



(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) 
1-0023007

(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) 1-2017-04969

(22) 08.12.2017

(45) 25.02.2020 383

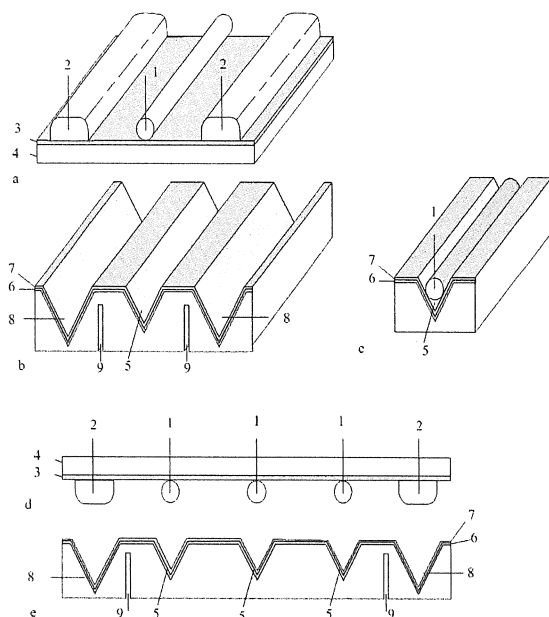
(43) 26.04.2018 361

(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) PHƯƠNG PHÁP CHẾ TẠO KÊNH DẪN SÓNG PLASMONIC LAI

(57) Sáng chế đề cập tới phương pháp cho chế tạo các kênh dẫn sóng plasmonic lai. Cấu tạo của kênh dẫn sóng plasmonic là từ kênh dẫn sóng silic tròn được định vị trong kênh chữ V. Kênh chữ V trước khi tập hợp kênh dẫn sóng silic đã được phủ một lớp kim loại và một lớp điện môi chỉ số thấp để tạo thành kênh dẫn sóng plasmonic lai. Sáng chế trình bày quy trình chế tạo các kênh dẫn sóng silic từ phương pháp xử lý nhiệt hidro và kênh chữ V được tạo ra bằng phương pháp ăn mòn ướt phiến silic định hướng. Kênh dẫn sóng silic được định vị một cách chính xác trong kênh chữ V bằng cách thiết kế dấu định vị và rãnh định vị dạng chữ V. Sáng chế này cũng cung cấp phương pháp định vị chính xác kênh dẫn sóng silic trong kênh chữ V và phương pháp để tách kênh dẫn sóng silic từ đế. Phương pháp chế tạo các chip kênh dẫn sóng đơn cũng được cung cấp. Kênh dẫn sóng plasmonic lai được chế tạo 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, laze nano, bộ điều biến quang và ứng dụng trong chế tạo các cảm biến quang. Phương pháp này có thể sản xuất hàng loạt từ quy mô phòng thí nghiệm đến công nghiệp.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến kênh dẫn sóng plasmonic lai và phương pháp chế tạo kênh dẫn sóng này từ tập hợp chính xác kênh dẫn sóng silic vào trong kênh chữ V cho ứng dụng trong các linh kiện quang.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các nghiên cứu liên quan đến kênh dẫn sóng plasmonic lai có dạng một kênh dẫn sóng điện môi được định vị trong một kênh chữ V hầu hết đang dừng lại ở nghiên cứu lý thuyết. Kênh dẫn sóng plasmonic chữ V đã được báo cáo trong bài báo tổng quan: “Gap and channeled plasmons in tapered grooves: a review”, của nhóm tác giả C. L. C. Smith, N. Stenger, A. Kristensen, N. A. Mortensen and S. I. Bozhevolnyi, đăng trên tạp chí “Nanoscale”. Trong bài báo cáo này, các kênh dẫn sóng được chế tạo bằng công nghệ ăn mòn khô bằng cách sử dụng chùm ion tụ tiêu để khắc các rãnh chữ V trong lớp kim loại. Góc ở đỉnh của các kênh chữ V có thể được điều khiển bằng điều khiển chùm tia ion ăn mòn. Kênh dẫn sóng lai được tạo ra từ kênh chữ V đã được đề xuất để tạo ra nano laze đã được báo cáo dưới dạng mô hình lý thuyết trong bài báo “Modal properties of triangular metal groove/wedge based hybrid plasmonic structures for laser actions at deep-subwavelength scale”, của nhóm tác giả Y. Bian, Z. Zheng, X. Zhao, L. Liu, Y. Su, J. Zhu, T. Zhou, đăng trên tạp chí “Optics communications”. Thêm vào đó, kênh dẫn sóng lai được tạo ra từ kênh chữ V có tính chất giam hãm tốt cao và truyền suy hao thấp đã được báo cáo trong bài báo “Highly Confined Hybrid Plasmonic Modes Guided by Nanowire-Embedded-Metal Grooves for Low-Loss Propagation at 1550 nm”, của nhóm tác giả Y. Bian, Z. Zheng, X. Zhao, Y. Su, L. Liu, J. Liu, J. Zhu, và T. Zhou, đăng trên tạp chí “IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics”. Các minh họa thực nghiệm về kênh dẫn sóng lai này hầu như chưa có. Điều này có thể xuất phát từ việc chế tạo các kênh dẫn sóng với chất lượng cao và định vị chúng một cách chính xác trong các kênh chữ V. Đối với việc chế tạo kênh dẫn sóng tròn có thể được chế tạo bằng phương pháp bottom up. Tuy nhiên định vị các kênh này trong các kênh chữ V này luôn là thách thức đối với công nghệ ở tỉ lệ nano. Một số kỹ thuật để tập hợp các dây nano này đã được giới thiệu, tuy nhiên nhưng kỹ thuật này bị giới hạn đối với sản xuất hàng loạt. Gần đây các kênh dẫn sóng silic tròn với độ nhám bề mặt thấp đã được đề xuất trong bài báo: “Thermal annealing in hydrogen for 3-D profile transformation on silicon-on-insulator and sidewall roughness reduction”, của nhóm tác giả M.C.M. Lee and M. C. Wu, đăng trên tạp chí “J. Microelectromech. Syst.”. Trong đó các kênh dẫn

