



(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



1-0042544

(51)^{2020.01} C23C 16/30; C23C 16/56; H01L 23/532; (13) B
C23C 16/50

(21) 1-2021-07958

(22) 14/05/2020

(86) PCT/CN2020/090119 14/05/2020

(87) WO2020/233480 26/11/2020

(30) 201910413247.9 17/05/2019 CN

(45) 27/01/2025 442

(43) 25/02/2022 407

(73) JIANGSU FAVORED NANOTECHNOLOGY CO., LTD. (CN)

No.182 East Loop, Yuqi Industry Park, Huishan District, Wuxi, Jiangsu 214000, P.R.
China

(72) ZONG, Jian (CN).

(74) Công ty Luật TNHH WINCO (WINCO LAW FIRM)

(54) MÀNG HẰNG SỐ ĐIỆN MÔI THẤP VÀ PHƯƠNG PHÁP CHẾ TẠO MÀNG
NÀY

(21) 1-2021-07958

(57) Sáng chế đề cập tới màng hằng số điện môi thấp và phương pháp chế tạo màng này, trong đó epoxy alkan, hợp chất silic hữu cơ và hợp chất siloxan chứa flo được sử dụng làm nguyên liệu của màng hằng số điện môi thấp, và màng hằng số điện môi thấp được tạo ra trên bề mặt nền nhờ kỹ thuật lắng phủ hơi hóa học tăng cường plasma. Do đó, màng cỡ nano có hằng số điện môi thấp và đặc tính kỵ nước đặc biệt tốt được tạo ra trên bề mặt nền.

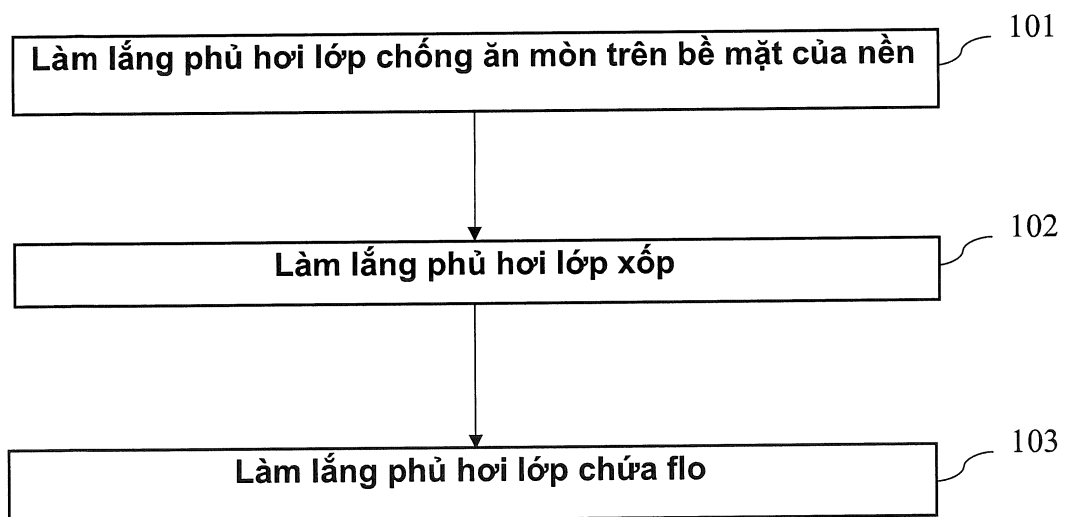


Fig.1

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập tới lĩnh vực chế tạo mạch tích hợp ở quy mô rất lớn, cụ thể hơn, sáng chế đề cập tới màng hằng số điện môi thấp và phương pháp chế tạo màng này.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Cùng với việc ban hành tiêu chuẩn 5G thống nhất toàn cầu, sự phát triển của lĩnh vực vô tuyến hoặc vi điện tử càng ngày càng nhanh hơn, yêu cầu tính năng đối với chip điện tử gia tăng nhanh chóng, và kích thước của mạch tích hợp được thu nhỏ liên tục, nghĩa là, số lượng của các thiết bị được tích hợp trên chip càng ngày càng lớn hơn, yêu cầu về mức độ tích hợp càng ngày càng cao hơn.

Khi mức độ tích hợp của các mạch tích hợp quy mô lớn càng ngày càng cao hơn, kích thước đặc trưng của thiết bị giảm dần, điều này dẫn tới sự gia tăng của điện trở dây dẫn và điện dung liên dây dẫn và liên lớp, tạo ra gia tăng của độ trễ điện trở/điện dung (RC), vì thế dẫn đến một loạt các vấn đề như độ trễ truyền tín hiệu, gia tăng nhiễu/tạp nhiễu và gia tăng tổn hao công suất, điều này hạn chế đáng kể tính năng tốc độ cao của thiết bị. Một trong số các phương pháp quan trọng để giảm bớt các vấn đề này là làm giảm hằng số điện môi (k) của chất điện môi.

Trong lĩnh vực của công nghệ truyền thông vô tuyến, đặc biệt là trong công nghệ truyền thông của dải tần GHz, các vật liệu tổn hao thấp có hằng số điện môi thấp càng ngày càng thu hút nhiều quan tâm.

Nói chung, có hai cách để giảm bớt giá trị k của vật liệu, cách thứ nhất là làm giảm khả năng phân cực phân tử, nghĩa là, chọn hoặc phát triển vật liệu có khả năng phân cực thấp, chẳng hạn, tạo ra liên kết phân cực thấp (ví dụ, Si-C, Si-F, C-H, v.v.) trong vật liệu; và cách thứ hai là làm giảm số lượng N của các phân tử phân cực theo đơn vị thể tích, điều này có thể đạt được bằng cách đưa các lỗ xốp cỡ nano vào vật

liệu và với sự gia tăng của độ xốp, hằng số điện môi giảm tương đối nhanh. Hiện tại, đã có một số nghiên cứu theo cả hai khía cạnh trong kỹ thuật đã biết.

Theo một số nghiên cứu đã biết, công nghệ hoặc phương pháp lắng phủ hơi hóa học tăng cường plasma (PECVD) được sử dụng để tạo ra màng cỡ nano có hằng số điện môi thấp. Theo một ví dụ, thực hiện đưa một hoặc nhiều hợp chất silic hữu cơ vào buồng phản ứng lắng phủ hơi hóa học tăng cường plasma, và đưa chất tạo lỗ xốp vào buồng phản ứng. Ở công suất RF không đổi, cho một hoặc nhiều hợp chất silic hữu cơ phản ứng với chất tạo lỗ xốp để lắng phủ màng hằng số điện môi (k) thấp trên nền của buồng phản ứng. Hơn nữa, thực hiện hậu xử lý màng hằng số điện môi (k) thấp để cơ bản loại bỏ chất tạo lỗ xốp ra khỏi màng hằng số điện môi (k) thấp.

Mặc dù một số màng silic hữu cơ có hằng số điện môi thấp đã được phát triển, các màng hằng số điện môi thấp này gặp phải một số nhược điểm không mong muốn. Tác giả sáng chế đã thấy rằng có một số khía cạnh của kỹ thuật đã biết cần phải được cải thiện.

Theo một khía cạnh, các vật liệu này đòi hỏi việc bổ sung chất tạo lỗ xốp để tạo ra các lỗ xốp, sau khi hình thành các lỗ xốp, chất tạo lỗ xốp được loại bỏ tiếp, nhưng chất tạo lỗ xốp thường không thể được loại bỏ hoàn toàn, đôi khi thậm chí còn lại tương đối nhiều.

Mặt khác, các vật liệu này được tạo ra bằng cách trực tiếp tạo hình lớp màng xốp trên nền, và sự hình thành của các lỗ xốp làm giảm độ bền liên kết của lớp màng với nền, hoặc lực kết dính của lớp màng với nền là tương đối thấp, và độ xốp cao làm cho hằng số điện môi thấp hơn, nhưng độ xốp cao cũng làm cho độ bền liên kết thấp hơn, nghĩa là, tồn tại các mâu thuẫn giữa hai khía cạnh này.

Mặt khác, các vật liệu này có độ bền cơ học kém, độ bền chống ăn mòn kém, vì thế lớp màng cỡ nano dễ dàng bị hư hại trong quá trình xử lý chất bán dẫn sau đó.

Mặt khác, lớp màng được gắn chặt vào nền nhờ phản ứng của chất tạo lỗ xốp trong buồng phản ứng bằng công nghệ PECVD, nhưng trong khi hình thành, tính đồng nhất của lớp màng ở các vùng khác nhau của nền hoàn toàn không thể được

kiểm soát, và các nồng độ ở các vùng khác nhau của buồng phản ứng là khác nhau, vì thế dễ dàng tạo ra phân bố không đồng đều của lớp màng trên nền.

Mặt khác, đặc tính kỵ nước của màng cỡ nano hàng số điện môi thấp hiện có là kém, khi được lắng phủ trên bề mặt nền, trong thử nghiệm phun muối, bề mặt nền dễ bị ăn mòn, vì thế sẽ không có lợi khi sử dụng sản phẩm lâu dài, và yêu cầu về môi trường sử dụng cũng tương đối cao.

Các mô tả trên đây chỉ cung cấp thông tin cơ sở liên quan tới sáng chế và không nhất thiết tạo thành kỹ thuật đã biết.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Một ưu điểm của sáng chế là tạo ra màng hàng số điện môi thấp và phương pháp chế tạo màng này. Màng hàng số điện môi thấp bao gồm ít nhất hai kết cấu lớp, nhờ sự kết hợp của các kết cấu nhiều lớp, trị số k của màng hàng số điện môi thấp có thể được điều chỉnh, và lực liên kết và/hoặc tính chất cơ học của màng hàng số điện môi thấp có thể được cải thiện.

Một ưu điểm của sáng chế là tạo ra màng hàng số điện môi thấp và phương pháp chế tạo màng này. Theo một phương án, phương pháp lắng phủ hơi hóa học tăng cường plasma (PECVD) được sử dụng để tạo ra lớp chống ăn mòn và lớp xốp, lớp chống ăn mòn được gắn chặt vào nền để tạo ra màng hàng số điện môi (k) thấp có lực liên kết tương đối mạnh với nền, và có độ bền chống ăn mòn tốt.

Một ưu điểm của sáng chế là tạo ra màng hàng số điện môi thấp và phương pháp chế tạo màng này, trong đó trong môi trường khí trơ, vinyl monome silic hữu cơ và vinyl epoxy monome được đưa vào xử lý PECVD để tạo ra lớp chống ăn mòn.

Một ưu điểm của sáng chế là tạo ra màng hàng số điện môi thấp và phương pháp chế tạo màng này, trong đó theo một phương án, lớp chống ăn mòn là composit thu được nhờ phản ứng của epoxy alkan chứa các liên kết kép cacbon-cacbon chưa bão hòa và siloxan hoặc silan chứa các liên kết kép chưa bão hòa.

Một ưu điểm của sáng chế là tạo ra màng hàng số điện môi thấp và phương pháp chế tạo màng này, trong đó định vị lớp chống ăn mòn giữa lớp xốp và nền, sao

cho phần rỗng của lớp xốp không hoặc hầu như không ảnh hưởng đến lực liên kết giữa màng hằng số điện môi thấp và nền, và trị số k có thể được tạo ra nhỏ hơn bằng cách gia tăng độ xốp.

Một ưu điểm của sáng chế là tạo ra màng hằng số điện môi thấp và phương pháp chế tạo màng này, trong đó sử dụng phương pháp phủ màng động, vì thế màng hằng số điện môi thấp được gắn đồng đều hơn vào nền, khác biệt của lớp phủ màng ở các vị trí khác nhau của nền được giảm bớt, có thể giải quyết vấn đề về độ dày không đều gây ra bởi các nồng độ lắng phủ khác nhau ở các vùng khác nhau của nền.

Một ưu điểm của sáng chế là tạo ra màng hằng số điện môi thấp và phương pháp chế tạo màng này, trong đó trong môi trường khí đơn hoặc môi trường khí hỗn hợp của oxy, nitơ/hydro, thực hiện quy trình PECVD trong môi trường khí đơn hoặc môi trường khí hỗn hợp của silan hữu cơ, siloxan hữu cơ để tạo ra lớp xốp.

Một ưu điểm của sáng chế là tạo ra màng hằng số điện môi thấp và phương pháp chế tạo màng này, trong đó tạo ra flosilicon polyme trên lớp bề mặt để giảm hơn nữa trị số k của màng hằng số điện môi thấp.

Một ưu điểm của sáng chế là tạo ra màng hằng số điện môi thấp và phương pháp chế tạo màng này, trong đó trên lớp bề mặt, tạo ra flosilicon hữu cơ bao gồm nhóm thiom, sử dụng cấu trúc bền vững của nhóm thiom, và cải thiện tính chất cơ học của màng hằng số điện môi thấp.

Một ưu điểm của sáng chế là tạo ra màng hằng số điện môi thấp và phương pháp chế tạo màng này. Màng hằng số điện môi thấp có bề mặt với flosilicon polyme có năng lượng bề mặt thấp, có đặc tính siêu kỵ nước, và có góc tiếp xúc tĩnh lớn khi nước có trên bề mặt.

Một ưu điểm của sáng chế là tạo ra màng hằng số điện môi thấp và phương pháp chế tạo màng này. Khi màng hằng số điện môi thấp được tạo ra, màng cỡ nano silic hữu cơ và silic hữu cơ/oxy lắng phủ xen kẽ. Sau khi lớp silic hữu cơ được tạo ra, oxy được đưa vào. Phần hydrocacbon của lớp silic hữu cơ phản ứng với oxy để tạo ra mặt nhám không đều. Tiếp đó, SiOCNH được lắng phủ trên bề mặt, vì thế các lỗ xốp lớn có diện tích bề mặt riêng cao hơn được tạo thuận lợi để hình thành, và cấu

trúc xen kẽ này tạo điều kiện thuận lợi cho việc cải thiện lực kết dính của màng hằng số điện môi thấp và nền.

Một ưu điểm của sáng chế là tạo ra màng hằng số điện môi thấp và phương pháp chế tạo màng này, trong đó bằng cách điều chỉnh hàm lượng của các nhóm thơm chứa flo, có thể điều chỉnh các tính chất điện môi và các tính chất cơ học của màng hằng số điện môi thấp.

Một ưu điểm của sáng chế là tạo ra màng hằng số điện môi thấp và phương pháp chế tạo màng này. Theo một phương án, nhờ quy trình PECVD, kết cấu hai lớp bao gồm lớp xốp và lớp chứa flo được tạo ra, vì thế trong khi trị số k được giảm bớt, đặc tính kỵ nước của màng hằng số điện môi thấp được cải thiện, độ bền chống ăn mòn của nền đã lắng phủ được cải thiện.

