



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

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

(11)



1-0028194

(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) 1-2019-00528

(22) 29/01/2019

(45) 25/05/2021 398

(43) 25/04/2019 373A

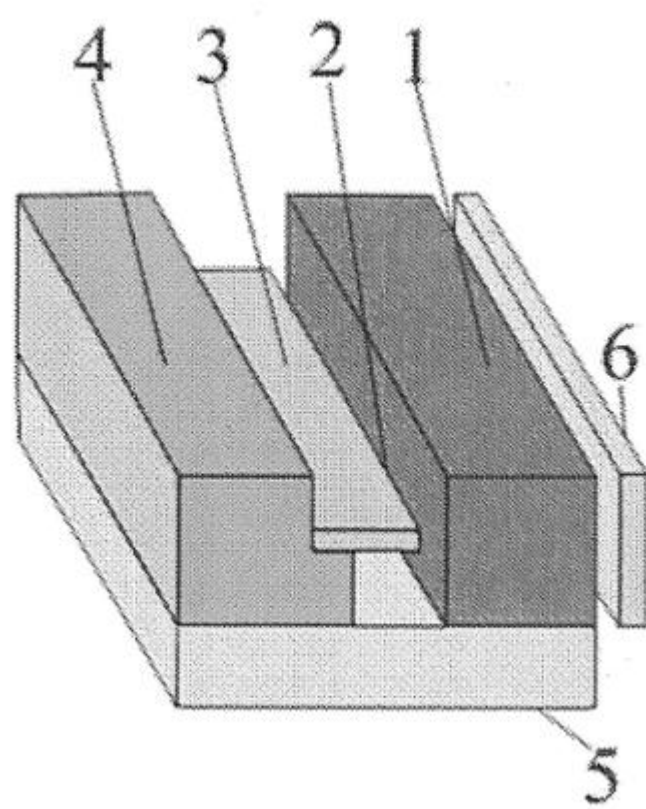
(73) Trường Đại học Bách khoa Hà Nội (VN)

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

(72) Chu Mạnh Hoàng (VN).

(54) KÊNH DẪN SÓNG PLASMON LAI TÙY BIẾN CHIỀU DÀI TRUYỀN

(57) Sáng chế đề cập đến kênh dẫn sóng plasmon lai tùy biến chiều dài truyền trong khi giữ diện tích một truyền nhỏ hơn bước sóng ánh sáng truyền và hầu như không đổi với một phạm vi biến đổi rộng của chiều dài truyền. Kênh dẫn sóng plasmon lai bao gồm một cấu trúc kim loại được kết cặp với một kênh điện môi có chiết suất cao thông qua một lớp điện môi chỉ số thấp, trong đó đặc biệt kênh điện môi chỉ số khúc xạ cao được thay đổi chiết suất bằng nhiễu loạn trường rìa bởi một điện cực hoặc một kênh chất lỏng được tích hợp trực tiếp hoặc sử dụng kênh dẫn sóng quang học chất lỏng. Kênh điện môi chỉ số cao có thể được chế tạo bằng công nghệ vi cơ khối ướt hoặc khô dựa trên phương pháp ăn mòn vật lý hoặc hóa học. Lớp kim loại có thể được chế tạo bằng phương pháp lắng đọng vật lý hoặc hóa học. Định dạng cấu trúc kim loại có thể được tạo bởi quá trình quang khắc, ăn mòn hóa học, hoặc ăn mòn vật lý. Tính chất một plasmon truyền được điều khiển bằng cách nhiễu loạn trường rìa kênh điện môi có chiết suất cao. Đặc trưng truyền của kênh dẫn sóng cũng có thể được tùy biến bằng cách thay đổi chiết suất của kênh điện môi có chiết suất cao bằng kênh dẫn sóng quang học chất lỏng. Chiết suất của kênh dẫn sóng quang học chất lỏng có thể sử dụng các chất lỏng khác nhau hoặc điều khiển dựa trên hiệu ứng quang điện



