



(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) 
1-0020409

(51)⁷ G02B 6/00

(13) B

(21) 1-2016-03919

(22) 18.10.2016

(45) 25.02.2019 371

(43) 25.05.2017 350

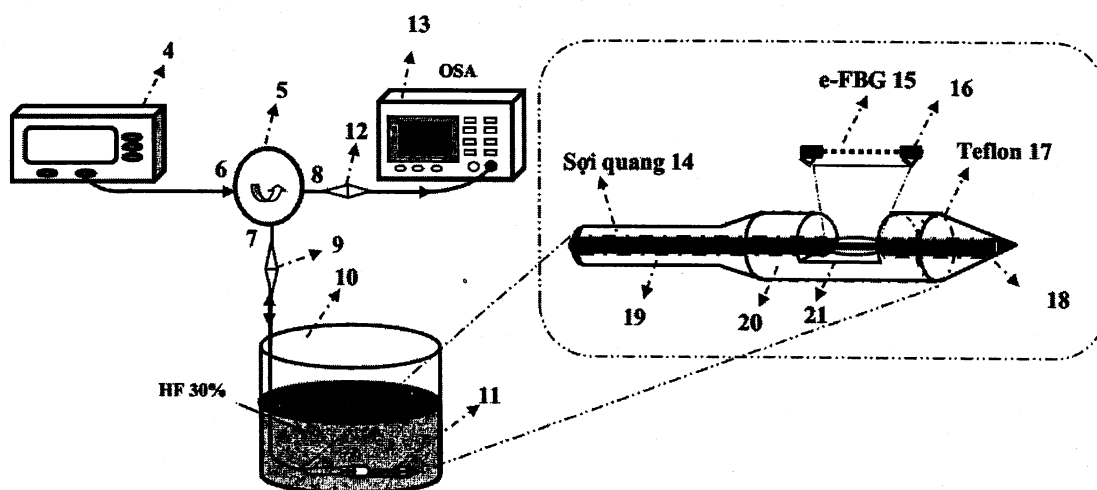
(73) VIỆN KHOA HỌC VẬT LIỆU, VIỆN HÀN LÂM KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM (VN)

18 Hoàng Quốc Việt, quận Cầu Giấy, thành phố Hà Nội

(72) Phạm Thanh Bình (VN), Phạm Văn Hội (VN), Bùi Huy (VN), Lê Hữu Thắng (VN), Nguyễn Đức Bình (VN), Phạm Văn Đại (VN)

(54) ĐẦU DÒ CẢM BIẾN CÁCH TỬ BRAGG TRONG SỢI QUANG ĐƯỢC CHẾ TẠO BẰNG CÁCH ĂN MÒN HOÁ HỌC

(57) Sáng chế đề cập đến chế tạo hệ đầu dò cảm biến cách tử Bragg trong sợi quang sử dụng để đo các tác nhân hóa học hoặc sinh học hòa tan trong môi trường lỏng bao gồm đầu dò (e-FBG 15) gắn keo vào hệ định vị có gá hình chữ V chế tạo bằng vật liệu Teflon, và cả hệ được nhúng vào dung dịch HF để ăn mòn sợi quang đến đường kính sợi từ 2 đến 10 μm . Quá trình ăn mòn hóa học gồm hai bước trong đó đường kính của đầu dò cảm biến e-FBG có thể được điều chỉnh tùy ý ở bước 1 (ăn mòn thô hay ăn mòn tốc độ nhanh) và chất lượng bề mặt của đầu dò được nâng cao ở bước 2 (ăn mòn tinh hay ăn mòn tốc độ chậm) với độ nhám bề mặt sợi quang ăn mòn đạt đến dưới 10 nm. Chất lượng của đầu dò cảm biến e-FBG được kiểm soát trong suốt hai bước ăn mòn thông qua việc khảo sát trực tiếp hình dạng phổ phản xạ của e-FBG với sơ đồ ăn mòn và đo đặc phổ phản xạ được thiết kế đặc biệt (hình 1) cũng như ảnh chụp qua kính hiển vi điện tử. Đầu dò cảm biến e-FBG với cấu trúc này được sử dụng ngay sau quá trình ăn mòn sợi quang mà không cần phải thực hiện thêm các bước bọc sợi hoặc gá lắp các thành phần để bảo vệ sợi với đường kính dưới 10 μm .



Lĩnh vực kỹ thuật của sáng chế

Sáng chế đề xuất thuộc lĩnh vực kỹ thuật cảm biến quang sợi để đo các tác nhân hóa học hoặc sinh học hòa tan trong môi trường lỏng (nước, xăng dầu...). Sáng chế đề cập đến cấu tạo mới của cảm biến quang sợi sử dụng cách tử Bragg trong sợi quang đã được ăn mòn hoàn toàn lớp vỏ (e-FBG – etched-Fiber Bragg Grating) dùng để đo sự thay đổi chiết suất của môi trường chất lỏng khi có các thành phần hóa-sinh hòa tan khác nhau và phương pháp chế tạo đầu dò cảm biến e-FBG quang sợi có cường độ ánh sáng phản xạ cao và độ lặp lại ổn định.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Loại cảm biến quang sợi sử dụng cách tử Bragg trong sợi quang (FBG – Fiber Bragg Grating) đã được quan tâm phát triển rất sôi động trong gần hai thập kỷ vừa qua do chúng có nhiều ưu điểm như: thời gian đo đáp ứng nhanh, kết quả đo lặp lại tốt, độ chính xác phép đo cao, bền trong môi trường ăn mòn hóa học và sinh học, không bị nhiễu loạn trong môi trường có trường điện-từ cao, kích thước gọn nhẹ, dễ tích hợp với sợi quang thông tin tiêu chuẩn để truyền tín hiệu thu được từ đầu dò cảm biến đến khoảng cách xa, vì vậy dễ dàng xử lý tín hiệu tại trung tâm thu thập số liệu. Hơn nữa, độ ổn định của cảm biến này trong môi trường tự nhiên rất cao (không bị rỉ sét do quá trình oxy-hóa, không bị chập mạch do nguồn điện cấp, và đặc biệt an toàn với môi trường sống...) do cảm biến quang sợi được chế tạo bằng thủy tinh silica. Nguyên lý hoạt động của loại cảm biến này chủ yếu dựa vào sự dịch phổ phản xạ của cách tử FBG với bước sóng phản xạ được tính bằng công thức Bragg: $\lambda_B = 2n_{eff} \Lambda$, trong đó Λ là chu kỳ cách tử, n_{eff} là chiết suất hiệu dụng trong cách tử.

