



(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) 
1-0023151

(51)⁷ **H01P 1/16, G02B 6/10, H01P 3/00,**
3/20, G01J 4/00, H01P 11/00, G01J 7/00,
G01N 21/77, 21/21

(13) **B**

(21) 1-2017-02473

(22) 28.04.2017

(62) 1-2017-01614

(45) 25.02.2020 383

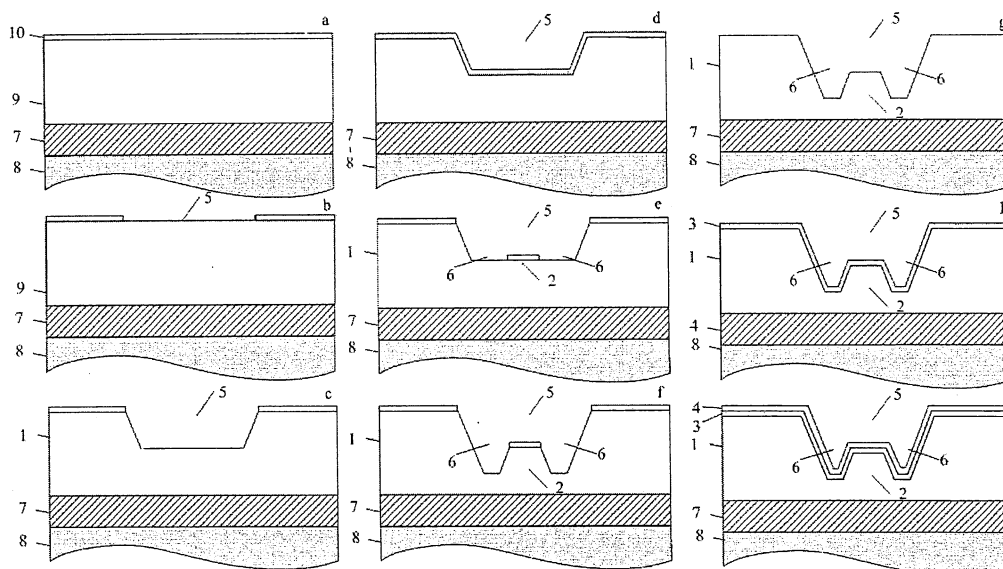
(43) 25.12.2017 357

(73) **TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI (VN)**
Số 1 Đại Cồ Việt, quận Hai Bà Trưng, thành phố Hà Nội

(72) **Chu Mạnh Hoàng (VN)**

(54) **QUY TRÌNH CHẾ TẠO KÊNH DẪN SÓNG PLASMON DẠNG KÊNH**

(57) Sáng chế đề cập đến quy trình cho chế tạo kênh dẫn sóng plasmon dạng kênh. Kênh dẫn sóng plasmon bao gồm một kênh silic, trong kênh silic này có một kênh dùng để dẫn sóng plasmon và một kênh không khí có thể dùng để dẫn chất lỏng. Kênh silic này được phủ trực tiếp một lớp kim loại hoặc qua một lớp oxit để tạo kênh dẫn sóng plasmon. Kênh silic được chế tạo bằng kỹ thuật khắc và ăn mòn dị hướng ướt silic đơn tinh thể. Lớp oxit được tạo bằng phương pháp oxy hóa hoặc lắng đọng vật lý hoặc hóa học. Lớp kim loại có thể được lắng đọng khi sử dụng phương pháp lắng đọng vật lý như phún xạ, bốc bay.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến quy trình chế tạo kênh dẫn sóng plasmon dạng kênh. Quy trình chế tạo dựa trên công nghệ ăn mòn dị hướng ướt silic đơn tinh thể. Kênh dẫn sóng plasmon được chế tạo từ công nghệ này có độ nhám bề mặt thấp so với các công nghệ chế tạo trực tiếp khác sử dụng ăn mòn khô.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Kênh dẫn sóng plasmon dạng kênh chữ V đã được báo cáo trong bài báo: "Channel plasmon subwavelength waveguide components including intrferometers and ring resonators", đăng trên tạp chí "Nature" vào năm 2006, của nhóm tác giả S. I. Bozhevolnyi, V. S. Volkov, E. Devaux, J.-Y. Laluet và T. W. Ebbesen; và trong bài báo "Nanoplasmonic waveguides: towards applications in integrated nanophotonic circuits", đăng trên tạp chí "Light: Science & Applications" vào năm 2015, của nhóm tác giả Y. Fang và M. Sun. Trong các nghiên cứu này, kênh dẫn sóng được chế tạo bằng công nghệ khắc khô sử dụng chùm tia ion tiêu cự.

