



(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)



1-0048685

(51)^{2022.01} H01P 1/16; G01J 7/00; G01N 21/21;
G01N 21/77; H01P 3/20; H01P 11/00;
H01P 3/00; G01J 4/00; G02B 6/10

(13) B

(21) 1-2022-08526

(22) 27/12/2022

(45) 25/07/2025 448

(43) 27/03/2023 420A

(73) Đại học Bách khoa Hà Nội (VN)

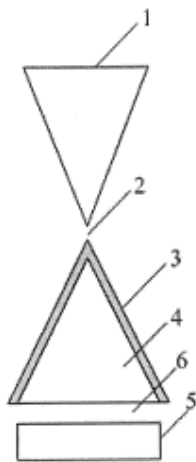
Số 1 Đại Cồ Việt, Hai Bà Trưng, Hà Nội

(72) Chu Mạnh Hoàng (VN); Trịnh Thị Hà (VN); Đặng Văn Hiếu (VN).

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

(21) 1-2022-08526

- (57) Sáng chế đề cập đến kênh dẫn sóng plasmon tùy biến chiều dài truyền dựa trên điều khiển mode kết cặp trong kênh điện môi định hình kênh dẫn sóng kim loại. Khi tùy biến chiều dài truyền, diện tích mode truyền có kích thước nhỏ hơn nhiều lần bước sóng ánh sáng truyền và hầu như không thay đổi. Kênh dẫn sóng plasmon tùy biến chiều dài truyền bao gồm một kênh kim loại được kết cặp với một kênh điện môi có chiết suất cao thông qua một lớp điện môi có chiết suất thấp, trong đó đặc biệt kênh điện môi định hình kênh kim loại được thay đổi chiết suất bằng nhiễu loạn trường mode bởi một điện cực hoặc sử dụng kênh dẫn sóng quang học chất lỏng hoặc kênh điện môi định hình làm từ vật liệu tích cực. Kênh điện môi định hình kênh dẫn kim loại có thể có dạng mặt cắt ngang hình tam giác, hình chữ nhật, hình vuông, hình tròn, hình bán nguyệt, hình vuông/hình chữ nhật có phần nhô ra dạng hình tam giác hoặc hình vuông/hình chữ nhật, cấu trúc kênh điện môi định hình cũng có thể có dạng lõi vỏ của các hình có mặt cắt ngang tương tự kênh điện môi định hình dạng rắn đồng nhất. Môi trường lõi có thể là rắn hoặc điền đầy chất lỏng. Việc nhiễu loạn trường mode kết cặp trong kênh điện môi định hình kênh kim loại được thực hiện bằng việc thay đổi chiết suất của kênh chất lỏng hoặc thay đổi chiết suất của lõi rắn. Kênh điện môi chỉ số khúc xạ cao cũng có thể có các mặt cắt ngang khác nhau tương tự như kênh điện môi định hình kênh dẫn kim loại. Kênh dẫn sóng plasmon tùy biến chiều dài truyền được nêu có thể được chế tạo dựa trên công nghệ vi cơ điện tử.



Hình 1

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến kênh dẫn sóng plasmon tùy biến chiều dài truyền. Kênh dẫn sóng plasmon tùy biến chiều dài truyền có cấu tạo gồm một kênh kim loại kết cặp với một kênh điện môi có chiết suất cao qua một lớp điện môi có chiết suất thấp. Kênh kim loại được tạo trên kênh điện môi định hình. Mode plasmon có thể truyền trên giao diện giữa kim loại/lớp điện môi chiết suất thấp hoặc trong khe hẹp điện môi có chiết suất thấp. Tính chất mode plasmon truyền được điều khiển bằng cách thay đổi chiết suất của kênh điện môi định hình. Chiết suất của kênh điện môi định hình có thể được thay đổi bằng các hiệu ứng quang điện, quang nhiệt hoặc nhiễu loạn trường mode kết cặp trong kênh điện môi định hình. Việc nhiễu loạn trường mode kết cặp trong cấu trúc kênh điện môi định hình có thể được thực hiện bằng cách dùng điện cực di chuyển đến gần hoặc ra xa kênh điện môi định hình. Việc nhiễu loạn trường mode kết cặp trong cấu trúc kênh điện môi định hình có thể được thực hiện bằng cách thay đổi chiết suất của môi trường trong cấu trúc kênh điện môi định hình khi sử dụng một kênh chất lỏng hoặc một vật liệu tích cực có thể thay đổi chiết suất.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong các nghiên cứu trước, việc điều biến đặc trưng truyền của kênh dẫn sóng plasmon được thực hiện bằng cách thay đổi chiết suất lớp phủ lên kênh dẫn sóng plasmon kim loại đơn, thay đổi chiết suất của kênh điện môi chỉ số cao hoặc chiết suất của khe hẹp điện môi chỉ số thấp trong kênh dẫn sóng plasmon khe hẹp lai. Ví dụ, đối với kênh dẫn sóng plasmon đơn, trong bài báo “Thermo-optic control of dielectric-loaded plasmonic waveguide components” của nhóm tác giả “J. Gosciniak, S. I. Bozhevolnyi, T. B. Andersen, V. S. Volkov, J. Kjelstrup-Hansen, L. Markey, and A. Dereux” đăng trong tạp chí “Opt Express” đã sử dụng hiệu ứng quang nhiệt để thay đổi chiết suất của lớp vật liệu PMMA phủ trên lớp kim loại để thay đổi đặc trưng truyền sóng plasmon ở giao diện điện môi và kim loại. Trong bài báo “Lossless propagation in active channel plasmon polariton waveguides”, của nhóm tác giả “K. Sheikhi, N. Granpayeh” đăng trong tạp chí “Optics Communications”, đặc trưng truyền ở giao diện kim loại và điện môi dạng rãnh chữ “V” sử dụng vật liệu tích cực điền đầy trong rãnh chữ V cũng đã được báo cáo.

Đối với kênh dẫn sóng plasmon khe hẹp lai, trong 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 graphene bằng hiệu ứng quang điện; trong báo cáo “Graphene-based hybrid plasmonic waveguide for highly efficient broadband mid-infrared propagation and modulation” của nhóm tác giả “L. Ye, K. Sui, Y. Liu, M. Zhang, Q. H. Liu” đăng trong tạp chí “Opt Express” đã trình bày một cơ chế để điều biến đặc trưng truyền của kênh dẫn sóng plasmon lai được tạo ra bởi màng graphene được điều khiển độ dẫn kết cặp với một kênh dẫn sóng dạng đế có phần nhô ra dạng parabol.

