



(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)



1-0037892

(51)^{2020.01} G02B 6/00; G02B 6/12; G02B 6/30;
G02B 6/10

(13) B

(21) 1-2020-04873

(22) 25/08/2020

(45) 25/12/2023 429

(43) 25/11/2020 392A

(73) Đại học Bách Khoa Hà Nội (VN)

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

(72) Chu Mạnh Hoàng (VN).

(54) PHƯƠNG PHÁP CHẾ TẠO CÁC LINH KIỆN QUANG DỰA TRÊN KỸ THUẬT
ĂN MÒN TẠO KHUÔN

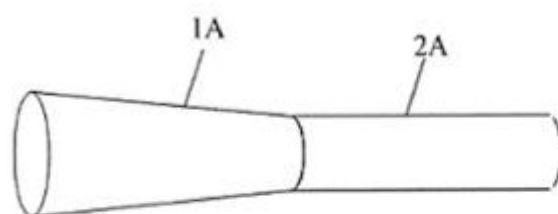
(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp cho chế tạo các linh kiện quang dựa trên kỹ thuật ăn mòn tạo khuôn. Các linh kiện quang có thể là các bộ chia, kết hợp quang và bộ lọc sóng ánh sáng. Phương pháp chế tạo được dựa trên phương pháp đúc với khuôn đúc được tạo bằng kỹ thuật ăn mòn đẳng hướng hoặc dị hướng chẳng hạn như đối với vật liệu Silic và thủy tinh. Vật liệu đúc tạo kênh có thể là polyme, silicon hoặc các vật liệu khác có khả năng dẫn sóng quang học. Kênh dẫn sóng có thể có mặt cắt ngang hình vuông/chữ nhật nếu dùng kỹ thuật ăn mòn dị hướng tạo khuôn hoặc mặt cắt ngang dạng tròn nếu kỹ thuật ăn mòn tạo khuôn sử dụng ăn mòn đẳng hướng. Để tạo khuôn trên vật liệu Silic, ăn mòn dị hướng có thể dùng kỹ thuật ăn mòn khô, ăn mòn đẳng hướng có thể dùng ăn mòn ướt hoặc ăn mòn khô. Đối với tạo kênh trên phiên thủy tinh, kỹ thuật ăn mòn khô hoặc ướt có thể sử dụng, tuy nhiên kỹ thuật ăn mòn ướt sẽ hiệu quả hơn. Sau khi tạo khuôn, khuôn được điền đầy vật liệu dẫn sóng quang chẳng hạn bằng polyme hoặc silicon, sau đấy tiến hành xử lý nhiệt để tạo các linh kiện quang.



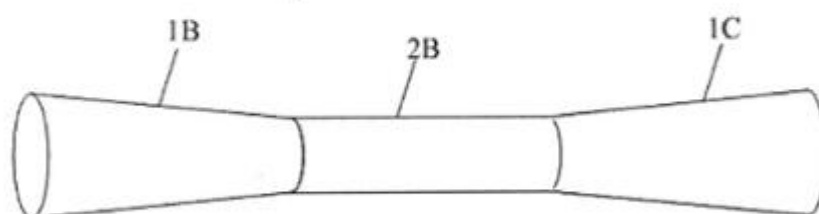
a



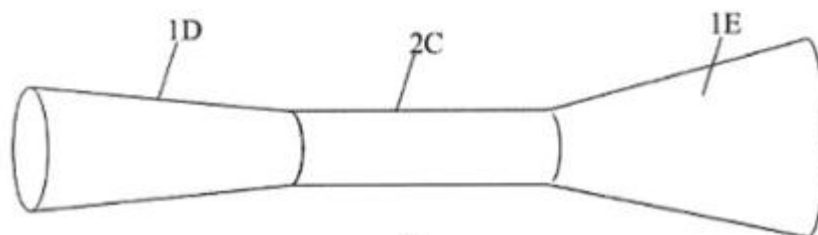
b



c



d



e

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp chế tạo các linh kiện quang dựa trên kỹ thuật ăn mòn tạo khuôn, trong đó các khuôn được chế tạo dựa trên kỹ thuật ăn mòn đẳng hướng hoặc dị hướng trên vật liệu phổ biến như Silic hoặc thủy tinh. Cấu trúc linh kiện quang có thể có mặt cắt ngang đồng nhất hoặc thay đổi, mặt cắt ngang có thể hình tròn hoặc hình vuông/chữ nhật. Các linh kiện có thể có chức năng dẫn sóng, chuyển đổi một quang học, phân chia/kết hợp công suất quang, lọc sóng quang v.v.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Hiện nay, việc kết cặp giữa ánh sáng truyền trong mạng cáp sợi quang và kênh dẫn sóng trong mạch ánh sáng phẳng thường được thực hiện dựa trên kết cặp cạnh dạng thấu kính hoặc kết cặp dạng cách tử. Ví dụ, trong bài báo "Efficient coupling from semiconductor lasers into single-mode fibers with tapered hemispherical ends" của nhóm tác giả "H. Kuwahara, M. Sasaki, N. Tokoyo" đăng trong tạp chí "Applied optics", phương pháp kết cặp cạnh khi sử dụng đầu sợi quang có dạng bán cầu; trong bài báo "A silicon based spot-size converter between single-mode fibers and Si-wire waveguides using cascaded tapers" của nhóm tác giả "K. Shiraishi, H. Yoda, A. Ohshima, H. Ikeda, C. S. Tsai" đăng trong tạp chí "Applied Physics Letters", cấu trúc kết cặp dạng côn (kích thước bộ chuyển đổi có kích thước một đầu to và một đầu nhỏ - kích thước thay đổi); trong bài báo "High-efficiency broadband light coupling between optical fibers and photonic integrated circuits" của nhóm tác giả "G. Son, S. Han, J. Park, K. Kwon và K. Yu", đăng trong tạp chí "Nanophotonics", trong đó kết cặp giữa ánh sáng truyền trong sợi quang vào mạch ánh sáng phẳng được thực hiện bằng cách tử nhiễu xạ. Tuy vậy, hiệu suất kết cặp thường rất nhỏ và quá trình chế tạo rất phức tạp. Việc kết nối giữa kênh dẫn sóng trong mặt phẳng, thường là các kênh dẫn sóng hình chữ nhật, với kích thước nhỏ, nhỏ hơn $1\mu\text{m}^2$ so với các sợi quang thường có kích thước lớn, mặt cắt ngang dạng tròn, đường kính lớn hơn $9\mu\text{m}$. Đây là một trở ngại lớn để tạo kết cặp ánh sáng từ mạch ánh sáng phẳng vào cáp sợi quang. Hơn nữa, việc chế tạo các linh kiện quang thường sử dụng các công nghệ đắt tiền. Ví dụ, để chế tạo bộ

