



(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)



1-0036655

(51)^{2020.01} H01L 21/00; H01L 21/205

(13) B

(21) 1-2020-05472

(22) 23/09/2020

(45) 25/08/2023 425

(43) 25/12/2020 393

(73) TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN (VN)

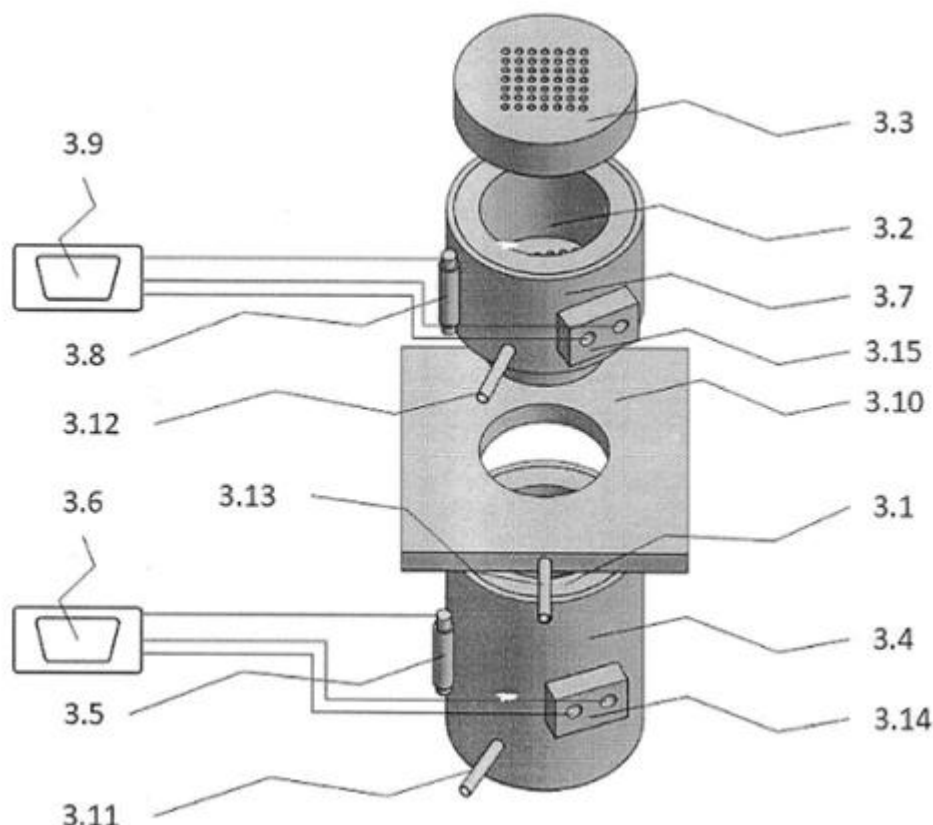
334 Nguyễn Trãi, Thanh Xuân, Hà Nội

(72) Nguyễn Trần Thuật (VN); Nguyễn Văn Minh (VN); Vũ Hoàng Việt (VN); Nguyễn Quốc Hưng (VN); Nguyễn Minh Huệ (VN); Trần Thế Vinh (VN); Mai Anh Tuấn (VN); Tống Duy Hiền (VN); Mai Văn Huy (VN); Dương Chí Dũng (VN).

(74) Công ty TNHH Sở hữu trí tuệ PADEMARK (PADEMARK CO.,LTD.)

(54) THIẾT BỊ VÀ PHƯƠNG PHÁP CHẾ TẠO VI CẤU TRÚC TREO BẰNG ĂN MÒN HƠI HF

(57) Sáng chế đề cập đến thiết bị và phương pháp chế tạo vi cấu trúc treo bằng cách sử dụng hỗn hợp hơi nước và hơi axit HF. Trong thiết bị và phương pháp theo sáng chế này sử dụng tách biệt một bình chứa dung dịch axit HF và một bình chứa mẫu cần chế tạo vi cấu trúc treo. Khi hoạt động, hai bình được điều khiển nhiệt độ một cách độc lập, đồng thời chênh lệch nhiệt độ giữa hai bình được giữ trong một khoảng nhiệt độ nhất định. Sáng chế giúp việc chế tạo vi cấu trúc treo bằng ăn mòn hơi HF được tiến hành với chất lượng tốt, không bị sập cấu trúc treo do đọng hơi nước, không bị tồn dư lại các sản phẩm phụ sau quá trình ăn mòn và giảm tối thiểu thời gian và chi phí của việc tiến hành ăn mòn hơi axit HF.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế này thuộc lĩnh vực chế tạo vi thiết bị. Cụ thể là đề cập đến thiết bị và phương pháp chế tạo vi cấu trúc treo bằng ăn mòn hơi HF. Thiết bị và phương pháp này được sử dụng trong một giai đoạn cụ thể của một quy trình chế tạo vi thiết bị.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong công nghệ vi cơ - điện tử (MEMS) nói chung và công nghệ vi cơ bề mặt nói riêng, nhu cầu chế tạo các vi cấu trúc treo là rất lớn. Thứ nhất các vi cấu trúc treo cho phép thực hiện được những dao động mà ít bị cản trở do va chạm và ma sát, tăng được hồi đáp với chuyển động của vật chứa vi cấu trúc treo. Thứ hai các vi cấu trúc treo cho phép giảm được sự truyền nhiệt giữa chúng và môi trường xung quanh, làm tăng được mức độ hồi đáp nhiệt với tác nhân truyền nhiệt bên ngoài. Để có thể chế tạo được vi cấu trúc treo, một lớp màng nền hy sinh thường được sử dụng. Lớp này nằm phía dưới lớp vi cấu trúc cần treo. Lớp màng nền hy sinh này được loại bỏ bằng một kỹ thuật ăn mòn phù hợp để tạo ra vi cấu trúc tách khỏi bề mặt đế mang ngoại trừ các điểm tiếp xúc. Vi cấu trúc treo có thể được tạo bởi một hay nhiều lớp vật liệu, nằm bên trên một lớp màng vật liệu cứng, ví dụ như màng mỏng SiN_x . Với lớp màng cứng này, ta có thể sử dụng lớp màng nền hy sinh là màng mỏng polyimit, các chất cảm quang dạng polyme, hay SiO_2 ... Với lớp màng nền hy sinh là polyimit và chất cảm quang polyme, nhiệt độ môi trường trong các bước công nghệ tiến hành trước khi tẩy bỏ lớp màng nền hy sinh không được vượt quá 300°C . Nếu vượt quá nhiệt độ nói trên, lớp màng nền hy sinh sẽ không thể tẩy bỏ do bị biến chất. Ngược lại, lớp hi sinh SiO_2 có độ phẳng cao, chiều dày hầu như không thay đổi và không bị nứt khi gia nhiệt tại nhiệt độ cao.

Trong patent Mỹ số US6936183B2, với tên “Quy trình ăn mòn cho phép ăn mòn các vi cấu trúc - Etch process for etching microstructures” (Jeffrey D. Chinn, Sofiane Soukane - Applied Materials Inc), Jeffrey D. Chinn và cộng sự đã sử dụng quy trình hai bước: (i) ăn mòn lớp màng nền hy sinh SiO_2 bằng hơi HF có hơi nước cho đến khi gần hết thì dừng lại; (ii) thổi hơi rượu vào để tiếp tục ăn mòn SiO_2 , đồng thời, với tốc độ bay hơi nhanh của hơi rượu, đuổi hơi nước dư do phân tử hơi rượu có ái lực với phân tử nước và lấy đi các sản phẩm tồn dư trên các bề mặt. Tuy nhiên, về mặt thực nghiệm, rất khó để có thể xác định được khi nào ăn mòn gần hết lớp SiO_2 để chuyển sang bước hai. Hơn nữa, trong thời gian diễn ra bước một, hơi nước vẫn có thể ngưng tụ trên bề mặt mẫu và gây phá hủy cấu trúc màng treo trước khi chuyển sang bước hai. Cuối cùng, quy trình này phải được thực hiện trong môi trường chân không với hệ thống dẫn hơi HF, H_2O , hơi rượu vào và ra khỏi buồng phản ứng khá phức tạp kết hợp với hệ thống điều khiển đắt tiền.

Trong Đơn yêu cầu cấp patent châu Âu số EP1081093A2 có tên “Quy trình cho chế tạo các vi cấu trúc nông bằng ăn mòn với môi trường hơi chứa axit flohydric – Process for the fabrication of micromechanical shallow structures by etching with a vapour phase medium containing hydrofluoric acid” (Franz Laermer, Andrea Schilp - Robert Bosch GmbH), Franz Laermer và cộng sự tập trung vào điều khiển áp suất riêng phần của hơi HF, hơi nước và điều khiển nhiệt độ vi cấu trúc (nhiệt độ đế) để loại bỏ sự hình thành của các sản phẩm dư cũng như sự ngưng tụ hơi nước trên bề mặt. Tuy nhiên, quy trình này cũng đòi hỏi phải được thực hiện trong môi trường chân không với hệ thống dẫn hơi HF, hơi nước vào và ra khỏi buồng phản ứng với hệ điều khiển nhiệt độ trong môi trường chân không khá phức tạp và đắt tiền.

Trong patent Mỹ số US6740247B1 có tên “Ăn mòn oxit và làm sạch phiến bằng pha hơi HF - HF vapor phase wafer cleaning and oxide etching” (Yong-Pil Han, Herbert H. Sawin - Massachusetts Institute of Technology), Yong-Pil Han và

cộng sự kết hợp công nghệ làm sạch phiến silic với công nghệ ăn mòn SiO_2 dựa trên sự điều khiển chính xác nhiệt độ và áp suất buồng phản ứng tại chân không cao sao cho quá trình ăn mòn diễn ra theo từng lớp phân tử với tốc độ ăn mòn đạt được là cỡ 1 nm/phút. Quy trình ăn mòn này có ưu điểm là độ đồng đều và độ sạch rất cao, nhưng ngược lại tốc độ ăn mòn quá thấp, dẫn tới thời gian ăn mòn dài và không phù hợp để ăn mòn SiO_2 trong các cấu trúc MEMS phức tạp.

