



(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)



1-0028193

(51)⁷ G01N 21/00; G02B 6/02085; G02B
5/18; G01J 9/02

(13) B

(21) 1-2019-00827

(22) 20/02/2019

(45) 25/05/2021 398

(43) 27/05/2019 374A

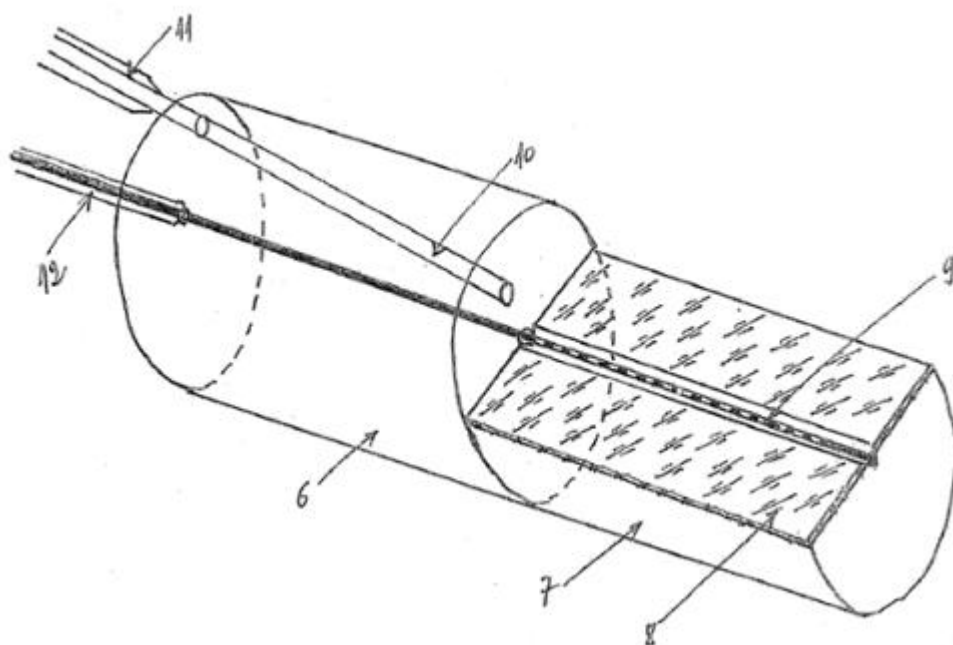
(73) VIỆN KHOA HỌC VẬT LIỆU, VIỆN HÀN LÂM KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ
VIỆT NAM (VN)

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

(72) PHẠM VĂN HỘI (VN); BUI HUY (VN); PHẠM THANH BÌNH (VN); NGUYỄN
THÚY VÂN (VN).

(54) ĐẦU DÒ CẢM BIẾN SỬ DỤNG CÁCH TỬ BRAGG TRONG SỢI QUANG ĂN
MÒN MỘT PHẦN (E-FBG) CÓ PHỦ LỚP CHỨC NĂNG ĐỂ NÂNG CAO ĐỘ
CHỌN LỌC TÁC NHÂN CẦN ĐO VÀ SỬ DỤNG ĐƯỢC NHIỀU LẦN

(57) Sáng chế đề cập đến đầu dò cảm biến cách tử Bragg trong sợi quang ăn mòn một phần (e-FBG) được phủ lớp chức năng có pha chất thụ cảm hóa - sinh để đo chọn lọc tác nhân hóa học hoặc sinh học hòa tan trong môi trường lỏng và sử dụng được nhiều lần bằng cách tẩy bỏ lớp chức năng đã hấp phụ các chất tạp, làm khô bằng dòng khí thổi có áp lực và tạo lớp chức năng mới để tiếp tục đo lần sau. Đầu dò cảm biến cách tử Bragg ăn mòn một phần có phủ lớp chức năng có độ chọn lọc cao và sử dụng được nhiều lần bao gồm: đầu dò cách tử Bragg trong sợi quang e -FBG (9) ăn mòn một phần được giữ định tâm bởi ống trụ (6,12) được định vị ở giữa đế bán trụ có chức năng giữ e-FBG (7,22) và tạo mặt phẳng để phủ màng chức năng (8,26,32) pha chất thụ cảm hóa - sinh có kênh vi lưu (25) cấu hình chữ V được chế tạo bằng kỹ thuật trải màng và in ép cơ học hoặc bằng kỹ thuật in 3D. Ống trụ (6,12) và ống bán trụ (7,22) được kết nối chặt với nhau qua các chốt giữ lõm (13,14) và chốt lồi (23,24) để có thể tháo; lắp khi sửa chữa đầu dò cảm biến. Màng phủ chức năng (8,26,32) sau khi đo có thể được tẩy bỏ bằng dung môi đặc hiệu (dung môi dùng để pha polime và chất thụ cảm hóa - sinh), rửa sạch bằng nước sạch và làm khô bằng dòng khí từ ống thổi khí (15) và phủ tiếp màng chức năng mới để cho phép đo tiếp theo. Chất lượng của đầu dò cảm biến e-FBG được kiểm soát trong quá trình tạo tiền chất của màng phủ (polime, chất thụ cảm hóa - sinh và nồng độ của chúng), kỹ thuật phủ màng chức năng và tạo kênh vi lưu với độ dày màng và kích thước của kênh vi lưu để có độ nhạy của cảm biến tối ưu. Đầu dò cảm biến e-FBG với cấu trúc trong sáng chế này sử dụng được rất nhiều lần với độ lặp lại kết quả đo tạp chất hóa - sinh trong môi trường lỏng rất cao do bề mặt thủy tinh silica của cách tử e-FBG không bị ăn mòn trong quá trình đo và tẩy rửa lớp phủ chức năng, vì vậy đầu dò cảm biến e-FBG phủ lớp chức năng rất thích hợp để đo các tác nhân hóa - sinh có trong môi trường lỏng với giá thành rẻ.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế này thuộc lĩnh vực kỹ thuật cảm biến quang sợi, đề cập đến đầu dò cảm biến quang tử sử dụng cách tử Bragg trong sợi quang đã được ăn mòn định hướng một phần lớp vỏ (e-FBG) có phủ lớp chức năng hướng đích (enzyme hoặc chất thụ cảm sinh-hóa chuyên dụng) với một số chất sinh học hoặc hóa học nhằm nâng cao độ chọn lọc chất cần xác định trong môi trường lỏng hoặc trong sản phẩm nông nghiệp (thực phẩm, hạt hoặc quả khô...). Đầu dò cảm biến e-FBG có khả năng sử dụng nhiều lần bằng phương pháp tẩy bỏ lớp phủ chức năng trên đầu dò cảm biến sau khi đo bằng dung môi ăn mòn lớp phủ và thổi khí để làm sạch, và có thể tích hợp với nguồn sáng laze (laze bán dẫn, laze sợi quang...) để tạo thành thiết bị cảm biến hóa-sinh có độ nhạy cao, do đó làm giảm chi phí của các kỹ thuật phân tích môi trường hoặc thực phẩm nhằm đưa công nghệ cảm biến quang tử vào ứng dụng rộng rãi trong thực tế với giá thành rẻ.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Với yêu cầu ngày càng cấp bách trong kiểm soát an toàn vệ sinh thực phẩm và kiểm soát ô nhiễm môi trường trên phạm vi toàn cầu, trong vài thập niên vừa qua, lĩnh vực nghiên cứu và phát triển các công nghệ chế tạo thiết bị cảm biến sinh-hóa để đo các tác nhân độc hại trong thực phẩm, sản phẩm nông nghiệp và môi trường sống đã và đang được đẩy mạnh trên thế giới. Cảm biến thích hợp cho kiểm tra an toàn vệ sinh thực phẩm, sản phẩm nông nghiệp và môi trường ô nhiễm sinh-hóa có những yêu cầu rất khắt khe như: không rỉ, thời gian hoạt động dài và độ lặp lại cao, giới hạn phát hiện thấp (cỡ ppm hoặc thấp hơn) và có tính chọn lọc tốt với từng tác