Trong các báo cáo nêu trên, kênh dẫn kim loại thường đủ dày để mode truyền ở giao diện kênh dẫn kim loại/lớp điện môi chỉ số khúc xạ thấp/kênh dẫn sóng điện môi chỉ số khúc xạ cao không bị ảnh hưởng bởi kênh điện môi định hình kênh kim loại. Để điều khiển đặc trưng truyền sóng plasmon ở giao diện kênh dẫn kim loại/lớp điện môi chỉ số khúc xạ thấp/kênh dẫn sóng điện môi chỉ số khúc xạ cao hoặc giao diện kênh dẫn kim loại/lớp điện môi khi số khúc xạ thấp, sáng chế này đưa ra giải pháp điều khiển mode kết cặp ở giao diện kênh kim loại và kênh điện môi định hình bằng cách thay đổi chiết suất của kênh điện môi định hình. Chiều dày của kênh dẫn kim loại đủ mỏng để thông qua điều khiển mode kết cặp ở giao diện kênh kim loại và kênh điện môi định hình sẽ làm thay đổi đặc trưng truyền sóng plasmon ở giao diện kênh dẫn kim loại/lớp điện môi khi số khúc xạ thấp/kênh dẫn sóng điện môi chỉ số khúc xạ cao hoặc giao diện kênh dẫn kim loại/lớp điện môi khi số khúc xạ thấp. Điều khiển mode kết cặp có thể được thực hiện bằng phương pháp nhiễu loạn trường rìa, hoặc bằng cách sử dụng hiệu ứng quang điện hoặc quang học chất lỏng hoặc hiệu ứng quang nhiệt để thay đổi chiết suất của kênh điện môi định hình kênh dẫn kim loại. Khi sử dụng cấu trúc kênh dẫn sóng được đề xuất, đặc trưng truyền của kênh dẫn sóng plasmon đơn và khe hẹp lai đều có thể được thực hiện một cách hiệu quả; chiều dài truyền lớn có thể tùy biến tới hơn 100%,

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là đề xuất kênh dẫn sóng plasmon tùy biến với chiều dài truyền sóng được điều biến trong phạm vi rộng, trong khi diện tích mode truyền được giữ hầu như không đổi. Kênh dẫn sóng plasmon tùy biến chiều dài truyền cũng có những ưu điểm như kích thước mode truyền nhỏ hơn bước sóng truyền, chiều dài truyền sóng plasmon lớn và có quy trình chế tạo đơn giản, dễ dàng tích hợp trong các mạch quang. So với các kênh dẫn sóng plasmon tùy biến chiều dài truyền 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 mode thường có sự thay đổi lớn. Trong sáng chế hiện tại, việc điều biến chiều dài truyền lớn trong khi giữ biến đổi diện tích mode truyền nhỏ có thể được thực hiện bằng cách nhiễu loạn trường mode của kênh dẫn điện môi định hình kênh dẫn kim loại khi sử dụng điện cực di chuyển lại gần hoặc ra xa kênh điện môi định hình kênh dẫn kim loại, hoặc sử dụng một kênh chất lỏng được điền đầy trong lõi của kênh điện môi định hình kênh kim loại, hoặc thay đổi chiết suất của kênh điện môi định hình kênh dẫn kim loại khi sử dụng trường điện để điều khiển chuyển tiếp pn, hoặc dùng vật liệu tích cực có thể thay đổi chiết suất làm kênh điện môi định hình kênh dẫn kim loại. 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 được thực hiện thông qua việc điều khiển đặc trưng quang cố định của kênh dẫn sóng plasmon lai như thay đổi cấu trúc hình học 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 tùy biến chiều dài truyền theo sáng chế hiện tại bao gồm các thành phần: một kênh kim loại kết cặp với một kênh điện môi có chiết suất cao qua một lớp điện môi có chiết suất thấp. Cấu trúc giao diện giữa kênh dẫn kim loại/lớp điện môi khi số khúc xạ thấp/kênh dẫn sóng điện môi chỉ số khúc xạ cao có các hình dạng mặt cắt

ngang khác nhau. Điều biến chiều dài truyền được thực hiện bằng cách nhiễu loạn trường mode trong kênh điện môi định hình kênh dẫn kim loại khi sử dụng điện cực di chuyển lại gần hoặc ra xa kênh điện môi định hình kênh dẫn kim loại (Hình 1, Hình 2, Hình 3, Hình 5), hoặc sử dụng một kênh chất lỏng được điền đầy trong lõi của kênh điện môi định hình kênh kim loại (Hình 4), hoặc thay đổi chiết suất của kênh điện môi định hình kênh dẫn kim loại khi sử dụng trường điện để điều khiển chuyển tiếp pn (Hình 6c), hoặc dùng vật liệu tích cực có thể thay đổi chiết suất làm kênh điện môi định hình kênh dẫn kim loại (Hình 6d).

Đối với cấu trúc hình học giao diện giữa kênh dẫn kim loại-lớp điện môi chỉ số khúc xạ thấp-kênh điện môi chỉ số khúc xạ cao, sáng chế này đưa ra các phương án thực hiện sau:

Theo phương án 1: kênh kim loại có mặt cắt ngang dạng tam giác được tạo trên kênh điện môi định hình có mặt cắt ngang tam giác kết cặp với kênh điện môi chỉ số khúc xạ cao có mặt cắt ngang dạng tam giác qua một lớp điện môi chỉ số thấp.

Theo phương án 2: kênh kim loại có mặt cắt ngang dạng tam giác được tạo trên kênh điện môi định hình có mặt cắt ngang tam giác kết cặp với kênh điện môi chỉ số khúc xạ cao có mặt cắt ngang dạng hình vuông/hình chữ nhật qua một lớp điện môi chỉ số thấp.

Theo phương án 3: kênh kim loại có mặt cắt ngang dạng tam giác được tạo trên kênh điện môi định hình có mặt cắt ngang tam giác kết cặp với kênh điện môi chỉ số khúc xạ cao có mặt cắt ngang dạng hình vuông/hình chữ nhật qua một lớp điện môi chỉ số thấp.

Theo phương án 4: kênh kim loại có mặt cắt ngang dạng tam giác được tạo trên kênh điện môi định hình có mặt cắt ngang tam giác kết cặp với kênh điện môi chỉ số khúc xạ cao có mặt cắt ngang dạng hình vuông/hình chữ nhật có phần nhô ra dạng tam giác qua một lớp điện môi chỉ số thấp.