Kênh dẫn sóng plasmon được chế tạo sử dụng công nghệ ăn mòn ướt đã được trình bày trong bài báo "Triangular metal wedges for subwavelength plasmon-polariton guiding at telecom wavelengths", trên tạp chí "Opt. Express" vào năm 2008, bởi nhóm tác giả A. Boltasseva, V. S. Volkov, R. B. Nielsen, E. Moreno, G. Rodrigo và S. I. Bozhevolnyi. Đây là kênh dẫn sóng dựa trên tính chất ăn mòn ướt dị hướng phiến Silic đơn tinh thể định hướng (100) truyền thống.

Vào năm 2010, một kênh dẫn sóng dạng rãnh, mặt cắt ngang có dạng hình thang dựa trên ăn mòn khô Silic đã được báo cáo trong bài báo "Design and experimental demonstration of a trapezoidal plasmonic waveguide", trên tạp chí "J. Opt.", bởi nhóm tác giả M.Y.-C Xu, J. S. Aitchison. Trong nghiên cứu kênh dẫn sóng dạng hình thang này, chiều sâu kênh và góc của vách kênh so với phương thẳng đứng được điều khiển dựa trên ăn mòn khô (ăn mòn ion phản ứng). Đối với góc kênh lớn, một dẫn trong kênh thường bị bức xạ ra ngoài. Theo nghiên cứu được báo cáo trong bài báo "Channel plasmon-polariton guiding by subwavelength metal grooves", đăng trên tạp chí "Phys. Rev. Lett.", vào năm 2005, bởi nhóm tác giả S. I. Bozhevolnyi, V. S. Volkov, E. Devaux, và T. W. Ebbesen, một plasmon trong kênh thường tồn tại trong các kênh với góc rất nhọn, thường nhỏ hơn 30° . Quá trình ăn mòn khô thường tạo ra bề mặt kênh dẫn sóng với độ nhám lớn gây ra suy hao năng lượng trong truyền dẫn sóng plasmon.

Theo nghiên cứu được báo cáo trong bài báo "Plasmonic modes in W-shaped metal-coated silicon grooves", đăng trên tạp chí "Optics Express", vào năm 2008, của nhóm tác giả D. Arbel, M. Orenstein, các mode plasmonic trong kênh silic

chữ W quay phủ kim loại đã được minh họa. Trong nghiên cứu này kênh Silic dạng chữ W đã được chế tạo dựa trên ăn mòn dị hướng ướt Silic, định hướng ứng dụng cho các linh kiện quang plasmonic tích cực dựa trên cấu trúc silic-oxit-kim loại. Tuy nhiên, kích thước một plasmon trong kênh không thể điều khiển một cách dễ dàng. Điều này xuất phát từ thiết kế chữ W và quy trình chế tạo được đề xuất. Một trong kênh chữ W gồm có một trong kênh chữ V và một ở đỉnh của kênh dạng cạnh, dạng chữ V ngược ở giữa rãnh chữ W. Đối với một trong kênh chữ V bị bức xạ lớn ra phía ngoài bởi góc rãnh chữ V là $70,5^\circ$, được tạo ra bởi tính chất ăn mòn dị hướng ướt Silic đơn tinh thể. Đối với một ở đỉnh cạnh chữ V ngược thường quyết định bởi chiều cao của kênh trong khi góc ở đỉnh là cố định ở $70,5^\circ$ bởi tính chất ăn mòn dị hướng ướt Silic đơn tinh thể. Hơn nữa việc giảm chiều cao của kênh chữ V ngược bên trong chữ W xuống để tạo thành kênh dẫn chất phân tích như trong kênh dẫn sóng plasmon dạng hình thang này đã được đăng ký ứng dụng sáng chế “Interface plasmon polariton waveguide”, số “WO2011006250 A1”, vào năm 2009 bởi nhóm tác giả J. S. Aitchison, Y. Xu, trong khi giữ nguyên góc đỉnh chữ V ở $70,5^\circ$ là không thể dựa trên quy trình chế tạo của nhóm tác giả D. Arbel, M. Orenstein. Vì vậy, các cấu trúc kênh dẫn sóng dạng kênh nhằm khắc phục các nhược điểm vừa nêu như khả năng tập trung năng lượng, điều khiển kích thước một và tạo kênh dẫn chất phân tích gần đây đã được khai báo trong ứng dụng sáng chế.

