



(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)



1-0032275

(51)⁷ H01P 1/16; G01J 7/00; G01N 21/21; (13) B
G01N 21/77; H01P 3/20; H01P 11/00;
H01P 3/00; G01J 4/00; G02B 6/10

(21) 1-2018-04443

(22) 09/10/2018

(45) 25/06/2022 411

(43) 25/03/2019 372A

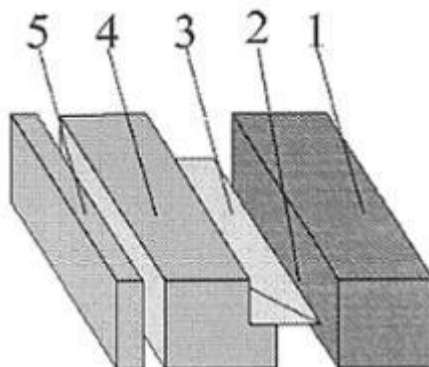
(73) Trường Đại học Bách khoa Hà Nội (VN)

số 1, đường Đại Cồ Việt, quận Hai Bà Trưng, thành phố Hà Nội

(72) Chu Mạnh Hoàng (VN).

(54) KÊNH DẪN SÓNG PLASMON LAI TÙY BIẾN VỚI CÁC THÀNH PHẦN KẾT CẬP NẪM NGANG

(57) Sáng chế đề cập đến kênh dẫn sóng plasmon lai tùy biến với các thành phần được kết cặp nằm ngang, trong đó đặc biệt có một kênh điện môi chỉ số khúc xạ cao, có mặt cắt ngang có hình dạng thuộc một trong các hình dạng sau: hình chữ nhật, hình vuông hoặc hình tròn; kết cặp với kênh điện môi chỉ số khúc xạ cao là một cấu trúc kim loại có mặt cắt ngang thuộc một trong các hình dạng sau: hình tam giác hoặc hình chữ nhật; khe giữa kênh dẫn sóng chỉ số khúc xạ cao và cấu trúc kim loại có thể là một trong các dạng: vật liệu điện môi chỉ số thấp hoặc vật liệu tích cực; khoảng cách khe có thể tùy biến. Tính chất một plasmon truyền được điều khiển bằng cách thay đổi hình học hoặc kích thước kênh điện môi chỉ số cao thông số hình học hoặc vật liệu lớp điện môi chỉ số thấp hoặc hình học của cấu trúc kim loại. Đặc trưng truyền của kênh dẫn sóng cũng có thể được tùy biến bằng cách thay đổi khoảng cách khe điện môi hoặc điều khiển chiết suất của lớp điện môi chỉ số thấp khi sử dụng chấp hành cơ quang điện tử, điều khiển điện hoặc điều khiển quang ... Kênh điện môi chỉ số cao có thể được chế tạo bằng kỹ thuật khắc, ăn mòn ướt hoặc ăn mòn khô. Cấu trúc lớp kim loại có thể được chế tạo bằng phương pháp lắng đọng vật lý, ăn mòn hóa học, hoặc ăn mòn vật lý. Kênh điện môi chỉ số cao có thể sử dụng các vật liệu điện môi khác hoặc vật liệu có tính chất khuếch đại quang.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến kênh dẫn sóng plasmon lai tùy biến với các thành phần kết cặp nằm ngang. Cấu trúc của kênh dẫn sóng bao gồm một kênh điện môi chỉ số khúc xạ cao, kết cặp bên với một cấu trúc kim loại, cấu trúc kim loại được chế tạo trên một cấu trúc điện môi có tác dụng như đế đỡ. Khe giữa kênh điện môi chỉ số cao và cấu trúc kim loại là một lớp điện môi chỉ số thấp. Một (mode) plasmon được truyền