



(12) **BẢN MÔ TẢ GIẢI PHÁP HỮU ÍCH THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN
GIẢI PHÁP HỮU ÍCH**

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

(11)



2-0002363

(51) **H01P 1/16; G01J 7/00; G01N 21/21; G01N**
2019.01 **21/77; H01P 3/20; H01P 11/00; H01P 3/00;**
G01J 4/00; G02B 6/10

(13) **Y**

(21) 2-2020-00068

(22) 18/02/2020

(45) 27/07/2020 388

(43)

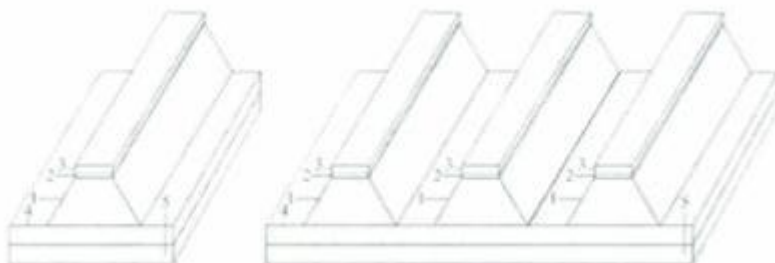
(73) Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội (VN)

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

(72) Chu Mạnh Hoàng (VN); Nguyễn Thanh Hương (VN).

(54) KÊNH DẪN SÓNG PLASMON LAI

(57) Giải pháp hữu ích đề cập đến kênh dẫn sóng plasmon lai. Kênh dẫn sóng plasmon lai bao gồm một kênh điện môi chỉ số cao, phía trên đỉnh kênh điện môi chỉ số cao này có một lớp điện môi chỉ số thấp và một lớp kim loại bên trên lớp điện môi chỉ số thấp này. Sóng plasmon sẽ được dẫn trong lớp điện môi chỉ số thấp. Kênh điện môi chỉ số cao có thể là dạng hình thang đơn giản hoặc kênh dạng hình thang có đế phía dưới. Kênh điện môi chỉ số cao cũng có thể là dạng hình bán nguyệt đơn giản hoặc kênh dạng hình bán nguyệt có đế phía dưới. Kênh điện môi chỉ số cao có thể được chế tạo bằng kỹ thuật khắc, ăn mòn di hướng hoặc ăn mòn khô. Lớp điện môi chỉ số thấp 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. Chiều rộng của lớp điện môi chỉ số thấp và lớp kim loại có thể có chiều rộng khác nhau và nhỏ hơn kích thước cạnh trên của kênh điện môi chỉ số cao. 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

Giải pháp hữu ích đề cập đến kênh dẫn sóng plasmon lai. Cấu trúc của kênh dẫn sóng bao gồm một kênh điện môi chỉ số khúc xạ cao, trên đỉnh của kênh điện môi này có một lớp điện môi chỉ số thấp hơn; trên lớp điện môi chỉ số thấp là một lớp kim loại. Một plasmon được truyền trong lớp điện môi chỉ số thấp. Tính chất một plasmon truyền và khả năng truyền dẫn sóng plasmon được điều khiển bằng cách thay đổi hình học và kích thước kênh điện môi chỉ số cao, thông số hình học hoặc vật liệu lớp điện môi chỉ số thấp, lớp kim loại hoặc điều khiển chiết suất của kênh điện môi chỉ số cao.