cách tử cho kết cặp giữa ánh sáng không gian vào trong mạch quang tích hợp, phương pháp chế tạo sử dụng khắc chùm điện tử và ăn mòn khô thường được sử dụng; trong bài báo "High-efficiency broadband light coupling between optical fibers and photonic integrated circuits" của nhóm tác giả "G. Son, S. Han, J. Park, K. Kwon và K. Yu", đăng trong tạp chí "Nanophotonics", phương pháp khắc sử dụng chùm tia điện tử để kết cặp ánh sáng từ sợi quang vào trong linh kiện quang trong mặt phẳng; để chế tạo linh kiện cộng hưởng có khung ở giữa, trong bài báo "Ultra-high-Q toroid microcavity on a chip" của nhóm tác giả "D. K. Armani, T. J. Kippenberg, S. M. Spillane, and K. J. Vahala", đăng trong tạp chí "Nature", phương pháp chế tạo sử dụng khắc chùm điện tử, ăn mòn khô và vi cơ bằng tia laze đã được sử dụng. Hơn nữa, việc chuyển đổi một quang trong các sợi quang được thực hiện bằng cách đặt lệch trục một sợi quang đơn một so với trục tâm của sợi quang đa một. Đây là một công nghệ rất khó thực hiện đối với công nghệ sản xuất hàng loạt có yêu cầu về bước xử lý hàn ghép lệch trục sợi quang với độ chính xác ở tỷ lệ micromet. Trong thực tế, người ta đã giới thiệu một cấu trúc dạng côn để chuyển đổi đơn một sang đa một và ngược lại, tuy nhiên, công nghệ chế tạo rất phức tạp và khó điều khiển. Gần đây, phương pháp chế tạo kênh dẫn sóng, vi thấu kính, vi cấu trúc quang dựa trên kỹ thuật tạo khuôn đã được đề xuất. Ví dụ, trong sáng chế "Microfabricated bragg waveguide", số "US6807353B1" đã đề xuất chế tạo kênh dẫn sóng cách tử với lõi rỗng với hình dạng khác nhau; trong sáng chế "Multiple lens molding system and method", số "US20030115907A1" đã đề xuất phương pháp tạo khuôn cho tạo các vi thấu kính và linh kiện quang khác; trong sáng chế "Method of manufacturing nanostructures on a surface, on a mould and on an optical element, and an optical element as such manufactured", số "US20150009571A1" đã đề xuất phương pháp chế tạo các cấu trúc nano trên bề mặt để kim loại sử dụng kỹ thuật anode hóa. Tuy vậy, trong các sáng chế này không đề cập đến cơ chế kết cặp quang và chế tạo kênh dẫn sóng với kích thước mặt cắt ngang thay đổi theo chiều truyền sóng, hoặc kênh dẫn sóng có thay đổi hướng truyền sóng. Hơn nữa, với cơ chế truyền sóng trong kênh dẫn sóng cách tử như trong sáng chế "Microfabricated bragg waveguide", số "US6807353B1" chỉ áp dụng cho truyền sóng với kích thước mặt cắt ngang được giữ không đổi, khi mặt cắt ngang thay đổi, suy hao truyền sẽ lớn vì góc phản xạ toàn phần bị thay đổi. Vì vậy, việc đề xuất và tạo ra các bộ chuyển đổi một tương thích giữa kênh dẫn sóng ánh sáng trong mặt phẳng và sợi cáp quang trong không gian cần được giải quyết để tăng khả năng ứng dụng của công nghệ mạch tích hợp quang phẳng, đồng thời đề xuất

các quy trình chế tạo linh kiện quang giá thành thấp, đáp ứng các nhu cầu ứng dụng khác nhau trong truyền thông quang, cảm biến quang và các thiết bị quang học khác đang là nhu cầu cho phát triển các ngành công nghiệp hiện nay.

Để khắc phục các vấn đề nêu trên cũng như phát triển các công nghệ cho mạng thông tin quang và công nghệ mạch quang tích hợp, trong sáng chế này, phương pháp chế tạo các linh kiện quang dựa trên kỹ thuật ăn mòn tạo khuôn, trong đó các khuôn được chế tạo dựa trên kỹ thuật ăn mòn đẳng hướng hoặc dị hướng trên vật liệu như Silic hoặc thủy tinh sẽ được đề xuất.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là đề xuất phương pháp chế tạo các linh kiện quang dựa trên kỹ thuật ăn mòn đẳng hướng và dị hướng tạo khuôn đúc. Phương pháp này có thể chế tạo ra các linh kiện chức năng có khả năng tích hợp tương thích một suy hao thấp với mạng cáp sợi quang. Các linh kiện chức năng quang truyền thống phổ biến cho ứng dụng trong truyền và xử lý thông tin quang như kênh dẫn sóng, bộ chuyển đổi một, phân chia/kết hợp công suất, bộ lọc sóng, chuyển mạch quang, v.v. Trong các linh kiện này, thường mặt cắt ngang có dạng hình chữ nhật hoặc vuông, trong khi đó sợi cáp quang trong thực tế thường có dạng tròn. Hơn nữa, kích thước của các kênh dẫn sóng trong các thành phần quang học của mạch ánh sáng phẳng thường có kích thước nhỏ hơn nhiều so với sợi cáp quang trong không gian tự do. Vì vậy, việc kết cặp giữa kênh dẫn sóng trong mạch ánh sáng phẳng và sợi quang trong không gian rất khó thực hiện hoặc thực hiện được nhưng với hiệu suất thấp. Việc đưa ra một giải pháp kết cặp hiệu quả giữa kênh dẫn sóng phẳng và sợi quang trong không gian đồng thời còn thúc đẩy khả năng ứng dụng của các kết quả nghiên cứu mạch ánh sáng phẳng vào trong thực tiễn. Do đó, việc đưa ra một giải pháp công nghệ để tạo ra các bộ chuyển đổi một, sáng chế đưa ra phương pháp chế tạo các cấu trúc chuyển đổi đơn một sang đa một và ngược lại. Cấu trúc có dạng côn (một đầu đa một và một đầu đơn một). Với cấu trúc này, việc chuyển đổi một được thực hiện một cách dễ dàng mà không cần công nghệ căn chỉnh để đặt sợi quang đơn một lệch trục một cách chính xác so với sợi quang đa một như công nghệ đang được sử dụng trong các sản phẩm thương mại. Công nghệ mà sáng chế này đề xuất để tạo cấu trúc dạng côn đơn giản hơn rất nhiều phương pháp chế tạo dạng côn của sợi quang sử dụng công nghệ ăn mòn thu nhỏ đã được đề xuất trước đây. Sự khác biệt nằm ở chỗ cấu trúc chuyển đổi một sẽ được chế tạo trên mặt phẳng, đặc biệt công nghệ đề xuất trong sáng chế bằng cách sử dụng công nghệ ăn mòn đẳng hướng ướt hoặc khô tạo khuôn để từ đó tạo các cấu trúc polyme hoặc silica (chiết suất tương tự sợi cáp quang) hoặc kỹ thuật ăn mòn khô để tạo các cấu trúc côn đối với vật liệu Silic. Với việc tạo các cấu trúc chuyển đổi một trên mặt

phẳng, kết cặp giữa kênh dẫn sóng trong mạch ánh sáng phẳng và sợi quang trong không gian có thể được thực hiện dễ dàng với hiệu suất cao. Vì vậy, việc ứng dụng ưu điểm của kỹ thuật tạo hình trong các vật liệu Silic, thủy tinh cũng như các vật liệu khác để tạo khuôn đúc nhằm tạo ra các linh kiện quang chức năng nhằm khắc phục các hạn chế hiệu suất kết cặp cũng như giá thành sản xuất hàng loạt trong các công bố trước đây sẽ được giải quyết trong sáng chế hiện tại. Dựa trên tính chất ăn mòn đẳng hướng ướt và khô của Silic, thủy tinh, các cấu trúc linh kiện chức năng quang có thể được tạo ra từ phương pháp chế tạo được đề xuất trong sáng chế hiện tại ví dụ như được thể hiện trong các hình 1, 2, 3 ...