trong lớp điện môi chỉ số thấp. Tính chất một plasmon truyền được điều khiển bằng cách thay đổi hình học và kích thước kênh điện môi chỉ số cao, vật liệu lớp điện môi chỉ số thấp, chiều rộng của khe điện môi chỉ số thấp hoặc hình học của cấu trúc kim loại. Khoảng cách khe điện môi hoặc chiết suất của lớp điện môi chỉ số thấp có thể điều khiển khi sử dụng chấp hành cơ quang điện tử, điều khiển điện, điều khiển bằng bức xạ quang hoặc quang học chất lỏng.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trước đây các kênh dẫn sóng plasmon lai thường được cấu tạo từ các thành phần được tích hợp thẳng đứng. Ví dụ: kênh dẫn sóng lai được báo cáo trong bài báo “A Hybrid Wedge-To-Wedge Plasmonic Waveguide With Low Loss Propagation and Ultra-Deep-Nanoscale Mode Confinement”, của nhóm tác giả Y. Ma, G. Farrell, Y. Semenova, and Q. Wu, đăng trong tạp chí “Journal of Lightwave Technology”, bài báo “A THz semiconductor hybrid plasmonic waveguide with fabrication-error tolerance”, của nhóm tác giả M. Eldlio, Y. Ma, F. Che, H. Maeda, and M. Cada, đăng trong tạp chí “Japanese Journal of Applied Physics”, bài báo “Thermo-optic control of dielectric-loaded plasmonic waveguide components”, của tác giả J. Gosciniaik và cộng sự, đăng trong tạp chí “Optics express”. Việc áp dụng các cơ chế điều biến cho các kênh dẫn sóng plasmon lai này rất khó thực hiện. Bởi vì tích hợp các cơ chế điều khiển được yêu cầu ở tỷ lệ nano. Việc chế tạo tích hợp với các thành phần được kết cặp thẳng đứng cũng dễ gặp phải sai số. Hơn nữa, việc thay đổi lớp điện môi chỉ số thấp hoặc sử dụng các cơ chế tùy biến tốc độ cao như sử dụng bức xạ quang trong các kênh dẫn sóng plasmon lai truyền thống này cũng rất khó thực hiện, bởi bức xạ tới bị hấp thụ bởi lớp kim loại. Trong các nghiên cứu trước việc điều biến đặc trưng truyền cũng chỉ thực hiện cho các kênh dẫn sóng plasmon với chiều dài truyền nhỏ (suy hao truyền lớn) và mode truyền chỉ được giam hãm trên một giao diện phẳng được tạo bởi điện môi và lớp kim loại. Việc thực hiện điều biến cho kênh dẫn sóng plasmon lai với kích thước được giam hãm theo hai chiều chưa được giới thiệu. Ví dụ, kênh dẫn sóng plasmon tùy biến với kích thước một được giam hãm trên giao diện phẳng và khoảng cách truyền chỉ vài micromet được báo cáo trong bài báo “All-optical modulation by plasmonic excitation of CdSe