nhân gây ô nhiễm. Các phương pháp truyền thống như sắc ký khí và lỏng, khối phổ kế đã chứng tỏ khả năng phát hiện và đo được nồng độ các chất sinh-hóa gây ô nhiễm thực phẩm, sản phẩm nông nghiệp và môi trường sống với lượng rất nhỏ (có thể đến cấp phân tử), tuy nhiên các phương pháp kiểm định này có giá thành rất cao vì thiết bị đắt tiền và quy trình làm mẫu đo rất phức tạp, người phân tích cần phải có thời gian huấn luyện về chuyên môn rất cẩn thận. Các phương pháp cảm biến điện-hóa dựa trên các thành phần đầu dò có yếu tố dẫn điện đã phát huy tốt việc phát hiện và đo định lượng các chất sinh-hóa có trong thực phẩm, sản phẩm nông nghiệp và môi trường với độ phát hiện khá thấp, vì vậy trong thời gian vừa qua đã có nhiều loại thiết bị cảm biến điện-hóa được sáng chế và đưa vào sản xuất hàng loạt với giá thành khá rẻ. Tuy nhiên, các cảm biến điện-hóa có những nhược điểm chung như: rất dễ bị can nhiễu gây ra bởi sóng điện từ và không hoạt động được trong các môi trường khắc nghiệt (có độ ẩm cao, môi trường có tính axit hay kiềm hoặc muối cao, trường điện-từ mạnh...), vì vậy yêu cầu nghiên cứu công nghệ chế tạo và sáng chế ra các loại cảm biến với nguyên lý khác với cảm biến điện-hóa để có thể mở rộng phạm vi đo đạc và kiểm soát môi trường trên diện rộng và giá thành thấp đã trở nên rất cấp thiết.

Hai thập niên gần đây, cảm biến quang tử đã được nghiên cứu phát triển rất mạnh để phát hiện và đo đặc định lượng các độc tố sinh học, hóa học nhiễm bẩn trong môi trường đất, nước và trong thực phẩm, sản phẩm nông nghiệp do chúng có nhiều tính chất ưu việt hơn so với cảm biến điện-hóa (không bị nhiễu do sóng điện-từ, hoạt động rất ổn định trong môi trường ăn mòn hóa học hoặc điều kiện về nhiệt độ cao và áp lực lớn...), khá rẻ tiền so với và các phương pháp phân tích bằng sắc ký khí hoặc lỏng và khối phổ kế. Trong các cảm biến quang tử ứng dụng trong lĩnh vực sinh-hóa, cảm biến quang sợi đã được phát triển mạnh. Cảm biến quang sợi với phần tử đầu dò cảm biến là một phần của sợi dẫn quang và hoạt động dựa trên hiệu ứng tương tác giữa đối tượng đo với ánh sáng truyền dẫn trong sợi quang làm thay đổi cường độ, tần số (hoặc bước sóng), pha, trạng thái phân cực của chùm

sáng truyền dẫn khi ra khỏi vùng cảm biến của sợi quang. Cảm biến quang sợi là phần tử thụ động nên nó không cần có nguồn điện cấp cho cảm biến, vì vậy cảm biến quang sợi có độ an toàn cao khi sử dụng trong môi trường sinh-hóa và trong cơ thể sống. Với sự phát triển rất mạnh mẽ về vật liệu và linh kiện quang-điện tử và quang tử trong thời gian vừa qua, các loại cảm biến quang sợi đã dễ dàng và thuận tiện trong việc tích hợp với nguồn quang kích thích bằng laze điốt, với nguồn thu quang bán dẫn photo-điốt, với các bộ phân tích và xử lý tín hiệu quang-điện có độ phân giải cao. Hiện đã có rất nhiều công trình khoa học và công nghệ của nhiều nhóm nghiên cứu trên thế giới được công bố về lĩnh vực nghiên cứu và phát triển các loại đầu dò cảm biến quang sợi được thiết kế với nhiều cấu trúc khác nhau như: đầu dò trên cấu trúc sợi đơn một-đa một-đơn một (SMF:MMF:SMF), đầu dò sợi quang phủ kim loại dựa trên hiệu ứng tăng cường cộng hưởng plasmonic bề mặt và hiệu ứng tăng cường tán xạ Raman bề mặt (SERS) ... với độ ổn định ngày càng cao và ngưỡng phát hiện ngày càng thấp (đến cỡ ppb). Các loại đầu dò cảm biến quang sợi này đều có ưu điểm nổi trội so với các loại đầu dò cảm biến điện-hóa là: độ nhạy cao, cấu trúc đơn giản, nhỏ gọn, thời gian hoạt động dài với độ ổn định cao và thích hợp với thiết bị xách tay hoạt động tốt ngoài hiện trường, thân thiện với môi trường.

Đầu dò cảm biến quang sợi sử dụng linh kiện cách tử Bragg trong sợi quang (fiber Bragg grating - FBG) đang được đánh giá rất cao do chúng có nhiều ưu điểm như: thời gian đáp ứng nhanh trong đo đạc, 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 nhỏ gọn, dễ tích hợp với sợi thông tin quang 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 hiện tượng chập mạch do không có nguồn điện cấp, và đặc biệt an toàn với môi trường sống...) do đầu dò cảm biến được chế tạo bằng

