



(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)



1-0034055

(51)⁷ G02F 1/01; G02F 1/025

(13) B

(21) 1-2017-03596

(22) 12/12/2015

(86) PCT/CN2015/097218 12/12/2015

(87) WO 2016/134607 A1 01/09/2016

(30) 14/630,093 24/02/2015 US

(45) 25/11/2022 416

(43) 27/11/2017 356A

(73) HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD. (CN)

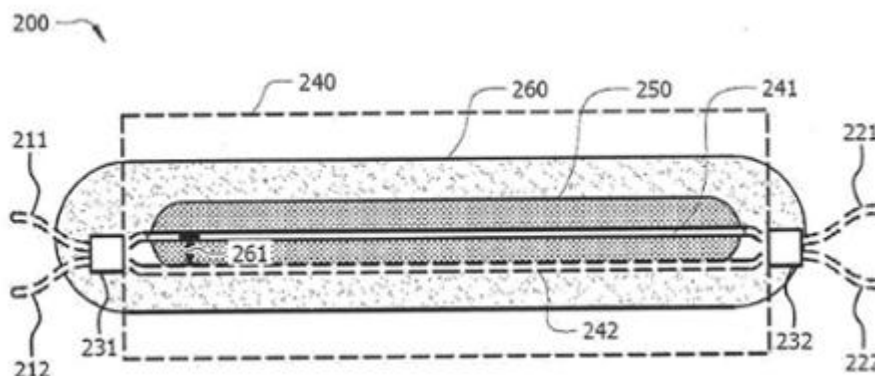
Huawei Administration Building, Bantian, Longgang District, Shenzhen, Guangdong 518129, China

(72) DUMAIS, Patrick (CA); CHROSTOWSKI, Lukas (CA).

(74) Công ty TNHH một thành viên Sở hữu trí tuệ VCCI (VCCI-IP CO.,LTD)

(54) THIẾT BỊ QUANG HỌC VÀ PHƯƠNG PHÁP TẠO CẤU HÌNH HỆ CHUYỂN MẠCH QUANG GIAO THOA KẾ MẠCH ZEHNDER

(57) Sáng chế đề cập đến thiết bị quang học và phương pháp tạo cấu hình hệ chuyển mạch quang giao thoa kế Mach Zehnder (MZI). Thiết bị quang học bao gồm bộ ghép đôi quang học thứ nhất được tạo cấu hình để thu tín hiệu ánh sáng và cấp đầu ra thứ nhất và đầu ra thứ hai, ống dẫn sóng quang thứ nhất trong truyền thông quang học với đầu ra thứ nhất và được tạo cấu hình để cấp đường dẫn quang thứ nhất cho phần thứ nhất của tín hiệu ánh sáng, và ống dẫn sóng quang thứ hai trong truyền thông quang học với đầu ra thứ hai và được tạo cấu hình để cấp đường dẫn quang thứ hai cho phần thứ hai của tín hiệu ánh sáng, trong đó ống dẫn sóng quang thứ nhất được tạo cấu hình để cấp sự chênh lệch pha giữa đường dẫn quang thứ nhất và đường dẫn quang thứ hai, trong đó ống dẫn sóng quang thứ hai được bố trí theo chiều dài khuếch tán nhiệt ngang được liên kết với ống dẫn sóng quang thứ nhất, và trong đó chiều dài khuếch tán nhiệt ngang là khoảng lan truyền của hiệu ứng nhiệt theo chiều vuông góc với đường dẫn quang thứ nhất.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến thiết bị quang học và phương pháp để tạo cấu hình hệ chuyển mạch quang giao thoa kế Mach Zehnder (MZI).

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các mạng quang học là các mạng truyền thông dữ liệu mà trong đó thông tin được truyền dưới dạng các tín hiệu ánh sáng. Các mạch của mạng quang học có thể được xây dựng từ các thiết bị và/hoặc thành phần quang học, như các sợi quang, các hệ chuyển mạch quang, các ma trận chuyển mạch quang, các bộ ghép đôi quang học, và/hoặc các bộ khuếch đại quang học. Các hệ chuyển mạch quang là các thành phần quang học mà cho phép các tín hiệu ánh sáng trong các sợi quang và/hoặc các mạch của mạng quang học được chuyển đổi và/hoặc được định tuyến một cách có lựa chọn từ một mạch sang mạch khác. Các ma trận chuyển mạch quang là các thành phần quang học mà cho phép lựa chọn đồng thời các kết nối của nhiều sợi quang đầu vào đến nhiều sợi quang đầu ra.

Các lượng tử ánh sáng silic có thể việi dẫn đến ứng dụng của silic như phương tiện quang học dùng cho các thiết bị quang học. Hiện nay, các thiết bị lượng tử ánh sáng silic đã được quan tâm trong nghiên cứu và ngành công nghiệp vì các thiết bị lượng tử ánh sáng silic có thể được chế tạo bằng cách sử dụng các quy trình chế tạo thương mại tiêu chuẩn (ví dụ như, quy trình chế tạo chất bán dẫn oxit kim loại bổ sung (CMOS)) và có thể cung cấp sự tích hợp điện tử-lượng tử ánh sáng trên mạch tích hợp đơn. Các ống dẫn sóng quang dây nano silic có thể cung cấp nền tảng thích hợp để xây dựng các thành phần và/hoặc các thiết bị cho truyền thông quang học. Một vài ví dụ của silic dựa trên các thiết bị quang học có thể bao gồm các bộ điều chế quang học, bộ truyền quang học, các bộ thu liên kết, các hệ chuyển mạch quang, các ma trận hệ chuyển mạch quang, và/hoặc các kết nối chéo quang học.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Theo một phương án, thiết bị quang học bao gồm bộ ghép đôi quang học thứ nhất được tạo cấu hình để thu tín hiệu ánh sáng và cấp đầu ra thứ nhất và đầu ra thứ hai, ống dẫn sóng quang thứ nhất trong truyền thông quang học với đầu ra thứ nhất và được tạo cấu hình để cấp đường dẫn quang thứ nhất cho phần thứ nhất của tín hiệu ánh sáng, và ống dẫn sóng quang thứ hai trong truyền thông quang học với đầu ra thứ hai và được tạo cấu hình để cấp đường dẫn quang thứ hai cho phần thứ hai của tín hiệu ánh sáng, trong đó ít nhất một ống dẫn sóng quang thứ nhất được tạo cấu hình để cấp sự chênh lệch pha giữa đường dẫn quang thứ nhất và đường dẫn quang thứ hai, trong đó ống dẫn sóng quang thứ hai được bố trí trong chiều dài khuếch tán nhiệt ngang được liên kết với ống dẫn sóng quang thứ nhất, và trong đó chiều dài khuếch tán nhiệt ngang là khoảng lan truyền của hiệu ứng nhiệt theo chiều vuông góc với đường dẫn quang thứ nhất.

Phương pháp bao gồm bước ghép đôi ống dẫn sóng quang thứ nhất với bộ tách quang học để cấp đường dẫn quang thứ nhất cho phần thứ nhất của việc chia sáng từ tín hiệu ánh sáng, trong đó ống dẫn sóng quang thứ nhất được cấy các tạp chất mà gây ra việc bơm các hạt mang tự do trong điện trường, và trong đó việc bơm các hạt mang tự do được liên kết với hiệu ứng nhiệt mà lan truyền trong chiều dài khuếch tán nhiệt ngang theo chiều vuông góc với đường dẫn quang thứ nhất, ghép đôi ống dẫn sóng quang thứ hai với bộ tách quang học để cấp đường dẫn quang thứ hai cho phần thứ hai của việc chia sáng từ tín hiệu ánh sáng, và định vị ống dẫn sóng quang thứ hai sao cho ống dẫn sóng quang thứ hai và ống dẫn sóng quang thứ nhất là song song và được chia bởi khoảng cách dựa trên chiều dài khuếch tán nhiệt ngang.

Theo phương án khác, thiết bị quang học bao gồm bộ ghép đôi quang học thứ nhất được tạo cấu hình để thu tín hiệu ánh sáng và cấp đầu ra thứ nhất và đầu ra thứ hai, ống dẫn sóng quang thứ nhất trong truyền thông quang học với đầu ra thứ nhất và được tạo cấu hình để cấp đường dẫn quang thứ nhất cho phần thứ nhất của tín hiệu ánh sáng, và ống dẫn sóng quang thứ hai trong truyền

thông quang học với đầu ra thứ hai và được tạo cấu hình để cấp đường dẫn quang thứ hai cho phần thứ hai của tín hiệu ánh sáng, trong đó ống dẫn sóng quang thứ nhất được pha tạp với các tạp chất để cấp sự chênh lệch pha giữa đường dẫn quang thứ nhất và đường dẫn quang thứ hai, và trong đó ống dẫn sóng quang thứ nhất và ống dẫn sóng quang thứ hai còn được tạo cấu hình để mở rộng cùng nhau theo chiều thứ nhất, và sau đó quay đến chiều thứ hai đối diện với chiều thứ nhất mà không cắt nhau.

Các đặc trưng này và các đặc trưng khác sẽ được hiểu rõ ràng hơn từ phần mô tả chi tiết dưới đây kết hợp với các hình vẽ và bộ yêu cầu bảo hộ kèm theo.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Để hiểu đầy đủ hơn về việc bộc lộ này, sự viện dẫn được tạo ra ở đây dùng cho việc mô tả vắn tắt dưới đây, được kết hợp với các hình vẽ kèm theo và sự mô tả chi tiết, trong đó các số tham chiếu đại diện cho các phần tương ứng với số đó.

FIG.1 là sơ đồ phương án của hệ chuyển mạch quang giao thoa kế Mach Zehnder (MZI).

FIG.2 là sơ đồ phương án của hệ chuyển mạch quang MZI được tạo cấu hình theo chiều dài khuếch tán nhiệt ngang.

FIG.3 là sơ đồ phương án của hệ chuyển mạch quang MZI được tạo cấu hình theo cấu trúc được uốn gấp.

FIG.4 là hình chiếu mặt cắt ngang phương án của bộ điều chế pha ống dẫn sóng silic dương-nội-âm (p-i-n).

FIG.5 là hình chiếu mặt cắt ngang phương án của hệ chuyển mạch quang MZI được tạo cấu hình theo chiều dài khuếch tán nhiệt ngang.

FIG.6 là đồ thị thể hiện phương án của bản đồ phân bố nhiệt độ tại khu vực mặt cắt ngang của bộ điều chế pha ống dẫn sóng silic p-i-n.

FIG.7 là đồ thị thể hiện phương án của biểu đồ phân bố nhiệt độ của hệ chuyển mạch quang MZI liên quan đến cách bố trí ống dẫn sóng.

