



(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)



1-0042399

G01L 1/00; G01B 11/06; G01B 11/22; (13) B

G01B 5/04; G01L 1/24; G02B 6/36;

(51)^{2020.01} G01N 21/21; G01N 21/41; G02B 6/134;

G02B 6/14; G02B 6/34; C03C 21/00;

G01M 11/08

(21) 1-2020-05584

(22) 01/03/2019

(86) PCT/US2019/020282 01/03/2019

(87) WO2019/169262 06/09/2019

(30) 62/637,679 02/03/2018 US

(45) 27/01/2025 442

(43) 25/12/2020 393

(73) CORNING INCORPORATED (US)

1 Riverfront Plaza, Corning, New York 14831, United States of America

(72) SCHNEIDER, Vitor Marino (US).

(74) Công ty Luật TNHH T&G (TGVN)

(54) PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH ÍT NHẤT MỘT ĐẶC TRƯNG ỨNG SUẤT CỦA VẬT PHẨM ĐƯỢC TRAO ĐỔI ION (IOX), PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH ÍT NHẤT LÀ ỨNG SUẤT BỀ MẶT CS CỦA VẬT PHẨM IOX VÀ PHƯƠNG PHÁP KIỂM SOÁT CHẤT LƯỢNG ĐỂ CHẾ TẠO VẬT PHẨM IOX

(57) Sáng chế đề xuất phương pháp ghép lăng kính để xác định đặc trưng ứng suất của vật phẩm IOX ban đầu có vùng IOX chìm với biên dạng chiết suất chìm mà có vấn đề ở chỗ nó ngăn cản vật phẩm IOX ban đầu không đo được bằng cách sử dụng hệ thống ghép lăng kính. Phương pháp này bao gồm việc biến đổi vùng IOX chìm của vật phẩm IOX ban đầu ở phần bề mặt của vùng IOX chìm để tạo ra vật phẩm IOX biến đổi có biên dạng chiết suất không chìm mà cho phép vật phẩm IOX biến đổi đo được bằng cách sử dụng bộ ghép lăng kính; Phương pháp này cũng bao gồm việc đo phổ mode của vật phẩm IOX biến đổi bằng cách sử dụng hệ thống ghép lăng kính. Phương pháp này còn bao gồm việc xác định một hoặc nhiều đặc trưng ứng suất của vật phẩm IOX ban đầu từ phổ mode của vật phẩm IOX biến đổi.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến các vật phẩm được trao đổi ion (ion-exchanged - IOX) trên cơ sở thủy tinh, và cụ thể là đến các phương pháp ghép lăng kính để mô tả đặc điểm ứng suất trong các vật phẩm IOX trên cơ sở thủy tinh trong đó biên dạng chiết suất là có vấn đề ở chỗ nó ngăn cản ứng dụng thông thường của các phương pháp đo bằng cách ghép lăng kính để mô tả đặc điểm ứng suất.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được gia cường về mặt hóa học được tạo ra bằng cách cho đế trên cơ sở thủy tinh vào sự biến đổi hóa học để cải thiện ít nhất một đặc trưng liên quan đến độ bền, như độ cứng, độ chống chịu với nứt vỡ, v.v. Các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được gia cường về mặt hóa học đã được tìm ra mục đích sử dụng cụ thể làm kính che cho các thiết bị điện tử dựa trên màn hiển thị, đặc biệt là các thiết bị cầm tay như điện thoại thông minh và máy tính bảng.

Theo một phương pháp, việc gia cường hóa học đạt được bằng quy trình IOX nhờ đó các ion trong nền của đế trên cơ sở thủy tinh được thay thế bằng các ion được đưa vào từ bên ngoài (tức là, thay thế hoặc được khuếch tán vào trong), ví dụ, từ bề nóng chảy. Việc gia cường nói chung xảy ra khi các ion thay thế lớn hơn các ion tự nhiên (hoặc được khuếch tán ra ngoài) (ví dụ, các ion Na^+ được thay thế bằng các ion K^+). Quy trình IOX tạo ra vùng IOX trong thủy tinh mà mở rộng từ bề mặt của vật phẩm vào trong nền. Vùng IOX xác định trong nền biên dạng chiết suất có độ sâu của lớp (depth of layer - DOL) mà đại diện cho kích thước, độ dày hoặc “tính chất sâu” của vùng IOX như được đo so với bề mặt của vật phẩm. Biên dạng chiết suất cũng xác định các đặc trưng liên quan đến ứng suất, bao gồm biên dạng ứng suất, ứng suất bề mặt, độ sâu nén, độ kéo trung tâm, tính lưỡng chiết, v.v. Biên dạng chiết suất cũng có thể xác định trong vật phẩm trên cơ sở thủy tinh ống dẫn sóng quang mà hỗ trợ số m

của mode (các lớp nghiệm cơ bản) được dẫn đối với ánh sáng có bước sóng đã cho khi biên dạng chiết suất thoả mãn các tiêu chuẩn nhất định.

Các phương pháp ghép lăng kính có thể được sử dụng để đo phổ của các mode được dẫn của ống dẫn sóng quang phẳng được tạo ra trong vật phẩm IOX trên cơ sở thủy tinh để mô tả đặc điểm một hoặc nhiều đặc tính của vùng IOX, như biên dạng chiết suất và các đặc trưng liên quan đến ứng suất nêu trên. Kỹ thuật này đã được sử dụng để đo các đặc tính của các vật phẩm IOX trên cơ sở thủy tinh được sử dụng cho nhiều ứng dụng, như cho màn che được gia cường về mặt hóa học cho màn hiển thị (ví dụ, cho điện thoại thông minh). Các phép đo như vậy được sử dụng để đảm bảo rằng vùng IOX có các đặc trưng dự định và nằm trong dung sai thiết kế được lựa chọn đối với mỗi trong số các đặc trưng được chọn cho ứng dụng đã cho.

Trong khi các phương pháp ghép lăng kính có thể được sử dụng cho nhiều loại vật phẩm IOX trên cơ sở thủy tinh thông thường, các phương pháp như vậy cũng không hoạt động và đôi khi không hoạt động hoàn toàn trên các vật phẩm IOX trên cơ sở thủy tinh nhất định, như các vật phẩm có các biên dạng chiết suất chìm mà làm cho việc ghép quang học với ống dẫn sóng IOX có vấn đề. Trong một trường hợp, biên dạng chiết suất chìm với độ sâu của lớp lớn hỗ trợ số m lớn (ví dụ, $m > 100$) của các mode dẫn sóng, mà có thể làm mờ độ phân giải của hệ thống đo của bộ ghép lăng kính. Trong khi đó, thậm chí độ chênh lệch chiết suất tương đối nhỏ $\Delta n_s = n_1 - n_s$ ở phần bề mặt gần của vùng IOX (trong đó n_1 là chiết suất lớn nhất n_1 và n_s là chiết suất bề mặt, và trong đó $n_1 < n_s$) có thể hạn chế khả năng của hệ thống ghép lăng kính để ghép nối ánh sáng vào trong phần sâu của vùng IOX, mà ngăn cản việc đo của một hoặc nhiều đặc tính liên quan đến ứng suất được lựa chọn trên toàn bộ vùng IOX.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Một phương án của sáng chế là phương pháp xác định ít nhất một đặc trưng ứng suất của vật phẩm IOX ban đầu có bề mặt và vùng IOX chìm có biên dạng chiết suất chìm mà ngăn cản vật phẩm IOX ban đầu không đo được bằng cách sử dụng hệ thống ghép lăng kính. Phương pháp này bao gồm: a) biến đổi vùng IOX chìm của vật phẩm IOX ban đầu ở phần bề mặt của vùng IOX chìm để tạo ra vật phẩm IOX biến đổi có biên dạng chiết suất không chìm mà cho phép vật phẩm IOX biến đổi đo được

bằng cách sử dụng bộ ghép lăng kính; b) đo phổ mode của vật phẩm IOX biến đổi bằng cách sử dụng hệ thống ghép lăng kính; và c) xác định ít nhất một đặc trưng ứng suất của vật phẩm IOX ban đầu từ phổ mode của vật phẩm IOX biến đổi. Theo một số phương án, vùng IOX chìm có thể được biến đổi gần như chỉ ở phần bề mặt.

Một phương án khác của sáng chế là phương pháp xác định ít nhất là ứng suất bề mặt CS của vật phẩm IOX có bề mặt và vùng IOX chìm có biên dạng chiết suất chìm mà ngăn cản vật phẩm IOX không đo được bằng cách sử dụng hệ thống ghép lăng kính. Phương pháp này bao gồm: a) biến đổi vùng IOX chìm ở phần bề mặt của vùng IOX chìm bằng cách thực hiện quy trình IOX biến đổi trong khi để phần sâu của vùng IOX chìm gần như không đổi để xác định biên dạng chiết suất không chìm có ứng suất bề mặt biến đổi CS' khác với ứng suất bề mặt CS nhưng cho phép vật phẩm IOX đo được bằng cách sử dụng bộ ghép lăng kính; b) đo biên dạng ứng suất nén của vật phẩm IOX như được biến đổi ở bước a) bằng cách sử dụng hệ thống ghép lăng kính; và c) ngoại suy biên dạng ứng suất đo được đối với phần sâu của vùng IOX chìm đến bề mặt của vật phẩm IOX để xác định ứng suất bề mặt CS.

