



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

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

(11)



1-0053524

(51)<sup>8</sup> C08J 9/26; C08G 73/10

(13) B

(21) 1-2019-00685

(22) 06/04/2017

(86) PCT/JP2017/014371 06/04/2017

(87) WO2018/020745 01/02/2018

(30) 2016-145540 25/07/2016 JP

(45) 25/11/2025 452

(43) 25/04/2019 373A

(73) NITTO DENKO CORPORATION (JP)

1-2, Shimohozumi 1-chome, Ibaraki-shi, Osaka 5678680, Japan

(72) NAKAMURA Masayoshi (JP); HODONO Masayuki (JP); ITO Takahiko (JP);  
NAGAOKA Naoki (JP); HISHIKI Tomoaki (JP).

(74) Công ty Luật TNHH Phạm và Liên danh (PHAM & ASSOCIATES)

(54) MÀNG POLYME XÓP ĐIỆN MÔI THẤP DÙNG CHO ANTEN SÓNG MILIMET

(21) 1-2019-00685

(57) Sáng chế đề xuất màng polyme xốp điện môi thấp có hằng số điện môi thấp ở các tần số sóng milimet cao và nhờ đó là hữu ích làm tấm dùng cho anten sóng milimet. Màng polyme xốp điện môi thấp này được làm bằng vật liệu polyme và được tạo ra với các lỗ rỗng nhỏ phân tán trong nó, trong đó màng này có độ xốp là 60% hoặc cao hơn, và các lỗ rỗng có đường kính lỗ rỗng trung bình là 10 $\mu$ m hoặc nhỏ hơn.

### **Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập**

Sáng chế đề cập đến màng polyme xếp điện môi thấp. Cụ thể, sáng chế đề cập đến màng polyme xếp điện môi thấp hữu ích làm tấm dùng cho anten sóng milimet.

### **Bản chất kỹ thuật của sáng chế**

Sóng milimet là sóng điện từ có tần số nằm trong khoảng từ 30GHz đến 300GHz, nó được gọi như vậy là vì nó có bước sóng tính bằng milimet (1mm tới 10mm). Xét về khía cạnh loại sóng điện từ có tần số thấp hơn tần số của sóng milimet, như sóng cực ngắn, thường không bị ảnh hưởng nhiều bởi mưa hoặc thời tiết tương tự, nên nó đã và đang được sử dụng để phát sóng truyền hình, phát thanh và các lĩnh vực tương tự, truyền thông di động, và truyền thông không dây tầm xa. Trái lại, sóng milimet khó có thể được áp dụng trong truyền thông không dây tầm xa, vì nó bị suy giảm do mưa, và suy giảm do sự hấp thụ cộng hưởng gây ra bởi các phân tử oxy hoặc nước có trong không khí, hoặc yếu tố tương tự.

Mặt khác, do có bước sóng ngắn hơn, nên sóng milimet có khả năng truyền đồng thời một lượng dữ liệu lớn hơn. Hơn nữa, trong trường hợp sóng milimet được áp dụng cho kỹ thuật tạo ảnh, thì độ phân giải được cải thiện, khiến cho có thể tạo ra được hình ảnh có độ phân giải cao hơn so với độ phân giải có thể thu được bởi việc tạo ảnh nhờ sóng cực ngắn. Do đó, sóng milimet được kỳ vọng để ứng dụng cho ngành truyền thông không dây tầm ngắn và cho radar để lắp vào các phương tiện vận tải như ô tô.

Anten để sử dụng trong mô đun truyền thông sóng milimet (anten sóng milimet) thường có kết cấu trong đó mạng điện cực của anten được tạo ra từ các dây được tạo ra trên đế nhựa hoặc gốm. Tổn thất công suất của anten tỷ lệ với tổn thất trên dây và tổn thất bức xạ của anten, trong đó tổn thất trên dây tỷ lệ với căn bậc hai của hằng số điện môi của đế, và tổn thất bức xạ của anten tỷ lệ với hằng số điện môi của đế, một cách tương ứng. Do đó, nhằm làm tăng độ lợi của anten sóng

milimet để kéo dài khoảng truyền thông sóng milimet tới mức có thể, thì sẽ có hiệu quả nếu giảm hằng số điện môi của đế.

Hằng số điện môi của một chất dẻo như nhựa nói chung được quyết định bởi cấu trúc phân tử. Do vậy, một cách thức để giảm hằng số điện môi, đó là tìm cách cải biến cấu trúc phân tử. Tuy nhiên, ngay cả đối với polyetylen và polytetrafloetylen có các hằng số điện môi tương đối thấp, hằng số điện môi của chúng lần lượt là khoảng 2,3 và khoảng 2,1, thì vẫn có giới hạn đối với việc giảm hằng số điện môi của một chất dẻo bởi việc kiểm soát cấu trúc phân tử của chúng. Hơn nữa, việc cải biến cấu trúc phân tử có thể dẫn đến việc thay đổi theo cách không mong muốn các tính chất vật lý, như độ bền và hệ số giãn nở tuyến tính, của màng được tạo ra bằng chất dẻo này thay đổi theo chiều hướng xấu.

Nhựa polyimide được sử dụng rộng rãi làm các vật liệu cho các bộ phận hoặc linh kiện cần đến độ tin cậy, ví dụ, các linh kiện hoặc bộ phận điện và điện tử như bảng mạch, do chúng có các đặc tính như sự cách điện cao, độ ổn định kích thước, khả năng dễ tạo hình và nhẹ. Cụ thể, trong những năm gần đây, cùng với những cải tiến về hiệu suất và chức năng của các thiết bị điện hoặc điện tử, cần có các thiết bị điện hoặc điện tử để truyền thông tin nhanh hơn, và cũng cần có các linh kiện để sử dụng trong các thiết bị này để thích ứng với sự truyền thông tin nhanh như vậy. Liên quan đến polyimide để sử dụng cho các thiết bị hoặc linh kiện như vậy, đã có nỗ lực nhằm giảm hằng số điện môi và tang tổn thất điện môi của nó để có được các tính chất điện phù hợp với việc truyền tốc độ cao hơn.

Là một cách thức khác để giảm hằng số điện môi, đã có nhiều phương pháp khác nhau được đề xuất nhằm làm xốp chất dẻo để kiểm soát hằng số điện môi tùy theo độ xốp của chất dẻo xốp thu được, dựa trên thực tế hằng số điện môi của không khí bằng 1.

Ví dụ, JP H09-100363A đề cập đến màng cách điện bằng chất dẻo, có tính điện môi thấp, chịu nhiệt có thể dùng được trong bảng mạch in của thiết bị điện tử hoặc thiết bị tương tự và dùng để ngăn cách khe trong máy có chuyển động tròn hoặc loại tương tự, trong đó màng này là chất dẻo xốp có độ xốp là 10% thể tích

hoặc cao hơn, và có nhiệt độ chịu nhiệt là 100°C hoặc cao hơn và hằng số điện môi là 2,5 hoặc thấp hơn.