Thông thường, cách tử Bragg trong sợi quang (FBG) không nhạy với sự thay đổi chiết suất của môi trường bên ngoài do lõi của cách tử bị ngăn cách với môi trường bằng lớp vỏ thủy tinh silica. Để đo chiết suất của môi trường bằng FBG, chúng ta cần phải ăn mòn lớp vỏ thủy tinh silica của sợi quang để lõi sợi quang có cấu trúc cách tử Bragg tiếp xúc trực tiếp với môi trường. Loại cách tử này được ký hiệu là e-FBG (etched-FBG). Các loại thiết bị cảm biến quang sợi dựa trên phần tử đầu dò sử dụng cách tử ăn mòn e-FBG để xác định, kiểm soát các tác nhân vật lý như đo các thông số nhiệt độ, áp lực, sức căng bề mặt, lực kéo dãn, dao động và chiết suất ..., đã được kiểm chứng, gần đây đầu dò cảm biến e-FBG đã được mở rộng để đo các tác nhân gây ô nhiễm môi trường sống như các chất hóa học (hữu cơ hoặc vô cơ) và các chất sinh học trong không khí, nước, chất lỏng....

Độ dịch phổ phản xạ của e-FBG do tác động của chiết suất môi trường ngoài gây ra sự thay đổi chiết suất hiệu dụng của cách tử được tính bằng công thức [Iadicicco A. and Giordano M., *IEEE Photon. Tech. Lett.*, v.16 (2004) 1149]:

$$n_{eff}^2 = n_1^2 - \left\{ \frac{1 + \sqrt{2}}{1 + \left[4 + 4k_0^4 r^4 (n_1^2 - n_2^2)^2 \right]^{\frac{1}{4}}} \right\}^2 (n_1^2 - n_2^2) \quad (1)$$

Trong đó: k_0 là hằng số truyền dẫn của ánh sáng trong chân không, r là bán kính của sợi quang, n_1 là chiết suất lõi sợi quang có cấu trúc cách tử và n_2 là chiết suất lớp tiếp xúc trực tiếp với cách tử.

Đầu dò cảm biến quang sợi sử dụng cách tử FBG và e-FBG có nguyên lý giống như là linh kiện lọc bước sóng quang có phổ phản xạ với độ rộng phổ rất hẹp (thông thường nhỏ hơn 0,2 nm).

Các loại cảm biến quang sử dụng FBG và e-FBG có đường kính khá nhỏ (từ vài micron đến 125 micro-mét), vì vậy chúng thường bị méo dạng hoặc gãy đứt khi đo nhiệt độ cao (hoặc rất thấp) hoặc lực kéo dẫn với cường độ đủ lớn, vì vậy đã có một số sáng chế đưa ra các phương pháp hoặc thiết bị để bọc FBG và e-FBG để tránh rung động gây méo dạng hoặc gãy đứt cách tử sợi quang khi làm việc trong môi trường thực tế.

Sáng chế US 6928202B2 đã đưa ra phương pháp và thiết bị để bọc cảm biến FBG bằng các ống kim loại (chì, thiếc) với nhiệt độ nóng chảy tương đối thấp hoặc vật liệu hữu cơ (thí dụ Teflon hoặc polyoletin với nhiệt độ co lại tương ứng là 327°C và 95°C) để sử dụng trong cảm biến FBG đo nhiệt độ hoặc lực kéo dẫn.

Sáng chế US 2012/ 0177319A1 đề xuất phương pháp chế tạo cảm biến đo đồng thời nhiệt độ và lực kéo dẫn bằng cấu trúc cách tử FBG được ăn mòn một phần lớp vỏ và phủ màng kim loại (thí dụ Ag) để tăng độ nhạy của cảm biến khi đo đồng thời hai thông số nhiệt độ và lực kéo dẫn. Cấu trúc ăn mòn một phần lớp vỏ sợi quang (khoảng 1/3 độ dài của cách tử FBG trong sợi quang) và phủ màng kim loại với độ lặp lại dọc theo sợi quang theo chu kỳ được các tác giả gọi là “siêu cấu trúc” của cảm biến FBG nhằm đo đồng thời nhiệt độ và lực kéo dẫn. Các cảm biến FBG được chế tạo theo sáng chế US 6928202B2 và US 2012/ 0177319A1 chỉ áp dụng để đo nhiệt độ, áp lực, lực kéo dẫn (đồng thời hoặc riêng biệt), và không sử dụng được cho loại cảm biến quang đo các tác nhân hóa-sinh hòa tan trong môi trường lỏng do lõi sợi quang có cách tử Bragg không trực tiếp tiếp xúc với môi trường.

Sáng chế US 9335468B2 thảo luận phương pháp chế tạo đầu dò e-FBG bằng cách chiếu laser khắc cách tử trên lõi sợi nano/micro có sẵn.