Một khía cạnh khác của sáng chế là phương pháp kiểm soát chất lượng để chế tạo vật phẩm IOX có bề mặt và vùng IOX chìm có biên dạng chiết suất chìm mà ngăn cản vật phẩm IOX không đo được bằng cách sử dụng hệ thống ghép lăng kính. Phương pháp này bao gồm: a) lựa chọn vật phẩm IOX từ tập hợp các vật phẩm IOX được tạo ra bằng cách sử dụng quy trình IOX chung; b) biến đổi vùng IOX chìm của vật phẩm IOX được chọn ở phần bề mặt của vùng IOX chìm để xác định biên dạng chiết suất không chìm mà cho phép vật phẩm IOX đo được bằng cách sử dụng bộ ghép lăng kính; c) đo phổ mode của vật phẩm IOX được chọn như được biến đổi ở bước b) bằng cách sử dụng hệ thống ghép lăng kính; d) xác định từ phổ mode ít nhất một đặc trưng ứng suất của vật phẩm IOX được chọn như được biến đổi ở bước b); và e) so sánh ít nhất một đặc trưng ứng suất xác định được với ít nhất một trong số trị số đích và dung sai đối với ít nhất một đặc trưng ứng suất. Theo một số phương án, vùng IOX chìm có thể được biến đổi gần như chỉ ở phần bề mặt.

Các dấu hiệu bổ sung và các ưu điểm được nêu trong phần mô tả chi tiết kèm theo, và phần nào sẽ rõ ràng đối với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này

từ phần mô tả hoặc được thừa nhận bằng cách thực hiện các phương án như được mô tả trong phần mô tả và yêu cầu bảo hộ bằng văn bản về nó, cũng như các hình vẽ kèm theo. Cần phải hiểu rằng cả phần mô tả chung trên đây và phần mô tả chi tiết dưới đây chỉ được nêu làm ví dụ, và được dự định để đưa ra cái nhìn tổng quan hoặc cốt lõi để hiểu bản chất và đặc điểm của yêu cầu bảo hộ.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Các hình vẽ kèm theo được bao gồm để giúp hiểu thêm, và được kết hợp vào và cấu thành một phần của bản mô tả này. Các hình vẽ minh họa một hoặc nhiều (các) phương án, và cùng với phần mô tả chi tiết giải thích các nguyên lý và cách thức hoạt động của các phương án khác nhau. Như vậy, sáng chế sẽ trở nên được hiểu một cách đầy đủ hơn từ phần mô tả chi tiết sau, kết hợp với các hình vẽ kèm theo, trong đó:

Fig. 1 là hình từ trên cao của vật phẩm IOX làm ví dụ.

Fig. 2A là hình chiếu cắt ngang cận cảnh của vật phẩm IOX của Fig. 1 minh họa quy trình IOX khởi đầu làm ví dụ được sử dụng để tạo ra vật phẩm IOX khởi đầu.

Fig. 2B là hình chiếu cắt ngang cận cảnh của Fig. 2A thể hiện vùng IOX chìm thu được được tạo ra bằng quy trình IOX khởi đầu, trong đó vùng IOX chìm có phần bề mặt và phần sâu.

Fig. 2C là đồ thị của chiết suất $n(x)$ so với vị trí (độ sâu) x (đơn vị tương đối) minh họa biên dạng chiết suất chìm làm ví dụ đối với vùng IOX chìm của Fig. 2B thể hiện phần bề mặt và phần sâu, trong đó chiết suất lớn nhất nằm dưới bề mặt ở phần bề mặt, và trong đó biên dạng chiết suất chìm là có vấn đề ở chỗ nó ngăn cản vật phẩm IOX không đo được bằng cách sử dụng hệ thống đo của bộ ghép lăng kính.

Fig. 3A là sơ đồ của hệ thống ghép lăng kính làm ví dụ được sử dụng để đo phổ mode của ống dẫn sóng IOX được tạo ra bởi vùng IOX, trong đó phổ mode được sử dụng để tính toán lượng ứng suất bề mặt hoặc biên dạng ứng suất.

Fig. 3B là hình cận cảnh của hệ thống tách sóng quang của hệ thống ghép lăng kính của Fig. 3A.

Fig. 3C là sơ đồ của phổ mode làm ví dụ như được phát hiện bởi hệ thống tách sóng quang của Fig. 3B và bao gồm phổ mode điện ngang (transverse electric - TE)

với các vân TE và phổ mode từ ngang (transverse magnetic - TM) với các vân TM, trong đó phổ mode có phần phản xạ trong toàn phần (total-internal-reflection - TIR) và phần không TIR mà xác định ranh giới TIR.

Fig. 4A tương tự như Fig. 2A và thể hiện quy trình IOX biến đổi được sử dụng để thay đổi biên dạng chiết suất của phần bề mặt của vùng IOX của vật phẩm IOX sao cho đặc trưng ứng suất của vật phẩm IOX có thể đo được bằng cách sử dụng hệ thống ghép lăng kính.

Fig. 4B tương tự như Fig. 2B và thể hiện vật phẩm IOX biến đổi thu được mà bao gồm vùng IOX biến đổi xác định ống dẫn sóng IOX biến đổi.

Fig. 4C là đồ thị chiết suất tương tự như đồ thị của Fig. 2C nhưng biên dạng chiết suất biến đổi $n'(x)$ đối với vùng IOX biến đổi của Fig. 4B, thể hiện cách thức mà quy trình IOX biến đổi làm thay đổi phần bề mặt của biên dạng chiết suất mà gần như không làm thay đổi phần sâu của biên dạng chiết suất ban đầu.

Fig. 5A là mô tả của phổ mode làm ví dụ tương tự như Fig. 3C đối với vật phẩm IOX ban đầu như được chụp bởi hệ thống ghép lăng kính của Fig. 3A, trong đó việc không có các vân TE và TM và độ tương phản thấp ở ranh giới TIR chứng tỏ rằng vật phẩm IOX không thể đo được bằng cách sử dụng hệ thống ghép lăng kính.

Fig. 5B tương tự như Fig. 3C và là mô tả của phổ mode dựa trên phổ mode đo được thực tế đối với vật phẩm IOX biến đổi làm ví dụ bằng cách sử dụng hệ thống ghép lăng kính, trong đó các vân TE và TM trong phần TIR và một vài vân TE và TM trong phần không TIR có độ tương phản tương đối cao.

Fig. 6A là đồ thị của biên dạng ứng suất $CS'(x)$ (MPa) so với vị trí x (μm) như được đo trong vật phẩm IOX biến đổi làm ví dụ được tạo ra từ vật phẩm IOX ban đầu có vùng IOX chìm với biên dạng chiết suất có vấn đề và được đưa vào quy trình IOX biến đổi trên cơ sở Ag bằng cách sử dụng các nồng độ Ag khác nhau trong bể muối $\text{AgNO}_3/\text{KNO}_3$.

Fig. 6B là hình cận cảnh của một phần của đồ thị của biên dạng ứng suất biến đổi $CS'(x)$ của Fig. 6A từ $x = 0$ đến $x = 50 \mu\text{m}$, bao gồm phép ngoại suy tuyến tính LE

dựa trên mỗi trong số các nồng độ Ag để thu được ước lượng của ứng suất bề mặt CS (ở $x = 0$) là khoảng 380 MPa đối với vật phẩm IOX ban đầu.

Các Fig. 6C và 6D lần lượt thể hiện các đồ thị của Fig. 6A và 6B, nhưng với chỉ biên dạng ứng suất được tách ra CS(x) của vật phẩm IOX ban đầu thu được bằng cách kết hợp biên dạng ứng suất CS'(x) của phần sâu của vật phẩm IOX biến đổi (trong đó $CS'(x) \approx CS(x)$) với phần được ngoại suy (LE) của biên dạng ứng suất CS'(x) mà chạy từ phần sâu đến bề mặt của vật phẩm IOX ban đầu.

Các Fig. 7A và 7B lần lượt mô tả kết quả thử nghiệm không dễ vỡ và dễ vỡ trên hai vật phẩm IOX làm ví dụ khác nhau như được sử dụng trong bản mô tả này.