Vì vậy, trong sáng chế này chúng tôi đề xuất quy trình chế tạo các cấu trúc kênh dẫn sóng plasmon dựa trên ăn mòn dị hướng ướt Silic đơn tinh thể. Kênh dẫn sóng plasmon được chế tạo bằng quy trình này có độ suy hao truyền thấp bởi bề mặt kênh dẫn sóng có độ nhám thấp so với các quy trình chế tạo trực tiếp khác sử dụng ăn mòn khô.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là đề xuất quy trình chế tạo kênh dẫn sóng plasmon dạng kênh. Trong đó, quy trình ứng dụng ưu điểm của kỹ thuật ăn mòn ướt vật liệu Silic đơn tinh thể để chế tạo các cấu trúc kênh dẫn sóng plasmon bề mặt chất lượng cao và khả năng tập trung năng lượng sóng điện từ trong kênh khi đề xuất sử dụng một cấu trúc kênh dẫn sóng plasmon được thiết kế trong một rãnh hình thang. Công nghệ ăn mòn ướt khắc phục các nhược điểm về công nghệ ăn mòn khô đắt tiền nhưng chất lượng bề mặt có độ nhám cao gây ra suy hao truyền lớn trong kênh dẫn sóng. Đối với kênh dẫn sóng dạng kênh chữ V đã được khảo sát trong thực tế, yêu cầu góc ở đỉnh rãnh chữ V phải nhỏ hơn 70° để có thể tập trung được năng lượng trong kênh. Tuy nhiên, khi sử dụng công nghệ ăn mòn ướt để tạo kênh dẫn sóng chữ V, góc ở đỉnh luôn là cố định là $70,5^\circ$, do đó việc tập trung năng lượng sóng điện từ trong kênh là bị giới hạn. Vì vậy việc ứng dụng ưu điểm của kỹ thuật ăn mòn ướt Silic đơn tinh thể để đưa ra các cấu trúc kênh dẫn sóng plasmon đặc

biệt với các bề mặt kênh dẫn sóng có chất lượng cao, khắc phục hạn chế trong việc tập trung năng lượng trong kênh và khả năng điều khiển kích thước một truyền dẫn trong các công bố trước đây sẽ được giải quyết trong sáng chế hiện tại. Dựa trên tính chất ăn mòn dị hướng ướt của silic đơn tinh thể, các cấu trúc kênh dẫn sóng dạng kênh có một trong những dạng như sau :

Hình 1a minh họa mặt cắt ngang của kênh dẫn sóng plasmon; mặt cắt ngang kênh dẫn sóng plasmon chính (2) có dạng hình thang;

Hình 1b minh họa mặt cắt ngang của kênh dẫn sóng plasmon, trong đó kênh dẫn sóng plasmon chính (2) có dạng hình chữ nhật;

Hình 1c minh họa mặt cắt ngang của kênh dẫn sóng plasmon, trong đó kênh dẫn sóng plasmon chính (2) có dạng hình tam giác;

Để chế tạo các cấu trúc kênh dẫn sóng như vậy, sáng chế đã đưa ra các quy trình chế tạo chưa được đề xuất trước đây dựa trên tính chất ăn mòn dị hướng ướt Silic đơn tinh thể. Cấu trúc kênh hình thang và tam giác được chế tạo bằng cách ăn mòn phiến Silic đơn tinh thể định hướng (100). Cấu trúc kênh dẫn sóng hình chữ nhật được tạo ra bằng cách ăn mòn phiến Silic đơn tinh thể định hướng (110). Bên trên kênh dẫn sóng Silic đơn tinh thể sẽ được lắng đọng một lớp oxit SiO_2 bằng phương pháp lắng đọng như oxy hóa, phún xạ hoặc bốc bay. Phía trên lớp oxit SiO_2 sẽ được phủ một lớp kim loại có tích chất dẫn sóng plasmon tốt như vàng, bạc, hoặc nhôm. Các kim loại được lắng đọng sẽ phụ thuộc vào yêu cầu của ứng dụng. Kênh dẫn sóng Silic đơn tinh thể có thể phủ trực tiếp một lớp kim loại để tạo kênh dẫn sóng plasmon mà không cần lớp oxit SiO_2 ở giữa. Kênh dẫn sóng plasmon có cấu trúc kim loại/lớp oxit/silic có tính chất giam hãm sóng điện từ (trong lớp điện môi oxit) và truyền sóng xa hơn so với cấu trúc kim loại/silic. Đối với cấu trúc kênh dẫn sóng plasmon có cấu trúc kim loại/silic, trường sóng điện từ có khả năng tiếp xúc môi trường ngoài lớn hơn so với cấu trúc kênh dẫn sóng plasmon dạng kim loại/lớp oxit/silic. Vì vậy, kênh dẫn sóng plasmon có cấu trúc kim loại/silic thường được sử dụng trong các cảm biến.