Tình trạng kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Kênh dẫn sóng plasmonic dựa trên truyền dẫn ở giao diện giữa điện môi và kim loại thể hiện sự giam hãm lớn nhưng suy hao mạnh bởi năng lượng điện từ suy hao lớn trong kim loại. Điều này dẫn đến việc ứng dụng chúng bị hạn chế. Để khắc phục hạn chế này, các kênh dẫn sóng plasmon lai đã được phát triển nhằm tăng chiều dài truyền, nhưng vẫn đảm bảo kích thước một truyền nhỏ. Trong các nghiên cứu trước, kênh dẫn sóng lai thường được tạo bằng cách phủ lớp kim loại lên toàn bộ kênh điện môi, điều này dẫn tới suy hao gây bởi hiệu ứng ohmic lớn. Ví dụ: kênh dẫn sóng tải điện môi được báo cáo trong bài báo “Low-loss hybrid plasmonic waveguide with double low-index nano-slots”, của nhóm tác giả D. Dai và S. He, đăng trong tạp chí “Optics Express”, bài báo “Silicon-based horizontal nanoplasmonic slot waveguides for on-chip integration”, của nhóm tác giả S. Zhu, T. Y. Liow, G. Q. Lo, và D. L. Kwong, đăng trong tạp chí “Optics Express”. Các phát triển gần đây về kênh dẫn sóng tải điện môi, trong đó kênh dẫn sóng plasmon được tạo ra bằng cách lắng đọng một lớp oxit sau đó một lớp kim loại trên kênh dẫn sóng điện môi hình chữ nhật. Kênh dẫn sóng plasmon lai dựa trên silic với cấu trúc dạng một kênh dẫn sóng hình chữ nhật được thiết kế trên một đế được báo cáo trong bài báo “A silicon-based hybrid plasmonic waveguide with a metal cap for a nano-scale light confinement”, của nhóm tác giả D. Dai và S. He, đăng trong tạp chí “Optics Express”. Tuy vậy, đối với kênh dẫn sóng được đề cập, việc thay đổi kích thước kênh điện môi kéo theo sự thay đổi của kênh dẫn sóng plasmonic lai trên đỉnh, điều này sẽ làm cho việc điều khiển đặc trưng một truyền không dễ dàng. Chẳng hạn khi thu nhỏ kích thước của kênh điện môi thì hiện tượng cắt một trong kênh dẫn sóng điện môi xuất hiện. Hơn nữa, việc thu nhỏ một plasmon truyền không thể thực hiện bằng cách giảm kích thước kênh dẫn sóng điện môi. Gần đây trong bài báo “Hybrid Plasmonic Waveguides: Theory and Applications”, của tác giả Muhammad Zulfiker Alam công bố 06/12/2012, Luận Văn Tiến sĩ, Đại học Toronto, đã báo cáo các linh kiện phân cực ánh sáng dựa trên kênh dẫn sóng plasmonic lai, trong đó, lớp kim loại có thể được thiết kế nhỏ hơn hoặc bằng chiều

rộng của kênh điện môi chỉ số cao Silic. Kênh dẫn sóng plasmonic lai đã được chế tạo bằng công nghệ ăn mòn khô. Profile của kênh dẫn sóng plasmonic lai tạo thành có dạng hình thang thay vì hình chữ nhật như được thiết kế, kết quả này gây bởi sai số chế tạo. Sai số chế tạo và bề mặt nhám gây bởi ăn mòn khô có thể dẫn đến suy hao kết cặp và tán sắc bề mặt lớn. Một số kênh dẫn sóng plasmonic lai với mặt cắt ngang khác cũng đã được công bố, chẳng hạn như trong bài báo “A Hybrid Plasmonic Waveguide for the Propagation of Surface Plasmon Polariton at 1.55 μm on SOI Substrate”, bởi tác giả S.A. Amirhosseini và R. Safian, được công bố vào ngày 17/05/2013, trên tạp chí “IEEE Transactions on Nanotechnology”, đã báo cáo một kênh dẫn sóng lai với kênh điện môi chỉ số cao có dạng bán nguyệt. Tuy vậy, việc điều khiển chiều rộng lớp kim loại tùy ý là không thể thực hiện được. Việc thu nhỏ lớp kim loại không chỉ giảm tổn hao truyền gây bởi sóng điện từ truyền trong lớp kim loại mà còn giảm kích thước một truyền sóng. Hơn nữa, kênh dẫn sóng được công bố có cấu trúc rất phức tạp. Vì vậy, nó là rất khó để chế tạo. Trong các công trình công bố trên, việc tạo ra các kênh dẫn sóng lai với khả năng điều biến đặc trưng truyền dựa trên điều khiển chiết suất của kênh điện môi chỉ số khúc xạ cao vẫn chưa được giới thiệu.

Để khắc phục các vấn đề nêu trên, trong sáng chế này, kênh dẫn sóng plasmon lai có thể chế tạo và tích hợp một cách dễ dàng trong khi các đặc trưng quang như kích thước một truyền, chiều dài truyền lớn hơn so với các cấu trúc dẫn sóng plasmon lai tương tự. Kích thước một plasmon truyền trong kênh và đặc trưng truyền dẫn sóng plasmon lai được điều khiển dễ dàng dựa trên việc lựa chọn thiết kế hình học, kích thước, vật liệu và điều biến chỉ số chiết suất của kênh dẫn sóng plasmon lai.