Hơn nữa, JP 2012-101438A đề cập đến tấm dạng lớp bao gồm lớp lá kim loại và lớp polyimit là lớp polyimit xấp, hữu ích làm bảng mạch in, trong đó lớp polyimit này là lớp polyimit không xấp, lớp polyimit xấp và lớp polyimit không xấp lần lượt được tạo lớp trên một bề mặt của lớp lá kim loại theo thứ tự này, và trong đó tổng độ dày của các lớp polyimit này nằm trong khoảng từ 10 đến 500 $\mu$ m, và độ dày của lớp polyimit xấp chiếm khoảng 10 tới 90% tổng độ dày của các lớp polyimit này.

Ví dụ về phương pháp thông thường để tạo ra polyme xấp bao gồm phương pháp khô và phương pháp ướt. Với phương pháp khô, đã biết phương pháp tạo xấp vật lý và phương pháp tạo xấp hóa học.

Phương pháp tạo xấp vật lý bao gồm các bước: phân tán chất tạo xấp là dung môi có điểm sôi thấp như cloflocacbon hoặc hydrocacbon, trong một polyme để tạo ra hỗn hợp; và sau đó làm nóng hỗn hợp này để làm bay hơi chất tạo xấp để nhờ đó tạo ra khối xấp.

Mặt khác, phương pháp tạo xấp hóa học bao gồm các bước: bổ sung chất tạo xấp vào một polyme để tạo ra hỗn hợp; và phân hủy nhiệt hỗn hợp này để tạo ra các ô rỗng nhờ khí được sinh ra bởi quá trình phân hủy nhiệt để nhờ đó tạo ra khối xấp.

Việc tạo xấp trên cơ sở phương pháp vật lý liên quan đến các vấn đề về môi trường khác nhau như các tính chất nguy hiểm độc hại của chất được dùng làm chất tạo xấp và sự phá hủy tầng ozon. Tiếp đó, nhìn chung, phương pháp vật lý là thích hợp để tạo ra khối xấp có đường ô rỗng vài chục  $\mu$ m trở lên, nhưng khó có thể tạo ra được khối xấp có các ô rỗng với đường kính nhỏ và đồng đều.

Mặt khác, với việc tạo xấp trên cơ sở phương pháp hóa học, sau khi hoàn thành quá trình tạo xấp, dư lượng của chất tạo xấp tạo ra khí rất có thể bị nằm lại bên trong khối xấp. Do vậy, đặc biệt là để sử dụng trong các bộ phận điện tử thường đòi hỏi cao về tính gây ô nhiễm thấp, thì việc gây ô nhiễm bởi khí ăn mòn hoặc tạp chất có khả năng trở thành một vấn đề.

Hơn nữa, là một phương pháp để tạo ra khối xốp có đường kính ô rỗng nhỏ và mật độ ô rỗng cao, đã biết phương pháp bao gồm các bước: hòa tan khí trơ như khí nitơ hoặc khí cacbon đioxit, trong một polyme ở áp suất cao; và sau đó, sau khi giảm áp, làm nóng polyme này tới gần nhiệt độ chuyển hoá thủy tinh hoặc nhiệt độ chảy mềm của nó để nhờ đó tạo ra các ô rỗng. Phương pháp tạo xốp này được thiết kế để tạo ra nhân từ trạng thái không ổn định nhiệt động lực, và cho phép nhân đã tạo ra này nở ra và phát triển để nhờ đó tạo ra các ô rỗng, vì vậy nó có được lợi thế là có thể tạo ra được khối xốp siêu rỗng chưa từng có trước đó.

Ví dụ, JP 2001-081225A đề cập đến quy trình tạo khối xốp có thể dùng làm, ví dụ, bảng mạch của thiết bị điện tử hoặc thiết bị tương tự, trong đó khối xốp này có các ô rỗng nhỏ và có hằng số điện môi thấp và tính chất chịu nhiệt. Quy trình này bao gồm bước loại bỏ ra khỏi hỗn hợp polyme có cấu trúc tách pha cỡ micromét trong đó các pha không liên tục có đường kính trung bình nhỏ hơn 10µm được phân tán trong pha liên tục của polyme, thành phần cấu thành pha không liên tục, bởi ít nhất một bước làm bay hơi hoặc phân hủy, và bước chiết, để nhờ đó làm xốp hỗn hợp polyme, trong đó cacbon đioxit đã được hóa lỏng hoặc cacbon đioxit ở trạng thái siêu tới hạn được dùng làm dung môi chiết cho thành phần cấu thành pha không liên tục.

Hơn nữa, JP 2002-146085A đề cập đến quy trình tạo ra polyimit xốp có thể dùng làm bảng mạch của thiết bị điện tử hoặc thiết bị tương tự, trong đó polyimit xốp này có cấu trúc ô rỗng nhỏ và có tính chất chịu nhiệt. Quy trình này bao gồm các bước: loại bỏ ra khỏi hỗn hợp polyme có cấu trúc tách pha cỡ micromét trong đó các pha không liên tục chứa hợp chất phân tán B và có đường kính trung bình nhỏ hơn 10µm được phân tán trong pha liên tục chứa tiền chất polyimit A, hợp chất phân tán B; và sau đó chuyển hóa tiền chất polyimit A thành polyimit để nhờ đó tạo ra polyimit xốp, trong đó thông số tương tác  $\chi_{AB}$  giữa tiền chất polyimit A và hợp chất phân tán B thỏa mãn điều kiện:  $3 < \chi_{AB}$ , và trong đó cacbon đioxit siêu tới hạn được dùng làm dung môi chiết cho hợp chất phân tán B.

Tài liệu được trích dẫn

Tài liệu sáng chế 1: JP H09-100363A

Tài liệu sáng chế 2: JP 2012-101438A

Tài liệu sáng chế 3: JP 2001-081225A

Tài liệu sáng chế 4: JP 2002-146085A

### **Bản chất kỹ thuật của sáng chế**

Mục đích của sáng chế là đề xuất màng polyme xấp điện môi thấp có hằng số điện môi thấp ở các tần số sóng milimet cao và nhờ đó là hữu ích làm tấm dùng cho anten sóng milimet.

Theo các kết quả nghiên cứu kỹ lưỡng nhằm giải quyết các vấn đề nêu trên, các tác giả sáng chế đã phát hiện ra rằng các vấn đề nêu trên có thể giải quyết được nhờ màng polyme xấp điện môi thấp làm bằng vật liệu polyme và được tạo ra với các lỗ rỗng nhỏ phân tán trong nó, trong đó màng này có độ xấp nhất định, và các lỗ có đường kính lỗ rỗng trung bình nhất định, và cuối cùng đã tạo ra sáng chế này.

Cụ thể, sáng chế đề xuất màng polyme xấp điện môi thấp làm bằng vật liệu polyme và được tạo ra với các lỗ rỗng nhỏ phân tán trong nó, trong đó màng này có độ xấp là 60% hoặc cao hơn, và các lỗ rỗng có đường kính lỗ rỗng trung bình là 10 $\mu$ m hoặc nhỏ hơn.

Trong màng theo sáng chế, tốt hơn nếu độ xấp là 70% hoặc cao hơn, tốt hơn nữa là 85% hoặc cao hơn. Hơn nữa, tốt hơn nếu độ xấp là 95% hoặc thấp hơn.