Mô tả chi tiết sáng chế

Các phương án khác nhau của sáng chế giờ đây sẽ được mô tả chi tiết, các ví dụ về các phương án này được minh họa trên các hình vẽ kèm theo. Bất cứ khi nào có thể, các số chỉ dẫn và các ký hiệu giống nhau hoặc tương tự nhau được sử dụng trong toàn bộ các hình vẽ để chỉ các bộ phận giống nhau hoặc tương tự nhau. Các hình vẽ không nhất thiết theo tỷ lệ, và người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này sẽ nhận biết ở chỗ nào các hình vẽ được đơn giản hóa để minh họa các khía cạnh quan trọng của sáng chế.

Chữ viết tắt IOX có thể có nghĩa là “trao đổi ion” hoặc “được trao đổi ion,” tùy thuộc vào ngữ cảnh đang bàn luận.

Thuật ngữ “trên cơ sở thủy tinh” được sử dụng trong bản mô tả này để mô tả vật liệu, vật phẩm, nền, đế, v.v., có nghĩa là vật liệu, vật phẩm, nền, vật liệu, đế, v.v. có thể bao gồm hoặc được cấu thành từ thủy tinh hoặc gốm thủy tinh.

Biên dạng ứng suất nén đối với vật phẩm IOX ban đầu được biểu thị là CS(x) và trong bản mô tả này còn chỉ được gọi là biên dạng ứng suất. Ứng suất nén bề mặt hoặc chỉ là “ứng suất bề mặt” đối với biên dạng ứng suất được biểu thị là CS và là trị số của biên dạng ứng suất nén CS(x) đối với $x = 0$, tức là, $CS = CS(0)$, trong đó $x = 0$ tương ứng với bề mặt của vật phẩm IOX.

Biên dạng ứng suất nén đối với vật phẩm IOX biến đổi được biểu thị là CS'(x) và cũng chỉ được gọi là biên dạng ứng suất biến đổi. Ứng suất nén bề mặt hoặc chỉ là

“ứng suất bề mặt” đối với biên dạng ứng suất biến đổi được biểu thị là CS' và là trị số của biên dạng ứng suất nén biến đổi $CS'(x)$ đối với $x = 0$, tức là, $CS' = CS'(0)$.

Độ sâu nén DOC là khoảng cách x vào trong vật phẩm IOX như được đo từ bề mặt của vật phẩm IOX đến vị trí ở đó ứng suất nén $CS(x)$ hoặc $CS'(x)$ vượt qua 0.

Thuật ngữ “vùng IOX” có nghĩa là thể tích trong nền trên cơ sở thủy tinh ở đó quy trình IOX diễn ra để tạo ra vật phẩm IOX. Vùng IOX chìm có nghĩa là chiết suất lớn nhất nằm dưới bề mặt của vật phẩm IOX. Vùng IOX chìm trong bản mô tả này được coi là mở rộng vào trong vật phẩm IOX từ bề mặt qua đó quy trình IOX được thực hiện và xuống đến độ sâu của lớp tại đó biên dạng chiết suất chuyển tiếp thành chỉ số khối của nền trên cơ sở thủy tinh.

Các thuật ngữ “phần bề mặt” và “phần sâu” được sử dụng dưới đây, tùy thuộc vào ngữ cảnh của bản luận, lần lượt để mô tả các phần ở dưới gần bề mặt và xa so với bề mặt của: i) vật phẩm IOX ban đầu hoặc biến đổi; ii) vùng IOX ban đầu hoặc biến đổi, và iii) biên dạng chiết suất ban đầu hoặc biến đổi.

Yêu cầu bảo hộ như được nêu dưới đây được kết hợp vào trong và cấu thành một phần của phần mô tả chi tiết này.

Các tọa độ Đề các được thể hiện trên một số hình vẽ nhằm mục đích quy chiếu và không được dự định để giới hạn về chiều hoặc hướng.

Vật phẩm IOX ban đầu

Fig. 1 là hình từ trên cao của vật phẩm IOX 10 làm ví dụ được xác định bởi nền trên cơ sở thủy tinh 11 của đế trên cơ sở thủy tinh 13. Vật phẩm IOX 10 có bề mặt 12 và độ dày. Theo một ví dụ, độ dày là gần như không đổi và có thể nằm trong khoảng từ 50 micron (ví dụ, bộ phận bảo vệ màn hiển thị) đến 2000 micron (ví dụ, kính thủy tinh chắn gió của ô tô). Theo một số ví dụ, vật phẩm IOX 10 (và vật phẩm IOX biến đổi được tạo ra từ đó, như được mô tả dưới đây) là dễ vỡ trong khi theo các ví dụ khác, nó không dễ vỡ, theo các tiêu chuẩn về tính dễ vỡ được nêu dưới đây.

Fig. 2A là hình chiếu cắt ngang cận cảnh của vật phẩm IOX 10 như được chụp trên mặt phẳng x-y và minh họa quy trình IOX làm ví dụ mà diễn ra qua bề mặt 12 và vào trong nền trên cơ sở thủy tinh 11 theo chiều x. Vật phẩm IOX 10 bao gồm các ion

nền (tức là, các ion tự nhiên hoặc khuếch tán ra ngoài) IS trong nền trên cơ sở thủy tinh 11 mà trao đổi cho các ion thay thế lớn hơn hoặc các ion khuếch tán vào trong I1. Các ion khuếch tán vào trong I1 có thể được đưa vào nền trên cơ sở thủy tinh 11 bằng cách sử dụng các kỹ thuật IOX đã biết. Ví dụ, các ion khuếch tán vào trong I1 có thể là các ion K^+ được đưa vào thông qua bể KNO_3 còn các ion nền IS có thể là Na^+ hoặc Li^+ , tùy thuộc vào vật liệu trên cơ sở thủy tinh của đế được sử dụng để tạo ra vật phẩm IOX 10. Hai vật liệu trên cơ sở thủy tinh làm ví dụ thích hợp để tạo ra vật phẩm IOX 10 là thủy tinh nhôm silicat và thủy tinh borosilicat.

Quy trình IOX được thực hiện trong đế trên cơ sở thủy tinh để tạo ra vật phẩm IOX được gia cường về mặt hóa học 10. Vật phẩm IOX 10 dưới đây cũng được gọi là vật phẩm IOX ban đầu vì sau đó nó được sử dụng để tạo ra vật phẩm IOX biến đổi 10', như được giải thích dưới đây. Các vật phẩm IOX 10 làm ví dụ được tạo ra bằng cách sử dụng thời gian khuếch tán dài là khoảng 100 giờ trong KNO_3 100% và đã được phát hiện ra là có tính dễ vỡ cao, cũng như các vật phẩm IOX biến đổi 10' được tạo ra từ đó.

Việc gia cường hóa học của đế trên cơ sở thủy tinh 13 để tạo ra vật phẩm IOX 10 xảy ra do ứng suất được bổ sung vào nền trên cơ sở thủy tinh 11 bằng các ion thay thế hoặc khuếch tán vào trong I1 là lớn hơn các ion tự nhiên hoặc khuếch tán ra ngoài IS. Theo một ví dụ trong đó nền trên cơ sở thủy tinh 11 của vật phẩm IOX 10 chứa Na, quy trình IOX để tạo ra vật phẩm IOX 10 là quy trình $K^+ - Na^+$ nhờ đó các ion tự nhiên hoặc khuếch tán ra ngoài IS là Na^+ nhỏ hơn được thay thế bằng các ion thay thế hoặc khuếch tán vào trong I1 là K^+ lớn hơn. Theo một ví dụ khác trong đó nền trên cơ sở thủy tinh 11 của vật phẩm IOX 10 chứa Li, quy trình IOX để tạo ra vật phẩm IOX 10 là quy trình $K^+ - Li^+$ nhờ đó các ion tự nhiên hoặc khuếch tán ra ngoài IS là Li^+ nhỏ hơn được thay thế bằng các ion thay thế hoặc khuếch tán vào trong I1 là K^+ lớn hơn.

Fig. 2B là tương tự như Fig. 2A và minh họa dưới dạng giản đồ kết quả của quy trình IOX làm ví dụ của Fig. 2A mà tạo ra vùng IOX 20 của vật phẩm IOX 10. Fig. 2C là đồ thị của biên dạng chiết suất $n(x)$ so với x của vùng IOX 20 của vật phẩm IOX 10. Chiết suất khối của nền trên cơ sở thủy tinh 11 là n_0 , chiết suất ở bề mặt 12

của vật phẩm IOX thủy tinh 10 là n_s , và chiết suất lớn nhất là n_1 . Trong biên dạng chiết suất $n(x)$, $n_1 > n_s > n_0$, với chiết suất lớn nhất n_1 xuất hiện dưới bề mặt 12 ($x = 0$) ở độ sâu x_1 . Độ sâu của lớp DL xuất hiện ở khoảng cách $x = x_{DL}$ và là độ sâu tại đó biên dạng chiết suất $n(x)$ chuyển tiếp thành chỉ số khối n_0 . Theo một ví dụ, độ sâu của lớp DL là tương đối lớn, ví dụ, lớn hơn 100 micron hoặc thậm chí lớn hơn 150 micron hoặc thậm chí lớn hơn 200 micron.