Một ưu điểm của sáng chế là tạo ra màng hằng số điện môi thấp và phương pháp chế tạo màng này. Theo một phương án, nhờ phương pháp PECVD, kết cấu hai lớp bao gồm lớp chống ăn mòn và lớp xốp được tạo ra, để, trong khi giảm bớt trị số k, cải thiện lực liên kết và lực kết dính giữa màng hằng số điện môi thấp và nền.

Một ưu điểm của sáng chế là tạo ra màng hằng số điện môi thấp và phương pháp chế tạo màng này. Theo một phương án, bằng cách sử dụng quy trình PECVD, kết cấu ba lớp bao gồm lớp chống ăn mòn, lớp xốp và lớp chứa flo được tạo ra, nhờ cách bố trí xen kẽ của các lớp khác nhau, tính chất điện môi, tính chất cơ học và đặc tính kỵ nước của màng hằng số điện môi thấp được cải thiện toàn diện, và cách bố trí xen kẽ này là có lợi để hình thành lớp xốp có thể tích lỗ xốp lớn.

Một ưu điểm của sáng chế là tạo ra màng hằng số điện môi thấp và phương pháp chế tạo màng này, trong đó không đòi hỏi chất tạo lỗ xốp để tạo ra cấu trúc lỗ xốp, vì thế không cần ủ nhiệt độ cao để loại bỏ chất tạo lỗ xốp.

Để đạt được ít nhất một trong số các mục đích nêu trên, theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất màng hằng số điện môi thấp, bằng cách sử dụng epoxy alkan, hợp chất silic hữu cơ, và hợp chất siloxan chứa flo là nguyên liệu, được tạo ra trên bề mặt nền nhờ kỹ thuật lắng phủ hơi hóa học tăng cường plasma.

Theo ít nhất một phương án của sáng chế, màng hằng số điện môi thấp có lớp

chống ăn mòn, được làm bằng hợp chất epoxy alkan A chứa các liên kết kép chưa bão hòa và siloxan hoặc hợp chất silan B chứa các liên kết kép chưa bão hòa nhờ kỹ thuật lắng phủ hơi hóa học tăng cường plasma trên bề mặt nền.

Theo ít nhất một phương án của sáng chế, màng hằng số điện môi thấp bao gồm lớp xốp. Lớp xốp được làm bằng hợp chất C là silan hữu cơ và/hoặc siloxan hữu cơ và hợp chất E là hợp chất alkan và/hoặc hợp chất benzen nhờ kỹ thuật lắng phủ hơi hóa học tăng cường plasma.

Theo ít nhất một phương án của sáng chế, màng hằng số điện môi thấp có lớp chứa flo. Lớp chứa flo được làm bằng flosilan thơm D nhờ kỹ thuật lắng phủ hơi hóa học tăng cường plasma.

Theo ít nhất một phương án của sáng chế, màng hằng số điện môi thấp có lớp đáy được làm bằng hợp chất vinyl epoxy và hợp chất vinyl silic hữu cơ nhờ kỹ thuật lắng phủ hơi hóa học tăng cường plasma trên bề mặt nền.

Theo ít nhất một phương án của sáng chế, hợp chất A là một hoặc nhiều chất được chọn từ nhóm bao gồm: vinyl etylen oxit, glycidyl metacrylat, anlyl glycidyl ete, 1,2-epoxy 4-vinylxyclohexan, 2,3-epoxypropylđimethylvinylsilan, và 2,3-epoxypropylđiclovinylsilan.

Theo ít nhất một phương án của sáng chế, hợp chất B là một hoặc nhiều chất được chọn từ nhóm bao gồm: anlyltrimetoxysilan, vinyltriethoxysilan, trimethylvinylsilan, 3-butenyltrimethylsilan, vinyltributylketoxim silan, tetrametylđivinylđisiloxan, tetrametyltetraylvinylxycloctetrasiloxan, 1,2,2-triflovinyltriphenylsilan, dimethylmetoxyvinylsilan, và 4-styryltrimetoxysilan.

Theo ít nhất một phương án của sáng chế, hợp chất C là một hoặc nhiều chất được chọn từ nhóm bao gồm: γ -glycidylloxypropyltrimetoxysilan; D4H xycloctetrasiloxan, hexamethylxycloctetrasiloxan, tris-(trimetoxysilan) ylphenylsilan, t-butylđimethylcloctasilan, phenyletynyltrimethylsilan, biphenylvinyltrimethylsilan, octaphenylxycloctetrasiloxan, triphenylhydroxysilan, triflopropylmethylxycloctetrasiloxan, 2,2,4,4-tetrametyl-6,6,8,8-tetraphenylxycloctetrasiloxan, tetrametyltetraylvinylxycloctetrasiloxan, 3-glycidyl ete

oxypropyltriethoxysilan, tetrametylđivinyldisiloxan, tetraetyldisiloxan, hexametyldisiloxan, phenyltris (trimethylsiloxy) silan, trimethylphenylsilan, hexametyldisilazan, anyltriphenylsilan, phenyltriclosilan, phenyltriflosilan, phenyltriethoxysilan, phenyltrimethoxysilan, methylphenylđimethoxysilan, dimethoxymethylphenylsilan, 1, 3-điclotetraphenyldisiloxan, phenylvinyltrimethylsilan, naptylvinyltrimethylsilan, điphenylđihydroxysilan, octametylxcyclotetrasiloxan, hexaphenylxcyclotrisiloxan, decametylxcyclopentasiloxan, phenyltriclosilan, methylphenylđiclosilan, phenylđimethylclosilan, methylphenylxcyclotrisiloxan, trimethoxymethylsilan, triflopropylmethylxcyclotrisiloxan, tris-(triethoxysilan) ylphenylsilan, perflooctyletylpentafllophenylđimethoxysilan, và tris-(triethylsilan) ylphenylsilan.

Theo ít nhất một phương án của sáng chế, hợp chất E là một hoặc nhiều chất được chọn từ nhóm bao gồm: xyclobutan, xyclopentan, xyclohexan, benzen, toluen, và p-xylen.

Theo ít nhất một phương án của sáng chế, hợp chất D là một hoặc nhiều chất được chọn từ nhóm bao gồm: pentafllophenyltriethoxysilan, pentafllophenyltrimethoxysilan, pentafllophenyltriclosilan, pentafllophenylđimethylclosilan, perflooctyl etyl pentafllophenyl điclosilan, pentafllođiclophenylperflohexyletylsilan, perflooctylđiclophenylsilan, perflooctylđietoxyphenylsilan, perflooctyletylpentafllophenylđimethoxysilan, perflobutyletylpentafllophenylđiclosilan, và perflobutyletylpentafllophenylđimethoxysilan.

Theo ít nhất một phương án của sáng chế, trong quá trình lắng phủ hơi, khí phụ trợ được đưa vào để phản ứng, khí phụ trợ này là một hoặc nhiều chất được chọn từ nhóm bao gồm He và Ar.

Theo ít nhất một phương án của sáng chế, trong quy trình lắng phủ hơi, khí phụ trợ được đưa vào để phản ứng, khí phụ trợ này là một hoặc nhiều chất được chọn từ nhóm bao gồm nitơ/hydro, amoniac, oxy, và các chất hữu cơ hydrocacbon.

Theo ít nhất một phương án của sáng chế, giá trị hằng số điện môi của màng

hằng số điện môi thấp nằm trong khoảng từ 2,1 tới 2,2, từ 2,2 tới 2,3, từ 2,4 tới 2,5, từ 2,5 tới 2,6, hoặc từ 2,6 tới 2,7.

Theo ít nhất một phương án của sáng chế, màng hằng số điện môi thấp có môđun đàn hồi nằm trong khoảng từ 10 GPa tới 11 GPa, từ 11 GPa tới 12 GPa, từ 12 GPa tới 13 GPa, từ 23 GPa tới 24 GPa, từ 26 GPa tới 27 GPa, từ 27 GPa tới 28 GPa, từ 29 GPa tới 30 GPa, từ 31 GPa tới 32 GPa, hoặc từ 33 GPa tới 34 GPa.

Theo ít nhất một phương án của sáng chế, màng hằng số điện môi thấp có góc tiếp xúc tĩnh nằm trong khoảng từ 110° tới 115° , từ 115° tới 120° , từ 120° tới 125° , từ 125° tới 130° , từ 130° tới 135° , từ 135° tới 140° , từ 140° tới 145° , từ 145° tới 150° , hoặc từ 150° tới 155° .

Theo ít nhất một phương án của sáng chế, màng hằng số điện môi thấp có độ dày nằm trong khoảng từ 10 tới 2000 nm.

Theo một khía cạnh khác, sáng chế đề xuất màng hằng số điện môi thấp bao gồm: lớp xốp, lớp xốp này được làm bằng hợp chất C là silan hữu cơ và/hoặc siloxan hữu cơ và hợp chất E là hợp chất alkan và/hoặc hợp chất benzen nhờ kỹ thuật lắng phủ hơi hóa học tăng cường plasma; và lớp chứa flo, lớp chứa flo này được làm bằng flosilan thom D nhờ kỹ thuật lắng phủ hơi hóa học tăng cường plasma.

Theo ít nhất một phương án của sáng chế, lớp xốp của màng hằng số điện môi thấp được lắng phủ trực tiếp trên bề mặt của nền, và lớp chứa flo được lắng phủ trên bề mặt của lớp xốp.

Theo ít nhất một phương án của sáng chế, màng hằng số điện môi thấp có lớp chống ăn mòn. Lớp chống ăn mòn được làm bằng hợp chất epoxy alkan A chứa liên kết kép chưa bão hòa và siloxan hoặc hợp chất silan B chứa liên kết kép chưa bão hòa nhờ kỹ thuật lắng phủ hơi hóa học tăng cường plasma trên bề mặt nền. Lớp xốp được lắng phủ trên lớp chống ăn mòn.

Theo một khía cạnh khác, sáng chế đề xuất phương pháp chế tạo màng hằng số điện môi thấp, phương pháp này bao gồm các công đoạn:

- (A) làm lắng phủ hơi lớp chống ăn mòn trên bề mặt của nền; và
- (B) làm lắng phủ hơi lớp xốp.

Theo ít nhất một phương án của sáng chế, công đoạn (A) của phương pháp chế tạo màng hằng số điện môi thấp bao gồm:

(A1) đưa hợp chất vinyl epoxy alkan A và hợp chất vinyl silic hữu cơ B vào buồng phản ứng của thiết bị phản ứng;

(A2) đưa một khí trơ vào buồng phản ứng của thiết bị phản ứng; và

(A3) ở công suất định trước, tạo ra lớp chống ăn mòn trên bề mặt nền bằng lắng phủ nhờ phản ứng của hợp chất A và hợp chất B.

Theo ít nhất một phương án của sáng chế, công đoạn (B) của phương pháp chế tạo màng hằng số điện môi thấp bao gồm:

(B1) đưa vào hợp chất silan hữu cơ và/hoặc siloxan hữu cơ C và hợp chất alkan và/hoặc hợp chất benzen E;

(B2) đưa vào nitơ/hydro dạng khí, và/hoặc amoniac;

(B3) đưa vào oxy; và

(B4) ở công suất định trước, tạo ra lớp xốp bằng cách lắng phủ hơi nhờ phản ứng của hợp chất silan hữu cơ và/hoặc siloxan hữu cơ C và hợp chất alkan và/hoặc hợp chất benzen E.

Theo ít nhất một phương án của sáng chế, oxy được đưa vào theo cách không liên tục.

Theo ít nhất một phương án của sáng chế, phương pháp chế tạo màng hằng số điện môi thấp còn bao gồm công đoạn (C): làm lắng phủ hơi lớp chứa flo lên lớp xốp.

Theo ít nhất một phương án của sáng chế, công đoạn (C) của phương pháp chế tạo màng hằng số điện môi thấp bao gồm:

(C1) đưa vào một khí trơ;

(C2) đưa vào flosilan thơm D; và

(C3) ở công suất định trước, tạo ra lớp chứa flo bằng cách lắng phủ hơi nhờ phản ứng của flosilan thơm D.

Theo ít nhất một phương án của sáng chế, phương pháp chế tạo màng hằng số điện môi thấp còn bao gồm công đoạn làm sạch bề mặt nền.

Theo ít nhất một phương án của sáng chế, phương pháp chế tạo màng hằng số điện môi thấp còn bao gồm công đoạn điều khiển nền sao cho nền này di chuyển trong buồng phản ứng.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện lưu đồ của phương pháp chế tạo màng hằng số điện môi thấp theo một phương án của sáng chế;

Fig.2 là hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện lưu đồ của công đoạn để tạo ra lớp chống ăn mòn của màng hằng số điện môi thấp theo một phương án của sáng chế;

Fig.3 là hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện lưu đồ của công đoạn để tạo ra lớp xếp của màng hằng số điện môi thấp theo một phương án của sáng chế; và

Fig.4 là hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện lưu đồ của công đoạn để tạo ra lớp chứa flo của màng hằng số điện môi thấp theo một phương án của sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Phần mô tả sau đây sẽ bộc lộ sáng chế để cho phép người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này có thể áp dụng sáng chế. Cần lưu ý rằng các phương án ưu tiên trong phần mô tả sau đây chỉ là các ví dụ. Người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này có thể dự kiến các thay đổi hiển nhiên khác. Các nguyên lý cơ bản của sáng chế như xác định trong phần mô tả sau đây có thể được áp dụng cho các phương án, thay đổi, cải biến và thay thế cải biến khác nhau, và các giải pháp kỹ thuật khác mà không nằm ngoài tinh thần và phạm vi của sáng chế.

Người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này cần phải hiểu rằng, trong mô tả theo sáng chế, các thuật ngữ "chiều dọc", "chiều ngang", "trên", "dưới", "trước", "sau", "trái", "phải", "thẳng đứng", "nằm ngang", "trên cùng", "đáy", "bên trong", "bên ngoài" và thuật ngữ tương tự biểu thị các mối tương quan phương vị hoặc vị trí dựa trên các mối tương quan phương vị hoặc vị trí được thể hiện trên các hình vẽ. Điều này dự kiến chỉ để tạo điều kiện thuận lợi cho mô tả và đơn giản hóa việc mô tả, và không biểu thị hoặc gợi ý rằng thiết bị hoặc phần tử liên quan cần phải

có trạng thái định hướng nhất định, được cấu thành và vận hành ở trạng thái định hướng nhất định, vì thế các thuật ngữ như nêu trên không dự kiến để giới hạn sáng chế.