Trong patent châu Âu số EP2046677B1 có tên “Method of etching a sacrificial silicon oxide layer” (Anthony O'hara - MEMSSTAR Ltd), Anthony O'hara, dựa trên việc điều khiển chính xác nhiệt độ và áp suất buồng phản ứng, lưu lượng hơi HF và lưu lượng hơi nước, để chỉ cho xảy ra ngưng tụ hơi nước trên bề mặt lớp SiO_2 làm chất xúc tác cho phản ứng ăn mòn SiO_2 mà không làm ảnh hưởng tới những bề mặt khác trên đế. Đồng thời, chiều dày lớp nước này được điều chỉnh luôn nhỏ hơn 10 nm để không dẫn đến sự dính ướt lên màng treo và không gây phá hủy vi cấu trúc.

Như vậy, các giải pháp đã biết nói trên đều tập trung giải quyết một hoặc hai vấn đề trong số ba vấn đề: (i) sự ngưng tụ hơi nước trên mặt đế dẫn tới sự phá hủy vi cấu trúc; (ii) sự hình thành sản phẩm rắn tồn dư trên mặt đế; (iii) tốc độ ăn mòn SiO_2 của hơi HF. Tuy nhiên các giải pháp đã biết nói trên đều sử dụng các hệ điều khiển lưu lượng kết nối với buồng phản ứng chân không cao khá đắt tiền và lắp đặt phức tạp.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là đề xuất thiết bị và phương pháp chế tạo vi cấu trúc treo bằng ăn mòn hơi đơn giản, chi phí thấp và giải quyết được các vấn đề nêu trên.

Trong sáng chế này, bộ phận nền dạng màng mỏng bằng SiO_2 được sử dụng làm lớp màng nền hy sinh. Ưu điểm lớn nhất của lớp màng nền hy sinh SiO_2 là cho phép thực hiện các bước công nghệ tại nhiệt độ cao trước khi tẩy bỏ, đặc biệt là

cho phép chế tạo các vi cấu trúc treo tại nhiệt độ cao nhằm giảm ứng suất dư ảnh hưởng không tốt tới hoạt động của các vi linh kiện sử dụng vi cấu trúc này; tăng độ chọn lọc trong quá trình ăn mòn SiO_2 so với SiN_x trong loại hóa chất ăn mòn.

Để tẩy bỏ lớp màng nền hy sinh SiO_2 , có thể dùng dung dịch flo-hydric (HF) hoặc hỗn hợp hơi nước và hơi HF (có thể gọi tắt là hơi HF). Dung dịch HF được sử dụng phổ biến trong công nghệ MEMS để ăn mòn lớp màng mỏng SiO_2 , nhưng không phù hợp để ăn mòn lớp nền hi sinh SiO_2 do sức căng bề mặt của chất lỏng gây phá hỏng vi cấu trúc treo. Do đó, hơi HF là lựa chọn tốt nhất trong trường hợp này. Bên cạnh đó, việc sử dụng hơi HF còn cho phép ăn mòn theo phương ngang vào lớp SiO_2 bên dưới màng treo vi cấu trúc nhờ sự khuếch tán qua các khe hẹp hoặc lỗ nhỏ định hình bên trên do quá trình ăn mòn hơi HF là đẳng hướng. Thời gian ăn mòn theo chiều dày lớp màng nền hy sinh (cỡ từ 0,8 đến 1 μm) ngắn hơn rất nhiều so với thời gian ăn mòn ngang giữa các lỗ nhỏ (cỡ vài μm đến vài chục μm). Nếu tốc độ ăn mòn thấp, thời gian ăn mòn trong hơi HF dài có thể dẫn tới sự ăn mòn hóa học các vật liệu khác có mặt trong màng treo vi cấu trúc, ví dụ các chất kim loại hoặc chất điện môi.

Để chế tạo thành công các vi cấu trúc treo, cần ăn mòn lớp màng nền hy sinh SiO_2 bằng hơi HF sử dụng một hệ ăn mòn đảm bảo một số yêu cầu sau: (i) phải loại trừ được sự ngưng tụ hơi nước thành chất lỏng trên mặt để dễ dẫn tới phá hủy cấu trúc màng treo do sức căng bề mặt của chất lỏng; (ii) bề mặt đế sau khi ăn mòn SiO_2 phải sạch, không có sản phẩm rắn tồn dư trên bề mặt gây ảnh hưởng xấu tới hoạt động của vi cấu trúc sau này; (iii) tốc độ ăn mòn phải đủ nhanh để giảm thiểu quá trình ăn mòn hơi HF đối với các vật liệu khác có mặt trong thành phần của vi cấu trúc; và (iv) chi phí chế tạo hệ ăn mòn thấp.

Để đạt được mục đích nêu trên, thiết bị chế tạo vi cấu trúc treo ăn mòn hơi HF theo sáng chế bao gồm:

binh chứa dung dịch axit HF có miệng hở;

bộ phận gia nhiệt thứ nhất để gia nhiệt cho bình chứa dung dịch axit HF, cảm biến nhiệt độ thứ nhất được bố trí để cảm biến nhiệt độ của bộ phận gia nhiệt thứ nhất hay bình chứa dung dịch axit HF, cảm biến nhiệt độ thứ nhất được kết nối với bộ phận điều khiển nhiệt độ thứ nhất để gia nhiệt độc lập cho bình chứa dung dịch axit HF;

bình chứa mẫu có đáy được đục lỗ và miệng hở, bình chứa mẫu này được đặt bên trên bình chứa dung dịch axit HF;

bộ phận gia nhiệt thứ hai để gia nhiệt cho bình chứa mẫu, cảm biến nhiệt độ thứ hai được bố trí để cảm biến nhiệt độ của bộ phận gia nhiệt thứ hai hay bình chứa mẫu được kết nối với bộ phận điều khiển nhiệt độ thứ hai để gia nhiệt độc lập cho bình chứa mẫu;

nắp có đục lỗ được đặt bên trên bình chứa mẫu; trong đó:

khi thiết bị hoạt động, dung dịch axit HF được đổ vào bình chứa dung dịch axit HF, nhiệt độ của bình chứa dung dịch axit HF được thiết lập bằng bộ phận điều khiển thứ nhất nằm trong khoảng từ 40°C tới 80°C, nhiệt độ của bình chứa mẫu được thiết lập bằng bộ phận điều khiển thứ hai nằm trong khoảng từ 45°C tới 95°C, và chênh lệch nhiệt độ giữa bình chứa dung dịch axit HF và bình chứa mẫu được giữ trong khoảng từ 5°C tới 45°C, mẫu có chứa sẵn phần vi cấu trúc treo đặt bên trên một bộ phận nền dạng màng mỏng được ăn mòn bằng hơi axit HF.

Theo một khía cạnh của sáng chế, thiết bị này còn bao gồm bộ phận kết nối được đặt giữa bình chứa dung dịch axit HF và bình chứa mẫu), cho phép thông khí giữa hai bình này, nhằm làm cho việc thao tác đặt bình chứa mẫu lên trên bình chứa dung dịch axit HF được tiến hành một cách dễ dàng và thuận tiện.

Theo khía cạnh khác của sáng chế, bình chứa dung dịch axit HF được gắn thêm một ống thổi khí để khi thiết bị hoạt động, khí có thể được thổi vào dung dịch

axit trong bình chứa dung dịch axit HF nhằm tạo điều kiện thuận lợi cho việc mang hơi nước và hơi axit HF lên trên bình chứa mẫu.

Theo khía cạnh khác nữa của sáng chế, bình chứa mẫu được gắn thêm một ống thổi khí để khi thiết bị hoạt động, khí có thể được thổi vào nhằm làm giảm nồng độ hơi HF có trong bình chứa mẫu.

Theo khía cạnh khác nữa của sáng chế, bộ phận kết nối có một ống thổi khí để khi thiết bị hoạt động, khí có thể được thổi vào nhằm làm giảm nồng độ hơi HF có trong bình chứa mẫu.

Theo khía cạnh khác nữa của sáng chế, khí được thổi vào là khí trơ, hơi nước, khí ni tơ, các bo nic.

Theo khía cạnh khác nữa của sáng chế, khi thiết bị hoạt động, nồng độ dung dịch HF trong bình chứa dung dịch axit HF nằm trong khoảng từ 10% tới 49%.

Theo khía cạnh khác nữa của sáng chế, vật liệu cấu thành nên nắp, bình chứa mẫu, bình chứa dung dịch axit HF và bộ phận kết nối là vật liệu nhựa chịu được hơi HF nhiệt độ cao như nhựa polytetrafluoroetylen (PTFE, Teflon), nhựa etylen propylen tăng cường florin (FEP), nhựa perfluoroalkoxy (PFA), nhựa etylen tetrafluoroetylen (ETEE), nhựa polychlorotrifluoroetylen (PCTFE), nhựa polyvinyliden florua hay nhựa polyvinyliden diflorua (PVDF), nhựa etylen clorotrifluoroetylen (ECTFE), nhựa polyvinyl clorua được clo hóa (CPVC), nhựa polyete ete keton (PEEK), nhựa polyetylen (PE), nhựa polypropylen (PP), hoặc nhựa tổ hợp của một số bất kỳ trong số các nhựa nói trên.