Mô tả vắn tắt hình vẽ

Sáng chế sẽ được hiểu rõ hơn thông qua các phương án thực hiện của sáng chế, các phương án này được minh họa bởi các hình vẽ kèm theo, trong đó:

Hình 1 cấu trúc mặt cắt ngang các kênh dẫn sóng plasmon dạng kênh có thể được chế tạo từ công nghệ ăn mòn dị hướng ướt

Hình 2 minh họa quy trình chế tạo kênh dẫn sóng hình thang

Hình 3 minh họa quy trình chế tạo kênh dẫn sóng hình tam giác

Mô tả chi tiết sáng chế

Cấu trúc của kênh dẫn sóng plasmon bao gồm: Kênh Silic tổng thể 1 bao gồm kênh dẫn sóng plasmon chính 2, lớp oxit 3, lớp kim loại 4, kênh không khí 5 bao gồm rãnh không khí 6, lớp đế oxit 7. Kênh dẫn sóng plasmon 2 theo sáng chế là một kênh dẫn sóng plasmon dạng cạnh có phần cắt ngang dạng hình thang, hình chữ nhật hoặc tam giác. Cấu trúc kênh dẫn sóng plasmon hình thang và tam giác được tạo bằng cách ăn mòn phiến Silic đơn tinh thể định hướng (100). Cấu trúc kênh dẫn sóng plasmon hình chữ nhật được tạo ra bằng cách ăn mòn phiến Silic đơn tinh thể định hướng (110). Bên trên kênh dẫn sóng Silic sẽ được lắng đọng một lớp oxit SiO_2 bằng phương pháp lắng đọng được thiết lập trong thực tế như oxy hóa, phún xạ hoặc lắng đọng hơi hóa học. Phía trên lớp oxit SiO_2 sẽ được phủ một lớp kim loại có tích chất dẫn sóng plasmon tốt như vàng, bạc, hoặc nhôm. Các kim loại được lắng đọng sẽ phụ thuộc vào yêu cầu của ứng dụng. Kênh dẫn sóng Silic có thể phủ trực tiếp một lớp kim loại để tạo kênh dẫn sóng plasmon mà không cần lớp oxit SiO_2 ở giữa. Cấu trúc của kênh dẫn sóng plasmon có thể được chế tạo dựa trên quá trình khắc. Kích thước của kênh dẫn sóng plasmon có thể được điều khiển dựa trên việc khống chế thời gian ăn mòn và định hướng kênh dẫn sóng plasmon trong quá trình khắc.

Quy trình chế tạo kênh dẫn sóng plasmon có dạng hình thang ở đáy

Hình 2 minh họa một quy trình ví dụ cho chế tạo kênh dẫn sóng plasmon dạng kênh hình thang ở đáy dựa trên công nghệ phiến SOI định hướng (100);

Phiến SOI định hướng (100) (Hình 2a) bao gồm một đế silic 8; lớp oxit 7 và lớp silic bề mặt dùng chế tạo linh kiện 9, ở đây là kênh dẫn sóng plasmon, lớp chế tạo linh kiện này có định hướng (100); phiến SOI được lắng đọng một lớp oxit mặt nạ 10 để tạo mẫu trong quá trình ăn mòn; lớp oxit có thể được tạo bằng phương pháp phún xạ, lắng đọng hơi hóa học hoặc oxy hóa.

Phiến SOI (Hình 2b) sau khi đã được mở cửa sổ bằng phương pháp khắc như quang khắc, khắc chùm điện tử, hoặc các kỹ thuật khắc khác, để ăn mòn định hướng ướt tạo kênh 5; ở đây chiều rộng của kênh phụ thuộc vào độ rộng của kích thước cửa sổ ăn mòn được mở; độ rộng kênh này hầu như được giữ nguyên trong quá trình ăn mòn ướt tiếp sau, bởi vì tính chất ăn mòn định hướng ướt của vật liệu silic đơn tinh thể, nên tốc độ ăn mòn ngang là rất thấp so với phương thẳng đứng.

Phiến SOI (Hình 2c) sau khi đã được ăn mòn định hướng ướt tạo kênh 5; quá trình ăn mòn định hướng ướt có thể thực hiện bằng cách sử dụng dung dịch kiềm như KOH hoặc TMAH; tốc độ ăn mòn phụ thuộc vào nồng độ và nhiệt độ thực hiện ăn mòn; chiều sâu của rãnh ăn mòn được điều khiển phụ thuộc yêu cầu thiết kế và ứng dụng của kênh dẫn sóng.