vật liệu thủy tinh silica. Nguyên lý hoạt động của cảm biến này chủ yếu dựa vào độ 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 của cách tử trong sợi, n_{eff} là chiết suất hiệu dụng trong cách tử. Các cách tử FBG thông thường không chịu tác động bởi sự thay đổi chiết suất của môi trường xung quanh (surrounding-medium refractive index - SRI) do lớp lõi có cấu trúc cách tử được bao bọc bởi lớp vỏ thủy tinh silica khá dày (125 micron). Do vậy, để cách tử FBG chịu tác động bởi sự thay đổi chiết suất của môi trường bên ngoài, thì vùng lớp vỏ thủy tinh silica của sợi quang phải được loại bỏ để vùng lõi sợi quang có cấu trúc cách tử Bragg sẽ tiếp xúc trực tiếp với môi trường. Loại cách tử FBG loại bỏ lớp vỏ được gọi chung là cách tử ăn mòn lớp vỏ (ký hiệu là e-FBG). Sự dịch phổ phản xạ của e-FBG do tác động của chiết suất môi trường bên ngoài gây ra sự thay đổi chiết suất hiệu dụng của cách tử và sự tương tác của trường gần dập tắt (trường evanescence) với môi trường xung quanh dẫn đến thay đổi bước sóng Bragg của cách tử. Các bằng độc quyền sáng chế cho loại cảm biến sợi quang và cách tử FBG ăn mòn sử dụng trong kiểm soát môi trường đã được đăng ký ngày càng tăng trong thời gian qua [thí dụ: patent US 6542663B1, 2003 với tiêu đề "*Coupling control in side-polished fiber devices*" của các tác giả S. Zhao, B. Pi, và patent US 7060964 B1, 2006 với tiêu đề "*Reflection-mode fiber sensing devices*" của các tác giả B. Pi, W. Lin, Z. Chen, US patent 2014/0119687 A1, 2014 với tiêu đề "*Fiber Bragg-grating (FBG) sensor*" của các tác giả J.Z. Hao, B. Dong, V. Paulos, B. Liu, bằng độc quyền sáng chế VN số 20134, 2018 với tiêu đề "*Thiết bị và phương pháp đo chiết suất của chất lỏng bằng đầu dò cách tử Bragg trong sợi quang được ăn mòn (e-FBG) tích hợp trong cấu hình laze cộng hưởng vòng*" và bằng độc quyền sáng chế VN số 20409, 2019 với tiêu đề "*Đầu dò cảm biến cách tử Bragg trong sợi quang được chế tạo bằng cách ăn mòn hóa học*" của các tác giả Phạm Thanh Bình, Phạm Văn Hội v.v..]. Tuy nhiên, do nguyên lý của cảm biến quang tử e-FBG là dựa trên sự thay đổi của

chiết suất hiệu dụng khi tương tác với môi trường, vì vậy tính chọn lọc (selectivity) các chất cần đo của cảm biến không cao. Đã có các công trình nghiên cứu phủ các lớp chức năng sinh-hóa (các chất thụ cảm sinh-hóa kiểu chìa khóa- khóa đã sử dụng trong các kỹ thuật phân tích sinh-hóa truyền thống) lên cảm biến quang tử để tăng độ chọn lọc các chất cần đo. Kỹ thuật này đã làm tăng độ chọn lọc của cảm biến quang tử lên rất nhiều lần, đặc biệt các chất enzym hoặc chất thụ cảm hướng đích (anti-body) nhạy cảm với từng chất sinh học hoặc hóa học riêng biệt đã cải tiến độ chọn lọc của cảm biến lên cấp độ phân tử [X. Wang and O. S. Wolfbeis, “*Fiber-Optic Chemical Sensors and Biosensors (2013–2015)*,” Anal. Chem., Vol. 88, no. 1, pp. 203–227, Jan. 2016. Y.D. Chiu, C.W. Wu, and C.C. Chiang, “*Tilted Fiber Bragg Grating Sensor with Graphene Oxide Coating for Humidity Sensing*,” Sensors, Vol. 17, no. 9, p. 2129, Sep. 2017]. Nhưng khi sử dụng phương pháp phủ lớp chức năng lên cảm biến quang tử sẽ dẫn đến tình trạng cảm biến chỉ sử dụng được một lần do các lớp chức năng đã hấp phụ các chất tạp, vì vậy đã làm tăng giá thành của các phân tích sinh-hóa trong thực phẩm, sản phẩm nông nghiệp và môi trường.

Vấn đề cốt lõi đang được quan tâm nghiên cứu phát triển công nghệ chế tạo đầu dò cảm biến e-FBG hiện nay là: tăng độ chọn lọc chất cần đo, sử dụng được nhiều lần và dễ dàng tích hợp với các nguồn laze (laze bán dẫn, laze quang sợi...) để chế tạo các thiết bị cảm biến sinh-hóa giá rẻ, giảm giá thành phân tích sinh-hóa và có thể phát triển rộng rãi cho các trạm đo di động ngoài hiện trường.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Sáng chế đề xuất đầu dò cảm biến sử dụng cách tử Bragg trong sợi quang ăn mòn một phần (e-FBG) tạo bề mặt tiếp xúc với môi trường có kiểm soát về diện tích tiếp xúc và phủ lớp chức năng thích hợp để nâng cao độ chọn lọc các chất cần đo, nhưng có thể tẩy bỏ lớp chức năng bằng dung môi đặc hiệu với chất phủ và làm sạch đầu dò bằng luồng khí có áp lực để dùng được nhiều lần. Đầu dò cảm biến e-

FBG có khả năng tích hợp với các nguồn laze khác nhau (laze bán dẫn, laze sợi quang...) để tạo thành thiết bị cảm biến sinh-hóa dạng xách tay sử dụng thuận tiện tại hiện trường.

Có thể đạt được mục đích trên bằng cách thiết kế và chế tạo đầu dò sử dụng cách tử Bragg trong sợi quang được loại bỏ một nửa lớp vỏ bọc (e-FBG) của đoạn sợi quang có cấu trúc cách tử Bragg ở trong lõi bằng kỹ thuật mài sợi quang hoặc ăn mòn hóa học, để vùng lõi có cách tử Bragg tiếp xúc trực tiếp với môi trường cần đo. Bề mặt của e-FBG tạo thành một mặt phẳng với để giữ sợi quang chắc chắn để dễ dàng phủ các lớp màng polime có chứa các tác nhân sinh-hóa (enzym, chất thụ cảm sinh-hóa) tạo thành lớp chức năng để hấp phụ các chất cần phân tích đặc hiệu. Các lớp màng polime chức năng có thể được phủ bằng phương pháp trải màng và tạo rãnh dẫn chất lỏng kích thước micro-mét (gọi là kênh vi lưu - microfluid) bằng phương pháp in ép cơ học hoặc phủ màng có rãnh dẫn chất lỏng bằng phương pháp in 3D có cấu trúc phức tạp hơn. Phổ phản xạ của e-FBG sau khi phủ lớp chức năng sẽ có bước sóng đỉnh λ_B được xác định bằng thiết bị đo phổ quang. Khi đầu dò e-FBG tiếp xúc với môi trường có các tác nhân sinh-hóa cần đo, các chất này sẽ bị hấp phụ bởi vật liệu chức năng và làm thay đổi chiết suất hiệu dụng của màng phủ, do đó làm thay đổi bước sóng phản xạ của cách tử Bragg theo quy luật: $\lambda_D = 2n_{eff}\Lambda$, với λ_D là bước sóng phản xạ của e-FBG khi nhúng vào môi trường đo có chiết suất hiệu dụng n_{eff} của màng mỏng đã hấp phụ chất cần phân tích. Độ lệch bước sóng $\lambda_D - \lambda_B$ tỷ lệ với độ lệch chiết suất hiệu dụng của e-FBG khi có mặt và không có mặt của tác nhân cần đo trong môi trường. Tỷ lệ này phụ thuộc vào nồng độ của các tác nhân cần đo và có thể chuẩn hóa trước bằng các bộ thông số của các chất cần phân tích. Các lớp phủ trên e-FBG có thể là các loại nhựa tổng hợp hữu cơ (PMMA; monome; polime...) hòa tan được trong dung môi để có thể phối trộn các chất hướng đích (enzym, chất thụ cảm sinh-hóa...) đặc hiệu cho từng loại chất cần đo. Sau khi dung môi đã bay hơi hết khỏi lớp phủ, màng