sóng silic tròn được chế tạo từ các kênh dẫn sóng vuông thông qua phương pháp xử lý nhiệt hydro. Các kênh dẫn sóng silic vuông ban đầu đã được chế tạo bằng kỹ thuật quang khắc và ăn mòn khô truyền thống. Đối với kênh dẫn sóng plasmonic dạng chữ V đã được chế tạo dựa trên công nghệ ăn mòn dị hướng ướt silic đơn tinh thể định hướng (100). Ở đây kênh dẫn sóng này có độ bóng cấp nguyên tử bởi tính chất ăn mòn của silic đơn tinh thể. Kênh chữ V đã được giới thiệu để định vị chính xác giữa các kênh dẫn sóng hoặc các thành phần quang học đã được khai báo trong sáng chế “Embedded waveguide with alignment grooves and method for making same”, US20030123833 A1, bởi nhóm tác giả N. Ricks, D. Steinberg, M. Dautartas, D. Sherrer. Kênh dẫn sóng sợi quang cũng đã được tập hợp vào kênh chữ V được báo cáo trong sáng chế “Devices based on fibers engaged to substrates with grooves”, US 6,490,391, của nhóm tác giả S. Zhao, B. Pi. Trong sáng chế này kênh dẫn sóng quang với lớp vỏ phía trên được tẩy đi và đánh bóng để tạo ra kết cặp trường rìa của lõi sợi quang với môi trường bên ngoài hoặc một thành phần quang học khác. Như vậy, một quy trình chế tạo kênh dẫn sóng plasmonic lai với độ chính xác cao và khả năng sản xuất hàng loạt vẫn chưa được đề xuất. Các kênh dẫn sóng được chế tạo từ vật liệu silic đơn tinh thể và các kênh định vị chữ V trên cơ sở dựa trên công nghệ vi cơ điện tử vẫn chưa được đề xuất.