Lớp Oxit mặt nạ đã được sử dụng trong quá trình ăn mòn trước được tẩy đi để lắng đọng một lớp oxit mặt nạ mới (Hình 2d) cho quá trình tạo mẫu tiếp theo; tẩy lớp oxit mặt nạ có thể được thực hiện bằng cách sử dụng dung dịch BHF; lớp oxit có thể được tạo bằng phương pháp phún xạ, lắng đọng hơi hóa học hoặc oxy hóa.

Sau khi lớp mặt nạ mới được tạo, phiên SOI được quang khắc để tạo kênh 6 và kênh dẫn sóng plasmon hình thang 2 (Hình 2e); độ rộng của kênh dẫn sóng 2 sẽ được quyết định bởi độ rộng lớp mặt nạ được khắc ở rãnh; độ rộng kênh này hầu như được giữ nguyên trong quá trình ăn mòn ướt, bởi vì tính chất ăn mòn dị hướng ướt của vật liệu silic đơn tinh thể theo phương ngang rất chậm so với phương thẳng đứng.

Sau khi quang khắc tạo kênh 6 và kênh dẫn sóng plasmon hình thang 2, phiên SOI được ăn mòn ướt để hoàn thành tạo kênh 6 và kênh dẫn sóng plasmon hình thang 2 (Hình 2f); chiều cao của kênh dẫn sóng plasmon 2 cũng như chiều sâu của rãnh 6 được điều khiển bằng cách khống chế thời gian ăn mòn.

Sau khi ăn mòn dị hướng ướt để hoàn thành tạo kênh 6 và kênh dẫn sóng plasmon hình thang 2, lớp oxit mặt nạ đã được tẩy bỏ (Hình 2g); việc tẩy lớp oxit được thực hiện bằng cách sử dụng dung dịch BHF.

Sau khi tẩy bỏ lớp oxit làm mặt nạ, lớp oxit 3 được lắng đọng (Hình 2i); lớp oxit 3 có thể được lắng đọng bằng phương pháp phún xạ, lắng đọng hơi hóa học hoặc oxy hóa.

Để hoàn thành việc chế tạo kênh dẫn sóng dạng kênh, lớp kim loại 4 có thể được lắng đọng bằng phương pháp phún xạ (Hình 2i).

Quy trình chế tạo kênh dẫn sóng plasmon dạng hình vuông ở đáy

Để chế tạo kênh dẫn sóng theo phương án 2, quy trình chế tạo được thực hiện tương tự như phương án 1, tuy nhiên kênh dẫn sóng được tạo trên phiên silic (100).

Quy trình chế tạo kênh dẫn sóng dạng hình tam giác ở đáy

Hình 3 minh họa một quy trình ví dụ cho chế tạo kênh dẫn sóng plasmon dạng kênh theo phương án 3 dựa trên công nghệ phiên SOI định hướng (100);

Quy trình chế tạo được bắt đầu bằng phiên SOI sau khi đã được ăn mòn dị hướng ướt và phủ một lớp oxit mặt nạ (hình 2d), phiên SOI này được quang khắc để tạo kênh 6 bên phải và một phần bên phải của kênh dẫn sóng plasmon hình tam giác 2 (Hình 3a);

Sau bước quang khắc ở trên, phiên SOI được tiến hành ăn mòn ướt để hoàn thành tạo kênh 6 bên phải và phần bên phải của kênh dẫn sóng plasmon hình thang 2 (Hình 3b);

Sau bước ăn mòn ướt, lớp oxit mặt nạ được tẩy bỏ và một lớp oxit mặt nạ mới được lắng đọng cho quá trình công nghệ tiếp theo (Hình 3c);

Phiến SOI với lớp oxit mặt nạ mới sẽ được quang khắc để tạo kênh 6 bên trái và phần bên phải của kênh dẫn sóng plasmon hình tam giác 2 (Hình 3d);

Sau khi quang khắc tạo kênh 6 bên trái và phần bên trái của kênh 2, quá trình ăn mòn ướt được tiến hành để hoàn thành tạo kênh 6 bên trái và phần bên trái của kênh dẫn sóng plasmon hình thang 2 (Hình 3e);

Lớp oxit mặt nạ sau đó được tẩy đi (Hình 3f) và lắng đọng một lớp oxit 3 (Hình 3g);

Kênh dẫn sóng plasmon hình tam giác cuối cùng được hoàn thành bằng cách lắng đọng một lớp kim loại 4 bằng phương pháp chẳng hạn như phún xạ (Hình 3h).