Vùng IOX 20 và biên dạng chiết suất tương ứng của nó $n(x)$ có phần bề mặt PS và phần sâu PD. Phần bề mặt PS có thể được đặc trưng bởi độ chênh lệch chiết suất phần bề mặt $\Delta n_{PS} = n_1 - n_s$, mà theo một ví dụ có thể nằm trong khoảng $1 \times 10^{-6} \leq \Delta n_{PS} \leq 1 \times 10^{-1}$. Theo một ví dụ, phần bề mặt PS mở rộng vào trong vật phẩm IOX 10 từ bề mặt 12 đến khoảng cách phần bề mặt $x = x_{PS}$ để xác định độ sâu phần bề mặt D_{PS} . Theo một ví dụ, khoảng cách phần bề mặt x_{PS} là khoảng giống như khoảng cách x_1 , và cụ thể là có thể nằm trong khoảng từ khoảng 10 micron đến 50 micron. Theo một ví dụ, độ sâu phần bề mặt D_{PS} có thể nằm trong khoảng $(0,05) \cdot DL \leq D_{PS} \leq (0,5) \cdot DL$. Phần sâu PD của vùng IOX mở rộng từ khoảng cách phần bề mặt $x = x_{PS}$ đến khoảng cách độ sâu của lớp x_{DL} .

Vùng IOX 20 được gọi là “chìm” bởi vì chiết suất lớn nhất n_1 xuất hiện dưới bề mặt 12 của vật phẩm IOX 10. Cấu hình này đối với vùng IOX 20 có thể xuất hiện bằng cách thực hiện quy trình IOX tương đối dài hoặc bằng quy trình IOX trong đó nguồn của các ion thay thế hoặc khuếch tán vào trong I1 được loại bỏ trong khi quy trình khuếch tán tiếp tục ở nhiệt độ cao. Vùng IOX chìm 20 cũng có thể được tạo ra bằng cách sử dụng quy trình IOX với nhiều bước hoặc nhiều loại ion khuếch tán vào trong, và/hoặc bằng cách sử dụng sự trợ giúp của điện trường bên ngoài để thực hiện cái được gọi trong lĩnh vực này là quy trình IOX được trợ giúp bởi trường. Tác dụng khuếch tán không tuyến tính cũng có thể dẫn đến hoặc góp phần vào việc tạo ra vùng IOX chìm 20.

Vật phẩm IOX 10 thường được tạo ra có một hoặc nhiều đặc trưng ứng suất được lựa chọn mà tương ứng với lượng gia cường hóa học mong muốn hoặc được lựa chọn. Các đặc trưng ứng suất được lựa chọn có thể bao gồm biên dạng ứng suất cụ thể $CS(x)$ với lượng ứng suất bề mặt được lựa chọn $CS = CS(0)$, lượng tính lưỡng chiết

lớn nhất, v.v. Đến có độ tin cậy mà quy trình IOX được sử dụng để tạo ra vật phẩm IOX 10 được đem lại các đặc trưng ứng suất mong muốn với các dung sai sản xuất và hiệu suất, việc đo ít nhất một trong số các đặc trưng ứng suất là cần thiết.

Cách thức chung thực hiện việc đo của đặc trưng ứng suất trong vật phẩm IOX là bằng cách sử dụng các phương pháp ghép lăng kính được thực hiện trên hệ thống ghép lăng kính. Một ví dụ về hệ thống ghép lăng kính có bán trên thị trường là Model FSM-6000LE Surface Stress Meter, có thể mua được từ Orihara, Co. Ltd., Tokyo, Nhật Bản. Các hệ thống ghép lăng kính dựa trên việc ghép ánh sáng vào trong các mode được dẫn của ống dẫn sóng IOX 22 được xác định bởi vùng IOX 20 và phần xung quanh trực tiếp của nền trên cơ sở thủy tinh 11 (xem Fig. 2B). Phổ mode (các vân) đối với các mode được dẫn điện ngang (TE) và từ ngang (TM) được chụp về mặt điện từ (ví dụ, kỹ thuật số) và sau đó, được xử lý bằng cách sử dụng các kỹ thuật đã biết để thu được kết quả đo của một hoặc nhiều đặc trưng ứng suất, như biên dạng ứng suất, ứng suất bề mặt, tính lưỡng chiết, độ sâu của lớp DL, độ sâu nén DOC, độ kéo trung tâm, v.v.

Máy đo ứng suất bề mặt FSM-6000LE chỉ tính toán ứng suất nén bề mặt CS từ các chỉ số hiệu quả của hai mode được dẫn từ ngang (TM) thứ nhất và hai mode được dẫn điện ngang (TE) thứ nhất. Tổng số các mode quan sát được được sử dụng, cùng với chỉ số khối n_0 và các chỉ số hiệu quả nêu trên của 2 mode thứ nhất, để tính toán độ sâu của lớp DL dựa trên giả định biên dạng chiết suất tuyến tính.

Patent Hoa Kỳ số 9,140,543, mà được kết hợp vào bản mô tả này bằng cách viện dẫn, bộc lộ hệ thống ghép lăng kính làm ví dụ và các phương pháp Wentzel-Kramers-Brillouin (WKB) ngược phức tạp hơn để xử lý các phổ mode TE và TM để suy ra biên dạng ứng suất (nén) CS(x) và các đặc trưng ứng suất khác của vật phẩm IOX. Các hệ thống ghép lăng kính và các phương pháp như vậy được mô tả chi tiết hơn dưới đây.

Hệ thống ghép lăng kính

Fig. 3A là sơ đồ của hệ thống ghép lăng kính làm ví dụ 28 mà có thể được sử dụng để thực hiện các khía cạnh của các phương pháp được bộc lộ trong bản mô tả

này. Các phương pháp ghép lăng kính bằng cách sử dụng hệ thống ghép lăng kính 28 là không phá hủy. Dấu hiệu này là đặc biệt hữu ích để đo các vật phẩm IOX dễ vỡ cho các mục đích nghiên cứu và phát triển và để kiểm soát chất lượng trong việc sản xuất.

Hệ thống ghép lăng kính 28 bao gồm bộ đỡ 30 được cấu hình để đỡ theo cách hoạt động vật phẩm IOX 10, cũng như vật phẩm IOX biến đổi 10' được đưa vào và được bàn luận chi tiết hơn dưới đây. Hệ thống ghép lăng kính 28 cũng bao gồm lăng kính ghép 40 mà có bề mặt đầu vào 42, bề mặt ghép 44 và bề mặt đầu ra 46. Lăng kính ghép 40 có chiết suất $n_p > n_0$. Lăng kính ghép 40 được làm tiếp giáp với vật phẩm IOX được đo bằng đưa bề mặt ghép của lăng kính ghép 44 và bề mặt 12 vào trong tiếp xúc quang học, nhờ đó xác định mặt tiếp giáp 50 mà theo một ví dụ có thể bao gồm chất lỏng tiếp giáp 52.

Hệ thống ghép lăng kính 28 bao gồm các trục quang A1 và A2 mà lần lượt đi xuyên qua các bề mặt đầu vào và đầu ra 42 và 46 của lăng kính ghép 40 để nói chung hội tụ ở mặt tiếp giáp 50 sau khi tính độ khúc xạ ở các mặt tiếp giáp lăng kính/không khí. Hệ thống ghép lăng kính 28 bao gồm, theo thứ tự dọc theo trục A1, nguồn sáng 60 mà phát ra ánh sáng đo 62 có bước sóng λ , bộ lọc quang tùy ý 66 mà theo cách khác có thể được bao gồm trong đường dò trên trục A2, bộ phận tán xạ ánh sáng tùy ý 70 mà tạo ra ánh sáng tán xạ 62S, và hệ quang học hội tụ tùy ý 80 mà tạo ra ánh sáng (đo) được hội tụ 62F, như được giải thích dưới đây. Do đó, theo một ví dụ của hệ thống ghép lăng kính 28, không có các bộ phận quang học giữa nguồn sáng 60 và bề mặt đầu vào của lăng kính 42.

Hệ thống ghép lăng kính 28 cũng bao gồm, theo thứ tự dọc theo trục A2 từ lăng kính ghép 40, hệ quang học thu thập 90 có mặt phẳng tiêu 92 và tiêu cự f và nhận ánh sáng phản xạ 62R như được giải thích dưới đây, bộ phân cực TM/TE 100, và hệ thống tách sóng quang 130. Trục A1 xác định trung tâm của quang trình OP1 giữa nguồn sáng 60 và bề mặt ghép 44. Trục A2 xác định trung tâm của quang trình OP2 giữa bề mặt ghép 44 và hệ thống tách sóng quang 130. Lưu ý rằng các trục A1 và A2 có thể bị bẻ cong lần lượt ở các bề mặt đầu vào và đầu ra 42 và 46 do độ khúc xạ. Chúng cũng có thể bị phá vỡ thành các đường con bằng cách chèn các gương (không được thể hiện trên hình vẽ) vào trong các quang trình OP1 và/hoặc OP2.