Sáng chế cũng đề xuất phương pháp ăn mòn bằng hỗn hợp hơi axit HF và hơi nước để chế tạo các vi cấu trúc bằng cách sử dụng thiết bị chế tạo vi cấu trúc treo bằng ăn mòn hơi HF nêu trên, phương pháp này bao gồm các bước:

cho dung dịch axit HF vào bình chứa dung dịch axit HF;

bố trí mẫu đã có sẵn các vi cấu trúc cần treo nằm bên trên một bộ phận nền dạng màng mỏng nên có thể được ăn mòn bởi hơi axit HF;

đặt mẫu đã có sẵn các vi cấu trúc cần treo đang nằm bên trên một bộ phận nền dạng màng mỏng vào trong bình chứa mẫu;

đặt nắp đậy lỗ chồng lên bình chứa mẫu;

đặt bình chứa mẫu chồng lên bình chứa dung dịch axit HF, trong đó hai bình này được thông với nhau bằng nhiều lỗ nhỏ;

gia nhiệt độ lập bình chứa mẫu đến nhiệt độ nằm trong khoảng từ 45°C tới 95°C;

gia nhiệt độ lập bình chứa dung dịch axit HF đến nhiệt độ nằm trong khoảng từ 40°C tới 80°C;

giữ nhiệt độ bình chứa mẫu (lớn hơn nhiệt độ bình chứa dung dịch axit HF trong khoảng từ 5°C tới 45°C, trong đó:

khi được gia nhiệt hơi nước và hơi axit HF được bay từ bình chứa dung dịch axit HF thông qua các lỗ nhỏ tới bình chứa mẫu, ăn mòn bộ phận nền dạng màng mỏng tạo thành các vi cấu trúc treo trên mẫu, và sau đó theo các lỗ trên nắp có đục lỗ thoát ra ngoài.

Theo một khía cạnh của sáng chế, dung dịch axit HF có nồng độ nằm trong khoảng từ 10% tới 50%.

Theo khía cạnh khác của sáng chế, phương pháp này còn bao gồm bước thổi khí sạch vào bình chứa dung dịch axit HF thông qua ống thổi khí sạch vào dung dịch axit HF và mang hơi nước và hơi axit lên bình chứa mẫu để ăn mòn.

Theo khía cạnh khác nữa của sáng chế, phương pháp này còn bao gồm bước thổi khí vào bình chứa mẫu đang chứa mẫu cần ăn mòn thông qua ống thổi khí để điều khiển việc pha loãng nồng độ hơi axit HF trong bình chứa mẫu này.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 là hình vẽ mặt bằng một vi cấu trúc dùng để chế tạo treo để tạo thành vi cấu trúc treo bằng ăn mòn hơi HF theo sáng chế, nằm trên một bộ phận nền dạng màng mỏng có thể được ăn mòn bằng hơi axit HF.

Hình 2a và Hình 2b lần lượt là hình vẽ mặt cắt một vi cấu trúc trên Hình 1 trước và sau khi đã được ăn mòn bộ phận nền dạng màng mỏng trở thành treo trên bề mặt một bề mặt.

Hình 3 là hình vẽ thiết bị chế tạo vi cấu trúc treo bằng ăn mòn hơi HF theo sáng chế.

Hình 4 là hình vẽ thể hiện các ảnh chụp bằng kính hiển vi quang học các vi cấu trúc được chế tạo trong ví dụ thực hiện của sáng chế này.

Hình 5 là ảnh chụp bằng kính hiển vi điện tử quét thể hiện các vi cấu trúc sau khi đã được ăn mòn bộ phận nền dạng màng mỏng với kích thước 25 μm .

Hình 6 là hình vẽ thể hiện một ví dụ quy trình chế tạo vi thiết bị dạng phẳng trong đó có tích hợp bước chế tạo vi cấu trúc treo theo thiết bị và phương pháp được đề cập trong sáng chế này, trong đó bước ăn mòn tạo thành các vi cấu trúc treo là bước cuối cùng.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sáng chế được mô tả ở đây bao gồm thiết bị và phương pháp chế tạo vi cấu trúc treo bằng ăn mòn hơi HF. Sự cần thiết của việc chế tạo vi cấu trúc treo là bởi vì các cấu trúc này là một thành phần quan trọng nhất của một vi thiết bị. Việc sử dụng hỗn hợp hơi nước và hơi axit HF trong thiết bị và phương pháp chế tạo vi cấu trúc treo bằng ăn mòn hơi HF theo sáng chế là vì đây là một phương án ít đòi hỏi phải sử dụng các thiết bị chân không đắt tiền, mà vẫn đảm bảo được việc cô lập một vi cấu trúc ra khỏi một đế chứa.

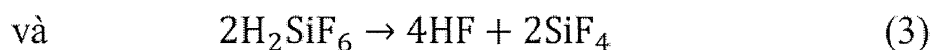
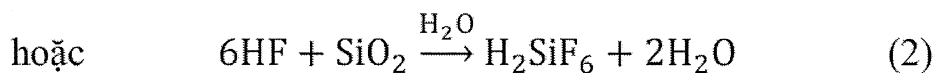
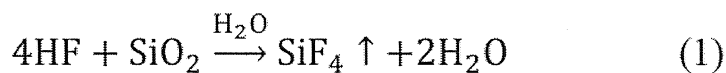
Theo Hình 1, một ví dụ về một vi cấu trúc dùng để chế tạo treo để tạo thành vi cấu trúc treo bằng ăn mòn hơi HF theo sáng chế được minh họa. Vi cấu trúc này

bao gồm ba bộ phận chính, trong đó bộ phận tiếp xúc với đế mang 1.1 đóng vai trò tiếp xúc giữa vi cấu trúc này và một đế mang vi cấu trúc (được biểu thị bằng số chỉ dẫn 1.7 trên Hình 2a, Hình 2b); bộ phận kết nối cơ học 1.2 đóng vai trò kết nối cơ học; bộ phận hấp thụ bức xạ điện từ 1.3, chính là lớp màng treo, cần phải làm cho tách rời với đế mang vi cấu trúc. Khi vi thiết bị hoạt động, bộ phận hấp thụ bức xạ điện từ 1.3 hấp thụ bức xạ điện từ khiến nhiệt độ cục bộ nóng lên. Để phần nhiệt này bị truyền ra bên ngoài với tốc độ thấp nhất, bộ phận hấp thụ bức xạ điện từ 1.3 cần phải được cô lập khỏi đế mang và bộ phận kết nối cơ học 1.2 càng nhiều càng tốt, do đó bộ phận này cần phải được tách rời treo trên bề mặt đế mang. Đồng thời bề ngang của bộ phận kết nối cơ học 1.2 cũng được làm càng nhỏ càng tốt để giảm tối thiểu việc truyền nhiệt xuống bộ phận tiếp xúc với đế mang 1.1. Vì toàn bộ vi cấu trúc này sẽ được đặt trong môi trường hơi axit HF, do đó các bộ phận tiếp xúc với đế mang 1.1, bộ phận kết nối cơ học 1.2 và bộ phận hấp thụ bức xạ điện từ 1.3 phải được làm bằng hoặc được bao bọc bởi một loại vật liệu chịu được ăn mòn axit HF tốt hơn vật liệu nền SiO_2 , ví dụ vật liệu Si hoặc SiN_x .

Hình 2a và Hình 2b minh họa lần lượt hình chiếu mặt cắt theo đường cắt 1.4 của vi cấu trúc trên Hình 1 trước và sau khi được trải qua quá trình ăn mòn hơi axit HF. Bộ phận tiếp xúc với đế mang 1.1 và bộ phận bộ phận hấp thụ bức xạ điện từ 1.3 được chế tạo nằm bên trên bộ phận nền dạng màng mỏng 1.5, hay còn gọi là lớp vật liệu nền hay lớp màng nền hy sinh, có cấu trúc dạng màng mỏng và được làm bằng loại vật liệu có thể được ăn mòn dễ dàng bằng axit HF, ví dụ như vật liệu SiO_2 . Bộ phận tiếp xúc với đế mang 1.1 được kết nối với đế mang 1.7 thông qua hai bộ phận đỡ 1.6. Bộ phận đỡ 1.6 được chế tạo dưới dạng cột, được làm bằng loại vật liệu chống chịu được hơi axit HF, ví dụ như kim loại Ni, hoặc lõi kim loại bọc xung quanh bằng vật liệu điện môi chịu được hơi axit HF như SiN_x , hoặc được làm với vật liệu giống với vật liệu của bộ phận tiếp xúc với đế mang 1.1, bộ phận kết nối cơ học 1.2 và bộ phận hấp thụ bức xạ điện từ 1.3. Đế mang 1.7 thông thường được làm bằng vật liệu Si chịu được ăn mòn hơi axit HF. Như vậy ngoài bộ

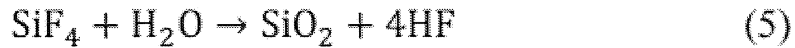
phận nền 1.5 được làm bằng vật liệu bị ăn mòn dễ dàng bởi hơi axit HF, các bộ phận còn lại của vi cấu trúc cùng với đế mang 1.7, bộ phận đỡ 1.6 chịu được điều kiện ăn mòn, hoặc bị ăn mòn rất yếu trong môi trường hơi axit HF. Khi toàn bộ vi cấu trúc này được đặt trong hỗn hợp hơi nước và hơi axit HF, bộ phận nền 1.5 được rửa trôi. Kết quả là bộ phận hấp thụ bức xạ điện từ 1.3 được tách, treo lên trên bề mặt đế mang 1.7, và được cố định trên đế này lần lượt bằng hai bộ phận đỡ 1.6, bộ phận tiếp xúc với đế mang 1.1 và bộ phận kết nối cơ học 1.2. Tập hợp toàn bộ các bộ phận từ 1.1 tới 1.6 tạo thành một vi cấu trúc treo bên trên đế mang 1.7. Trong quá trình chế tạo các bộ phận từ 1.1 tới 1.6 được tiến hành theo phương pháp phủ màng và tạo hình lần lượt từng màng một trên đế mang 1.7.

