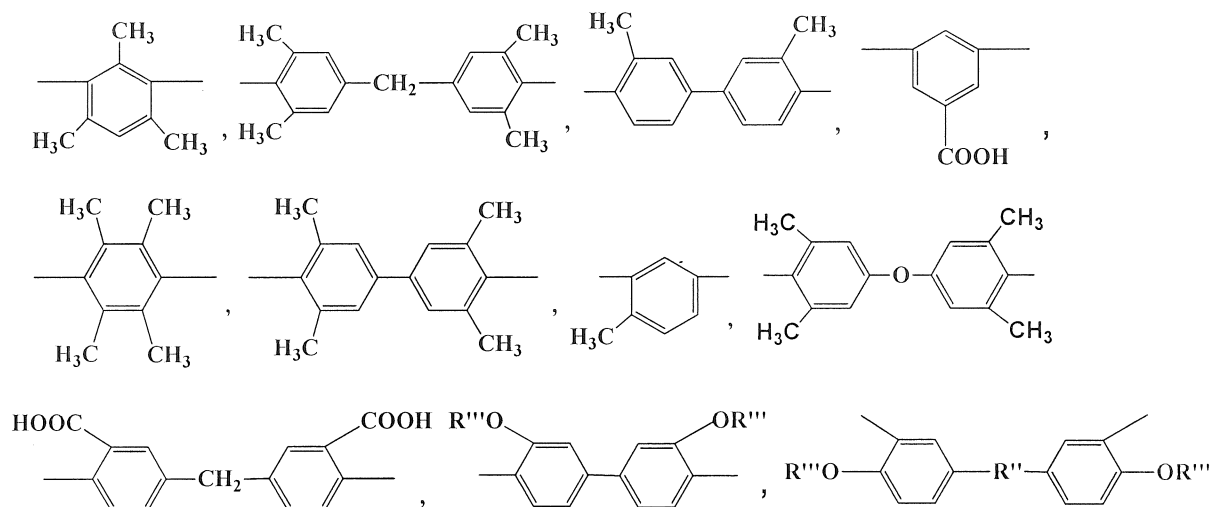


$$\text{T} = (\text{CH}_3)_3\text{SiO}_{3/2},$$

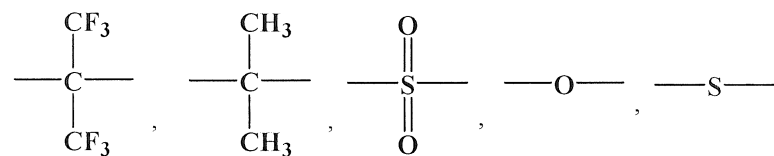
trong đó R' được chọn từ nhóm bao gồm hydro, metyl và etyl, và trong đó j, k, l, m, n, p, x, y, z và u là các số nguyên dương và j, k, l, n, p, u và z có thể là 0; trong đó X₁ và X₂ lần lượt được chọn từ nhóm bao gồm



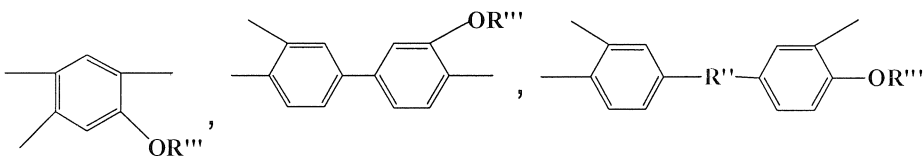
và hỗn hợp của chúng; X_1 và X_2 là giống hoặc khác nhau; trong đó Y_1 được chọn từ nhóm bao gồm



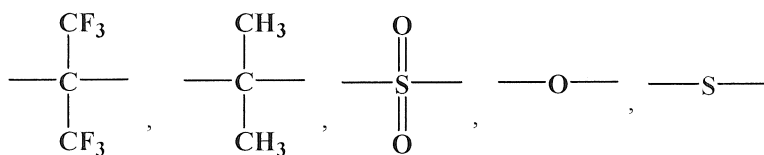
và hỗn hợp của chúng, R'' được chọn từ nhóm bao gồm



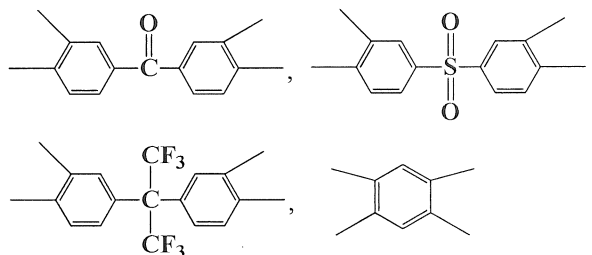
và hỗn hợp của chúng, và R'' được chọn từ nhóm bao gồm -H, COCH₃ và hỗn hợp của chúng; Y₂ được chọn từ nhóm bao gồm