Theo một ví dụ, hệ thống tách sóng quang 130 bao gồm bộ dò (camera) 110 và bộ đo đạc khung 120. Theo các phương án khác được bàn luận dưới đây, hệ thống tách sóng quang 130 bao gồm camera CMOS hoặc CCD. Fig. 3B là hình từ trên cao cận cảnh của bộ phân cực TM/TE 100 và bộ dò 110 của hệ thống tách sóng quang 130. Theo một ví dụ, bộ phân cực TM/TE bao gồm phần TM 100TM và phần TE 100TE. Hệ thống tách sóng quang 130 bao gồm bề mặt nhảy quang 112. Bề mặt nhảy quang 112 nằm trong mặt phẳng tiêu 92 của hệ quang học thu thập 90, với bề mặt nhảy quang nói chung vuông góc với trục A2. Điều này giúp chuyển đổi sự phân bố theo góc của ánh sáng phản xạ 62R thoát khỏi bề mặt đầu ra 46 của lăng kính ghép thành sự phân bố không gian ngang của ánh sáng ở mặt phẳng cảm biến của camera 110. Theo một phương án ví dụ, bề mặt nhảy quang 112 bao gồm các điểm ảnh, tức là, bộ dò 110 là bộ dò kỹ thuật số, ví dụ, máy ảnh kỹ thuật số.

Việc chia bề mặt nhảy quang 112 thành các phần TE và TM 112TE và 112TM như được thể hiện trên Fig. 3B cho phép việc ghi đồng thời của các ảnh số có phổ phản xạ góc (phổ mode) 113, mà bao gồm sự phân cực TE và TM của ánh sáng phản xạ 62R. Sự phát hiện đồng thời này triệt tiêu nguồn nhiễu của phép đo mà có thể bắt nguồn từ việc thực hiện các phép đo TE và TM ở các thời điểm khác nhau, do các thông số hệ thống có thể lệch theo thời gian. Fig. 3C là sự biểu diễn bằng sơ đồ của phổ mode 113 như được chụp bởi hệ thống tách sóng quang 130. Phổ mode 113 có phần phản xạ trong toàn phần (TIR) 115 liên quan đến các mode được dẫn và phần không TIR 117 liên quan đến các mode bức xạ và mode rò. Phổ mode 113 có các vùng TM và TE mà bao gồm các đường phổ tương ứng (các vân) 115TM và 115TE. Các đặc trưng ứng suất được tính toán dựa trên độ chênh lệch về vị trí của các vân 115TM và 115TE trong phổ mode 113. Ít nhất hai vân 115TM đối với phổ mode TM và ít nhất hai vân 115TE đối với phổ mode TE là cần thiết để tính toán ứng suất bề mặt CS. Các vân bổ sung là cần thiết để tính toán biên dạng ứng suất CS(x).

Hệ thống ghép lăng kính 28 bao gồm bộ điều khiển 150, mà được tạo cấu hình để điều khiển sự hoạt động của hệ thống ghép lăng kính. Bộ điều khiển 150 cũng được tạo cấu hình để nhận và xử lý từ hệ thống tách sóng quang 130 các tín hiệu hình ảnh SI đại diện cho các ảnh phổ mode TE và TM (được phát hiện) được chụp. Bộ điều

khuyến 150 bao gồm bộ xử lý 152 và đơn vị bộ nhớ (“bộ nhớ”) 154. Bộ điều khiển 150 có thể điều khiển sự kích hoạt và hoạt động của nguồn sáng 60 thông qua tín hiệu điều khiển nguồn ánh sáng SL, và nhận và xử lý các tín hiệu hình ảnh SI từ hệ thống tách sóng quang 130 (ví dụ, từ bộ đo đạc khung 120, như được thể hiện). Bộ điều khiển 150 có thể lập trình được để thực hiện các chức năng được mô tả trong bản mô tả này, bao gồm hoạt động của hệ thống ghép lăng kính 28 và xử lý tín hiệu nêu trên của các tín hiệu hình ảnh SI để đạt được phép đo của một hoặc nhiều các đặc trưng ứng suất nêu trên của vật phẩm IOX 10.

Phép đo đúng cách của đặc trưng ứng suất của vật phẩm IOX 10 theo cách thông thường yêu cầu rằng hệ thống ghép lăng kính 28 ghép ánh sáng 62F vào trong một số lượng đủ các mode được dẫn được hỗ trợ bởi ống dẫn sóng IOX 22 sao cho phần lớn nếu không phải tất cả trong số biên dạng chiết suất được lấy mẫu khi tạo ra phổ mode 113. Điều này có thể xảy ra khi biên dạng chiết suất có trị số lớn nhất ở bề mặt 12 của vật phẩm IOX (sao cho $n_1 = n_s$) và giảm với khoảng cách x vào trong nền trên cơ sở thủy tinh 11.

Điều không may là, vùng IOX chìm 20 có biên dạng chiết suất chìm $n(x)$ như được bàn luận trên đây dựa vào các Fig. 2A, 2B và 2C có thể ngăn cản vật phẩm IOX 10 khỏi phù hợp với phép đo bằng cách sử dụng các phương pháp ghép lăng kính. Biên dạng chiết suất $n(x)$ như vậy trong bản mô tả này được gọi là biên dạng chiết suất có vấn đề. Cụ thể là, phần bề mặt PS của biên dạng chiết suất có vấn đề $n(x)$ là phần ngăn cản ánh sáng 62F của hệ thống ghép lăng kính 28 khỏi được ghép một cách phù hợp vào trong đủ các mode được dẫn của ống dẫn sóng IOX 22 để lấy mẫu một cách thỏa đáng vùng IOX chìm 20. Ngay cả khi ánh sáng nào đó 62F được ghép vào trong một số trong số các mode được dẫn, ánh sáng có thể chỉ di chuyển ở phần bề mặt PS của ống dẫn sóng IOX 22, sao cho phổ mode 113 thông thường sẽ không có sự tương phản cần thiết trong khi cũng không cung cấp thông tin bất kỳ về phần sâu PD của vùng IOX chìm 20.

Ngoài ra, vùng IOX chìm 20 có độ sâu của lớp DL tương đối lớn (ví dụ, $DL > 100$ micron) cho phép ống dẫn sóng IOX tương ứng 22 để hỗ trợ hàng trăm mode được dẫn sao cho phổ mode 113 có hàng trăm vân TE và TM 115TM và 115TE. Điều

này có thể lần lượt hệ thống tách sóng quang 130 và dẫn đến phổ mode 113 mờ, mà không thể sử dụng để xác định chính xác biên dạng ứng suất $CS(x)$ của vùng IOX 20.

Các khía cạnh của sáng chế đề xuất các phương pháp khắc phục các hạn chế của phép đo do biên dạng chiết suất có vấn đề $n(x)$ của vật phẩm IOX 10 bằng cách từ vật phẩm IOX ban đầu tạo ra vật phẩm IOX biến đổi 10'. Vật phẩm IOX biến đổi 10' có biên dạng chiết suất biến đổi $n'(x)$ trong đó phần bề mặt PS của vùng IOX 20 và biên dạng chiết suất tương ứng được thay đổi sao cho chiết suất lớn nhất mới n'_1 nằm ở bề mặt 12 để xác định chiết suất bề mặt mới n'_s (trong đó $n'_s = n'_1$), trong khi phần sâu DS của vùng IOX 20 và biên dạng chiết suất tương ứng giữ gần như giống nhau. Sự biến đổi của gần như chỉ phần bề mặt PS của vùng IOX 20 cho phép các phương pháp ghép lăng kính được áp dụng cho vật phẩm IOX biến đổi 10' đồng thời duy trì các đặc trưng ứng suất chung của phần lớn của vùng IOX ban đầu 20. Sau đó, một hoặc nhiều đặc trưng ứng suất của vật phẩm IOX ban đầu 10 được xác định (ví dụ, được suy ra) từ các phép đo ghép lăng kính được thực hiện trên vật phẩm IOX biến đổi 10' bằng cách sử dụng hệ thống ghép lăng kính 28.

Một phương pháp làm ví dụ bao gồm việc thực hiện quy trình IOX bổ sung hoặc biến đổi đối với vật phẩm IOX ban đầu 10. Quy trình IOX biến đổi được hướng đến việc biến đổi biên dạng chiết suất $n(x)$ chỉ đủ để tăng cường độ tương phản của phổ mode 113 sao cho một số lượng đủ của các vân 115TM và 115TE của phổ mode có thể đo được bằng cách sử dụng hệ thống ghép lăng kính 28, nhờ đó cho phép biên dạng ứng suất $CS'(x)$ và/hoặc các đặc trưng ứng suất khác của vật phẩm IOX biến đổi 10 được đo. Như đã lưu ý trên đây, quy trình IOX bổ sung được thực hiện theo cách mà gần như chỉ các thay đổi biên dạng chiết suất có vấn đề $n(x)$ ở phần bề mặt PS của vùng IOX 20 trong khi phần sâu DS gần như không đổi.