quantum dots”, của nhóm tác giả D. Pacifici, H. J. Lezec, and H. A. Atwater, đăng trong tạp chí “Nature photonics”; kênh dẫn sóng plasmon khe hẹp lai nằm ngang được báo cáo trong bài báo “Metal-insulator-silicon-insulator-metal waveguides compatible with standard CMOS technology”, đăng trong tạp chí “Optics express”. Đặc biệt là báo cáo về kênh dẫn sóng plasmon khe hẹp lai với diện tích mode truyền nhỏ được báo cáo trong “Highly confined guiding of low-loss plasmon waves in hybrid metal-dielectric slot waveguides”, của các tác giả Y. Bian và Q. Gong, đăng trong tạp chí “Nanotechnology”. Hơn nữa, việc tùy biến các đặc trưng của kênh dẫn sóng điện môi có thể thực hiện khi sử dụng các bộ vi chấp hành nano như được báo cáo trong bài báo “Mechanically-Tunable Photonic Devices with On-Chip Integrated MEMS/NEMS Actuators”, của nhóm tác giả H. Du, F. S. Chau và G. Zhou, đăng trong tạp chí “Micromachines”. Tuy vậy, một cấu trúc kênh dẫn sóng plasmon khe hẹp lai kết hợp các ưu điểm về cấu trúc, công nghệ chế tạo cũng như đề xuất các cấu trúc tiên tiến hơn vẫn chưa được báo cáo.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là đề xuất kênh dẫn sóng plasmon lai với các đặc trưng hoạt động có thể tùy biến và có quy trình chế tạo đơn giản, dễ dàng tích hợp. Đặc trưng hoạt động của kênh dẫn sóng có các ưu điểm như kích thước một nhỏ hơn bước sóng truyền và chiều dài truyền sóng plasmon lớn. So với các cấu trúc kênh dẫn sóng plasmon lai được công bố trước đây thường có các thành phần được tích hợp thẳng đứng. Việc điều biến truyền dẫn sóng plasmon trong các kênh dẫn sóng này không dễ dàng được thực hiện. Trong sáng chế hiện tại, việc điều biến có thể được thực hiện dễ dàng bằng việc sử dụng các cơ chế điều khiển truyền thống như chấp hành cơ điện tử, lực quang học để điều khiển khoảng cách khe điện môi hoặc thay đổi chỉ số khúc xạ của lớp điện môi chỉ số thấp dựa trên hiệu ứng quang điện, quang nhiệt, bức xạ quang hoặc quang học chất lỏng. Việc điều khiển đặc trưng quang cũng có thể được thực hiện bằng việc thay đổi cấu trúc và kích thước của lớp kim loại, hoặc kích thước của kênh dẫn sóng chỉ số khúc xạ cao. Để đạt được mục đích nêu trên, kênh dẫn sóng plasmon lai tùy biến theo sáng chế hiện tại bao gồm các thành phần kết cặp nằm ngang: một kênh điện môi chiết suất cao, kết cặp với một cấu trúc kim loại thông qua một lớp điện môi chỉ số thấp, cấu trúc kim loại được chế tạo trên một cấu trúc điện môi, có tác dụng như đế đỡ (Hình 1a và 1b).

Đối với thiết kế kênh điện môi chỉ số cao, sáng chế này đưa ra 3 phương án thực hiện: Theo phương án 1: Mặt cắt ngang của kênh chỉ số cao có dạng hình vuông như trong hình 2a.

Theo phương án 2: Mặt cắt ngang của kênh chỉ số cao có dạng hình chữ nhật như hình 2b hoặc 2c.

Theo phương án 3: Mặt cắt ngang của kênh chỉ số cao có dạng hình tròn như được thể hiện trong hình 2d.

Đối với thiết kế cấu trúc lớp kim loại, sáng chế này đưa ra 2 phương án để thực hiện như sau:

Theo phương án 1: Mặt cắt ngang của cấu trúc kim loại có dạng hình chữ nhật như hình 2e;

Theo phương án 2: Mặt cắt ngang của cấu trúc kim loại có dạng hình tam giác như hình 2f;

Để điều khiển khoảng cách khe điện môi giữa cấu trúc kim loại và kênh dẫn sóng chỉ số khúc xạ cao, sáng chế này đưa ra 2 phương pháp điều khiển như sau:

Theo phương án 1: Khoảng cách khe điện môi được điều khiển bằng lực tĩnh điện.

Theo phương án 2: Khoảng cách khe điện môi được điều khiển bằng lực quang học.

Để điều khiển chiết suất của môi trường khe điện môi, sáng chế này đưa ra các phương pháp thực hiện như sau:

Theo phương án 1: Chiết suất được điều khiển bằng hiệu ứng quang điện.

Theo phương án 2: Chiết suất được điều khiển bằng hiệu ứng quang nhiệt.