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến kênh dẫn sóng plasmon lai tùy biến chiều dài truyền. Kênh dẫn sóng bao gồm một kênh điện môi có chiết suất cao kết cặp với một cấu trúc kim loại qua một lớp điện môi có chiết suất thấp. Một plasmon truyền trong lớp điện môi có chiết suất thấp. Tính chất một plasmon truyền được điều khiển bằng cách nhiễu loạn trường rìa của kênh dẫn sóng điện môi có chiết suất cao. Việc nhiễu loạn trường rìa được thực hiện bằng cách dùng điện cực di chuyển đến gần hoặc ra xa kênh dẫn sóng điện môi có chiết suất cao. Việc nhiễu loạn trường rìa cũng có thể được thực hiện bằng cách thay đổi chiết suất của môi trường bao quanh kênh dẫn sóng điện môi có chiết suất cao khi sử dụng một kênh chất lỏng kết cặp trực tiếp. Việc điều khiển chiết suất của kênh chất lỏng dẫn tới trường rìa hay chiết suất của kênh dẫn sóng điện môi có chiết suất được điều khiển. Chiết suất hiệu dụng của kênh điện môi có chiết suất cao cũng có thể được điều khiển khi sử dụng một kênh dẫn sóng điện môi quang học chất lỏng thay thế.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong các nghiên cứu trước, việc điều biến đặc trưng truyền được thực hiện cho các kênh dẫn sóng plasmon với chiều dài truyền nhỏ (suy hao truyền lớn) và một 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 chiều dài 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, và H. A. Atwater” đăng trong tạp chí “Nature photonics”. Hơn nữa phạm vi điều biến thường là nhỏ, thường phạm vi điều biến nhỏ hơn 10%. Một số nghiên cứu gần đây đã đưa ra các cơ chế điều biến cho kênh dẫn sóng plasmon lai. Ví dụ: bài báo “Tunable graphene-based hybrid plasmonic modulators for subwavelength confinement” của nhóm tác giả “S. Qu, C. Ma và H. Liu” đăng trong tạp chí “Scientific Reports” đã trình bày một bộ điều biến dựa trên việc thay đổi chiết suất của lớp điện môi graphene dựa trên hiệu ứng quang điện; bài báo “Enhanced evanescent field spectroscopy at waveguide surfaces using high index nano and near-nano layers” của nhóm tác giả “J. Canning, W. Padden, D. Boskovic, M. Naqshbandi, L. Costanzo, H. D. Bruyn, T. H. Sum, và M. J. Crossley” đã trình bày một dạng cảm biến quang với lớp mỏng tỷ lệ nano được tạo trên bề mặt sợi quang và làm nhiễu loạn trường rìa của kênh dẫn sóng điện môi; bài báo “Plasmo-fluidics: merging light and fluids at the Micro-/Nanoscale” của nhóm tác giả “M. Wang, C. Zhao, X. Miao, Y. Zhao, J. Rufo, Y. J. Liu, T. J. Huang, và Y. Zheng” đăng trong tạp chí “Small” đã ứng dụng quang học chất lỏng trong tăng cường thực hiện các thiết bị chức năng như điều khiển dòng chất lỏng, tập hợp và bẫy các hạt và cell. Đặc biệt, trong báo cáo của nhóm tác giả “X. Sun, L. Thylén, và L. Wosinski” được trình bày trong bài báo “MEMS tunable hybrid plasmonic-Si waveguide” ở hội nghị “Optical Fiber Communications Conference and Exhibition

(OFC), IEEE: 2017”, mặc dù suy hao chiều dài truyền có thể điều khiển rất lớn giữa trạng thái “on” và “off”, có thể lên tới 1000 lần, tỷ lệ điều biến công suất truyền có thể đạt tới 20dB, tuy nhiên diện tích một truyền có sự biến đổi lớn trong khi điều biến chiều dài truyền. Do đó, việc đề xuất các kênh dẫn sóng plasmon lai tùy biến chiều dài truyền trong khi giữ diện tích một truyền nhỏ hơn nhiều bước sóng truyền hoặc không đổi là cần thiết được đặt ra cho các ứng dụng trong quang học tích hợp mật độ cao.

Để khắc phục các vấn đề nêu trên, trong sáng chế này, kênh dẫn sóng plasmon lai tùy biến chiều dài truyền trong khi giữ diện tích một truyền ở diện tích nhỏ hơn rất nhiều bước sóng truyền. Việc tùy biến chiều dài truyền lớn, lên tới 100%, có thể được thực hiện bằng cách nhiễu loạn trường rìa hay là biến đổi chiết suất hiệu dụng của kênh dẫn sóng điện môi có chiết suất cao bằng các điện cực dịch chuyển đến gần hoặc ra xa kênh dẫn sóng điện môi có chiết suất cao. Hơn nữa, việc tùy biến chiều dài truyền của kênh dẫn sóng plasmon lai cũng có thể được thực hiện bằng việc nhiễu loạn trường rìa bằng cách tích hợp một kênh dẫn chất lỏng trực tiếp với kênh dẫn sóng điện môi có chiết suất cao. Trong hai đề xuất kênh dẫn sóng plasmon lai tùy biến vừa đề cập, chiết suất của kênh dẫn sóng điện môi được thay đổi dựa trên nhiễu loạn trường rìa, trong khi bản chất vật liệu không bị thay đổi. Do đó, kênh dẫn sóng điện môi ở thể rắn có thể thay thế bằng kênh dẫn sóng điện môi dạng chất lỏng. Việc thay đổi chiết suất của kênh chất lỏng có thể được thực hiện bằng hiệu ứng điều khiển quang điện hoặc thay đổi dạng chất lỏng với chiết suất khác nhau như nước, dầu ...