Cơ sở hóa học của việc ăn mòn hơi HF là như sau: Phân tử hơi HF phản ứng hóa học với SiO_2 với sự xúc tác của H_2O theo các phương trình:



Trong các trường hợp trên, sản phẩm phản ứng bao gồm SiF_4 tồn tại dạng hơi tại điều kiện thường và hơi nước. Trong nhiều trường hợp, khi nồng độ hơi nước trên bề mặt đế mang 1.7 cao (một phần đóng góp từ nguồn tạo hơi HF, phần còn lại đến từ sản phẩm của các phản ứng (1) và (2), tốc độ phản ứng càng cao thì hơi nước sinh ra càng nhiều), vượt quá áp suất hơi bão hòa, sẽ xảy ra sự ngưng tụ thành lớp chất lỏng trên bề mặt đế mang 1.7 và gây phá hủy vi cấu trúc cần treo do sức căng bề mặt. Ngoài ra, nếu nồng độ hơi nước cao, có thể sinh ra các hạt kết tủa. Sự hình thành các hạt này được giải thích là do sự giải hấp không hoàn toàn SiF_4 là sản phẩm của các phản ứng (1) và (3) khỏi bề mặt rắn. Các phân tử SiF_4 này bị hòa tan vào H_2O tạo ra sản phẩm kết tủa là SiO_2 theo phương trình (5) hoặc có thể phản ứng với các phân tử HF tạo thành H_2SiF_6 theo phản ứng (6) dưới đây.

Nếu môi trường có nồng độ hơi nước cao, H_2SiF_6 phản ứng với H_2O sinh ra sản phẩm dư kết tủa thành các hạt chứa các phân tử phức hợp như H_2SiO_3 theo phương trình (7) dưới đây, như được minh họa như sau:



Sản phẩm dư trên bề mặt đế mang 1.7 khi được tích tụ nhiều sẽ tạo ra các liên kết van der Waals hoặc lực hút tĩnh điện giữa đế mang với màng treo (bộ phận hấp thụ bức xạ điện từ 1.3) gây ảnh hưởng xấu tới hoạt động của vi cấu trúc. Như ta thấy, hơi nước vừa là chất xúc tác cần thiết để tăng tốc độ phản ứng nhưng đồng thời, nó cũng dẫn đến sự ngưng tụ thành chất lỏng hoặc sinh ra sản phẩm rắn trên bề mặt. Sự ngưng tụ chất lỏng dẫn tới sự phá hủy vi cấu trúc treo; sản phẩm rắn trên bề mặt mẫu có thể ảnh hưởng xấu tới hoạt động của vi cấu trúc sau này, thậm chí cũng có thể gây phá hủy cấu trúc sau một thời gian hoạt động nhất định. Ta có thể giảm thiểu sự có mặt của hơi nước bằng cách chỉ dùng hơi HF khô để ăn mòn SiO_2 nhưng tốc độ phản ứng hóa học diễn ra rất chậm, thời gian ăn mòn có thể tới hơn 10 giờ. Thời gian ăn mòn càng dài thì hơi HF có thể ăn mòn các chất khác có mặt trên màng treo... Một hướng đi khác là thay thế hơi nước bằng hơi rượu. Hơi rượu cũng có thể xúc tác cho phản ứng (1), hỗ trợ hơi HF phản ứng với SiO_2 nhưng tốc độ ăn mòn vẫn chậm, mặc dù ưu điểm của hơi rượu là dễ dàng bay hơi sau phản ứng và không ngưng tụ thành chất lỏng trên bề mặt.

Để có thể ngăn chặn việc đọng nước, quá trình ăn mòn phải xảy ra trong một điều kiện được gia nhiệt. Tuy nhiên khi gia nhiệt quá mạnh có thể kéo theo hơi axit HF bị bay quá nhanh làm chậm lại quá trình ăn mòn. Chính vì lẽ đó các vi cấu trúc treo cần phải được đặt trong một không gian được gia nhiệt, và nguồn cung hơi axit vào không gian này cũng phải được tiến hành sao cho không quá nhiều hơi HF, dẫn tới ăn mòn hầu hết cả các cấu trúc cần treo, hoặc quá ít hơi HF, dẫn tới

không ăn mòn được bộ phận nền dạng màng mỏng 1.5 chứa cấu trúc treo là bộ phận hấp thụ bức xạ điện từ 1.3 trên đế mang 1.7. Sáng chế này đề cập đến phương pháp tại đó dung dịch hơi axit được đặt trong một bình chứa dung dịch, các cấu trúc cần treo được chế tạo sẵn trên đế mang 1.7 được đặt trong một bình chứa mẫu, hai bình này thông với nhau và được gia nhiệt một cách độc lập, ví dụ bình chứa dung dịch với nhiệt độ nằm trong khoảng từ 40°C tới 80°C và bình chứa mẫu vì cấu trúc với nhiệt độ nằm trong khoảng từ 45°C tới 95°C, đồng thời đảm bảo chênh lệch nhiệt độ giữa hai bình được giữ trong một khoảng nhất định, ví dụ từ 5°C tới 45°C, thì khi đó chất lượng các vi cấu trúc treo thu được là tốt nhất, giảm thời gian ăn mòn, giảm sản phẩm rắn dư còn lại, và giảm được sự ăn mòn không mong muốn các chất khác có trên vi cấu trúc treo.

Hình 3 minh họa thiết bị thực hiện phương pháp chế tạo vi cấu trúc treo bằng ăn mòn hơi axit HF theo sáng chế này. Thiết bị này bao gồm bình chứa dung dịch axit HF 3.1. Bên trên bình chứa dung dịch axit HF 3.1 được đặt bình chứa mẫu 3.2 chứa đế mang 1.7 mang các vi cấu trúc cần treo. Đáy bình chứa mẫu 3.2 được đục lỗ để hơi axit HF có thể bay từ bình chứa dung dịch axit HF 3.1 lên bình chứa mẫu 3.2. Bình chứa mẫu 3.2 được đậy bằng nắp 3.3 có đục các lỗ nhằm thoát hơi nước và các sản phẩm phụ dạng hơi trong quá trình ăn mòn. Xung quanh bình chứa dung dịch axit HF 3.1 được quấn đai gia nhiệt thứ nhất 3.4. Một cảm biến nhiệt độ 3.5 được bố trí sát với đai 3.4. Cảm biến này được kết nối với bộ điều khiển nhiệt độ 3.6, được sử dụng để thiết lập nhiệt độ bên trong bình chứa dung dịch axit HF 3.1, thông qua cụm kết nối điện 3.14 để gia nhiệt đai 3.4. Xung quanh bình chứa mẫu 3.2 được quấn đai gia nhiệt thứ hai 3.7. Để việc điều khiển nhiệt độ tại bình chứa mẫu 3.2 được tiến hành độc lập so với bình chứa dung dịch axit HF 3.1, cảm biến nhiệt độ 3.8 được bố trí sát với đai 3.7 và được kết nối với bộ điều khiển nhiệt độ 3.9 để thực hiện việc thiết lập nhiệt độ thông qua cụm kết nối điện 3.15 để gia nhiệt đai 3.7. Trong quá trình ăn mòn để chế tạo vi cấu trúc treo, một bộ phận kết nối 3.10 được đặt giữa bình chứa dung dịch axit HF 3.1 và bình chứa

mẫu 3.2. Bộ phận này, được tạo bởi một hay nhiều chi tiết, cho phép thông khí giữa hai bình nói trên nhằm thuận tiện cho quá trình đặt và nhấc bình chứa mẫu 3.2 khỏi bình chứa dung dịch axit HF 3.1. Bộ phận này có thể được lắp một ống thông 3.13 để đưa khí vào có tác dụng làm loãng hơi HF tại bình chứa mẫu 3.2. Với kết cấu nêu trên, bình chứa dung dịch axit HF 3.1 và bình chứa mẫu 3.2 có thể được tiến hành gia nhiệt và ổn định nhiệt độ một cách độc lập theo đúng yêu cầu của phương pháp chế tạo vì cấu trúc bằng ăn mòn hơi HF được trình bày ở trên. Cụ thể là khi một lượng dung dịch axit HF được đổ vào bình chứa dung dịch axit HF 3.1, bình này được gia nhiệt trong khoảng từ 40°C đến 80°C, một hỗn hợp hơi nước và hơi axit HF sẽ được bay lên bình chứa mẫu 3.2. Bình này cũng được gia nhiệt một cách độc lập, trong khoảng từ 45°C đến 95°C, sao cho chênh lệch nhiệt độ với bình chứa dung dịch axit HF 3.1 nằm trong khoảng từ 5°C đến 45°C. Với điều kiện nhiệt độ nói trên, hơi nước và hơi axit được bay hơi với lượng vừa đủ để phản ứng ăn mòn bộ phận nền 1.5 xảy ra với tốc độ vừa đủ, và nhiệt độ tại bình chứa mẫu 3.2 được thiết lập vừa đủ để có thể giúp hơi nước không bị đọng lại trên bề mặt vì cấu trúc làm phá hủy việc treo của vi cấu trúc trên bề mặt để mang 1.7. Ngoài ra, một ống 3.11 được nối qua đai gia nhiệt thứ nhất 3.4 và thành bình chứa dung dịch axit HF 3.1 để có thể đưa khí sục vào dung dịch axit chứa trong bình chứa dung dịch axit HF 3.1, nhằm tăng khả năng điều khiển việc bốc hơi axit HF. Một ống 3.12 được nối qua đai gia nhiệt thứ hai 3.7 và thành bình chứa mẫu 3.2 để có thể đưa khí vào làm loãng thêm nồng độ hơi axit HF và nồng độ hơi nước trong bình chứa mẫu 3.2. Một điểm cần lưu ý khi sử dụng là toàn bộ thiết bị được minh họa trên Hình 3 cần phải được đặt trong một không gian kín, tại đó luôn có sự hút khí trong không gian này tới một thiết bị xử lý khí thải. Thiết bị xử lý này có khả năng hấp thụ toàn bộ các loại khí thoát ra khỏi bình chứa mẫu 3.2 trong và sau khi ăn mòn hơi HF như khí HF, SiF_4 , và khí H_2SiF_6 , đảm bảo an toàn khi sử dụng và tuân theo các tiêu chuẩn quy chuẩn kỹ thuật trước khi xả khí thải ra ngoài môi trường.