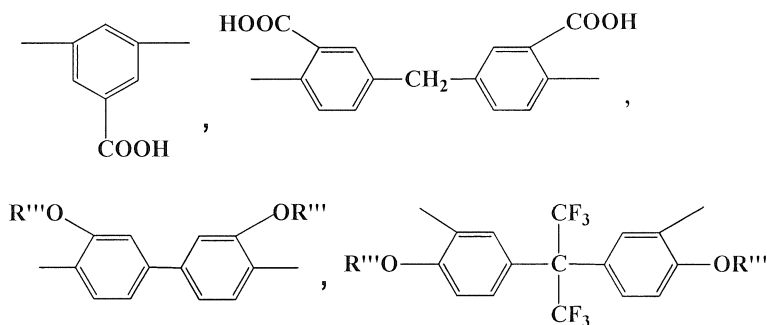
và hỗn hợp của chúng, R'' được chọn từ nhóm bao gồm



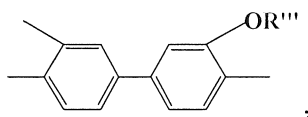
và hỗn hợp của chúng, và R''' được chọn từ nhóm bao gồm -H, COCH₃ và hỗn hợp của chúng; và trong đó a, b và c độc lập là các số nguyên từ 1 đến 500, quy trình bao gồm các bước (a) tạo màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon được mô tả theo sáng chế mà có khả năng thấm ít nhất một khí; (b) cho hỗn hợp tiếp xúc với một mặt của màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon có khả năng chọn lọc cao để làm cho ít nhất một khí thấm qua màng; và (c) loại bỏ hỗn hợp khí thấm bao gồm ít nhất một khí mà thấm qua màng đã nêu ra khỏi mặt đối diện của màng này. Theo một phương án dựa trên phương án thứ hai, trong đó công thức (I), X1 và X2 lần lượt được chọn từ nhóm bao gồm



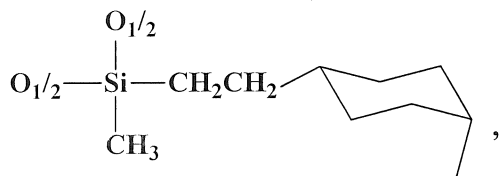
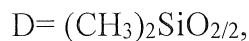
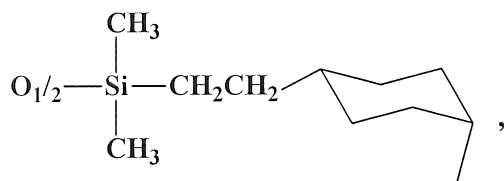
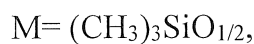
và hỗn hợp của chúng; và X₁ và X₂ là giống hoặc khác nhau. Theo một phương án dựa trên phương án thứ hai, trong đó công thức (I), Y₁ được chọn từ nhóm bao gồm



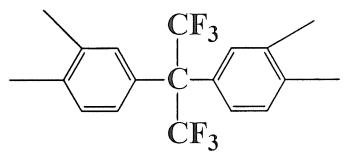
và hỗn hợp của chúng, trong đó R''' được chọn từ nhóm bao gồm -H, COCH₃, và hỗn hợp của chúng. Theo một phương án dựa trên phương án thứ hai, trong đó công thức (I), Y₂ là



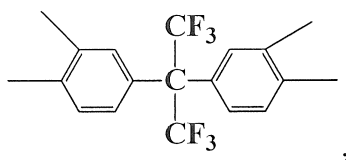
R''' được chọn từ nhóm bao gồm -H, COCH₃, và hỗn hợp của chúng. Theo một phương án dựa trên phương án thứ hai, trong đó trong công thức (I), R được chọn từ nhóm bao gồm MD_xD^E_yM, M^ED_xD^E_yM^E, M^ED_xD^E_yM và hỗn hợp của chúng; trong đó



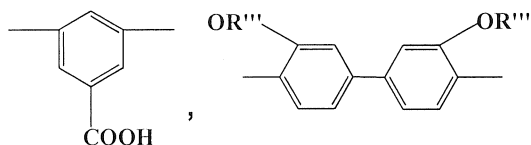
trong đó x và y là các số nguyên dương. Theo một phương án dựa trên phương án thứ hai, trong đó công thức (I), X_1 là