FIG.8 là đồ thị thể hiện phương án của biểu đồ phân bố nhiệt độ của hệ chuyển mạch quang MZI liên quan đến cấu trúc ống dẫn sóng được uốn gấp.

FIG.9 là lưu đồ phương án của phương pháp tạo cấu hình hệ chuyển mạch quang MZI.

Mô tả chi tiết sáng chế

Ngay từ đầu cần hiểu rằng, mặc dù cách thức thực hiện minh họa của một hoặc nhiều phương án được đề xuất dưới đây, các hệ thống và/hoặc các phương pháp được bộc lộ có thể được thực hiện nhờ sử dụng bất kỳ số lượng kỹ thuật nào, cho dù hiện đã được biết hay đang tồn tại. Sự bộc lộ không được hạn chế đến các cách thức thực hiện minh họa, các hình vẽ, và các kỹ thuật được minh họa dưới đây, bao gồm các thiết kế ví dụ và các cách thức thực hiện được minh họa ở đây, nhưng có thể được thay đổi trong phạm vi của bộ yêu cầu bảo hộ theo phạm vi đầy đủ tương đương.

Một cách tiếp cận để thực hiện bộ điều chế pha quang học dựa trên silic có thể được dựa trên hiệu ứng tán xạ plasma trong silic. Hiệu ứng tán xạ plasma có thể viện dẫn đến hiệu ứng của mật độ hạt mang tự do trên chỉ số khúc xạ silic, trong đó sự thay đổi trong mật độ hạt mang có thể thay đổi chỉ số khúc xạ silic. Mật độ hạt mang tự do có thể được thay đổi và/hoặc được điều khiển qua việc bơm hạt mang hoặc việc xả hạt mang, trong đó việc bơm hạt mang có thể bơm các hạt mang tự do vào vật liệu bán dẫn (ví dụ như, bằng cách định thiên chuyển tiếp lớp chuyển tiếp p-i-n) và việc xả hạt mang có thể loại bỏ sự thay đổi các hạt mang từ vật liệu bán dẫn (ví dụ như, bằng cách định thiên đảo ngược lớp chuyển tiếp p-i-n).

Chỉ số khúc xạ của ống dẫn sóng quang silic có thể xác định góc tới hoặc đường dẫn quang (ví dụ như, uốn cong hoặc được khúc xạ) của tín hiệu ánh sáng khi tín hiệu ánh sáng tham gia vào ống dẫn sóng, cũng như vận tốc pha của tín hiệu ánh sáng khi tín hiệu ánh sáng truyền trong ống dẫn sóng. Do đó, sự thay đổi trong chỉ số khúc xạ có thể dẫn đến sự dịch pha trong tín hiệu ánh sáng.

Giao thoa kế có thể được làm từ một cặp ống dẫn sóng quang silic, trong đó chỉ số khúc xạ của một hoặc cả hai ống dẫn sóng quang có thể được thay đổi (ví dụ như, bằng cách thay đổi mật độ hạt mang tự do) để tạo ra sự chênh lệch pha

giữa các cặp ống dẫn sóng. Dựa vào sự chênh lệch pha, các tín hiệu ánh sáng đầu ra từ các ống dẫn sóng có thể được kết hợp lại hiệu quả hơn (ví dụ như, giao thoa tăng cường), ít hiệu quả, hoặc không gì cả (ví dụ như, giao thoa triệt tiêu). Do đó, hệ chuyển mạch quang có thể được xây dựng dựa trên việc kết hợp lại tăng cường và/hoặc triệt tiêu của các tín hiệu ánh sáng để cấp trạng thái mở và/hoặc trạng thái đóng để chuyển đổi các tín hiệu ánh sáng giữa các mạch của mạng quang học. Một vài ví dụ của các giao thoa kế có thể bao gồm các MZI và/hoặc các giao thoa kế của Michelson.

FIG.1 là sơ đồ phương án của hệ chuyển mạch quang MZI 100. Hệ chuyển mạch 100 có thể bao gồm các ống dẫn sóng đầu vào 111 và 112, các ống dẫn sóng đầu ra 121 và 122, bộ ghép đôi quang học thứ nhất 131, bộ ghép đôi quang học thứ hai 132, và phần trễ quang 140. Các thành phần có thể được bố trí như được thể hiện hoặc theo bất kỳ cách thức phù hợp khác nào. Phần trễ quang 140 có thể bao gồm ống dẫn sóng chủ động 141, ống dẫn sóng bị động 142, và bộ dịch pha 150.

Các ống dẫn sóng đầu vào 111 và 112 và các ống dẫn sóng đầu ra 121 và 122 có thể là bất kỳ thiết bị và/hoặc thành phần quang học nào được tạo cấu hình để trực tiếp dẫn các tín hiệu ánh sáng dọc theo đường dẫn quang. Ví dụ, các ống dẫn sóng đầu vào 111 và 112 và các ống dẫn sóng đầu ra 121 và 122 có thể là các sợi quang, các ống dẫn sóng quang, và/hoặc các ống dẫn sóng quang dây nano silic.

Bộ ghép đôi quang học thứ nhất 131 có thể là thiết bị và/hoặc thành phần quang học được tạo cấu hình để chia tín hiệu ánh sáng thành phần thứ nhất và phần thứ hai. Ví dụ, bộ ghép đôi quang học thứ nhất 131 có thể là bộ chia công suất mà chia tín hiệu đầu vào thành hai phần, mỗi phần bao gồm công suất về cơ bản là giống nhau. Bộ ghép đôi quang học thứ nhất 131 có thể được ghép đôi với các ống dẫn sóng đầu vào 111 và 112. Cụ thể, bộ ghép đôi quang học thứ nhất 131 có thể thu tín hiệu ánh sáng qua mỗi trong số các ống dẫn sóng đầu vào 111 và 112 và có thể chia mỗi tín hiệu ánh sáng thu được thành phần thứ nhất và phần thứ hai. Bộ ghép đôi quang học thứ nhất 131 có thể được ghép đôi với phần trễ

quang 140 và có thể truyền phần thứ nhất của tín hiệu ánh sáng thu được đến ống dẫn sóng chủ động 141 và phần thứ hai của tín hiệu ánh sáng thu được đến ống dẫn sóng bị động 142.

Phần trễ quang 140 có thể được tạo cấu hình để cấp đường dẫn quang khác nhau giữa các tín hiệu ánh sáng di chuyển trong ống dẫn sóng chủ động 141 và ống dẫn sóng bị động 142. Ống dẫn sóng chủ động 141 và ống dẫn sóng bị động 142 có thể về cơ bản giống với các ống dẫn sóng đầu vào 111 và 112 và/hoặc các ống dẫn sóng đầu ra 121 và 122. Tuy nhiên, ống dẫn sóng chủ động 141 có thể được ghép đôi với bộ dịch pha 150 để cấp sự chênh lệch pha hoặc sự chênh lệch pha tương ứng giữa các đường dẫn quang trong ống dẫn sóng chủ động 141 và ống dẫn sóng bị động 142. Phần trễ quang 140 có thể được ghép đôi với bộ ghép đôi quang học thứ hai 132. Bộ ghép đôi quang học thứ hai 132 có thể về cơ bản giống với bộ ghép đôi quang học thứ nhất 131, nhưng có thể được tạo cấu hình để kết hợp lại các tín hiệu ánh sáng được truyền qua ống dẫn sóng chủ động 141 và ống dẫn sóng bị động 142 trước khi chia tín hiệu ánh sáng như trong bộ ghép đôi quang học thứ nhất 131.

Cần lưu ý rằng ống dẫn sóng chủ động 141 và ống dẫn sóng bị động 142 có thể được viện dẫn đến như các tay giao thoa kế (ví dụ như, các giao thoa kế MZI hoặc các giao thoa kế của Michelson) vì sự giao thoa giữa ống dẫn sóng chủ động 141 và ống dẫn sóng bị động 142 có thể tác động đến việc kết hợp lại của các tín hiệu ánh sáng ở bộ ghép đôi quang học thứ hai 132. Sự giao thoa có thể bao gồm bất kỳ thay đổi nào (ví dụ như, chiều dài, nhiệt độ, các chỉ số khúc xạ, các pha, cường độ, và/hoặc độ trễ) mà có thể thay đổi các đường dẫn quang trong ống dẫn sóng chủ động 141 và ống dẫn sóng bị động 142.

Trong phần trễ quang 140, bộ dịch pha 150 có thể cấp sự chênh lệch pha giữa ống dẫn sóng chủ động 141 và ống dẫn sóng bị động 142 bằng cách tạo ra độ dịch pha cho đường dẫn quang trong ống dẫn sóng chủ động 141. Sự chênh lệch pha có thể xác định việc kết hợp lại của các tín hiệu ánh sáng ở bộ ghép đôi quang học thứ hai 132, và do đó có thể điều khiển các đầu ra ở các ống dẫn sóng đầu ra 121 và 122. Ví dụ, khi việc di chuyển của các tín hiệu ánh sáng trong ống dẫn

sóng chủ động 141 và ống dẫn sóng bị động 142 bao gồm pha cơ bản giống nhau (ví dụ như, tạo ra sự kết hợp lại tăng cường), tín hiệu ánh sáng được thu từ ống dẫn sóng đầu vào 111 có thể được đi trực tiếp đến ống dẫn sóng đầu ra 122 và tín hiệu ánh sáng được thu từ ống dẫn sóng đầu vào 112 có thể đi trực tiếp đến ống dẫn sóng đầu ra 121. Tuy nhiên, khi việc di chuyển của các tín hiệu ánh sáng trong ống dẫn sóng chủ động 141 và ống dẫn sóng bị động 142 bao gồm sự chênh lệch pha khoảng 180 độ (ví dụ như, tạo ra sự kết hợp lại triệt tiêu), tín hiệu ánh sáng thu được từ ống dẫn sóng đầu vào 111 có thể đi trực tiếp đến ống dẫn sóng đầu ra 121 và tín hiệu ánh sáng thu được từ ống dẫn sóng đầu vào 112 có thể đi trực tiếp đến ống dẫn sóng đầu ra 122. Như vậy, hệ chuyển mạch 100 có thể điều khiển bộ dịch pha 150 để cấp trạng thái mở hoặc trạng thái đóng cho tín hiệu ánh sáng đầu vào.