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là đề xuất kênh dẫn sóng plasmon lai với chiều dài truyền sóng được điều biến lớn, trong khi diện tích một truyền được giữ hầu như không đổi. Kênh dẫn sóng plasmon lai cũng có những ưu điểm như kích thước một truyền nhỏ hơn bước sóng truyền, chiều dài truyền sóng plasmon lớn và có quy trình chế tạo đơn giản, dễ dàng tích hợp. So với các kênh dẫn sóng plasmon lai tùy biến được công bố trước đây, việc điều biến truyền dẫn sóng plasmon thường với chiều dài truyền nhỏ và khả năng điều biến chiều dài truyền sóng nhỏ. Hơn nữa trong quá trình điều biến chiều dài truyền, diện tích một thường có sự biến đổi lớn. Trong sáng chế hiện tại, việc điều biến chiều dài truyền lớn trong khi giữ biến đổi diện tích một truyền nhỏ có thể được thực hiện bằng cách nhiễu loạn trường rìa của kênh dẫn sóng điện môi có chiết suất cao khi sử dụng điện cực di chuyển lại gần hoặc ra xa kênh dẫn sóng điện môi có chiết suất cao, hoặc sử dụng một kênh chất lỏng được tích hợp trực tiếp với kênh dẫn sóng điện môi có chiết suất cao, hoặc thay đổi chiết suất của kênh dẫn sóng điện môi có chiết suất cao khi sử dụng kênh dẫn sóng quang học chất lỏng. Việc thay đổi chiết suất của chất lỏng được thực hiện bằng hiệu ứng quang điện hoặc sử dụng các chất lỏng khác nhau. Điều khiển phạm vi điều biến chiều dài truyền cũng có thể được thực hiện thông qua việc điều khiển đặc trưng quang cố định của kênh dẫn sóng plasmon lai như thay đổi cấu trúc và kích thước của lớp kim loại, khoảng cách khe điện môi có chiết suất thấp, hoặc kích thước của kênh dẫn sóng điện môi có chiết suất 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: một kênh điện môi có chiết suất cao, kết cặp với một cấu trúc kim loại thông qua một lớp điện môi có chiết suất thấp. Điều biến chiều dài truyền được thực hiện bằng cách nhiễu loạn trường rìa kênh điện môi có

chiết suất cao hoặc sử dụng kênh dẫn sóng điện môi quang học chất lỏng (Hình 1a, 1b và 1c).

Đối với thiết kế điện cực nhiều loạn trường rìa kênh điện môi có chiết suất cao, sáng chế này đưa ra hai phương án thực hiện:

Theo phương án 1: điện cực nhiều loạn được tích hợp bên cạnh của kênh dẫn sóng điện môi có chiết suất cao hình 2a.

Theo phương án 2: điện cực nhiều loạn được tích hợp phía trên của kênh dẫn sóng điện môi có chiết suất cao hình 2b.

Đối với thiết kế kênh chất lỏng nhiều loạn trường rìa kênh điện môi có chiết suất cao, sáng chế này đưa ra ba phương án thực hiện:

Theo phương án 1: kênh chất lỏng được tích hợp bên cạnh của kênh dẫn sóng điện môi có chiết suất cao hình 2c.

Theo phương án 2: kênh chất lỏng được tích hợp bên trên của kênh dẫn sóng điện môi có chiết suất cao hình 2d.

Theo phương án 2: kênh chất lỏng được tích hợp cả bên trên và bên cạnh của kênh dẫn sóng điện môi có chiết suất cao hình 2e.

Để điều khiển chiết suất của kênh điện môi có chiết suất cao, sáng chế này đưa ra phương pháp thực hiện như sau:

Thay kênh dẫn sóng điện môi có chiết suất cao dạng chất rắn bằng kênh dẫn sóng điện môi quang học chất lỏng hình 2f.