X_2 là



Y_1 được chọn từ nhóm bao gồm



và hỗn hợp của chúng, trong đó R''' được chọn từ nhóm bao gồm $-\text{H}$, COCH_3 và hỗn hợp của chúng. Theo một phương án dựa trên phương án thứ hai, trong đó hỗn hợp khí được chọn từ nhóm bao gồm các hợp chất hữu cơ dễ bay hơi bao gồm nitơ hoặc oxy; cacbon dioxid hoặc hydro sunfit trong khí tự nhiên; hydro, nitơ, metan và argon; hydro trong hỗn hợp với các hydrocacbon; olefin và paraffin; paraffin iso và paraffin mạch thẳng; nitơ và oxy; cacbon dioxid và metan; hydro và metan; cacbon monoxit, heli và metan; và cacbon dioxid, oxy, nitơ, hơi nước, hydro sunfit, heli và các khí vi lượng trong khí tự nhiên thô. Theo một phương án dựa trên phương án thứ hai, trong đó hỗn hợp khí được phân tách ở nhiệt độ từ -20° đến 100°C và áp suất từ 275 kPa đến 2,6 MPa. Theo một phương án dựa trên phương án thứ hai, trong đó hỗn hợp bao gồm

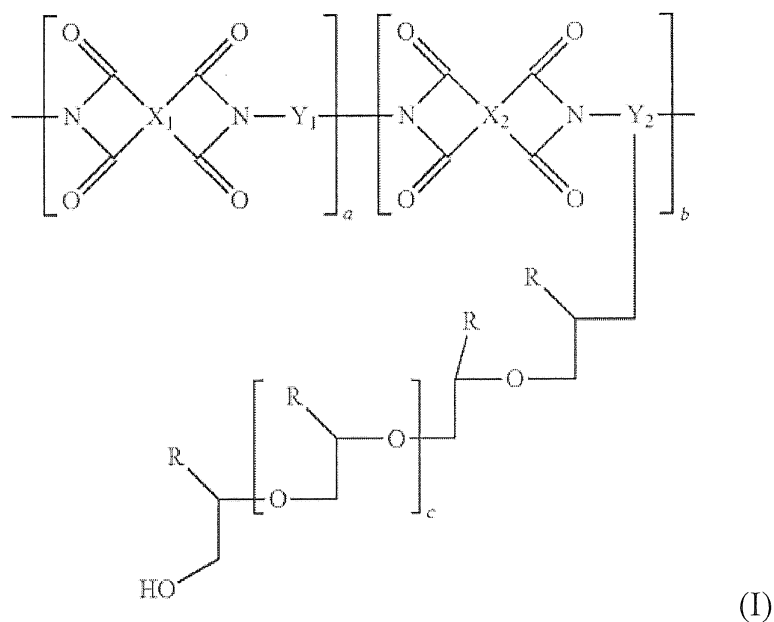
hydro và metan. Theo một phương án dựa trên phương án thứ hai, trong đó hỗn hợp bao gồm cacbon dioxit trong khí tự nhiên.

Người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật có thể thực hiện toàn bộ sáng chế và dễ dàng xác định các khác biệt cơ bản của sáng chế này bằng phần mô tả ở trên mà không cần phải giải thích thêm. Từ đó có thể thay đổi, cải biến và điều chỉnh sáng chế để phù hợp với các công dụng và điều kiện khác nhau, mà không ra khỏi phạm vi và tinh thần của sáng chế. Vì vậy, các phương án cụ thể được ưu tiên được nêu ở trên chỉ đơn thuần dùng để minh họa, và không giới hạn sáng chế về bất kỳ phương diện nào, và sáng chế còn bao gồm các cải biến khác nhau và các cách sắp xếp tương đương mà được bao hàm trong phạm vi yêu cầu bảo hộ kèm theo.

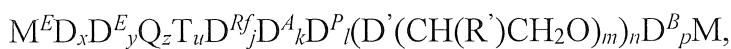
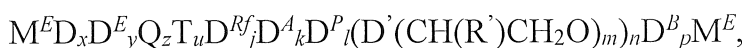
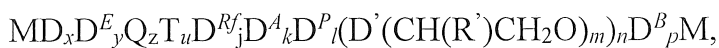
Trừ khi có quy định khác, đơn vị của nhiệt độ là độ C và, tất cả các phần và phần trăm đều được tính theo khối lượng.

YÊU CẦU BẢO HỘ

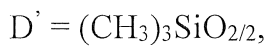
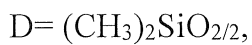
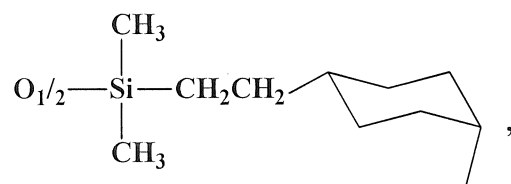
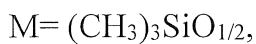
1. Màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon bao gồm polyme polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon trong đó polyme polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon này bao gồm nhiều đơn vị lặp lại có công thức (I), trong đó công thức (I) là