Theo một phương án, khí được thổi vào qua các ống 3.11, 3.13 là khí trơ,

hơi nước, khí ni tơ, các bo nic. Khi thiết bị hoạt động, nồng độ dung dịch HF trong bình chứa dung dịch axit HF 3.1 nằm trong khoảng từ 10% tới 49%.

Theo một phương án, vật liệu cấu thành nên nắp 3.3, bình chứa mẫu 3.2, bình chứa dung dịch axit HF 3.1 và bộ phận kết nối 3.10 là vật liệu nhựa chịu được hơi HF nhiệt độ cao như nhựa polytetrafluoroetylen (PTFE, Teflon), nhựa etylen propylen tăng cường florin (FEP), nhựa perfluoroalkoxy (PFA), nhựa etylen tetrafluoroetylen (ETEE), nhựa polychlorotrifluetylen (PCTFE), nhựa polyvinyliden florua hay nhựa polyvinyliden diflorua (PVDF), nhựa etylen clorotrifluetylen (ECTFE), nhựa polyvinyl clorua được clo hóa (CPVC), nhựa polyete ete keton (PEEK), nhựa polyetylen (PE), nhựa polypropylen (PP), hoặc nhựa tổ hợp của một số bất kỳ trong số các nhựa nói trên.

Phương pháp ăn mòn bằng hỗn hợp hơi axit HF và hơi nước để chế tạo các vi cấu trúc bằng cách sử dụng thiết bị chế tạo vi cấu trúc treo bằng ăn mòn hơi HF theo sáng chế, bao gồm các bước:

cho dung dịch axit HF vào bình chứa dung dịch axit HF 3.1;

bố trí mẫu đã có sẵn các vi cấu trúc cần treo nằm bên trên một bộ phận nền dạng màng mỏng nên có thể được ăn mòn bởi hơi axit HF;

đặt mẫu đã có sẵn các vi cấu trúc cần treo đang nằm bên trên một bộ phận nền dạng màng mỏng vào trong bình chứa mẫu 3.2;

đặt nắp đục lỗ 3.3 chồng lên bình chứa mẫu 3.2;

đặt bình chứa mẫu 3.2 chồng lên bình chứa dung dịch axit HF 3.1, trong đó hai bình này được thông với nhau bằng nhiều lỗ nhỏ;

gia nhiệt độ lập bình chứa mẫu 3.2 đến nhiệt độ nằm trong khoảng từ 45°C tới 95°C;

gia nhiệt độ lập bình chứa dung dịch axit HF 3.1 đến nhiệt độ nằm trong khoảng từ 40°C tới 80°C;

giữ nhiệt độ bình chứa mẫu 3.2 lớn hơn nhiệt độ bình chứa dung dịch axit HF 3.1 trong khoảng từ 5°C tới 45°C, trong đó:

khi được gia nhiệt hơi nước và hơi axit HF được bay từ bình chứa dung dịch axit HF 3.1 thông qua các lỗ nhỏ tới bình chứa mẫu 3.2, ăn mòn bộ phận nền dạng màng mỏng tạo thành các vi cấu trúc treo trên mẫu, và sau đó theo các lỗ trên nắp có đục lỗ 3.3 thoát ra ngoài.

Theo một khía cạnh của sáng chế, trong phương pháp này dung dịch axit HF có nồng độ nằm trong khoảng từ 10% tới 50%.

Theo khía cạnh khác của sáng chế, phương pháp này còn bao gồm bước thổi khí sục vào bình chứa dung dịch axit HF 3.1 thông qua ống thổi khí 3.11 sục vào dung dịch axit HF và mang hơi nước và hơi axit lên bình chứa mẫu (3.2) để ăn mòn.

Theo khía cạnh khác nữa của sáng chế, phương pháp này còn bao gồm bước thổi khí vào bình chứa mẫu 3.2 đang chứa mẫu cần ăn mòn thông qua ống thổi khí 3.12 để điều khiển việc pha loãng nồng độ hơi axit HF trong bình chứa mẫu này 3.2 này.

Hình 6 minh họa một quy trình công nghệ chế tạo vi thiết bị dạng phẳng trong đó có tích hợp bước chế tạo vi cấu trúc treo theo thiết bị và phương pháp theo sáng chế này. Quy trình này bao gồm việc chế tạo các vi cấu trúc trên một đế phẳng, và cuối cùng ăn mòn bộ phận nền tạo ra các vi cấu trúc treo, bao gồm các bước sau:

Bước 1: Phủ lớp màng dẫn điện thứ nhất, bằng kim loại ví dụ Ni, hoặc bằng hợp chất, chịu được ăn mòn hơi axit HF lên đế silic phẳng có hoặc không có chứa vi mạch tích hợp, sử dụng quy trình quang khắc kết hợp ăn mòn trong axit thích hợp để tạo hình lớp màng dẫn điện này.

Bước 2: Phủ lớp màng tạo thành bộ phận nền có thể bị ăn mòn bởi hơi axit HF, ví dụ SiO_2 , đồng thời sử dụng quy trình quang khắc để mở lỗ tiếp xúc tới lớp màng dẫn điện tại bước 1.

Bước 3: Phủ lớp màng dẫn điện thứ hai và tạo hình bằng phương pháp quang khắc kết hợp ăn mòn hoặc bằng phương pháp mạ hóa học không điện cực.

Bước 4: Phủ lớp màng điện môi bảo vệ thứ nhất chịu được ăn mòn hơi axit HF, ví dụ SiN_x , tạo các lỗ tiếp xúc với lớp màng dẫn điện bên dưới bằng phương pháp quang khắc kết hợp ăn mòn kim loại.

Bước 5: Phủ lớp màng tích cực đóng vai trò chính trong hoạt động của vi thiết bị, tạo hình lớp màng này bằng phương pháp quang khắc kết hợp ăn mòn.

Bước 6: Khắc lỗ xuyên qua lớp màng điện môi bảo vệ thứ nhất tới lớp màng dẫn điện thứ hai.

Bước 7: Phủ và tạo hình lớp màng dẫn điện thứ ba, chịu được ăn mòn hơi axit HF, kết nối điện giữa lớp màng dẫn điện tại bước 1 và lớp màng tích cực tại bước 5, tạo hình lớp màng này bằng phương pháp quang khắc kết hợp ăn mòn.

Bước 8: Phủ lớp màng điện môi bảo vệ thứ hai chịu được ăn mòn hơi axit HF, bảo vệ toàn bộ cấu trúc, tạo hình lớp màng này bằng phương pháp quang khắc kết hợp ăn mòn.

Bước 9: Ăn mòn hơi axit HF bằng thiết bị và phương pháp theo sáng chế này nhằm tạo ra các vi cấu trúc treo trên đế mang phẳng.

Sau Bước 9, vi thiết bị có chức năng hoạt động cụ thể được hoàn thiện trên một đế mang phẳng. Tiếp theo sẽ là quá trình cắt đế mang, đóng gói, kiểm tra trước khi đến tay người sử dụng.

Hiệu quả đạt được của sáng chế là cho phép việc chế tạo vi cấu trúc được tiến hành và tích hợp vào một quy trình chế tạo sẵn có một cách dễ dàng, thuận tiện, trên một đế mang chứa nhiều vi thiết bị, tăng được hiệu suất chế tạo vi thiết bị và giảm chi phí sản xuất.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Để minh họa cho quá trình thực hiện phương pháp nói trên thông qua thiết bị nói trên, một chuỗi các thí nghiệm được tiến hành tại đó nhiệt độ bình chứa dung dịch axit HF được gia nhiệt tại 40°C, 50°C và 60°C; bình chứa vi cấu trúc cần treo được gia nhiệt tại 40°C, 50°C, 60°C, 70°C, 80°C và 90°C. Dung dịch axit HF có nồng độ trong khoảng từ 10 tới 49%, thể tích dung dịch HF sử dụng từ 10 ml tới 50 ml, và thời gian ăn mòn được tiến hành từ 30 tới 60 phút. Vật liệu vi cấu trúc cần treo là Si_3N_4 , bộ phận nền dạng màng mỏng cần ăn mòn là SiO_2 và toàn bộ được chế tạo trên đế Si.

Bảng 1: Tổng hợp kết quả thu được khi tiến hành chế tạo vi cấu trúc bằng ăn mòn hơi HF đề cập theo sáng chế này theo minh họa tại Hình 4.