Như vậy có một nhu cầu để chế tạo kênh dẫn sóng plasmonic lai với tính chất dẫn sóng plasmonic suy hao thấp từ kênh dẫn sóng quang silic với độ ráp bề mặt thấp và kênh dạng chữ V với độ mập mô ở tỷ lệ nguyên tử được chế tạo từ tính chất ăn mòn dị hướng silic đơn tinh thể phiến silic định hướng (100).

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là đề xuất một phương pháp để chế tạo kênh dẫn sóng plasmonic lai để có thể ứng dụng các kết quả nghiên cứu lý thuyết vào thực tiễn và khắc phục các quá trình tập hợp phức tạp và khả năng chế tạo hàng loạt hiệu suất thấp trước đây. Để đạt được mục đích nêu trên, quá trình tập hợp kênh dẫn sóng điện môi chỉ số cao có dạng hình tròn được chế tạo trên đế thứ nhất trong một kênh chữ V được phủ một lớp điện môi chỉ số thấp trên một lớp kim loại trên đế thứ 2 để tạo thành kênh plasmonic lai được đề xuất. Quá trình tạo thành kênh điện môi chỉ số cao có dạng hình tròn và kênh chữ V để phủ lớp kim loại và lớp điện môi chỉ số thấp sẽ được đề xuất có thể dựa trên công nghệ vi cơ điện tử. Để tập hợp chính xác kênh dẫn sóng điện môi chỉ số cao có dạng hình tròn vào trong kênh chữ V phủ lớp kim loại và lớp điện môi chỉ số thấp, các dấu định vị (so mask) được tạo ra trong đế thứ nhất và đế thứ 2 và được chế tạo đồng thời với kênh dẫn sóng điện môi chỉ số cao và kênh chữ V phủ lớp kim loại và lớp điện môi chỉ số thấp. Đặc trưng quang của kênh dẫn sóng plasmonic lai phụ thuộc vào kích thước,

vật liệu của kênh điện môi chỉ số cao, chiều dày và loại vật liệu lớp kim loại và điện môi chỉ số thấp.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

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

Hình 1 minh họa cấu trúc 3 chiều tổng quát quá trình tạo kênh dẫn sóng plasmonic lai;

Hình 1a minh họa cấu trúc 3 chiều để chứa kênh dẫn sóng điện môi chỉ số cao 1, dấu định vị (chốt định vị) 2, lớp điện môi 3 và một lớp đế 4;

Hình 1b minh họa cấu trúc 3 chiều để bao gồm kênh chữ V 5 cấu tạo nên kênh dẫn sóng lai, lớp kim loại 6, lớp điện môi chỉ số thấp 7, rãnh định vị chữ V 8, và rãnh phân tách chip kênh dẫn sóng plasmonic lai 9;

Hình 1c minh họa phần cấu trúc kênh dẫn sóng plasmonic lai sau khi đã được tập hợp thành công từ đế chứa kênh dẫn sóng silic trong hình 1a và để chứa rãnh chữ V trong hình 1b, trước khi phủ lớp bảo vệ;

Hình 1d và hình 1e minh họa cấu trúc dạng mảng đa kênh dẫn sóng plasmonic lai trước khi được tập hợp;

Hình 2 minh họa quy trình chế tạo kênh dẫn sóng plasmonic lai;

Hình 2a minh họa mặt cắt ngang của cấu trúc đế để chế tạo thành kênh dẫn sóng plasmonic lai, trong đó để chứa một kênh dẫn sóng điện môi chỉ số cao 1, dấu định vị 2, lớp oxit 3 và lớp đế 4;

Hình 2b minh họa mặt cắt ngang phần cấu trúc đế để tạo thành kênh dẫn sóng plasmonic lai, trong đó nó bao gồm kênh chữ V 5, lớp kim loại 6, lớp điện môi chỉ số thấp 7, rãnh định vị chữ V 8, và rãnh phân tách chip kênh dẫn sóng plasmonic lai 9;