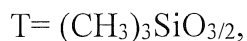
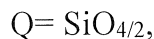
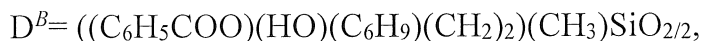
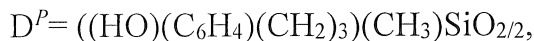
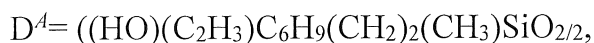
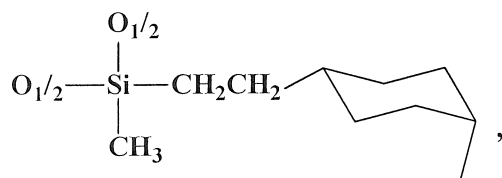


trong đó R được chọn từ nhóm bao gồm:

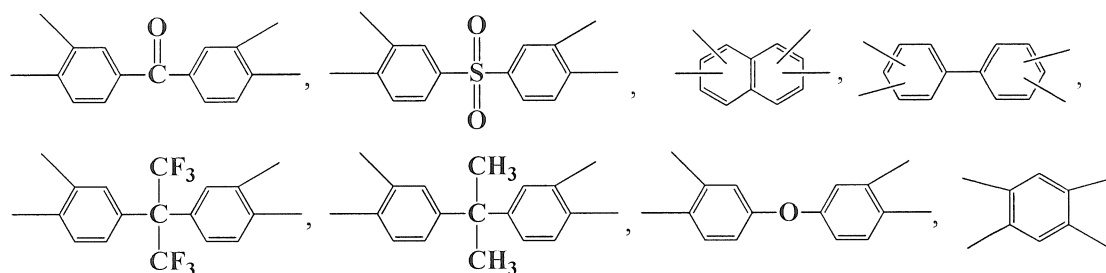


và hỗn hợp của chúng; trong đó

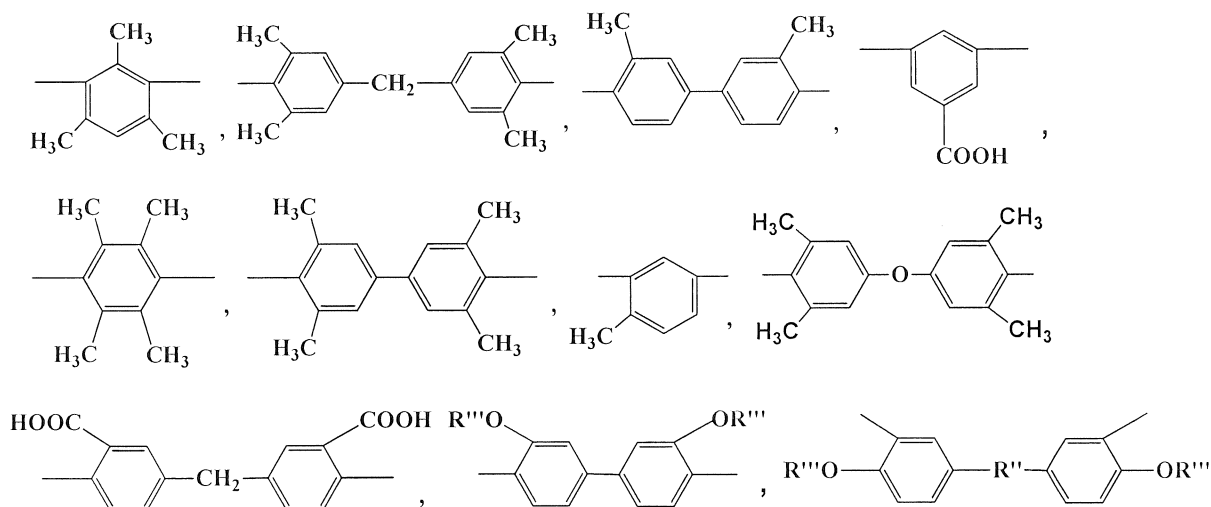




trong đó R' được chọn từ nhóm bao gồm hydro, metyl và etyl, và trong đó j, k, l, m, n, p, x, y, z và u là các số nguyên dương và j, k, l, n, p, u và z có thể là 0; trong đó X₁ và X₂ lần lượt được chọn từ nhóm bao gồm:

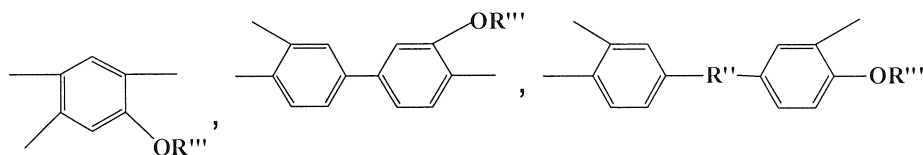


và hỗn hợp của chúng; X_1 và X_2 là giống hoặc khác nhau; trong đó Y_1 được chọn từ nhóm bao gồm:

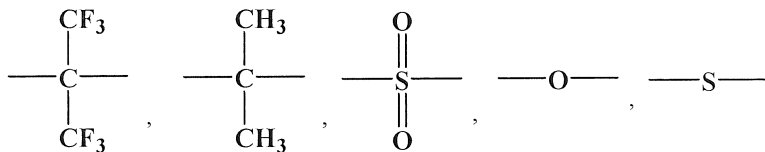


và hỗn hợp của chúng,

Y_2 được chọn từ nhóm bao gồm:

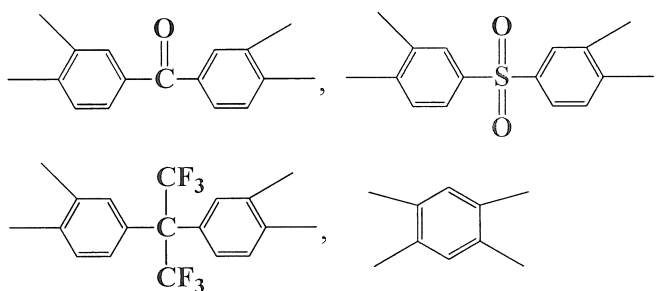


và hỗn hợp của chúng, R'' được chọn từ nhóm bao gồm:



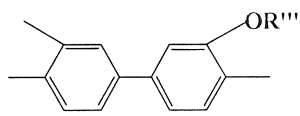
và hỗn hợp của chúng, và R''' được chọn từ nhóm bao gồm $-H$, $COCH_3$ và hỗn hợp của chúng; và trong đó a, b và c độc lập là các số nguyên từ 1 đến 500.

2. Màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon theo điểm 1, trong đó trong công thức (I), X_1 và X_2 lần lượt được chọn từ nhóm bao gồm:



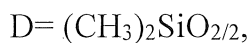
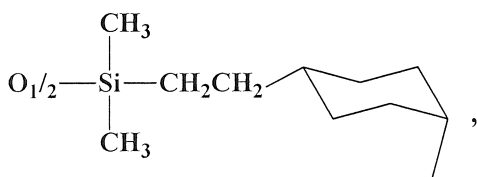
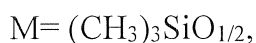
và hỗn hợp của chúng; và X_1 và X_2 là giống hoặc khác nhau.

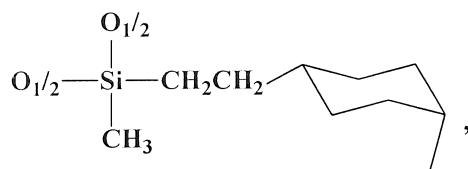
3. Màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon theo điểm 1, trong đó trong công thức (I), Y_2 là



trong đó R''' được chọn từ nhóm bao gồm $-H$, $COCH_3$ và hỗn hợp của chúng.

4. Màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon theo điểm 1, trong đó trong công thức (I), R được chọn từ nhóm bao gồm $MD_xD_y^E M$, $M^E D_x D_y^E M^E$, $M^E D_x D_y^E M$ và hỗn hợp của chúng; trong đó:





trong đó x và y là các số nguyên dương.

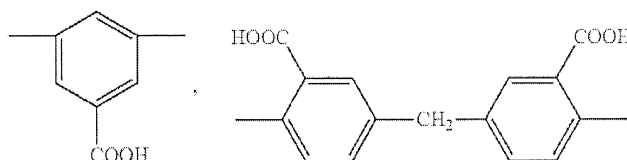
5. Màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon theo điểm 1 ở dạng được chọn từ nhóm bao gồm màng được bọc vỏ hoàn toàn không đối xứng, màng compozit lớp mỏng (thin film composite - TFC) hoặc màng sợi rỗng.

6. Màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon theo điểm 5, trong đó compozit lớp mỏng bao gồm lớp phân tách chọn lọc không xốp bao gồm polyme polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon và lớp đỡ cơ học không chọn lọc xốp được làm từ vật liệu khác polyme polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon.

7. Màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon theo điểm 6, trong đó lớp đỡ cơ học không chọn lọc xốp bao gồm polyme được chọn từ nhóm bao gồm polysulfon, polysulfon được sulfonat hóa, polyetesulfon, polyetesulfon được sulfonat hóa, polyete, polyeteimit, polyme xenluloza, polyamit, polyimit, polyete xeton và hỗn hợp của chúng.

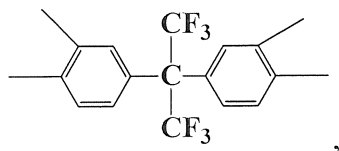
8. Màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon theo điểm 1, trong đó polyme polyimit bao gồm poly(2,2'-bis-(3,4-dicacboxyphenyl)hexaflopropan dianhydrit-3,3'-dihydroxy-4,4'-diamino-biphenyl-3,3'-diacetoxi-4,4'-diamino-biphenyl), axit poly(2,2'-bis-(3,4-dicacboxyphenyl)hexaflopropan dianhydrit-3,3'-dihydroxy-4,4'-diamino-biphenyl-3,3'-diacetoxi-4,4'-diamino-biphenyl-3,5-diaminobenzoic).

9. Màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon theo điểm 1, trong đó trong công thức (I), Y_1 được chọn từ nhóm bao gồm:

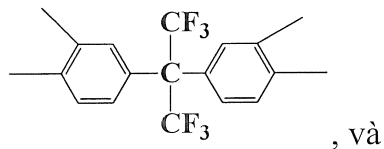


và hỗn hợp của chúng.

10. Màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon theo điểm 1, trong đó trong công thức (I), X_1 là

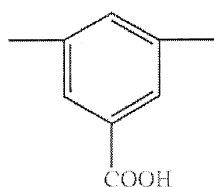


X₂ là

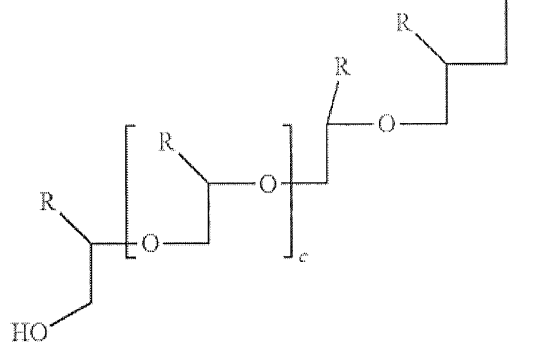
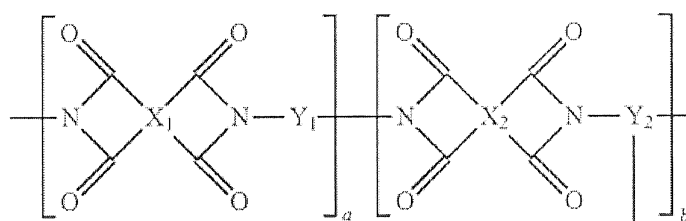


, và

Y₁ là

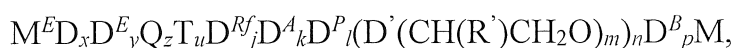
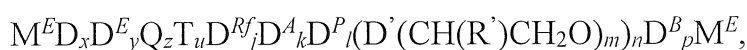
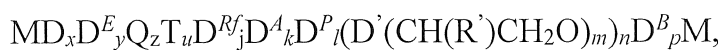


11. Quy trình phân tách ít nhất một khí ra khỏi hỗn hợp khí sử dụng màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon bao gồm polyme polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon trong đó polyme polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon này bao gồm nhiều đơn vị lặp lại có công thức (I), trong đó công thức (I) có cấu trúc hóa học:

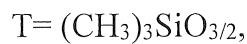
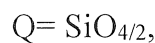
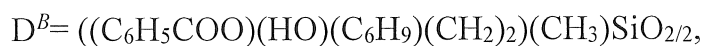
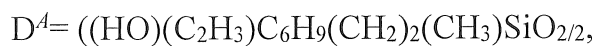
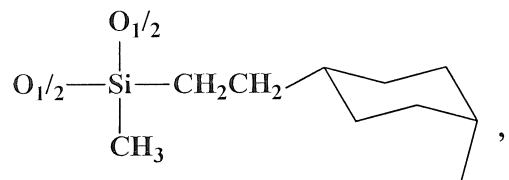
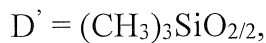
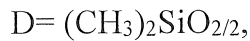
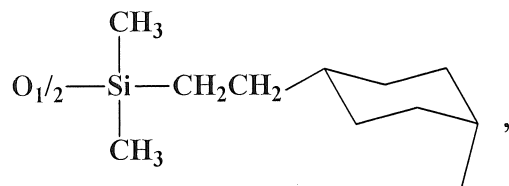
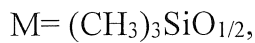


(I)

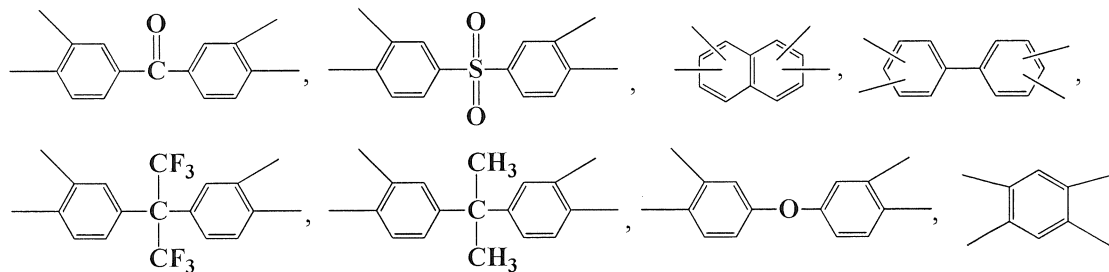
trong đó R được chọn từ nhóm bao gồm:



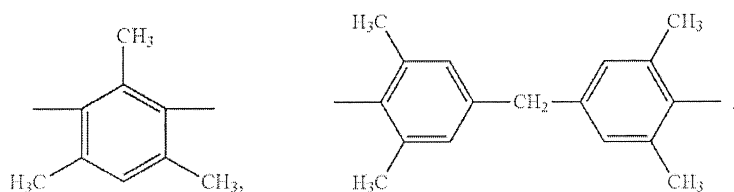
và hỗn hợp của chúng; trong đó:

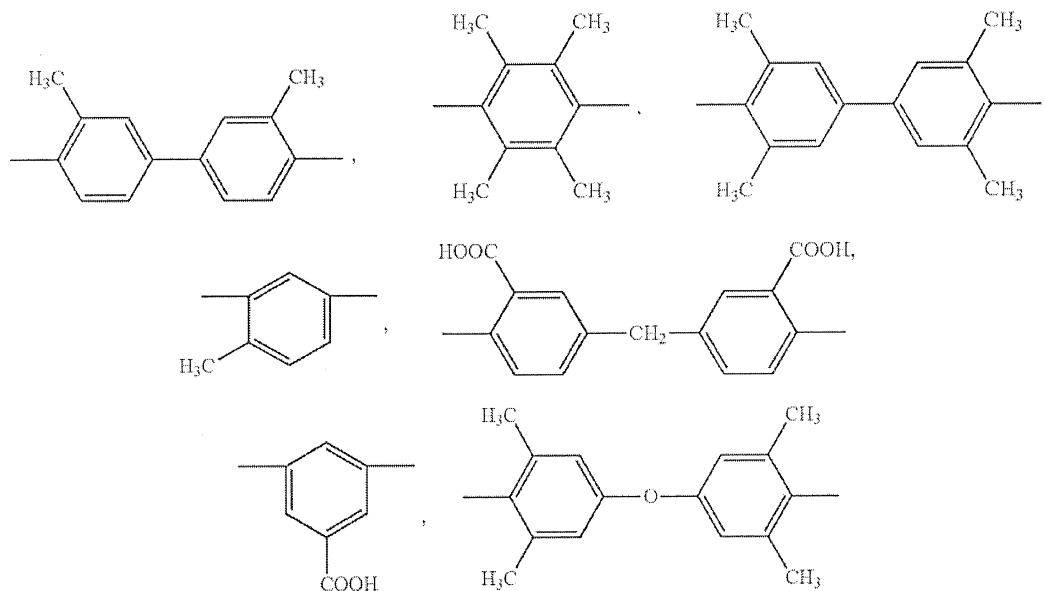


trong đó R' được chọn từ nhóm bao gồm hydro, metyl và etyl, và trong đó j, k, l, m, n, p, x, y, z và u là các số nguyên dương và j, k, l, n, p, u và z có thể là 0; trong đó X₁ và X₂ lần lượt được chọn từ nhóm bao gồm:

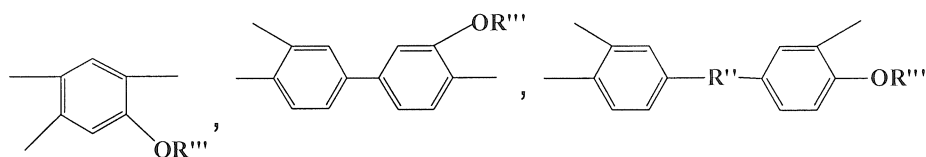


và hỗn hợp của chúng; X₁ và X₂ là giống hoặc khác nhau; trong đó Y₁ được chọn từ nhóm bao gồm:

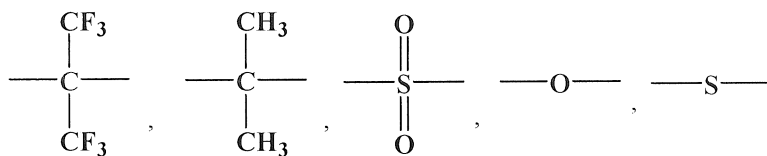




và hỗn hợp của chúng; Y_2 được chọn từ nhóm bao gồm:



và hỗn hợp của chúng, R'' được chọn từ nhóm bao gồm:



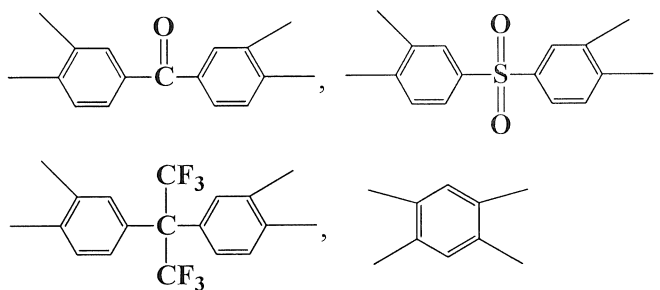
và hỗn hợp của chúng, và R''' được chọn từ nhóm bao gồm $-H$, $COCH_3$ và hỗn hợp của chúng; và trong đó a, b và c độc lập là các số nguyên từ 1 đến 500, quy trình này bao gồm các bước:

(a) tạo màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon đã nêu mà có thể thấm ít nhất một khí đã nêu;

(b) cho hỗn hợp khí tiếp xúc với một mặt của màng polyimit được liên kết ngang với epoxysilicon đã nêu để làm cho ít nhất một khí thấm qua màng; và

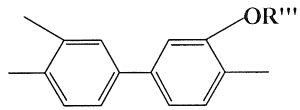
(c) loại bỏ hỗn hợp khí thấm bao gồm phần ít nhất một khí đã nêu thấm qua màng đã nêu ra khỏi mặt đối diện của màng này.

12. Quy trình theo điểm 11, trong đó trong công thức (I), X_1 và X_2 lần lượt được chọn từ nhóm bao gồm:



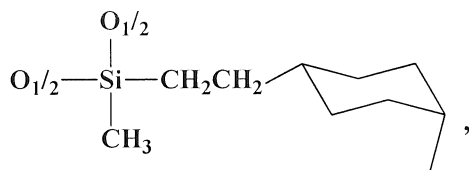
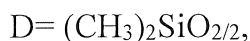
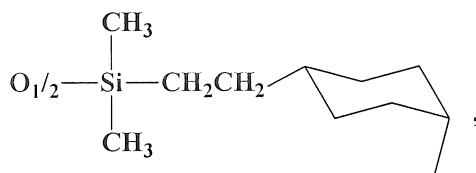
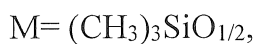
và hỗn hợp của chúng; và X_1 và X_2 là giống hoặc khác nhau.

13. Quy trình theo điểm 11, trong đó trong công thức (I), Y_2 là



trong đó R''' được chọn từ nhóm bao gồm $-H$, $COCH_3$ và hỗn hợp của chúng.

14. Quy trình theo điểm 11, trong đó trong công thức (I), R được chọn từ nhóm bao gồm MD_xD_yM , $M^ED_xD_yM^E$, $M^ED_xD_yM$ và hỗn hợp của chúng; trong đó:



trong đó x và y là các số nguyên dương.

15. Quy trình theo điểm 11, trong đó hỗn hợp khí này được chọn từ nhóm bao gồm các hợp chất hữu cơ dễ bay hơi bao gồm nitơ hoặc oxy; cacbon dioxit hoặc hydro sulfit trong khí tự nhiên; hydro, nitơ, metan và argon; hydro trong hỗn hợp khí với các hydrocacbon; olefin và paraffin; paraffin iso và paraffin mạch thẳng, nitơ và oxy; cacbon dioxit và metan; hydro và metan; cacbon monoxit, heli và metan; và cacbon dioxit, oxy, nitơ, hơi nước, hydro sulfit, heli và các khí vi lượng khác trong khí tự nhiên thô.

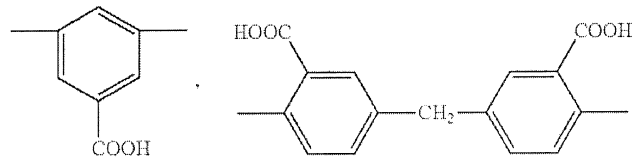
16. Quy trình theo điểm 11, trong đó hỗn hợp khí này được phân tách ở nhiệt độ nằm

trong khoảng từ -20° đến 100°C và áp suất từ 275 kPa đến 2,6 MPa.

17. Quy trình theo điểm 11, trong đó hỗn hợp bao gồm hydro và metan.

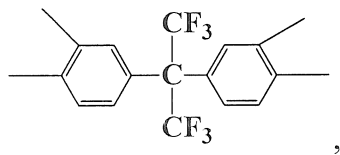
18. Quy trình theo điểm 11, trong đó hỗn hợp bao gồm cacbon dioxit trong khí tự nhiên.

19. Quy trình theo điểm 11, trong đó trong công thức (I), Y_1 được chọn từ nhóm bao gồm:

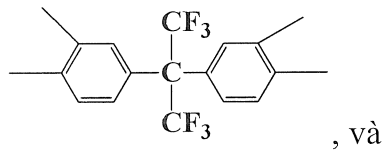


và hỗn hợp của chúng.

20. Quy trình theo điểm 11, trong đó trong công thức (I), X_1 là



X_2 là



Y_1 là