Các cấu trúc kênh dẫn sóng plasmon lai tùy biến chiều dài truyền 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 có chiết suất 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 có chiết suất thấp như oxit Silic và lớp kim loại có thể sử dụng phương pháp phún xạ. Lớp kim loại có thể được tạo hình khi sử dụng ăn mòn ướt hoặc ăn mòn khô

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 ba chiều của ba dạng cấu trúc kênh dẫn sóng plasmon lai tùy biến được đề xuất trong sáng chế này.

Hình 2 minh họa các cấu trúc mặt cắt ngang của kênh dẫn sóng plasmon lai tùy biến với các cấu trúc điện cực nhiều loạn trường rìa, kênh chất lỏng và kênh dẫn sóng điện môi quang học chất lỏng được đề xuất trong sáng chế này.

Mô tả chi tiết sáng chế

Như được thể hiện trên hình 1, cấu trúc hình học ba chiều của các kênh dẫn sóng plasmon lai tùy biến chiều dài truyền với các thành phần: kênh điện môi có chiết suất cao 1, lớp điện môi có chiết suất 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. Toàn bộ thành phần kênh dẫn sóng plasmon lai vừa nêu được chế tạo trên một đế cách ly quang học 5. Chiết suất khúc xạ của kênh

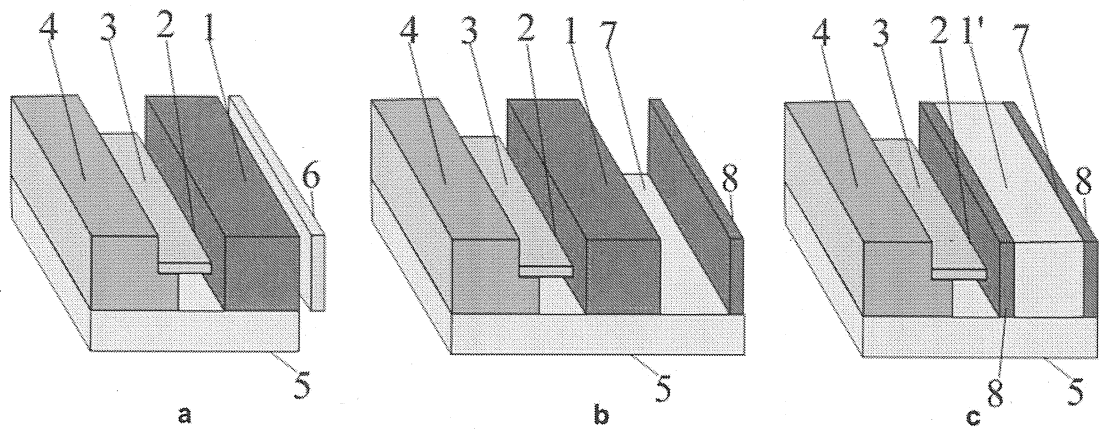
điện môi có chiết suất cao 1 được điều biến bởi điện cực nhiễu loạn trường rìa 6, hình 1a. Điện cực nhiễu loạn trường rìa 6 có thể có hai dạng thiết kế được kết cặp bên như hình 2a hoặc phía trên kênh dẫn sóng điện môi có chiết suất cao như hình 2b. Điện cực nhiễu loạn trường rìa 6 có thể dịch chuyển ra xa hoặc lại gần kênh dẫn sóng điện môi có chiết suất cao bằng chấp hành tĩnh điện, lực quang học, ... Ngoài ra, để thay đổi chiết suất hiệu dụng của kênh dẫn sóng điện môi có chiết suất cao, một kênh chất lỏng được tích hợp trực tiếp 7, hình 1b. Kênh chất lỏng được tạo thành bởi kênh dẫn sóng điện môi có chiết suất cao 1, để cách ly quang 5 và một vách ngăn 8, hình 2b. Đối với kênh chất lỏng có ba dạng thiết kế được đưa ra: kênh chất lỏng được tích hợp bên cạnh kênh điện môi có chiết suất cao 1, hình 2c; kênh chất lỏng được tích hợp phía trên kênh điện môi có chiết suất cao 1, hình 2d; hoặc kênh chất lỏng được tích hợp cả bên cạnh và phía trên kênh điện môi có chiết suất cao 1, hình 2e. Chiết suất của kênh chất lỏng có thể được thay đổi khi sử dụng các chất lỏng quang học khác nhau hoặc sử dụng hiệu ứng quang điện. Để thay đổi chiết suất hiệu dụng của kênh dẫn sóng điện môi có chiết suất cao 1, sáng chế cũng đưa ra phương án thay thế kênh dẫn sóng điện môi có chiết suất cao 1 ở dạng rắn bằng một kênh dẫn sóng quang học chất lỏng 1', hình 1c và hình 2f. Việc thay đổi chiết suất của kênh dẫn sóng quang học chất lỏng được thực hiện tương tự như đối với kênh dẫn chất lỏng 7. Bằng cách thay đổi chiết suất hiệu dụng của kênh dẫn sóng điện môi có chiết suất cao dựa trên điện cực nhiễu loạn trường rìa, kênh chất lỏng kết cặp trực tiếp, hoặc thay thế kênh dẫn sóng điện môi có chiết suất cao bằng kênh dẫn sóng quang học chất lỏng với chiết suất có thể thay đổi, đặc trưng truyền quang học của kênh dẫn sóng plasmon lai có thể được điều khiển. 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 và phạm vi tùy biến chiều dài truyền. Kênh dẫn sóng plasmon lai tùy biến chiều dài truyền được đề xuất 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 chiều dài truyền lớn được tùy biến có thể ứng dụng trong làm các bộ điều biến tín hiệu quang, trong mạch quang tích hợp đa chức năng, trong quang học chất lỏng hoặc trong các cảm biến.