Theo phương án 3: Chiết suất được điều khiển bằng hiệu ứng bức xạ quang

Theo phương án 4: Chiết suất được điều khiển bằng hiệu ứng quang chất lỏng

Các cấu trúc kênh dẫn sóng plasmon lai tùy biến với các thành phần kết cặp nằm ngang được đưa ra trong các phương án có thể được chế tạo dựa trên công nghệ vi cơ điện tử như quang khắc, ăn mòn ướt hoặc ăn mòn khô. Việc lắng đọng lớp điện môi chỉ số thấp và lớp kim loại có thể được thực hiện bằng phương pháp lắng đọng được ứng dụng phổ biến trong thực tế như phương pháp lắng đọng vật lý hoặc hóa học. Ví dụ, lắng đọng lớp điện môi chỉ số thấp như oxit Silic và lớp kim loại có thể sử dụng phương pháp phún xạ. Lớp kim loại có thể được vi cơ khi sử dụng ăn mòn ướt hoặc ăn mòn khô. Cấu trúc kênh dẫn sóng plasmon ngoài dạng đơn kênh như hình 1a và 1b, chúng cũng có thể cấu trúc dạng đa kênh (mảng) như hình 1c và 1d.

Kênh dẫn sóng plasmon lai tùy biến với các thành phần cấu trúc được tích hợp nằm ngang đã khắc phục các vấn đề nêu trong tình trạng kỹ thuật. Cụ thể là, đặc trưng một truyền có thể được điều khiển một cách dễ dàng bằng cách thay đổi khoảng cách khe điện môi hoặc thay đổi chiết suất của môi trường khe dựa trên hiệu ứng quang điện, quang nhiệt hoặc bức

xạ quang. Hơn nữa với cấu trúc kênh dẫn sóng plasmon lai được đề xuất có thể chế tạo và tích hợp sau chế tạo một cách dễ dàng, không gặp phải các sai số chế tạo. Kênh dẫn sóng plasmon lai được đề xuất với các thành phần nằm ngang cũng có thể thay thế vật liệu điện môi khe bằng các vật liệu khác nhau dựa trên công nghệ ăn mòn hóa học hoặc vật lý và sử dụng công nghệ lắng đọng vật lý hoặc hóa học để tạo khe điện môi mới, hoặc khe điện môi cũng có thể tạo nên bằng cách điền đầy khe bằng chất lỏng quang điện.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

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

Hình 1 minh họa cấu trúc 3 chiều của kênh dẫn sóng plasmon lai được đề xuất trong sáng chế này; hình 1a, 1b dạng đơn kênh và hình 1c, 1d dạng đa kênh.

Hình 1a minh họa kênh dẫn sóng plasmon lai tùy biến với khe điện môi được điều khiển bởi chấp hành tĩnh điện hoặc lực quang học.

Hình 1b minh họa kênh dẫn sóng plasmon lai tùy biến với chiết suất khe điện môi có thể điều khiển điện, điều khiển bằng bức xạ quang hoặc quang học chất lỏng.

Hình 2 minh họa các cấu trúc mặt cắt ngang của kênh dẫn sóng plasmon lai tùy biến với các thành phần kết cặp nằm ngang được đề xuất.

Mô tả chi tiết sáng chế

Như được thể hiện trên hình 1, cấu trúc hình học 3 chiều của kênh dẫn sóng plasmon lai tùy biến với các thành phần được kết cặp nằm ngang bao gồm: kênh điện môi chỉ số cao có mặt cắt ngang dạng hình chữ nhật 1, lớp điện môi chỉ số thấp 2, lớp kim loại 3. Lớp kim loại được chế tạo trên một cấu trúc điện môi 4, có tác dụng như đế đỡ. Khoảng cách giữa lớp kim loại và kênh dẫn sóng điện môi chỉ số cao có thể được điều khiển bằng cách dịch chuyển đế đỡ của nó khi sử dụng chấp hành tĩnh điện hoặc chấp hành lực quang học 5. Trong trường hợp này, khoảng cách giữa cấu trúc điện môi 4 tới kênh dẫn sóng điện môi chỉ số cao 1 lớn hơn khoảng cách khe điện môi. Hơn nữa khoảng cách này cũng được thiết kế đủ lớn để loại bỏ ảnh hưởng của cấu trúc điện môi 4 tới đặc trưng hoạt động của kênh dẫn sóng plasmon lai. Lớp điện môi chỉ số thấp có thể thay đổi dựa trên hiệu ứng quang điện, quang nhiệt, bức xạ quang hoặc quang học chất lỏng. Trong trường hợp này để tạo lớp đỡ cho tạo kênh điện môi chỉ số thấp 2, cấu trúc điện môi 4 được tạo để gắn với kênh dẫn sóng điện môi