Hình 2c minh họa cấu trúc đế trong hình 2a được tập hợp với đế trong hình 2b một cách chính xác khi sử dụng các dấu định vị và rãnh định vị;

Hình 2d minh họa kênh dẫn sóng trong hình 2c đã được tẩy bỏ phần đế;

Hình 2e minh họa kênh dẫn sóng trong hình 2d sau khi đã được lắng đọng một lớp bảo vệ 10;

Hình 2f minh họa kênh dẫn sóng trong hình 2e trong đó 2 dấu định vị đã được tách ra khi sử dụng các rãnh phân tách chip 9.

Mô tả chi tiết sáng chế

Như được thể hiện trên hình 1, trong đó cấu trúc của kênh dẫn sóng plasmonic lai 1 bao gồm: kênh điện môi chỉ số cao 1, lớp kim loại 6, lớp điện môi chỉ số thấp 7.

Lớp kim loại và điện môi chỉ số thấp được tạo thành kênh dạng chữ V. Kênh chữ V trong lớp điện môi chỉ số thấp có tác dụng tạo ra cấu trúc hình học của kênh dẫn sóng plasmonic lai. Góc ở đỉnh chữ V có thể thay đổi dựa trên lựa chọn phương pháp chế tạo. Ví dụ, kênh chữ V có góc ở đỉnh là $70,5^\circ$ được tạo ra bằng phương pháp ăn mòn ướt phiến silic định hướng (100); tuy nhiên góc ở đỉnh chữ V có thể thay đổi khi sử dụng công nghệ ăn mòn khô. Kênh dẫn sóng điện môi chỉ số cao được làm từ vật liệu silic dạng tròn có thể tạo ra bằng phương pháp xử lý nhiệt hidro, nung sử dụng laze. Kênh dẫn sóng điện môi chỉ số cao được định vị một cách chính xác trong kênh chữ V bằng cách thiết kế dấu định vị và rãnh định vị dạng chữ V. Sáng chế này cũng cung cấp phương pháp định vị chính xác kênh dẫn sóng điện môi chỉ số cao trong kênh chữ V và phương pháp để tách kênh dẫn sóng điện môi chỉ số cao từ đế. Phương pháp chế tạo kênh dẫn sóng plasmonic lai có thể được hiểu một cách dễ dàng hơn thông qua quy trình chế tạo chi tiết kênh dẫn sóng lai từ vật liệu silic như sau.

Phương pháp chế tạo kênh dẫn sóng plasmonic lai từ một kênh dẫn sóng silic với mặt cắt ngang hình tròn được định vị trong kênh chữ V bao gồm các bước:

kênh dẫn sóng silic và dấu định vị được chế tạo từ phiến SOI (là một phiến silic gồm 3 lớp, lớp silic dùng chế tạo linh kiện trên cùng, một lớp oxit ở giữa và một lớp silic đế). Trong đó nó bao gồm ít nhất một kênh dẫn sóng điện môi chỉ số cao silic và 4 dấu định vị. Các cấu trúc này được chế tạo bằng bất kỳ một kỹ thuật khắc nào đó như quang khắc, khắc chùm tia điện tử và ăn mòn khô, hoặc chùm tia nguyên tử nhanh (FAB), hoặc bằng bất kỳ công nghệ ăn mòn khác được sử dụng trong công nghệ vi cơ điện tử. Các kênh dẫn sóng silic ban đầu với mặt cắt ngang hình vuông, được chuyển thành tròn nhờ phương pháp nung ủ nhiệt hidro. Đường kính của kênh dẫn sóng silic tròn có thể có các kích thước khác nhau.

chế tạo kênh chữ V và rãnh định vị: Các kênh chữ V được chế tạo bằng phương pháp ăn mòn định hướng phiến silic định hướng (100). Các kênh chữ V này được lắng đọng một lớp kim loại ứng dụng trong plasmonic và sau đó được phủ một lớp oxit.

tập hợp tạo kênh dẫn sóng plasmon lai: kênh dẫn sóng silic sau khi được tập hợp và định vị trong kênh chữ V sẽ được tách ra từ đế bằng phương pháp ăn mòn lớp oxit đệm khi sử dụng hơi HF hoặc lớp đế được tẩy đi bằng phương pháp ăn mòn khô silic khi sử dụng phương pháp ăn mòn ion phản ứng sâu và lớp oxit đệm được tẩy đi bằng phương pháp ăn mòn khô.