Trong màng theo sáng chế, các lỗ rỗng có sự phân bố đường kính lỗ rỗng với độ rộng tối đa ở nửa cực đại (FWHM: độ rộng tối đa ở nửa cực đại) tốt hơn là 10 $\mu$ m hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là 5 $\mu$ m hoặc nhỏ hơn.

Trong màng theo sáng chế, cấu trúc lỗ rỗng của màng có thể có cấu trúc dạng ô rỗng độc lập hoặc có thể có cấu trúc dạng ô rỗng thông nhau, để có tính chất điện môi. Tuy nhiên, xét theo khía cạnh dễ gia công bằng mạch, cấu trúc dạng ô rỗng độc lập là được ưu tiên.

Sở dĩ như vậy là do, ví dụ, trong quy trình sản xuất bằng mạch của anten, khi phối gia công được khoan nhờ sử dụng dụng cụ khoan hoặc khoan bằng laze,

và sau đó được mạ, thì sẽ có thể nảy sinh vấn đề là dung dịch mạ thâm vào lỗ rỗng từ một phần của nó tiếp xúc với phía ngoài của lỗ khoan, dẫn đến việc giải phóng Cu (sự thâm nhập của dung dịch mạ), hoặc trong quy trình tạo vật liệu dạng lớp có tính điện môi thấp thành bảng mạch, việc ép nóng có thể dẫn đến việc làm xẹp các lỗ (tính chất chống ép).

Trong phần mô tả này, thuật ngữ "cấu trúc dạng ô rỗng độc lập" được dùng để chỉ cấu trúc ô rỗng của màng có thể bao gồm không chỉ cấu trúc có các lỗ rỗng kín (mỗi lỗ rỗng không thông với các lỗ rỗng liền kề) mà cả cấu trúc có các lỗ rỗng nối thông (bao gồm một số lỗ rỗng nối thông với nhau) miễn là không ảnh hưởng đến các hiệu quả có lợi của sáng chế. Ví dụ, cấu trúc dạng ô rỗng độc lập này có thể được tạo ra dưới dạng cấu trúc lỗ rỗng trong đó các lỗ rỗng độc lập chiếm 80% hoặc cao hơn trong số toàn bộ các lỗ rỗng.

Khi cấu trúc lỗ rỗng của màng theo sáng chế là cấu trúc dạng ô rỗng độc lập này thì nó có thể được kiểm tra bằng cách sử dụng chất thấm chất lỏng để sử dụng trong, ví dụ, thử nghiệm thấm được thực hiện theo tiêu chuẩn JIS (JIS Z 2343-1, v.v.). Trong trường hợp này, tốt hơn là sử dụng chất thấm chất lỏng có góc tiếp xúc với bề mặt polyme là  $25^\circ$  hoặc thấp hơn, và độ nhớt là  $2,4\text{mm}^2/\text{giây}$  ( $37,8^\circ\text{C}$ ). Cụ thể là, màng polyme xốp này được cắt gần như vuông góc với bề mặt của nó để tạo ra mặt cắt lỗ (bề mặt cắt) tiếp xúc với phía ngoài, và, sau khi nhúng mặt cắt này trong chất thấm như chất thấm đỏ trong 5 phút, độ sâu thấm chất lỏng (khoảng cách mà chất lỏng thấm vào màng polyme xốp này tính từ mặt cắt) được xác định. Khi độ sâu thấm chất lỏng này là  $500\mu\text{m}$  hoặc nhỏ hơn, tốt hơn là  $300\mu\text{m}$  hoặc nhỏ hơn, thì cấu trúc lỗ rỗng của màng theo sáng chế có thể được xem là cấu trúc dạng ô rỗng độc lập.

Theo một ví dụ để tạo ra cấu trúc lỗ rỗng của màng theo sáng chế dưới dạng cấu trúc dạng ô rỗng độc lập, được mong muốn nếu sử dụng polyoxyetylen dimetyl ete làm chất tạo xốp (hoặc chất tạo lỗ rỗng) để sử dụng trong quy trình sản xuất màng, và, khi cần, chất tạo nhân như bột polytetrafluetylen (PTFE).

Màng theo sáng chế có hằng số điện môi đo được ở tần số 60GHz tốt hơn là 2,0 hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là 1,4 hoặc nhỏ hơn.

Tốt hơn là, trong màng theo sáng chế, polyme hoặc tiền chất của polyme hoà tan trong dung môi hữu cơ như N-metylpyrrolidôn (NMP).

Tốt hơn là, trong màng theo sáng chế, polyme được chọn từ nhóm bao gồm polyimit, polyeteimit, polyimit được flo hoá, và polycacbonat.

Tốt hơn, nếu màng theo sáng chế có độ dày nằm trong khoảng từ 50 $\mu\text{m}$  đến 500 $\mu\text{m}$ .

Màng theo sáng chế có thể được sử dụng trong bảng mạch dùng cho anten sóng milimet.

Theo sáng chế này, có thể tạo ra được màng polyme xếp điện môi thấp có hằng số điện môi thấp ở các tần số sóng milimet cao, và có thể sử dụng màng này trong đế của anten sóng milimet, nhờ đó nâng cao độ lợi của anten sóng milimet để kéo dài khoảng truyền thông sóng milimet.

### Mô tả chi tiết sáng chế

Màng polyme xếp điện môi thấp theo sáng chế được làm bằng vật liệu polyme và được tạo ra với các lỗ rỗng nhỏ phân tán trong nó, trong đó màng này có độ xếp nhất định, và các lỗ có đường kính lỗ rỗng trung bình nhất định.

Để có được độ lợi cao của anten, màng theo sáng chế phải có hằng số điện môi thấp. Nhằm mục đích này, độ xếp của màng được thiết lập ở mức 60% hoặc cao hơn, tốt hơn là 70% hoặc cao hơn, tốt hơn nữa là 85% hoặc cao hơn. Hơn nữa, độ xếp của màng được ưu tiên thiết lập ở mức 95% hoặc thấp hơn. Độ xếp của màng này có thể xác định được bằng cách tính toán dựa trên cơ sở trọng lượng riêng của màng không có lỗ rỗng và trọng lượng riêng của màng có lỗ rỗng, các trị số này được đo bằng máy đo trọng lượng riêng điện tử.

Xét về khía cạnh sự phòng quá mức của các lỗ rỗng dẫn đến sự suy giảm đáng kể về độ bền cơ học trong quá trình uốn của màng polyme xếp, nên màng theo sáng chế được tạo ra sao cho các lỗ rỗng có đường kính lỗ rỗng trung bình là 10 $\mu\text{m}$  hoặc nhỏ hơn. Hơn nữa, trong màng theo sáng chế, một lớp phủ ngoài hầu như phẳng làm bằng cùng một vật liệu polyme để làm màng này có thể được tạo ra dưới dạng lớp bề mặt của màng polyme xếp này. Lớp phủ ngoài này là hữu ích để

tạo ra các dây anten trên bề mặt của màng polyme xốp này. Trong trường hợp này, nếu có các nốt nhám trên bề mặt của lớp phủ ngoài, thì các nốt nhám này sẽ hình thành một cách không mong muốn trong các dây được tạo ra trên nó. Vì lý do này, lớp phủ ngoài cần phải nhẵn. Mặt khác, khi tăng độ dày của lớp phủ ngoài, thì hằng số điện môi của toàn bộ màng sẽ tăng lên một cách không mong muốn. Do vậy, lớp phủ ngoài cần phải mỏng. Trong màng theo sáng chế, đường kính lỗ rỗng trung bình của các lỗ rỗng này được thiết lập ở mức  $10\mu\text{m}$  hoặc nhỏ hơn. Điều này cho phép có thể dễ dàng tạo ra lớp phủ ngoài mỏng và nhẵn làm lớp bề mặt của màng polyme xốp này.