chỉ số khúc xạ cao 1. Bằng cách thay đổi chiều rộng khe điện môi hoặc chiết suất môi trường khe điện môi, đặc trưng truyền quang học của kênh dẫn sóng có thể được điều khiển. Trong đó vật liệu sử dụng làm kênh điện môi chỉ số cao có thể là vật liệu silic, vật liệu có tính chất khuếch đại quang, hay bất kỳ một vật liệu điện môi khác có thể chế tạo được khi sử dụng quá trình vi cơ.

Kênh điện môi chỉ số cao có thể có mặt cắt ngang dạng hình chữ nhật hoặc hình tròn như hình 2a, 2b, 2c, 2d. Lớp kim loại có mặt cắt ngang có thể có dạng hình chữ nhật hoặc hình tam giác như trên hình 2e, 2f. Kênh dẫn sóng điện môi chỉ số cao 1 và lớp điện môi chỉ số thấp 2 có thể là cùng một loại vật liệu hoặc khác loại. Lớp điện môi chỉ số thấp 2 có thể được tạo bằng phương pháp lắng đọng được sử dụng phổ biến trong thực tế như lắng đọng hơi hóa học, vật lý hoặc điền đầy khe điện môi bằng chất lỏng quang điện. Lớp kim loại 3 được chế tạo từ kim loại có tích chất dẫn sóng plasmon tốt như vàng, bạc, hoặc nhôm. Ngoài dạng kênh dẫn sóng plasmon lai tùy biến đơn kênh như hình 1a, 1b, chúng cũng có thể cấu trúc dạng đa kênh (mảng) dẫn sóng plasmon lai như hình 1c, 1d. Kênh dẫn sóng plasmon lai có thể được chế tạo dựa trên công nghệ vi cơ điện tử. Kênh dẫn sóng plasmon trong sáng chế này có thể ứng dụng cho việc dẫn sóng plasmon với kích thước một ở tỷ lệ nano và khoảng cách truyền xa có thể ứng dụng trong mạch quang tích hợp, trong quang học chất lỏng hoặc trong các cảm biến. Việc thay đổi cấu trúc, kích thước và vật liệu kênh dẫn sóng plasmon lai có thể thay đổi đặc trưng truyền, kích thước một truyền.

Hiệu quả kỹ thuật đạt được

Đây là một sáng chế liên quan đến kênh dẫn sóng plasmon lai tùy biến với các thành phần cấu trúc được tích hợp nằm ngang. Vì vậy, việc điều khiển đặc trưng truyền được thực hiện dễ dàng hơn so với các kênh dẫn sóng plasmon lai truyền thống. Phạm vi điều khiển rộng và có thể sử dụng nhiều cơ chế tùy biến khác nhau, như thay đổi khoảng cách khe điện môi chỉ số thấp hoặc điều khiển chỉ số chiết suất của khe điện môi khi sử dụng các hiệu ứng quang điện, quang nhiệt, bức xạ quang hoặc quang học chất lỏng. Kênh dẫn sóng plasmon lai này có thể dễ dàng tích hợp trong các mạch quang bởi quy trình chế tạo đơn giản, không gặp phải sai số như các kênh dẫn sóng truyền thống. Đặc trưng truyền dẫn sóng plasmon trong kênh như chiều dài truyền, kích thước một có thể được điều khiển bằng cách thay đổi các thông số hình học, cấu trúc hình học hoặc vật liệu chế tạo kênh. Kênh dẫn sóng plasmon lai này có thể được ứng dụng trong chế tạo các linh kiện cho mạch quang tích hợp như kênh truyền dẫn sóng quang với kích thước một truyền nhỏ hơn bước sóng truyền và khoảng cách truyền lớn, bộ điều biến quang, hoặc các cảm biến quang ...