Bản chất kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Mục đích của giải pháp hữu ích là đề xuất kênh dẫn sóng plasmon lai có quy trình chế tạo đơn giản, dễ dàng được tích hợp và đặc trưng quang như kích thước một nhỏ, chiều dài truyền sóng plasmon lớn. Các đặc trưng quang của kênh dẫn sóng plasmon lai được đề xuất dễ dàng được điều khiển bằng cách thay đổi kích thước hình học, cấu trúc, vật liệu chế tạo kênh dẫn sóng plasmon lai và chiết suất của kênh điện môi chỉ số khúc xạ cao. So với các cấu trúc kênh dẫn sóng plasmon lai được công bố trước đây thường có dạng hình chữ nhật, hình tam giác, hình chữ nhật trên một đế, trong đó lớp dẫn sóng plasmon thường được phủ kín kênh dẫn sóng. Việc điều biến truyền dẫn sóng plasmon trong các kênh này không dễ dàng được thay đổi để đạt được thực hiện tối ưu, đặc biệt là sự tồn tại của suy hao ohmic trong kênh này khi tăng kích thước của lớp kim loại. Trong giải pháp hữu ích này nhằm điều khiển đặc trưng quang của kênh dẫn sóng plasmon lai, kênh dẫn sóng plasmon được đề xuất có mặt cắt ngang dạng hình thang đơn giản hoặc hình thang

có để dạng hình chữ nhật với cùng một vật liệu, hình chữ nhật đơn giản hoặc hình chữ nhật có để dạng hình chữ nhật với cùng một vật liệu hoặc hình bán nguyệt hoặc hình bán nguyệt có để dạng hình chữ nhật. Việc điều khiển đặc trưng quang cũng có thể được thực hiện bằng việc thay đổi hằng số của lớp dẫn sóng plasmon chỉ số thấp, lớp kim loại phía trên hoặc điều khiển chiết suất của kênh điện môi chỉ số khúc xạ cao. Để đạt được mục đích nêu trên, kênh dẫn sóng plasmon theo Giải pháp hữu ích hiện tại bao gồm: một kênh điện môi chiết suất cao dạng hình thang, phía trên kênh điện môi chỉ số cao này lần lượt được phủ một lớp điện môi chỉ số thấp và lớp kim loại (Hình 1). Đối với thiết kế cấu trúc lớp điện môi chỉ số thấp và lớp kim loại, giải pháp hữu ích này đưa ra 3 phương án để thực hiện như sau:

Theo phương án 1:

Hình 2a minh họa mặt cắt ngang của kênh dẫn sóng plasmon hình 1; lớp oxít và lớp kim loại có chiều rộng như chiều rộng cạnh đỉnh của kênh điện môi chỉ số cao;

Theo phương án 2:

Hình 2b minh họa mặt cắt ngang của kênh dẫn sóng plasmon hình 1; lớp kim loại có chiều rộng nhỏ hơn chiều rộng của lớp oxít và cạnh đỉnh của kênh điện môi chỉ số cao;

Theo phương án 3:

Hình 2c minh họa mặt cắt ngang của kênh dẫn sóng plasmon hình 1; lớp oxít có chiều rộng nhỏ hơn chiều rộng của lớp kim loại và cạnh đỉnh của kênh điện môi chỉ số cao;

Đối với thiết kế kênh điện môi chỉ số cao, giải pháp hữu ích này đưa ra 6 phương án thực hiện:

Theo phương án 1:

Mặt cắt ngang của kênh chỉ số cao có dạng hình thang như trong hình 2d.

Theo phương án 2:

Mặt cắt ngang của kênh chỉ số cao có dạng hình thang có để là hình chữ nhật như được thể hiện trong hình 2e.

Theo phương án 3:

Mặt cắt ngang của kênh chỉ số cao có dạng hình chữ nhật như được thể hiện trong hình 2f.

Theo phương án 4:

Mặt cắt ngang của kênh chỉ số cao có dạng hình chữ nhật có để là hình chữ nhật như được thể hiện trong hình 2g.

Theo phương án 5:

Mặt cắt ngang của kênh chỉ số cao có dạng bán nguyệt như trong hình 2h.