Hơn nữa, xét về khía cạnh cải thiện hơn nữa độ bền cơ học trong quá trình uốn của màng polyme xốp, và, trong trường hợp lớp phủ ngoài được tạo ra làm lớp bề mặt của màng polyme xốp này, cải thiện hơn nữa độ nhẵn của lớp phủ ngoài, các lỗ rỗng có sự phân bố đường kính lỗ rỗng với độ rộng tối đa ở nửa cực đại được ưu tiên là  $10\mu\text{m}$  hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là  $5\mu\text{m}$  hoặc nhỏ hơn. Đường kính lỗ rỗng trung bình của các lỗ rỗng và độ rộng tối đa ở nửa cực đại theo sự phân bố đường kính lỗ rỗng của các lỗ rỗng có thể được xác định bởi phép phân tích ảnh của ảnh chụp dưới kính hiển vi điện tử quét (SEM) của mặt cắt của màng này.

Ví dụ, màng polyme xốp này có thể được tạo ra bằng cách tạo ra hỗn hợp polyme có cấu trúc tách pha cỡ micromét theo phương pháp tách pha do gây khô sau đây, và sau đó sử dụng phương pháp chiết siêu tới hạn. Cụ thể là, chất tạo xốp được bổ sung vào dung dịch gồm tiền chất polyimide nhờ sử dụng dung môi hữu cơ (NMP hoặc dung môi tương tự) với tỷ lệ trộn đã định, và dung dịch thu được được tạo hình với hình dạng mong muốn (ví dụ, tấm, màng hoặc dạng tương tự), ví dụ, bởi việc phủ nó lên trên đế như màng PET, lá đồng hoặc đế tương tự. Sau đó, dung môi được loại bỏ ra khỏi khối đã tạo hình thu được bằng cách làm khô, và chất tạo xốp được làm cho không hòa tan được trong tiền chất polyimide để tạo ra hỗn hợp polyme có cấu trúc vi pha trong đó các pha không liên tục chứa chất tạo xốp được phân tán trong pha liên tục chứa tiền chất polyimide. Tiếp theo, chất tạo xốp được chiết bằng cách sử dụng cacbon đioxit siêu tới hạn hoặc tương tự, và sau

đó tiền chất polyimit được chuyển hóa thành polyimit (đã được imit hóa). Trong quy trình trên, việc làm khô được thực hiện ở nhiệt độ tương đối thấp trong khoảng thời gian tương đối ngắn để cho phép một cách có chủ đích một phần của dung môi hữu cơ như NMP được giữ lại, và, ở trạng thái này, chất tạo xốp được chiết bằng cách sử dụng cacbon dioxide siêu tới hạn hoặc tương tự, nhờ đó màng có độ xốp mong muốn và đường kính lỗ rỗng trung bình mong muốn có thể được tạo ra.

Tiền chất polyimit có thể dùng được để tạo ra màng theo sáng chế có thể là hợp chất trung gian bất kỳ có khả năng chuyển hóa thành polyimit, và có thể được tạo ra bởi phương pháp đã biết hoặc thường được sử dụng. Ví dụ, tiền chất polyimit có thể được tạo ra bởi phản ứng giữa tetracarboxylic dianhydrit hữu cơ và hợp chất diamino (điamin).

Ví dụ về tetracarboxylic dianhydrit hữu cơ bao gồm pyromelic dianhydrit, 3,3',4,4'-biphenyltetracarboxylic dianhydrit, 2,2-bis(2,3-đicarboxyphenyl) - 1,1,1,3,3,3-hexafluoropropan dianhydrit, 2,2-bis(3,4-đicarboxyphenyl)-1,1,1,3,3,3-hexafluoropropan dianhydrit, 3,3',4,4'-benzophenonetetracarboxylic dianhydrit, bis(3,4-đicarboxyphenyl)-ete dianhydrit, và bis(3,4-đicarboxyphenyl)-sulfonic dianhydrit. Các tetracarboxylic dianhydrit hữu cơ này có thể được sử dụng một mình hoặc dưới dạng hỗn hợp gồm hai hoặc nhiều hợp chất này.

Ví dụ về hợp chất diamino bao gồm m-phenylenđiamin, p-phenylenđiamin, 3,4'-điaminodiphenyl ete, 4,4'-điaminodiphenyl ete, 4,4'-điaminodiphenyl sulfon, 3,3'-điaminodiphenyl sulfon, 2,2-bis(4-aminophenoxyphenyl) propan, 2,2-bis(4-aminophenoxyphenyl) hexafluoropropan, 1,3-bis(4-aminophenoxy) benzen, 1,4-bis(4-aminophenoxy)benzen, 2,4-điaminotoluen, 2,6-điaminotoluen, điaminodiphenylmetan, 4,4'-điamino-2,2-đimetylbiphenyl, và 2,2-bis(trifluorometyl)-4,4'-điaminobiphenyl. Các hợp chất diamino này có thể được sử dụng một mình hoặc dưới dạng hỗn hợp gồm hai hoặc nhiều hợp chất này.

Tiền chất polyimit có thể được tạo ra bằng cách tạo ra phản ứng giữa tetracarboxylic dianhydrit hữu cơ và hợp chất diamino (điamin), thông thường trong dung môi hữu cơ ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 0 đến 90°C trong khoảng

thời gian 1 tới 12 giờ. Ví dụ về dung môi hữu cơ bao gồm các dung môi phân cực như N-metyl-2-pyrrolidon, N,N-đimetylaxetamit, N,N-đimetylformamit, và dimethylsulfoxit. Trong số đó, xét về khía cạnh để màng có độ xốp tương đối cao và đường kính lỗ rỗng trung bình tương đối nhỏ có thể được tạo ra bởi việc tạo ra một cách có chủ đích trạng thái mà trong đó một phần của dung môi hữu cơ nằm lại trong màng, và, ở trạng thái này, chiết chất tạo xốp, tốt hơn là sử dụng N-metyl-2-pyrrolidon với lượng còn lại có thể kiểm soát được một cách dễ dàng thông qua việc kiểm soát điều kiện làm khô, trong quy trình sản xuất màng này, như được mô tả ở dưới.

Chất tạo xốp có thể dùng được để tạo ra màng theo sáng chế có thể là hợp phần chứa các pha không liên tục trong cấu trúc tách vi pha (tương ứng với các lỗ rỗng trong màng polyme xốp) và có khả năng phân tán trong tiền chất polyimit khi được trộn với tiền chất polyimit, cụ thể hơn là hợp chất có khả năng tách ra khỏi tiền chất polyimit, dưới dạng các vi pha có hình dạng hạt mịn, để tạo ra cấu trúc kiểu biển-đảo. Tốt hơn nữa là, chất tạo xốp là hợp phần dễ loại bỏ ra khỏi tiền chất polyimit bởi công đoạn loại bỏ bằng cách chiết nhờ sử dụng cacbon đioxit siêu tới hạn hoặc tương tự.