Theo phương án 5: kênh kim loại có mặt cắt ngang dạng dải chữ nhật được tạo trên kênh điện môi định hình có mặt cắt ngang dạng hình vuông/hình chữ nhật kết cặp với kênh điện môi chỉ số khúc xạ cao có mặt cắt ngang dạng tam giác qua một lớp điện môi chỉ số thấp.

Theo phương án 6: kênh kim loại có mặt cắt ngang dạng dải chữ nhật được tạo trên kênh điện môi định hình có mặt cắt ngang dạng hình vuông/hình chữ nhật kết cặp với kênh điện môi chỉ số khúc xạ cao có mặt cắt ngang dạng hình vuông/hình chữ nhật có phần nhô ra dạng tam giác qua một lớp điện môi chỉ số thấp.

Theo phương án 7: kênh kim loại có mặt cắt ngang dạng hình tam giác được tạo trên kênh điện môi định hình có mặt cắt ngang dạng hình vuông/hình chữ nhật có phần nhô ra dạng tam giác kết cặp với kênh điện môi chỉ số khúc xạ cao có mặt cắt ngang dạng tam giác qua một lớp điện môi chỉ số thấp.

Theo phương án 8: kênh kim loại có mặt cắt ngang dạng hình tam giác được tạo trên kênh điện môi định hình có mặt cắt ngang dạng hình vuông/hình chữ nhật có phần nhô ra dạng tam giác kết cặp với kênh điện môi chỉ số khúc xạ cao có mặt cắt ngang dạng hình vuông/hình chữ nhật có phần nhô ra dạng tam giác qua một lớp điện môi chỉ số thấp.

Theo phương án 9: kênh kim loại có mặt cắt ngang dạng một phần hình vành khăn được tạo trên kênh điện môi định hình có mặt cắt ngang dạng tròn kết cặp với kênh điện môi chỉ số khúc xạ cao có mặt cắt ngang dạng tam giác qua một lớp điện môi chỉ số thấp.

Trong các phương án nêu ở trên về hình học giao diện giữa kênh dẫn kim loại-lớp điện môi chỉ số khúc xạ thấp-kênh điện môi chỉ số khúc xạ cao, tuy nhiên, sự kết hợp giữa các kênh kim loại có hình học khác nhau với bất kỳ một kênh điện môi chỉ số khúc xạ cao có hình học khác là hoàn toàn có thể thực hiện.

Đối với kích thước kênh kim loại, sáng chế này đưa ra các phương án thực hiện sau:

Theo phương án 1: phủ kim loại toàn bộ mặt trên của kênh điện môi định hình.

Theo phương án 2: phủ một phần nhỏ kim loại trên kênh điện môi định hình.

Chiều dày kênh kim loại phải đủ mỏng (nhỏ hơn 100 nm) để khi nhiễu loạn trường mode trong kênh điện môi định hình, đặc trưng dẫn sóng plasmon trong khe hẹp lại, ở giao diện giữa kênh kim loại và lớp điện môi chỉ số khúc xạ thấp được tùy biến.

Đối với kênh điện môi định hình kênh dẫn kim loại, sáng chế này đưa ra các phương án thực hiện sau:

Theo phương án 1: kênh điện môi định hình có dạng rắn đồng nhất.

Theo phương án 2: kênh điện môi định hình có dạng cấu trúc lõi vỏ.

Để điều khiển chiết suất của kênh điện môi định hình kênh dẫn kim loại đồng nhất, sáng chế này đưa ra các phương án thực hiện sau:

Theo phương án 1: sử dụng điện cực nhiễu loạn trường mode trong kênh điện môi định hình kênh dẫn kim loại.

Theo phương án 2: sử dụng vật liệu tích cực có thể thay đổi chiết suất làm kênh điện môi định hình kênh dẫn kim loại.

Theo phương án 3: sử dụng chuyển tiếp pn được điều khiển điện để thay đổi chiết suất làm kênh điện môi định hình kênh dẫn kim loại.

Để điều khiển chiết suất của kênh điện môi định hình dạng lõi vỏ, sáng chế này đưa ra các phương án thực hiện sau:

Theo phương án 1: lõi của kênh điện môi định hình kênh dẫn kim loại được điền đầy các dạng chất lỏng quang học có chiết suất khác nhau.

Theo phương án 2: lõi của kênh điện môi định hình kênh dẫn kim loại được điền đầy các dạng chất lỏng quang học với chiết suất có thể điều khiển bằng từ trường hoặc điện trường.

Đối với điện cực nhiễu loạn trường mode trong kênh điện môi định hình kênh dẫn kim loại, sáng chế này đưa ra các phương án thực hiện sau:

Theo phương án 1: điện cực nhiễu loạn được bố trí dịch chuyển theo phương vuông góc với giao diện kênh dẫn kim loại-lớp điện môi chỉ số khúc xạ thấp.

Theo phương án 2: điện cực nhiễu loạn được bố trí dịch chuyển theo phương song song với giao diện kênh dẫn kim loại-lớp điện môi chỉ số khúc xạ thấp.

Đối với kênh dẫn sóng plasmon tùy biến, sáng chế này đưa ra các phương án thực hiện sau:

Theo phương án 1: kênh dẫn sóng plasmon tùy biến chiều dài truyền là kênh dẫn sóng plasmon khe hẹp lại tùy biến có cấu tạo gồm một kênh kim loại kết cặp với một kênh điện môi có chiết suất cao qua một lớp điện môi có chiết suất thấp.

Theo phương án 2: kênh dẫn sóng plasmon tùy biến chiều dài truyền là kênh dẫn sóng plasmon đơn tùy biến bao gồm kênh kim loại được bố trí trên kênh điện môi định hình; chiết suất của kênh điện môi định hình có chiết suất lớn hơn môi trường bao quanh.

Vật liệu chế tạo kênh điện môi chỉ số khúc xạ cao và kênh điện môi định hình có thể cùng hoặc khác dạng vật liệu, đối với kênh điện môi định hình sử dụng chuyển tiếp pn có thể sử dụng vật liệu bán dẫn có chiết suất cao như silic để tạo chuyển tiếp pn.

Các cấu trúc kênh dẫn sóng plasmon tùy biến chiều dài truyền ở trên được bố trí theo phương vuông góc với phiên chế tạo linh kiện, tuy nhiên, các cấu trúc kênh dẫn sóng plasmon tùy biến chiều dài truyền cũng có thể được bố trí nằm trên mặt phẳng để chế tạo linh kiện.