Hiệu quả kỹ thuật đạt được

Đây là một sáng chế liên quan đến quy trình chế tạo các cấu trúc kênh dẫn sóng plasmon dạng kênh. Quá trình chế tạo kênh dẫn sóng plasmon dựa trên công nghệ vi cơ khối ướt với bề mặt có độ bằng phẳng cao bởi tính chất ăn mòn dị hướng của Silic đơn tinh thể phụ thuộc vào định hướng các mặt tinh thể. Thêm vào đó, kênh dẫn sóng cho phép tích hợp kênh dẫn sóng plasmon và chất lỏng trên một chip. Đây sẽ làm cơ sở cho các ứng dụng trong việc chế tạo kênh dẫn sóng plasmon chất lỏng điều biến và các cấu trúc cảm biến quang, như cảm biến chỉ số khúc xạ, cảm biến y sinh. Kênh dẫn sóng plasmon này có thể được ứng dụng trong chế tạo các linh kiện cho mạch quang tích hợp như kênh truyền dẫn sóng quang ở tỷ lệ nano và bộ điều biến quang. Quy trình chế tạo kênh dẫn sóng plasmon có thể sản xuất từ quy mô phòng thí nghiệm đến công nghiệp. Bởi vì, quy trình được đưa ra dựa trên công nghệ vi điện tử phiến Silic đơn tinh thể đã được sử dụng thành công trong ngành công nghiệp bán dẫn sản xuất mạch tích hợp.

Yêu cầu bảo hộ

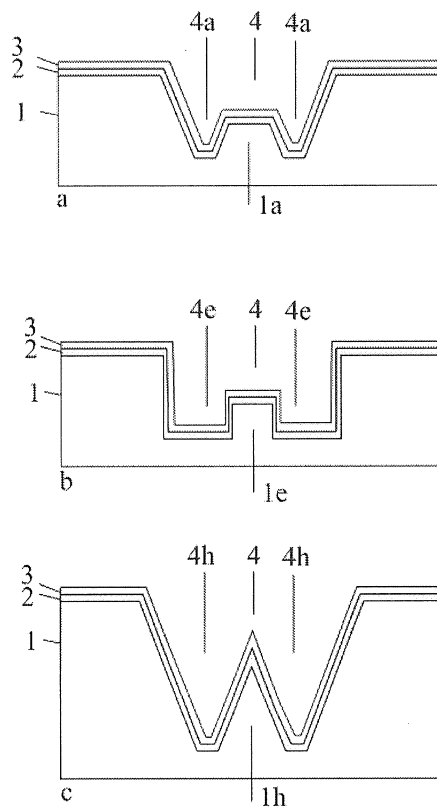
1. Quy trình chế tạo kênh dẫn sóng plasmon dạng kênh gồm các bước:
 - chuẩn bị đế là phiến silic định hướng (100) bao gồm một đế silic (8); lớp oxit (7) và lớp silic bề mặt dùng chế tạo linh kiện (9), phiến silic được lắng đọng một lớp oxit mặt nạ (10) để tạo mẫu trong quá trình ăn mòn;
 - tạo kênh: tạo các kênh không khí (6) và kênh dẫn sóng (2);
 - sau khi quang khắc tạo mẫu kênh (6) và mẫu kênh dẫn sóng plasmon (2), phiến SOI được ăn mòn dị hướng ướt để hoàn thành tạo kênh (6) và kênh dẫn sóng plasmon (2); chiều cao của kênh dẫn sóng plasmon (2) cũng như chiều sâu của rãnh (6) được điều khiển bằng cách khống chế thời gian ăn mòn;
 - sau khi ăn mòn dị hướng ướt để hoàn thành tạo kênh (6) và kênh dẫn sóng plasmon (2), lớp oxit mặt nạ (10) được tẩy đi; việc tẩy lớp oxit được tiến hành bằng cách sử dụng dung dịch chứa Flo như BHF hoặc hơi HF;
 - lắng đọng lớp oxit (3) trên bề mặt kênh;
 - lắng đọng lớp kim loại (4) bên trên lớp oxit (3); trong đó, trong bước tạo kênh, để tạo ra kênh hình thang cần có các bước cụ thể:
 - mở cửa sổ cho phiến silic định hướng (100) bằng phương pháp khắc như quang khắc, để ăn mòn dị hướng ướt tạo kênh (5);
 - ăn mòn dị hướng ướt phiến silic định hướng (100) sử dụng dung dịch kiềm như KOH;
 - tẩy đi lớp oxit mặt nạ đã được sử dụng trong quá trình ăn mòn trước để lắng đọng một lớp oxit mặt nạ mới (10) cho quá trình tạo mẫu tiếp theo; tẩy lớp oxit mặt nạ có thể được thực hiện bằng cách sử dụng dung dịch BHF hoặc hơi HF;
 - sau khi lớp mặt nạ mới được tạo, phiến SOI được quang khắc để tạo kênh (6) và kênh dẫn sóng plasmon hình thang (2); độ rộng của kênh dẫn sóng (2) sẽ được quyết định bởi độ rộng lớp mặt nạ được khắc ở rãnh.
2. Quy trình theo điểm 1, trong đó các lớp oxit có thể được tạo bằng phương pháp phún xạ, bốc bay, lắng đọng hơi hóa học hoặc oxy hóa.
3. Quy trình theo điểm 2, trong đó, để tạo ra kênh có mặt cắt ngang hình chữ nhật, kênh dẫn sóng được chế tạo trên phiến silic đơn tinh thể (110).
4. Quy trình theo điểm 2, trong đó, trong bước tạo kênh, để tạo ra kênh có mặt cắt ngang hình tam giác, cần có các bước cụ thể:
 - phiến silic đơn tinh thể định hướng (100) sau khi đã được ăn mòn dị hướng ướt và phủ một lớp oxit mặt nạ, phiến silic đơn tinh thể định hướng (100) này được quang khắc để tạo kênh (6) bên phải và một phần bên phải của kênh dẫn sóng plasmon hình tam giác (2);
 - sau bước quang khắc, phiến silic đơn tinh thể định hướng (100) được tiến hành ăn mòn ướt để hoàn thành tạo kênh (6) bên phải và phần bên phải của kênh dẫn sóng plasmon hình thang (2);