Lưu ý rằng quy trình IOX biến đổi cũng biến đổi biên dạng ứng suất, sao cho bản luận trong bản mô tả này có thể dựa trên biên dạng ứng suất chứ không phải biên dạng chiết suất. Tuy nhiên, bản luận này dựa trên biên dạng chiết suất bởi vì các phép đo ghép lăng kính dựa vào việc đo biên dạng chiết suất từ phổ mode, và sau đó, xác định các đặc trưng ứng suất từ biên dạng chiết suất đo được.

Fig. 4A tương tự như Fig. 2A và thể hiện quy trình IOX biến đổi làm ví dụ được sử dụng để thay đổi biên dạng chiết suất có vấn đề $n(x)$ của phần bề mặt PS của vùng IOX thành biên dạng chiết suất biến đổi $n'(x)$ sao cho ít nhất một đặc trưng ứng suất của vật phẩm IOX 10 có thể được xác định (ví dụ, được suy ra) từ phổ mode 113 của vật phẩm IOX biến đổi. Trong quy trình IOX biến đổi, ion biến đổi IM được trao đổi đối với các ion nền IS cũng như đối với các ion thay thế I1 mà được bổ sung vào nền trên cơ sở thủy tinh 11 trong quy trình IOX thứ nhất hoặc ban đầu để tạo ra chiết suất bề mặt mới n'_s , trong đó

$$n_s < n_1 < n'_s = n'_1.$$

Fig. 4B tương tự như Fig. 2B và thể hiện vật phẩm IOX biến đổi 10' thu được mà bao gồm vùng IOX biến đổi 20' xác định ống dẫn sóng IOX biến đổi 22'. Fig. 4C là đồ thị tương tự như của Fig. 2C nhưng chiết suất biến đổi $n'(x)$ của vùng IOX biến đổi 20' của Fig. 4B. Biên dạng chiết suất có vấn đề $n(x)$ đối với phần bề mặt ban đầu PS được thể hiện dưới dạng đường nét đứt. Biên dạng chiết suất biến đổi $n'(x)$ gần như giống với biên dạng chiết suất có vấn đề ban đầu $n(x)$ của Fig. 2C trong phần sâu DP nhưng có chiết suất lớn nhất mới (biến đổi) n'_1 ở bề mặt 12 (tức là, ở $x = 0$) sao cho $n'_1 = n'_s$, trong đó n'_s là chiết suất bề mặt mới (biến đổi).

Biên dạng chiết suất biến đổi $n'(x)$ khác với biên dạng chiết suất có vấn đề $n(x)$ chủ yếu nếu không dành riêng trong phần bề mặt được biến đổi PS' mà nằm ngay sát bề mặt 12 của vật phẩm IOX biến đổi 10' và mở rộng vào trong nền trên cơ sở thủy tinh 11 bởi khoảng cách biến đổi x_M . Lưu ý rằng biên dạng chiết suất biến đổi $n'(x)$ lúc này giảm đều đặn từ bề mặt 12 của vật phẩm IOX biến đổi 10'. Dấu hiệu này là dấu hiệu làm cho có thể đo ghép lăng kính của ống dẫn sóng IOX biến đổi 10' bằng cách sử dụng hệ thống ghép lăng kính 28 vì nó cho phép ánh sáng 62F ghép vào trong khoảng đầy đủ của các mode được dẫn được hỗ trợ bởi ống dẫn sóng IOX biến đổi 22' được xác định bởi vùng IOX biến đổi 20'.

Phần sâu PD' của biên dạng chiết suất biến đổi $n'(x)$ gần như giống như phần sâu PD của biên dạng chiết suất ban đầu $n(x)$ của vùng IOX ban đầu 20 (xem Fig. 1D). Phần sâu PD' của vùng IOX biến đổi 20' mở rộng từ khoảng cách biến đổi x_M

đến khoảng cách độ sâu của lớp x_D , và phần sâu này giữ gần như không bị ảnh hưởng bởi quy trình IOX biến đổi, tức là, gần như giống như phần sâu ban đầu PD.

Theo một ví dụ, Ag^+ được sử dụng làm ion biến đổi IM bởi vì nó có độ khuếch tán tương đối cao và tạo ra sự thay đổi chiết suất tương đối lớn. Hai đặc trưng này của ion biến đổi IM là đáng mong muốn bởi vì chúng cho phép sự biến đổi tương đối nhanh của phần bề mặt PS của biên dạng chiết suất ban đầu. Điều này về phần mình ngăn cản phần sâu PD của biên dạng chiết suất có vấn đề $n(x)$ khỏi việc thay đổi đáng kể. Theo các ví dụ khác, các ion biến đổi IM khác có thể được sử dụng, như Au^+ , Rb^+ , Cs^+ , và Cu^+ .

Đối chiếu lần nữa đến Fig. 3A, khi vật phẩm IOX ban đầu 10 được đo trong hệ thống ghép lăng kính 28, nó dẫn đến phổ mode 113 như được thể hiện trên Fig. 5A, trong đó không có vân TE hoặc TM 115E hoặc 115M có thể nhìn thấy được trong khi ranh giới TIR 116 bị mờ. Giả sử hệ thống ghép lăng kính 28 đang hoạt động bình thường, kết quả này dẫn đến kết luận rằng vật phẩm IOX ban đầu 10 không thể đo được bằng cách sử dụng hệ thống ghép lăng kính 28.

Lúc này, vật phẩm IOX ban đầu 10 được loại bỏ và được biến đổi (ô B1) để chuyển đổi vật phẩm IOX có vấn đề ban đầu 10 thành vật phẩm IOX biến đổi 10' như được mô tả trên đây. Theo cách khác, vật phẩm IOX ban đầu 10 được loại bỏ và một vật phẩm IOX khác từ tập hợp 10S của các vật phẩm IOX ban đầu (ví dụ, tất cả được chế tạo theo cách giống nhau, như trong quy trình theo mẻ chung trong quá trình sản xuất) được gửi đến ô B1 để biến đổi.

Sau đó, vật phẩm IOX biến đổi 10' thu được được cung cấp cho bộ đỡ 30 để đo bằng hệ thống ghép lăng kính 28. Fig. 5B là mô tả làm ví dụ của phổ mode được biến đổi 113' thu được. Phổ mode được biến đổi 113' của Fig. 5B có các vân TE và TM 115TE và 115TM với độ tương phản tương đối cao trong phần TIR 115 và phần không TIR 117.

Phổ mode được biến đổi 113' sau đó được sử dụng để xác định ít nhất một đặc trưng ứng suất của vật phẩm IOX ban đầu 10. Điều này được thực hiện bằng cách tính toán ít nhất một đặc trưng ứng suất đối với vật phẩm IOX biến đổi 10' và sau đó, xác

định (ví dụ, suy ra) ít nhất một đặc trưng ứng suất tương ứng đối với vật phẩm IOX ban đầu 10.

Điều này được thực hiện khả thi bởi vì phần sâu DP của vùng IOX ban đầu 20 giữ gần như không đổi bởi quy trình IOX biến đổi, vì vậy các kết quả đo ứng suất cho vùng này của vật phẩm IOX biến đổi 10' được giả định một cách hợp lý là gần như giống với các kết quả đo ứng suất đối với vật phẩm IOX ban đầu 10. Các kết quả đo ứng suất đối với phần bề mặt biến đổi PS của vật phẩm IOX biến đổi 10' không được sử dụng một cách trực tiếp vì phần bề mặt này đã được thay đổi để làm cho các phương pháp ghép lăng kính sử dụng được. Các đặc trưng ứng suất của phần bề mặt PS của ống dẫn sóng IOX ban đầu 10 thu được bằng cách ngoại suy từ phần sâu PD và bằng cách hiệu cách thức mà quy trình IOX biến đổi làm thay đổi biên dạng chiết suất và các đặc trưng ứng suất của phần bề mặt ban đầu PS. Khía cạnh này của các phương pháp đo được bộc lộ trong bản mô tả này được giải thích thêm nữa trong phần bản luận dưới đây liên quan đến các phép đo thực tế được thực hiện trên các vật phẩm IOX ban đầu và biến đổi được chế tạo.