Cụ thể hơn là, ví dụ về chất tạo xốp bao gồm: polyalkylen glycol như polyetylen glycol hoặc polypropylen glycol; hợp chất trong đó một trong hai hoặc cả hai đầu của polyalkylen glycol được phong bế bởi methyl hoặc (met)acrylat; hợp chất trong đó một trong hai đầu của polyalkylen glycol như phenoxypolyetylen glycol (met)acrylat được phong bế bởi nhóm alkyl hoặc aryl, và đầu kia được phong bế bởi (met)acrylat; chất tiền trùng hợp uretan; rượu đa polyhydric poly(met)acrylat như trimetylolpropan tri(met)acrylat và dipentaerytritol hexa(met)acrylat; và hợp chất trên cơ sở (met)acrylat như  $\epsilon$ -caprolacton (met)acrylat, uretan (met)acrylat, epoxy (met)acrylat, và oligoeste (met)acrylat. Chất tạo xốp này có thể được sử dụng bằng cách chọn một trong số các hợp chất này hoặc chọn đồng thời hai hoặc nhiều hợp chất trong số các hợp chất này.

Trong màng theo sáng chế, khi cấu trúc lỗ rỗng của màng được tạo ra dưới dạng cấu trúc dạng ô rỗng độc lập, được ưu tiên nếu sử dụng chất tạo xốp là

polyoxyetylen dimetyl ete. Tiếp đó, trong trường hợp này, được ưu tiên nếu sử dụng chất tạo nhân như bột polytetrafloetylen (PTFE), nếu cần.

Trong quy trình tạo ra màng theo sáng chế, trước tiên, chất tạo xốp được bổ sung vào dung dịch gồm tiền chất polyimit nhờ sử dụng dung môi hữu cơ với tỷ lệ trộn đã định, và, sau khi tạo hình dung dịch thu được thành tấm, màng hoặc dạng tương tự, dung môi được loại bỏ ra khỏi tấm hoặc dạng tương tự này bằng cách làm khô, như đã mô tả ở trên.

Nhiệt độ của quá trình làm khô để loại bỏ dung môi có thể được thiết lập để nằm trong khoảng từ 60 đến 180°C, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 60 đến 120°C, mặc dù nó khác nhau tùy thuộc vào loại dung môi được sử dụng. Tiếp đó, khoảng thời gian làm khô được ưu tiên thiết lập để nằm trong khoảng từ 5 đến 60 phút, tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 5 đến 30 phút.

Mặc dù không muốn gắn liền với lý thuyết bất kỳ, song màng có độ xốp cao và đường kính lỗ rỗng trung bình nhỏ mà không thể tạo ra được bởi kỹ thuật thông thường có thể được tạo ra bằng cách thực hiện việc làm khô trong khoảng thời gian ngắn hơn so với kỹ thuật thông thường để nhờ đó tạo ra một cách có chủ đích trạng thái mà trong đó một phần của dung môi hữu cơ như NMP nằm lại trong màng, và, ở trạng thái này, chiết chất tạo xốp bằng cách sử dụng cacbon đioxit siêu tới hạn.

Lượng nằm lại của dung môi được ưu tiên thiết lập để nằm trong khoảng từ 15 đến 250 phần khối lượng, đặc biệt là nằm trong khoảng từ 25 đến 250 phần khối lượng, tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 50 đến 150 phần khối lượng, so với lượng tiền chất polyimit.

Xét về khía cạnh để thiết lập đường kính lỗ rỗng trung bình trong một khoảng đủ nhỏ, chất tạo xốp được ưu tiên bổ sung vào với lượng 200 phần khối lượng hoặc thấp hơn đối với 100 phần khối lượng của tiền chất polyimit. Tiếp đó, xét về khía cạnh để thiết lập hằng số điện môi của màng này ở giá trị đủ nhỏ, chất tạo xốp được ưu tiên bổ sung vào với lượng 10 phần khối lượng hoặc nhiều hơn đối với 100 phần khối lượng của tiền chất polyimit.

Sau đó, cấu trúc lỗ rỗng được tạo ra bởi việc loại bỏ chất tạo xốp ra khỏi hỗn hợp polyme có cấu trúc tách pha cỡ micromét chứa tiền chất polyimit và chất tạo xốp. Phương pháp loại bỏ chất tạo xốp không bị giới hạn cụ thể, và việc loại bỏ này có thể được thực hiện bởi phương pháp bất kỳ như làm bay hơi hoặc phân hủy, phương pháp loại bỏ bằng bước chiết là được ưu tiên. Việc loại bỏ nhờ sử dụng bước chiết có thể bao gồm việc phân hủy hoặc chuyển hóa chất tạo xốp, hoặc có thể được thực hiện sau khi phân hủy hoặc chuyển hóa.

Dung môi được sử dụng cho việc loại bỏ bằng cách chiết chất tạo xốp không bị giới hạn cụ thể, miễn là nó có khả năng làm chất tạo xốp. Cacbon đioxit, đặc biệt là cacbon đioxit siêu tới hạn, là được ưu tiên khi xét về khía cạnh tính năng loại bỏ và sự vô hại của nó. Trong phương pháp loại bỏ chất tạo xốp ra khỏi hỗn hợp polyimit bằng cách sử dụng cacbon đioxit siêu tới hạn, nhiệt độ để thực hiện phương pháp này là bằng hoặc lớn hơn điểm tới hạn của cacbon đioxit siêu tới hạn. Nhiệt độ này được ưu tiên thiết lập nằm trong khoảng mà ở đó quá trình imit hóa tiền chất polyimit không tiến triển cực độ trong quá trình loại bỏ. Tiếp đó, khi nhiệt độ tăng cao, thì độ hòa tan của chất tạo xốp vào cacbon đioxit siêu tới hạn trở nên thấp hơn. Do đó, nhiệt độ trong quá trình loại bỏ chất tạo xốp bằng cách sử dụng cacbon đioxit siêu tới hạn (nhiệt độ chiết) được ưu tiên thiết lập để nằm trong khoảng từ 32 đến 230°C, tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 40 đến 200°C.

Áp suất của cacbon đioxit siêu tới hạn trong quá trình loại bỏ (áp suất chiết) là bằng hoặc lớn hơn điểm tới hạn của cacbon đioxit siêu tới hạn. Áp suất chiết được ưu tiên thiết lập để nằm trong khoảng từ 7,3 đến 100MPa, tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 10 đến 50MPa.

Cacbon đioxit siêu tới hạn có thể được nén và sau đó liên tục được cấp vào bình chứa chịu áp chứa hỗn hợp polyme có cấu trúc tách pha cỡ micromét bằng cách sử dụng bơm định lượng, hoặc cacbon đioxit siêu tới hạn đã được nén ở áp suất nhất định có thể được phun vào bình chứa chịu áp. Khoảng thời gian chiết được thiết lập để nằm trong khoảng từ 1 đến 10 giờ, và có thể thay đổi tùy thuộc

vào nhiệt độ chiết, áp suất chiết, và lượng chất tạo xốp được bổ sung vào tiền chất polyimit.