sau bước ăn mòn ướt, lớp oxit mặt nạ được tẩy bỏ và một lớp oxit mặt nạ mới được lắng đọng cho quá trình công nghệ tiếp theo;

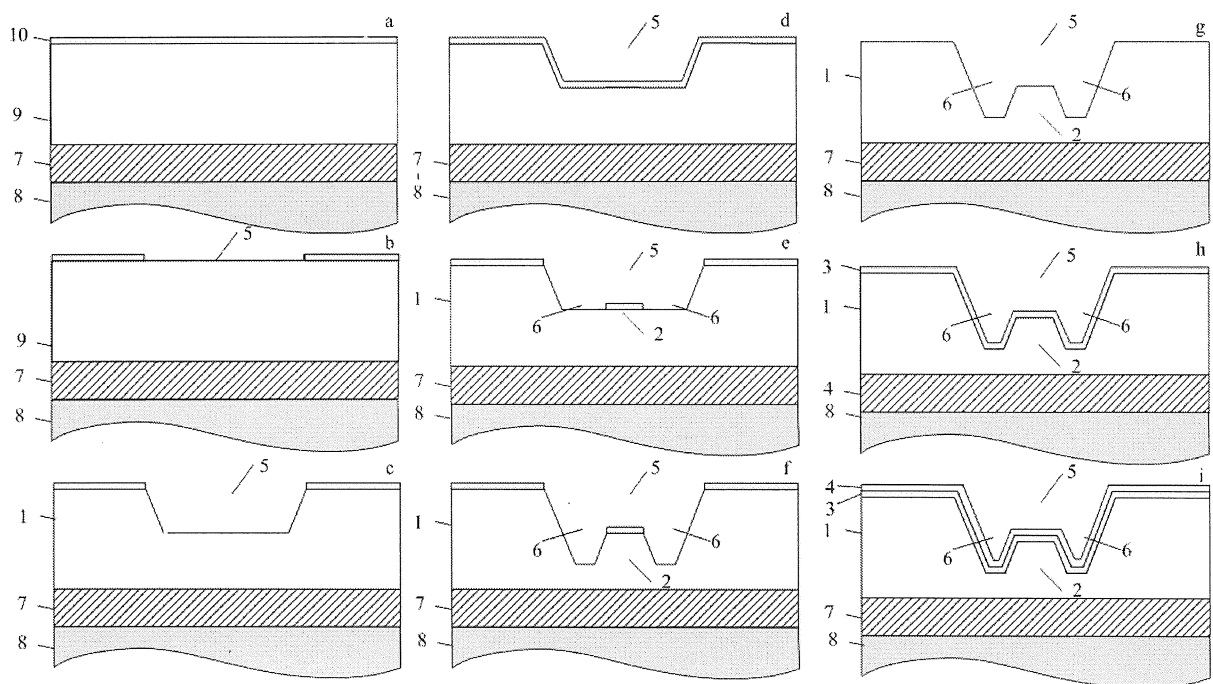
phiến silic đơn tinh thể định hướng (100) với lớp oxit mặt nạ mới sẽ được quang khắc để tạo kênh (6) bên trái và phần bên phải của kênh dẫn sóng plasmon hình tam giác (2);

sau khi quang khắc tạo kênh (6) bên trái và phần bên trái của kênh (2), quá trình ăn mòn ướt được tiến hành để hoàn thành tạo kênh (6) bên trái và phần bên trái của kênh dẫn sóng plasmon hình tam giác (2).