mỏng chức năng phủ trên e-FBG trở thành chất đậm đặc (condensed mater) và bền trong một thời gian nhất định để có thể sử dụng trong thực tế. Độ dày của màng mỏng chức năng phụ thuộc vào phương pháp phủ màng từ chất lỏng (trải phủ, quay phủ, in 3D..), tuy nhiên để tiện lợi cho quá trình hấp phụ các tác nhân cần đo tác động lên chiết suất hiệu dụng của màng trong cấu trúc cảm biến e-FBG, độ dày màng chức năng cần hạn chế trong khoảng từ vài micro-mét đến dưới hai mươi micro-mét. Để phép đo sử dụng e-FBG hiệu quả cao, chỉ cần lớp phủ trong diện tích tiếp xúc với đoạn sợi quang e-FBG thay đổi chiết suất hiệu dụng khi đưa vào môi trường đo, vì vậy tiết diện màng mỏng chức năng nằm trên sợi quang e-FBG (để tạo thành lớp bọc sợi quang mới) với độ rộng cỡ 15-20 micro-mét và độ dài dọc theo sợi quang e-FBG đã ăn mòn cần được tiếp xúc với môi trường có tác nhân cần đo. Lớp màng mỏng chức năng có kênh vi lưu (micro-fluid) dẫn chất lỏng trên bề mặt có thể chế tạo bằng kỹ thuật in ép rãnh trên màng khi đang đông đặc hoặc bằng kỹ thuật in 3D với kích thước kênh vi lưu thích hợp với e-FBG ăn mòn một phần trong đầu dò cảm biến. Với cấu trúc của màng mỏng chức năng có kênh vi lưu lên trên bề mặt e-FBG như đã trình bày, lượng chất có tác nhân cần đo chỉ cần rất nhỏ, vì vậy rất thích hợp cho các phân tích sinh-hóa với số lượng mẫu hạn chế thu thập được nhưng vẫn cho ra kết quả tốt và tin cậy. Đầu dò cảm biến e-FBG sau khi đo trong môi trường, các tác nhân sinh-hóa đã hấp phụ vào trong lớp phủ chức năng, do đó không thể sử dụng lại để đo tiếp được nữa. Để sử dụng lại các đầu dò cảm biến đã đo, cần loại bỏ lớp phủ chức năng đã nhiễm tác nhân sinh-hóa bằng kỹ thuật hòa tan lớp màng mỏng bằng dung môi (sử dụng dung môi đã dùng để hòa tan các chất hữu cơ này trong quá trình phủ màng chức năng), rửa sạch bề mặt cảm biến e-FBG bằng dung môi và nước sạch, và thổi khí sạch dưới áp lực vừa đủ để loại bỏ hoàn toàn các chất bám trên bề mặt cảm biến. Sau quá trình loại bỏ lớp chức năng đã nhiễm chất tạp, một lớp chức năng mới sẽ được phủ lên và tạo kênh vi lưu mới trên bề mặt cảm biến e-FBG để đo tiếp lần sau. Thực nghiệm đã chứng minh với kỹ thuật đề xuất này, cảm biến e-FBG được sử dụng rất nhiều lần để đo

tác nhân sinh-hóa trong môi trường lỏng với kết quả lặp lại tốt. Các bộ phận thổi khí sạch dưới áp lực cao, bộ phận nhỏ giọt chất lỏng cần phân tích vào kênh vi lưu, hoặc bơm dung môi lên bề mặt cảm biến trong quy trình loại bỏ lớp màng phủ đã hấp phụ có thể được tích hợp trong cấu trúc của đầu dò cảm biến được đề xuất của sáng chế này.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 là hình phối cảnh thể hiện đầu dò cảm biến e-FBG có phủ lớp chức năng hấp phụ chất cần đo đặc hiệu và sử dụng được nhiều lần.

Hình 2 là hình phối cảnh thể hiện ống trụ giữ sợi quang và ống thổi khí có áp lực vào đầu dò cảm biến e-FBG có phủ lớp chức năng.

Hình 3 là hình phối cảnh thể hiện phần đế giữ e-FBG đã ăn mòn một phần và lớp phủ chức năng trên bề mặt để có tạo kênh vi lưu dọc theo cách tử Bragg.

Hình 4a và hình 4b là các hình phối cảnh thể hiện phương pháp chế tạo lớp phủ chức năng trên e-FBG bằng kỹ thuật trải màng và chế tạo kênh vi lưu trên màng chức năng bằng in ép cơ học.

Hình 5 là hình phối cảnh thể hiện phương pháp chế tạo lớp phủ chức năng có kênh vi lưu trên e-FBG bằng kỹ thuật in 3D.

Mô tả chi tiết sáng chế

Hình 1 là hình phối cảnh thể hiện đầu dò cảm biến e-FBG có phủ lớp chức năng hấp phụ chất cần đo đặc hiệu và sử dụng được nhiều lần. Đầu dò cảm biến e-FBG có các thành phần chủ yếu như sau: ống hình trụ 6 có chức năng giữ sợi quang có cách tử Bragg 9 ở giữa ống để đưa e-FBG thẳng hàng vào để giữ cách tử ăn mòn 7 có cấu trúc bán trụ. Để giữ cách tử Bragg ăn mòn 7 có chức năng tạo bề mặt để phủ lớp chức năng 8 và có kênh vi lưu giữ e-FBG đã được ăn mòn một phần. Ống 10 nối với ống cao su 11 có chức năng dẫn khí thổi từ bơm khí mini vào

vùng để giữ e-FBG 7 để làm sạch bề mặt sau khi tẩy rửa lớp phủ bằng dung môi. Sợi quang chứa e-FBG 9 được hàn nối với sợi quang có đầy đủ lớp bọc bảo vệ 12 để dẫn đến bộ phát quang và thu quang của thiết bị cảm biến quang sợi. Các bộ phát quang và thu, xử lý tín hiệu quang từ cách tử e-FBG có thể sử dụng các bộ phát thu quang được chế tạo theo bằng độc quyền sáng chế VN số 20134, 2018 của chính nhóm tác giả đề xuất sáng chế này. Cách tử Bragg ăn mòn một phần có thể chế tạo bằng phương pháp ăn mòn hóa học khi che kín một nửa sợi quang bằng vật liệu polime trơ với axit hydrofluoric (axít HF) hoặc bằng kỹ thuật mài sợi quang bằng cơ học.

Hình 2 là hình phối cảnh thể hiện ống trụ 6 để sợi quang có cách tử e-FBG 9 đi qua ống rỗng ở giữa ống trụ nhằm đưa e-FBG đến để giữ cách tử 7 (thể hiện trong hình 1). Các thành phần chủ yếu của ống trụ gồm: ống trụ đặc 12 được khoan một lỗ xuyên suốt ống trụ ở giữa tâm trụ để sợi quang chứa cách tử FBG (9 và 12 thể hiện ở hình 1) có thể luồn qua. Khi sợi quang chứa cách tử FBG đã được luồn qua ống dẫn của trụ sẽ được hàn nối với bộ chia quang định tuyến 19 và hai nhánh của bộ chia quang định tuyến sẽ nối với bộ phát 20 và bộ thu tín hiệu quang 21. Ống trụ đặc 12 có chứa ống dẫn khí thổi 15 với góc nghiêng so với trục của ống trụ để thổi khí có áp lực đủ lớn vào vùng để giữ e-FBG có phủ màng chức năng, ống 15 được ghép nối chặt với ống cao su 16 và nối với thiết bị bơm khí 17. Ống trụ 12 được thiết kế có hai lỗ rỗng 13 và 14 có độ sâu nhất định để lắp ghép với để giữ e-FBG có phủ màng chức năng thành một khối và có thể tháo lắp dễ dàng khi sửa chữa hoặc thay thế cảm biến.