Các cấu trúc kênh dẫn sóng plasmon 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 sử dụng phương pháp oxy hóa hoặc phún xạ 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 một cấu trúc kênh dẫn sóng plasmon tùy biến chiều dài truyền được đề xuất trong sáng chế này.

Hình 2 minh họa các cấu trúc khác của kênh dẫn sóng plasmon lai tùy biến chiều dài truyền với mặt cắt ngang kênh điện môi định hình kênh kim loại dạng tam giác (hình 2a và hình 2b), dạng hình chữ nhật/hình vuông (hình 2c và hình 2d), và hình tròn (hình 2e); nhiều loạn mode kênh điện môi định hình sử dụng các cấu trúc điện cực nhiều loạn trường rìa.

Hình 3 minh họa các cấu trúc khác của kênh dẫn sóng plasmon lai tùy biến chiều dài truyền với cấu trúc kênh dẫn sóng plasmon tương tự hình 1 và hình 2, tuy nhiên, kênh dẫn kim loại được thu nhỏ, phủ một phần lên kênh điện môi định hình; nhiều loạn mode kênh điện môi định hình sử dụng các cấu trúc điện cực nhiều loạn trường rìa.

Hình 4 minh họa các cấu trúc khác của kênh dẫn sóng plasmon lai tùy biến chiều dài truyền với kênh điện môi định hình dạng lõi vỏ, với mặt cắt ngang như dạng tam giác, dạng hình vuông/chữ nhật, dạng hình vuông/chữ nhật có phần nhô ra dạng tam giác và hình tròn.

Hình 5 minh họa các cấu trúc khác của kênh dẫn sóng plasmon lai tùy biến chiều dài truyền với các kênh dẫn sóng plasmon đơn tùy biến.

Hình 6 minh họa một số cấu trúc điều khiển chiết suất kênh điện môi định hình kênh kim loại sử dụng điện cực nhiều loạn và điều khiển điện chuyển tiếp pn.

Mô tả chi tiết sáng chế

Như được thể hiện trên hình 1, cấu trúc mặt cắt ngang kênh dẫn sóng plasmon tùy biến chiều dài truyền bao gồm các thành phần: kênh điện môi có chiết suất cao với mặt cắt ngang hình tam giác 1, lớp điện môi có chiết suất thấp 2, kênh dẫn kim loại có mặt cắt ngang dạng chữ V 3, kênh điện môi định hình kênh kim loại có mặt cắt ngang dạng nêm tam giác 4, điện cực nhiều loạn mode kênh điện môi định hình kênh kim loại 5, được bố

trí cách kênh điện môi định hình kênh kim loại một khe hẹp 6. Kênh dẫn kim loại 3 được tạo bằng cách lắng đọng một lớp kim loại trên kênh điện môi định hình 4. Chiết suất của kênh điện môi định hình 4 được điều biến bởi điện cực nhiễu loạn trường rìa 5. Điện cực nhiễu loạn trường rìa 5 có thể có được bố trí phía dưới kênh điện môi định hình kênh kim loại 4. Điện cực nhiễu loạn trường rìa 5 có thể dịch chuyển ra xa hoặc lại gần kênh điện môi định hình kênh kim loại bằng chấp hành tĩnh điện, lực quang học, ... Ngoài cấu trúc kênh dẫn sóng plasmon tùy biến chiều dài truyền trong hình 1, sáng chế này cũng đưa ra các cấu trúc kênh dẫn sóng plasmon tùy biến chiều dài truyền như trong hình 2: hình 2a minh họa kênh dẫn sóng plasmon lai tùy biến chiều dài truyền tương tự hình 1, tuy nhiên, kênh điện môi chỉ số khúc xạ cao có dạng mặt cắt ngang là hình vuông/hình chữ nhật 7 kết cặp với kênh kim loại có mặt cắt ngang dạng chữ V thông qua khe điện môi có chiết suất thấp 8; hình 2b minh họa kênh dẫn sóng plasmon lai tùy biến tương tự hình 2a, tuy nhiên, kênh điện môi chỉ số khúc xạ cao với mặt cắt ngang có dạng hình vuông/hình chữ nhật 9 có phần nhô ra dạng tam giác 10 kết cặp với kênh kim loại có mặt cắt ngang dạng chữ V thông qua khe điện môi 11; hình 2c và hình 2d minh họa hai dạng khác của kênh dẫn sóng plasmon lai tùy biến chiều dài truyền với kênh dẫn kim loại có dạng dải 13 được bố trí trên kênh điện môi định hình dạng hình vuông/hình chữ nhật 14; kênh điện môi chỉ số khúc xạ cao có mặt cắt ngang lần lượt có hình dạng mặt cắt ngang hình tam giác 1 (hình 2c) và mặt cắt ngang có dạng hình vuông/hình chữ nhật 9 có phần nhô ra dạng tam giác 10; các khe hẹp lại trong hình 2c và 2d lần lượt là 12 và 15; hình 2e và hình 2f minh họa hai dạng kênh dẫn sóng plasmon tùy biến chiều dài truyền với kênh dẫn kim loại dạng chữ V 17 được tạo ra trên kênh điện môi định hình có dạng hình vuông/hình chữ nhật có phần nhô ra dạng tam giác 16, kênh điện môi chỉ số khúc xạ cao trong hai hình 2e và hình 2f tương tự hình 1 và hình 2b; hình 2g minh họa một kênh dẫn sóng plasmon lai tùy biến chiều dài truyền với kênh kim loại có dạng nửa hình vành khăn 18 được bố trí trên kênh điện môi định hình 19, kênh kim loại 18 kết cặp với kênh điện môi chỉ số khúc xạ cao 1 thông qua lớp điện môi chỉ số thấp 20, nhiễu loạn kênh điện môi định hình 19 được thực hiện bằng cách thay đổi khoảng cách khe hẹp 6' giữa điện cực có dạng một phần hình vành khăn 5' so với kênh điện môi định hình 19; hình 3 minh họa các dạng kênh dẫn sóng plasmon lai tùy biến chiều dài truyền tương tự như hình 1 và hình 2, tuy nhiên, kênh dẫn kim loại được thu nhỏ từ 3 thành 3', 13 thành 13', và 18 thành 18'; khi thu nhỏ giao diện giữa kênh dẫn kim loại-lớp điện môi chỉ số khúc xạ thấp-kênh điện môi chỉ số khúc xạ cao, diện tích mode trong khe hẹp của kênh dẫn sóng plasmon càng giảm. Ngoài dạng kênh điện môi định hình kênh kim loại đồng nhất như trong các hình 1, hình 2 và hình 3, sáng chế này cũng đưa ra cấu trúc kênh điện môi định hình dạng lõi vỏ như trong hình 4: hình 4a là kênh lõi 4' và vỏ 4'' có dạng mặt cắt ngang hình tam giác, hình 4b là kênh lõi 14' và vỏ 14'' có dạng mặt cắt ngang hình vuông/chữ nhật, hình 4c là kênh lõi 16' và vỏ 16'' có dạng mặt cắt ngang hình vuông/chữ nhật với phần nhô ra dạng tam giác 10, hình 4d là kênh lõi 19' và vỏ 19'' có dạng mặt cắt ngang hình tròn; các lõi 4', 14', 16' và 19' có thể điền đầy chất lỏng quang học, 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. Kênh dẫn sóng plasmon tùy biến chiều dài truyền có thể đứng độc lập ở dạng kênh dẫn sóng plasmon đơn như hình 5 (không có phần kênh điện môi chỉ số khúc xạ cao): hình 5a, hình 5b, hình 5c, và hình 5d là các kênh dẫn sóng đơn