Yêu cầu bảo hộ

1. Kênh dẫn sóng plasmon lai tùy biến với các thành phần được kết cặp nằm ngang bao gồm: một kênh điện môi chỉ số khúc xạ cao (1), có mặt cắt ngang có hình dạng thuộc một trong các hình dạng sau: hình chữ nhật, hình vuông hoặc hình tròn; kết cặp với kênh điện môi chỉ số khúc xạ cao là

một cấu trúc kim loại (3) có mặt cắt ngang thuộc một trong các hình dạng sau: hình tam giác hoặc hình chữ nhật, cấu trúc kim loại được chế tạo trên một cấu trúc điện môi (4);

khe giữa kênh dẫn sóng chỉ số khúc xạ cao (1) và cấu trúc kim loại (3) là lớp điện môi chỉ số thấp (2), trong đó khác biệt ở chỗ, kênh dẫn sóng này có thể tùy biến:

trong trường hợp tùy biến bằng cách thay đổi khoảng cách khe giữa kênh dẫn sóng chỉ số khúc xạ cao (1) và cấu trúc kim loại (3), thì khoảng cách giữa cấu trúc điện môi (4) đến kênh điện môi chỉ số khúc xạ cao (1) lớn hơn khoảng cách khe điện môi chỉ số thấp (2), và việc tùy biến sử dụng cơ cấu chấp hành cơ điện tử, hoặc lực quang học;

trong trường hợp tùy biến chiết suất của lớp điện môi chỉ số thấp (2), thì lớp vật liệu điện môi chỉ số thấp là loại vật liệu tích cực, được tạo ra bằng phương pháp lắng đọng hơi hóa học, hoặc lắng đọng vật lý, và tùy biến dựa trên hiệu ứng quang điện, quang nhiệt, bức xạ quang hoặc quang học chất lỏng.

2. Kênh dẫn sóng plasmon lai tùy biến với các thành phần được kết cặp nằm ngang theo điểm 1, trong đó chiều rộng của lớp kim loại đối diện với kênh điện môi chỉ số khúc xạ cao có kích thước nhỏ hơn chiều rộng mặt bên của kênh điện môi chỉ số cao.

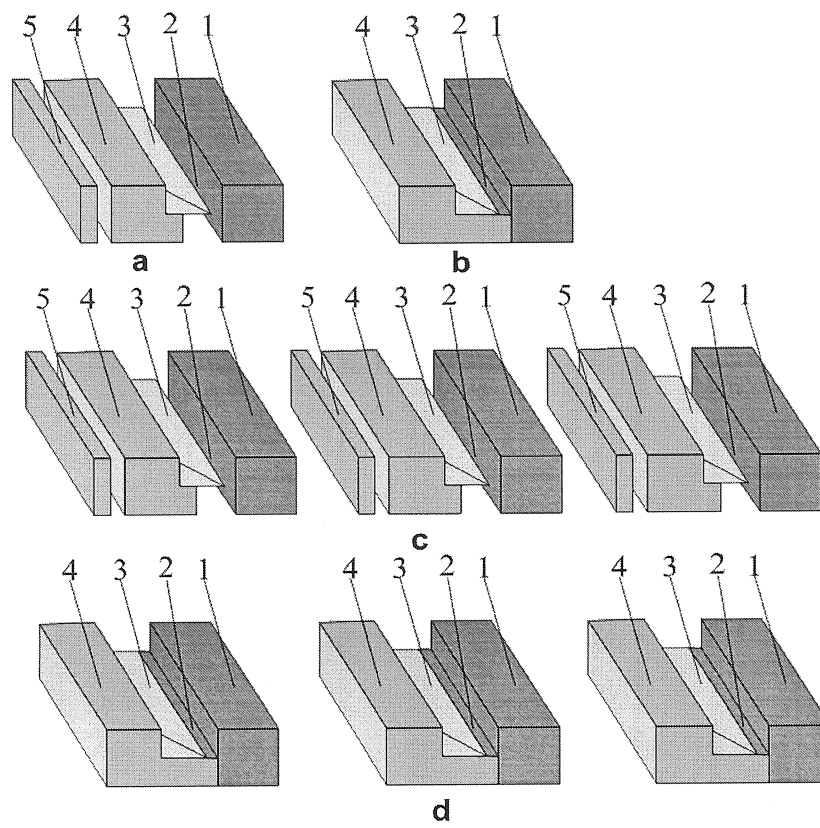
3. Kênh dẫn sóng plasmon lai tùy biến với các thành phần được kết cặp nằm ngang theo điểm 1, trong đó kênh điện môi chỉ số cao có thể được chế tạo bằng công nghệ vi điện tử như kỹ thuật khắc, ăn mòn khô hoặc ăn mòn ướt.