Hình 1 minh họa các thành phần kênh dẫn sóng quang dạng thẳng (Hình 1a), côn (Hình 1b) hoặc hỗn hợp (Hình 1c và Hình 1d) có mặt cắt ngang hình tròn;

Hình 2 minh họa các bộ chia/kết hợp công suất quang dựa trên giao thoa đa mốt;

Hình 3 minh họa các linh kiện quang chức năng như chia công suất dạng chữ Y, bộ kết cặp quang trực tiếp, bộ lọc sóng quang sử dụng hộp cộng hưởng dạng vòng và bộ lọc sóng quang sử dụng hộp cộng dạng đĩa;

Để chế tạo các cấu trúc linh kiện quang như vậy, sáng chế đã đưa ra các phương pháp chế tạo chưa được đề xuất trước đây dựa trên tính chất ăn mòn đẳng hướng và dị hướng Silic, phiến Silic có lớp SiO_2 , thủy tinh và các dạng đế với vật liệu khác có khả năng tạo vi cấu trúc sử dụng ăn mòn đẳng hướng và dị hướng. Cấu trúc linh kiện có dạng thẳng với mặt cắt ngang tròn được chế tạo bằng cách tạo khuôn khi sử dụng ăn mòn đẳng hướng phiến chẳng hạn sử dụng phiến Silic. Ăn mòn đẳng hướng Silic có thể được thực hiện bằng ăn mòn ướt hoặc ăn mòn khô. Cấu trúc kênh dẫn sóng có mặt cắt ngang hình chữ nhật có thể được tạo ra từ khuôn được chế tạo bằng cách ăn mòn phiến Silic đơn tinh thể định hướng (110) hoặc ăn mòn hỗ trợ kim loại chẳng hạn sử dụng Ag. Để chế tạo các cấu trúc dạng côn với kích thước mặt cắt ngang thay đổi, các khuôn có thể được tạo ra khi sử dụng ăn mòn đẳng hướng trên các phiến như Silic hoặc thủy tinh với các chất ăn mòn chứa Flo; để bảo vệ phần cấu trúc không bị ăn mòn có thể sử dụng kim loại trơ với Flo như Cr và/hoặc Au; để tạo ra các phần mặt cắt ngang thay đổi, kích thước cửa sổ ăn mòn được mở trên phiến có lớp Cr/Au bảo vệ được thay đổi tương ứng. Đối với các cấu trúc dạng cong như hình 2 và hình 3, khuôn được tạo tương tự như cấu trúc dạng côn. Đối với cấu trúc dạng đĩa, khuôn có thể được tạo ra bằng cách ăn mòn ướt Silic có hỗ trợ của kim loại. Sau khi đã chế tạo 2 nửa khuôn, chúng được tập hợp chính xác lại với nhau để tạo ra khuôn đúc các linh kiện quang hoàn chỉnh. Sau khi khuôn đúc được tạo, các chất lỏng quang có thể đông rắn theo thời gian hoặc sử dụng nhiệt độ được điền đầy vào khuôn. Các linh kiện quang sau khi hoàn thành, khuôn có thể được tháo ra hoặc tập hợp để tạo ra các linh kiện chức năng quang học khác hoặc mạch quang tích hợp. Hình 4 minh họa các

phương pháp chế tạo khuôn sử dụng ăn mòn dị hướng và oxy hóa. Hình 5 là quy trình chế tạo bộ chuyển đổi quang học đa một sang đơn một và đơn một sang đa một. Hình 6 minh họa công nghệ chế tạo hộp cộng hưởng dạng đĩa tròn với khung đỡ ở giữa.

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 các cấu trúc kênh dẫn sóng quang dạng thẳng, côn hoặc hỗn hợp có mặt cắt ngang hình tròn.

Hình 2 các bộ chia/kết hợp công suất quang dựa trên giao thoa đa một.

Hình 3 các linh kiện quang chức năng như chia công suất dạng chữ Y, bộ kết cặp quang trực tiếp, bộ lọc sóng quang sử dụng hộp cộng hưởng dạng vòng và bộ lọc sóng quang sử dụng hộp cộng hưởng dạng đĩa.

Hình 4 minh họa các phương pháp chế tạo khuôn sử dụng ăn mòn dị hướng và oxy hóa.

Hình 5 quy trình chế tạo bộ chuyển đổi quang học đa một sang đơn một và đơn một sang đa một

Hình 6 minh họa công nghệ chế tạo hộp cộng hưởng dạng đĩa tròn với khung đỡ ở giữa.

Mô tả chi tiết sáng chế

Phương pháp chế tạo các linh kiện quang dựa trên kỹ thuật ăn mòn tạo khuôn. Khuôn đúc để tạo các cấu trúc linh kiện quang chức năng có thể được chế tạo dựa trên công nghệ vi cơ điện tử như lắng đọng lớp kim loại, mở cửa sổ ăn mòn sử dụng quá trình khắc, ăn mòn đẳng hướng/dị hướng tạo khuôn, tập hợp khuôn và điền đầy khuôn bằng vật liệu chất lỏng dẫn quang. Kích thước của các linh kiện quang có thể được điều khiển dựa trên việc khống chế thời gian ăn mòn và quá trình đông rắn sử dụng nung ủ nhiệt/chiếu sáng hoặc thay đổi tỷ lệ thành phần của vật liệu chất lỏng quang. Các linh kiện quang phổ biến được minh họa trong các Hình 1, Hình 2 và Hình 3. Hình 1 minh họa các thành phần kênh dẫn sóng quang dạng thẳng (Hình 1a), côn với kích thước kênh dẫn sóng giảm dần, có thể từ đa một thành đơn một, hoặc thay đổi kích thước một (Hình 1b) hoặc hỗn hợp có mặt cắt ngang hình tròn, Hình 1c cấu trúc bao gồm thành phần có kích thước thay đổi 1A và thành phần kênh dẫn sóng thẳng 2A, Hình 1d được cấu tạo từ hai thành phần chuyển đổi một ở đầu vào/ra 1B và 1C được nối với kênh dẫn sóng thẳng 2B, Hình 1e là cấu trúc với hai bộ chuyển đổi một khác nhau 1D và 1E được nối với kênh dẫn sóng thẳng 2C; Hình 2 minh họa các bộ chia/kết hợp công suất quang dựa trên giao thoa đa một, các kênh đầu vào/ra có thể 1 hoặc nhiều kênh, mỗi kênh có thể có mặt cắt ngang không đổi như Hình 2a và Hình 2b, hoặc có dạng côn như Hình

2c hoặc kết hợp dạng côn và dạng thẳng như Hình 2d; 3A đến 3D là phần giao thoa đa mốt, 4I và 7I là các đầu vào với kênh dẫn sóng với mặt cắt ngang không đổi, 5O1, 5O2, 8O1 ... 8On là các kênh dẫn sóng đầu ra với mặt cắt ngang không đổi; 9I và 11I là các đầu vào/ra dạng côn, 10O1, 10O2 và 12O1 là các đầu ra/vào dạng côn, 12O2 là đầu ra/vào với kênh dẫn sóng có mặt cắt ngang không đổi; đầu ra/vào dạng côn có thể có chức năng như các bộ chuyển đổi mốt, để kết cặp hiệu quả giữa các kênh dẫn sóng kích thước khác nhau; Hình 3 minh họa các linh kiện quang chức năng được tạo ra từ các kênh dẫn sóng thẳng và cong, Hình 3a minh họa bộ chia công suất dạng chữ Y, một kênh dẫn sóng đầu vào 13I được chia thành hai đường tín hiệu với 2 kênh dẫn sóng đầu ra 14O1 và 14O2, khi sử dụng các bộ chia 1/2 này ghép nối tiếp nhau, 1 đầu vào có thể được chia thành nhiều đầu ra; Hình 3b minh họa bộ kết cặp quang trực tiếp, chia công suất cũng có thể được thực hiện khi sử dụng kết cặp trực tiếp 16, 15I1 và 15I2 là các đầu vào, 15O1 và 15O2 là các đầu ra và ngược lại; Hình 3c minh họa bộ lọc sóng quang sử dụng hộp cộng hưởng dạng vòng 19 kết cặp với 2 kênh dẫn sóng vào/ra 17 và 18 và Hình 3d minh họa bộ lọc sóng quang sử dụng hộp cộng dạng đĩa 22 kết cặp với 2 kênh dẫn sóng vào/ra 20 và 21; để chế tạo các linh kiện quang với mặt cắt ngang có diện tích hình tròn và có thể tạo ra các cấu trúc côn phù hợp kích thước của sợi cáp quang trong thực tế, sáng chế này đưa ra phương pháp chế tạo hiệu quả, có sự lặp lại bằng cách sử dụng các khuôn đúc.