Tiền chất polyimit đã được tạo xốp mà đã được loại bỏ chất tạo xốp theo cách nêu trên sau đó được chuyển hóa thành polyimit xốp thông qua, ví dụ, phản ứng đóng vòng loại nước. Phản ứng đóng vòng loại nước của tiền chất polyimit được thực hiện bằng cách nung nóng tới nhiệt độ nằm trong khoảng từ 300 đến 400°C, hoặc bằng cách sử dụng chất loại nước đóng vòng như hỗn hợp gồm axetic anhydrit và pyridin.

Màng theo sáng chế mà có thể được tạo ra bởi phương pháp nêu trên có hằng số điện môi đo được ở tần số 60GHz tốt hơn là 2,0 hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là 1,4 hoặc nhỏ hơn, khi xét về khía cạnh để giảm hằng số điện môi. Hằng số điện môi của màng này có thể xác định được bằng phương pháp bộ cộng hưởng hở hoặc phương pháp tương tự.

Mặc dù quy trình đã được mô tả một cách chi tiết ở trên dựa trên cơ sở một ví dụ mà trong đó polyme là polyimit, song tốt hơn nếu polyme được chọn từ nhóm bao gồm polyimit, polyeteimit, polyimit được flo hoá, và polycarbonat, xét về khía cạnh phương pháp tách pha do gây khô và phương pháp chiết siêu tới hạn có thể được áp dụng đối với màng theo sáng chế.

Màng theo sáng chế tốt hơn là có độ dày nằm trong khoảng từ 50µm đến 500µm, xét về khía cạnh màng này được tạo ra nhờ quy trình phủ và làm khô.

Màng theo sáng chế thích hợp để dùng làm màng để dùng trong bảng mạch của anten sóng milimet.

### **Ví dụ thực hiện sáng chế**

Mặc dù sáng chế sẽ được mô tả một cách cụ thể dưới đây trên cơ sở các ví dụ, song cần phải hiểu rằng sáng chế không chỉ giới hạn ở các ví dụ này.

### **Xác định độ xốp**

Trọng lượng riêng được đo bằng cách sử dụng máy đo trọng lượng riêng điện tử (MD-3005 của hãng Alfa Mirage). Hơn nữa, độ xốp được tính toán theo công thức sau.

Độ xốp (%) =  $(1 - \text{trọng lượng riêng của khối polyimide xốp} / \text{trọng lượng riêng của khối polyimide không xốp}) \times 100$

Xác định đường kính lỗ rỗng trung bình và sự phân bố đường kính lỗ rỗng

Đường kính lỗ rỗng trung bình và sự phân bố đường kính lỗ rỗng được xác định bằng cách quan sát cấu trúc lỗ rỗng nhờ sử dụng kính hiển vi điện tử quét (JSM-6510LV của hãng JEOL Ltd.). Mẫu được cắt bằng dao cạo để lộ ra mặt cắt (bề mặt cắt). Hơn nữa, mặt cắt này được lắng phủ platin bằng cách mạ bốc hơi, và sau đó được quan sát. Đường kính lỗ rỗng trung bình và sự phân bố đường kính lỗ rỗng (độ rộng tối đa ở nửa cực đại) được tính toán bởi phép phân tích SEM. Trong phép phân tích ảnh, ảnh SEM được xử lý nhị phân để nhận diện các lỗ rỗng, và sau đó đường lỗ rỗng được tính toán để lập biểu đồ. Phần mềm ImageJ được sử dụng cho phép phân tích này. Đường lỗ rỗng tối đa tiêu biểu nhất cho một cấu trúc thực tế được lấy làm trị số của đường kính lỗ rỗng cho việc xác định kính lỗ rỗng.

Xác định các đặc tính điện

Hằng số điện môi (độ thấm tương đối) và tang tổn thất điện môi ở tần số 10GHz đã được đo nhờ sử dụng bộ phân tích mạng PNA (Agilent Technologies Inc.) và bộ cộng hưởng điện môi sau tách (SPDR). Tiếp đó, hằng số điện môi và tang tổn thất điện môi ở tần số 60GHz đã được đo nhờ sử dụng bộ phân tích mạng vector và bộ cộng hưởng hở.

Xác định độ bền cơ học khi uốn

Độ bền cơ học khi uốn được xác định bằng cách uốn màng polyimide xốp với góc 90° và quan sát xem trong khi uốn có xuất hiện các vết nứt hay không.

Xác định sự thấm chất lỏng

Khối polyimit xốp được cắt bằng dao cạo để lộ ra mặt cắt. Mặt cắt này được ngâm trong chất thấm đỏ (NRC-ALII của hãng Taiyo Bussan Co. Ltd.) trong 5 phút, và chất thấm bám dính vào mặt cắt được làm sạch. Thân polyimit xốp này được cắt tiếp theo phương vuông góc với mặt cắt đã lộ ra để xác định độ sâu thấm chất lỏng bằng kính hiển vi quang học.

#### Xác định độ xẹp

Khối polyimit xốp được cắt với kích thước 50mm x 50mm, và mẫu thu được được ép bằng máy ép nóng ở 180°C và 3MPa trong 60 phút. Các độ dày tương ứng của mẫu trước và sau khi ép được đo, và, dựa trên cơ sở các trị trị đo được này, mức giảm độ dày của mẫu sau khi ép được tính toán làm mức độ thay đổi.

#### Thử nghiệm về sự di chuyển

Các lỗ thông có đường kính lõi 0,3mm được tạo ra trong khối polyimit xốp với bước 1,52mm, và điện cực dương và điện cực âm được tạo ra trong mỗi lỗ thông này. Sau đó, điện áp 60V được cấp giữa điện cực dương và điện cực âm ở 85°C và độ ẩm tương đối 85% để đo trị số điện trở cách điện.

#### Ví dụ đối chứng

##### Tổng hợp tiền chất polyimit [BPDA/PDA, DPE]

43,2g p-phenylenđiamin (PDA) và 20g điaminodiphenyl ete (DPE) được nạp vào bình cầu loại 1000ml được trang bị máy khuấy và nhiệt kế, và 768,8g N-metyl-2-pyrrolidon (NMP) được bổ sung vào và được hòa tan trong đó bởi việc khuấy. Sau đó, 147g axit biphenyltetracarboxylic dianhydrit (BPDA) được bổ sung từ từ vào dung dịch trên, và dung dịch thu được được khuấy ở 40°C trong 2 giờ để xúc tiến phản ứng. Tiếp đó, hỗn hợp này được khuấy ở 75°C trong 12 giờ để thực hiện việc hoá già. Kết quả là, dung dịch tiền chất polyimit có hàm lượng chất rắn là 20% khối lượng đã được tạo ra. Tiền chất polyimit này có tỷ lệ giữa các thành phần như sau: PDA:DPE:BPDA = 0,8mol:0,2mol:1mol.