4. Kênh dẫn sóng plasmon lai tùy biến với các thành phần được kết cặp nằm ngang theo điểm 1, trong đó lớp đế đỡ cấu trúc kim loại được nối liền với kênh dẫn sóng điện môi chỉ số khúc xạ cao.

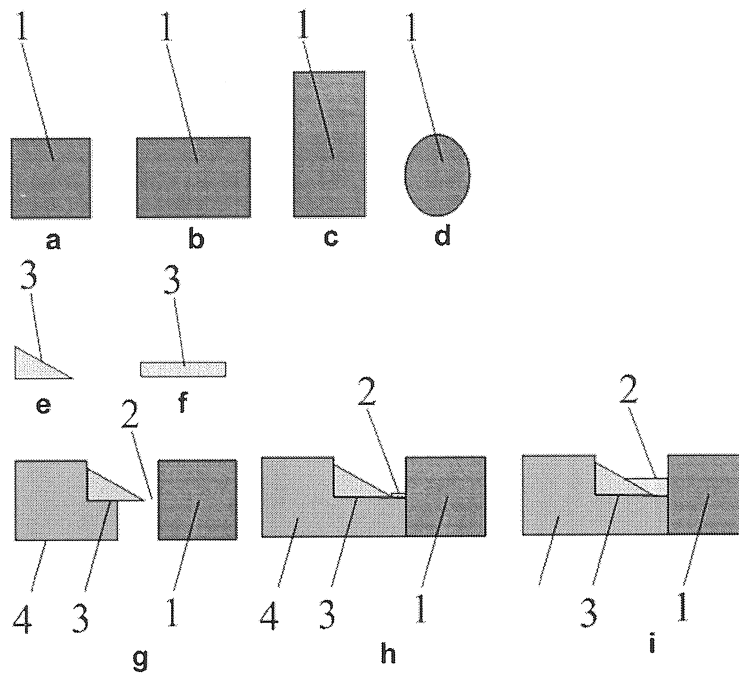
5. Kênh dẫn sóng plasmon lai tùy biến với các thành phần được kết cặp nằm ngang theo điểm 1, trong đó lớp kim loại có thể được chế tạo bằng phương pháp lắng đọng vật lý, ăn mòn hóa học, hoặc ăn mòn vật lý.

6. Kênh dẫn sóng plasmon lai tùy biến với các thành phần được kết cặp nằm ngang theo điểm 1, trong đó vật liệu sử dụng làm kênh điện môi chỉ số cao có thể là vật liệu silic, vật liệu có tính chất khuếch đại quang, hay bất kỳ một vật liệu điện môi khác có thể chế tạo được khi sử dụng quá trình vi cơ.

7. Kênh dẫn sóng plasmon lai trong số bất kỳ từ các điểm 1 tới điểm 6 có thể mở rộng cho cấu trúc dạng mảng đa kênh dẫn sóng plasmon lai tùy biến.



Hình 1.



Hình 2.