Theo phương án 1:

Tạo khuôn đúc với mặt cắt ngang cấu trúc có dạng tròn;

Theo phương án 2:

Cấu trúc linh kiện quang có mặt cắt ngang dạng hình vuông/chữ nhật.

Để tạo ra khuôn đúc với mặt cắt ngang cấu trúc có dạng tròn, sáng chế này đưa ra ba phương án thực hiện như sau:

Theo phương án 1:

Khuôn được tạo ra từ phương pháp ăn mòn đẳng hướng ướt; phương pháp này được minh họa trên Hình 4a đến Hình 4c, Hình 4a minh họa một phiến được phủ lớp bảo vệ 23, lớp bảo vệ này phụ thuộc vào vật liệu để chế tạo và dung dịch ăn mòn, ví dụ, khuôn làm từ Silic có thể sử dụng dung dịch ăn mòn dị hướng HNA (hỗn hợp của HF, HNO₃ và CH₃COOH), mặt nạ sử dụng có thể là SiO₂ hoặc Si₃N₄; nếu khuôn làm từ SiO₂ có thể sử dụng mặt nạ Si₃N₄ hoặc kim loại trơ như Au và chất ăn mòn chứa HF, Hình 4b minh họa cửa sổ 24 được tạo bởi quá trình khắc cho ăn mòn tạo khuôn và Hình 4c và Hình 4d minh họa khuôn 25 được tạo ra khi sử dụng ăn mòn đẳng hướng.

Theo phương án 2:

Khuôn được tạo ra từ phương pháp ăn mòn đẳng hướng khô; trong phương án này, quy trình tạo khuôn tương tự phương án 1, tuy vậy, quá trình ăn mòn đẳng

hướng được thực hiện từ pha hơi, ví dụ: ăn mòn Silic có thể dùng khí XeF_2 với mặt nạ Si_3N_4 .

Theo phương án 2:

Khuôn được tạo ra từ phương pháp oxy hóa, quá trình tạo khuôn được minh họa trên Hình 4e đến Hình 4h, Hình 4e minh họa phiên với lớp mặt nạ 26 bảo vệ Silic trong quá trình oxy hóa như Si_3N_4 , Hình 4f minh họa phiên được mở cửa sổ 27 cho quá trình oxy hóa, Hình 4g minh họa để được oxy hóa tạo nửa hình tròn 28 và Hình 4h minh họa nửa khuôn 29 được tạo bằng cách ăn mòn lớp SiO_2 .

Để minh họa cho phương pháp chế tạo các linh kiện quang dựa trên kỹ thuật ăn mòn đẳng hướng tạo khuôn, các bước tiến hành được thực hiện cho cấu trúc dạng côn và đĩa cộng hưởng có khung đỡ ở giữa như sau:

Quy trình chế tạo kênh dẫn sóng quang dạng côn

Để chế tạo của một linh kiện quang với hai đầu có dạng côn như Hình 2d, quy trình có thể đưa ra dựa trên công nghệ ăn mòn khô đẳng hướng đối với phiên Silic hoặc thủy tinh pyrex như trên Hình 5;

Quy trình chế tạo được bắt đầu ví dụ bằng phiên Silic, Hình 5a. Sau đây, phiên được làm sạch và tạo lớp mặt nạ oxit trong quá trình ăn mòn đẳng hướng; lớp oxit có thể được tạo bằng phương pháp phún xạ, lắng đọng hơi hóa học hoặc oxy hóa;

Tiếp theo, cửa sổ ăn mòn được mở để tạo 2 nửa khuôn cấu trúc dẫn sóng dạng côn đầu vào 1B và đầu ra 1C và vùng dẫn sóng thẳng 2B với mặt cắt ngang không đổi 2B, Hình 5b11 và Hình 5b21; khuôn tạo kênh dẫn sóng thẳng được mở cửa sổ với thích thước như nhau; khuôn tạo kênh dẫn sóng dạng côn được mở cửa sổ với thích thước thay đổi để tạo ra các mặt cắt ngang với kích thước khác nhau; cửa sổ ăn mòn có kích thước lớn bị ăn mòn ở tốc độ cao hơn;

Để sau bước tạo cửa sổ được tiến hành ăn mòn khô đẳng hướng nếu để sử dụng là để Silic và ăn mòn ướt đẳng hướng nếu sử dụng để thủy tinh pyrex để tạo 2 nửa khuôn cấu trúc kênh dẫn sóng, Hình 5b12 và Hình 5b22; thực hiện ăn mòn đẳng hướng của Silic có thể sử dụng ăn mòn khô hoặc ướt; ăn mòn khô đẳng hướng có thể sử dụng chẳng hạn sử dụng khí XeF_2 ; ăn mòn ướt đẳng hướng Silic có thể sử dụng dung dịch HNA. Trong bước ở Hình 5b12 và Hình 5b22, ăn mòn ướt thủy tinh pyrex thì mặt nạ sử dụng có thể bằng Cr/Au để có thể bảo vệ được các cấu trúc cần được bảo vệ trong quá trình ăn mòn ướt chẳng hạn khi sử dụng axit $\text{HF}48\%$.

Sau đó hai nửa khuôn được tẩy lớp bảo vệ (Hình 5b13 và Hình 5b23) và tập hợp lại như Hình 5c và điền đầy vật liệu quang học chất lỏng như polyme hoặc silicon vào khuôn và nung ủ/xử lý nhiệt để đông rắn tạo hình bộ chuyển đổi một quang (Hình 5d).

Cuối cùng, khuôn được ăn mòn hoặc dỡ ra như Hình 5e. Bộ chuyển đổi một quang sau đó được tập hợp trên các đế với chiết suất thấp hơn hoặc đóng gói trong

các vật liệu có chiết suất thấp hơn để loại bỏ suy hao quang hoặc tích hợp với linh kiện quang học khác.