Cần phải hiểu rằng thuật ngữ dạng số ít được hiểu là "ít nhất một" hoặc "một hoặc nhiều", nghĩa là, theo một phương án, số lượng của một phần tử có thể là một và theo một phương án khác, số lượng của một phần tử có thể là nhiều, và thuật ngữ dạng số ít như vậy không dự kiến để giới hạn số lượng cụ thể.

Sáng chế đề xuất màng hằng số điện môi thấp và phương pháp chế tạo màng này. Màng hằng số điện môi thấp bao gồm silic, oxy và cacbon. Tốt hơn là, màng hằng số điện môi thấp bao gồm silic, oxy, cacbon và flo. Màng hằng số điện môi thấp có các lỗ xốp cỡ nano.

Màng hằng số điện môi thấp có các tính chất điện môi tốt. Màng hằng số điện môi thấp có trị số k nhỏ hơn 2,8. Ví dụ, tốt hơn là, màng hằng số điện môi thấp có trị số k nằm trong khoảng từ 1,9 tới 2,7. Ví dụ, màng hằng số điện môi thấp có trị số k nằm trong khoảng từ 2,0 tới 2,7. Ví dụ, màng hằng số điện môi thấp có trị số k nằm trong khoảng từ 2,1 tới 2,2, từ 2,2 tới 2,3, từ 2,4 tới 2,5, từ 2,5 tới 2,6, hoặc từ 2,6 tới 2,7.

Màng hằng số điện môi thấp có các tính chất cơ học tương đối tốt, mô đun đàn hồi của màng hằng số điện môi thấp là lớn hơn 10 GPa. Tốt hơn là, mô đun đàn hồi của màng hằng số điện môi thấp nằm trong khoảng từ 10 GPa tới 41 GPa. Ví dụ, mô đun đàn hồi nằm trong khoảng từ 10 GPa tới 11 GPa, từ 11 GPa tới 12 GPa, từ 12 GPa tới 13 GPa, từ 23 GPa tới 24 GPa, từ 26 GPa tới 27 GPa, từ 27 GPa tới 28 GPa, từ 29 GPa tới 30 GPa, từ 31 GPa tới 32 GPa hoặc từ 33 GPa tới 34 GPa. Độ cứng của màng hằng số điện môi thấp là lớn hơn 1,5 GPa. Tốt hơn là, độ cứng của màng hằng số điện môi thấp nằm trong khoảng từ 1,6 GPa tới 2,9 GPa. Ví dụ, độ cứng nằm trong khoảng từ 1,62 GPa tới 2,79 GPa.

Màng hằng số điện môi thấp có đặc tính kỵ nước đặc biệt tốt. Góc tiếp xúc tĩnh của nước bám dính vào màng hằng số điện môi thấp là lớn hơn 110° . Ví dụ, góc tiếp xúc tĩnh là lớn hơn 120° . Ví dụ, góc tiếp xúc tĩnh là lớn hơn 140° . Ví dụ, phạm

vi của các góc tiếp xúc tĩnh là: từ 110° tới 115° , từ 115° tới 120° , từ 120° tới 125° , từ 125° tới 130° , từ 130° tới 135° , từ 135° tới 140° , từ 140° tới 145° , từ 145° tới 150° hoặc từ 150° tới 155° hoặc từ 155° tới 160° . Như vậy, màng hằng số điện môi thấp có độ bền chống ăn mòn tốt. Ví dụ, khi màng hằng số điện môi thấp được lắng phủ trên bề mặt sắt kim loại nhờ thử nghiệm phun muối trong 90 giờ, tấm sắt không bị ăn mòn hoặc chỉ có số lượng nhỏ của các điểm ăn mòn. Tốt hơn là, theo một số phương án, màng hằng số điện môi thấp được lắng phủ trên bề mặt sắt kim loại nhờ thử nghiệm phun muối trong 96 giờ, tấm sắt không bị ăn mòn.

Màng hằng số điện môi thấp là màng cỡ nano có độ dày nằm trong khoảng từ, ví dụ, nhưng sáng chế không bị giới hạn như vậy, 10 nm tới 2000 nm.

Theo phương án này của sáng chế, màng hằng số điện môi thấp được tạo ra nhờ kỹ thuật lắng phủ hơi hóa học tăng cường plasma (PECVD) trên bề mặt nền. Nghĩa là, nguyên liệu để tạo ra màng hằng số điện môi thấp được lắng phủ nhờ quy trình PECVD trên bề mặt nền, để tạo ra trên bề mặt nền màng hằng số điện môi thấp. Ví dụ, nhưng sáng chế không bị giới hạn như vậy, màng hằng số điện môi thấp được lắng phủ trên bề mặt của bảng mạch của mạch tích hợp quy mô lớn, nhờ đó cải thiện hiện tượng trễ RC của mạch tích hợp quy mô lớn.

Phương pháp lắng phủ hơi hóa học tăng cường plasma (PECVD) tạo ra plasma nhờ phóng điện phát sáng. Phương pháp phóng điện có thể là một phương pháp được chọn từ nhóm bao gồm phóng điện vi sóng, phóng điện tần số vô tuyến, phóng điện tử ngoại, và phóng điện tia lửa điện.

Ví dụ, màng hằng số điện môi thấp sử dụng epoxy alkan, hợp chất silic hữu cơ và hợp chất siloxan chứa flo là nguyên liệu, sẽ được tạo ra bằng kỹ thuật lắng phủ hơi hóa học tăng cường plasma trên bề mặt nền.

Màng hằng số điện môi thấp có kết cấu nhiều lớp. Ví dụ, màng hằng số điện môi thấp bao gồm lớp chống ăn mòn, lớp xốp và lớp chứa flo. Lớp chống ăn mòn, lớp xốp và lớp chứa flo được tạo ra nhờ quy trình PECVD trên bề mặt nền.

Theo một phương án của sáng chế, lớp chống ăn mòn là polyme silic hữu cơ. Hơn nữa, lớp chống ăn mòn là polyme silic hữu cơ cỡ nano. Ví dụ, polyme silic hữu

cơ hoặc nguyên liệu để tạo ra polyme silic hữu cơ được lắng phủ nhờ quy trình PECVD trên bề mặt nền, để tạo ra lớp chống ăn mòn của màng hằng số điện môi thấp, hoặc lớp thứ nhất của màng hằng số điện môi thấp.

Ví dụ, lớp chống ăn mòn là composit thu được nhờ phản ứng của hợp chất epoxy alkan A có liên kết kép cacbon-cacbon chưa bão hòa với siloxan hoặc hợp chất silan B có liên kết kép chưa bão hòa.

Ví dụ, lớp chống ăn mòn có thể được tạo ra từ phản ứng của vinyl epoxy alkan và vinyl silan hữu cơ hoặc vinyl siloxan hữu cơ, với điều kiện là công suất định trước và nhiệt độ định trước của thiết bị phản ứng, bằng cách lắng phủ PECVD trên bề mặt nền. Vinyl epoxy alkan là chất hữu cơ bao gồm nhóm epoxy và liên kết kép cacbon-cacbon, và ở áp suất tiêu chuẩn có điểm sôi không cao hơn 400°C. Vinyl silan hoặc vinyl siloxan bao gồm các silan mạch thẳng, mạch vòng, các siloxan chứa các liên kết kép chưa bão hòa cacbon-cacbon, và ở áp suất tiêu chuẩn có điểm sôi không cao hơn 300°C.

Ví dụ, hợp chất A là một hoặc nhiều chất được chọn từ nhóm bao gồm: vinyl etylen oxit, glycidyl metacrylat, anlyl glycidyl ete, 1,2-epoxy 4-vinylxyclohexan, 2,3-epoxypropylđimethylvinylsilan, và 2,3-epoxypropylđiclovinsilan.

Ví dụ, hợp chất B là một hoặc nhiều chất được chọn từ nhóm bao gồm: anlyltrimetoxysilan, vinyltriethoxysilan, trimethylvinylsilan, 3-butenyltrimethylsilan, vinyltributylketoxim silan, tetrametylđivinylđisiloxan, tetrametyltetravinylxycloctetrasiloxan, 1,2,2-triflovinyltriphenylsilan, đimethylmetoxyvinylsilan, và 4-styryltrimetoxysilan.

Ví dụ, trong quá trình tạo ra lớp chống ăn mòn, cần phải đưa vào một khí phụ trợ để làm lắng phủ hơi. Khí phụ trợ được minh họa bằng, nhưng sáng chế không bị giới hạn như vậy, các khí trơ He, Ar, hoặc hỗn hợp của He và Ar.

Theo một phương án, lớp chống ăn mòn được làm bằng composit của nhựa epoxy và silic hữu cơ. Ví dụ, vật liệu nhựa epoxy và vật liệu silic hữu cơ được lắng phủ bằng quy trình PECVD trên bề mặt nền để tạo ra lớp polyme có độ bền chống ăn mòn. Ví dụ, sử dụng môi trường khí đơn hoặc môi trường khí hỗn hợp của vinyl

epoxy alkan, vinyl siloxan, vinyl silan làm nguồn phản ứng, trong môi trường plasma nhiệt độ thấp và áp suất thấp, thực hiện lắng phủ hơi để tạo ra lớp màng cỡ nano composit polyme silic hữu cơ, nghĩa là, lớp chống ăn mòn.

Theo một phương án, lớp xốp là silic hữu cơ có nhiều lỗ xốp, và độ xốp của lớp xốp điều chỉnh trị số k của màng hằng số điện môi thấp. Ví dụ, vật liệu silic hữu cơ được lắng phủ trên bề mặt nền bằng quy trình PECVD để tạo ra lớp cỡ nano bằng silic hữu cơ có cấu trúc xốp, nhờ đó tạo ra lớp xốp của màng cỡ nano hằng số điện môi thấp, theo cách khác, lớp thứ hai của màng hằng số điện môi thấp. Ví dụ, trong quá trình chuẩn bị của lớp xốp, cần phải đưa vào một khí phụ trợ để tạo ra lớp xốp, ví dụ, trong môi trường khí đơn hoặc môi trường khí hỗn hợp của nitơ/hydro, amoniac, oxy, chất hữu cơ hydrocacbon, lắng phủ hơi môi trường khí đơn hoặc môi trường khí hỗn hợp bao gồm silic hữu cơ và siloxan hữu cơ để tạo ra lớp màng cỡ nano SiOCNH xốp, nghĩa là, lớp xốp của màng hằng số điện môi thấp. Cụ thể hơn, chất hữu cơ hydrocacbon trong khí phụ trợ chủ yếu là các alkan phân nhánh, xycloalkan, hydrocacbon thơm có 12 hoặc ít hơn nguyên tử cacbon.

Theo một phương án, lớp xốp có thể được làm bằng phản ứng của hợp chất C là silan hữu cơ và/hoặc siloxan hữu cơ và hợp chất E là hợp chất alkan và/hoặc hợp chất benzen, với điều kiện là công suất định trước và nhiệt độ định trước của thiết bị phản ứng, bằng cách lắng phủ PECVD trên bề mặt của lớp chống ăn mòn. Hợp chất silic hữu cơ C có silan hoặc siloxan chuỗi phân nhánh, mạch vòng, và là chất lỏng hoặc chất khí có điểm sôi nhỏ hơn 350°C ở áp suất tiêu chuẩn.

Ví dụ, hợp chất C là một hoặc nhiều chất được chọn từ nhóm bao gồm: γ -glycidýloxypropyltrimetoxysilan; D4H xyclotetrasiloxan, hexametylxcyclotrisiloxan, tris-(trimetoxysilan) ylphenylsilan, t-butylđimetylclosilan, phenyletynyltrimetylsilan, biphenylvinyltrimetylsilan, octaphenylxcyclotetrasiloxan, triphenylhydroxysilan, triflopropylmetylxcyclotrisiloxan, 2,2,4,4-tetrametyl-6,6,8,8-tetraphenylxcyclotetrasiloxan, tetrametyltetravinylxcyclotetrasiloxan, 3-glycidýl ete oxypropyltriethoxysilan, tetrametylđivinylđisiloxan, tetraetylđisiloxan, hexametylđisiloxan, phenyltris (trimetylsiloxy) silan, trimetylphenylsilan,

hexametylđisilazan, anlyltriphenylsilan, phenyltriclosilan, phenyltriflosilan, phenyltriethoxysilan, phenyltrimethoxysilan, methylphenylđimethoxysilan, đimethoxymethylphenylsilan, 1,3-điclotetraphenylđisiloxan, phenylvinyltrimethylsilan, naptylvinyltrimethylsilan, điphenylđihydroxysilan, octametylxcycloctetrasiloxan, hexaphenylxcyclotrisiloxan, decametylxcyclopentasiloxan, phenyltriclosilan, methylphenylđiclosilan, phenylđimethylcyclosilan, methylphenylxcyclotrisiloxan, trimethoxymethylsilan, triflopropylmethylxcyclotrisiloxan, tris-(triethoxysilan) ylphenylsilan, perflooctyletylpentaflorphenylđimethoxysilan, và tris-(triethylsilan) ylphenylsilan.

Ví dụ, hợp chất E là một hoặc nhiều chất được chọn từ nhóm bao gồm: xyclobutan, xyclopentan, xyclohexan, benzen, toluen, và p-xylene.

Theo một phương án, khi chế tạo màng hằng số điện môi thấp, sau khi lắng phủ trên nền, bằng phương pháp PECVD, lớp chống ăn mòn, tiếp tục trong cùng buồng phản ứng, bằng phương pháp PECVD, để lắng phủ lớp xốp.

Theo một phương án, khi màng hằng số điện môi thấp được chế tạo, sau khi tạo ra lớp chống ăn mòn, trong môi trường khí nitơ/hydro và/hoặc amoniac, ở tần số định trước, oxy được đưa vào theo cách không liên tục, lớp xốp được tạo ra từ phản ứng của hợp chất C và hợp chất E bằng lắng phủ.

Cụ thể là, theo một phương án của sáng chế, lớp chống ăn mòn được bố trí giữa lớp xốp và nền, sao cho độ xốp của lớp xốp không hoặc hầu như không ảnh hưởng đến lực liên kết của màng hằng số điện môi thấp với nền, và trị số k có thể được tạo ra nhỏ hơn bằng cách gia tăng độ xốp.

Theo một phương án, lớp chứa flo là flosilicon polyme. Hơn nữa, lớp chứa flo là flosilic hữu cơ bao gồm nhóm thơm có hằng số điện môi thấp. Bằng cách sử dụng cấu trúc chắc chắn của nhóm thơm, các tính chất cơ học của lớp chứa flo được cải thiện. Ví dụ, theo một phương án, lớp chứa flo là flosilic hữu cơ bao gồm phenyl. Cản trở không gian của vòng benzen là tương đối lớn, vì thế độ nhám của màng hằng số điện môi thấp có thể được điều chỉnh.