#### Ví dụ 1 theo sáng chế

100 phần khối lượng của dung dịch tiền chất polyimit thu được trong ví dụ đối chứng được bổ sung 200 phần khối lượng polypropylen glycol có trọng lượng phân tử trung bình khối là 400 (loại: D400, của hãng NOF Corporation) và 400 phần khối lượng dimethylacetamid. Sau đó, dung dịch thu được này được khuấy để thu được dung dịch đồng nhất trong suốt. Sau đó, 4,2 phần khối lượng 2-methylimidazol dùng làm chất xúc tác imit hoá và 5,4 phần khối lượng benzoic anhydrit dùng làm chất imit hoá hóa học được bổ sung vào dung dịch thu được ở trên để tạo ra dung dịch đã được trộn. Dung dịch đã được trộn này được phủ lên trên màng PET hoặc lá đồng bởi quy trình đúc, và được làm khô bằng không khí nóng ở 85°C trong 15 phút để tạo ra màng tiền chất polyimit dày 100µm có cấu trúc tách pha.

Màng này được ngâm trong cacbon đioxit được tuần hoàn ở 40°C trong khi được nén tới 30MPa, trong 8 giờ, để xúc tiến quá trình loại bỏ bằng cách chiết của polypropylen glycol, tách pha NMP tồn dư, và tạo lỗ rỗng. Sau đó, cacbon đioxit được giảm áp để tạo ra màng tiền chất polyimit xốp.

Tiếp theo, màng tiền chất polyimit xốp thu được được xử lý nhiệt trong chân không ở 380°C trong 2 giờ để xúc tiến quá trình loại bỏ các hợp phần còn lại và quá trình imit hóa để nhờ đó tạo ra màng polyimit xốp.

#### Ví dụ 2 theo sáng chế

100 phần khối lượng của dung dịch tiền chất polyimit thu được trong ví dụ đối chứng được bổ sung 200 phần khối lượng polypropylen glycol có trọng lượng phân tử trung bình khối là 400 (loại: D400, của hãng NOF Corporation) và 400 phần khối lượng dimethylacetamid. Sau đó, dung dịch thu được này được khuấy để thu được dung dịch đồng nhất trong suốt. Sau đó, 4,2 phần khối lượng 2-methylimidazol dùng làm chất xúc tác imit hoá và 1,1 phần khối lượng benzoic anhydrit dùng làm chất imit hoá hóa học được bổ sung vào dung dịch thu được ở trên để tạo ra dung dịch đã được trộn. Dung dịch đã được trộn này được phủ lên

trên màng PET hoặc lá đồng bởi quy trình đúc, và được làm khô bằng không khí nóng ở 85°C trong 15 phút để tạo ra màng tiền chất polyimit dày 100µm có cấu trúc tách pha.

Màng này được ngâm trong cacbon đioxit được tuần hoàn ở 40°C trong khi được nén tới 30MPa, trong 8 giờ, để xúc tiến quá trình loại bỏ bằng cách chiết của polypropylen glycol, tách pha NMP tồn dư, và tạo lỗ rỗng. Sau đó, cacbon đioxit được giảm áp để tạo ra màng tiền chất polyimit xốp.

Tiếp theo, màng tiền chất polyimit xốp thu được được xử lý nhiệt trong chân không ở 380°C trong 2 giờ để xúc tiến quá trình loại bỏ các hợp phần còn lại và quá trình imit hóa để nhờ đó tạo ra màng polyimit xốp.

#### Ví dụ 3 theo sáng chế

100 phần khối lượng của dung dịch tiền chất polyimit thu được trong ví dụ đối chứng được bổ sung 200 phần khối lượng polypropylen glycol có trọng lượng phân tử trung bình khối là 400 (loại: D400, của hãng NOF Corporation) và 400 phần khối lượng đimetylaxetamit. Sau đó, dung dịch thu được này được khuấy để thu được dung dịch đồng nhất trong suốt. Dung dịch này được phủ lên trên màng PET hoặc lá đồng bởi quy trình đúc, và được làm khô bằng không khí nóng ở 85°C trong 15 phút để tạo ra màng tiền chất polyimit 100µm có cấu trúc tách pha.

Màng này được ngâm trong cacbon đioxit được tuần hoàn ở 40°C trong khi được nén tới 30MPa, trong 8 giờ, để loại bỏ bằng cách chiết polypropylen glycol. Sau đó, cacbon đioxit được giảm áp để tạo ra màng tiền chất polyimit xốp.

Tiếp theo, màng tiền chất polyimit xốp thu được được xử lý nhiệt trong chân không ở 380°C trong 2 giờ để xúc tiến quá trình loại bỏ các hợp phần còn lại và quá trình imit hóa để nhờ đó tạo ra màng polyimit xốp.

#### Ví dụ 4 theo sáng chế

100 phần khối lượng của dung dịch tiền chất polyimit thu được trong ví dụ đối chứng được bổ sung 200 phần khối lượng polyoxyetylen đimetyl ete có trọng lượng phân tử trung bình khối là 400 (loại: MM400, của hãng NOF Corporation)

và 150 phần khối lượng NMP. Sau đó, dung dịch thu được này được khuấy để thu được dung dịch đồng nhất trong suốt. Sau đó, 4,2 phần khối lượng 2-methylimidazol dùng làm chất xúc tác imit hoá được bổ sung vào dung dịch thu được ở trên để tạo ra dung dịch đã được trộn. Dung dịch đã được trộn này được phủ lên trên màng PET hoặc lá đồng bởi quy trình đúc, và được làm khô bằng không khí nóng ở 120°C trong 30 phút để tạo ra màng tiền chất polyimit 100µm có cấu trúc tách pha.

Màng này được ngâm trong cacbon đioxit được tuần hoàn ở 40°C trong khi được nén tới 30MPa, trong 8 giờ, để xúc tiến quá trình loại bỏ bằng cách chiết của polyoxyetylen dimetyl ete, tách pha NMP tồn dư, và tạo lỗ rỗng. Sau đó, cacbon đioxit được giảm áp để tạo ra màng tiền chất polyimit xốp.

Tiếp theo, màng tiền chất polyimit xốp thu được được xử lý nhiệt trong chân không ở 380°C trong 2 giờ để xúc tiến quá trình loại bỏ các hợp phần còn lại và quá trình imit hóa để nhờ đó tạo ra màng polyimit xốp.

#### Ví dụ 5 theo sáng chế

100 phần khối lượng của dung dịch tiền chất polyimit thu được trong ví dụ đối chứng được bổ sung 200 phần khối lượng polyoxyetylen dimetyl ete có trọng lượng phân tử trung bình khối là 400 (loại: MM400, của hãng NOF Corporation), 10 phần khối lượng bột PTFE có cỡ hạt khoảng 2µm và 150 phần khối lượng NMP. Sau đó, dung dịch thu được này được khuấy để thu được dung dịch đồng nhất trong suốt. Sau đó, 4,2 phần khối lượng 2-methylimidazol dùng làm chất xúc tác imit hoá được bổ sung vào dung dịch thu được ở trên để tạo ra dung dịch đã được trộn. Dung dịch đã được trộn này được phủ lên trên màng PET hoặc lá đồng bởi quy trình đúc, và được làm khô bằng không khí nóng ở 120°C trong 30 phút để tạo ra màng tiền chất polyimit dày 100µm có cấu trúc tách pha.