Quy trình chế tạo hộp cộng hưởng dạng đĩa có khung đỡ ở giữa

Hình 6 minh họa một quy trình ví dụ cho chế tạo hộp cộng hưởng có khung đỡ ở giữa;

Quy trình chế tạo được bắt đầu bằng phiến thủy tinh Pyrex 30 sau khi đã được làm sạch và phủ một lớp kim loại làm mặt nạ 31A và 31B (Hình 6b11 và Hình 6b21), phiến thủy tinh này được quang khắc mở cửa sổ để tạo hộp cộng hưởng tròn 32A (Hình 6b12); một nửa khuôn đúc 32B được tạo trên một đế khác tương tự (Hình 6b22);

Sau bước quang khắc ở trên, phiến thủy tinh Pyrex được tiến hành ăn mòn ướt trong dung dịch như HF để hoàn thành tạo hình hai nửa của khuôn hộp cộng hưởng 33A và 33B (Hình 6b13 và Hình 6b23);

Sau bước ăn mòn ướt một khoảng thời gian để định hình hai nửa khuôn, lớp mặt nạ Cr/Au được tẩy đi để tạo khung đỡ 34A và 34B hộp cộng hưởng (Hình 6b14 và Hình 6b24), trong bước này một kênh dẫn chất lỏng 35 cho tạo hộp cộng hưởng cũng được mở cửa sổ cho ăn mòn tiếp theo;

Hai phiến thủy tinh sau khi được tạo hình khung đỡ hộp cộng hưởng được tiếp tục ăn mòn đẳng hướng ướt để hoàn thành việc tạo hai nửa khuôn đúc (Hình 6b15 và Hình 6b25);

Sau khi đã hoàn thành việc ăn mòn để tạo khuôn, lớp mặt nạ được tẩy đi (Hình 6b16 và Hình 6b26), hai khuôn được làm sạch và tập hợp lại như Hình 6c;

Dung dịch chất lỏng có khả năng dẫn sóng quang suy hao thấp chẳng hạn như polyme hoặc silicon được điền đầy vào khuôn và xử lý nhiệt để đông rắn tạo hộp cộng hưởng;

Hộp cộng hưởng cuối cùng được hoàn thành bằng cách dỡ khuôn, hoặc tập hợp trong một quá trình khác để tạo linh kiện chức năng (Hình 6e1) hoặc đóng gói bằng vật liệu chiết suất thấp và có khả năng bảo vệ hộp cộng hưởng (Hình 6e2).

Quy trình chế tạo linh kiện chức năng quang có mặt cắt ngang dạng hình vuông/chữ nhật

Để chế tạo cấu trúc linh kiện theo phương án 2 có mặt cắt ngang dạng hình vuông/chữ nhật, quy trình chế tạo được thực hiện tương tự như phương án 1, tuy nhiên, khuôn đúc được tạo trên phiến Silic hoặc thủy tinh pyrex khi sử dụng ăn mòn dị hướng khô; đối với vật liệu Silic, ăn mòn ướt với sự hỗ trợ kim loại có thể thực hiện được hoặc ăn mòn trong dung dịch kiềm trên phiến Silic định hướng (110).

Hiệu quả kỹ thuật đạt được

Đây là một sáng chế liên quan đến phương pháp chế tạo các linh kiện quang dựa trên kỹ thuật ăn mòn tạo khuôn; cấu trúc linh kiện quang có thể có mặt cắt

ngang đồng nhất hoặc dạng côn có mặt cắt ngang hình tròn hoặc hình vuông. Các linh kiện có thể có chức năng dẫn sóng, chuyển đổi một quang học, phân chia/kết hợp công suất, lọc sóng quang, v.v. Khi sử dụng phương pháp này, việc chế tạo các linh kiện quang giá thành thấp và khả năng kết cặp tương thích một với kích thước sợi cáp quang thương mại sẽ làm giảm suy hao truyền. Các linh kiện quang chức năng này có thể sản xuất hàng loạt giá thành thấp dựa trên công nghệ vi điện tử. Các bộ chức năng quang này có thể được ứng dụng trong các thiết bị đầu cuối trong mạng thông tin quang, xử lý thông tin quang và cảm biến quang, v.v.

Yêu cầu bảo hộ

1. Phương pháp chế tạo các linh kiện quang dựa trên kỹ thuật ăn mòn tạo khuôn, khuôn được tạo dựa trên ăn mòn ướt hoặc khô, đặc biệt để tạo các khuôn có mặt cắt ngang dạng tròn được thực hiện theo các phương pháp như sau: phương pháp ăn mòn đẳng hướng ướt, phương pháp ăn mòn đẳng hướng khô và phương pháp tạo khuôn dựa trên oxy hóa; phương pháp chế tạo các linh kiện quang dựa trên kỹ thuật tạo khuôn bao gồm các bước:

chuẩn bị để tạo khuôn: để Silic được làm sạch và oxy hóa để tạo lớp mặt nạ trong quá trình ăn mòn đẳng hướng; lớp oxit được tạo bằng phương pháp phun xạ, lắng đọng hơi hóa học hoặc oxy hóa;

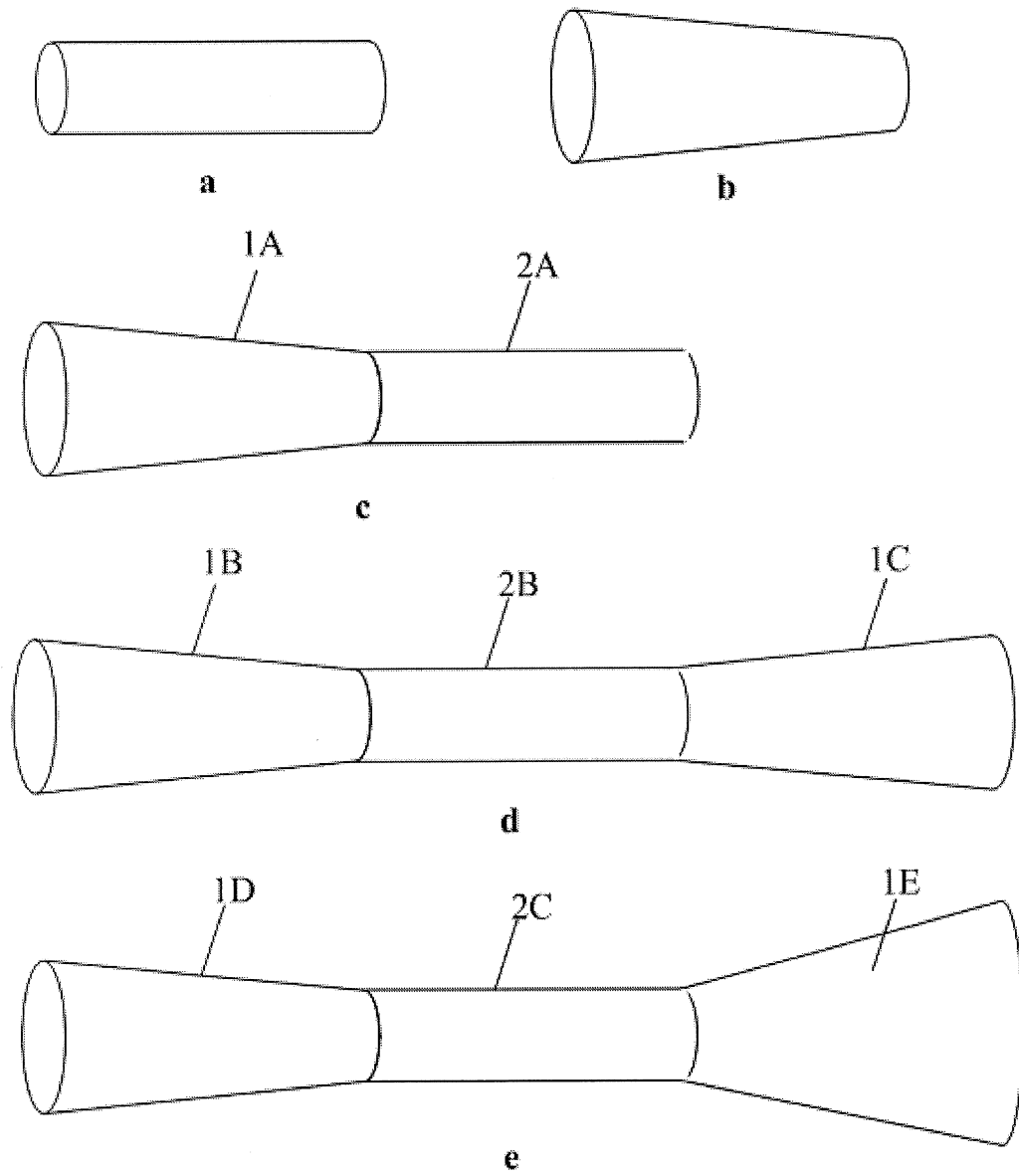
tiếp theo, cửa sổ ăn mòn được mở để tạo nửa khuôn cấu trúc linh kiện quang, đối với cấu trúc có dạng như hộp cộng hưởng tròn hay kênh dẫn sóng thẳng, trong những trường hợp này kênh dẫn sóng có mặt cắt ngang không đổi theo phương truyền sóng ánh sáng, khuôn tạo kênh dẫn sóng thẳng cũng như kênh dẫn sóng cong được mở cửa sổ ăn mòn với kích thước như nhau, mặt cắt ngang có kích thước khác nhau nhưng không thay đổi theo phương truyền sóng được tạo bằng cách thay đổi kích thước cửa sổ ăn mòn; dạng chuyển đổi một quang với kích thước mặt cắt ngang thay đổi theo phương truyền sóng ánh sáng, đối với khuôn tạo cấu trúc với kích thước mặt cắt ngang thay đổi theo phương truyền sóng (như kênh dẫn sóng dạng côn), khuôn được mở cửa sổ với thích thước thay đổi theo phương truyền sóng để tạo ra các mặt cắt ngang với kích thước khác nhau sau khi ăn mòn, điều này được thực hiện bởi cửa sổ ăn mòn có kích thước lớn hơn bị ăn mòn ở tốc độ cao hơn;