đóng gói bảo vệ kênh dẫn sóng plasmonic lai sau khi được tập hợp bằng cách lắng đọng lớp oxit SiO_2 khi sử dụng phương pháp lắng đọng vật lý.

tạo chip kênh dẫn sóng plasmonic lai bằng cách sử dụng kênh phân tách mẫu được tạo sẵn từ mặt sau của đế.

Các dấu định vị được chế tạo là lớn hơn kênh dẫn sóng để mặt cắt ngang của chúng không thay đổi hoàn toàn thiết diện mặt cắt ngang của chúng trong quá trình xử lý nhiệt hydro.

Các kênh chữ V được chế tạo, trong đó các kênh chữ V được sử dụng cho định vị được chế tạo là lớn hơn kênh chữ V được sử dụng cho tạo kênh dẫn sóng plasmonic lai để có thể định vị chính xác kênh dẫn sóng silic vào kênh chữ V.

Để chứa kênh dẫn sóng điện môi chỉ số cao silic luôn được phân cách với đế chứa các kênh chữ V sau khi được tập hợp một khoảng cách bằng cách thiết kế dấu định vị để có thể định vị chính xác kênh dẫn sóng điện môi chỉ số cao silic trong kênh chữ V.

Quy trình chế tạo kênh dẫn sóng điện môi chỉ số cao ở trên sử dụng quy trình từ trên xuống (top-down) và nung ủ nhiệt hydro, tuy nhiên kênh dẫn sóng điện môi chỉ số cao cũng có thể được chế tạo bằng quy trình từ dưới lên (bottom-up), chẳng hạn sử dụng quá trình chế tạo phản ứng pha Rắn-Lỏng-Khí.

Quy trình chế tạo kênh điện môi chỉ số cao được mô tả sử dụng vật liệu silic, tuy nhiên nó có thể mở rộng cho các vật liệu điện môi khác; vật liệu điện môi chỉ số thấp được trình bày là oxit có thể được thay thế bằng các vật liệu điện môi chỉ số thấp khác.

Quy trình chế tạo được mô tả có thể mở rộng chế tạo cấu trúc dạng mảng các kênh dẫn sóng plasmonic lai.

Hiệu quả kỹ thuật đạt được

Đây là một sáng chế liên quan đến một quy trình chế tạo kênh dẫn sóng plasmonic lai mà nó 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, laze nano, bộ điều biến quang và ứng dụng trong chế tạo các cảm biến quang. Phương pháp này có thể sản xuất hàng loạt từ quy mô phòng thí nghiệm đến công nghiệp. Bởi vì phương pháp được đưa ra dựa trên công nghệ vi điện tử đã được sử dụng thành công trong ngành công nghiệp bán dẫn sản xuất mạch tích hợp và sự phát triển gần đây của công nghệ vi cơ điện tử.

Yêu cầu bảo hộ

1. Phương pháp chế tạo kênh dẫn sóng plasmonic lai từ một kênh dẫn sóng silic với mặt cắt ngang hình tròn được định vị trong kênh chữ V bao gồm các bước:

chế tạo kênh dẫn sóng silic và dấu định vị (chốt định vị) từ phiến SOI (là một phiến silic gồm 3 lớp, lớp silic dùng chế tạo linh kiện trên cùng, một lớp oxit ở giữa và một lớp silic đế); phiến SOI bao gồm ít nhất một kênh dẫn sóng silic và 4 dấu định vị, các cấu trúc này được chế tạo bằng bất kỳ một kỹ thuật khắc nào đó như quang khắc, khắc chùm tia điện tử và ăn mòn khô, hoặc chùm tia nguyên tử nhanh (FAB), hoặc bằng bất kỳ công nghệ ăn mòn khác được sử dụng trong công nghệ vi cơ điện tử; các kênh dẫn sóng silic ban đầu với mặt cắt ngang hình vuông, được chuyển thành tròn nhờ phương pháp nung ủ nhiệt hydro, nung ủ sử dụng laze; đường kính của kênh dẫn sóng silic tròn có thể có các kích thước khác nhau;

chế tạo kênh chữ V (là một thành phần kết hợp với kênh dẫn sóng silic để có mặt cắt ngang hình tròn cấu thành kênh dẫn sóng plasmonic lai) và rãnh định vị (rãnh định vị này có tác dụng làm dấu hiệu để định vị chính xác kênh dẫn sóng silic vào kênh chữ V; rãnh định vị cũng có dạng chữ V; tuy nhiên, nó có kích thước lớn hơn kênh chữ V để dấu định vị trên phiến SOI có thể được làm lớn hơn kênh dẫn sóng silic; dấu định vị trên phiến SOI được làm lớn hơn kênh dẫn sóng silic để đảm bảo rằng: quá trình tạo kênh dẫn sóng silic có mặt cắt ngang hình tròn không ảnh hưởng đến dấu định vị; hơn nữa, rãnh định vị được làm lớn hơn để phân biệt với kênh chữ V, thành phần của kênh dẫn sóng plasmonic lai); các kênh chữ V được chế tạo bằng phương pháp ăn mòn định hướng phiến silic định hướng (100); các kênh chữ V này được lắng đọng một lớp kim loại ứng dụng trong plasmonic và sau đó được phủ một lớp oxit hoặc một lớp điện môi chỉ số thấp bất kỳ;

tập hợp tạo kênh dẫn sóng plasmon lai: kênh dẫn sóng silic chế tạo trên phiến SOI được tập hợp chính xác vào trong kênh chữ V khi sử dụng dấu định vị và rãnh định vị; kênh dẫn sóng silic sau khi được tập hợp và định vị trong kênh chữ V sẽ được tách ra từ đế bằng phương pháp ăn mòn lớp oxit đệm khi sử dụng hơi HF hoặc lớp đế được tẩy đi bằng phương pháp ăn mòn khô silic khi sử dụng phương pháp ăn mòn ion phản ứng sâu và lớp oxit đệm được tẩy đi bằng phương pháp ăn mòn khô;

đóng gói bảo vệ kênh dẫn sóng plasmonic lai sau khi được tập hợp bằng cách lắng đọng lớp oxit SiO_2 khi sử dụng phương pháp lắng đọng vật lý;

tạo chip kênh dẫn sóng plasmonic lai bằng cách sử dụng kênh phân tách mẫu được tạo sẵn từ mặt sau của đế.

2. Phương pháp chế tạo kênh dẫn sóng plasmonic lai từ một kênh dẫn sóng silic với mặt cắt ngang hình tròn được định vị trong kênh chữ V theo điểm 1, trong đó các dấu định vị được chế tạo là lớn hơn kênh dẫn sóng để mặt cắt ngang của chúng

không thay đổi hoàn toàn thiết diện mặt cắt ngang của chúng trong quá trình xử lý nhiệt hydro.

3. Phương pháp chế tạo kênh dẫn sóng plasmonic lai từ một kênh dẫn sóng silic với mặt cắt ngang hình tròn được định vị trong kênh chữ V theo điểm 1, trong đó các rãnh định vị chữ V được sử dụng cho định vị được chế tạo là lớn hơn kênh chữ V được sử dụng cho tạo kênh dẫn sóng plasmonic lai để có thể định vị chính xác kênh dẫn sóng silic vào kênh chữ V.