Trong quá trình chuẩn bị của màng hằng số điện môi thấp, hàm lượng phenyl

chứa flo trong màng hằng số điện môi thấp có thể được thay đổi bằng cách thay đổi tỷ số giữa các lượng của silan hữu cơ thơm chứa flo và xyclosiloxan. Bằng cách điều chỉnh hàm lượng của nhóm thơm chứa flo, các tính chất điện và các tính chất cơ học của màng hằng số điện môi thấp có thể được điều chỉnh và trị số k của màng hằng số điện môi thấp có thể được giảm hơn nữa.

Theo một phương án, trong môi trường khí trơ, lớp flosilic bao gồm cấu trúc thơm, hoặc lớp thứ ba của màng hằng số điện môi thấp, được lắng phủ trên bề mặt của lớp xốp.

Theo một phương án thực hiện, lớp chứa flo được làm bằng phản ứng của flosilan thơm D, nhờ phương pháp PECVD, bằng cách lắng phủ trên bề mặt của lớp xốp. Lớp chứa flo có năng lượng bề mặt thấp và đặc tính kỵ nước đặc biệt tốt. Góc tiếp xúc tĩnh của nước trên bề mặt của lớp chứa flo là tương đối lớn. Flosilicon hữu cơ bao gồm các nhóm thơm được tạo ra trên bề mặt của màng hằng số điện môi thấp. Nhờ cấu trúc chắc chắn của các nhóm thơm, tính chất cơ học của màng hằng số điện môi thấp được cải thiện.

Ví dụ, hợp chất D là một hoặc nhiều chất được chọn từ nhóm bao gồm: pentaflorophenyltriethoxysilan, pentaflorophenyltrimethoxysilan, pentaflorophenyltrichlorosilan, pentaflorophenylđimethylchlorosilan, perfluorooctyl ethyl pentaflorophenyl đichlorosilan, pentaflorodichlorophenylperfluorohexylethylsilan, perfluorooctylđichlorophenylsilan, perfluorooctylđiethoxyphenylsilan, perfluorooctylethylpentaflorophenylđimethoxysilan, perfluorobutylethylpentaflorophenylđichlorosilan, và perfluorobutylethylpentaflorophenylđimethoxysilan.

Khi màng hằng số điện môi thấp được chế tạo, sau khi tạo ra lớp xốp, ở công suất định trước, tiếp tục đưa hợp chất D dạng khí vào cùng buồng phản ứng, để lắng phủ trong khoảng thời gian định trước, và tạo ra lớp bề mặt của màng hằng số điện môi thấp.

Theo một phương án, trên bề mặt của màng hằng số điện môi thấp nhờ kỹ thuật lắng phủ hơi hóa học tăng cường plasma, lắng phủ silan thơm chứa flo trong các lỗ của lớp phủ silic hữu cơ ba chiều dạng xốp và trên bề mặt của lớp phủ. Silan

thơm chứa flo có hằng số điện môi tương đối thấp, và cản trở không gian của vòng benzen là tương đối lớn, vì thế độ nhám của lớp phủ cỡ nano có thể được điều chỉnh. Do đó, trong quá trình chuẩn bị của màng vật liệu hằng số điện môi thấp, hàm lượng của phenyl chứa flo trong phân tử có thể được thay đổi bằng cách thay đổi tỷ lệ lượng giữa silic hữu cơ thơm chứa flo monome và xyclosiloxan. Các tính chất điện và đặc tính khác của màng vật liệu hằng số điện môi thấp được điều chỉnh bằng cách điều chỉnh hàm lượng của các nhóm thơm chứa flo trong các phân tử.

Cụ thể là, màng hằng số điện môi thấp của sáng chế là kết cấu nhiều lớp, chẳng hạn có hai hoặc ba hoặc nhiều lớp hơn. Theo một phương án của sáng chế, màng hằng số điện môi thấp là kết cấu hai lớp. Ví dụ, theo một phương án, màng hằng số điện môi thấp bao gồm lớp chống ăn mòn và lớp xốp để tạo ra kết cấu hai lớp. Khi chế tạo, trên bề mặt nền, trước hết lắng phủ hơi hóa học hợp chất A và hợp chất B để tạo ra lớp chống ăn mòn, sau đó tiếp tục lắng phủ hơi hóa học hợp chất C và hợp chất E để tạo ra lớp xốp. Lớp chống ăn mòn là lớp đáy, và lớp xốp là lớp bề mặt. Màng hằng số điện môi thấp của kết cấu hai lớp là lớp chống ăn mòn và lớp xốp, trong khi giảm bớt trị số k, điều này có thể tăng lực liên kết và lực kết dính giữa màng hằng số điện môi thấp và nền.

Ví dụ, theo một phương án, màng hằng số điện môi thấp bao gồm lớp xốp và lớp chứa flo để tạo ra kết cấu hai lớp. Khi chế tạo, trên bề mặt nền trước hết lắng phủ hơi hóa học hợp chất C và hợp chất E để tạo ra lớp xốp, sau đó tiếp tục lắng phủ hơi hóa học hợp chất D để tạo ra lớp chứa flo. Lớp xốp là lớp đáy, lớp chứa flo là lớp bề mặt. Màng hằng số điện môi thấp với kết cấu hai lớp là lớp xốp và lớp chứa flo, trong khi giảm bớt trị số k, đặc tính kỵ nước của màng hằng số điện môi thấp có thể được cải thiện, và cũng có thể cải thiện độ bền chống ăn mòn của nền đã lắng phủ.

Ví dụ, theo một phương án, màng hằng số điện môi thấp bao gồm lớp chống ăn mòn, lớp xốp và lớp chứa flo để tạo ra kết cấu ba lớp. Khi chế tạo, trên bề mặt nền trước hết lắng phủ hơi hóa học hợp chất A và hợp chất B để tạo ra lớp chống ăn mòn, sau đó tiếp tục lắng phủ hơi hóa học hợp chất C và hợp chất E để tạo ra lớp xốp, và tiếp tục lắng phủ hơi hóa học hợp chất D trên lớp xốp để tạo ra lớp chứa flo. Lớp

chống ăn mòn là lớp đáy, lớp xốp là lớp trung gian, lớp chứa flo là lớp bề mặt. Màng hàng số điện môi thấp với kết cấu ba lớp là lớp chống ăn mòn, lớp xốp và lớp chứa flo, nhờ cách bố trí xen kẽ của các lớp khác nhau, cải thiện toàn diện tính chất điện môi, tính chất cơ học và đặc tính kỵ nước của màng hàng số điện môi thấp, và cách bố trí xen kẽ được ưu tiên để tạo ra lớp xốp có thể tích lỗ xốp lớn.

Cụ thể là, cấu trúc xốp trong màng cỡ nano hàng số điện môi thấp có ảnh hưởng tương đối lớn đến sự giảm của hàng số điện môi, trong khi còn ảnh hưởng đến tính chất cơ học và đặc tính kỵ nước. Ví dụ, khi độ xốp tăng, trị số k có thể được giảm bớt đáng kể. Tuy nhiên, sự tăng độ xốp có thể cũng ảnh hưởng đến tính năng của nền nhờ suy giảm của độ bền cơ học và suy giảm của lực liên kết, và khi có nhiều lỗ xốp bề mặt, đặc tính kỵ nước được giảm bớt. Sự giảm hàng số điện môi của màng cỡ nano phụ thuộc vào tổng thể tích không khí sau khi đưa vào vật liệu xốp, bao gồm ba khía cạnh: (1) thể tích rỗng do trạng thái nạp không hoàn toàn của các đường dẫn lỗ xốp SiOCNH dạng xốp; (2) các ô trống được tạo bởi sắp xếp ngẫu nhiên của các chuỗi flosilicon; (3) thể tích tự do được tạo bởi việc bổ sung SiOCNH dạng xốp. Theo các phương án của sáng chế, màng hàng số điện môi thấp có cấu trúc hai hoặc ba lớp bao gồm lớp chống ăn mòn, lớp xốp và/hoặc lớp chứa flo để làm giảm hàng số điện môi và cân bằng giữa các tính chất cơ học và đặc tính kỵ nước.

Theo ít nhất một phương án của sáng chế, khi màng hàng số điện môi thấp được tạo ra, lắng phủ xen kẽ màng cỡ nano silic hữu cơ và silic hữu cơ/oxy, oxy được đưa vào sau khi lớp silic hữu cơ được tạo ra, phần hydrocacbon của lớp silic hữu cơ phản ứng với oxy để tạo ra mặt nhám không đều, và tiếp đó SiOCNH được lắng phủ trên bề mặt, vì thế các lỗ xốp lớn với diện tích bề mặt riêng tương đối cao được tạo thuận lợi để hình thành, và cấu trúc xen kẽ này tạo điều kiện thuận lợi cho việc cải thiện lực kết dính của màng hàng số điện môi thấp và nền.

Cấu trúc mạng ba chiều của màng hàng số điện môi thấp được tạo ra bằng cách thực hiện nhiều lần kỹ thuật lắng phủ hơi hóa học tăng cường plasma. Điều này không đòi hỏi sự hình thành của các lỗ xốp với trợ giúp của chất tạo lỗ xốp. Điều này không đòi hỏi quy trình ủ nhiệt độ cao để xử lý. Một phương án của sáng chế thực

hiện copolyme hóa monome silic hữu cơ mạch vòng với monome khối có cản trở không gian tương đối lớn. Quá trình copolyme hóa như vậy được thực hiện trong môi trường khí plasma của O_2 . Bằng cách kiểm soát lượng của O_2 , liên kết Si-O được liên kết với hydrocacbon, vì thế lớp phủ cỡ nano silic hữu cơ có hằng số điện môi thấp và có cấu trúc ba chiều có thể được tạo ra có kiểm soát.

Theo Fig.1 tới Fig.4, Fig.1 là sơ đồ khối thể hiện phương pháp chế tạo màng hằng số điện môi thấp theo một phương án của sáng chế; Fig.2 là sơ đồ khối thể hiện công đoạn để tạo ra lớp chống ăn mòn của màng hằng số điện môi thấp theo một phương án của sáng chế; Fig.3 là sơ đồ khối thể hiện công đoạn để tạo ra lớp xốp của màng hằng số điện môi thấp theo một phương án của sáng chế; và Fig.4 là sơ đồ khối thể hiện công đoạn để tạo ra lớp chứa flo của màng hằng số điện môi thấp theo một phương án của sáng chế. Màng hằng số điện môi thấp được tạo ra trong thiết bị phản ứng lắng phủ hơi hóa học tăng cường plasma, bằng cách thực hiện nhiều lần quy trình PECVD.

Theo một phương án của sáng chế, phương pháp chế tạo màng hằng số điện môi thấp bao gồm các công đoạn:

công đoạn 101: làm lắng phủ hơi lớp chống ăn mòn trên bề mặt của nền;

công đoạn 102: làm lắng phủ hơi lớp xốp; và

công đoạn 103: làm lắng phủ hơi lớp chứa flo;

trong đó trong công đoạn 101, cần phải đưa vào hợp chất vinyl epoxy A và hợp chất vinyl silic hữu cơ B để, bằng cách lắng phủ hơi, tạo ra lớp chống ăn mòn, cụ thể là, quy trình tạo ra lớp chống ăn mòn bao gồm các công đoạn:

công đoạn 1011: đưa hợp chất epoxy alkan A và siloxan hoặc hợp chất silan B vào buồng phản ứng của thiết bị phản ứng;

công đoạn 1012: đưa một khí trơ vào buồng phản ứng của thiết bị phản ứng;

công đoạn 1013: điều khiển nền;

công đoạn 1014: ở công suất định trước, tạo ra lớp chống ăn mòn trên bề mặt nền bằng lắng phủ nhờ phản ứng của hợp chất A và hợp chất B.

Trước công đoạn 101, nền có thể còn được xử lý sơ bộ, chẳng hạn bằng cách

làm sạch bề mặt nền. Cụ thể là, hoạt động xử lý sơ bộ của nền bao gồm các công đoạn:

công đoạn 1001: làm sạch bằng siêu âm nền, trong đó đặt nền vào thùng chứa chứa nước đã khử ion, làm sạch bằng siêu âm trong khoảng thời gian từ 10 tới 30 phút, sau đó lấy ra và sấy trong lò sấy; và

công đoạn 1002: rửa bề mặt nền bằng axeton, trong đó lau bề mặt bộ phận ba lần bằng gạc sạch được tẩm axeton, sau đó sấy trong lò sấy.

Trong khi làm sạch, một hoặc nhiều phương pháp như nêu trên có thể được chọn để xử lý sơ bộ, và sáng chế không bị giới hạn theo khía cạnh này.

Ví dụ, quy trình của công đoạn 101 có thể bao gồm: đặt nền với bề mặt sạch trong buồng phản ứng của thiết bị phản ứng lắng phủ hơi hóa học tăng cường plasma, sau đó liên tục hút chân không buồng phản ứng tới áp suất từ 10 tới 200 mtorr, và đưa vào khí trơ He, Ar hoặc hỗn hợp khí He và Ar, mở cơ cấu di chuyển, di chuyển nền trong buồng phản ứng, sau khi áp suất và nhiệt độ tiến đến các giá trị định trước, đưa hợp chất vinyl epoxy A và hợp chất vinyl silic hữu cơ B, điều chỉnh công suất plasma tới công suất từ 30 tới 500 W, điều chỉnh nhiệt độ của buồng phản ứng tới nhiệt độ từ 10 tới 100°C, thực hiện kỹ thuật lắng phủ hơi hóa học tăng cường plasma, sau khi phản ứng được hoàn thành, dừng đưa vào các chất phản ứng, tăng áp suất của buồng phản ứng tới áp suất khí quyển. Công đoạn 101 có thể còn được gọi là công đoạn xử lý chống ăn mòn để cho phép màng hằng số điện môi thấp có thể được liên kết chặt hơn với nền, và ngăn chặn sự ăn mòn của nền.

Cụ thể là, theo các phương án của sáng chế, trong quá trình tạo thành của màng hằng số điện môi thấp, phương pháp phủ động được sử dụng, vì thế màng hằng số điện môi thấp được bám dính đồng đều hơn vào nền, khác biệt của các màng phủ ở các vị trí khác nhau của nền được giảm bớt, vấn đề về độ dày không đều được tạo bởi các nồng độ lắng phủ khác nhau ở các vùng khác nhau của nền được giải quyết. Ví dụ, trong công đoạn 1013, nền di chuyển trong buồng phản ứng, vì thế lớp chống ăn mòn được gắn chặt đồng đều vào các vị trí khác nhau của nền. Các chế độ hoạt động của nền có thể bao gồm nhiều chế độ, chẳng hạn, nền có thể quay quanh tâm

điểm của buồng phản ứng làm điểm chuẩn hoặc trục định trước, quay quanh trục tâm của nền hoặc trục định trước, hoặc quay lần lượt quanh trục ngang và trục dọc.