Nhiệt độ bình dung dịch Nhiệt độ bình chứa mẫu	40°C	50°C	60°C
40°C	Bị đọng nước trên bề mặt làm sập cấu trúc treo	Không khảo sát	Không khảo sát
50°C	Ăn mòn tạo thành cấu trúc vi treo	Bị đọng nước trên bề mặt làm sập cấu trúc treo	Không khảo sát
60°C	Ăn mòn tạo thành cấu trúc vi treo	Ăn mòn tạo thành cấu trúc vi treo	Còn dư sản phẩm sau phản ứng tại vùng ăn

			mòn
70°C	Ăn mòn rất chậm	Ăn mòn tạo thành cấu trúc vi treo	Ăn mòn tạo thành cấu trúc vi treo
80°C	Không khảo sát	Ăn mòn cả các cấu trúc treo	Ăn mòn cả các cấu trúc treo
90°C	Không khảo sát	Không khảo sát	Ăn mòn cả các cấu trúc treo

Hình 4 minh họa các ảnh chụp bằng kính hiển vi quang học các vi cấu trúc treo được chế tạo theo thiết bị và phương pháp theo sáng chế này, trong đó nhiệt độ của bình chứa dung dịch axit thể hiện theo cột, nhiệt độ của bình chứa vi cấu trúc cần treo thể hiện theo hàng. Bảng 1 tổng kết lại kết quả thu được từ Hình 4. Với các điều kiện tại đó nhiệt độ bình chứa dung dịch và bình chứa vi cấu trúc bằng nhau, hơi nước bị đọng lại trên bề mặt vi cấu trúc hoặc một số sản phẩm dạng rắn còn dư lại sau ăn mòn, dẫn tới quá trình chế tạo vi cấu trúc treo không thành công. Khi chênh lệch nhiệt độ giữa hai bình nằm trong khoảng từ 5°C tới 45°C, các vi cấu trúc treo được chế tạo với chất lượng tốt. Khi chênh lệch nhiệt độ giữa hai bình lớn hơn khoảng giá trị nói trên thì hoặc tốc độ ăn mòn quá chậm, hoặc quá nhanh dẫn tới việc chế tạo cấu trúc treo không thành công. Hình 5 là ảnh chụp bằng kính hiển vi điện tử quét các vi cấu trúc treo, có kích thước 25 μm , được chế tạo theo thiết bị và phương pháp đề cập trong sáng chế này, với sự chênh lệch nhiệt độ giữa hai bình là 20°C. Một mảng các vi cấu trúc treo được chế tạo và được quan sát một cách rõ ràng chứng tỏ kết quả thu được theo thiết bị và phương pháp đề cập trong sáng chế này là tốt.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Thiết bị chế tạo vi cấu trúc treo bằng ăn mòn hơi HF bao gồm:

bình chứa dung dịch axit HF (3.1) có miệng hở;

bộ phận gia nhiệt thứ nhất (3.4) để gia nhiệt cho bình chứa dung dịch axit HF (3.1), cảm biến nhiệt độ thứ nhất (3.5) được bố trí để cảm biến nhiệt độ của bộ phận gia nhiệt thứ nhất (3.4) hay bình chứa dung dịch axit HF (3.1), cảm biến nhiệt độ thứ nhất (3.5) được kết nối với bộ phận điều khiển nhiệt độ thứ nhất (3.6) để gia nhiệt độc lập cho bình chứa dung dịch axit HF (3.1);

bình chứa mẫu (3.2) có đáy được đục lỗ và miệng hở, bình chứa mẫu (3.2) này được đặt bên trên bình chứa dung dịch axit HF (3.1);

bộ phận gia nhiệt thứ hai (3.7) để gia nhiệt cho bình chứa mẫu (3.2), cảm biến nhiệt độ thứ hai (3.8) được bố trí để cảm biến nhiệt độ của bộ phận gia nhiệt thứ hai (3.7) hay bình chứa mẫu (3.2) được kết nối với bộ phận điều khiển nhiệt độ thứ hai (3.9) để gia nhiệt độc lập cho bình chứa mẫu (3.2);

nắp có đục lỗ (3.3) được đặt bên trên bình chứa mẫu (3.2), trong đó:

khi thiết bị hoạt động, dung dịch axit HF được đổ vào bình chứa dung dịch axit HF (3.1), nhiệt độ của bình chứa dung dịch axit HF (3.1) được thiết lập bằng bộ phận điều khiển thứ nhất (3.6) nằm trong khoảng từ 40°C tới 80°C, nhiệt độ của bình chứa mẫu (3.2) được thiết lập bằng bộ phận điều khiển thứ hai (3.9) nằm trong khoảng từ 45°C tới 95°C, và chênh lệch nhiệt độ giữa bình chứa dung dịch axit HF (3.1) và bình chứa mẫu (3.2) được giữ trong khoảng từ 5°C tới 45°C, mẫu có chứa sẵn phần vi cấu trúc treo đặt bên trên một bộ phận nền dạng màng mỏng được ăn mòn bằng hơi axit HF.

2. Thiết bị theo điểm 1, trong đó thiết bị này còn bao gồm bộ phận kết nối (3.10) được đặt giữa bình chứa dung dịch axit HF (3.1) và bình chứa mẫu (3.2), cho phép thông khí giữa hai bình này, nhằm làm cho việc thao tác đặt bình chứa mẫu (3.2) lên trên bình chứa dung dịch axit HF (3.1) được tiến hành một cách dễ dàng và thuận tiện.

3. Thiết bị theo điểm 1 hoặc 2, trong đó bình chứa dung dịch axit HF (3.1) được gắn thêm một ống thổi khí (3.11) để khi thiết bị hoạt động, khí có thể được thổi vào dung dịch axit trong bình chứa dung dịch axit HF (3.1) nhằm tạo điều kiện thuận lợi cho việc mang hơi nước và hơi axit HF lên trên bình chứa mẫu (3.2).

4. Thiết bị theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó bình chứa mẫu (3.2) được gắn thêm một ống thổi khí (3.12) để khi thiết bị hoạt động, khí có thể được thổi vào nhằm làm giảm nồng độ hơi HF có trong bình chứa mẫu (3.2).

5. Thiết bị theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4, trong đó bộ phận kết nối (3.10) có một ống thổi khí (3.13) để khi thiết bị hoạt động, khí có thể được thổi vào nhằm làm giảm nồng độ hơi HF có trong bình chứa mẫu (3.2).

6. Thiết bị theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 3 đến 5, trong đó khí được thổi vào là khí trơ, hơi nước, khí ni tơ, các bo nic.

7. Thiết bị theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 6, trong đó khi hoạt động, nồng độ dung dịch HF trong bình chứa dung dịch axit HF (3.1) nằm trong khoảng từ 10% tới 49%.

8. Thiết bị theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 7. trong đó vật liệu cấu thành nên nắp (3.3), bình chứa mẫu (3.2), bình chứa dung dịch axit HF (3.1) và bộ phận kết nối (3.10) là vật liệu nhựa chịu được hơi HF nhiệt độ cao như nhựa polytetrafluoroetylen (PTFE, Teflon), nhựa etylen propylen tăng cường florin (FEP), nhựa perfluoroalkoxy (PFA), nhựa etylen tetrafluoroetylen (ETEE), nhựa polychlorotrifluoroetylen (PCTFE), nhựa polyvinyliden florua hay nhựa polyvinyliden diflorua (PVDF), nhựa etylen clorotrifluoroetylen (ECTFE), nhựa

polyvinyl clorua được clo hóa (CPVC), nhựa polyete ete keton (PEEK), nhựa polyetylen (PE), nhựa polypropylen (PP), hoặc nhựa tổ hợp của một số bất kỳ trong số các nhựa nói trên.

9. Phương pháp ăn mòn bằng hỗn hợp hơi axit HF và hơi nước để chế tạo các vi cấu trúc bằng cách sử dụng thiết bị chế tạo vi cấu trúc treo bằng ăn mòn hơi HF theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, phương pháp này bao gồm các bước:

cho dung dịch axit HF vào bình chứa dung dịch axit HF (3.1);

bố trí mẫu đã có sẵn các vi cấu trúc cần treo nằm bên trên một bộ phận nền dạng màng mỏng có thể được ăn mòn bởi hơi axit HF;

đặt mẫu đã có sẵn các vi cấu trúc cần treo đang nằm bên trên một bộ phận nền dạng màng mỏng vào trong bình chứa mẫu (3.2);

đặt nắp đục lỗ (3.3) chồng lên bình chứa mẫu (3.2);

đặt bình chứa mẫu (3.2) chồng lên bình chứa dung dịch axit HF (3.1), trong đó hai bình này được thông với nhau bằng nhiều lỗ nhỏ;

gia nhiệt độ lập bình chứa mẫu (3.2) đến nhiệt độ nằm trong khoảng từ 45°C tới 95°C;

gia nhiệt độ lập bình chứa dung dịch axit HF (3.1) đến nhiệt độ nằm trong khoảng từ 40°C tới 80°C;