Bộ dịch pha 150 có thể tạo ra độ dịch pha cho đường dẫn quang trong ống dẫn sóng chủ động 141 nhờ việc bơm hạt mang (ví dụ như, định thiên chuyển tiếp lớp chuyển tiếp p-i-n). Khi các tạp chất được cấy trong silic, các hạt mang tự do có thể được bơm vào trong silic trong điện trường (ví dụ như, điện áp được áp dụng) và có thể giảm chỉ số khúc xạ silic, như được đề cập đầy đủ hơn sau đây. Tuy nhiên, việc bơm hạt mang có thể tạo ra hiệu ứng nhiệt. Ví dụ, việc bơm hạt mang có thể tăng nhiệt độ của ống dẫn sóng chủ động 141, và nhiệt được liên kết với việc tăng nhiệt độ có thể khuếch tán trong vùng 160 xung quanh ống dẫn sóng chủ động 141 (ví dụ như, giống như nguồn nhiệt) và/hoặc tỏa tròn từ phía của ống dẫn sóng chủ động 141. Sự khuếch tán nhiệt có thể mở rộng chiều dài khuếch tán nhiệt ngang 161, ví dụ, khoảng cách lan truyền nhiệt theo chiều vuông góc với đường dẫn quang trong ống dẫn sóng chủ động 141, trong đó nhiệt độ bằng khoảng 20 phần trăm nhiệt độ cực đại tăng tương ứng với nền ở trung tâm của ống dẫn sóng chủ động 141. Khi ống dẫn sóng chủ động 141 và ống dẫn sóng bị động 142 được bố trí song song và được chia bởi khoảng rộng (ví dụ như, khoảng 500 micromet (μm)), sự khuếch tán nhiệt có thể không tới được ống dẫn sóng bị động 142.

Vì việc tăng nhiệt độ có thể tăng chỉ số khúc xạ silic, hiệu ứng nhiệt có thể chống lại và/hoặc hạn chế hiệu ứng của việc bơm hạt mang. Như vậy, khi hệ chuyển mạch 100 điều khiển trạng thái mở và/hoặc trạng thái đóng của tín hiệu ánh sáng bằng cách điều chỉnh có lựa chọn độ dịch pha, hiệu ứng nhiệt có thể làm giảm hiệu quả công suất chuyển mạch của hệ chuyển mạch 100. Các thiết kế của các hệ chuyển mạch quang MZI dựa trên việc bơm hạt mang có thể tập trung vào việc nâng cao giao thoa chéo giữa các tay giao thoa kế, giảm các vùng phủ sóng và/hoặc tổng công suất tiêu thụ của các hệ chuyển mạch quang MZI, nhưng có thể không hướng đến hiệu ứng nhiệt gây ra bởi việc bơm hạt mang.

Được bộc lộ ở đây là hệ chuyển mạch quang MZI bơm hạt mang mà tập trung vào việc nâng cao hiệu quả công suất chuyển mạch của hệ chuyển mạch quang. Hệ chuyển mạch quang MZI bơm hạt mang có thể bao gồm hai tay giao thoa kế (ví dụ như, các ống dẫn sóng quang silic), trong đó ít nhất một trong số các tay giao thoa kế có thể được tạo cấu hình cho việc bơm hạt mang sao cho sự chênh lệch pha có thể xảy ra giữa các tín hiệu ánh sáng khi di chuyển trong hai tay giao thoa kế để cho phép sự giao thoa tăng cường hoặc giao thoa triệt tiêu ở các cổng đầu ra của hệ chuyển mạch. Vì việc bơm hạt mang có thể tạo ra hiệu ứng nhiệt mà chống lại hiệu ứng của việc bơm hạt mang, hiệu quả công suất chuyển mạch có thể được nâng cao bằng cách giảm sự chênh lệch nhiệt độ giữa hai tay giao thoa kế. Theo một phương án, hai tay giao thoa kế có thể được chia bởi khoảng cách tương đương hoặc về cơ bản là nhỏ hơn chiều dài khuếch tán nhiệt ngang (ví dụ như, nhỏ hơn $10\ \mu\text{m}$) sao cho sự chênh lệch nhiệt độ giữa hai tay giao thoa kế có thể được giảm hoặc cơ bản tương đương. Theo phương án khác, hai tay giao thoa kế có thể được tạo cấu hình theo cấu trúc được uốn gấp để giảm hơn nữa sự chênh lệch nhiệt độ. Trong cấu trúc được uốn gấp, hai tay giao thoa kế có thể được uốn cong cùng nhau ở góc 180° trong các chỗ ngoặt hình chữ S. Việc bơm hạt mang có thể được tạo ra bằng cách cấy các tạp chất trong silic, ví dụ, tạo ra định thiên chuyển tiếp lớp chuyển tiếp p-i-n. Khu vực mặt cắt ngang (ví dụ, các vùng pha tạp, chiều rộng lớp chuyển tiếp, v.v) của việc bơm hạt mang dựa trên ống dẫn sóng có thể được tối ưu hóa để nâng cao hơn nữa hiệu quả

công suất chuyển mạch. Hệ chuyển mạch quang MZI dựa trên bơm hạt mang có thể được sử dụng để thực hiện các ma trận chuyển mạch lớn, mà ở đó hiệu quả công suất có thể là nhân tố quan trọng. Cần lưu ý rằng sáng chế có thể mô tả các phương án theo bối cảnh của hệ chuyển mạch quang MZI 2x2, nhưng các cơ chế được bộc lộ có thể áp dụng được cho bất kỳ hệ chuyển mạch quang dựa trên giao thoa kế nào khác và bất kỳ các cách bố trí hệ chuyển mạch nào khác (ví dụ như, hệ chuyển mạch NxN, trong đó N là bất kỳ số nguyên dương nào).

FIG.2 là sơ đồ phương án của hệ chuyển mạch quang MZI 200 được tạo cấu hình theo chiều dài khuếch tán nhiệt ngang. Hệ chuyển mạch 200 có thể bao gồm cấu trúc về cơ bản là giống với hệ chuyển mạch 100, nhưng có thể được tạo cấu hình theo chiều dài khuếch tán nhiệt ngang được liên kết với việc bơm hạt mang. Ví dụ, hệ chuyển mạch 200 có thể bao gồm các ống dẫn sóng đầu vào 211 và 212, các ống dẫn sóng đầu ra 221 và 222, bộ ghép đôi quang học thứ nhất 231, bộ ghép đôi quang học thứ hai 232, và phần trễ quang 240 bao gồm ống dẫn sóng chủ động 241, ống dẫn sóng bị động 242, và bộ dịch pha 250. Các ống dẫn sóng đầu vào 211 và 212, các ống dẫn sóng đầu ra 221 và 222, bộ ghép đôi quang học thứ nhất 231, bộ ghép đôi quang học thứ hai 232, ống dẫn sóng chủ động 241, ống dẫn sóng bị động 242, và bộ dịch pha 250 có thể cơ bản giống với các ống dẫn sóng đầu vào 111 và 112, các ống dẫn sóng đầu ra 121 và 122, bộ ghép đôi quang học thứ nhất 131, bộ ghép đôi quang học thứ hai 132, ống dẫn sóng chủ động 141, ống dẫn sóng bị động 142, và bộ dịch pha 150, một cách tương ứng. Tuy nhiên, ống dẫn sóng chủ động 241 và ống dẫn sóng bị động 242 trong phần trễ quang 240 có thể được tạo cấu hình để định vị ở khoảng cách chia về cơ bản gần hơn khoảng cách chia giữa ống dẫn sóng chủ động 141 và ống dẫn sóng bị động 142 của hệ chuyển mạch 100.

Như được mô tả ở trên, việc bơm hạt mang có thể tạo ra độ dịch pha, nhưng có thể tạo ra hiệu ứng nhiệt mà chống lại hiệu ứng của việc bơm hạt mang. Ví dụ, việc bơm hạt mang có thể gây ra hiệu ứng nhiệt trong vùng 260 mà kéo dài theo chiều ngang trong chiều dài khuếch tán nhiệt ngang 261. Khi ống dẫn sóng bị động 242 được bố trí ở khoảng cách tương đương hoặc cơ bản nhỏ hơn chiều

dài khuếch tán nhiệt ngang 261 (ví dụ như, khoảng 10 μm), ít nhất một vài lượng hiệu ứng nhiệt cũng có thể áp dụng cho ống dẫn sóng bị động 242, và do đó ống dẫn sóng chủ động 241 và ống dẫn sóng bị động 242 có thể bao gồm sự chênh lệch nhiệt độ được giảm. Như vậy, hệ chuyển mạch 200 có thể cung cấp sự hiệu quả công suất chuyển mạch được nâng cao khi được so sánh với hệ chuyển mạch 100.

Cần lưu ý rằng ngoài hiệu quả công suất chuyển mạch được nâng cao, sự giảm hiệu ứng nhiệt có thể nâng cao phản hồi thời gian chuyển đổi. Ví dụ, việc bơm hạt mang dựa trên hệ chuyển mạch có thể cấp phản hồi thời gian chuyển đổi theo thứ tự nano giây, trong khi đó thời gian phản hồi hiệu ứng nhiệt có thể theo thứ tự micro giây. Do đó, hiệu ứng nhiệt có thể hạn chế hoặc làm tăng phản hồi thời gian hệ chuyển mạch. Như vậy, phản hồi thời gian hệ chuyển mạch có thể được nâng cao bằng cách giảm hiệu ứng nhiệt.

Theo một vài phương án, phần tử quang 240 có thể cấp sự chênh lệch pha bằng cách sử dụng hai ống dẫn sóng chủ động (ví dụ như, ống dẫn sóng chủ động 241 và ống dẫn sóng bị động 242 được ghép đôi với bộ dịch pha khác 250) thay vì một ống dẫn sóng chủ động. Các phương án như vậy có thể cung cấp sự hiệu quả công suất chuyển mạch về cơ bản là tương tự khi hai ống dẫn sóng chủ động được bố trí ở khoảng cách cơ bản là gần hoặc nhỏ hơn chiều dài khuếch tán nhiệt ngang 261. Cần lưu ý rằng chiều dài khuếch tán nhiệt ngang 261 có thể thay đổi phụ thuộc vào quy trình bơm hạt mang và/hoặc lớp chuyển tiếp p-i-n trong bộ dịch pha 250. Ví dụ, khi chiều dài khuếch tán nhiệt ngang 261 được xác định khi khoảng cách mà ở đó nhiệt độ bằng khoảng 20 phần trăm nhiệt độ cực đại, chiều dài khuếch tán nhiệt ngang 261 có thể là khoảng 10 μm . Theo một vài ví dụ, chiều dài khuếch tán nhiệt ngang 261 có thể được xác định khi khoảng cách ở đó nhiệt độ bằng khoảng 50 phần trăm nhiệt độ cực đại tăng tương ứng với nền, trong đó chiều dài khuếch tán nhiệt ngang 261 có thể là khoảng 2 μm , 5 μm , hoặc 7 μm .