tùy biến với kênh điện môi đồng nhất tương tự hình 2c, 3d, 3f, và hình 3h, tuy nhiên, không có thành phần kênh dẫn sóng điện môi chỉ số khúc xạ cao; hình 5e, hình 5f, hình 5g, và hình 5h là các kênh dẫn sóng đơn tùy biến với kênh điện môi dạng lõi vỏ tương tự hình 4a, 4b, 4c, và hình 4d, tuy nhiên, không có thành phần kênh dẫn sóng điện môi chỉ số khúc xạ cao. Trong các minh họa về kênh dẫn sóng plasmon tùy biến chiều dài truyền ở trên, điện cực nhiều loạn có thể được bố trí ở các vị trí khác, hình 6a minh họa điện cực nhiều loạn được bố trí đối diện với kênh dẫn kim loại hoặc bố trí bên cạnh như hình 6b, việc thay đổi vị trí kênh nhiều loạn cũng sẽ ảnh hưởng đến hiệu quả của việc tùy biến, hình 6c minh họa một cấu trúc thay đổi chiết suất kênh điện môi định hình khi sử dụng điều khiển điện chuyển tiếp pn. Tuy vậy, việc lựa chọn vị trí của điện cực nhiều loạn phụ thuộc vào yêu cầu của linh kiện quang cần chế tạo, yêu cầu của việc tích hợp kênh dẫn sóng plasmon lai trong mạch quang. Trong các cấu trúc kênh dẫn sóng plasmon lai tùy biến và kênh dẫn sóng đơn tùy biến chiều dài truyền ở trên, kênh điện môi định hình kênh kim loại có thể làm từ vật liệu tương tự như vật liệu làm kênh điện môi có chỉ số khúc xạ cao. Việc thay đổi cấu trúc, kích thước và vật liệu kênh dẫn sóng plasmon lai có thể thay đổi đặc trưng truyền, kích thước mode truyền và phạm vi tùy biến chiều dài truyền. Hình dạng mặt cắt ngang của các kênh dẫn sóng điện môi có chỉ số khúc xạ cao cũng như kênh điện môi định hình kênh dẫn kim loại có thể có các hình dạng khác nhau ngoài các hình dạng đã được minh họa trong các hình vẽ của sáng chế, hơn nữa, các kênh dẫn sóng điện môi có chỉ số khúc xạ có mặt cắt ngang khác nhau có thể kết cặp với các kênh kim loại có các kênh điện môi định hình khác nhau ngoài các cách kết hợp được minh họa trong các hình của sáng chế. Kênh dẫn sóng plasmon 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 mode 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 tùy biến chiều dài truyền dựa trên điều khiển mode kết cặp trong kênh điện môi định hình kênh dẫn sóng kim loại. Khi tùy biến chiều dài truyền, diện tích mode truyền có kích thước nhỏ hơn nhiều lần bước sóng ánh sáng truyền và hầu như không đổi. Phạm vi biến đổi rộng chiều dài truyền trong khi diện tích mode không thay đổi làm cho kênh dẫn sóng plasmon 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, bộ điều biến quang, hoặc các cảm biến quang ... Hơn nữa, kênh dẫn sóng plasmon tùy biến chiều dài truyền được đề xuất dễ dàng tích hợp trong các mạch quang. Bởi vì, quy trình chế tạo kênh dẫn sóng plasmon là đơn giản, có thể chế tạo hàng loạt dựa trên công nghệ vi cơ điện tử.

Yêu cầu bảo hộ

1. Kênh dẫn sóng plasmon tùy biến chiều dài truyền bao gồm một kênh kim loại được kết cặp với một kênh dẫn sóng điện môi có chiết suất cao thông qua một lớp điện môi có chiết suất thấp, kênh kim loại được thiết kế trên một kênh điện môi định hình, trong đó đặc biệt kênh điện môi định hình được điều biến chiết suất làm nhiễu loạn trường mode ở giao diện kênh điện môi định hình và kênh kim loại dẫn đến làm biến đổi đặc trưng truyền sóng plasmon ở giao diện kênh dẫn kim loại và lớp điện môi có chiết suất thấp; kênh điện môi định hình được làm từ vật liệu rắn đồng nhất có một trong các hình dạng mặt cắt ngang như:

hình tam giác, hình chữ nhật, hình vuông, hình tròn, hình bán nguyệt, hình vuông/hình chữ nhật có phần nhô ra dạng hình tam giác hoặc hình chữ nhật/hình vuông;

kênh điện môi định hình cũng có thể có dạng cấu trúc lõi vỏ có mặt cắt ngang hình tam giác, hình chữ nhật, hình vuông, hình tròn, hình bán nguyệt, hình vuông/hình chữ nhật có phần nhô ra dạng hình tam giác hoặc hình chữ nhật/hình vuông; trong đó: môi trường lõi có thể là rắn đồng nhất hoặc điền đầy chất lỏng; việc nhiễu loạn trường mode ở giao diện kênh điện môi định hình và kênh kim loại được thực hiện bằng việc thay đổi chiết suất của kênh chất lỏng hoặc thay đổi chiết suất của lõi rắn;

kênh điện môi chỉ số khúc xạ cao cũng có thể có các mặt cắt ngang khác nhau tương tự như kênh điện môi định hình;

kênh kim loại được phủ toàn bộ mặt trên của kênh điện môi định hình hoặc phủ một phần trên kênh điện môi định hình;

chiều dày kênh kim loại phải đủ mỏng (nhỏ hơn 100 nm) để khi nhiễu loạn trường mode ở giao diện kênh điện môi định hình và kênh kim loại, đặc trưng dẫn sóng plasmon trong khe hẹp lại, ở giao diện giữa kênh kim loại và lớp điện môi chỉ số thấp được tùy biến;