Theo phương án 6:

Mặt cắt ngang của kênh chỉ số cao có dạng hình bán nguyệt có để là hình chữ nhật như được thể hiện trong hình 2i.

Các cấu trúc kênh dẫn sóng plasmon dạng kênh 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, hóa học hoặc oxy hóa nhiệt. 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. Cấu trúc kênh dẫn sóng plasmon ngoài dạng đơn kênh như hình 1 a, chúng cũng có thể cấu trúc dạng đa kênh (mảng) như hình 1 b.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Giải pháp hữu ích 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 giải pháp hữu ích này; hình 1 a dạng đơn kênh và hình 1 b dạng đa kênh.

Hình 2 minh họa các cấu trúc mặt cắt ngang của kênh dẫn sóng plasmon lai được đề xuất.

Mô tả chi tiết giải pháp hữu ích

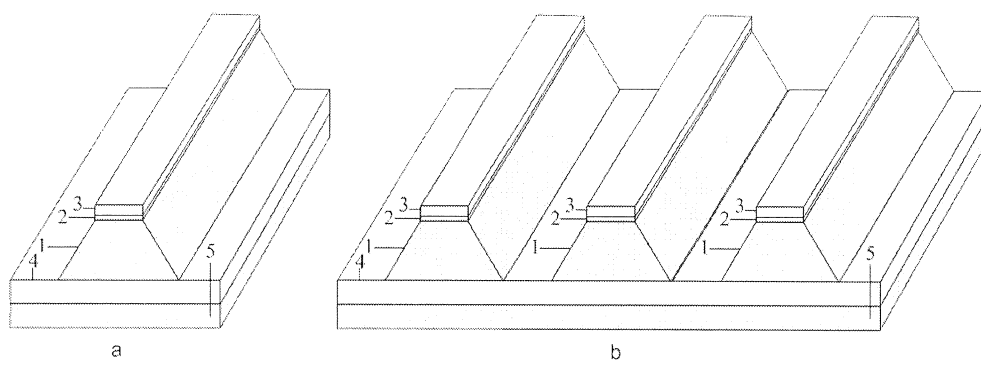
Như được thể hiện trên hình 1, cấu trúc hình học 3 chiều của kênh dẫn sóng plasmon lai bao gồm: kênh điện môi chỉ số cao có mặt cắt ngang dạng hình thang 1, lớp điện môi chỉ số thấp 2, lớp kim loại 3, kênh điện môi 1 được chế tạo trên một lớp điện môi chỉ số thấp 4 có chức năng cách ly quang trên một đế điện môi 5, có tác dụng như đế đỡ. Chiều rộng của lớp kim loại và oxit có thể khác nhau và nhỏ hơn chiều dài của cạnh hình thang ở đỉnh của kênh điện môi chỉ số cao như được thể hiện trên hình 2 a-c. Kênh điện môi chỉ số cao cũng có thể là dạng hình thang trên một đế hình chữ nhật của cùng một vật liệu như trên hình 2 e. Kênh điện môi chỉ số cao cũng có thể là dạng hình chữ nhật như hình 2 f hoặc hình chữ nhật trên một đế hình chữ nhật của cùng một vật liệu như hình 2 g. Kênh điện môi chỉ số cao cũng có thể là dạng hình bán nguyệt như hình 2 h hoặc hình bán nguyệt trên một đế hình chữ nhật của cùng một vật liệu như hình 2 i. 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 oxy hóa, phún xạ hoặc lắng đọng hơi hóa học. 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 đơn kênh như hình 1 a, chúng cũng có thể cấu trúc dạng đa kênh (mảng) dẫn sóng plasmon lai như hình 1 b. Kênh dẫn sóng plasmon lai có thể được chế tạo dựa trên công nghệ vi điện tử. Kênh dẫn sóng plasmon trong giải pháp hữu ích này có thể ứng dụng cho việc dẫn sóng plasmon với kích thước một ở tỷ lệ nano và khoảng cách truyền xa hoặc trong các linh kiện quang. 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.