Hình 3 là phối cảnh thể hiện để giữ e-FBG có phủ màng chức năng và kênh vi lưu. Các thành phần chủ yếu của để giữ e-FBG gồm: khối bán trụ đặc 22 có đường kính tiết diện tương đương với ống trụ 12 thể hiện trong hình 2 và có một rãnh kiểu chữ V có độ sâu khoảng 50 micro-mét nằm giữa khối bán trụ. Khối bán trụ 22 được thiết kế có hai cột trụ 23 và 24 với chiều cao và chiều sâu tương đương với hai lỗ rỗng 13 và 14 thể hiện trong hình 2 để có thể ghép nối hai khối trụ và

bán trụ thành một khối thống nhất trong đầu dò cảm biến. Màng phủ chức năng 26 được chế tạo có cấu trúc phẳng trên bề mặt bán trụ với độ dày màng trong khoảng từ vài micro-mét đến vài chục micro-mét và ở giữa bề mặt bán trụ có rãnh chữ V 25 có chứa e-FBG và màng phủ chức năng khi phủ bề mặt bán trụ. Màng phủ chức năng 26 được chế tạo từ các polime có thể hòa tan trong dung môi và có chứa các chất thụ cảm hóa-sinh đặc hiệu với từng chất cần hấp phụ trong môi trường. Màng phủ chức năng 26 có thể tẩy bỏ bằng dung môi chuyên dụng (dung môi dùng để hòa tan polime).

Hình 4a là hình phối cảnh thể hiện phương pháp phủ màng chức năng 27 trên bề mặt để giữ e-FBG 7,22 sử dụng kỹ thuật trải màng từ dung dịch có hòa tan polime và các chất thụ cảm hóa-sinh chuyên biệt với nồng độ được tính toán trước được chứa trong hộp 28 có đầu thoát dung dịch với tốc độ chậm từ khe thoát kích thước nhỏ (vài micro-mét) và gắn với động cơ 29 có khả năng dịch chuyển theo trục X,Y với tốc độ điều khiển được để hộp 28 chuyển động từ đầu để giữ e-FBG 7,22 đến cuối để giữ e-FBG. Lớp màng trải trên để giữ e-FBG có độ dày theo thiết kế cho trước bằng cách trải một lớp hay nhiều lớp màng.

Hình 4b là hình phối cảnh thể hiện kỹ thuật tạo kênh vi lưu có cấu hình chữ V trên màng phủ chức năng bằng phương pháp in ép cơ học. Các bước tiến hành tạo kênh vi lưu chữ V gồm: màng phủ chức năng có độ dày từ vài micro-mét đến vài chục micro-mét sau thời gian phủ từ vài phút đến vài chục phút (phụ thuộc vào độ dày thiết kế của màng phủ) trở nên đậm đặc (nhưng vẫn còn mềm) do dung môi đã bốc hơi một phần sẽ được tiến hành in ép rãnh chữ V bằng dụng cụ cơ khí 30 có hình dạng đầu vát chữ V với góc vát từ vài độ đến vài chục độ và được gắn trên thiết bị tạo lực ấn (lên và xuống) 31. Độ dài của dụng cụ cơ khí 30 bằng với độ dài của để giữ e-FBG và độ dày của đỉnh chữ V khoảng 10 micro-mét. Lực ép dụng cụ cơ khí 30 từ thiết bị tạo lực ấn 31 cần vừa đủ để tạo thành rãnh trên bề mặt màng phủ chức năng và không làm hư hại e-FBG nằm ở giữa màng phủ chức năng. Sau một thời gian nhất định, dụng cụ cơ khí 30 được nhấc ra khỏi màng phủ chức năng,

và trên bề mặt màng sẽ tạo thành kênh vi lưu có cấu hình rãnh chữ V cố định. Lớp phủ chức năng còn tồn tại trên bề mặt e-FBG có độ dày từ vài micro-mét đến dưới 10 micro-mét thích hợp cho cảm biến đo các chất hóa-sinh chuyên dụng khi tiếp xúc với môi trường.

Hình 5 là hình phối cảnh thể hiện các bước phủ màng chức năng trên bề mặt để giữ e-FBG sử dụng kỹ thuật in 3D từ dung dịch có hòa tan polime. Kỹ thuật in 3D từ kim phun dung dịch 33 có chứa polime và chất thụ cảm hóa-sinh hòa tan trong dung môi đặc hiệu được dịch chuyển theo 3 chiều XYZ theo thiết bị 34 điều khiển bằng chương trình từ máy tính có thể tạo hình các lớp màng phủ 32 với bề mặt phẳng và có kênh vi lưu cấu hình chữ V theo thiết kế, vì vậy kỹ thuật in 3D có thể tạo lớp màng phủ có cấu hình phức tạp ngay trong quá trình in phun. Độ dày lớp phủ trong một lần in phun có thể điều khiển từ vài micro-mét đến chục micro-mét (phụ thuộc kích thước và tốc độ dịch chuyển kim phun 33 và nồng độ polime hòa tan trong dung môi), vì vậy thích hợp với tạo màng phủ chức năng 32 có rãnh chữ V cho cảm biến e-FBG chế tạo đơn chiếc ứng dụng trong cảm biến hóa-sinh.

Yêu cầu bảo hộ

1. Đầu dò cảm biến sử dụng cách tử Bragg trong sợi quang ăn mòn một phần (e-FBG) có phủ lớp màng chức năng có thể sử dụng được nhiều lần bằng cách tẩy bỏ lớp chức năng bằng dung môi và thổi khí làm sạch bao gồm:

ống trụ đặc (6, 12) có lỗ xuyên qua tại tâm trụ để cho sợi quang có cấu trúc cách tử Bragg (9, 12) đi qua và có ống dẫn khí (15) thổi luồng khí có áp lực vào để giữ cách tử e-FBG (7, 22) có cấu trúc bán trụ được liên kết với ống trụ đặc (6, 12) bằng hai chốt lồi (23, 24) tương thích với hai chốt lõm (13, 14) để có thể sửa chữa, thay thế cảm biến e-FBG hoặc các bộ phận cấu thành đầu dò mà không cần thay cả đầu dò cảm biến;

ống bán trụ (7, 22) có bề mặt được phủ màng chức năng (8, 26, 27, 32) và có kênh vi lưu kiểu rãnh chữ V (25) giữ cách tử e-FBG (9) được ăn mòn một phần để dẫn các chất lỏng cần đo dọc theo cách tử e-FBG (9) với lượng chất ít và kiểm soát được; và

lớp phủ chức năng (8,26,27,32) có chứa chất thụ cảm hóa-sinh đặc hiệu chỉ hấp phụ một chất hóa học hoặc sinh học được biết trước và có thể tẩy bỏ bằng dung môi thích hợp sau khi đã hấp phụ các chất tạp từ môi trường để tạo lớp phủ mới.