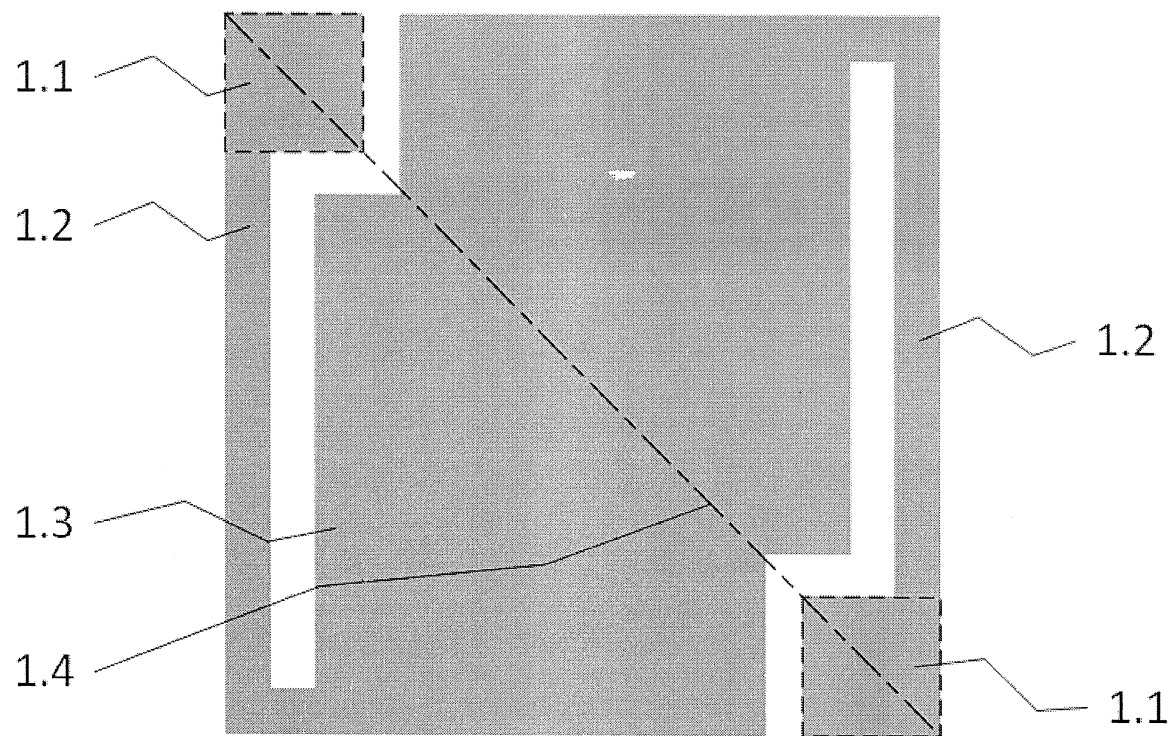
giữ nhiệt độ bình chứa mẫu (3.2) lớn hơn nhiệt độ bình chứa dung dịch axit HF (3.1) trong khoảng từ 5°C tới 45°C; trong đó:

khi được gia nhiệt hơi nước và hơi axit HF được bay từ bình chứa dung dịch axit HF (3.1) thông qua các lỗ nhỏ tới bình chứa mẫu (3.2), ăn mòn bộ phận nền dạng màng mỏng tạo thành các vi cấu trúc treo trên mẫu, và sau đó theo các lỗ trên nắp có đục lỗ (3.3) thoát ra ngoài.

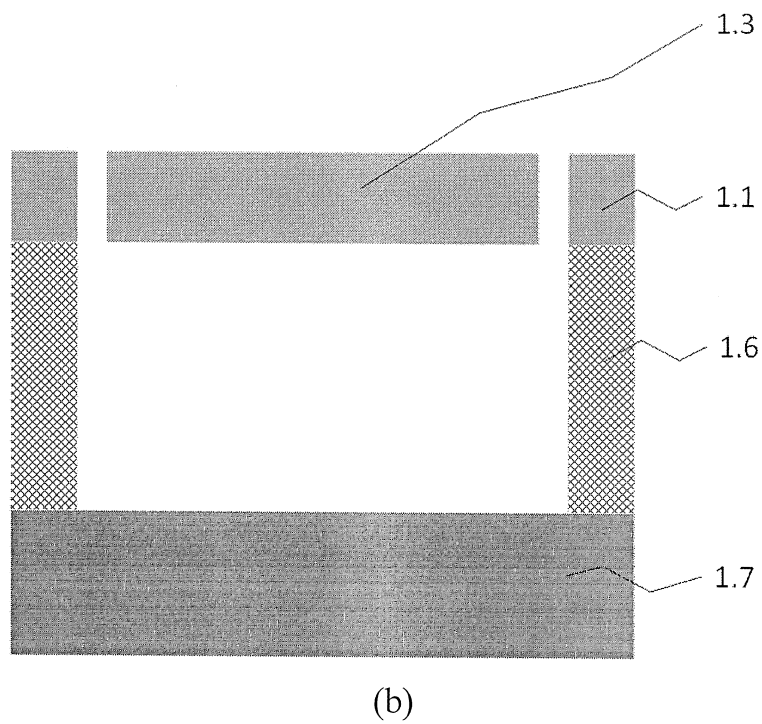
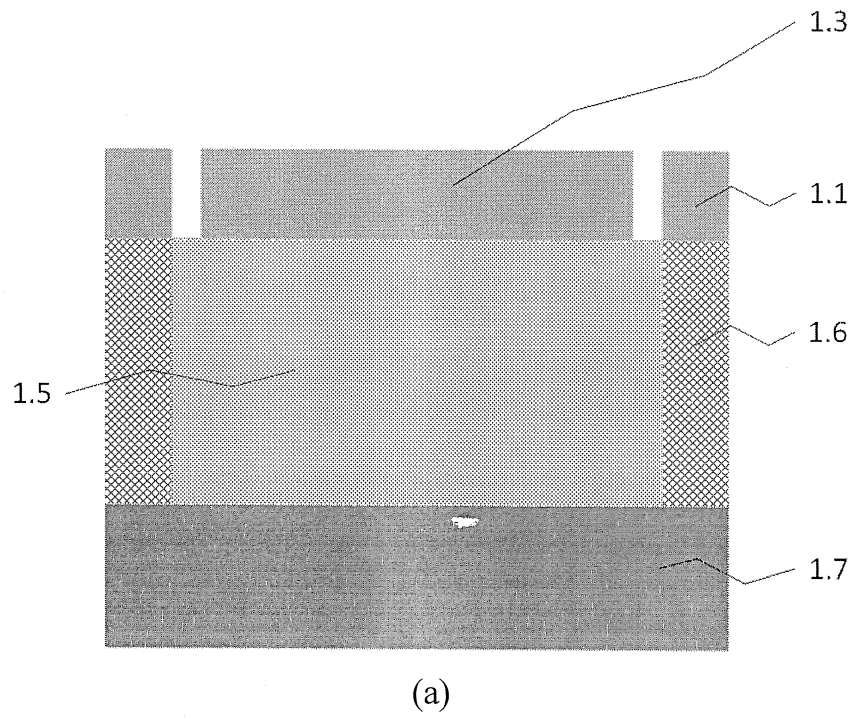
10. Phương pháp theo điểm 9, trong đó dung dịch axit HF có nồng độ nằm trong khoảng từ 10% tới 50%.

11. Phương pháp theo điểm 9 hoặc 10, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước thổi khí sục vào bình chứa dung dịch axit HF (3.1) thông qua ống thổi khí (3.11) sục vào dung dịch axit HF và mang hơi nước và hơi axit lên bình chứa mẫu (3.2) để ăn mòn.

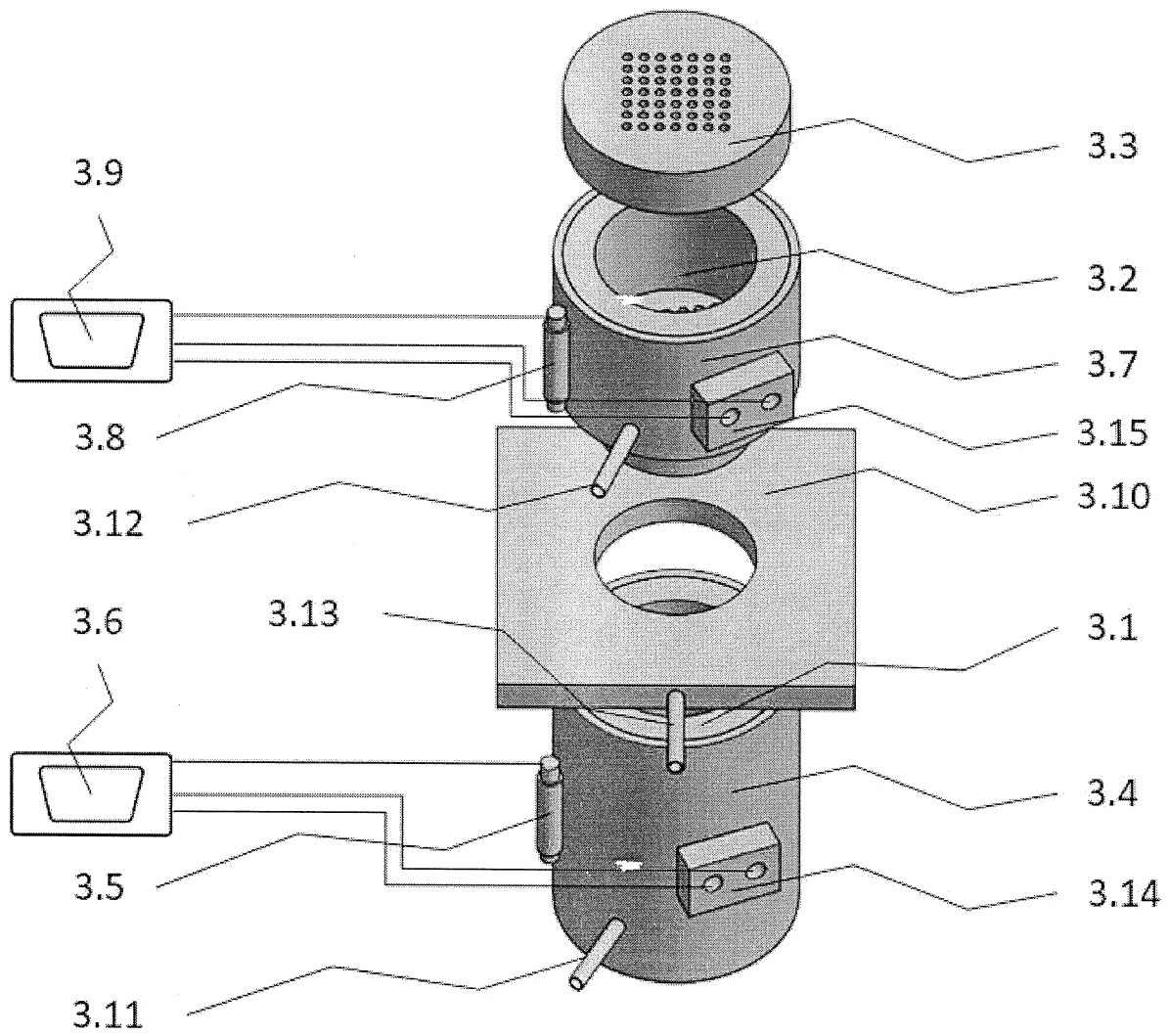
12. Phương pháp theo bất kỳ trong số các điểm từ 9 đến 11, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước thổi khí vào bình chứa mẫu (3.2) đang chứa mẫu cần ăn mòn thông qua ống thổi khí (3.12) để điều khiển việc pha loãng nồng độ hơi axit HF trong bình chứa mẫu (3.2) này.