Các kết quả thử nghiệm

Để trên cơ sở thủy tinh 13 được làm từ vật liệu thủy tinh silicat có thể trao đổi ion không Li chứa Na_2O và có độ dày TH là 1,1 mm được đưa vào quy trình IOX khởi đầu hoặc ban đầu bằng cách sử dụng KNO_3 100% khối lượng trong 100 giờ ở 460°C để tạo ra vật phẩm IOX ban đầu 10. Biên dạng chiết suất có vấn đề $n(x)$ thu được có dạng chung của Fig. 2C, với độ sâu của lớp DL là khoảng 200 μm . Các nỗ lực để đo phổ mode bằng cách sử dụng hệ thống ghép lăng kính FSM-6000LE là không thành công bởi vì các vân trong phổ mode bị mờ đến điểm không đọc được, như được thể hiện để minh họa trên Fig. 5A.

Vật phẩm IOX ban đầu 10 sau đó được đưa vào các quy trình IOX biến đổi như được mô tả trên đây bằng cách sử dụng các nồng độ tăng dần của Ag^+ làm ion biến đổi IM. Trong quy trình IOX biến đổi thứ nhất, vật phẩm IOX ban đầu 10 được xử lý trong bể muối chứa 99,950% khối lượng KNO_3 và 0,050% khối lượng AgNO_3 trong 1 giờ ở 390°C . Sau đó, vật phẩm IOX biến đổi 10' thu được được đặt vào trong hệ

thống ghép lăng kính 28 và phổ mode 113 được đo. Phổ mode 113 cho thấy độ rõ hơn ở ranh giới TIR 116, nhưng vẫn không có các vân có thể phân biệt được.

Sau đó, nồng độ của AgNO_3 được tăng lên trong bể muối đến 0,075% khối lượng và quy trình IOX được thực hiện trên vật phẩm IOX ban đầu 10 trong 1 giờ ở 390°C . Phổ mode cho thấy ranh giới TIR 116 rõ do chỉ số bề mặt n_s cao hơn và hai vân mode TE và hai vân mode TM 115TE và 115TM trong phần TIR 115 chỉ có thể phát hiện được bằng hệ thống ghép lăng kính. Điều này cho phép đo ứng suất bề mặt CS' của ống dẫn sóng IOX biến đổi 10'.

Sau đó, nồng độ của AgNO_3 được tăng lại trong ba quy trình IOX biến đổi nữa mà sử dụng 0,1% khối lượng AgNO_3 , 0,3% khối lượng AgNO_3 và 0,5% khối lượng AgNO_3 . Với các nồng độ AgNO_3 tăng dần, một số lượng lớn các vân được đặt sát nhau có độ tương phản tương đối cao 115TE và 115TM được quan sát thấy trong phổ mode được biến đổi 113', tương tự như phổ mode được biến đổi minh họa của Fig. 5B. Điều này cho thấy rằng ánh sáng 62F được ghép vào trong không chỉ các mode được dẫn bề mặt gần trong phần bề mặt biến đổi PS' của vùng IOX biến đổi 20' mà còn vào trong các mode được dẫn mà di chuyển trong phần sâu PD' của vùng IOX biến đổi. Các thí nghiệm thể hiện rằng nồng độ AgNO_3 có thể nằm trong khoảng từ 0,075% khối lượng đến 1% khối lượng để thực hiện sự biến đổi cần thiết của biên dạng chiết suất có vấn đề đối với vật phẩm IOX 10 đã cho.

Bảng 1 dưới đây là tóm tắt của các phép đo ghép lăng kính được thực hiện bằng cách sử dụng máy đo ứng suất bề mặt FSM-6000LE trên các vật phẩm IOX biến đổi 10' khác nhau được bàn luận trên đây. Ứng suất bề mặt được biểu thị là CS' và được đo theo MPa.

Bảng 1		
X AgNO_3 (% khối lượng)	Y KNO_3 (% khối lượng)	CS' (MPa)
0	100	0 (không thể đo được)
0,05	99,95	0 (không thể đo được)
0,075	99,925	313,7
0,1	99,9	302,1

0,3	99,7	222,4
0,5	99,5	201,0

Hệ số quang ứng suất (stress optical coefficient - SOC) đối với vật liệu thủy tinh được sử dụng để tạo ra vật phẩm IOX ban đầu 10 được lấy là $30,3 \times 10^{-7} (1/\text{MPa})$. Dữ liệu thể hiện rằng khi nồng độ của bạc tăng, thì ứng suất bề mặt CS' giảm. Điều này được kỳ vọng, do bạc có bán kính ion nhỏ hơn so với ion K^+ được khuếch tán vào trong ban đầu. Do đó, nếu thay thế Ag^+ cho K^+ ở phần bề mặt PS, thì sự giảm về ứng suất sẽ xảy ra đối với các thủy tinh không Li như vậy. Trong trường hợp thủy tinh trên cơ sở Li, sự giảm ứng suất giống như vậy có thể không xảy ra.

Như đã lưu ý trên đây, khi nhiều hơn so với chỉ hai vân trong phổ mode có thể được phát hiện, biên dạng ứng suất CS'(x) của vật phẩm IOX biến đổi 10' có thể được xác định bằng cách sử dụng các phương pháp WKB ngược (inverse WKB - IWKB) được bộc lộ làm ví dụ trong patent Hoa Kỳ số 9,140,054 nêu trên.

Theo một ví dụ, biên dạng ứng suất CS'(x) của vật phẩm IOX biến đổi 10' được tính toán bằng cách sử dụng các bước như sau bằng cách sử dụng phổ mode dẫn TM và TE 113' được đo bằng cách sử dụng các phương pháp ghép lăng kính chuẩn: a) xác định bằng kỹ thuật số từ các biên dạng cường độ TM và TE tương ứng của các phổ mode TM và TE tương ứng với các mode được dẫn TM và TE; b) xác định các vị trí của các cực trị cường độ của các biên dạng cường độ TM và TE, và tính toán các chiết suất hiệu quả TM và TE tương ứng từ các vị trí; c) tính toán các biên dạng chiết suất TM và TE $n_{\text{TM}}(x)$ và $n_{\text{TE}}(x)$ bằng cách sử dụng các chiết suất hiệu quả tính được, mà có thể được thực hiện bằng cách thực hiện phép tính toán WKB ngược dựa trên các chiết suất hiệu quả TM và TE hoặc bằng cách khớp các phổ mode TM và TE tính được với các phổ mode TM và TE đo được bằng cách sử dụng một hoặc nhiều nguyên hàm tương ứng đối với $n_{\text{TM}}(x)$ và $n_{\text{TE}}(x)$; d) tính toán biên dạng ứng suất $\text{CS}'(x) = [n_{\text{TM}}(x) - n_{\text{TE}}(x)]/\text{SOC}$, trong đó SOC là hệ số quang ứng suất đối với đế thủy tinh.

Theo một ví dụ khác, biên dạng ứng suất CS'(x) của vật phẩm IOX biến đổi 10' được tính toán bằng cách sử dụng các bước như sau sử dụng phổ mode dẫn TM và TE 113' được đo bằng cách sử dụng các phương pháp ghép lăng kính chuẩn: a) chụp

kỹ thuật số các phổ mode TM và TE của ống dẫn sóng quang 22' của vật phẩm IOX biến đổi 10'; b) xác định các vị trí của các cực trị cường độ của các phổ mode TM và TE; c) tính toán các chiết suất hiệu quả TM và TE tương ứng từ các vị trí; d) tính toán các biên dạng chiết suất TM và TE $n_{TM}(x)$ và $n_{TE}(x)$ từ các chiết suất hiệu quả bằng cách thực hiện phép tính toán WKB ngược lần lượt dựa trên các chiết suất hiệu quả TM và TE, hoặc khớp các phổ mode TM và TE tính được với các phổ mode TM và TE đo được bằng cách sử dụng một hoặc nhiều nguyên hàm đối với $n_{TM}(x)$ và $n_{TE}(x)$. Phương pháp này còn bao gồm việc tính toán biên dạng ứng suất $CS'(x) = [n_{TM}(x) - n_{TE}(x)]/SOC$.

Theo một ví dụ khác, biên dạng ứng suất $CS'(x)$ của vật phẩm IOX biến đổi 10' được tính toán bằng bộ điều khiển 150 của hệ thống ghép lăng kính 28, trong đó bộ điều khiển này có các chỉ dẫn được lưu giữ trong phương tiện đọc được bằng máy tính không truyền sóng mà khiến bộ điều khiển thực hiện các bước như sau: a) xác định các vị trí của các cực trị cường độ trong các phổ mode TM và TE; b) tính toán các chiết suất hiệu quả TM và TE tương ứng từ các vị trí; c) tính toán, từ các chiết suất hiệu quả TM và TE, các biên dạng chiết suất TM và TE $n_{TM}(x)$ và $n_{TE}(x)$, trong đó x là khoảng cách từ bề mặt 12, bằng cách thực hiện phép tính toán WKB ngược hoặc bằng cách khớp các phổ mode TM và TE tính được với các phổ mode TM và TE đo được bằng cách sử dụng một hoặc nhiều nguyên hàm đối với $n_{TM}(x)$ và $n_{TE}(x)$; và d) tính toán biên dạng ứng suất $CS'(x) = [n_{TM}(x) - n_{TE}(x)]/SOC$.