2. Đầu dò cảm biến theo điểm 1, trong đó lớp phủ chức năng (8, 26, 27, 32) trên để giữ e-FBG (7,22) được chế tạo theo phương pháp trải màng từ dung dịch chứa polime hòa tan trong dung môi và có chứa chất thụ cảm sinh-hóa;

kênh vi lưu có cấu trúc chữ V (25) được chế tạo bằng kỹ thuật in ép cơ học sử dụng dụng cụ cơ khí (30) có đầu vát chữ V đè lên lớp phủ chức năng khi còn đủ mềm với áp lực đủ phù hợp từ thiết bị tạo lực ấn (31) với độ sâu của cấu trúc chữ V theo điểm 1; và

kỹ thuật in ép cơ khí thích hợp với chế tạo hàng loạt cảm biến có kích thước như nhau.

3. Đầu dò cảm biến theo điểm 1, trong đó lớp phủ chức năng có cấu trúc chữ V được chế tạo bằng thiết bị in 3D điều khiển bằng chương trình máy tính (34) có sử dụng đầu kim phun dung dịch (33) có chứa chất chức năng với đường kính đủ nhỏ và tốc độ dịch chuyển X-Y-Z thích hợp để tạo thành các lớp phủ chức năng (8, 26, 27, 32) có kênh vi lưu (25) đáp ứng yêu cầu thiết kế theo điểm 1;

kích thước và độ sâu kênh vi lưu (25) có thể điều chỉnh theo chương trình in 3D trong máy tính điều khiển kim phun (33); và

kỹ thuật in 3D thích hợp với chế tạo đơn chiếc theo cấu hình phức tạp.

4. Đầu dò cảm biến theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó ống trụ đặc (6, 12) và ống bán trụ (7, 22) được làm từ vật liệu polime hữu cơ không bị ăn mòn trong axit hydrofluoric (HF) và trong một số dung môi có chỉ định để hòa tan polime hoặc monome khác được sử dụng trong màng phủ chức năng (8, 26, 27, 32) của cảm biến.

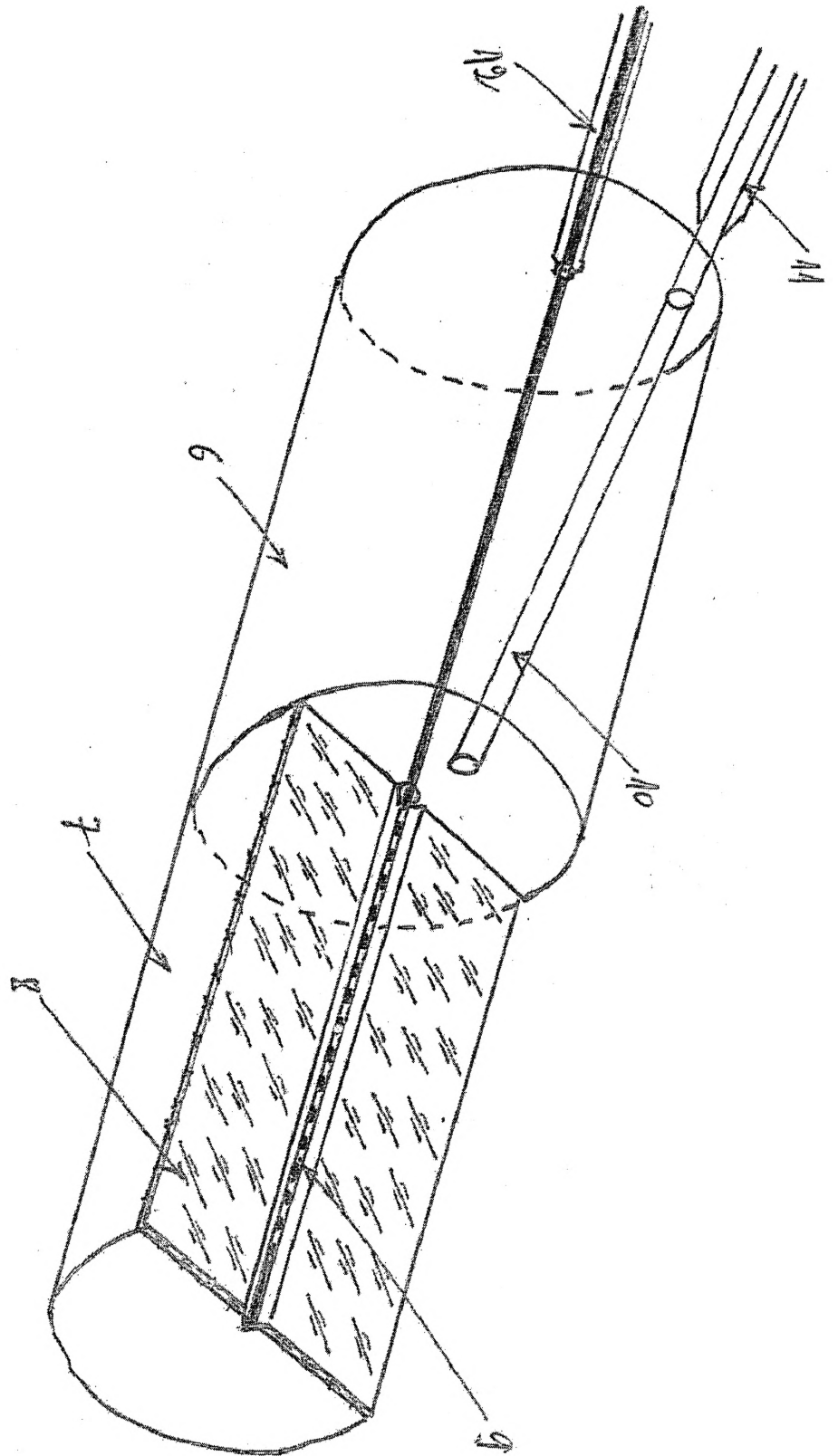


Fig. 1.