FIG.3 là sơ đồ phương án của hệ chuyển mạch quang MZI 300 được tạo cấu hình theo cấu trúc được uốn gập. Hệ chuyển mạch 300 có thể bao gồm các

ống dẫn sóng đầu vào 311 và 312, các ống dẫn sóng đầu ra 321 và 322, bộ ghép đôi quang học thứ nhất 331, bộ ghép đôi quang học thứ hai 332, và phần trễ quang 340 bao gồm ống dẫn sóng chủ động 341 và ống dẫn sóng bị động 342. Ống dẫn sóng chủ động 341 có thể được ghép đôi với bộ dịch pha (không được thể hiện), giống như bộ dịch pha 150 và/hoặc 250. Các ống dẫn sóng đầu vào 311 và 312, các ống dẫn sóng đầu ra 321 và 322, bộ ghép đôi quang học thứ nhất 331, bộ ghép đôi quang học thứ hai 332, ống dẫn sóng chủ động 341, và ống dẫn sóng bị động 342 có thể cơ bản giống với các ống dẫn sóng đầu vào 211 và 212, các ống dẫn sóng đầu ra 221 và 222, bộ ghép đôi quang học thứ nhất 231, bộ ghép đôi quang học thứ hai 232, ống dẫn sóng chủ động 241, và ống dẫn sóng bị động 242, một cách tương ứng. Tuy nhiên, ống dẫn sóng chủ động 341 và ống dẫn sóng bị động 342 trong phần trễ quang 340 có thể được tạo cấu hình để uốn cong cùng nhau ở góc 180 độ (ví dụ như, chỗ uốn cong hình chữ S) sao cho ống dẫn sóng chủ động 341 và ống dẫn sóng bị động 342 có thể mở rộng theo chiều đảo ngược. Ví dụ, trong phần trễ quang 340, ống dẫn sóng chủ động 341 và ống dẫn sóng bị động 342 có thể mở rộng từ đầu ra của bộ ghép đôi quang học thứ nhất 331 dọc theo trục của khoảng cách, uốn cong cùng nhau theo chiều đảo ngược dọc theo trục mà không cắt nhau, và tiếp tục mở rộng và uốn cong như vậy cho đến khi ống dẫn sóng chủ động 341 và ống dẫn sóng bị động 342 chạm tới bộ ghép đôi quang học thứ hai 332. Như được thể hiện trong hệ chuyển mạch 300, phần trễ quang 340 có thể bao gồm mô hình đan xen nhau, trong đó hai phần của ống dẫn sóng chủ động 341 (ví dụ như, phần liền kề với nhau) được đan xen với hai phần của ống dẫn sóng bị động 342 (ví dụ như, phần liền kề với nhau). Mô hình đan xen nhau có thể giảm sự chênh lệch nhiệt độ giữa ống dẫn sóng chủ động 341 và ống dẫn sóng bị động 342, và do đó có thể cung cấp sự hiệu quả công suất chuyển mạch được nâng cao.

FIG.4 là hình chiếu mặt cắt ngang phương án của bộ điều chế pha ống dẫn sóng silic lớp chuyển tiếp p-i-n 400. Bộ điều chế pha 400 có thể được sử dụng trong hệ chuyển mạch quang MZI dựa trên bơm hạt mang, như hệ chuyển mạch 100, 200, và/hoặc 300. Bộ điều chế pha 400 có thể cơ bản giống với ống dẫn sóng

chủ động 141, 241, và/hoặc 341 (ví dụ như, được tạo cấu hình với bộ dịch pha 150 và/hoặc 250). Hình chiếu sơ đồ 401 của hệ chuyển mạch quang MZI được thể hiện trên FIG.4 để cung cấp sự tham chiếu cho hình chiếu mặt cắt ngang. Ví dụ, hình chiếu mặt cắt ngang có thể tương ứng với khu vực mặt cắt ngang dọc theo đường 402. Bộ điều chế pha 400 có thể bao gồm lớp silic được pha tạp 420 được đặt trên lớp nền 460 (ví dụ như, tấm silic). Lớp silic được pha tạp 420 có thể bao gồm vùng được pha tạp kiểu dương (p) 421 (ví dụ như, được cấy với các tạp chất p) và vùng được pha tạp kiểu âm (n) 423 (ví dụ như, được cấy với các tạp chất n) được chia bởi vùng nội (i) 422, trong đó ống dẫn sóng (ví dụ như, ống dẫn sóng chủ động 141, 241, và/hoặc 341) bao gồm lõi 411 được bao bởi các vỏ bọc 412 có thể được bố trí.

Bộ điều chế pha 400 có thể còn bao gồm các đầu nối kim loại 431 và 432 (ví dụ như, được làm từ đồng (Cu)), các điện cực 441 và 442 (ví dụ như, được làm từ vonfram (W)), và các vùng thuần trở 451 và 452 (ví dụ như, niken silic (NiSi) hoặc nhôm). Các vùng thuần trở 451 và 452 có thể được đặt trên vùng được pha tạp p 421 và vùng được pha tạp n 423, một cách tương ứng. Các điện cực 441 và 442 có thể được đặt trực giao trên vùng được pha tạp p 421 và vùng được pha tạp n 423, một cách tương ứng, qua các vùng thuần trở 451 và 452, một cách tương ứng. Các đầu nối kim loại 431 và 432 có thể được bố trí trên các điện cực 441 và 442, một cách tương ứng. Bộ điều chế pha 400 có thể còn bao gồm lớp cách điện 470 (ví dụ như, được làm từ silic nitric (Si_3N_4)) được đặt trên lõi 411 và các vỏ bọc 412 (ví dụ như, để nâng cao chất lượng bề mặt của silic và giảm sự mất quang học).

Khi điện áp được đi qua các đầu nối kim loại 431 và 432, dòng điện có thể chạy từ đầu nối kim loại 431 đến đầu nối kim loại 432 và có thể làm cho các hạt mang tự do (ví dụ như, các electron và các lỗ) được bơm vào vùng nội 422, trong đó lõi ống dẫn sóng 411 và các vỏ bọc 412 được định vị. Việc bơm của các hạt mang tự do có thể thay đổi chỉ số khúc xạ của lõi ống dẫn sóng 411, và do đó tạo ra độ dịch pha cho tín hiệu ánh sáng truyền qua lõi ống dẫn sóng 411.

Như được mô tả ở trên, quy trình bơm hạt mang có thể tạo ra hiệu ứng nhiệt, mà có thể chống lại hiệu ứng của việc bơm hạt mang, và do đó có thể làm giảm hiệu quả công suất chuyển mạch khi được sử dụng trong hệ chuyển mạch quang MZI. Một cách tiếp cận để nâng cao hiệu quả công suất chuyển mạch có thể là tối ưu hóa thiết kế của khu vực mặt cắt ngang của bộ điều chế pha ống dẫn sóng p-i-n 400 dùng cho tính dẫn nhiệt. Ví dụ, việc tăng tính dẫn nhiệt có thể tăng chiều dài khuếch tán nhiệt ngang của hiệu ứng nhiệt gây ra bởi việc bơm hạt mang, và do đó có thể làm giảm sự chênh lệch nhiệt độ giữa ống dẫn sóng chủ động (ví dụ như, ống dẫn sóng chủ động 141, 241, và/hoặc 341) và ống dẫn sóng bị động (ví dụ như, ống dẫn sóng bị động 142, 242, và/hoặc 342).

Theo một phương án, quy trình cắt giảm nhiệt có thể được áp dụng cho bộ điều chế pha 400 để nâng cao tính dẫn nhiệt. Quy trình cắt giảm nhiệt có thể liên quan đến quy trình mà khoan các lỗ trên lớp nền 460 và/hoặc loại bỏ một phần của lớp nền 460 (ví dụ như, bằng cách khắc ướt) sao cho các hốc khí có thể được tạo ra giữa ống dẫn sóng (ví dụ như lõi 411 và/hoặc các vỏ bọc 412) và lớp nền 460 để cách nhiệt các ống dẫn sóng khỏi nền, và do đó có thể làm tăng một cách hiệu quả chiều dài khuếch tán nhiệt ngang. Theo phương án khác, mức độ của các tạp chất trong các vùng pha tạp 421 và/hoặc 423 có thể được giảm để nâng cao tính dẫn nhiệt, và do đó làm tăng chiều dài khuếch tán nhiệt ngang. Theo phương án khác nữa, các tạp chất có thể được cấy trong các vùng pha tạp 421 và/hoặc 423 với nhiều mức độ để nâng cao tính dẫn nhiệt và duy trì sự mất quang học tối thiểu, trong đó tính dẫn nhiệt được nâng cao có thể làm tăng chiều dài khuếch tán nhiệt ngang. Ví dụ, các tạp chất có thể bao gồm mức độ cao hơn ở trung tâm của các vùng pha tạp 421 và/hoặc 423 và mức độ thấp hơn về phía các rìa (ví dụ như, ở phần tiếp xúc với các vỏ bọc ống dẫn sóng 412) của các vùng pha tạp 421 và/hoặc 423.

FIG.5 là hình chiếu mặt cắt ngang phương án của hệ chuyển mạch quang MZI 500 được tạo cấu hình theo chiều dài khuếch tán nhiệt ngang. Hình chiếu sơ đồ 501 của hệ chuyển mạch 500 được thể hiện trên FIG.5 để cung cấp sự tham chiếu cho hình chiếu mặt cắt ngang. Ví dụ, hình chiếu mặt cắt ngang có thể tương

ứng với khu vực mặt cắt ngang dọc theo đường 502. Hệ chuyển mạch 500 có thể cơ bản giống với hệ chuyển mạch 200. Hệ chuyển mạch 500 có thể bao gồm ống dẫn sóng chủ động 541, giống với ống dẫn sóng chủ động 241 và ống dẫn sóng bị động 542, giống với ống dẫn sóng bị động 242, được bố trí trên lớp nền 560, giống với lớp nền 460. Ống dẫn sóng chủ động 541 có thể được đặt giữa vùng được pha tạp p 521, giống với vùng được pha tạp p 421 và vùng được pha tạp n 523, giống với vùng được pha tạp n 423 dùng cho sự điều chế pha bằng cách sử dụng các cơ chế về cơ bản giống như được mô tả ở trên dựa vào bộ điều chế pha 400. Như được thể hiện trên FIG.5, ống dẫn sóng chủ động 541 và ống dẫn sóng bị động 542 có thể được chia bởi khoảng cách cơ bản là ngắn (ví dụ như, nhỏ hơn $10\text{ }\mu\text{m}$). Khoảng cách chia ngắn có thể cấp sự chênh lệch nhiệt độ về cơ bản là nhỏ giữa ống dẫn sóng chủ động 541 và ống dẫn sóng bị động 542, và do đó có thể nâng cao hiệu quả công suất chuyển mạch của hệ chuyển mạch 500.