Những hiệu quả có thể đạt được

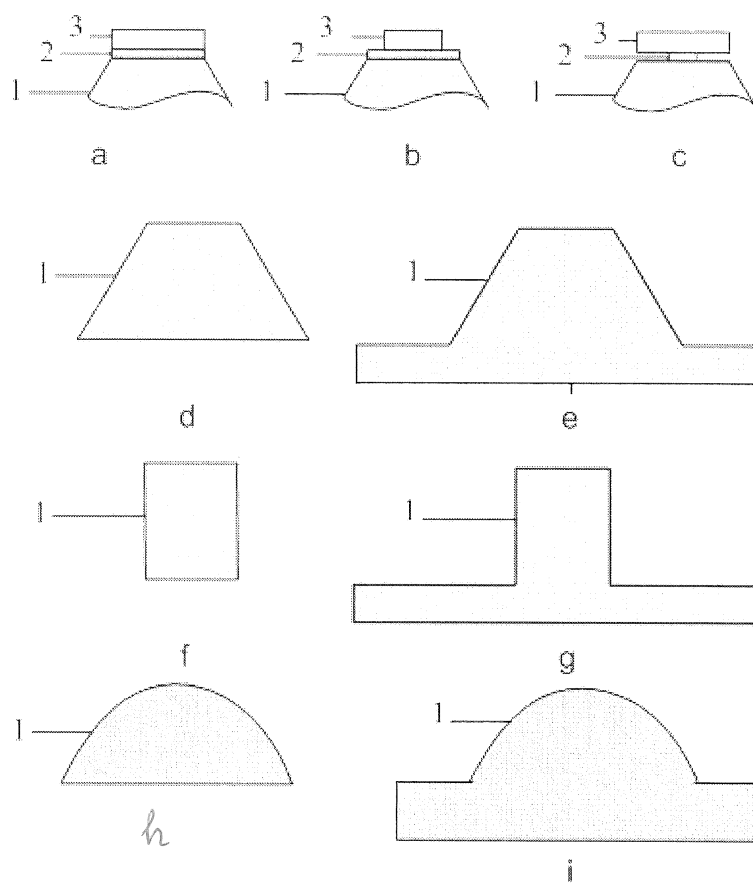
Đây là một giải pháp hữu ích liên quan đến kênh dẫn sóng plasmon lai. Kênh dẫn sóng plasmon có thể dễ dàng tích hợp trong các mạch quang bởi quy trình chế tạo đơn giản. Đặc trưng truyền dẫn sóng plasmon trong kênh như chiều dài truyền, kích thước một có thể được điều khiển bằng cách thay đổi các thông số hình học, vật liệu chế tạo kênh hoặc điều khiển chiết suất của kênh dẫn sóng chỉ số cao. 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 ở tỷ lệ nano và bộ điều biến quang. Quy trình chế tạo đơn giản có thể sản xuất hàng loạt với giá thành thấp.

Yêu cầu bảo hộ

1. Kênh dẫn sóng plasmon lai, 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 thang, hình chữ nhật hoặc hình bán nguyệt đơn giản, hình thang, hình chữ nhật hoặc hình bán nguyệt có đế;
trên đỉnh của kênh điện môi chỉ số khúc xạ cao có một lớp điện môi chỉ số thấp; trên lớp điện môi chỉ số thấp là một lớp kim loại; trong cấu trúc kênh dẫn sóng plasmon lai, chiều rộng của lớp điện môi chỉ số thấp và lớp kim loại có thể khác nhau, nhỏ hơn chiều rộng của kênh điện môi chỉ số cao; chiều rộng của lớp kim loại càng nhỏ sẽ càng giảm suy hao ohmic gây bởi sóng ánh sáng truyền trong lớp kim loại và giảm kích thước một truyền;
trong đó, kênh điện môi chỉ số cao có thể được chế tạo bằng một trong số các công nghệ vi điện tử bao gồm: kỹ thuật khắc, ăn mòn khô hoặc ăn mòn dị hướng ướt;
trong đó, lớp điện môi chỉ số thấp có thể sử dụng các vật liệu thụ động hoặc tích cực như vật liệu phi tuyến quang và được tạo bằng bất kỳ một phương pháp lắng đọng sử dụng phương pháp vật lý, hóa học hoặc oxy hóa;
trong đó, lớp điện môi chỉ số thấp có thể phủ hoàn toàn kênh điện môi chỉ số cao để tạo lớp bảo vệ, đồng thời tạo kênh dẫn sóng plasmon lai trên đỉnh.
2. Kênh dẫn sóng plasmon lai theo điểm 1, trong đó lớp kim loại có thể được chế tạo bằng phương pháp lắng đọng vật lý hoặc hóa học.



Hình 1



Hình 2.