Hiệu quả kỹ thuật đạt được

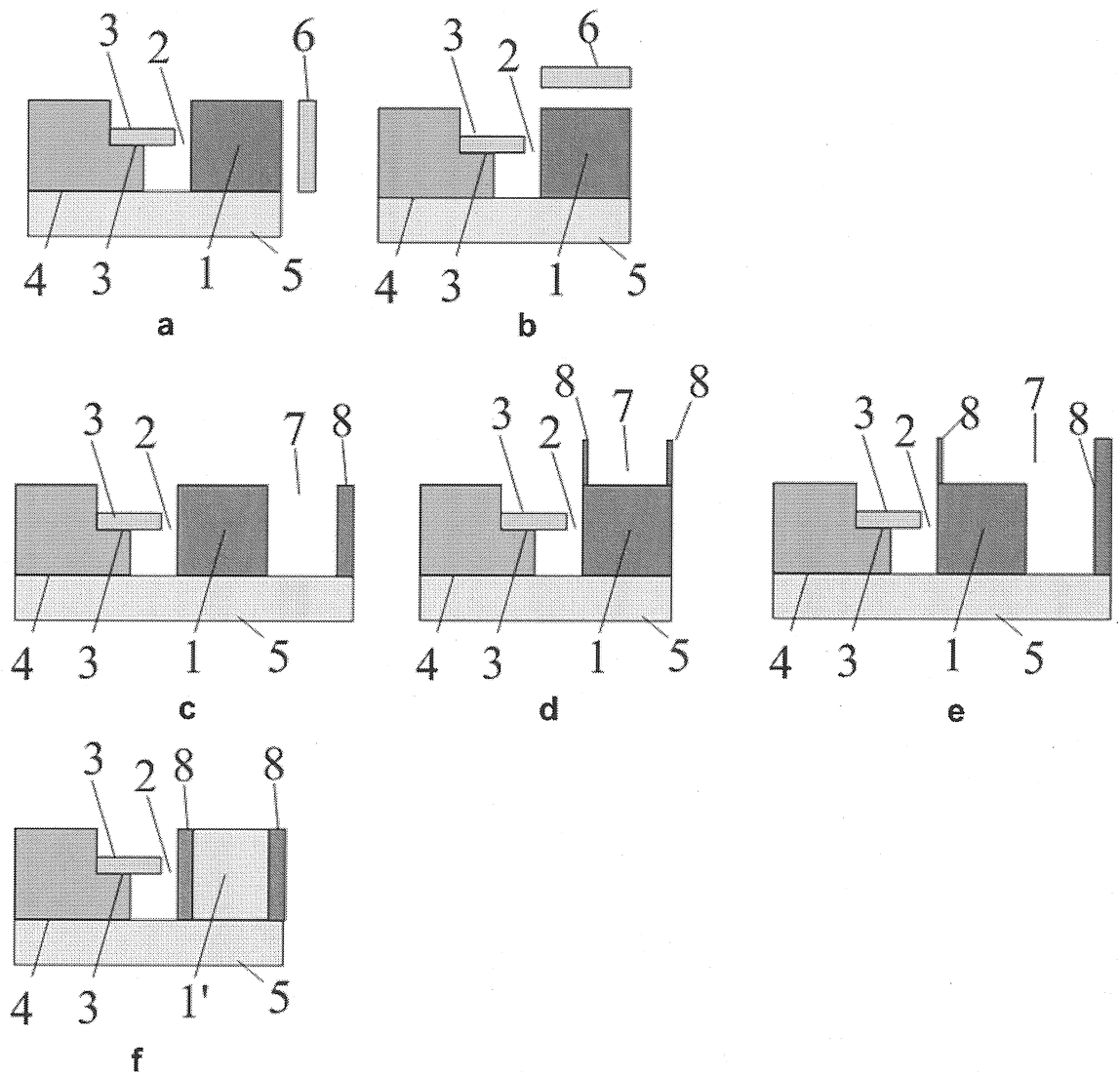
Đây là một sáng chế liên quan đến kênh dẫn sóng plasmon lai tùy biến chiều dài truyền trong khi diện tích một truyền hầu như không bị thay đổi trong một khoảng thay đổi rộng của chiều dài truyền. Việc điều khiển động và phạm vi biến đổi rộng chiều dài truyền hay suy hao truyền làm cho kênh dẫn sóng được đề xuất có rất nhiều ứng dụng trong các linh kiện quang tích cực ở tỷ lệ nano như kênh truyền dẫn sóng quang với kích thước một truyền nhỏ hơn bước sóng truyền với chiều dài truyền lớn, bộ điều biến quang, hoặc các cảm biến quang ... Hơn nữa, kênh dẫn sóng plasmon lai được đề xuất dễ dàng tích hợp trong các mạch quang. Bởi vì, quy trình chế tạo kênh dẫn sóng plasmon lai là đơn giản, không gặp phải sai sót như các kênh dẫn sóng plasmon truyền thống.