sau bước tạo cửa sổ, phần được tiến hành ăn mòn đẳng hướng khô hoặc ướt hoặc oxy hóa để tạo khuôn, thực hiện ăn mòn dị hướng của Silic sử dụng ăn mòn khô hoặc ướt; ăn mòn khô đẳng hướng sử dụng chẳng hạn sử dụng khí XeF_2 ; ăn mòn ướt đẳng hướng Silic sử dụng dung dịch HNA; trong quá trình ăn mòn ướt thủy tinh thì mặt nạ sử dụng các vật liệu bảo vệ trợ về mặt hóa học, như Cr/Au để bảo vệ được các cấu trúc cần được bảo vệ trong quá trình ăn mòn ướt chẳng hạn khi sử dụng axit HF48%;

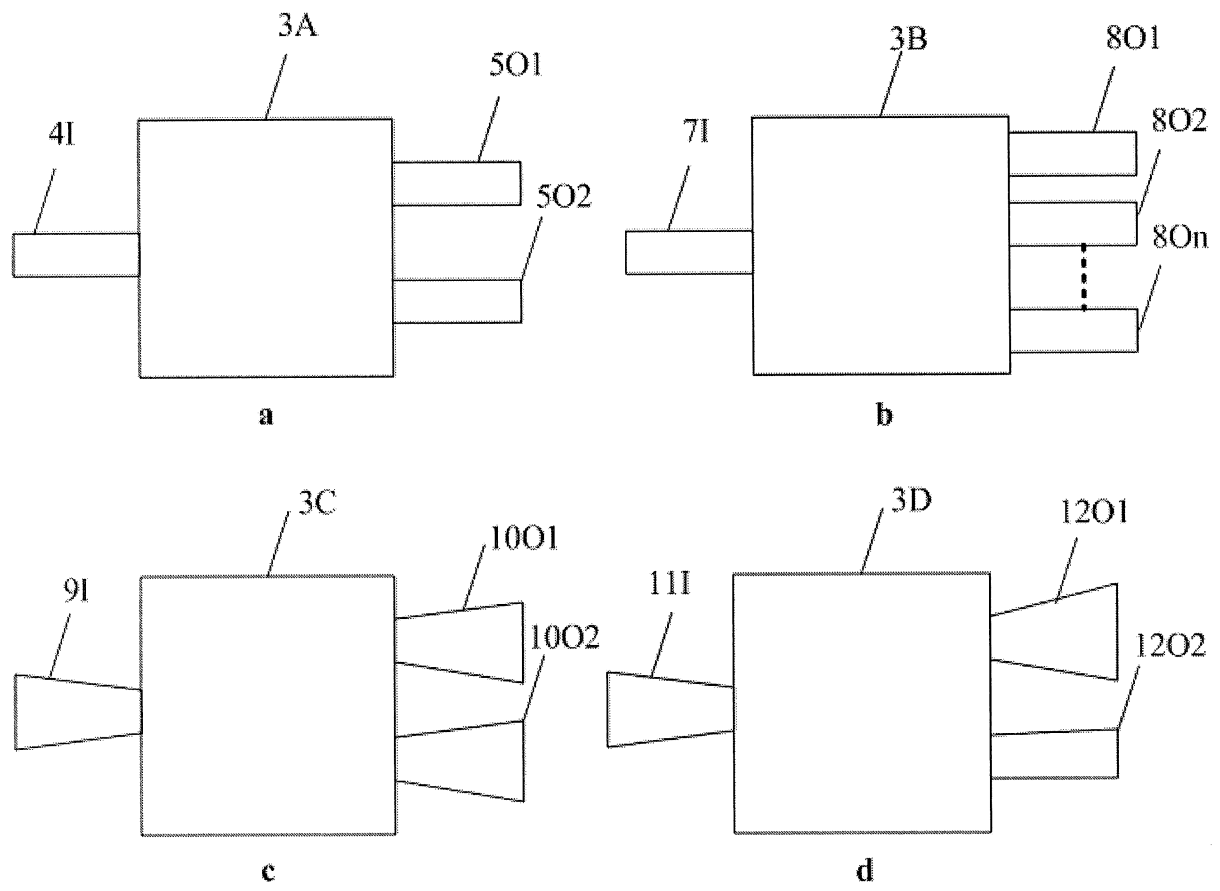
sau khi hai nửa khuôn của cấu trúc của linh kiện quang được tạo, hai nửa khuôn được tẩy lớp bảo vệ và tập hợp lại tạo khuôn hoàn chỉnh và điền đầy vật liệu quang học chất lỏng như polyme hoặc silicon vào khuôn và nung ủ/xử lý nhiệt để đông rắn tạo hình cấu trúc linh kiện quang; để định vị chính xác hai khuôn với nhau, các dấu định vị được tạo ra cùng với quá trình chế tạo hai nửa khuôn;

cuối cùng, khuôn được ăn mòn hoặc dỡ ra; linh kiện quang sau đó được tích hợp với các linh kiện quang khác, được tập hợp trên các đế với chiết suất thấp hơn hoặc đóng gói trong các vật liệu có chiết suất thấp hơn để loại bỏ suy hao quang.