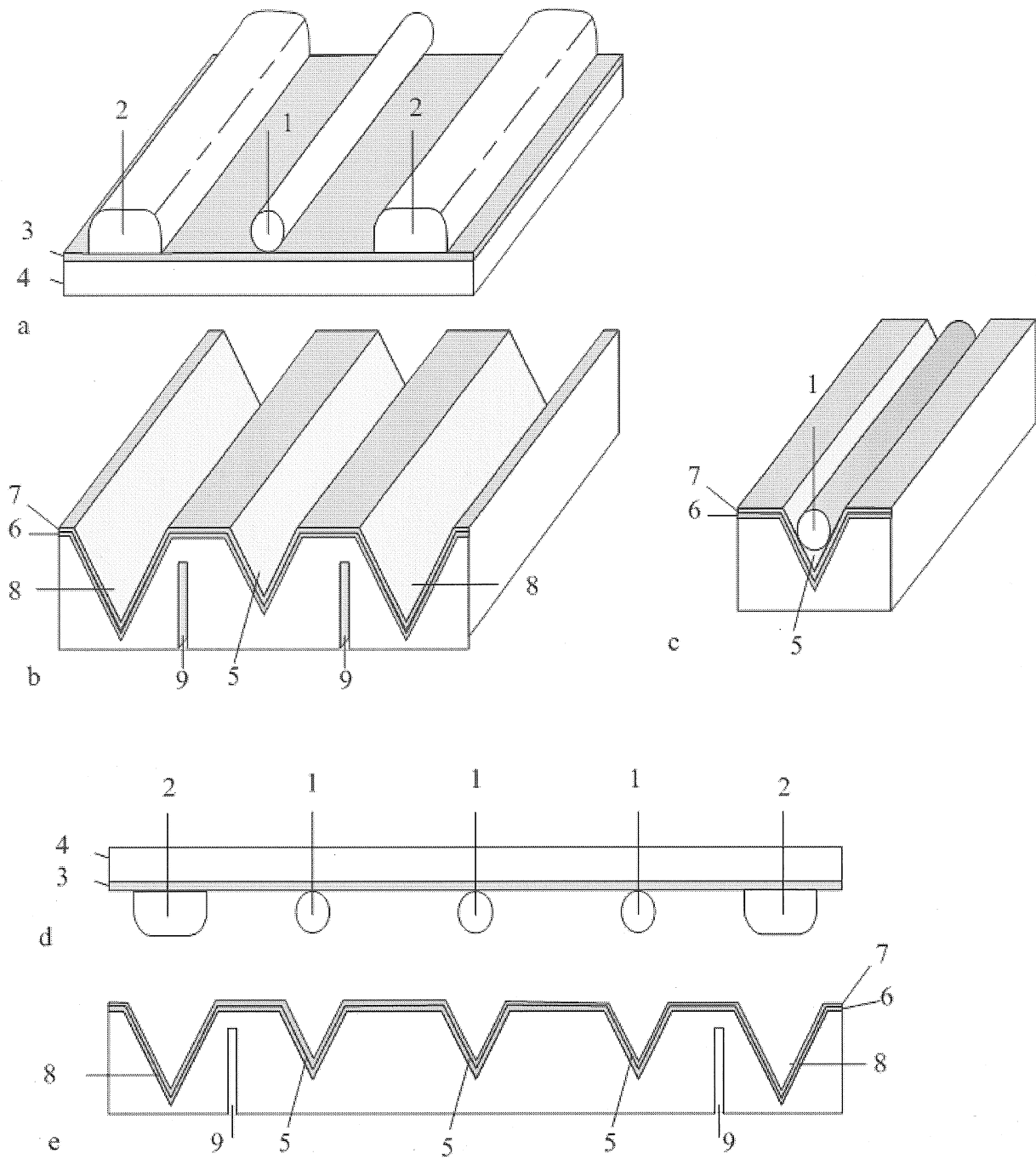
4. Phương pháp chế tạo kênh dẫn sóng plasmonic lai theo điểm bất kỳ trong điểm 2 hoặc điểm 3, trong đó để chứa kênh dẫn sóng luôn được phân cách với để chứa các kênh chữ V sau khi được tập hợp một khoảng cách bằng cách thiết kế dấu định vị để có thể định vị chính xác kênh dẫn sóng silic trong kênh chữ V.