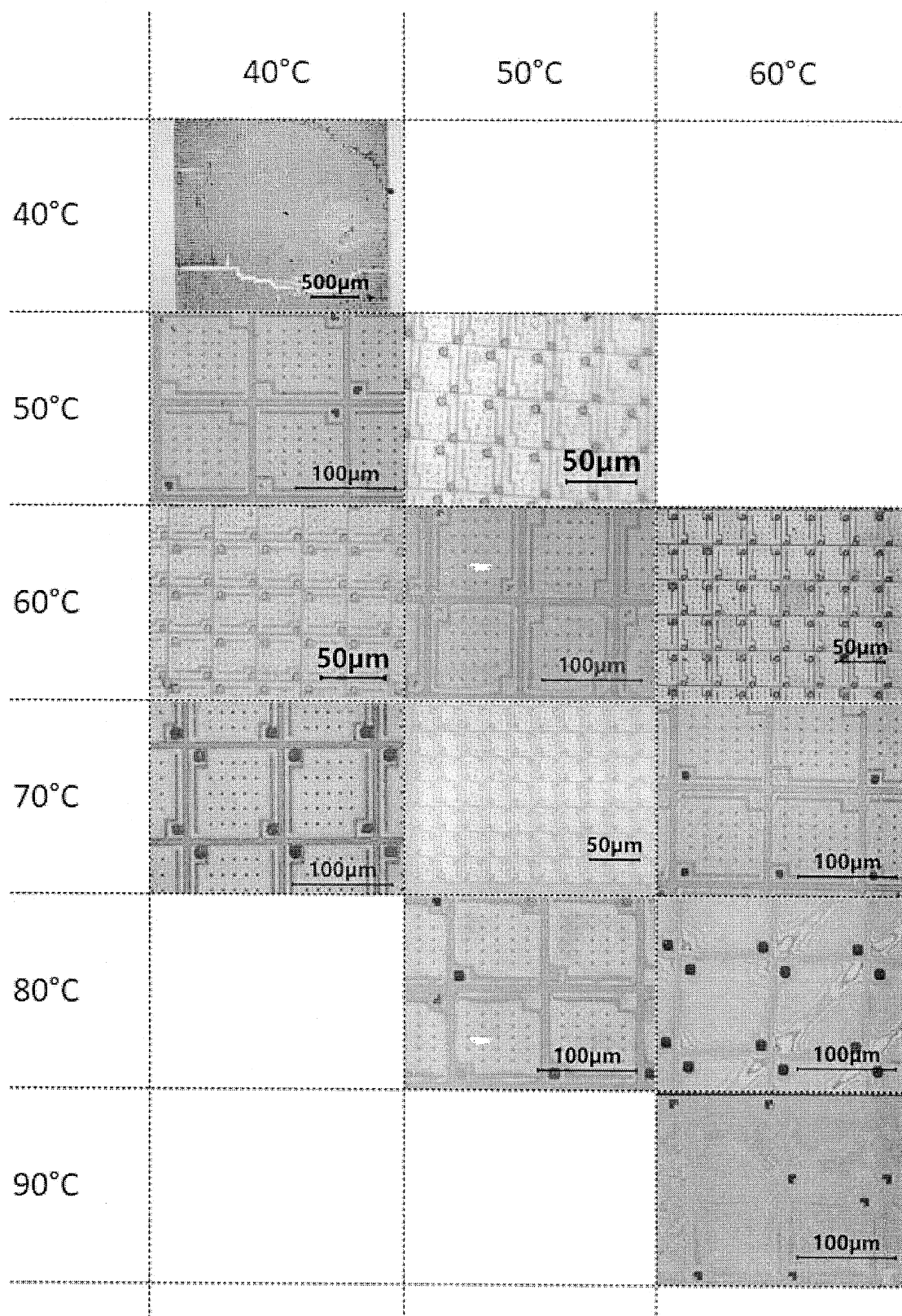
Hình 1



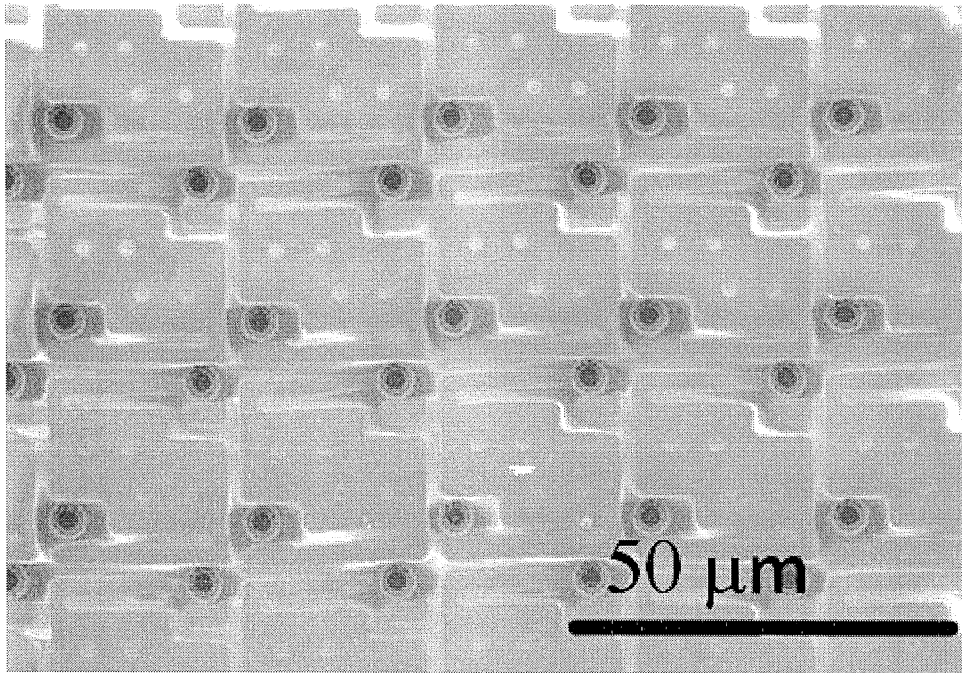
Hình 2



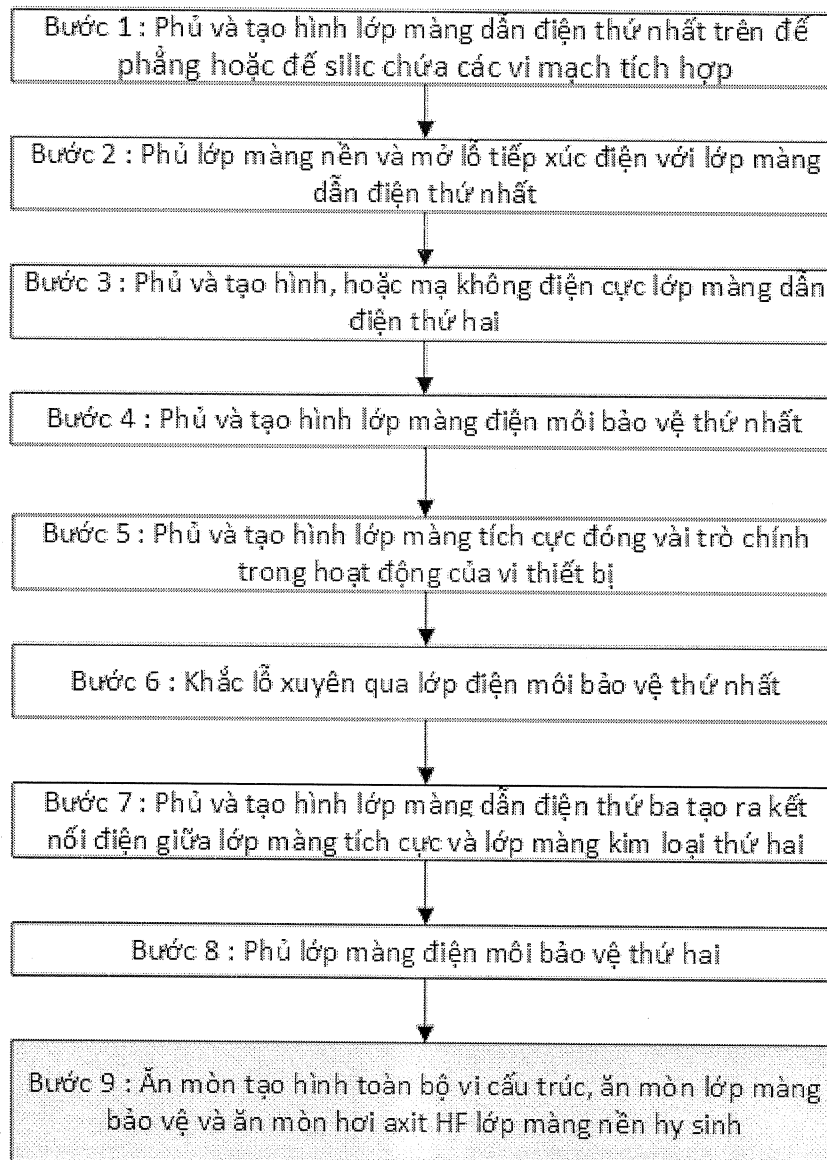
Hình 3



Hình 4



Hình 5



Hình 6