Trong công đoạn 102, tốt hơn là tạo ra lớp xốp bằng cách lắng phủ hơi của hợp chất C là silan hữu cơ và/hoặc siloxan hữu cơ và hợp chất E là hợp chất alkan và/hoặc hợp chất benzen.

Cụ thể là, theo một phương án, công đoạn 102 được thực hiện sau khi công đoạn 101, nghĩa là, sau khi lớp chống ăn mòn được tạo ra, lớp xốp được tạo ra trên lớp chống ăn mòn. Tuy nhiên, theo một phương án khác, công đoạn 102 có thể cũng được thực hiện trực tiếp, nghĩa là, lớp xốp được tạo ra trực tiếp trên bề mặt nền mà không cần tạo ra trước lớp chống ăn mòn. Cụ thể là, quy trình tạo thành lớp xốp bao gồm các công đoạn:

công đoạn 1021: đưa vào hợp chất C là silan hữu cơ và/hoặc siloxan hữu cơ và hợp chất E là hợp chất alkan và/hoặc hợp chất benzen;

công đoạn 1022: đưa vào nitơ/hydro và/hoặc amoniac dạng khí;

công đoạn 1023: đưa vào oxy theo cách không liên tục; và

công đoạn 1024: ở công suất định trước, tạo ra lớp xốp bằng cách lắng phủ hơi nhờ phản ứng của hợp chất C là silan hữu cơ và/hoặc siloxan hữu cơ và hợp chất E là hợp chất alkan và/hoặc hợp chất benzen.

Ví dụ, trong công đoạn 102, quy trình tạo thành lớp xốp có thể bao gồm các công đoạn: sau khi xử lý chống ăn mòn, trong khi tiếp tục đưa hợp chất C và hợp chất E, đưa vào nitơ/hydro và/hoặc amoniac, và còn đưa vào oxy dạng khí theo cách không liên tục, ở tần suất từ 10 tới 600 giây, nghĩa là, oxy được đưa vào mỗi khoảng thời gian từ 10 tới 600 giây, thời gian phản ứng oxy nằm trong khoảng từ 10 tới 600 giây, sau khi phản ứng được hoàn thành, việc đưa vào hợp chất C và hợp chất E được dừng, nghĩa là, lớp xốp được tạo ra.

Cần lưu ý rằng, trong công đoạn 102, còn có thể có công đoạn 1013, nghĩa là, cho phép nền có thể di chuyển liên tục trong buồng phản ứng, nghĩa là, tạo thành lớp xốp ở các điều kiện động.

Cụ thể là, khí phản ứng nitơ/hydro và/hoặc amoniac được bổ sung để lắng phủ

lớp phủ cỡ nano chứa nitơ. Hàm lượng nitơ của lớp phủ cỡ nano được xác định bằng hàm lượng nitơ của monome hỗn hợp và khí hỗn hợp của nitơ/hydro và/hoặc amoniac. Lưu lượng của O_2 là một trong các yếu tố ảnh hưởng đến hàm lượng oxy của lớp phủ cỡ nano.

Khi màng hằng số điện môi thấp được tạo ra, lắng phủ xen kẽ màng cỡ nano silic hữu cơ và silic hữu cơ/oxy, oxy được đưa vào theo cách không liên tục sau khi lớp silic hữu cơ được tạo ra, phần hydrocacbon của lớp silic hữu cơ phản ứng với oxy để tạo ra mặt nhám không đều, và tiếp đó SiOCNH được lắng phủ trên bề mặt, vì thế các lỗ xốp lớn với diện tích bề mặt riêng tương đối cao được tạo thuận lợi để hình thành, và cấu trúc xen kẽ này tạo điều kiện thuận lợi cho việc cải thiện lực kết dính của màng hằng số điện môi thấp và nền.

Trong công đoạn 103, lớp chứa flo được tạo ra bằng cách lắng phủ hơi flosilan thơm D. Cụ thể là, quy trình hình thành lớp chứa flo của công đoạn 103 bao gồm các công đoạn:

công đoạn 1031: đưa vào một khí trơ;

công đoạn 1032: đưa vào flosilan thơm D; và

công đoạn 1033: ở công suất định trước, tạo ra lớp chứa flo bằng cách lắng phủ hơi nhờ phản ứng của flosilan thơm D.

Ví dụ, trong công đoạn 103, quy trình tạo thành lớp chứa flo có thể bao gồm các công đoạn: sau khi lớp xốp được tạo ra, đưa vào một khí trơ, dừng đưa vào nitơ/hydro và/hoặc amoniac, hơn nữa, đưa vào hợp chất D, điều chỉnh công suất plasma tới công suất từ 30 tới 150 W, tiếp tục phản ứng polyme hóa plasma, sau khi lắng phủ hơi trong khoảng thời gian từ 10 tới 60 phút, lấy mẫu ra, và thu được lớp phủ cỡ nano đa chức năng mong muốn, nghĩa là màng hằng số điện môi thấp.

Cụ thể là, công đoạn 103 tiếp sau công đoạn 102, nghĩa là, lớp chứa flo được tạo ra sau khi lớp xốp được tạo ra, hoặc lớp chứa flo được gắn chặt vào bề mặt của lớp xốp, nhờ đó cải thiện đáng kể đặc tính kỵ nước của màng hằng số điện môi thấp.

Cần lưu ý rằng, trong công đoạn 103, còn có thể có công đoạn 1013, nghĩa là, điều khiển nền di chuyển liên tục trong buồng phản ứng, nghĩa là, tạo thành lớp chứa

flo ở các điều kiện động.

Tiếp sau công đoạn 103, còn có thể có công đoạn ủ nhiệt độ cao. Cần lưu ý rằng theo các phương án của sáng chế, cấu trúc xốp được tạo ra mà không cần trợ giúp của chất tạo lỗ xốp, chẳng hạn norbornadien hoặc α -terpineen, và chất tương tự, vì thế không cần phải loại bỏ sau đó chất tạo lỗ xốp và quy trình ủ nhiệt độ cao là không cần thiết.

Hơn nữa, theo một số phương án của sáng chế, thể tích của buồng phản ứng hoặc buồng phản ứng phủ nằm trong khoảng từ 10 lít tới 2000 lít, theo các yêu cầu phủ và thể tích của buồng phản ứng phủ, các tham số xử lý có thể được điều chỉnh. Phạm vi công suất của phủ plasma nằm trong khoảng từ 0,01 W tới 500 W, thời gian phủ từ 30 giây tới 7200 giây, nhiệt độ khí hóa từ 30°C tới 100°C, nhiệt độ buồng phản ứng từ 20°C tới 100°C, các lưu lượng của các monome lần lượt được chọn nằm trong khoảng từ 0 tới 1000 sccm. Oxy và/hoặc N_2/H_2 , NH_3 , chất hữu cơ hydrocacbon có thể được thiết lập có lưu lượng nằm trong khoảng từ 1 tới 200 sccm, phạm vi tần suất đưa vào có thể chọn là một lần cho mỗi khoảng thời gian từ 10 giây tới 500 giây.

Các ví dụ cụ thể được minh họa dưới đây.

Ví dụ 1

Một PCB sạch được lấy, và được đặt trong thiết bị phản ứng lắng phủ hơi hóa học tăng cường plasma hoặc bộ gá của thiết bị phủ plasma. Các tham số được thiết lập theo chương trình, trong đó công suất là 100 W, thời gian phủ là 1800 giây, nhiệt độ khí hóa là 95°C, nhiệt độ buồng phản ứng là nhiệt độ trong phòng, môi trường khí là He, lưu lượng của He là 10 sccm. Các chất phản ứng A và B lần lượt là vinyl etylen oxit và trimetyl vinyl silan, và được đưa vào ở các lưu lượng lần lượt là 100 sccm và 100 sccm. Sau khi hoàn thành lắng phủ lớp đáy, việc đưa vào monome vinyl etylen oxit và trimetyl vinyl silan được dừng, He được liên tục đưa vào, và N_2 cũng được đưa vào. N_2 có lưu lượng bằng 5 sccm. Các chất phản ứng C và E lần lượt là hexametyldisiloxan và monome xyclohexan, và được đưa vào ở các lưu lượng lần lượt là 100 sccm và 100 sccm. O_2 được cấp theo cách không liên tục với tần suất là một lần cho mỗi 300 giây. Công suất được thay đổi thành 50 W, thời gian phủ là

3600 giây, nhiệt độ khí hóa là 110°C , nhiệt độ buồng phản ứng là 25°C , và lưu lượng của O_2 là 10 sccm. Sau khi thời gian phủ đã trôi qua, O_2 , N_2 được dừng cấp. Chất phản ứng D là perflooctyl điclophenyl silan được đưa vào, duy trì các tham số khác không thay đổi. Sau khi phủ, áp suất khí được tăng tới áp suất tiêu chuẩn. Mẫu được lấy ra để thu được lớp phủ cỡ nano hằng số điện môi thấp có cấu trúc xốp theo sáng chế, nghĩa là, màng hằng số điện môi thấp được tạo ra trên nền.

Ví dụ 2

Một PCB sạch được lấy, và được bố trí trong bộ gá của thiết bị phủ plasma. Các tham số được thiết lập theo chương trình, trong đó công suất là 100 W, thời gian phủ là 1800 giây, nhiệt độ khí hóa là 95°C , nhiệt độ buồng phản ứng là nhiệt độ trong phòng, môi trường khí là He, lưu lượng của He là 10 sccm. Các chất phản ứng A và B lần lượt là vinyl etylen oxit và trimetoxi vinyl silan, và được đưa vào ở các lưu lượng lần lượt là 100 sccm và 100 sccm. Sau khi hoàn thành lắng phủ lớp đáy, việc đưa vào các chất phản ứng vinyl etylen oxit và trimetyl vinyl silan được dừng, He được liên tục đưa vào, và N_2 cũng được đưa vào. N_2 có lưu lượng bằng 5 sccm. Các chất phản ứng C và E lần lượt là tris-(trimetoxysilan)ylphenylsilan và xyclobutan, và được đưa vào ở các lưu lượng lần lượt là 100 sccm và 100 sccm. O_2 được cấp theo cách không liên tục với tần suất là một lần cho mỗi 300 giây. Công suất được thay đổi thành 50 W, thời gian phủ là 3600 giây, nhiệt độ khí hóa là 110°C , nhiệt độ buồng phản ứng là 25°C , lưu lượng của O_2 là 10 sccm. Sau khi thời gian phủ đã trôi qua, O_2 , N_2 được dừng cấp. Chất phản ứng D là perflooctyl dietoxy phenyl silan được đưa vào, duy trì các tham số khác không thay đổi. Sau khi phủ, áp suất khí được tăng tới áp suất tiêu chuẩn. Mẫu được lấy ra để thu được lớp phủ cỡ nano hằng số điện môi thấp có cấu trúc xốp theo sáng chế.

Ví dụ 3

Một PCB sạch được lấy, và được bố trí trong bộ gá của thiết bị phủ plasma. Các tham số được thiết lập theo chương trình, trong đó công suất là 100 W, thời gian phủ là 1800 giây, nhiệt độ khí hóa là 95°C , nhiệt độ buồng phản ứng là nhiệt độ trong phòng, môi trường khí là He, lưu lượng của He là 10 sccm. Các chất phản ứng

A và B lần lượt là anlyl glyxidyl ete và trimetyl vinyl silan, và được đưa vào ở các lưu lượng lần lượt là 100 sccm và 100 sccm. Sau khi hoàn thành lắng phủ lớp đáy, việc đưa vào các chất phản ứng anlyl glyxidyl ete và trimetyl vinyl silan được dừng. Tiếp tục đưa vào He, và NH₃ cũng được đưa vào. NH₃ có lưu lượng bằng 100 sccm. Các chất phản ứng C và E lần lượt là tris-(triethoxysilan)yl phenylsilan và toluen, và được đưa vào ở các lưu lượng lần lượt là 100 sccm và 100 sccm. O₂ được cấp theo cách không liên tục với tần suất là một lần cho mỗi 150 giây. Công suất được thay đổi thành 50 W, thời gian phủ là 3600 giây, nhiệt độ khí hóa là 110°C, nhiệt độ buồng phản ứng là 25°C. Sau khi thời gian phủ đã trôi qua, O₂ và NH₃ được dừng cấp. Chất phản ứng D là perfluorooctyl etyl pentafluorophenyl điclosilan được đưa vào. Công suất được thay đổi thành 50 W, thời gian phủ được thay đổi thành 1800 giây. Áp suất là 100 mtorr. Nhiệt độ khí hóa là 110°C, nhiệt độ buồng phản ứng là 30°C. Lưu lượng của O₂ là 50 sccm. Sau khi phủ, áp suất khí được tăng tới áp suất tiêu chuẩn. Mẫu được lấy ra để thu được lớp phủ cỡ nano hàng số điện môi thấp có cấu trúc xốp theo sáng chế.

Ví dụ 4

Một PCB sạch được lấy, và được bố trí trong bộ gá của thiết bị phủ plasma. Các tham số được thiết lập theo chương trình, trong đó công suất là 100 W, thời gian phủ là 1800 giây, áp suất là 80 mtorr, nhiệt độ khí hóa là 95°C, nhiệt độ buồng phản ứng là nhiệt độ trong phòng, trong môi trường khí Ar, lưu lượng của Ar là 10 sccm. Các chất phản ứng A và B lần lượt là 2,3-epoxypropylđimethylvinylsilan và dimethylmethoxyvinylsilan, và được đưa vào ở các lưu lượng lần lượt là 80 sccm và 120 sccm. Sau khi hoàn thành lắng phủ lớp đáy, việc đưa vào các chất phản ứng 2,3-epoxypropylđimethylvinylsilan và dimethylmethoxyvinylsilan được dừng. Tiếp tục đưa vào Ar và các chất phản ứng C và E được đưa vào. Các chất phản ứng C và E lần lượt là tris-(triethylsilan)ylphenylsilan và xyclohexan, và được đưa vào ở các lưu lượng lần lượt là 20 sccm và 180 sccm. O₂ được cấp theo cách không liên tục với tần suất là một lần cho mỗi 150 giây. Công suất được thay đổi thành 50 W, thời gian phủ là 3600 giây, nhiệt độ khí hóa là 110°C, nhiệt độ buồng phản ứng là 25°C. Lưu lượng

của O₂ là 30 sccm. Sau khi thời gian phủ đã trôi qua, O₂ được dừng cấp. Chất phản ứng D là perfluooctyl etyl pentafluorophenyl dimethoxy silan được đưa vào. Công suất được thay đổi thành 50 W, thời gian phủ được thay đổi thành 1800 giây. Áp suất là 120 mtorr. Nhiệt độ khí hóa là 110°C, nhiệt độ buồng phản ứng là 30°C. Sau khi phủ, áp suất khí được tăng tới áp suất tiêu chuẩn. Mẫu được lấy ra để thu được lớp phủ cỡ nano hàng số điện môi thấp có cấu trúc xốp theo sáng chế.