FIG.6 là đồ thị 600 thể hiện phương án của bản đồ phân bố nhiệt độ ở khu vực mặt cắt ngang của bộ điều chế pha ống dẫn sóng lớp chuyển tiếp p-i-n, như bộ điều chế pha 400. Khu vực mặt cắt ngang có thể tương ứng với khu vực mặt cắt ngang dọc theo đường 402 theo hình chiếu sơ đồ 401. Trong đồ thị 600, trục x thể hiện chiều dài (ví dụ như, chiều ngang) của khu vực mặt cắt ngang theo các đơn vị đo bằng μm , trục y thể hiện chiều dài (ví dụ như, chiều dọc) của khu vực mặt cắt ngang theo các đơn vị đo bằng μm , và chỉ số của biểu đồ 600 thể hiện các nhiệt độ được chuẩn hóa (ví dụ như, thay đổi từ khoảng 0 đến khoảng 1, trong đó 0 tương ứng với nhiệt độ nền và 1 tương ứng với nhiệt độ đỉnh). Trong đồ thị 600, điểm nóng 610 có thể thể hiện nhiệt được sinh ra ở ống dẫn sóng chủ động (ví dụ như, ống dẫn sóng chủ động 141, 241, 341, và/hoặc 541) gây ra bởi việc bơm hạt mang. Như được thể hiện trên biểu đồ 600, nhiệt độ đỉnh ở điểm nóng 610 (ví dụ như, được thể hiện như vùng tối nhẹ nhất trên FIG.6) có thể được chuẩn hóa đến giá trị khoảng một và các nhiệt độ có thể giảm dần (ví dụ như, được thể hiện như các vùng tối dần đi trên FIG.6) ở các khoảng cách tăng từ điểm nóng 610. Như được mô tả ở trên, hiệu ứng nhiệt gây ra bởi việc bơm hạt mang có thể làm giảm hiệu quả công suất chuyển mạch của hệ chuyển mạch quang MZI (ví dụ như, hệ

chuyển mạch 200) vì hiệu ứng nhiệt có thể chống lại hiệu ứng của việc bơm hạt mang. Như vậy, bằng cách định vị hai tay giao thoa kế trong hệ chuyển mạch quang MZI ở khoảng cách về cơ bản là gần với chiều dài khuếch tán nhiệt ngang, sự chênh lệch nhiệt độ giữa hai tay giao thoa kế có thể được giảm, và do đó có thể nâng cao hiệu quả công suất chuyển mạch.

FIG.7 là đồ thị 700 thể hiện phương án của biểu đồ phân bố nhiệt độ của hệ chuyển mạch quang MZI, như hệ chuyển mạch 100 và/hoặc 200, liên quan đến các cách bố trí ống dẫn sóng 720 và 730. Trong cách bố trí 720, ống dẫn sóng bị động 722 (ví dụ như, ống dẫn sóng bị động 142 và/hoặc 242) có thể được chia từ ống dẫn sóng chủ động 721 (ví dụ như, ống dẫn sóng chủ động 141 và/hoặc 241) bởi khoảng cách về cơ bản là rộng (ví dụ như, hàng trăm μm). Trong việc bơm hạt mang tự do, ống dẫn sóng chủ động 721 có thể tạo ra nhiệt độ đỉnh ở khoảng trung tâm của ống dẫn sóng chủ động 721.

Trong cách bố trí 730, ống dẫn sóng bị động 732 có thể được bố trí ở khoảng cách về cơ bản là gần (ví dụ như, nhỏ hơn 10 μm) với ống dẫn sóng chủ động 731. Ống dẫn sóng bị động 732 và ống dẫn sóng chủ động 731 có thể cơ bản giống với ống dẫn sóng bị động 722 và ống dẫn sóng chủ động 721, một cách tương ứng. Trong việc bơm hạt mang tự do, ống dẫn sóng chủ động 731 có thể tạo ra nhiệt độ đỉnh ở khoảng trung tâm của ống dẫn sóng chủ động 731, trong đó nhiệt độ đỉnh ở ống dẫn sóng chủ động 731 có thể cơ bản giống với nhiệt độ đỉnh ở ống dẫn sóng chủ động 721.

Trong biểu đồ 700, trục x thể hiện các khoảng cách ngang theo các đơn vị đo bằng μm từ trung tâm của ống dẫn sóng chủ động 721 và/hoặc 731 (ví dụ như, các đường nét đứt 723 và/hoặc 733) và trục y thể hiện các nhiệt độ được chuẩn hóa (ví dụ như, thay đổi từ khoảng 0 đến khoảng 1). Đường cong 710 có thể thể hiện các nhiệt độ được chuẩn hóa mở rộng ngang từ trung tâm của ống dẫn sóng chủ động 721 và/hoặc 731. Ví dụ, khoảng cách 0 μm theo trục x có thể tương ứng với trung tâm của ống dẫn sóng chủ động 721 và/hoặc 731 mà ở đó nhiệt độ đỉnh xuất hiện do việc bơm hạt mang tự do. Có thể thấy rằng, xu hướng nhiệt độ được thể hiện theo đường cong 710 có thể cơ bản giống với biểu đồ 600, trong đó các

hiệu ứng nhiệt độ có thể giảm dần ở các khoảng cách tăng từ trung tâm của ống dẫn sóng chủ động 721 và/hoặc 731. Như vậy, ống dẫn sóng bị động 722 trong cách bố trí 720 có thể không phải chịu bất kỳ hiệu ứng nhiệt nào gây ra bởi việc bơm hạt mang ở ống dẫn sóng chủ động 721, và do đó sự chênh lệch nhiệt độ giữa ống dẫn sóng chủ động 721 và ống dẫn sóng bị động 722 có thể là lớn. Tuy nhiên, sự chênh lệch nhiệt độ giữa các ống dẫn sóng 731 và 732 trong cách bố trí 730 có thể nhỏ hơn đáng kể (ví dụ như, được giảm bằng khoảng 40 phần trăm (%)) do khoảng cách chia về cơ bản là nhỏ hơn giữa các ống dẫn sóng 731 và 732. Như được mô tả ở trên, sự chênh lệch nhiệt độ gây ra bởi việc bơm hạt mang có thể bù lại hiệu ứng của việc bơm hạt mang. Như vậy, cách bố trí 730 có thể cung cấp sự hiệu quả công suất chuyển mạch được nâng cao khi được so sánh với cách bố trí 720.

FIG.8 là đồ thị 800 thể hiện phương án của biểu đồ phân bố nhiệt độ cho hệ chuyển mạch quang MZI, như hệ chuyển mạch 300, liên quan đến cấu trúc ống dẫn sóng được uốn gấp. Hình chiếu sơ đồ 801 và hình chiếu mặt cắt ngang 804 của hệ chuyển mạch quang MZI được thể hiện trên FIG.8 để cung cấp sự tham chiếu cho đồ thị 800. Trong hình chiếu sơ đồ 801, hệ chuyển mạch quang MZI có thể bao gồm ống dẫn sóng chủ động 841 và ống dẫn sóng bị động 842 được tạo cấu hình theo cấu trúc được uốn gấp tương tự như hệ chuyển mạch 300. Hình chiếu mặt cắt ngang 804 có thể tương ứng với khu vực mặt cắt ngang dọc theo đường 802. Ví dụ, các phần của ống dẫn sóng 831 và 834 có thể tương ứng với các phần của ống dẫn sóng chủ động 841 dọc theo đường 802; và các phần của ống dẫn sóng 832 và 833 có thể tương ứng với các phần của ống dẫn sóng bị động 842 dọc theo đường 802.

Trong đồ thị 800, trục x thể hiện các khoảng cách theo các đơn vị đo bằng μm qua khu vực mặt cắt ngang được thể hiện trên hình chiếu mặt cắt ngang 804 và trục y thể hiện các nhiệt độ được chuẩn hóa. Đường cong 810 có thể thể hiện các nhiệt độ qua khu vực mặt cắt ngang 804. Các đỉnh của đường cong 810, ví dụ, ở các điểm 811 và 812, có thể tương ứng với các phần ống dẫn sóng 831 và 834 của ống dẫn sóng chủ động 841. Các đáy của đường cong 810, ví dụ, ở điểm 813,

có thể tương ứng với các phân ống dẫn sóng 832 và 833 của ống dẫn sóng bị động 842. Như được thấy khi so sánh với cách bố trí 720 được mô tả ở trên dựa vào đồ thị 700, sự chênh lệch nhiệt độ giữa ống dẫn sóng chủ động 841 và ống dẫn sóng bị động 842 có thể được giảm đi khoảng 50 phần trăm khi ống dẫn sóng chủ động 841 và ống dẫn sóng bị động 842 được tạo cấu hình theo cấu trúc được uốn gấp. Như vậy, hệ chuyển mạch quang MZI bao gồm cấu trúc được uốn gấp có thể nâng cao hiệu quả công suất chuyển mạch.

FIG.9 là lưu đồ phương án của phương pháp 900 dùng để tạo cấu hình hệ chuyển mạch quang MZI, như hệ chuyển mạch 200 và/hoặc 300. Phương pháp 900 có thể được thực hiện khi thiết kế và/hoặc sản xuất hệ chuyển mạch 200 và/hoặc 300. Ở bước 910, phương pháp 900 có thể cấp bộ tách quang học (ví dụ như, bộ ghép đôi quang học thứ nhất 131, 231 và/hoặc 331) mà tách tín hiệu ánh sáng thành phần thứ nhất và phần thứ hai. Ở bước 920, phương pháp 900 có thể ghép đôi ống dẫn sóng quang thứ nhất (ví dụ như, ống dẫn sóng chủ động 141, 241 và/hoặc 341) với bộ tách quang học để cấp đường dẫn quang thứ nhất cho tín hiệu ánh sáng thứ hai. Ống dẫn sóng quang thứ nhất có thể được cấy các tạp chất (ví dụ như, các tạp chất p và các tạp chất n) trên cả hai phía của ống dẫn sóng quang thứ nhất, trong đó các tạp chất có thể gây ra việc bơm các hạt mang tự do trong điện trường hoặc điện áp được sử dụng. Việc bơm các hạt mang tự do có thể lần lượt tạo ra hiệu ứng nhiệt ngang mà khuếch tán trong chiều dài khuếch tán nhiệt ngang theo chiều vuông góc với đường dẫn quang thứ nhất.