Sáng chế US 6233386B1 thảo luận phương pháp chế tạo đầu dò e-FBG trong đó có sử dụng phương pháp phủ vật liệu có hệ số dẫn nở nhiệt âm làm cho

đầu dò ít nhạy với thay đổi của nhiệt độ môi trường. Tuy nhiên cả hai sáng chế không thảo luận việc tích hợp đầu dò trong các ứng dụng thực tiễn, trong đó đầu dò e-FBG cần được thiết kế lắp đặt trong một cơ cấu bảo vệ đặc biệt nhằm tăng độ bền của đầu dò cũng như tăng chất lượng tín hiệu thu được do đầu dò được cố định tránh rung động và méo dạng cảm biến quang sợi trong quá trình đo sau khi đầu dò này được chế tạo.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Do vậy, mục đích của sáng chế này là đề xuất chế tạo hệ đầu dò e-FBG định hướng sử dụng để đo các tác nhân hóa học hoặc sinh học trong môi trường lỏng bao gồm đầu dò e-FBG và hệ cơ cấu gá và bảo vệ được chế tạo sử dụng cả trong quá trình chế tạo đầu dò e-FBG bằng kỹ thuật ngâm ăn mòn sợi quang trong axit HF và sau đó hệ đầu dò này có thể sử dụng được ngay trong thực tế mà không cần thực hiện các bước thiết kế vỏ bảo vệ và cơ cấu gá định vị đầu dò riêng rẽ. Để đạt mục đích trên, sáng chế đề xuất việc sử dụng phôi khắc cách tử Bragg là sợi quang tiêu chuẩn có sẵn trong thông tin quang. Đây là loại sợi quang có sẵn trên thị trường với chất lượng tiêu chuẩn (tỷ lệ đường kính lõi/vỏ là 9/125 micron). Phương pháp in khắc cách tử trên quang sợi loại này là phương pháp tiêu chuẩn được phổ cập. Cách tử Bragg trong sợi quang tiêu chuẩn sau khi được in khắc trên quang sợi thông thường sẽ được gá trên rãnh cấu trúc chữ V chế tạo bằng vật liệu Teflon sử dụng keo gắn kết có hệ số dẫn nở nhiệt tương đương với độ dẫn nở nhiệt của sợi quang. Vật liệu Teflon và keo gắn kết là vật liệu bền với hóa chất axit Hydrofluoric (HF – Hydrofluoric).

Đầu dò e-FBG được ngâm trong dung dịch HF có các nồng độ phù hợp để ăn mòn hết lớp vỏ thủy tinh bao quanh cách tử Bragg sao cho lõi có cách tử tiếp xúc trực tiếp với môi trường đo. Để có thể tạo được đầu dò e-FBG với kích thước lõi tùy ý, ta điều chỉnh nồng độ dung dịch HF và thời gian ăn mòn. Độ

nhám bề mặt của e-FBG ảnh hưởng rất lớn đến tín hiệu quang phản xạ từ e-FBG về thiết bị đo quang (độ nhám bề mặt e-FBG càng lớn, tín hiệu quang tán xạ trên bề mặt càng lớn và tín hiệu quang phản xạ về thiết bị đo quang càng giảm). Quy trình chế tạo đầu dò cảm biến e-FBG với đường kính lõi theo thiết kế và giảm độ nhám bề mặt sợi quang ăn mòn được thực hiện thông qua hai bước ăn mòn: i) bước thứ nhất: hệ FBG gắn trên cấu trúc gá đỡ có rãnh chữ V chế tạo bằng vật liệu Teflon được ngâm trong dung dịch HF đặc trong thời gian phù hợp để đạt được kích thước thiết kế của đầu dò e-FBG (gọi là quy trình ăn mòn thô hay ăn mòn tốc độ nhanh); ii) bước thứ hai: hệ e-FBG đã được ăn mòn thô sẽ được nhúng trong dung dịch HF loãng với thời gian phù hợp để làm trơn nhẵn (quy trình ăn mòn tinh hay ăn mòn tốc độ chậm), để giảm độ nhám bề mặt sợi quang ăn mòn xuống dưới mức 1/100 bước sóng tín hiệu. Hệ e-FBG với cơ cấu gá trên để làm bằng vật liệu Teflon không bị ăn mòn trong dung dịch HF, có thể giữ cố định sợi quang trong quá trình ăn mòn để tránh đầu dò e-FBG bị đứt gãy khi kích thước của đầu dò được ăn mòn tới đường kính vài micro-mét. Cơ cấu gá e-FBG trên đế Teflon cũng giúp định vị đầu dò e-FBG trong quá trình đo môi trường lỏng và ổn định tín hiệu quang đo được do tránh được các hiệu ứng rung động hoặc xoắn sợi trong môi trường đo. Sau khi kết thúc quá trình ăn mòn sợi quang có cấu trúc FBG và kiểm soát chất lượng bề mặt sợi quang, hệ đầu dò e-FBG có thể sử dụng được ngay bằng cách đấu nối trực tiếp với hệ quang sợi để áp dụng cho các phép đo cảm biến trong môi trường lỏng.

Mô tả văn tắt các hình vẽ

Hình 1 là sơ đồ khối của hệ thiết bị chế tạo đầu dò cảm biến cách tử e-FBG bằng phương pháp ăn mòn hóa học có đế đỡ sợi quang dạng rãnh hình chữ V.

Hình 2 là đặc trưng quy chuẩn về bước sóng phản xạ và thời gian ăn mòn của cách tử ăn mòn phần tử cảm biến e-FBG chế tạo bằng phương pháp ăn mòn hóa học.

Hình 3a,b,c là thể hiện ảnh hiển vi điện tử bề mặt sợi quang có độ phân giải cao (ảnh SEM – Scanning Electron Microscope) của phần tử cảm biến e-FBG sau khi ăn mòn thô (bước 1) và ăn mòn tinh (bước 2), phổ phản xạ của phần tử cảm biến FBG trước và sau khi ăn mòn và phổ phản xạ từ đầu dò cảm biến e-FBG trong dung dịch nước sạch và nước có chứa nồng độ Nitrate 15ppm và 80ppm.