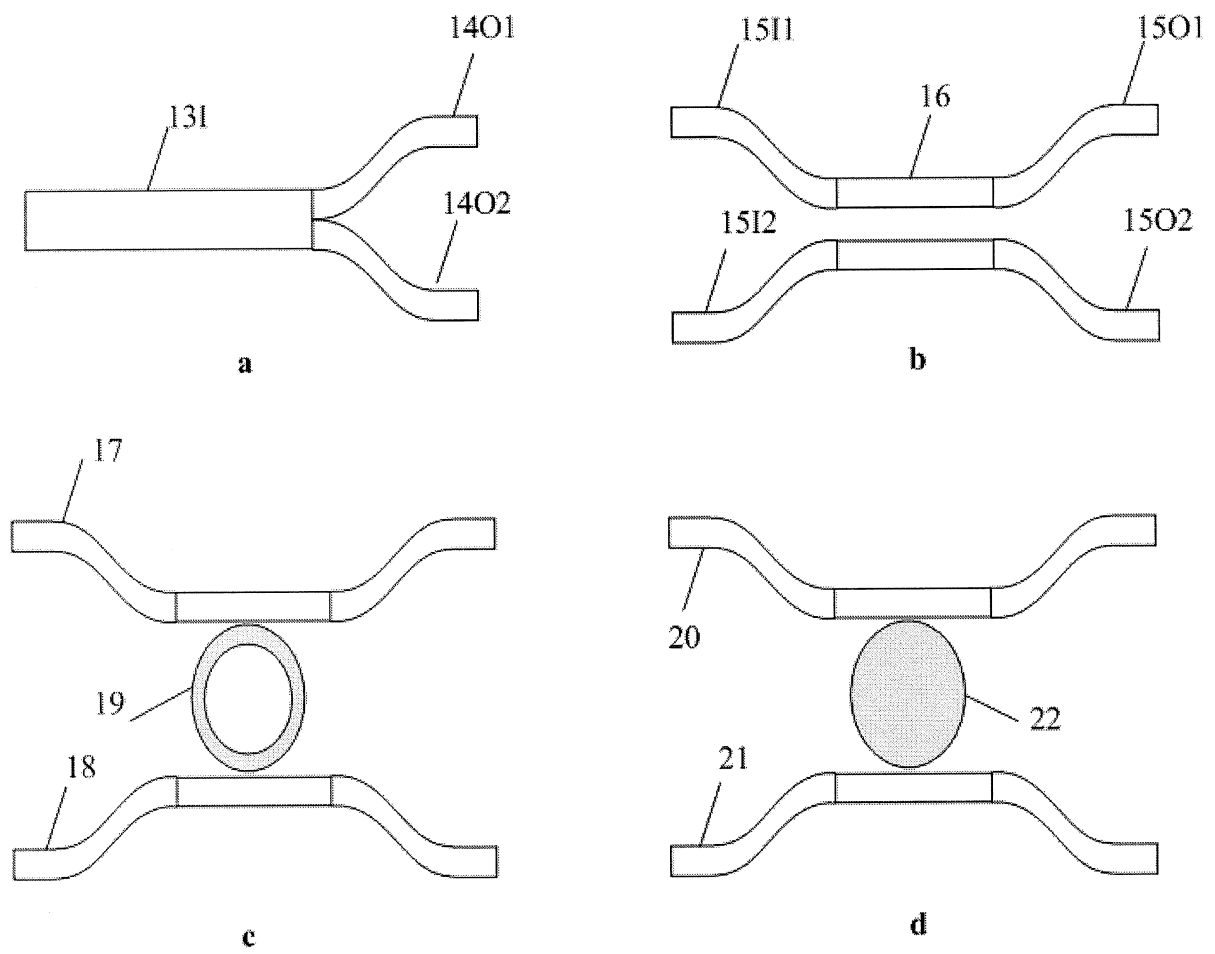
2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó mặt cắt ngang cấu trúc linh kiện quang có dạng hình chữ nhật, khuôn được tạo bằng cách ăn mòn dị hướng khô hoặc ướt.
3. Phương pháp theo điểm 2, trong đó kích thước của khuôn được điều khiển thông qua các thông số như kích thước của sổ ăn mòn/oxy hóa được mở, tỷ lệ các chất trong dung dịch ăn mòn, nồng độ các chất, nhiệt độ và thời gian ăn mòn/oxy hóa.
4. Phương pháp chế tạo theo điểm từ 1 đến điểm 3, trong đó linh kiện quang sau chế tạo kết cặp chính xác với linh kiện quang khác khi sử dụng khuôn làm dấu định vị.
5. Phương pháp chế tạo theo điểm từ 1 đến điểm 4, trong đó khuôn sau khi được điền đầy chất lỏng quang được sử dụng trực tiếp như là một linh kiện quang, mạch quang học chất lỏng có khả năng tùy biến.



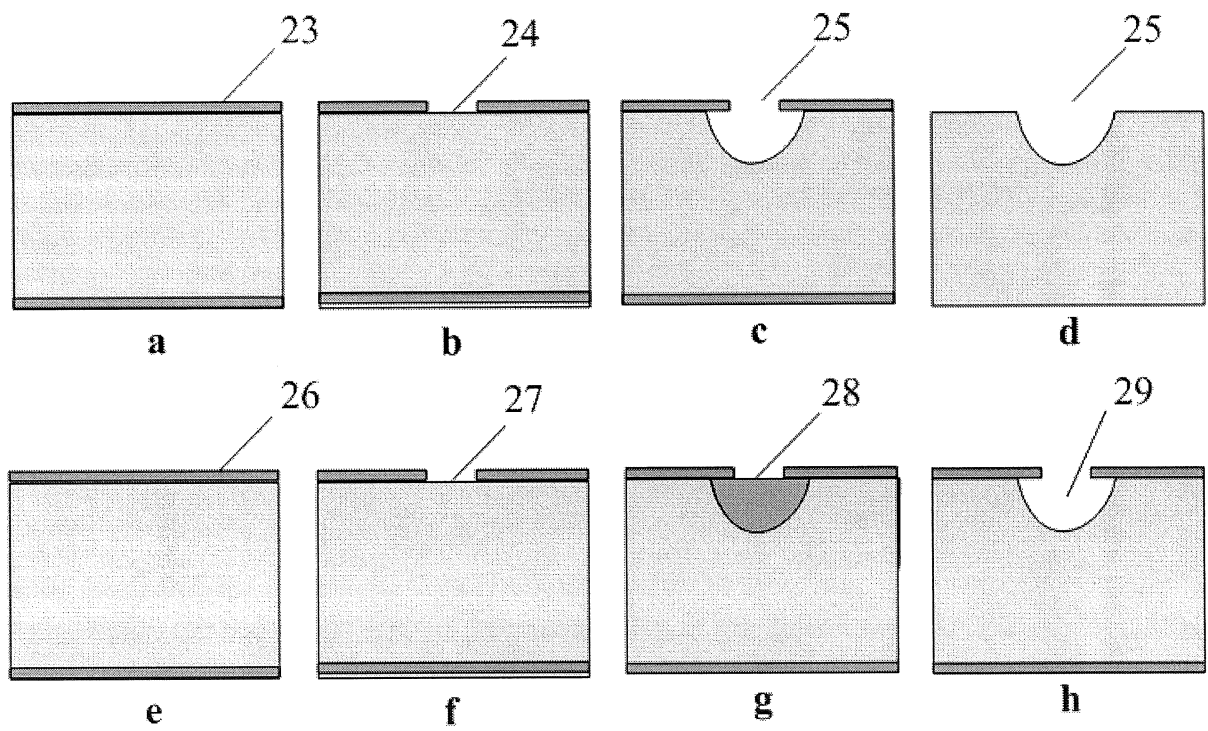
Hình 1.