Ở bước 930, phương pháp 900 có thể ghép đôi ống dẫn sóng quang thứ hai (ví dụ như, ống dẫn sóng bị động 142, 242 và/hoặc 342) với bộ tách quang học để cấp đường dẫn quang thứ hai cho tín hiệu ánh sáng thứ ba.

Ở bước 940, phương pháp 900 có thể định vị ống dẫn sóng quang thứ nhất và ống dẫn sóng quang thứ hai sao cho hiệu ứng nhiệt gây ra bởi việc bơm hạt mang có thể được giảm. Ví dụ, ống dẫn sóng quang thứ nhất và ống dẫn sóng quang thứ hai có thể được bố trí song song và được chia bởi khoảng cách về cơ bản là gần hoặc nhỏ hơn chiều dài khuếch tán nhiệt ngang của hiệu ứng nhiệt gây ra bởi việc bơm hạt mang. Ngoài ra hoặc thêm vào đó, ống dẫn sóng quang thứ

nhất và ống dẫn sóng quang thứ hai có thể được tạo cấu hình theo cấu trúc được uốn gập cơ bản giống với phần trễ quang 340.

Ở bước 950, phương pháp 900 có thể ghép đôi bộ phối hợp quang học (ví dụ như, bộ ghép đôi quang học thứ hai 132, 232, và/hoặc 332) với ống dẫn sóng quang thứ nhất và ống dẫn sóng quang thứ hai. Ví dụ, ống dẫn sóng quang thứ nhất và ống dẫn sóng quang thứ hai có thể được bố trí giữa bộ tách quang học và bộ kết hợp quang học.

Trong khi các phương án được đề xuất theo sự bộc lộ của sáng chế, cần được hiểu rằng các hệ thống và phương pháp được bộc lộ có thể được thể hiện theo các dạng cụ thể khác mà không nằm ngoài phạm vi của sáng chế. Các ví dụ của sáng chế được xem như mang tính minh họa và không bị cấm, và sáng chế không được giới hạn đến các chi tiết nêu ở đây. Ví dụ, các phần tử hoặc các thành phần khác nhau có thể được kết hợp hoặc được tích hợp trong hệ thống khác hoặc các đặc trưng cụ thể có thể được bỏ qua, hoặc không được thực hiện.

Ngoài ra, các kỹ thuật, hệ thống, hệ thống con, và các phương pháp được mô tả và minh họa theo các phương án khác nhau khi rời rạc hoặc tách biệt có thể được kết hợp hoặc tích hợp với các hệ thống, các môđun, các kỹ thuật, hoặc các phương pháp khác mà không vượt khỏi phạm vi của sáng chế. Các mục khác được thể hiện hoặc được đề xuất khi được ghép đôi hoặc được ghép đôi trực tiếp hoặc truyền thông với nhau có thể được ghép đôi gián tiếp qua một vài giao diện, thiết bị, hoặc thành phần trung gian dù là bằng điện, bằng máy, hay bằng các cách khác. Các ví dụ khác của việc thay đổi, thay thế, và sửa đổi có thể là xác định được bởi người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật tương ứng và có thể được tạo ra mà không nằm ngoài phạm vi của sáng chế ở đây.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Thiết bị quang học (100, 200, 300, 400) bao gồm:

a) bộ ghép đôi quang học thứ nhất (131, 231, 331) được tạo cấu hình để thu tín hiệu ánh sáng và cấp đầu ra thứ nhất và đầu ra thứ hai;

b) ống dẫn sóng quang thứ nhất (141, 241, 341) trong truyền thông quang học với đầu ra thứ nhất và được tạo cấu hình để cấp đường dẫn quang thứ nhất cho phần thứ nhất của tín hiệu ánh sáng; và

c) ống dẫn sóng quang thứ hai (142, 242, 342) trong truyền thông quang học với đầu ra thứ hai và được tạo cấu hình để cấp đường dẫn quang thứ hai cho phần thứ hai của tín hiệu ánh sáng,

d) trong đó ít nhất một ống dẫn sóng quang thứ nhất (141, 241, 341) được tạo cấu hình để cấp sự chênh lệch pha (150, 250, 350) giữa đường dẫn quang thứ nhất và đường dẫn quang thứ hai,

e) trong đó ống dẫn sóng quang thứ hai (142, 242, 342) được bố trí trong phạm vi chiều dài khuếch tán nhiệt ngang được liên kết với ống dẫn sóng quang thứ nhất (141, 241, 341), và

f) trong đó chiều dài khuếch tán nhiệt ngang là khoảng cách lan truyền của hiệu ứng nhiệt theo chiều vuông góc với đường dẫn quang thứ nhất,

g) trong đó ống dẫn sóng quang thứ nhất (141, 241, 341) được làm từ vật liệu silic, trong đó để cấp sự chênh lệch pha, ống dẫn sóng quang thứ nhất (141, 241, 341) được pha tạp với các tạp chất để gây ra việc bơm các hạt mang tự do vào vật liệu silic, và trong đó việc bơm các hạt mang tự do tạo ra hiệu ứng nhiệt; và

h) trong đó ống dẫn sóng quang thứ nhất (141, 241, 341) được đặt trên lớp nền silic (460), và một phần của lớp nền silic (460) được loại bỏ sao cho các hố khí được tạo ra giữa ống dẫn sóng thứ nhất (141, 241, 341) và lớp nền silic (460) để cách nhiệt các ống dẫn sóng (411, 412) khỏi lớp nền silic (460).

2. Thiết bị quang học theo điểm 1, trong đó các tạp chất được đặt trong hai vùng được chia bởi ống dẫn sóng quang thứ nhất (141, 241, 341), và trong đó chiều

dài khuếch tán nhiệt ngang tăng khi mức độ của các tạp chất giảm trong ít nhất một trong số các vùng.

3. Thiết bị quang học theo điểm 1, trong đó các tạp chất được đặt trong hai vùng được chia bởi ống dẫn sóng quang thứ nhất (141, 241, 341), và trong đó chiều dài khuếch tán nhiệt ngang tăng khi ít nhất một trong số các vùng bao gồm mức độ giảm của các tạp chất về phía ống dẫn sóng quang thứ nhất (141, 241, 341).

4. Thiết bị quang học theo điểm 1, trong đó ống dẫn sóng quang thứ hai (142, 242, 342) được bố trí sao cho ống dẫn sóng quang thứ hai (142, 242, 342) và ống dẫn sóng quang thứ nhất (141, 241, 341) được chia bởi khoảng cách nhỏ hơn chiều dài khuếch tán nhiệt ngang.

5. Thiết bị quang học theo điểm 1, trong đó ống dẫn sóng quang thứ nhất (341) và ống dẫn sóng quang thứ hai (342) còn được tạo cấu hình để:

mở rộng cùng nhau theo chiều thứ nhất; và

quay cùng nhau đến chiều thứ hai đối diện với chiều thứ nhất mà không cắt nhau.

6. Phương pháp tạo cấu hình hệ chuyển mạch quang giao thoa kế Mach Zehnder (MZI) bao gồm các bước:

a) ghép đôi (920) ống dẫn sóng quang thứ nhất (141, 241, 341) với bộ tách quang học (131, 231, 331) để cấp đường dẫn quang thứ nhất cho phần thứ nhất của việc chia sáng từ tín hiệu ánh sáng, trong đó ống dẫn sóng quang thứ nhất (141, 241, 341) được cấy các tạp chất mà gây ra việc bơm các hạt mang tự do trong điện trường, và trong đó việc bơm các hạt mang tự do được liên kết với hiệu ứng nhiệt mà lan truyền trong chiều dài khuếch tán nhiệt ngang theo chiều vuông góc với đường dẫn quang thứ nhất;

b) ghép đôi (930) ống dẫn sóng quang thứ hai (141, 242, 342) với bộ tách quang học (131, 231, 331) để cấp đường dẫn quang thứ hai cho phần thứ hai của việc chia sáng từ tín hiệu ánh sáng; và

c) định vị (940) ống dẫn sóng quang thứ hai (142, 242, 342) sao cho ống dẫn sóng quang thứ hai (142, 242, 342) và ống dẫn sóng quang thứ nhất (141,

241, 341) nằm song song và được chia bởi khoảng cách dựa trên chiều dài khuếch tán nhiệt ngang; và

d) trong đó ống dẫn sóng quang thứ nhất (141, 241, 341) được đặt trên lớp nền silic (460), và một phần của lớp nền silic (460) được loại bỏ sao cho các hốc khí được tạo ra giữa ống dẫn sóng quang thứ nhất (141, 241, 341) và lớp nền silic (460) để cách nhiệt các ống dẫn sóng (411, 412) khỏi lớp nền silic (460).

7. Phương pháp theo điểm 6, trong đó khoảng cách là nhỏ hơn chiều dài khuếch tán nhiệt ngang.

8. Phương pháp theo điểm 6, trong đó khoảng cách là nhỏ hơn 10 micromet.

9. Phương pháp theo điểm 6 còn bao gồm các bước:

mở rộng ống dẫn sóng quang thứ nhất (341) và ống dẫn sóng quang thứ hai (342) cùng nhau theo chiều thứ nhất; và

quay ống dẫn sóng quang thứ nhất (341) và ống dẫn sóng quang thứ hai (342) cùng nhau đến chiều thứ hai 180 độ đối với chiều thứ nhất mà ống dẫn sóng quang thứ nhất (341) và ống dẫn sóng quang thứ hai (342) không cắt nhau.

10. Thiết bị quang học theo điểm 5, trong đó ống dẫn sóng quang thứ nhất (141, 241, 341) bao gồm phần thứ nhất và phần thứ hai được bố trí song song với nhau, và trong đó ống dẫn sóng quang thứ hai (142, 242, 342) bao gồm phần thứ nhất và phần thứ hai được bố trí song song với nhau.