Mô tả chi tiết sáng chế

Hình 1 là sơ đồ khối của hệ thiết bị chế tạo đầu dò cảm biến cách tử e-FBG11 bằng phương pháp ăn mòn hóa học có đế đỡ sợi quang dạng rãnh hình chữ V 16 để phòng ngừa đứt gãy sợi quang trong quá trình ăn mòn lớp vỏ thủy tinh xuống đường kính sợi dưới 10 μm . Giá đỡ bằng vật liệu nhựa Teflon17 gồm ba phần: Phần đầu 18 được chế tạo dạng thoi thuôn nhằm giảm áp lực của dung môi đo lên phần tử cảm biến e-FBG 15 khi đưa đầu đo vào dung môi. Phần thân 20 có mở cửa sổ 21, trong đó cửa sổ 21 có chiều dài cùng với chiều dài của vùng cần ăn mòn của e-FBG 15. Vùng cửa sổ 21 cũng chính là vùng tương tác giữa phần tử cảm biến e-FBG 15 với dung môi cần đo. Tại vùng 20 này, có thiết kế để dạng rãnh hình chữ V giúp gắn cố định phần tử cảm biến e-FBG 15. Phần cán 19 bảo vệ phần sợi quang của đầu dò cảm biến 11 đấu nối với sợi quang của hệ đo tín hiệu quang phản xạ từ cách tử e-FBG. Cấu hình đầu dò cảm biến e-FBG này cho phép kiểm soát được trực tiếp quy trình ăn mòn FBG thông qua sự dịch đỉnh phổ phản xạ của cách tử FBG được quan sát trên thiết bị phân tích phổ có độ phân giải cao (OSA – Optical Spectrum Analyzer). Nguyên lý hoạt động của hệ thiết bị này là chùm tín hiệu quang từ nguồn ánh sáng phổ rộng trong vùng bước

sóng 1550 nm được dùng là tín hiệu phát xạ tự phát của thiết bị khuếch đại quang sợi 4 có cấu trúc môi trường khuếch đại là đoạn sợi quang pha tạp nguyên tố Erbium nồng độ cao (có mã số EDF-HCO-4000) có độ dài 4 m, được truyền trong sợi quang đến cổng số 6 của linh kiện quang sợi điều khiển hướng truyền quang 5 và đi ra cổng 7 của linh kiện này và được truyền đến đầu dò cảm biến cách tử e-FBG 11 thông qua điểm kết nối quang 9. Chùm tín hiệu phổ quang dải rộng sử dụng phát xạ tự phát của nguyên tố Erbium truyền qua đầu dò cảm biến e-FBG 11 và một phần chùm tín hiệu có bước sóng trùng với bước sóng của cách tử Bragg được tính bằng công thức Bragg: $\lambda_B = 2n_{eff} \Lambda$, trong đó Λ là chu kỳ cách tử, n_{eff} là chiết suất hiệu dụng trong cách tử, sẽ được phản xạ quay lại vào cổng số 7 của linh kiện quang sợi điều khiển hướng truyền quang 5. Chùm tín hiệu quang phản xạ lại từ đầu dò cảm biến e-FBG 11 được dẫn đến cổng số 8 của linh kiện quang sợi điều khiển hướng truyền quang 5 và sau đó được truyền tới thiết bị phân tích phổ có độ phân giải cao OSA 13 (độ phân giải 0,01 nm).

Chi tiết về thiết kế đầu dò cảm biến e-FBG11 trong sáng chế này được trình bày như sau:

i) Lựa chọn loại cách tử Bragg trong sợi quang FBG có hiệu ứng lọc bước sóng trong vùng bước sóng 1550 nm, có hệ số phản xạ quang trong khoảng từ 30% đến 50% và độ rộng phổ của ánh sáng phản xạ trong khoảng 0,15nm÷0,2 nm,

ii) Cách tử e-FBG được gắn cố định trên đế làm bằng vật liệu Teflon hình trụ 17 có cấu hình dạng rãnh hình chữ V 16 bằng keo epoxy đặc biệt 2 thành phần có hệ số giãn nở nhiệt xấp xỉ của vật liệu thủy tinh silica của sợi quang và không bị phá hủy trong môi trường axit HF.

Vật liệu Teflon là loại nhựa đặc biệt (gọi là Polytetrafluoroethylene) không độc hại với môi trường sống, có thể chịu được nhiệt độ cao (đến 375⁰C), cách điện tốt và đặc biệt độ bền hóa học rất tốt, không bị ăn mòn trong các môi trường

axít đậm đặc, vì vậy chúng rất phù hợp trong chế tạo để cho các loại cảm biến hóa-sinh. Cấu trúc hệ đầu dò cảm biến này sẽ giảm được rung động về cơ học và tăng độ bền cho phần tử e-FBG 15 khi được ăn mòn xuống đường kính sợi từ $2\mu\text{m}$ đến $10\mu\text{m}$. Quá trình chế tạo đầu dò cảm biến e-FBG theo quy trình theo thời gian ăn mòn được thể hiện qua đường đặc trưng được chỉ rõ trong hình 2. Hệ đầu dò cảm biến cách tử 11 được nhúng toàn bộ vào trong bể ăn mòn chế tạo bằng vật liệu nhựa Teflon 10 chứa dung dịch axit HF 30% để ăn mòn nhanh. Hệ đầu dò cảm biến cách tử 11 này được kết nối với hệ thiết bị quang tử như đã được mô tả ở trên thông qua sợi quang 14 để kiểm soát từ xa trực tiếp (in-situ) quá trình ăn mòn phần tử cảm biến e-FBG 15 có độ phẩm chất cao với các thông số đạt được như mục đích mong muốn.