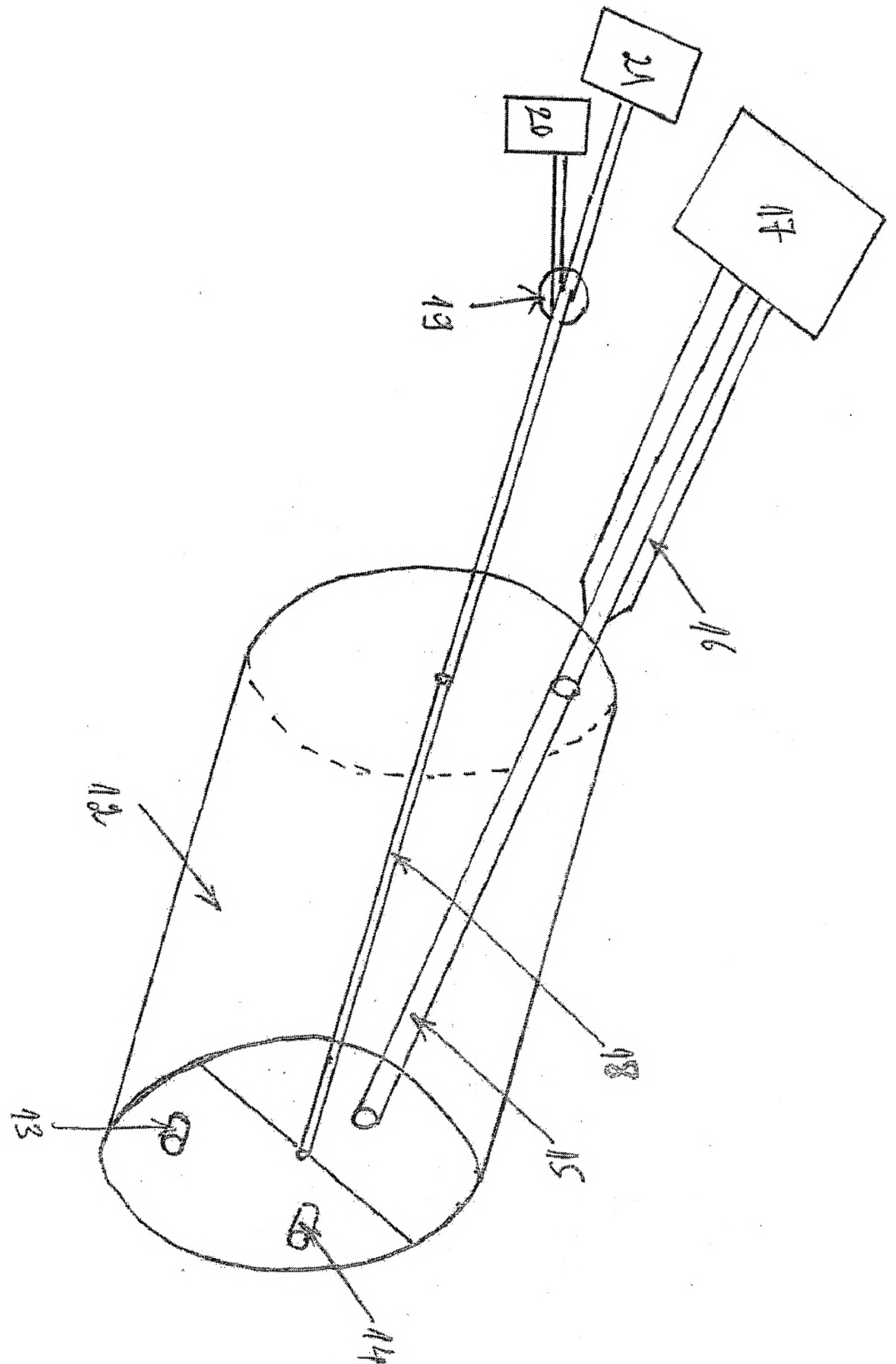
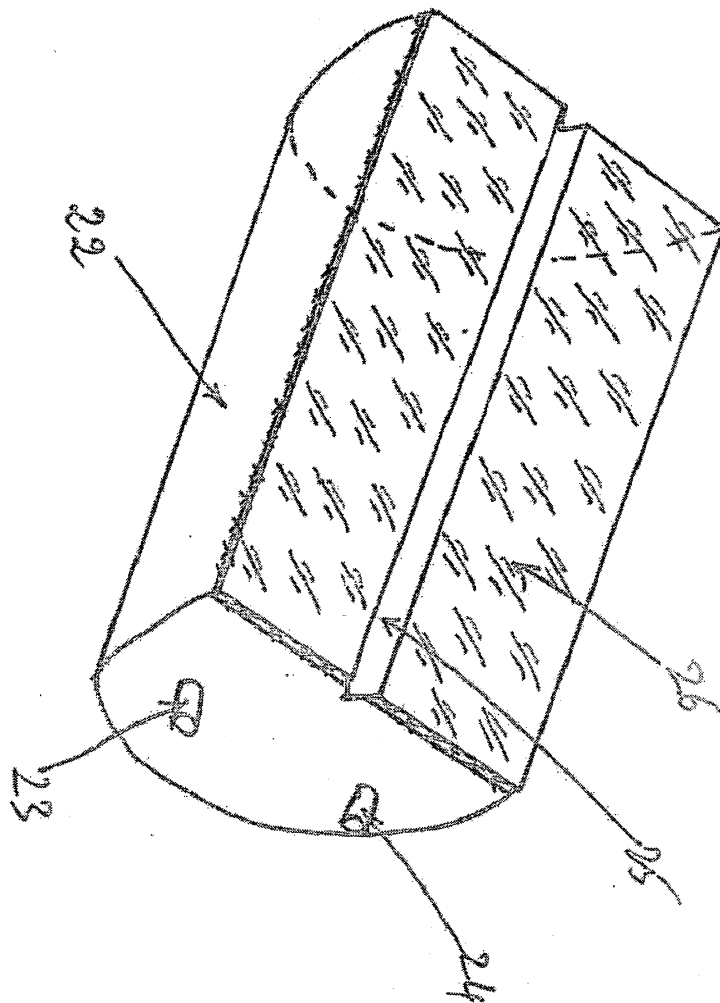