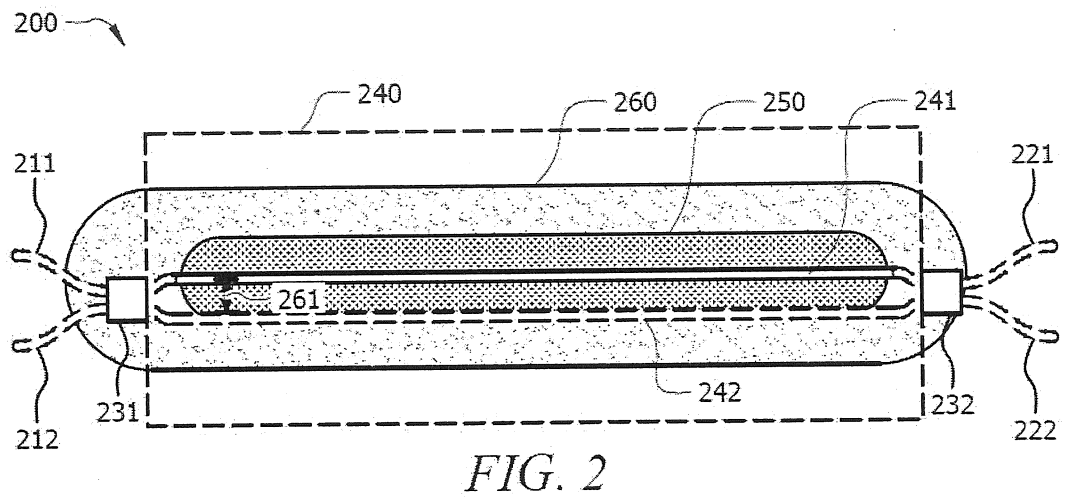
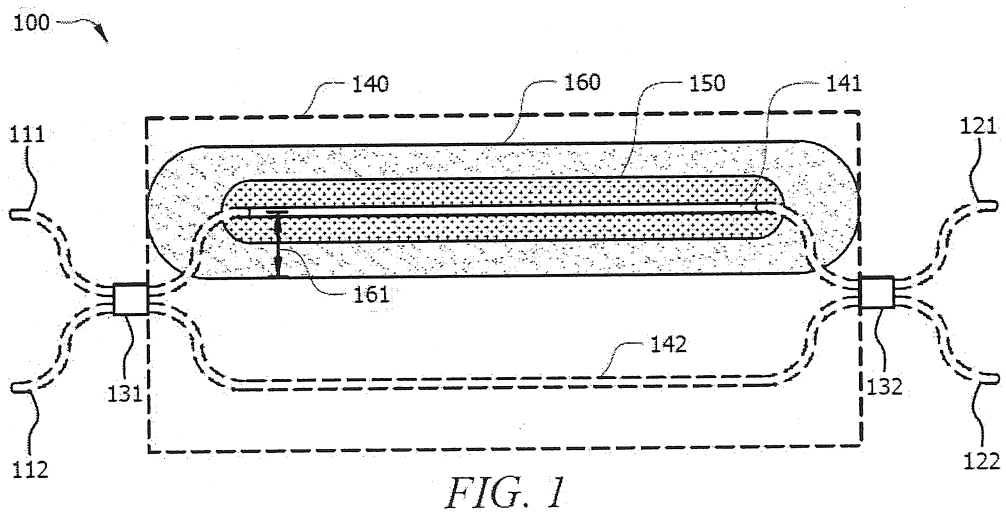
11. Thiết bị quang học theo điểm 5, trong đó ống dẫn sóng quang thứ nhất (141, 241, 341) được bố trí một khoảng cách cách ống dẫn sóng quang thứ hai (142, 242, 342), và trong đó khoảng cách là nhỏ hơn chiều dài khuếch tán nhiệt ngang được liên kết với ống dẫn sóng quang thứ nhất (141, 241, 341).

12. Thiết bị quang học theo điểm 5, còn bao gồm bộ ghép đôi quang học thứ hai (132, 232, 332) trong truyền thông quang học với ống dẫn sóng quang thứ nhất (141, 241, 341) và ống dẫn sóng quang thứ hai (142, 242, 342), trong đó ống dẫn sóng quang thứ nhất (141, 241, 341) và ống dẫn sóng quang thứ hai (142, 242, 342) được bố trí giữa bộ ghép đôi quang học thứ nhất (131, 231, 331) và bộ ghép đôi quang học thứ hai (132, 232, 332), và trong đó bộ ghép đôi quang học thứ hai (132, 232, 332) được tạo cấu hình để:

kết hợp phần thứ nhất và phần thứ hai của tín hiệu ánh sáng để cấp đầu ra thứ ba khi sự chênh lệch pha là 0 độ; và

kết hợp phần thứ nhất và phần thứ hai của tín hiệu ánh sáng để cấp đầu ra thứ tư khi sự chênh lệch pha là 180 độ.