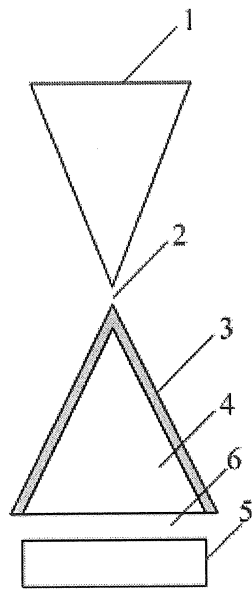
chiết suất của kênh điện môi định hình làm từ vật liệu rắn được điều khiển bằng cách sử dụng điện cực nhiễu loạn trường mode trong kênh điện môi định hình hoặc sử dụng vật liệu tích cực có thể thay đổi chiết suất làm kênh điện môi định hình hoặc sử dụng chuyển tiếp pn được điều khiển điện để thay đổi chiết suất;

chiết suất của kênh điện môi định hình dạng lõi vỏ được điều khiển khi điền đầy lõi bằng các dạng chất lỏng quang học có chiết suất khác nhau hoặc lõi của kênh điện môi định hình kênh dẫn kim loại được điền đầy các chất lỏng quang học với chiết suất có thể điều khiển bằng từ trường hoặc điện trường.

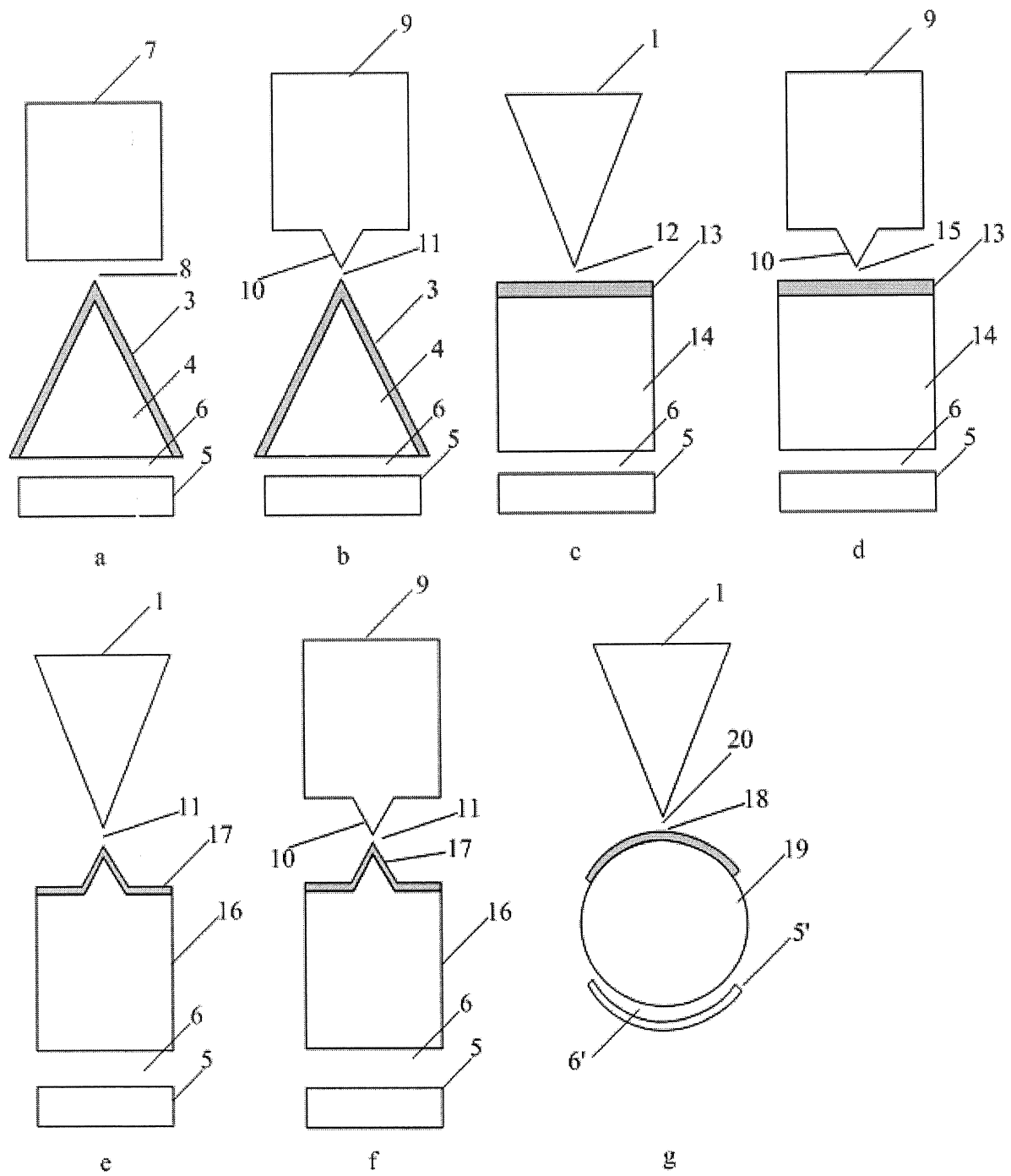
2. Kênh dẫn sóng plasmon tùy biến chiều dài truyền theo điểm 1, trong đó điện cực nhiễu loạn trường mode trong kênh điện môi định hình được bố trí dịch chuyển theo phương vuông góc với giao diện kênh dẫn kim loại-lớp điện môi chỉ số khúc xạ thấp hoặc dịch chuyển theo phương song song với giao diện kênh dẫn kim loại-lớp điện môi chỉ số khúc xạ thấp.

3. Kênh dẫn sóng plasmon tùy biến chiều dài truyền theo điểm 1 và điểm 2, trong đó điện cực nhiễu loạn trường rìa có thể được dịch chuyển lại gần hoặc ra xa kênh điện môi định hình bằng một trong các phương pháp chấp hành như lực tĩnh điện, lực từ hoặc lực quang học.