FIG. 2

H-7 3



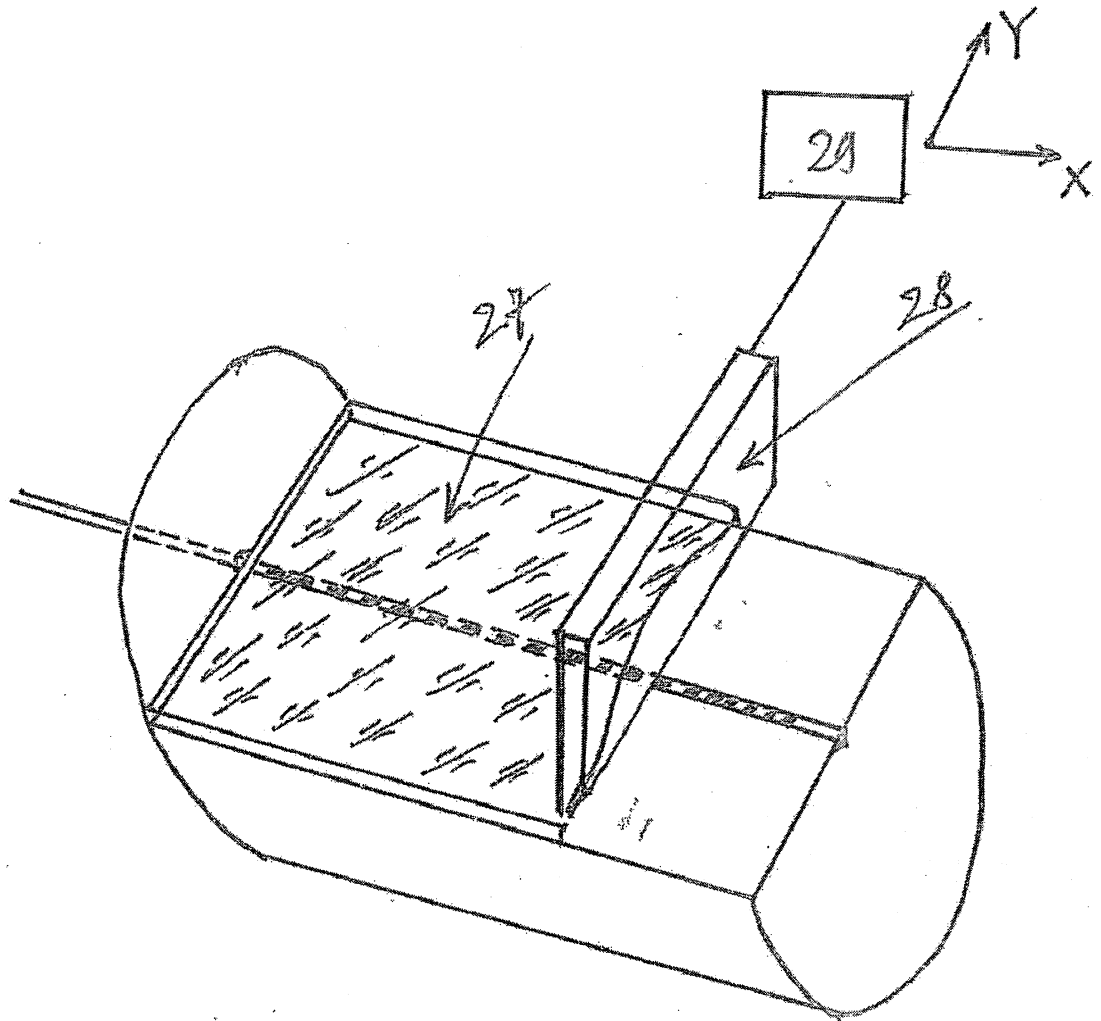
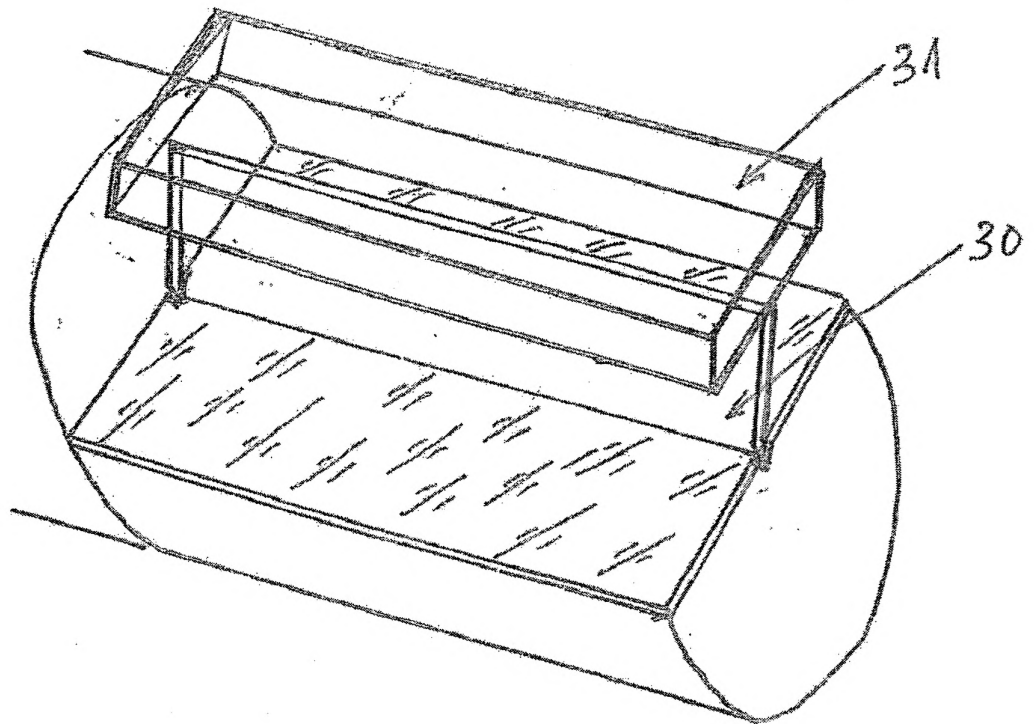
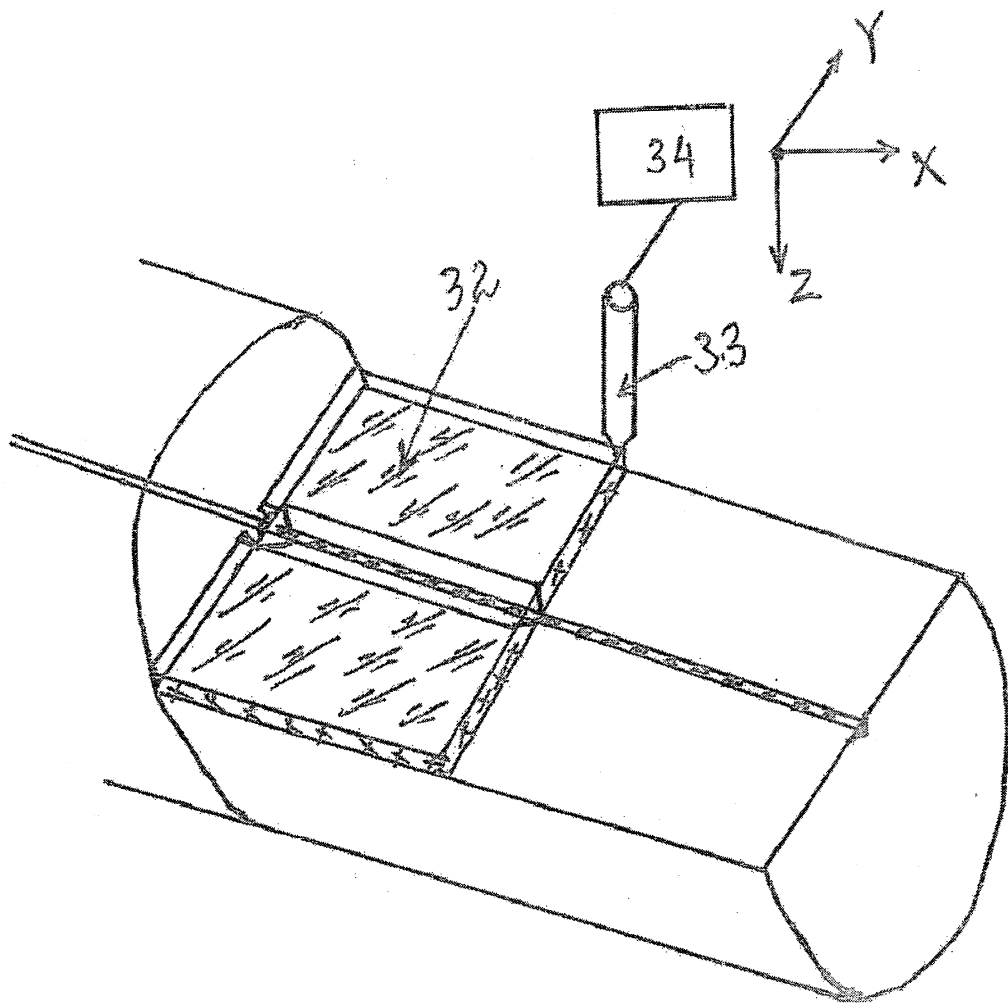


Figure 4a



Ans 4b



Hins 5