Hình 2 biểu diễn đường đặc trưng sự dịch chuyển bước sóng phản xạ của phần tử cảm biến e-FBG 15 thay đổi theo thời gian ăn mòn trong dung dịch HF có nồng độ 30%. Quy trình tiến hành ăn mòn chế tạo phần tử cảm biến e-FBG có độ phẩm chất cao được chia làm hai bước: bước 1 đầu dò cảm biến 11 được nhúng vào trong bể ăn mòn 10 chứa dung dịch axit HF có nồng độ 30% và được thực hiện với khoảng thời gian $70 \div 90$ phút (thời gian này phụ thuộc vào mục đích mong muốn về đường kính của phần tử cảm biến e-FBG 15 cần đạt được từ 2 đến 10 micro-mét). Quá trình này (có thể gọi là quá trình ăn mòn thô) được kiểm soát từ xa trực tiếp thông qua việc theo dõi sự dịch đỉnh phổ phản xạ của phần tử cảm biến e-FBG 15 theo thời gian ăn mòn bằng thiết bị phân tích phổ 13 có độ phân giải cao 0,01 nm. Kết quả thu được từ thực nghiệm (đường chấm) và từ lý thuyết (đường nét liền) khá phù hợp cho thấy kỹ thuật ăn mòn FBG có thể sử dụng trong chế tạo cảm biến e-FBG. Từ kết quả sự dịch đỉnh phổ phản xạ của phần tử cảm biến e-FBG 15 theo thời gian ăn mòn thu được, chúng ta có thể dễ dàng tính được tốc độ ăn mòn cũng như đường kính của phần tử cảm biến e-FBG 15 ăn mòn đạt được, điều này cũng được kiểm chứng lại bằng hình ảnh đo bằng

ảnh SEM 23 và 24. Quá trình ăn mòn này rất quan trọng vì hiệu ứng ăn mòn sợi quang trong môi trường axit HF nồng độ cao 30% có tốc độ ăn mòn khá cao nên nhanh chóng đạt được đường kính của phần tử cảm biến e-FBG 15 theo yêu cầu đo chiết suất chất lỏng hoặc các đối tượng hòa tan cần đo để có thể tối ưu hóa về độ nhạy cũng như độ bền của cảm biến. Từ kết quả dịch phổ phản xạ của cách tử e-FBG phụ thuộc thời gian ăn mòn (bán kính sợi quang) được trình bày trên hình 2 và vào chiết suất hiệu dụng của cách tử e-FBG theo công thức (1), chúng tôi thu được độ nhạy cao nhất về thay đổi bước sóng phản xạ của cách tử e-FBG trong môi trường lỏng khi chúng được ăn mòn nhanh trong khoảng thời gian 80 phút. Tuy nhiên do quá trình ăn mòn nhanh để rút ngắn thời gian ăn mòn cũng xảy ra hiện tượng xộp bề mặt sợi quang của phần tử cảm biến e-FBG 15 gây ra độ nhám bề mặt sợi quang với kích thước khá lớn, được quan sát rất rõ ràng trong ảnh SEM22. Trên bề mặt sợi quang tiếp xúc trực tiếp với môi trường chất lỏng cần đo xuất hiện hiệu ứng tương tác của trường gần dập tắt (trường evanescent) lên một truyền dẫn của lớp vỏ của phần tử cảm biến e-FBG 15 gây ra sự dịch phổ phản xạ của phần tử cảm biến e-FBG 15, do vậy bề mặt sợi quang của phần tử cảm biến e-FBG 15 có độ nhám lớn sẽ gây ra hiện tượng tán xạ ánh sáng mạnh và làm suy giảm cường độ của ánh sáng phản xạ từ phần tử cảm biến e-FBG 15 cũng như làm xuất hiện các mode quang phụ hai bên đỉnh phổ phản xạ (gọi là side-band) không mong muốn. Để khắc phục hiện tượng này chúng tôi thực hiện bước ăn mòn thứ 2 ngay sau khi bước ăn mòn 1 được hoàn thành. Quá trình ăn mòn chậm (bước ăn mòn thứ hai) như sau: hệ đầu dò cảm biến cách tử 11 tiếp tục được nhúng vào trong bể ăn mòn 10 chứa dung dịch axit HF có nồng độ 10% và được thực hiện với khoảng thời gian 15÷20 phút với độ dày lớp thủy tinh bị ăn mòn không quá 200-300nm. Quá trình này có thể gọi là quá trình ăn mòn tinh, và mục tiêu của quá trình này là tẩy nhẵn bề mặt sợi quang của phần tử cảm biến e-FBG 15 để có độ nhám bề mặt đạt đến 1/100 bước sóng sử dụng

trong cảm biến quang như được quan sát rõ ràng trong ảnh SEM25. Quá trình ăn mòn tinh đã làm giảm được hiện tượng tán xạ ánh sáng trên bề mặt sợi do độ nhám bề mặt chỉ nằm trong khoảng dưới 10 nano-mét, do đó làm tăng độ phẩm chất của phổ phản xạ phần tử cảm biến e-FBG 15 như đã được thể hiện trong hình 3 (hầu như không có các mắt phản xạ phụ ở hai bên đỉnh phản xạ từ e-FBG). Quy trình chế tạo đầu dò cảm biến e-FBG 11 đã cho phép chủ động chế tạo thành công các đầu dò cảm biến e-FBG 11 có độ phẩm chất cao để đáp ứng đo chiết suất chất lỏng có các chất hóa-sinh hòa tan.

Hình 3a là thể hiện các hình ảnh SEM22;23;24;25 của phần tử cảm biến e-FBG15 sau khi ăn mòn thô (bước 1) và ăn mòn tinh (bước 2), trong đó độ nhám R_a của bề mặt sợi quang có giá trị rất nhỏ $\lambda/120 \div \lambda/190$ (với bước sóng $\lambda = 1550$ nm là bước sóng của tín hiệu quang được chọn sử dụng trong loại cảm biến đề xuất này). Độ nhám bề mặt nhỏ có ý nghĩa làm giảm đáng kể hiệu ứng tán xạ ánh sáng trên bề mặt tiếp xúc giữa e-FBG với môi trường chất lỏng cần phân tích và làm tăng độ phẩm chất của phổ phản xạ phần tử cảm biến e-FBG15.

Hình 3b thể hiện phổ phản xạ của phần tử cảm biến e-FBG15 trước và sau khi ăn mòn đến đường kính 6,55 micro-mét và hình 3c trình bày phổ phản xạ của phần tử cảm biến e-FBG 15 khi nhúng trong dung dịch nước sạch và trong nước có chứa Nitrate với nồng độ 15ppm (15 phần triệu) và 80ppm (80 phần triệu). Độ dịch chuyển phổ của phần tử cảm biến trong nước có chứa Nitrate là tuyến tính với độ nhạy phát hiện là $3,5 \times 10^{-3}$ nm/ppm. Với thiết bị đo phổ có độ phân giải 10^{-2} nm, độ nhạy của phần tử cảm biến e-FBG có thể đạt đến 3ppm Nitrate có trong môi trường nước.