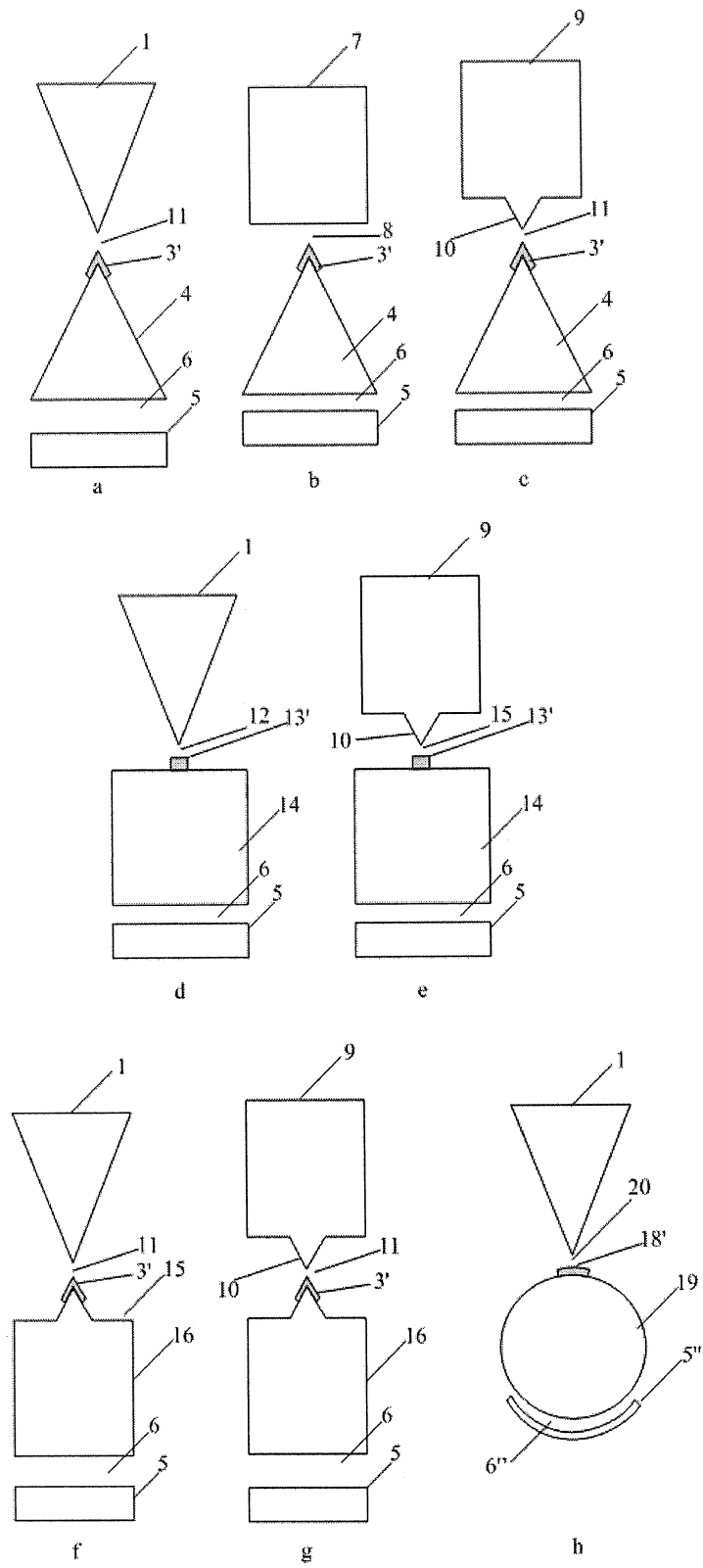
4. Kênh dẫn sóng plasmon tùy biến chiều dài truyền theo điểm 1 đến điểm 3, trong đó kênh dẫn sóng plasmon tùy biến chiều dài truyền là kênh dẫn sóng đơn tùy biến bao gồm kênh kim loại được bố trí trên kênh điện môi định hình; chiết suất của kênh điện môi định hình có chiết suất lớn hơn môi trường bao quanh.
5. Kênh dẫn sóng plasmon tùy biến chiều dài truyền theo điểm 1 đến điểm 4, vật liệu chế tạo kênh điện môi chỉ số khúc xạ cao và kênh điện môi định hình có thể cùng hoặc khác dạng vật liệu, đối với kênh điện môi định hình sử dụng chuyển tiếp pn có thể sử dụng vật liệu bán dẫn có chiết suất cao như silic để tạo chuyển tiếp pn.
6. Kênh dẫn sóng plasmon tùy biến chiều dài truyền theo điểm 1 đến điểm 5 có thể bố trí theo chiều vuông góc với bề mặt phẳng hoặc nằm ngang trên bề mặt phẳng trong các ứng dụng chế tạo mạch quang tích hợp.