Ví dụ 5

Một PCB sạch được lấy, và được bố trí trong bộ gá của thiết bị phủ plasma. Các tham số được thiết lập theo chương trình, trong đó công suất là 80 W, thời gian phủ là 3600 giây, áp suất là 80 mtorr, nhiệt độ khí hóa là 95°C, nhiệt độ buồng phản ứng là nhiệt độ trong phòng, trong môi trường khí Ar, lưu lượng của Ar là 20 sccm. Các chất phản ứng A và B lần lượt là 2,3-epoxypropyldimethylvinylsilan và trimethyl vinyl silan, và được đưa vào ở các lưu lượng lần lượt là 80 sccm và 120 sccm. Sau khi hoàn thành lắng phủ lớp đáy, việc đưa vào các chất phản ứng 2,3-epoxypropyldimethylvinylsilan và trimethyl vinyl silan được dừng. Tiếp tục đưa vào Ar, và N₂ và H₂ cũng được đưa vào ở các lưu lượng lần lượt là 30 sccm và 90 sccm. Các chất phản ứng C và E lần lượt là tris-(triethylsilan) ylphenylsilan và p-xylen, và được đưa vào ở các lưu lượng lần lượt là 20 sccm và 180 sccm. O₂ được cấp theo cách không liên tục với tần suất là một lần cho mỗi 120 giây. Công suất được thay đổi thành 90 W, thời gian phủ là 3600 giây, nhiệt độ khí hóa là 110°C, nhiệt độ buồng phản ứng là 50°C. Lưu lượng của O₂ là 80 sccm. Sau khi thời gian phủ đã trôi qua, O₂, N₂ và H₂ được dừng cấp. Chất phản ứng D là perfluooctyl etyl pentafluorophenyl dimethoxy silan được đưa vào. Công suất được thay đổi thành 80 W, thời gian phủ được thay đổi thành 1800 giây. Áp suất là 120 mtorr. Nhiệt độ khí hóa là 110°C, nhiệt độ buồng phản ứng là 30°C. Sau khi phủ, áp suất khí được tăng tới áp suất tiêu chuẩn. Mẫu được lấy ra để thu được lớp phủ cỡ nano hàng số điện môi thấp có cấu trúc xốp theo sáng chế.

Ví dụ 6

Một PCB sạch được lấy, và được bố trí trong bộ gá của thiết bị phủ plasma.

Các tham số được thiết lập theo chương trình, trong đó công suất là 80 W, thời gian phủ là 3600 giây, áp suất là 80 mtorr, nhiệt độ khí hóa là 95°C, nhiệt độ buồng phản ứng là nhiệt độ trong phòng, trong môi trường khí Ar, lưu lượng của Ar là 20 sccm. Các chất phản ứng A và B lần lượt là 2,3-epoxypropylđimethylvinylsilan và 4-styryltrimetoxysilan, và được đưa vào ở các lưu lượng lần lượt là 80 sccm và 120 sccm. Sau khi hoàn thành lắng phủ lớp đáy, việc đưa vào các chất phản ứng 2,3-epoxypropylđimethylvinylsilan và 4-styryltrimetoxysilan được dừng. Tiếp tục đưa vào Ar, và N₂ và H₂ cũng được đưa vào ở các lưu lượng lần lượt là 30 sccm và 90 sccm. Các chất phản ứng C và E lần lượt là tris-(triethylsilan)ylphenylsilan và xyclopentan, và được đưa vào ở các lưu lượng lần lượt là 20 sccm và 180 sccm. O₂ được cấp theo cách không liên tục với tần suất là một lần cho mỗi 100 giây. Công suất được thay đổi thành 90 W, thời gian phủ là 3600 giây, nhiệt độ khí hóa là 110°C, nhiệt độ buồng phản ứng là 50°C. Lưu lượng của O₂ là 20 sccm. Sau khi thời gian phủ đã trôi qua, O₂, N₂ và H₂ được dừng cấp. Chất phản ứng D là perflorobutyl etyl pentafluorophenyl điclosilan được đưa vào. Công suất được thay đổi thành 80 W, và thời gian phủ được thay đổi thành 1800 giây. Áp suất là 120 mtorr. Nhiệt độ khí hóa là 110°C, nhiệt độ buồng phản ứng là 30°C. Sau khi phủ, áp suất khí được tăng tới áp suất tiêu chuẩn. Mẫu được lấy ra để thu được lớp phủ cỡ nano hàng số điện môi thấp có cấu trúc xếp theo sáng chế.

Ví dụ 7

Một PCB sạch được lấy, và được bố trí trong bộ gá của thiết bị phủ plasma. Các tham số được thiết lập theo chương trình, trong đó công suất là 80 W, thời gian phủ là 3600 giây, áp suất là 80 mtorr, nhiệt độ khí hóa là 95°C, nhiệt độ buồng phản ứng là nhiệt độ trong phòng, trong môi trường khí Ar, và lưu lượng của Ar là 20 sccm. Các chất phản ứng A và B lần lượt là 2,3-epoxypropyl đicloetylen silan và tetrametyl tetravinyl xyclotetrasiloxan, và được đưa vào ở các lưu lượng lần lượt là 150 sccm và 50 sccm. Sau khi hoàn thành lắng phủ lớp đáy, việc đưa vào các chất phản ứng 2,3-epoxypropyl đicloetylen silan và tetrametyl tetravinyl xyclotetrasiloxan được dừng. Tiếp tục đưa vào Ar, và N₂ và H₂ cũng được đưa vào ở các lưu lượng lần

lượt là 30 sccm và 90 sccm. Các chất phản ứng C và E lần lượt là triflopropyl methyl xyclotrisiloxan và benzen, được đưa vào ở các lưu lượng lần lượt là 50 sccm và 150 sccm. O₂ được cấp theo cách không liên tục với tần suất là một lần cho mỗi 600 giây. Công suất được thay đổi thành 90 W, thời gian phủ là 3600 giây, nhiệt độ khí hóa là 110°C, nhiệt độ buồng phản ứng là 50°C, lưu lượng của O₂ là 60 sccm. Sau khi thời gian phủ đã trôi qua, O₂, N₂ và H₂ được dừng cấp. Chất phản ứng D là perflobutyl etyl pentaflorphenyl dimetoxysilan được đưa vào. Công suất được thay đổi thành 80 W, thời gian phủ được thay đổi thành 3600 giây. Áp suất là 100 mtorr. Nhiệt độ khí hóa là 110°C, nhiệt độ buồng phản ứng là 30°C. Sau khi phủ, áp suất khí được tăng tới áp suất tiêu chuẩn. Mẫu được lấy ra để thu được lớp phủ cỡ nano hàng số điện môi thấp có cấu trúc xốp theo sáng chế.

Ví dụ 8

Một PCB sạch được lấy, và được bố trí trong bộ gá của thiết bị phủ plasma. Các tham số được thiết lập theo chương trình, trong đó công suất là 80 W, thời gian phủ là 3600 giây, áp suất là 80 mtorr, nhiệt độ khí hóa là 95°C, nhiệt độ buồng phản ứng là nhiệt độ trong phòng, trong môi trường khí Ar, lưu lượng của Ar là 20 sccm. Các chất phản ứng A và B lần lượt là 2,3-epoxypropyl đicloetylen silan và tetrametyl tetravinyl xyclotetrasiloxan, và được đưa vào ở các lưu lượng lần lượt là 150 sccm và 50 sccm. Sau khi hoàn thành lắng phủ lớp đáy, việc đưa vào các chất phản ứng 2,3-epoxypropyl đicloetylen silan và tetrametyl tetravinyl xyclotetrasiloxan được dừng. Tiếp tục đưa vào Ar, và N₂ và H₂ cũng được đưa vào ở các lưu lượng lần lượt là 30 sccm và 90 sccm. Các chất phản ứng C và E lần lượt là tris-(trietylsilan)ylphenylsilan và xyclohexan, và được đưa vào ở các lưu lượng lần lượt là 20 sccm và 180 sccm. O₂ được cấp theo cách không liên tục với tần suất là một lần cho mỗi 180 giây. Công suất được thay đổi thành 90 W, thời gian phủ là 3600 giây, nhiệt độ khí hóa là 110°C, nhiệt độ buồng phản ứng là 50°C, lưu lượng của O₂ là 30 sccm. Sau khi thời gian phủ đã trôi qua, O₂, N₂ và H₂ được dừng cấp. Chất phản ứng D là perflooctyl etyl pentaflorphenyl dimetoxysilan được đưa vào. Công suất được thay đổi thành 80 W, thời gian phủ được thay đổi thành 1800 giây. Áp suất là 120 mtorr. Nhiệt độ khí hóa

là 110°C, nhiệt độ buồng phản ứng là 30°C. Sau khi phủ, áp suất khí được tăng tới áp suất tiêu chuẩn. Mẫu được lấy ra và sau cùng được ủ ở nhiệt độ 450°C trong 90 phút để thu được lớp phủ cỡ nano hằng số điện môi thấp có cấu trúc xốp theo sáng chế.

Ví dụ 9

Một PCB sạch được lấy, và được bố trí trong bộ gá của thiết bị phủ plasma. Các tham số được thiết lập theo chương trình, trong đó công suất là 80 W, thời gian phủ là 3600 giây, áp suất là 80 mtorr, nhiệt độ khí hóa là 95°C, nhiệt độ buồng phản ứng là nhiệt độ trong phòng, trong môi trường khí Ar, lưu lượng của Ar là 20 sccm. Các chất phản ứng A và B lần lượt là 2,3-epoxypropyl đicloetylen silan và tetrametyl tetravinyl xyclotetrasiloxan, và được đưa vào ở các lưu lượng lần lượt là 150 sccm và 50 sccm. Sau khi hoàn thành lắng phủ lớp đáy, việc đưa vào các chất phản ứng 2,3-epoxypropyl đicloetylen silan và tetrametyl tetravinyl xyclotetrasiloxan được dừng. Tiếp tục đưa vào Ar và các chất phản ứng C và E được đưa vào. Các chất phản ứng C và E lần lượt là hexametylđisilazan và xyclopentan, và được đưa vào ở các lưu lượng lần lượt là 50 sccm và 150 sccm. O₂ được cấp theo cách không liên tục với tần suất là một lần cho mỗi 150 giây. Công suất được thay đổi thành 90 W, thời gian phủ là 3600 giây, lưu lượng của O₂ là 20 sccm, nhiệt độ khí hóa là 110°C, nhiệt độ buồng phản ứng là 50°C. Sau khi thời gian phủ đã trôi qua, O₂ được dừng cấp. Chất phản ứng D là perflooctyl etyl pentaflorophenyl đimetoxy silan được đưa vào. Công suất được thay đổi thành 80 W, thời gian phủ được thay đổi thành 1800 giây. Áp suất là 100 mtorr. Nhiệt độ khí hóa là 110°C, nhiệt độ buồng phản ứng là 30°C. Sau khi phủ, áp suất khí được tăng tới áp suất tiêu chuẩn. Mẫu được lấy ra để thu được lớp phủ cỡ nano hằng số điện môi thấp có cấu trúc xốp theo sáng chế.

Ví dụ 10

So sánh với ví dụ 9, lớp chống ăn mòn không được tạo ra. Một PCB sạch được lấy, và được bố trí trong bộ gá của thiết bị phủ plasma. Ar được đưa vào, các chất phản ứng C và E là hexametylđisilazan và xyclopentan và được đưa vào trực tiếp ở các lưu lượng lần lượt là 100 sccm và 150 sccm. O₂ được cấp theo cách không liên tục với tần suất là một lần cho mỗi 150 giây. Công suất được thay đổi thành 90 W,

thời gian phủ là 3600 giây, lưu lượng của O₂ là 20 sccm, nhiệt độ khí hóa là 110°C, nhiệt độ buồng phản ứng là 50°C. Sau khi thời gian phủ đã trôi qua, O₂ được dừng cấp. Chất phản ứng D là perfluorooctyl ethyl pentafluorophenyl dimethoxysilan được đưa vào. Công suất được thay đổi thành 80 W, thời gian phủ được thay đổi thành 1800 giây. Áp suất là 100 mtorr. Nhiệt độ khí hóa là 110°C, nhiệt độ buồng phản ứng là 30°C. Sau khi phủ, áp suất khí được tăng tới áp suất tiêu chuẩn. Mẫu được lấy ra để thu được lớp phủ cỡ nano hằng số điện môi thấp có cấu trúc xốp theo sáng chế.

Hơn nữa, các tham số của các phương án như nêu trên được phát hiện.

Độ dày của lớp phủ cỡ nano được đo bằng cách sử dụng thiết bị đo độ dày màng F20-UV của American Filmetrics. Góc tiếp xúc nước của lớp phủ cỡ nano được kiểm tra theo tiêu chuẩn GB/T 30447-2013.

Hằng số điện môi được đo bằng phương pháp khuyến nghị để đo điện thẩm và hệ số tổn thất điện môi của vật liệu cách điện ở tần số nguồn điện, tần số âm thanh và tần số cao (kể cả bước sóng của sóng mét) theo tiêu chuẩn GB/T 1409-2006.

Thử nghiệm độ bền phun muối được thực hiện theo tiêu chuẩn GB/T 2423.18-2000 liên quan tới phương pháp kiểm tra môi trường sản phẩm điện và điện tử.

Môđun đàn hồi của lớp phủ cỡ nano được xác định theo đặc tả kỹ thuật của tiêu chuẩn JB/T 12721-2016 liên quan tới máy kiểm tra vết lõm/xước tại chỗ cỡ nano của vật liệu rắn.