Yêu cầu bảo hộ

1. Đầu dò cảm biến cách tử Bragg trong sợi quang được chế tạo bằng cách ăn mòn hóa học bao gồm:

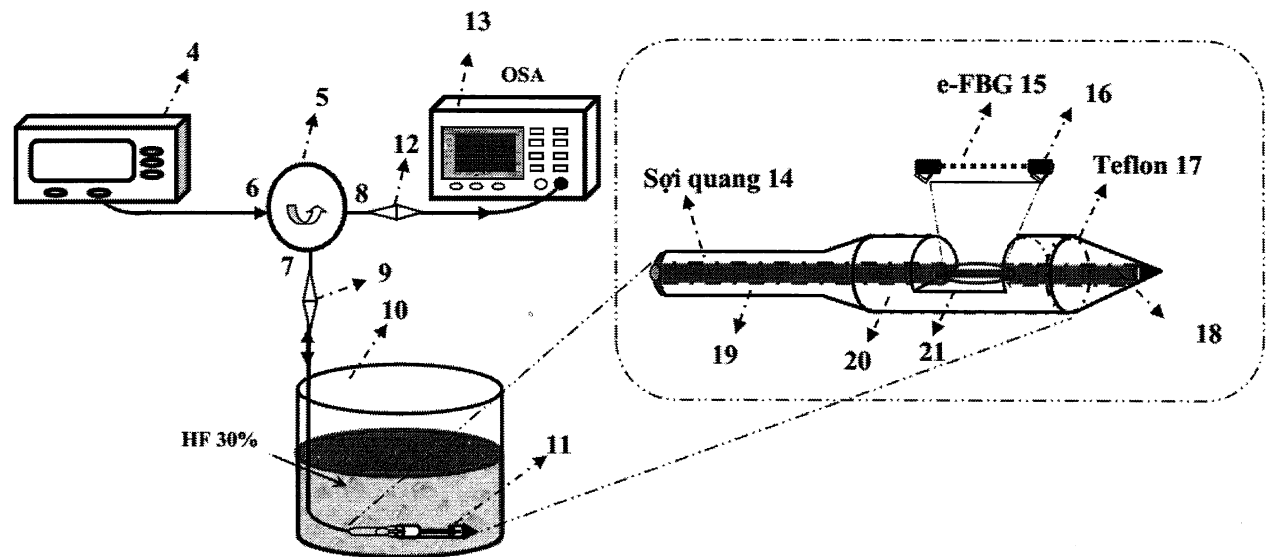
FBG ăn mòn lớp vỏ (e-FBG) (15) có đường kính sợi dưới 10 μm sử dụng kỹ thuật ăn mòn sợi quang trong dung dịch HF với hai bước ăn mòn tốc độ nhanh (nồng độ HF 30%) và bước ăn mòn tốc độ chậm (nồng độ HF 10%) để đạt được kích thước e-FBG theo mong muốn từ 2 đến 10 μm và có độ nhám bề mặt sợi quang trong khoảng $\lambda/120 \div \lambda/190$ tại bước sóng tín hiệu sử dụng là $\lambda = 1550 \text{ nm}$;

e-FBG được gắn trong hệ giá đỡ làm bằng vật liệu nhựa Teflon (17) trong suốt quá trình ăn mòn và khi sử dụng, hệ giá gồm ba phần:

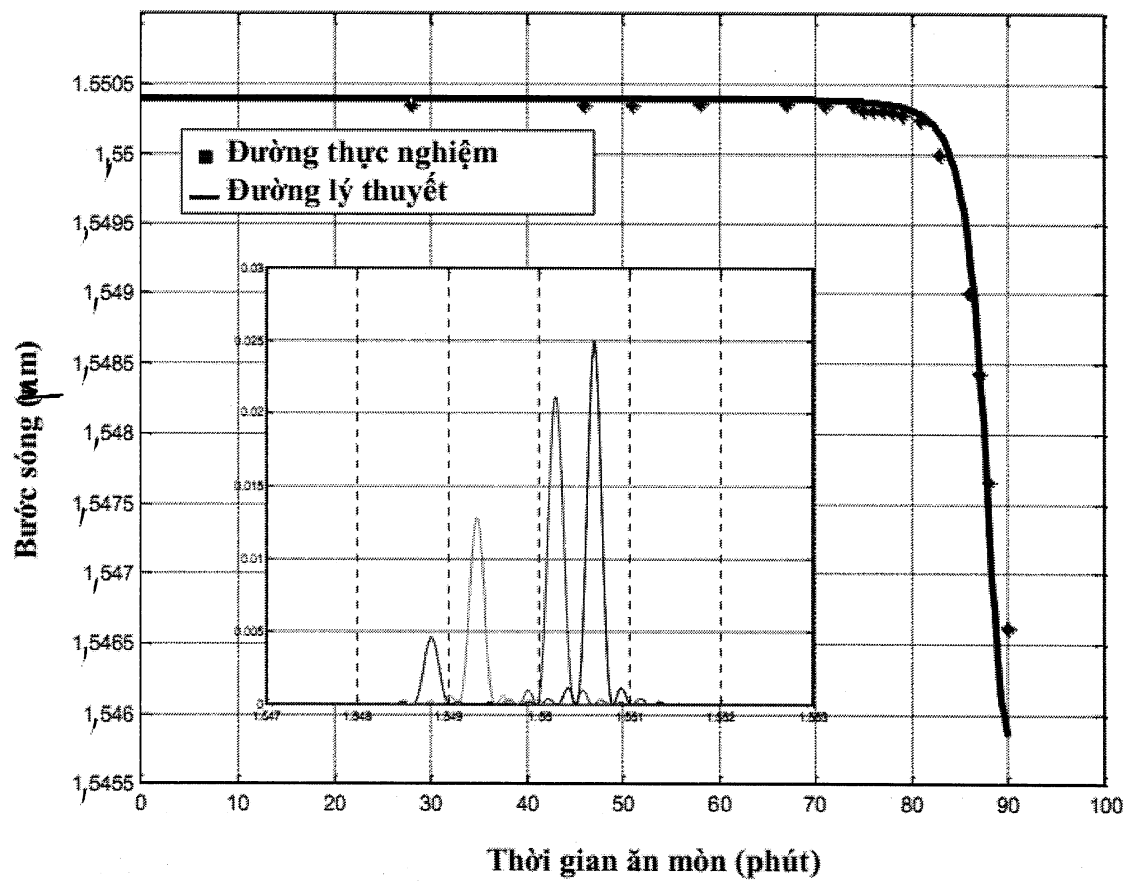
phần đầu (18) được chế tạo dạng thoi thuôn nhọn nhằm giảm áp lực, sức căng bề mặt của dung môi cần đo lên phần tử cảm biến e-FBG15 khi thực hiện đưa đầu dò vào dung môi;