1/7



2/7

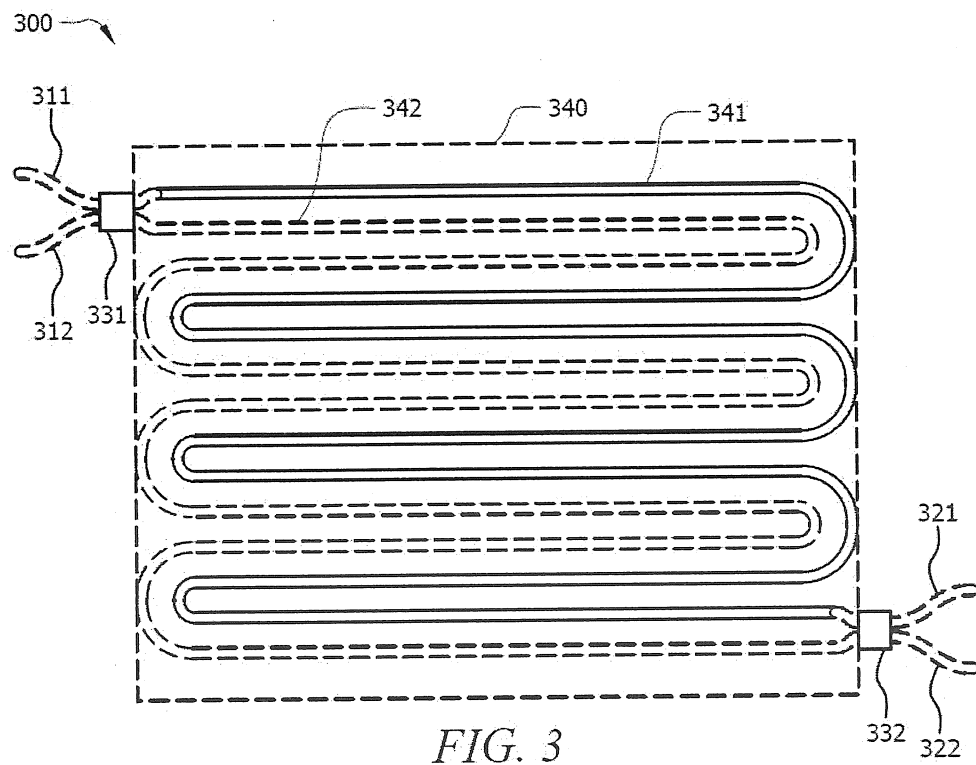


FIG. 3

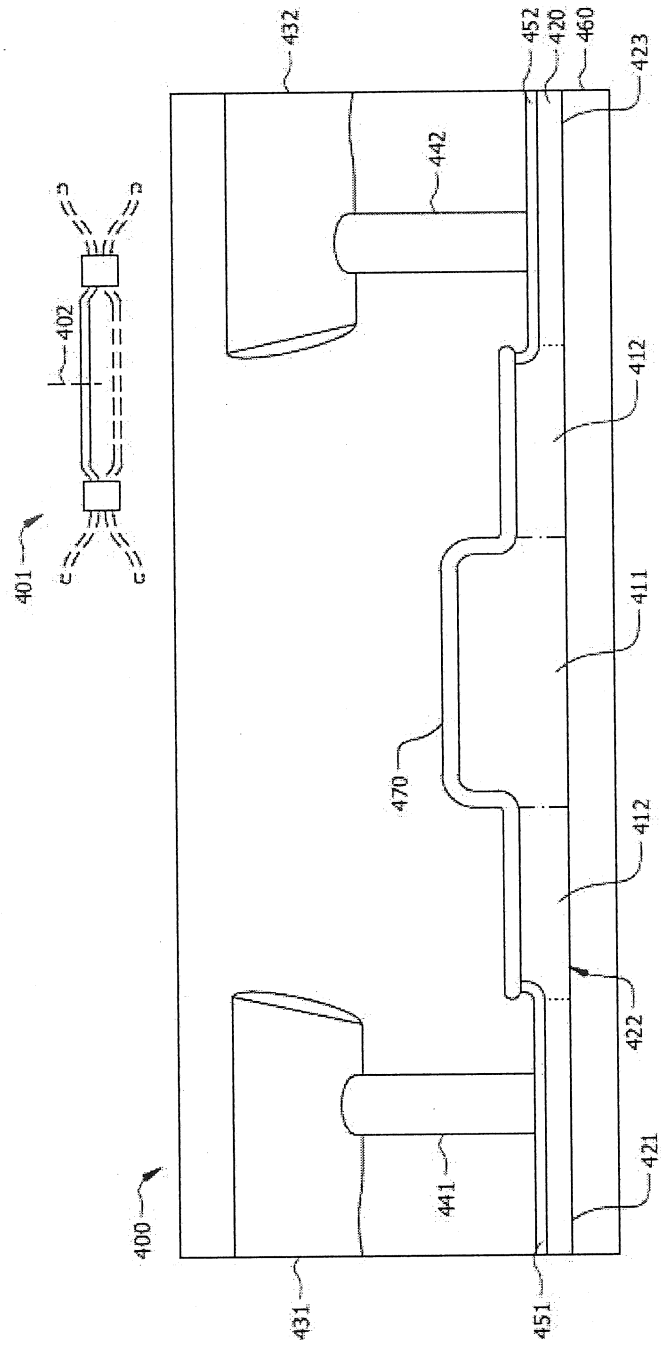


FIG. 4

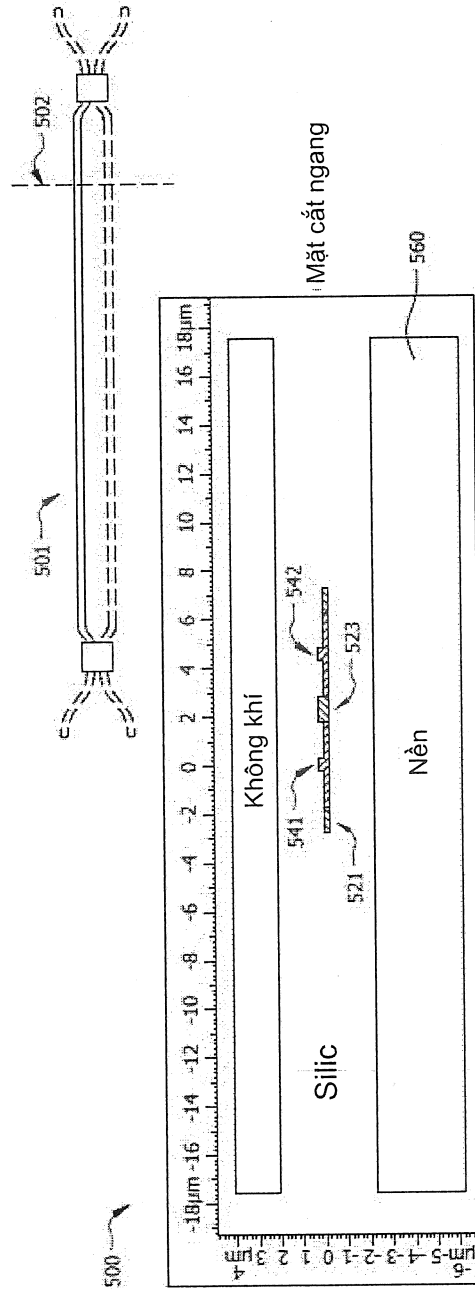


FIG. 5

5/7

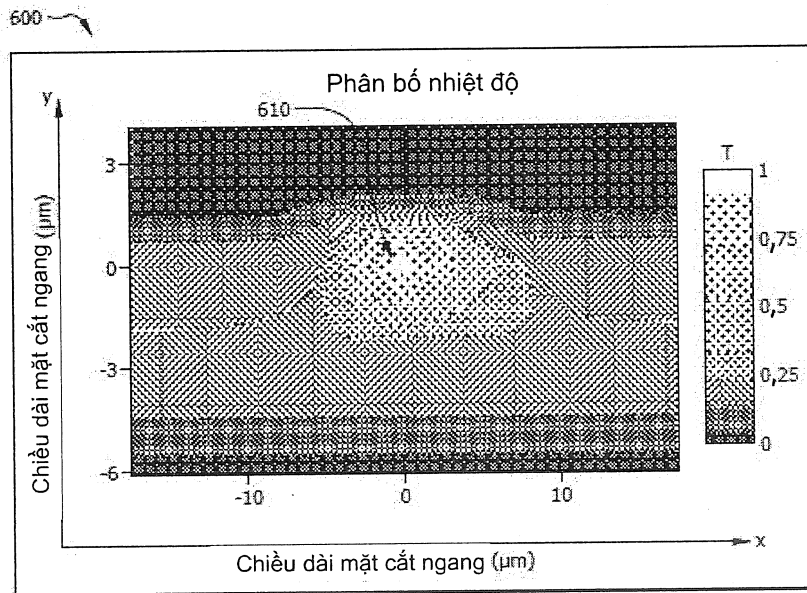


FIG. 6

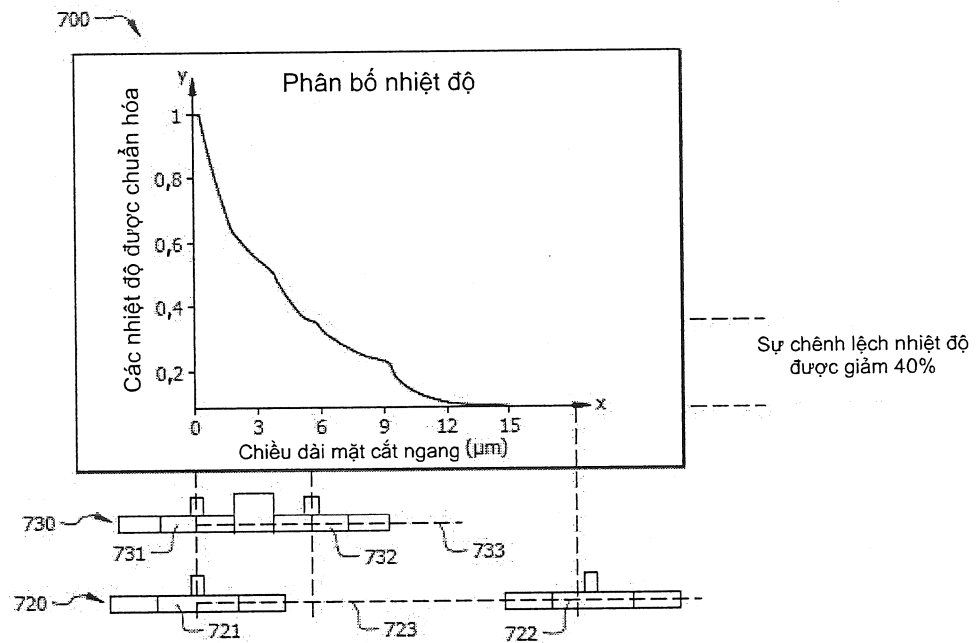
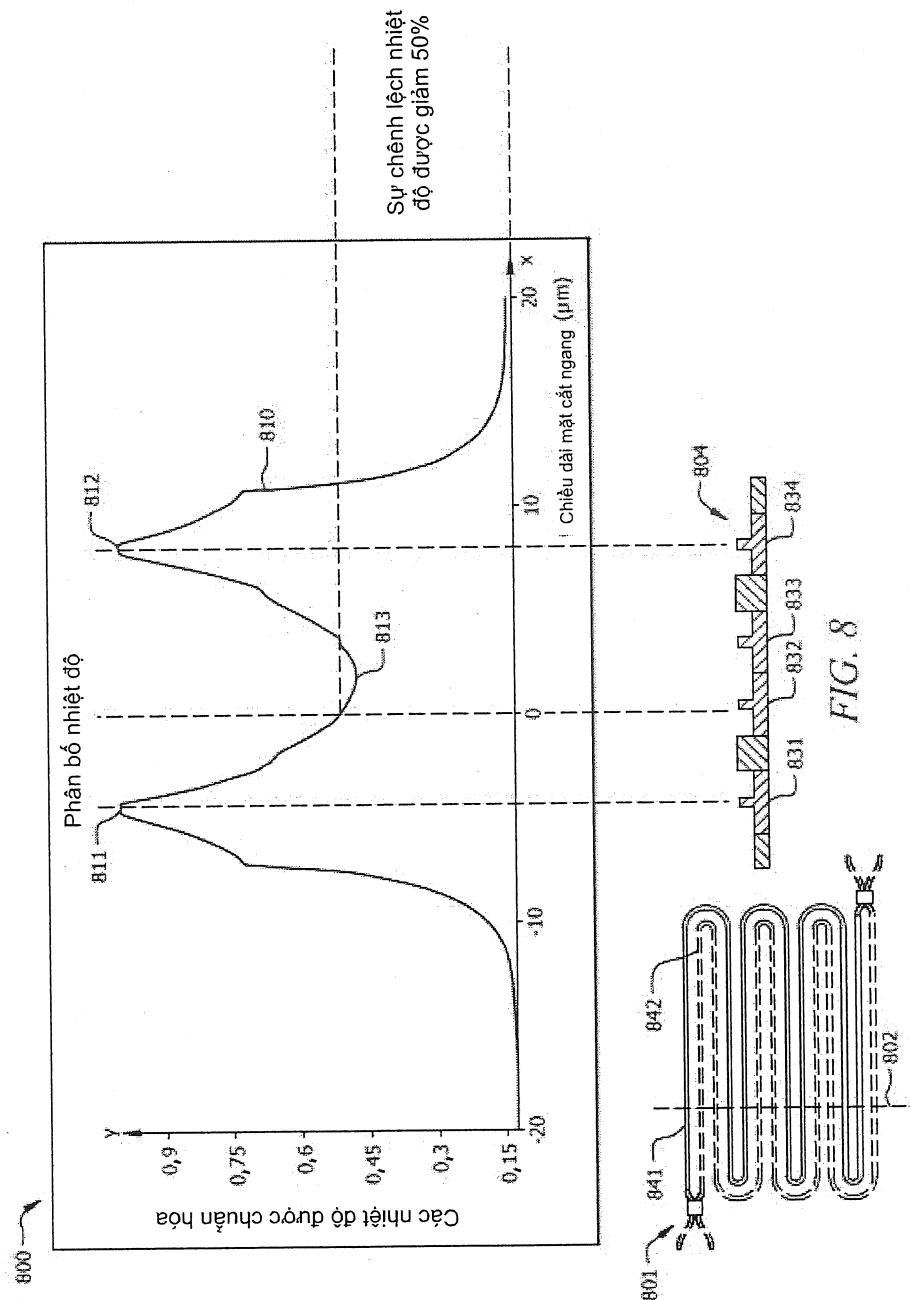


FIG. 7



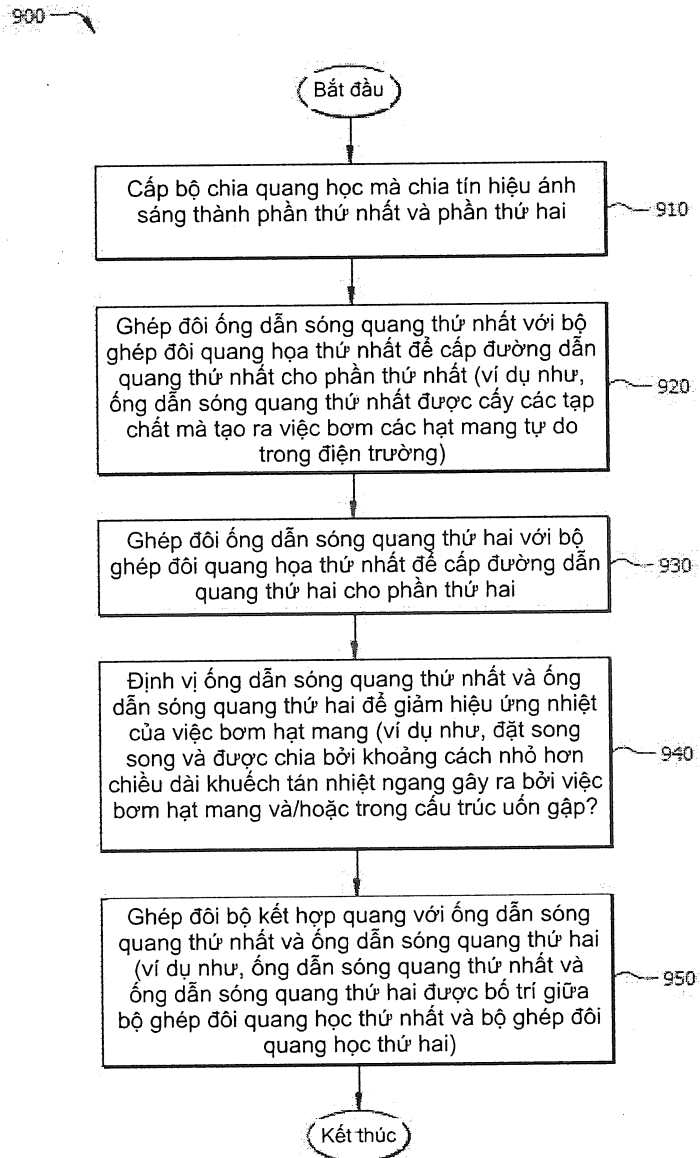


FIG. 9