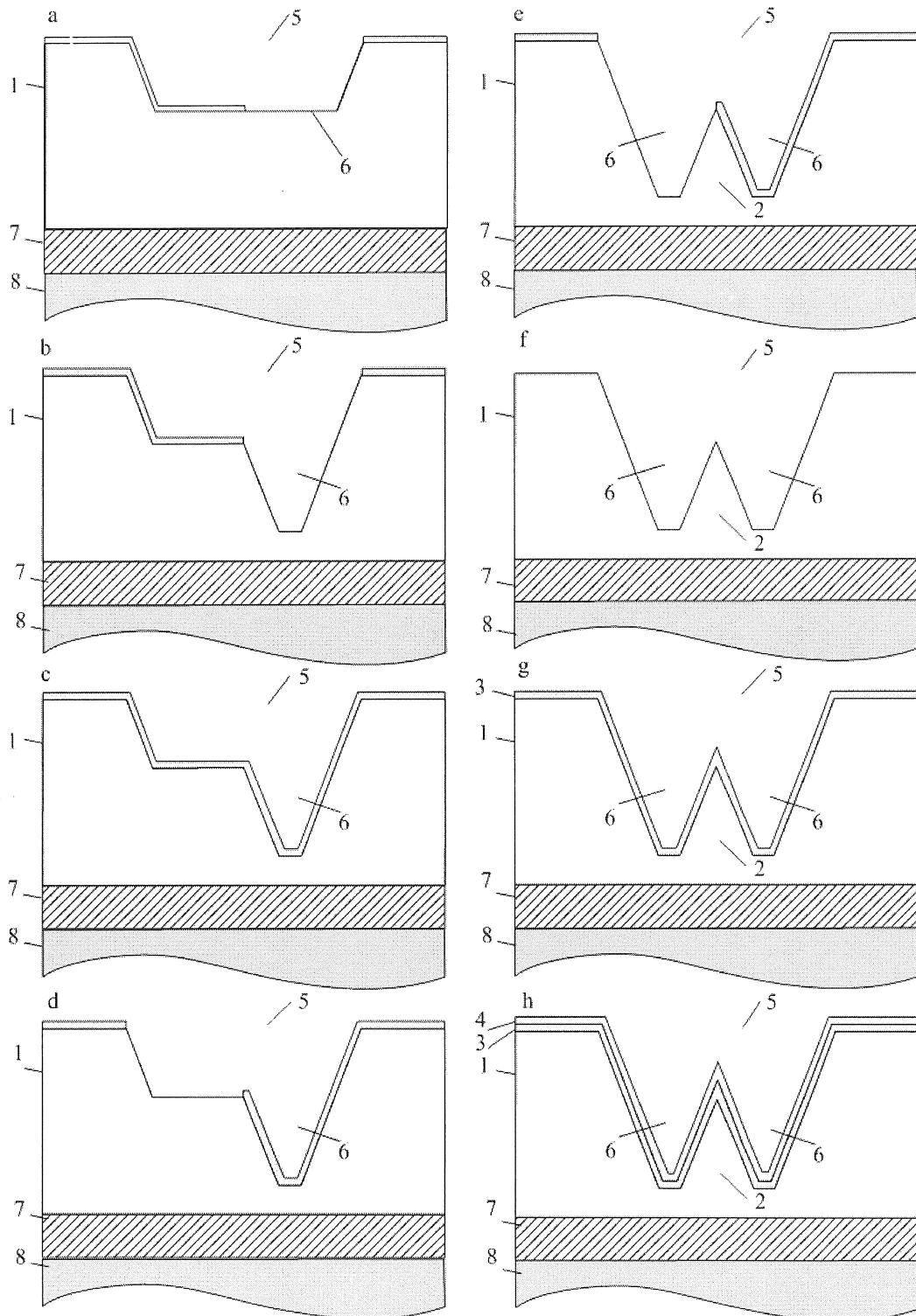
5. Quy trình theo điểm 1, lớp kim loại (4) có thể được lắng đọng trực tiếp trên bề mặt kênh mà không có lớp oxit (3) ở giữa.



Hình 1



Hình 2



Hình 3