Màng này được ngâm trong cacbon đioxit được tuần hoàn ở 40°C trong khi được nén tới 30MPa, trong 8 giờ, để xúc tiến quá trình loại bỏ bằng cách chiết của polyoxyetylen dimetyl ete, tách pha NMP tồn dư, và tạo lỗ rỗng. Sau đó, cacbon đioxit được giảm áp để tạo ra màng tiền chất polyimit xốp.

Tiếp theo, màng tiền chất polyimit xếp thu được được xử lý nhiệt trong chân không ở 380°C trong 2 giờ để xúc tiến quá trình loại bỏ các hợp phần còn lại và quá trình imit hóa để nhờ đó tạo ra màng polyimit xếp.

#### Ví dụ so sánh

100 phần khối lượng của dung dịch tiền chất polyimit thu được trong ví dụ đối chứng được bổ sung 300 phần khối lượng polypropylen glycol có trọng lượng phân tử trung bình khối là 400 (loại: D400, của hãng NOF Corporation) và 400 phần khối lượng đimetylaxetamit. Sau đó, dung dịch thu được này được khuấy để thu được dung dịch đồng nhất trong suốt. Dung dịch này được phủ lên trên màng PET hoặc lá đồng bởi quy trình đúc, và được làm khô bằng không khí nóng ở 140°C trong 20 phút để tạo ra màng tiền chất polyimit dày 100µm có cấu trúc tách pha.

Màng này được ngâm trong cacbon đioxit được tuần hoàn ở 40°C trong khi được nén tới 30MPa, trong 8 giờ, để loại bỏ bằng cách chiết polypropylen glycol. Sau đó, cacbon đioxit được giảm áp để tạo ra màng tiền chất polyimit xếp.

Tiếp theo, màng tiền chất polyimit xếp thu được được xử lý nhiệt trong chân không ở 380°C trong 2 giờ để xúc tiến quá trình loại bỏ các hợp phần còn lại và quá trình imit hóa để nhờ đó tạo ra màng polyimit xếp.

Các kết quả được thực hiện đối với các màng thu được ở các ví dụ 1 tới 3 theo sáng chế và ví dụ so sánh được thể hiện trong bảng 1.

Bảng 1

|                       | Độ xếp (%) | Đường kính lỗ rỗng trung bình (µm) | Độ rộng tối đa ở nửa cực đại (µm) | Hằng số điện môi ở tần số 10GHz | Tang tổn thất điện môi ở tần số 10GHz | Hằng số điện môi ở tần số 60GHz | Tang số điện môi ở tần số 60GHz | Độ bền uốn |
|-----------------------|------------|------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|------------|
| Ví dụ 1 theo sáng chế | 91         | 4,4                                | 4                                 | 1,22                            | 0,0017                                | 1,20                            | 0,0027                          | Tốt        |
| Ví dụ 2 theo sáng chế | 84         | 7,5                                | 6                                 | 1,40                            | 0,0024                                | 1,33                            | 0,0046                          | Tốt        |
| Ví dụ 3 theo sáng chế | 63         | 9,6                                | 8                                 | 1,93                            | 0,0063                                | 1,80                            | 0,014                           | Tốt        |
| Ví dụ so sánh         | 76         | 19,3                               | Không xác định                    | 1,54                            | 0,0029                                | 1,42                            | 0,0056                          | Không tốt  |

Như thấy rõ được từ các kết quả nêu trên, màng theo sáng chế có hằng số điện môi thấp và tang tổn thất điện môi thấp ở các tần số cao, tức là có các đặc tính điện rất tốt, và cũng rất tốt về các tính chất cơ học hoặc vật lý trong khi uốn.

Tiếp theo, các kết quả được thực hiện đối với các màng thu được ở các ví dụ 4 và 5 theo sáng chế được thể hiện trong bảng 2.

Bảng 2

|                       | Độ xốp (%) | Đường kính lỗ rỗng trung bình ( $\mu\text{m}$ ) | Độ rộng tối đa ở nửa cực đại ( $\mu\text{m}$ ) | Hằng số điện môi ở tần số 10GHz | Tang tổn thất điện môi ở tần số 10GHz | Sự thấm chất lỏng | xác định độ xẹp | Sự dịch chuyển          |
|-----------------------|------------|-------------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|-------------------|-----------------|-------------------------|
| Ví dụ 4 theo sáng chế | 80         | 9,8                                             | 10                                             | 1,49                            | 0,0040                                | 200 $\mu\text{m}$ | 6%              | 5,88E + 10 ( $\Omega$ ) |
| Ví dụ 5 theo sáng chế | 81         | 6,5                                             | 8                                              | 1,48                            | 0,0040                                | 20 $\mu\text{m}$  | 4%              | 6,93E + 10 ( $\Omega$ ) |

Như thấy rõ được từ các kết quả nêu trên, màng theo sáng chế có cấu trúc lỗ rỗng là cấu trúc dạng ô rỗng độc lập là rất tốt về sự thấm chất lỏng và độ bền ép, cũng như các đặc tính điện rất tốt, và có trị số điện trở cách điện cao ngay sau khi gia công, khiến cho nó có khả năng dễ gia công bằng mạch rất tốt.

### **Yêu cầu bảo hộ**

1. Màng polyme xốp điện môi thấp làm bằng vật liệu polyme và được tạo ra với các lỗ rỗng nhỏ phân tán trong nó, trong đó màng này có độ xốp là 70% hoặc cao hơn, các lỗ rỗng có đường kính lỗ rỗng trung bình là  $10\mu\text{m}$  hoặc nhỏ hơn, trong đó polyme được chọn từ nhóm bao gồm polyimit, polyeteimit, polyimit được flo hoá, và polycacbonat, trong đó các lỗ rỗng có sự phân bố đường kính lỗ rỗng với độ rộng tối đa ở nửa cực đại nằm trong khoảng từ  $4\mu\text{m}$  đến  $10\mu\text{m}$ , và trong đó màng này có hằng số điện môi đo được ở tần số 60GHz là 2,0 hoặc nhỏ hơn.
2. Màng theo điểm 1, trong đó độ xốp là 85% hoặc cao hơn.
3. Màng theo điểm 2, trong đó độ xốp là 95% hoặc thấp hơn.
4. Màng theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 tới 3, các lỗ rỗng có sự phân bố đường kính lỗ rỗng với độ rộng tối đa ở nửa cực đại nằm trong khoảng từ  $4\mu\text{m}$  đến  $5\mu\text{m}$ .
5. Màng theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 tới 3, trong đó màng này có hằng số điện môi đo được ở tần số 60GHz là 1,4 hoặc nhỏ hơn.
6. Màng theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 tới 3, trong đó polyme hoặc tiền chất của polyme hoà tan trong dung môi hữu cơ.
7. Màng theo điểm 6, trong đó dung môi hữu cơ là N-metylpyrrolidon.
8. Màng theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 tới 3, trong đó màng này có độ dày nằm trong khoảng từ  $50\mu\text{m}$  đến  $500\mu\text{m}$ .

9. Màng theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 tới 3, trong đó màng này được dùng trong bảng mạch dùng cho anten sóng milimet.

10. Màng theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 tới 3, trong đó màng này có cấu trúc lỗ rỗng được tạo ra dưới dạng cấu trúc dạng ô rỗng độc lập.