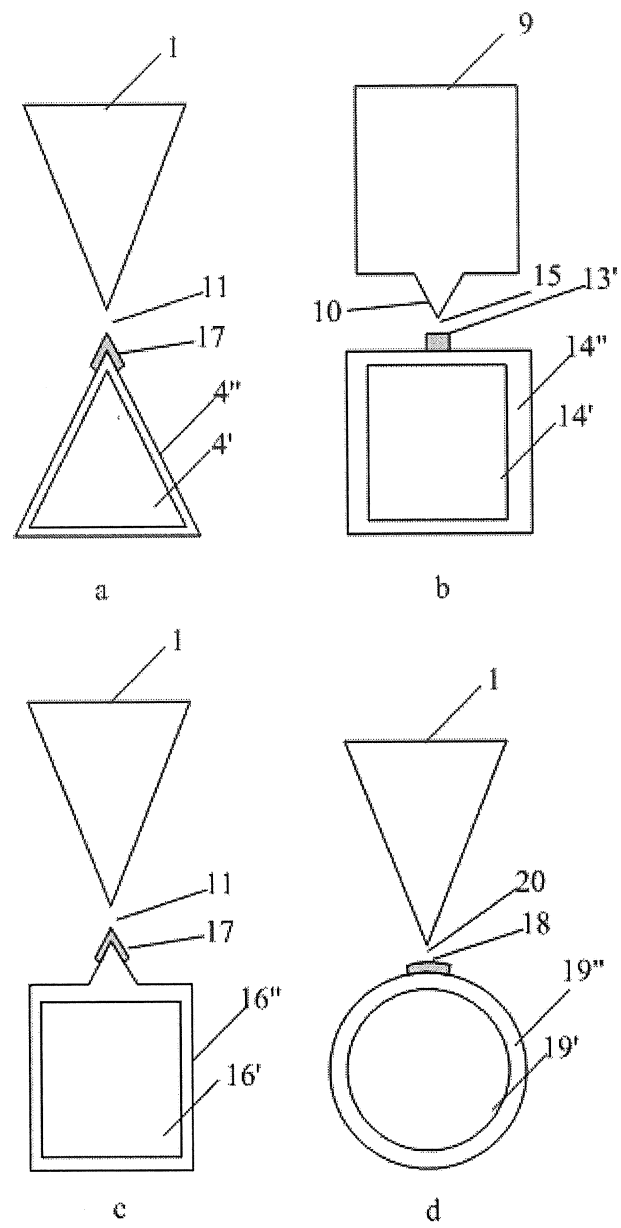
Hình 1



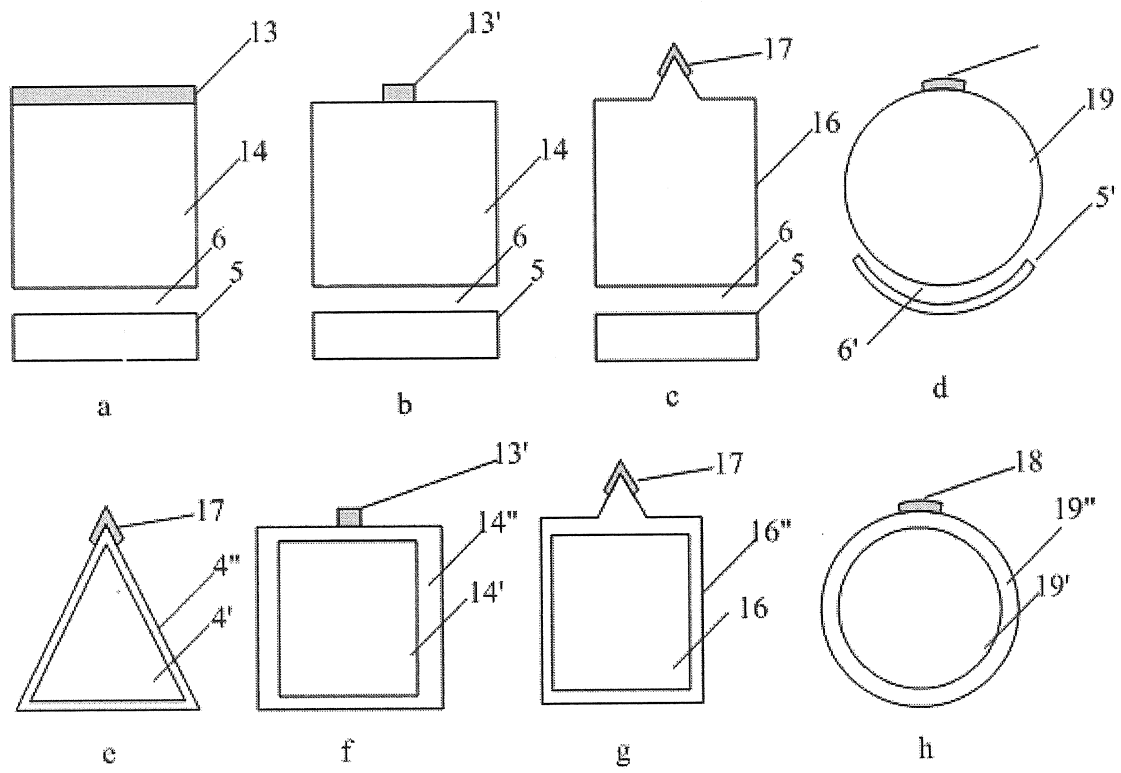
Hình 2



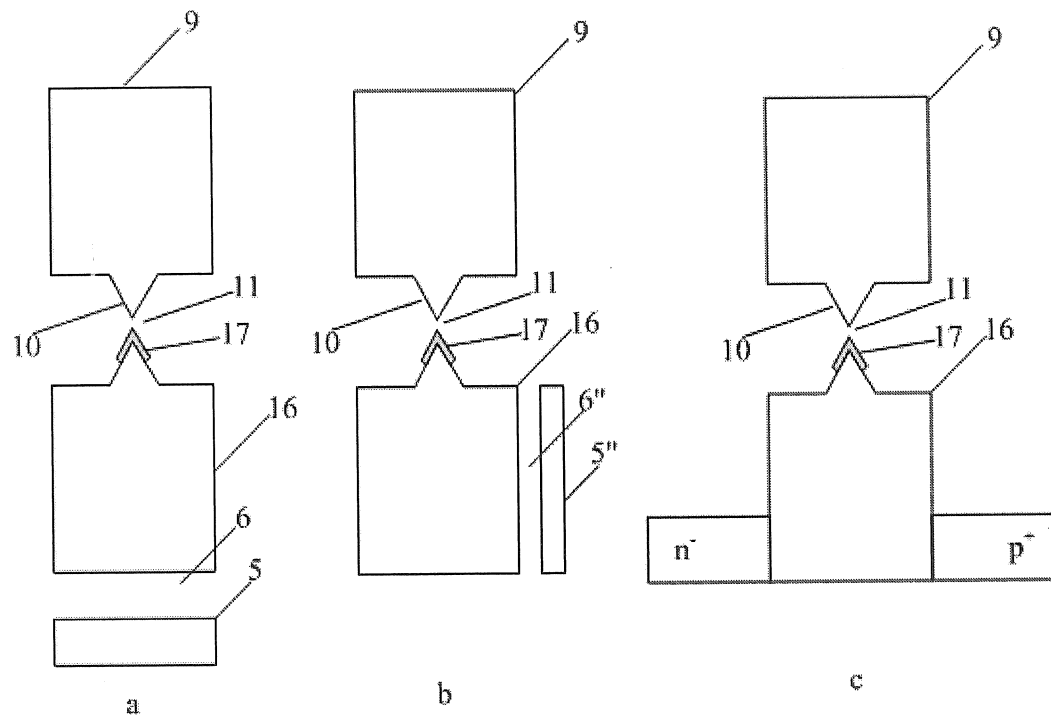
Hình 3



Hình 4



Hình 5



Hình 6