Yêu cầu bảo hộ

1. Kênh dẫn sóng plasmon lai tùy biến chiều dài truyền bao gồm một cấu trúc kim loại kết cặp với một kênh dẫn sóng điện môi có chiết suất cao thông qua một lớp điện môi có chiết suất thấp, trong đó đặc biệt có kênh điện môi có chiết suất cao với chiết suất có thể điều khiển bằng một trong các phương pháp sau: sử dụng điện cực nhiễu loạn trường rìa, sử dụng một kênh chất lỏng kết cặp trực tiếp với kênh điện môi có chiết suất cao hoặc thay thế kênh dẫn sóng điện môi có chiết suất cao bằng một kênh dẫn sóng quang học chất lỏng.
2. Kênh dẫn sóng plasmon lai tùy biến chiều dài truyền theo điểm 1, trong đó kênh dẫn sóng điện môi có chiết suất cao được điều khiển bằng cách sử dụng điện cực nhiễu loạn trường rìa, điện cực nhiễu loạn trường rìa có thể được dịch chuyển lại gần hoặc ra xa kênh dẫn sóng điện môi có chiết suất cao bằng phương pháp chấp hành lực tĩnh điện hoặc lực quang học.
3. Kênh dẫn sóng plasmon lai tùy biến chiều dài truyền theo điểm 1, trong đó kênh dẫn sóng điện môi có chiết suất cao được thay thế bằng một kênh dẫn sóng quang học chất lỏng, chiết suất của chất lỏng quang học có thể được thay đổi bằng cách sử dụng các chất lỏng khác nhau hoặc hiệu ứng quang điện.
4. Kênh dẫn sóng plasmon lai tùy biến chiều dài truyền theo điểm 1, trong đó kênh điện môi có chiết suất cao, điện cực nhiễu loạn trường rìa và kênh chất lỏng kết cặp trực tiếp có thể được chế tạo bằng công nghệ vi điện tử như kỹ thuật khắc, ăn mòn vật lý hoặc hóa học.
5. Kênh dẫn sóng plasmon lai tùy biến chiều dài truyền theo điểm 1, trong đó lớp điện môi có chiết suất thấp được tạo bằng bất kỳ một phương pháp lắng đọng sử dụng phương pháp vật lý hoặc hóa học.
6. Kênh dẫn sóng plasmon lai tùy biến chiều dài truyền 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.
7. Kênh dẫn sóng plasmon lai tùy biến chiều dài truyền theo điểm 1, trong đó vật liệu sử dụng làm kênh điện môi có chiết suất cao có thể là vật liệu silic hay bất kỳ một vật liệu điện môi khác có thể chế tạo được khi sử dụng công nghệ vi điện tử.



Hình 1



Hình 2.