phần thân (20) có mở cửa sổ (21) được thiết kế để dạng rãnh hình chữ V (16) giúp gắn cố định phần tử cảm biến e-FBG (15) và làm tăng độ bền đầu dò khi ăn mòn xuống đường kính sợi dưới 10 μm và tăng độ ổn định của tín hiệu đo, cửa sổ (21) này cũng được thiết kế với chiều dài cùng với chiều dài của vùng cần ăn mòn e-FBG (15) và là vùng cửa sổ chính tương tác giữa phần tử cảm biến e-FBG (15) với dung môi cần phân tích;

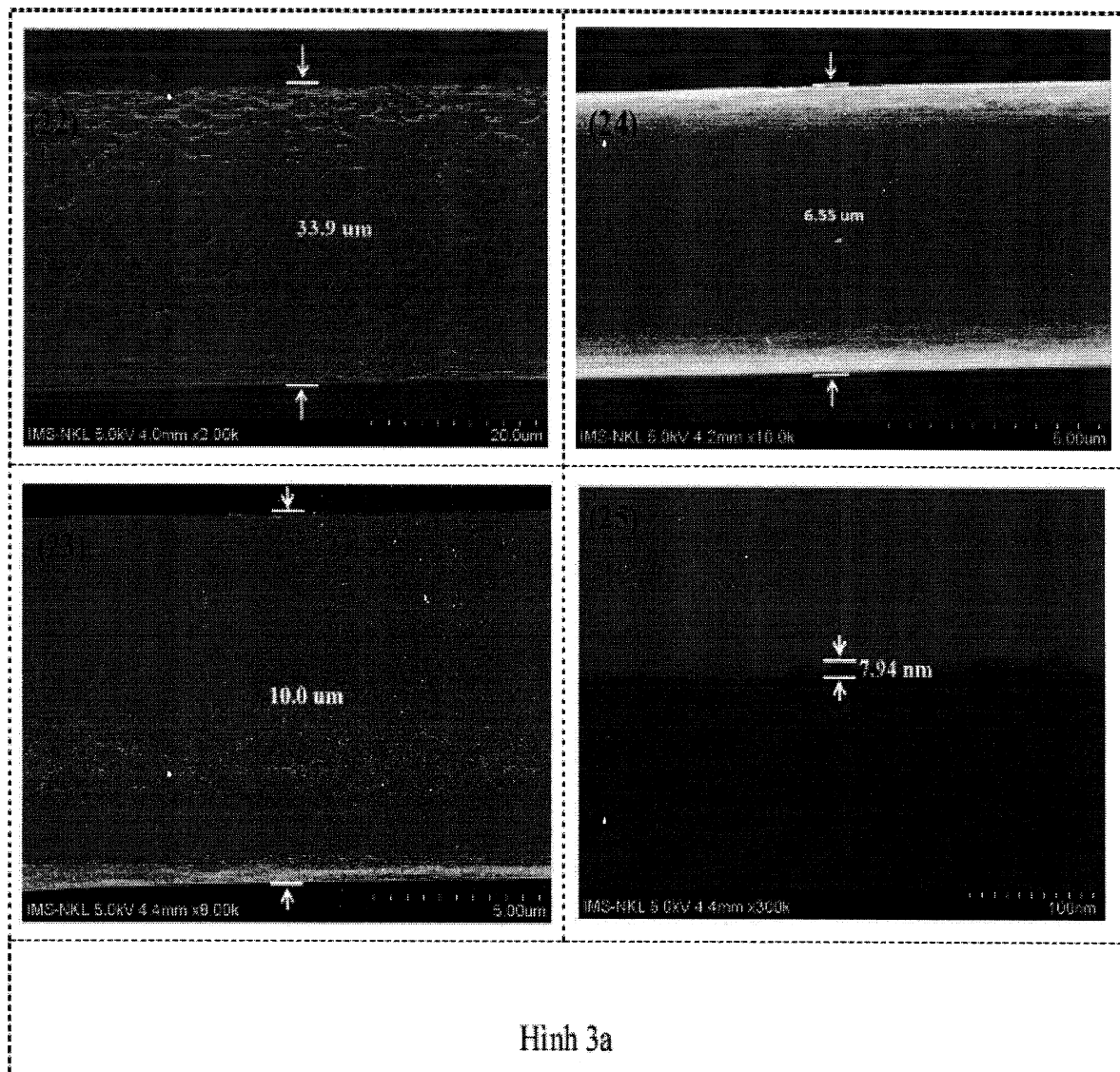
phần cán (19) bảo vệ phần sợi quang nối đầu dò cảm biến 11 với sợi quang của hệ đo để tránh bị cong hoặc đứt gãy trong quá trình hoạt động trong môi trường lỏng.