5. Phương pháp chế tạo kênh dẫn sóng plasmonic lai theo điểm bất kỳ từ điểm 1 tới điểm 4, trong đó cấu trúc đơn kênh có thể mở rộng chế tạo cấu trúc dạng mảng các kênh dẫn sóng plasmonic lai.

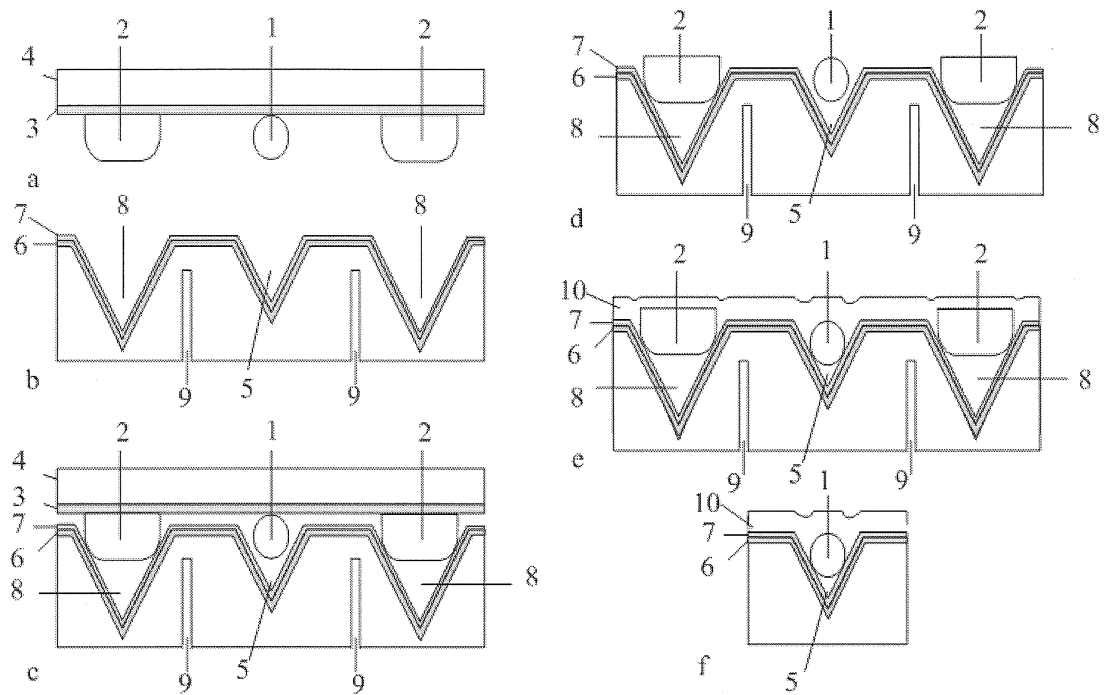
6. Phương pháp chế tạo kênh dẫn sóng plasmonic lai từ một kênh dẫn sóng silic với mặt cắt ngang hình tròn được định vị trong kênh chữ V theo điểm 1, trong đó kênh chữ V có thể được chế tạo khi sử dụng phương pháp khắc khô và góc ở đỉnh chữ V có thể được điều khiển.

7. Phương pháp chế tạo kênh dẫn sóng plasmonic lai theo điểm bất kỳ từ điểm 1 tới 6, trong đó vật liệu chế tạo kênh dẫn sóng điện môi chỉ số cao được sử dụng là silic có thể được thay thế bằng các vật liệu điện môi khác.

8. Phương pháp chế tạo kênh dẫn sóng plasmonic lai từ một kênh dẫn sóng silic với mặt cắt ngang hình tròn được định vị trong kênh chữ V theo điểm 1, trong đó vật liệu điện môi chỉ số thấp được sử dụng là oxit có thể được thay thế bằng các vật liệu điện môi chỉ số thấp khác.



Hình 1



Hình 2