Bảng 1: các tham số tính năng của các ví dụ 1 tới 10

Bảng 1

Các ví dụ	Độ dày (nm)	Góc tiếp xúc (°)	Hằng số điện môi	Môđun đàn hồi (Gpa)	Phun muối 96 giờ
Ví dụ 1	362	124	2,08	12,98	Không bị ăn mòn
Ví dụ 2	465	115	2,03	23,56	Không bị ăn mòn
Ví dụ 3	730	121	2,13	26,91	Không bị ăn mòn
Ví dụ 4	692	136	2,26	29,35	Không bị ăn mòn
Ví dụ 5	537	140	2,39	32,61	Không bị ăn mòn
Ví dụ 6	582	134	2,15	35,72	Không bị ăn mòn
Ví dụ 7	538	141	2,27	27,83	Không bị ăn mòn
Ví dụ 8	628	134	2,51	31,62	Không bị ăn mòn
Ví dụ 9	617	150	2,60	33,86	Không bị ăn mòn
Ví dụ 10	315	126	2,05	10,17	Xuất hiện các điểm ăn mòn

Người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này cần phải hiểu rằng, các phương án của sáng chế được bộc lộ trong mô tả trên đây và các hình vẽ kèm theo chỉ nhằm mục đích minh họa và không nhằm để giới hạn sáng chế. Mục đích của sáng chế đã được thực hiện đầy đủ và hiệu quả. Các nguyên lý về chức năng và kết cấu của sáng chế đã được thể hiện và minh họa theo các phương án, và các phương án của sáng chế có thể được thay đổi hoặc cải biến mà không nằm ngoài các nguyên lý như nêu trên.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Màng hằng số điện môi thấp được tạo ra nhờ kỹ thuật lắng phủ hơi hóa học tăng cường plasma trên bề mặt nền, và bao gồm lớp chống ăn mòn và lớp xốp, lớp chống ăn mòn được làm bằng hợp chất epoxy alkan A chứa các liên kết kép chưa bão hòa và hợp chất siloxan hoặc silan B chứa các liên kết kép chưa bão hòa nhờ kỹ thuật lắng phủ hơi hóa học tăng cường plasma trên bề mặt nền, lớp xốp được làm bằng hợp chất silan hữu cơ C và hợp chất alkan E nhờ kỹ thuật lắng phủ hơi hóa học tăng cường plasma.
2. Màng hằng số điện môi thấp theo điểm 1, trong đó hợp chất C bao gồm hợp chất siloxan hữu cơ.
3. Màng hằng số điện môi thấp theo điểm 1, trong đó hợp chất E bao gồm hợp chất benzen.
4. Màng hằng số điện môi thấp theo điểm 1, trong đó màng này bao gồm lớp chứa flo, lớp chứa flo này được làm bằng flosilan thom D nhờ kỹ thuật lắng phủ hơi hóa học tăng cường plasma.
5. Màng hằng số điện môi thấp theo điểm 1, trong đó màng này bao gồm lớp đáy được làm bằng hợp chất vinyl epoxy và hợp chất vinyl silic hữu cơ nhờ kỹ thuật lắng phủ hơi hóa học tăng cường plasma trên bề mặt nền.
6. Màng hằng số điện môi thấp theo điểm 1, trong đó hợp chất A bao gồm một hoặc nhiều chất được chọn từ nhóm bao gồm: vinyl etylen oxit, glycidyl metacrylat, anlyl glycidyl ete, 1, 2-epoxy 4-vinylxyclohexan, 2, 3-epoxypropylđimethylvinylsilan, và 2, 3-epoxypropylđiclovinylsilan.
7. Màng hằng số điện môi thấp theo điểm 1, trong đó hợp chất B bao gồm một hoặc nhiều chất được chọn từ nhóm bao gồm: anlyltrimetoxysilan, vinyltriethoxysilan, trimethylvinylsilan, 3-butenyltrimethylsilan, vinyltributylketoximsilan, tetrametylđivinylđisiloxan, tetrametyltetravinylxycloctetrasiloxan, 1,2,2-triflovinyltriphenylsilan, dimethylmetoxyvinylsilan, và 4-styryltrimetoxysilan.
8. Màng hằng số điện môi thấp theo điểm 1, trong đó hợp chất C bao gồm một hoặc nhiều chất được chọn từ nhóm bao gồm: γ -glycidylxypropyltrimetoxysilan; D4H

xycloctetrasiloxan, hexametylxycloctetrasiloxan, tris-(trimetoxysilan) ylphenylsilan, t-butylđimetylclosilan, phenyletynyltrimetylsilan, biphenylvinyltrimetylsilan, octaphenylxycloctetrasiloxan, triphenylhydroxysilan, triflopropylmetylxycloctetrasiloxan, 2,2,4,4-tetrametyl-6,6,8,8-tetraphenylxycloctetrasiloxan, tetrametyltetraylphenylxycloctetrasiloxan, 3-glycidyl ete oxypropyltriethoxysilan, tetrametylđivinyldisiloxan, tetraetyldisiloxan, hexametyldisiloxan, phenyltris (trimetylsiloxy) silan, trimetylphenylsilan, hexametyldisilazan, anlyltriphenylsilan, phenyltriclosilan, phenyltriflosilan, phenyltriethoxysilan, phenyltrimetoxysilan, metylphenylđimethoxysilan, đimethoxymetylphenylsilan, 1,3-điclotetraphenyldisiloxan, phenylvinyltrimetylsilan, naptylvinyltrimetylsilan, điphenylđihydroxysilan, octametylxycloctetrasiloxan, hexaphenylxycloctetrasiloxan, decametylxyclopentasiloxan, phenyltriclosilan, metylphenylđiclosilan, phenylđimetylclosilan, metylphenylxycloctetrasiloxan, trimetoxymetylsilan, triflopropylmetylxycloctetrasiloxan, tris-(triethoxysilan) ylphenylsilan, perflooctyletylpentaflorphenylđimethoxysilan, và tris-(trietylsilan) ylphenylsilan.

9. Màng hằng số điện môi thấp theo điểm 1, trong đó hợp chất E bao gồm một hoặc nhiều chất được chọn từ nhóm bao gồm: xyclobutan, xyclopentan, xyclohexan, benzen, toluen, và p-xylene.

10. Màng hằng số điện môi thấp theo điểm 4, trong đó hợp chất D bao gồm một hoặc nhiều chất được chọn từ nhóm bao gồm: pentaflorphenyltriethoxysilan, pentaflorphenyltrimethoxysilan, pentaflorphenyltriclosilan, pentaflorphenylđimetylclosilan, perflooctyl etyl pentaflorphenyl điclosilan, pentaflorđiclorophenyl perflohexyletylsilan, perflooctylđiclorophenyl silan, perflooctylđiethoxyphenylsilan, perflooctyletylpentaflorphenylđimethoxysilan, perflobutyletylpentaflorphenylđiclosilan, và perflobutyletylpentaflorphenylđimethoxysilan.

11. Màng hằng số điện môi thấp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 tới 10, trong đó một khí phụ trợ được đưa vào để phản ứng trong quá trình lắng phủ hơi, khí phụ

trợ này là một hoặc nhiều khí được chọn từ nhóm bao gồm He và Ar.

12. Màng hằng số điện môi thấp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 tới 10, trong đó một khí phụ trợ được đưa vào để phản ứng trong quá trình lắng phủ hơi, khí phụ trợ này là một hoặc nhiều khí được chọn từ nhóm bao gồm nitơ/hydro, amoniac, oxy, và chất hữu cơ hydrocacbon.

13. Màng hằng số điện môi thấp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 tới 10, trong đó giá trị hằng số điện môi của màng hằng số điện môi thấp nằm trong khoảng từ 2,1 tới 2,2, từ 2,2 tới 2,3, từ 2,4 tới 2,5, từ 2,5 tới 2,6, hoặc từ 2,6 tới 2,7.

14. Màng hằng số điện môi thấp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 tới 10, trong đó màng hằng số điện môi thấp này có mô đun đàn hồi nằm trong khoảng từ 10 GPa tới 11 GPa, từ 11 GPa tới 12 GPa, từ 12 GPa tới 13 GPa, từ 23 GPa tới 24 GPa, từ 26 GPa tới 27 GPa, từ 27 GPa tới 28 GPa, từ 29 GPa tới 30 GPa, từ 31 GPa tới 32 GPa, hoặc từ 33 GPa tới 34 GPa.

15. Màng hằng số điện môi thấp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 tới 10, trong đó màng hằng số điện môi thấp này có góc tiếp xúc tĩnh nằm trong khoảng từ 110° tới 115° , từ 115° tới 120° , từ 120° tới 125° , từ 125° tới 130° , từ 130° tới 135° , từ 135° tới 140° , từ 140° tới 145° , từ 145° tới 150° , hoặc từ 150° tới 155° .

16. Màng hằng số điện môi thấp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 tới 10, trong đó màng hằng số điện môi thấp này có độ dày nằm trong khoảng từ 10 nm tới 2000 nm.

17. Màng hằng số điện môi thấp bao gồm:

lớp xốp, lớp xốp được làm bằng hợp chất silan hữu cơ C và hợp chất alkan E nhờ kỹ thuật lắng phủ hơi hóa học tăng cường plasma; và

lớp chứa flo, trong đó lớp chứa flo được làm bằng flosilan thom D nhờ kỹ thuật lắng phủ hơi hóa học tăng cường plasma.

18. Màng hằng số điện môi thấp theo điểm 17, trong đó hợp chất C bao gồm hợp chất siloxan hữu cơ.

19. Màng hằng số điện môi thấp theo điểm 17, trong đó hợp chất E bao gồm hợp chất benzen.

20. Màng hằng số điện môi thấp theo điểm 17, trong đó lớp xốp được lắng phủ trực tiếp trên bề mặt của nền, và lớp chứa flo được lắng phủ trên bề mặt của lớp xốp.
21. Màng hằng số điện môi thấp theo điểm 17, trong đó màng này bao gồm lớp chống ăn mòn, lớp chống ăn mòn được làm bằng hợp chất epoxy alkan A chứa các liên kết kép chưa bão hòa và hợp chất siloxan hoặc silan B chứa các liên kết kép chưa bão hòa nhờ kỹ thuật lắng phủ hơi hóa học tăng cường plasma trên bề mặt của nền, và lớp xốp được lắng phủ lên lớp chống ăn mòn.
22. Màng hằng số điện môi thấp theo điểm 21, trong đó hợp chất A bao gồm một hoặc nhiều chất được chọn từ nhóm bao gồm: vinyl etylen oxit, glycidyl metacrylat, anlyl glycidyl ete, 1,2 epoxy 4-vinylxyclohexan, 2,3-epoxypropylđimethylvinylsilan, và 2,3-epoxypropylđiclovinsilan.
23. Màng hằng số điện môi thấp theo điểm 21, trong đó hợp chất B bao gồm một hoặc nhiều chất được chọn từ nhóm bao gồm: anlyltrimetoxysilan, vinyltriethoxysilan, trimethylvinylsilan, 3-butenyltrimethylsilan, vinyltributylketoximsilan, tetrametylđivinylđisiloxan, tetrametyltetravinylxycloctetrasiloxan, 1,2,2-triflovinyltriphenylsilan, đimethylmethoxyvinylsilan, và 4-styryltrimetoxysilan.
24. Màng hằng số điện môi thấp theo điểm 17, trong đó hợp chất C bao gồm một hoặc nhiều chất được chọn từ nhóm bao gồm: γ -glycidyl oxypropyltrimetoxysilan; D4H xycloctetrasiloxan, hexamethylxycloctetrasiloxan, tris-(trimetoxysilan) ylphenylsilan, t-butylđimethylcyclosilan, phenyletynyltrimethylsilan, biphenylvinyltrimethylsilan, octaphenylxycloctetrasiloxan, triphenylhydroxysilan, triflopropylmethylxycloctetrasiloxan, 2,2,4,4-tetrametyl-6,6,8,8-tetraphenylxycloctetrasiloxan, tetrametyltetravinylxycloctetrasiloxan, 3-glycidyl ete oxypropyltriethoxysilan, tetrametylđivinylđisiloxan, tetraetylđisiloxan, hexametylđisiloxan, phenyltris (trimethylsiloxy) silan, trimethylphenylsilan, hexametylđisilazan, anlyltriphenylsilan, phenyltricyclosilan, phenyltriflosilan, phenyltriethoxysilan, phenyltrimetoxysilan, methylphenylđimethoxy silan, đimethoxymethylphenylsilan, 1,3-đicloctetraphenylđisiloxan, phenylvinyltrimethylsilan, naptylvinyltrimethylsilan, diphenylđihydroxysilan, octamethylxycloctetrasiloxan,

hexaphenylxyclotrisiloxan, decamethylxyclopentasiloxan, phenyltriclosilan, methylphenylđiclosilan, phenylđimethylclosilan, methylphenylxyclotrisiloxan, trimetoxymethylsilan, triflopropylmethylxyclotrisiloxan, tris-(triethoxysilan) ylphenylsilan, perflooctyletylpentaflorphenylđimethoxysilan, và tris-(triethylsilan) ylphenylsilan.

25. Màng hằng số điện môi thấp theo điểm 17, trong đó hợp chất E bao gồm một hoặc nhiều chất được chọn từ nhóm bao gồm: xyclobutan, xyclopentan, xyclohexan, benzen, toluen, và p-xylene.

26. Màng hằng số điện môi thấp theo điểm 17, trong đó hợp chất D bao gồm một hoặc nhiều chất được chọn từ nhóm bao gồm: pentaflorphenyltriethoxysilan, pentaflorphenyltrimethoxysilan, pentaflorphenyltriclosilan, pentaflorphenylđimethylclosilan, perflooctyl etyl pentaflorphenyl điclosilan, pentaflorđiclorophenyl perflohexyletylsilan, perflooctylđiclorophenyl silan, perflooctylđiethoxyphenylsilan, perflooctyletylpentaflorphenylđimethoxysilan, perflobutyletylpentaflorphenylđiclosilan, và perflobutyletylpentaflorphenylđimethoxysilan.

27. Màng hằng số điện môi thấp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 17 tới 26, trong đó một khí phụ trợ được đưa vào để phản ứng trong quá trình lắng phủ hơi, khí phụ trợ này là một hoặc nhiều khí được chọn từ nhóm bao gồm He và Ar.

28. Màng hằng số điện môi thấp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 17 tới 26, trong đó một khí phụ trợ được đưa vào để phản ứng trong quá trình lắng phủ hơi, khí phụ trợ này là một hoặc nhiều khí được chọn từ nhóm bao gồm nitơ/hydro, amoniac, oxy, và chất hữu cơ hydrocacbon.

29. Màng hằng số điện môi thấp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 17 tới 26, trong đó giá trị hằng số điện môi của màng hằng số điện môi thấp nằm trong khoảng từ 2,1 tới 2,2, từ 2,2 tới 2,3, từ 2,4 tới 2,5, từ 2,5 tới 2,6, hoặc từ 2,6 tới 2,7.