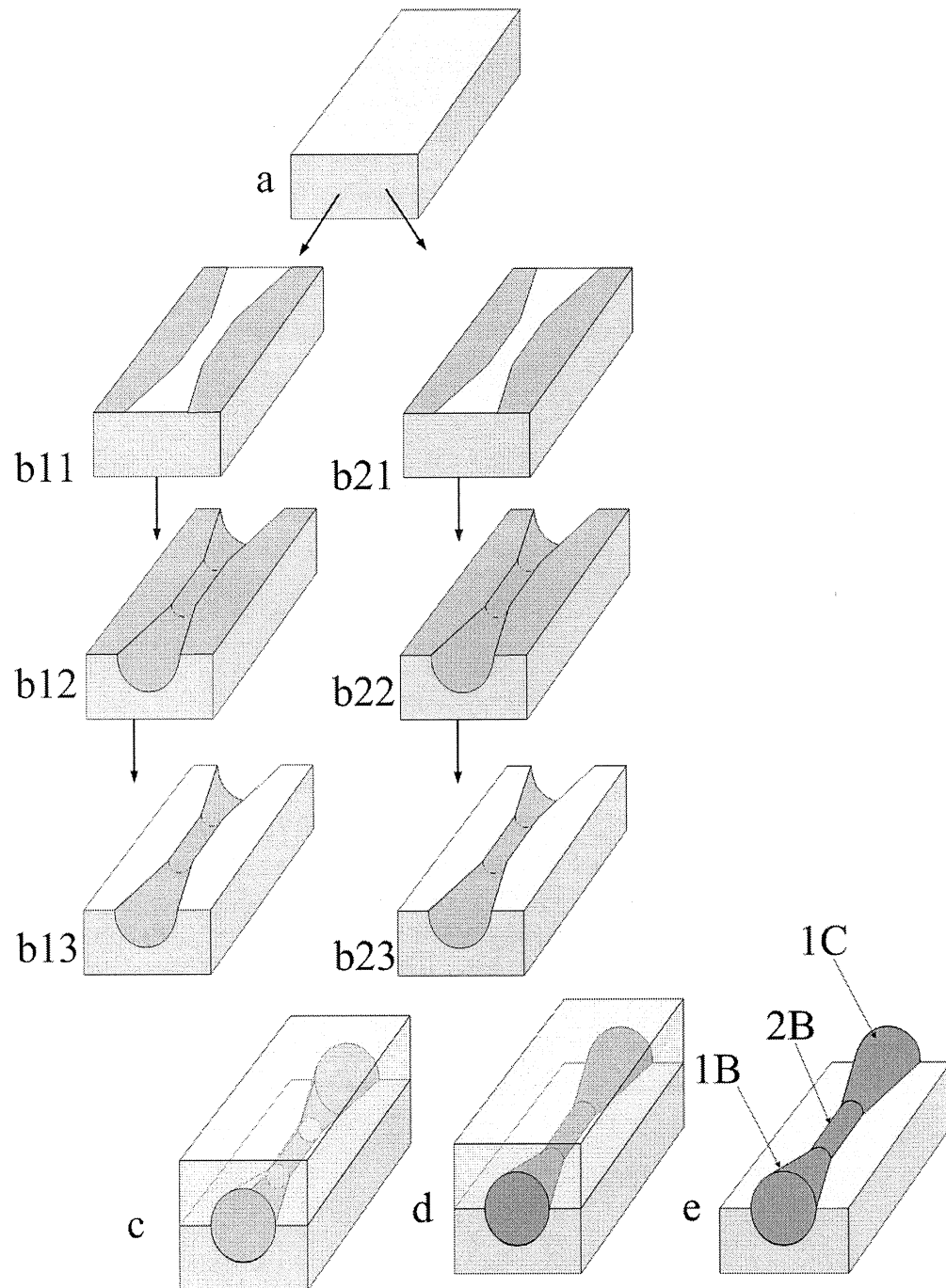
Hình 2.



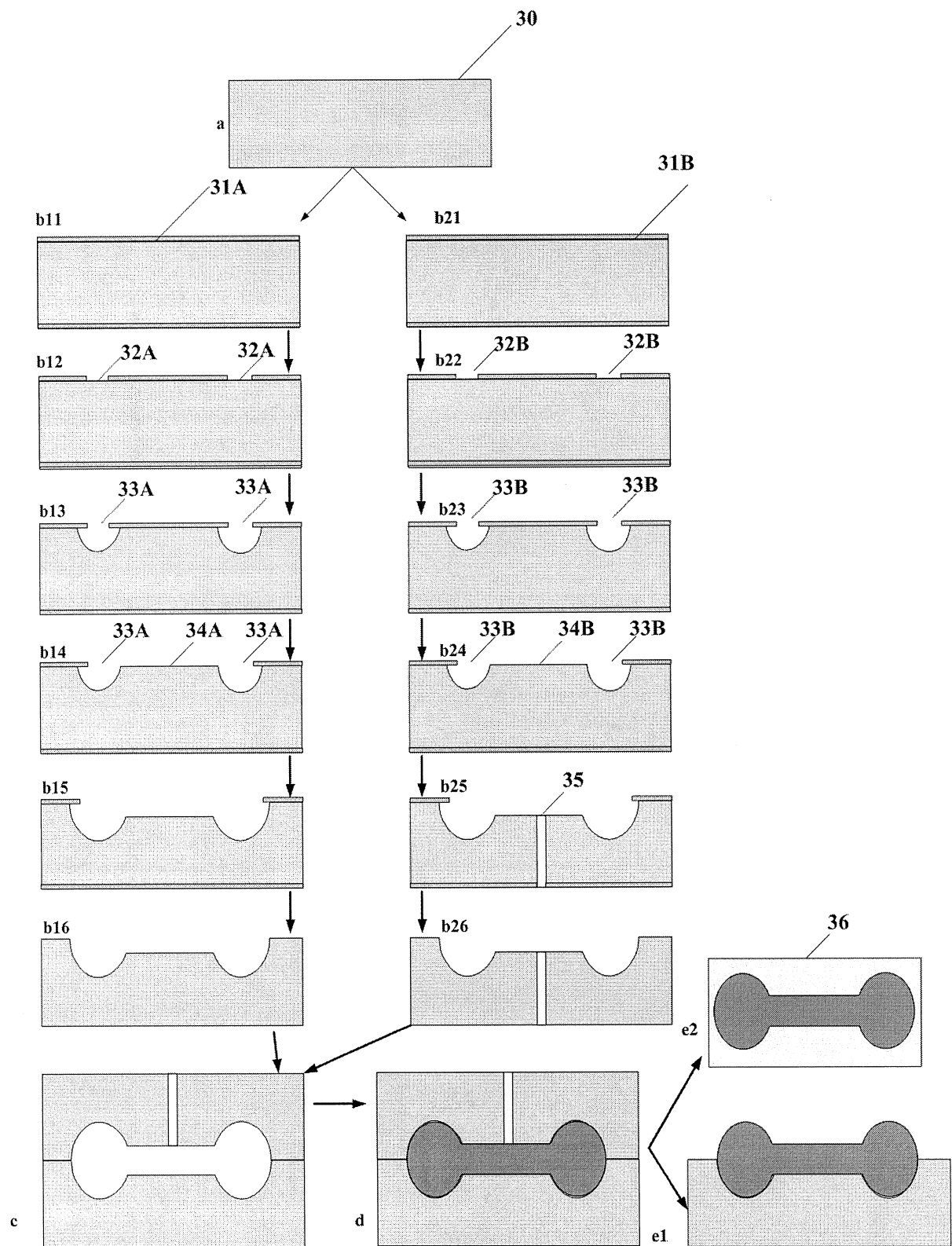
Hình 3.



Hình 4.



Hình 5.



Hình 6.