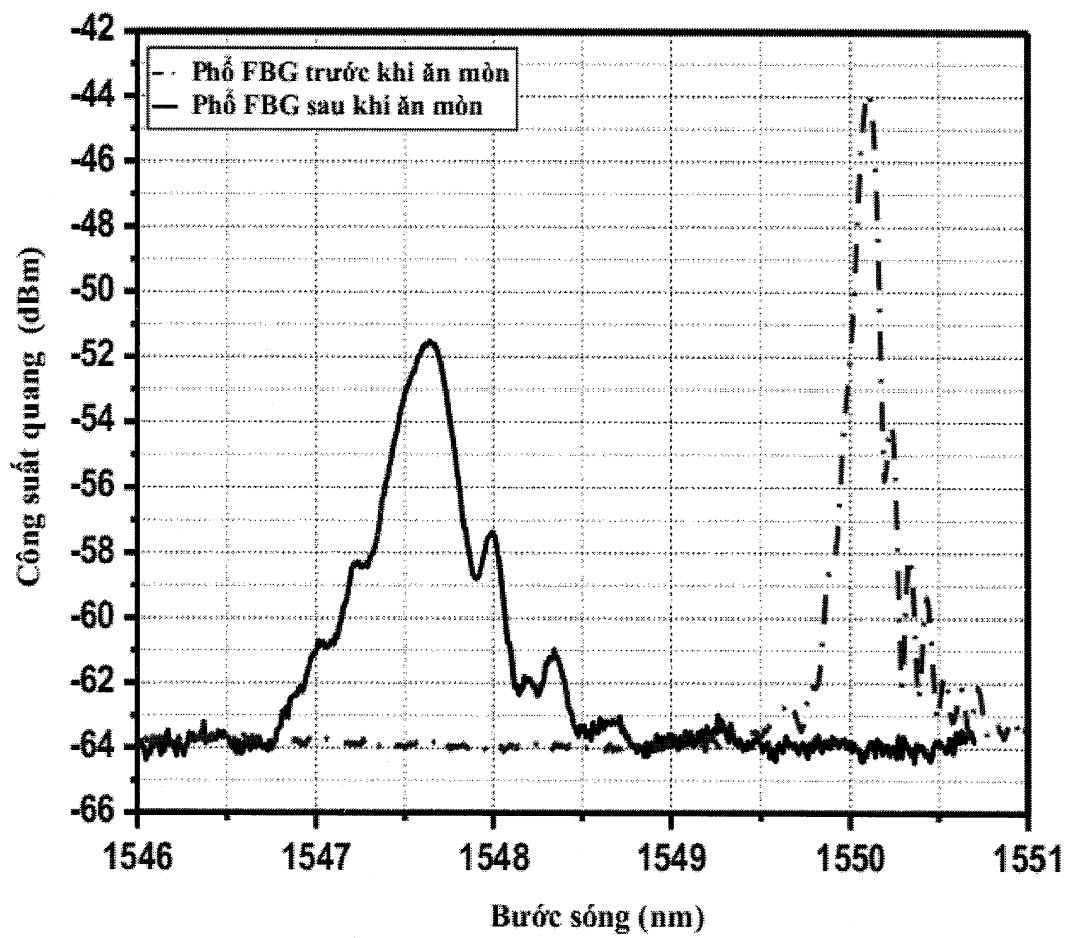


Hình 1

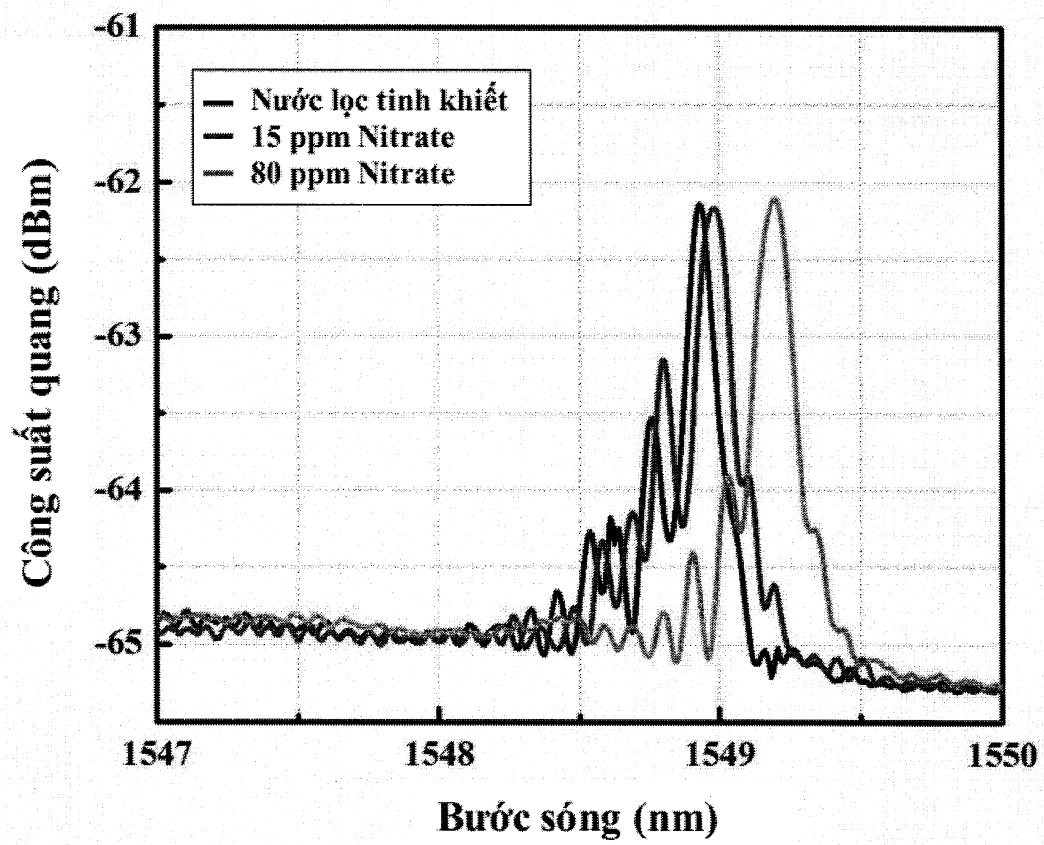


Hình 2





Hình 3b



Hình 3c