30. Màng hằng số điện môi thấp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 17 tới 26, trong đó màng hằng số điện môi thấp có mô đun đàn hồi nằm trong khoảng từ 10 GPa tới 11 GPa, từ 11 GPa tới 12 GPa, từ 12 GPa tới 13 GPa, từ 23 GPa tới 24 GPa, từ 26

GPa tới 27 GPa, từ 27 GPa tới 28 GPa, từ 29 GPa tới 30 GPa, từ 31 GPa tới 32 GPa, hoặc từ 33 GPa tới 34 GPa.

31. Màng hằng số điện môi thấp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 17 tới 26, trong đó màng hằng số điện môi thấp có góc tiếp xúc tĩnh nằm trong khoảng từ 110° tới 115° , từ 115° tới 120° , từ 120° tới 125° , từ 125° tới 130° , từ 130° tới 135° , từ 135° tới 140° , từ 140° tới 145° , từ 145° tới 150° , hoặc từ 150° tới 155° .

32. Phương pháp chế tạo màng hằng số điện môi thấp, phương pháp này bao gồm các công đoạn:

(A) làm lắng phủ hơi lớp chống ăn mòn trên bề mặt của nền, lớp chống ăn mòn được làm bằng hợp chất epoxy alkan A chứa các liên kết kép chưa bão hòa và hợp chất siloxan hoặc silan B chứa các liên kết kép chưa bão hòa nhờ kỹ thuật lắng phủ hơi hóa học tăng cường plasma trên bề mặt của nền; và

(B) làm lắng phủ hơi lớp xốp, lớp xốp được làm bằng hợp chất silan hữu cơ C và hợp chất alkan E nhờ kỹ thuật lắng phủ hơi hóa học tăng cường plasma.

33. Phương pháp theo điểm 32, trong đó công đoạn (A) bao gồm:

(A1) đưa hợp chất vinyl epoxy alkan A và hợp chất vinyl silic hữu cơ B vào buồng phản ứng của thiết bị phản ứng;

(A2) đưa một khí trơ vào buồng phản ứng của thiết bị phản ứng; và

(A3) ở công suất định trước, tạo ra lớp chống ăn mòn trên bề mặt của nền bằng lắng phủ nhờ phản ứng của hợp chất A và hợp chất B.

34. Phương pháp theo điểm 32, trong đó công đoạn (B) bao gồm:

(B1) đưa vào hợp chất silan hữu cơ C và hợp chất alkan E;

(B2) đưa vào nitơ/hydro dạng khí, và/hoặc amoniac;

(B3) đưa vào oxy; và

(B4) ở công suất định trước, tạo ra lớp xốp bằng lắng phủ hơi nhờ phản ứng của hợp chất silan hữu cơ C và hợp chất alkan E.

35. Phương pháp theo điểm 34, trong đó hợp chất C bao gồm hợp chất siloxan hữu cơ.

36. Phương pháp theo điểm 34, trong đó hợp chất E bao gồm hợp chất benzen.

37. Phương pháp theo điểm 34, trong đó oxy được đưa vào không liên tục.
38. Phương pháp theo điểm 32, trong đó phương pháp này còn bao gồm công đoạn (C): làm lắng phủ hơi lớp chứa flo lên lớp xốp.
39. Phương pháp theo điểm 38, trong đó công đoạn (C) bao gồm:
- (C1) đưa một khí trơ;
 - (C2) đưa vào flosilan thơm D; và
 - (C3) ở công suất định trước, tạo ra lớp chứa flo bằng lắng phủ hơi nhờ phản ứng của flosilan thơm D.
40. Phương pháp theo điểm 32, trong đó phương pháp này còn bao gồm công đoạn: làm sạch bề mặt của nền.
41. Phương pháp theo điểm 32, trong đó phương pháp này còn bao gồm công đoạn: điều khiển nền sao cho nền này di chuyển trong buồng phản ứng.
42. Phương pháp theo điểm 33, trong đó hợp chất A bao gồm một hoặc nhiều chất được chọn từ nhóm bao gồm: vinyl etylen oxit, glycidyl metacrylat, anlyl glycidyl ete, 1,2-epoxy 4-vinylxyclohexan, 2,3-epoxypropylđimethylvinylsilan, và 2,3-epoxypropylđiclovinylsilan.
43. Phương pháp theo điểm 33, trong đó hợp chất B bao gồm một hoặc nhiều chất được chọn từ nhóm bao gồm: anlyltrimetoxysilan, vinyltriethoxysilan, trimethylvinylsilan, 3-butenyltrimethylsilan, vinyltributylketoxim silan, tetrametylđivinylđisiloxan, tetrametyltetravinylxycloctetrasiloxan, 1,2,2-triflovinyltriphenylsilan, dimethylmethoxyvinylsilan, và 4-styryltrimetoxysilan.
44. Phương pháp theo điểm 34, trong đó hợp chất C bao gồm một hoặc nhiều chất được chọn từ nhóm bao gồm: γ -glycidylxypropyltrimetoxysilan; D4H xycloctetrasiloxan, hexamethylxycloctetrasiloxan, tris-(trimetoxysilan) ylphenylsilan, t-butylđimethylcyclosilan, phenyletynyltrimethylsilan, biphenylvinyltrimethylsilan, octaphenylxycloctetrasiloxan, triphenylhydroxysilan, triflopropylmethylxycloctetrasiloxan, 2,2,4,4-tetrametyl-6,6,8,8-tetraphenylxycloctetrasiloxan, tetrametyltetravinylxycloctetrasiloxan, 3-glycidyl ete oxypropyltriethoxysilan, tetrametylđivinylđisiloxan, tetraetylđisiloxan,

hexametylđisiloxan, phenyltris (trimetylsiloxy) silan, trimetylphenylsilan, hexametylđisilazan, anlyltriphenylsilan, phenyltriclosilan, phenyltriflosilan, phenyltrietyoxysilan, phenyltrimetyoxysilan, metylphenylđimetyoxysilan, đimetyoxymetylphenylsilan, 1,3-điclotetraphenylđisiloxan, phenylvinyltrimetylsilan, naptylvinyltrimetylsilan, điphenylđihydroxysilan, octametylxcycloctetrasiloxan, hexaphenylxcycloctetrasiloxan, đecametylxcyclopentasiloxan, phenyltriclosilan, metylphenylđiclosilan, phenylđimetylclosilan, metylphenylxcycloctetrasiloxan, trimetyoxymetylsilan, triflopropylmetylxcycloctetrasiloxan, tris-(trietyoxysilan) ylphenylsilan, perflooctyletylpentađiphenylđimetyoxysilan, và tris-(trietylsilan) ylphenylsilan.

45. Phương pháp theo điểm 34, trong đó hợp chất E bao gồm một hoặc nhiều chất được chọn từ nhóm bao gồm: xyclobutan, xyclopentan, xyclohexan, benzen, toluen, và p-xilen.

46. Phương pháp theo điểm 39, trong đó hợp chất D bao gồm một hoặc nhiều chất được chọn từ nhóm bao gồm: pentađiphenyltrietyoxysilan, pentađiphenyltrimetyoxysilan, pentađiphenyltriclosilan, pentađiphenylđimetylclosilan, perflooctyl etyl pentađiphenyl điclosilan, pentađiclophenyl perflohexyletylsilan, perflooctylđiclophenyl silan, perflooctylđietyoxyphenylsilan, perflooctyletylpentađiphenylđimetyoxysilan, perflobutyletylpentađiphenylđiclosilan, và perflobutyletylpentađiphenylđimetyoxysilan.

47. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 32 tới 46, trong đó màng hằng số điện môi thấp này có giá trị hằng số điện môi nằm trong khoảng từ 2,1 tới 2,2, từ 2,2 tới 2,3, từ 2,4 tới 2,5, từ 2,5 tới 2,6, hoặc từ 2,6 tới 2,7.

48. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 32 tới 46, trong đó môđun đàn hồi của màng hằng số điện môi thấp nằm trong khoảng từ 10 GPa tới 11 GPa, từ 11 GPa tới 12 GPa, từ 12 GPa tới 13 GPa, từ 23 GPa tới 24 GPa, từ 26 GPa tới 27 GPa, từ 27 GPa tới 28 GPa, từ 29 GPa tới 30 GPa, từ 31 GPa tới 32 GPa hoặc từ 33 GPa tới 34 GPa.

49. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 32 tới 46, trong đó góc tiếp xúc tĩnh của màng hằng số điện môi thấp nằm trong khoảng từ 110° tới 115° , từ 115° tới 120° , từ 120° tới 125° , từ 125° tới 130° , từ 130° tới 135° , từ 135° tới 140° , từ 140° tới 145° , từ 145° tới 150° , hoặc từ 150° tới 155° .

50. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 32 tới 46, trong đó màng hằng số điện môi thấp này có độ dày nằm trong khoảng từ 10 tới 2000 nm.

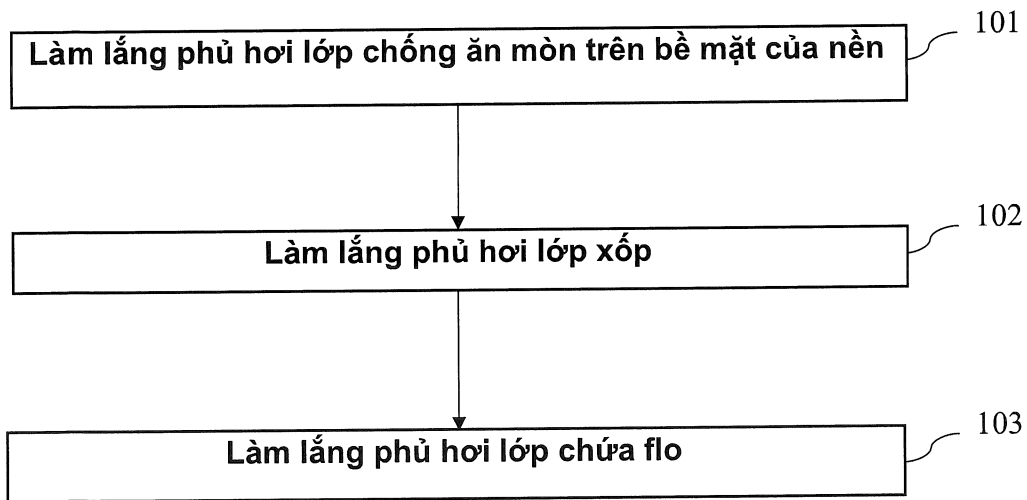


Fig.1

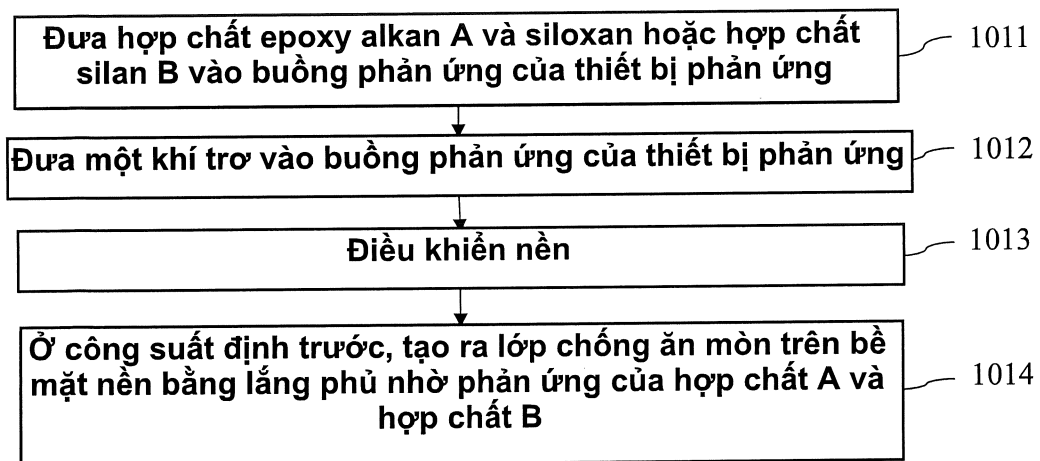


Fig.2

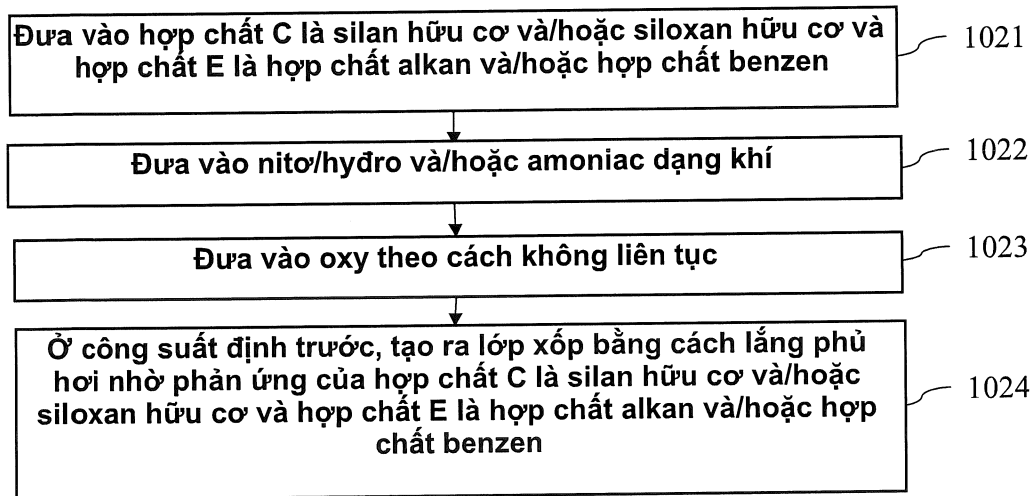


Fig.3

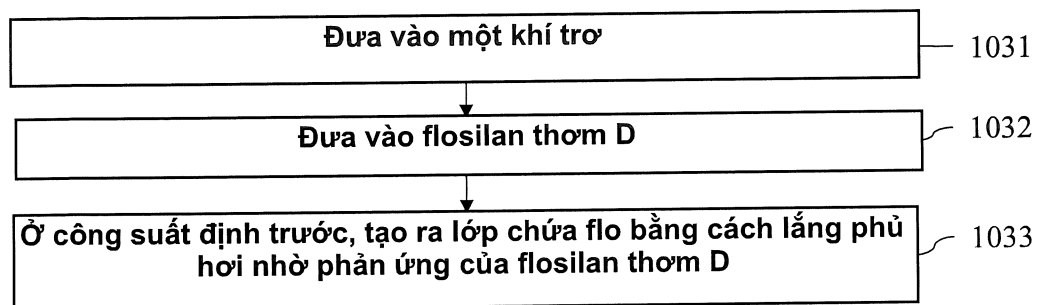


Fig.4