Ngay khi biên dạng ứng suất $CS'(x)$ của vật phẩm IOX biến đổi 10' được xác định, nó có thể được sử dụng để xác định một hoặc nhiều đặc trưng ứng suất của vật phẩm IOX ban đầu 10. Fig. 6A là đồ thị của biên dạng ứng suất $CS'(x)$ (MPa) so với vị trí x (μm) đối với các vật phẩm IOX biến đổi 10' làm ví dụ được xử lý bằng cách sử dụng bốn nồng độ $AgNO_3$ khác nhau là 0,075% khối lượng, 0,1% khối lượng, 0,3% khối lượng và 0,5% khối lượng. Fig. 6B là hình cận cảnh của một phần của đồ thị của Fig. 6A từ $x = 0$ đến $x = 50 \mu m$ (tức là, phần bề mặt PS), và thể hiện phép ngoại suy tuyến tính LE dựa trên các phần sâu DP của các đường cong đối với các nồng độ Ag khác nhau. Phép ngoại suy tuyến tính LE ước tính ứng suất bề mặt CS (tức là, $CS(0)$)

của vùng IOX ban đầu 20, tức là, như thể quy trình IOX Ag biến đổi không được thực hiện trên vật phẩm IOX biến đổi.

Do đó, biên dạng ứng suất $CS(x)$ của vật phẩm IOX ban đầu 10 được tính là một phần của biên dạng ứng suất $CS'(x)$ của vật phẩm IOX biến đổi 10' ở phần sâu PD' (trong đó $CS'(x) \approx CS(x)$) được kết hợp với phần được ngoại suy của biên dạng ứng suất $CS'(x)$ từ phần sâu đến bề mặt 12. Biên dạng ứng suất $CS(x)$ đối với vật phẩm IOX ban đầu 10 thu được theo cách này được thể hiện tách biệt trong các đồ thị của các Fig. 6C và 6D cho rõ.

Như đã lưu ý trên đây, việc tăng dần nồng độ Ag trong quy trình IOX biến đổi làm giảm ứng suất ở phần bề mặt PS, như có thể thấy trong các đồ thị của các Fig. 6A và 6B. Trong giới hạn khi nồng độ Ag tiến đến 0, ứng suất bề mặt thật CS của vật phẩm IOX ban đầu 10 được đem lại bằng cách mở rộng (ngoại suy) biên dạng ứng suất $CS'(x)$ thông qua phép ngoại suy tuyến tính LE từ phần sâu PD' thông qua phần bề mặt PS' và đến bề mặt 12 của vật phẩm IOX biến đổi. Hình cận cảnh của Fig. 6B thể hiện rằng phép ngoại suy tuyến tính LE thu được ứng suất bề mặt CS khoảng 380 MPa đối với vật phẩm IOX ban đầu 10 dựa trên hệ số quang ứng suất SOC đã cho đối với thủy tinh.

Ứng suất bề mặt CS' của vật phẩm IOX biến đổi 10' có thể liên quan đến ứng suất bề mặt CS của vật phẩm IOX ban đầu 10 bằng hệ số chuyển đổi ứng suất bề mặt F, tức là, $CS = F \cdot CS'$. Ví dụ, ứng suất bề mặt CS' của vật phẩm IOX biến đổi 10' từ đồ thị của Fig. 6B là 200 MPa đối với nồng độ Ag là 0,5% mol. Phép đo được ngoại suy tương ứng của ứng suất bề mặt CS đối với vật phẩm IOX ban đầu 10 là 380 MPa, mà thu được hệ số chuyển đổi ứng suất bề mặt $F = CS/CS' = 380/200 = 1,9$. Đối với nồng độ Ag là 0,1% mol, ứng suất bề mặt CS' là khoảng 310 MPa sao cho hệ số chuyển đổi ứng suất bề mặt F đối với quy trình IOX biến đổi này là $F = CS/CS' = 380/310 \approx 1,23$.

Kiểm soát chất lượng

Các phương pháp được bộc lộ trong bản mô tả này có thể được áp dụng theo các cách khác nhau để thực hiện việc kiểm soát chất lượng khi sản xuất các vật phẩm IOX 10. Theo một ví dụ, tất cả các vật phẩm IOX ban đầu 10 có thể được đưa vào sự

trao đổi IOX biến đổi sao cho các phép đo ghép lăng kính có thể được thực hiện và một hoặc nhiều đặc trưng ứng suất được đo. Trong khi cách tiếp cận này làm thay đổi ứng suất bề mặt, nó bảo đảm rằng các vật phẩm IOX 10 được sản xuất trong các dung sai thiết kế và sản xuất được lựa chọn nhất quán với các đặc trưng gia cường hóa học mong muốn của các vật phẩm IOX. Theo một ví dụ, ít nhất một đặc trưng ứng suất đo được được so sánh với ít nhất một trong số trị số đích và dung sai để đảm bảo rằng quy trình IOX ban đầu được sử dụng để tạo ra các vật phẩm IOX 10 thu được các kết quả mong muốn. Nếu ít nhất một đặc trưng ứng suất đo được không bằng trị số đích và nằm ngoài dung sai, thì quy trình IOX có thể được điều chỉnh theo đó để đưa các vật phẩm IOX 10 trở lại vào trong đặc điểm kỹ thuật.

Theo một ví dụ khác, các vật phẩm IOX 10 được lựa chọn được lấy từ tập hợp 10S của các vật phẩm IOX 10 được tạo ra bằng cách sử dụng quy trình sản xuất IOX giống nhau được đưa vào quy trình IOX biến đổi và sau đó, được đo để suy ra một hoặc nhiều đặc trưng ứng suất của các vật phẩm IOX ban đầu. Ứng suất bề mặt CS có thể được tính bằng cách sử dụng hệ thức $CS = F \cdot CS'$, trong đó như được lưu ý trên đây, hệ số chuyển đổi ứng suất bề mặt F có thể thu được từ các phép đo ứng suất của vật phẩm IOX biến đổi 10' như được thực hiện trên các Fig. 6A và 6B. Trị số của hệ số chuyển đổi ứng suất bề mặt F sẽ phụ thuộc vào nồng độ của ion biến đổi IM. Khi ion biến đổi IM là bạc, đối với thủy tinh không Li, hệ số chuyển đổi ứng suất bề mặt $F > 1$. Đối với các thủy tinh chứa Li hoặc đối với quy trình IOX biến đổi phức tạp hơn, hệ số chuyển đổi ứng suất bề mặt có thể có khoảng trị số rộng tương đối và cũng có thể nhỏ hơn 1.

Các phương pháp được bộc lộ trong bản mô tả này có các ưu điểm như sau: 1) khả năng để xác định các đặc tính và các đặc trưng liên quan đến ứng suất của vật phẩm IOX mà không đo được một cách trực tiếp bằng cách sử dụng các hệ thống và các phương pháp ghép lăng kính; 2) khả năng để thực hiện việc kiểm soát chất lượng khi sản xuất các vật phẩm IOX có các biên dạng chiết suất có vấn đề; 3) khả năng áp dụng cho nhiều loại thủy tinh thường được sử dụng trong việc xử lý IOX của các đế; 4) đặc tính kháng khuẩn ở bề mặt của vật phẩm IOX thông qua việc sử dụng bạc làm

ion biến đổi; và 5) độ sâu nén DOC có thể được đo trong các vật phẩm IOX với sâu độ của lớp DL sâu mà $DOC > 0,15 \cdot TH$.

Tính dễ vỡ

Trạng thái dễ vỡ hoặc “tính dễ vỡ” được dùng để chỉ trạng thái nứt vỡ cụ thể khi vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được đưa vào va chạm hoặc va đập. Như được sử dụng trong bản mô tả này, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh (và cụ thể là, vật phẩm IOX trên cơ sở thủy tinh như được xem xét trong bản mô tả này) được coi là không dễ vỡ khi nó thể hiện ít nhất một trong số đặc tính sau trong diện tích thử nghiệm làm kết quả của thử nghiệm tính dễ vỡ: (1) bốn mảnh hoặc ít hơn với kích thước lớn nhất là ít nhất 1 mm, và/hoặc (2) số lượng nhánh rẽ là ít hơn hoặc bằng số lượng nhánh nứt. Các mảnh, các nhánh rẽ, và các nhánh nứt được đếm dựa trên ô vuông 2 inơ x 2 inơ (2,54 cm x 2,54 cm) bất kỳ có tâm trên điểm va chạm. Do đó, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được coi là không dễ vỡ nếu nó đáp ứng một hoặc cả hai thử nghiệm (1) và (2) đối với ô vuông 2 inơ x 2 inơ (2,54 cm x 2,54 cm) bất kỳ có tâm trên điểm va chạm tại đó sự nứt vỡ được tạo ra theo quy trình được mô tả dưới đây.

Trong thử nghiệm tính dễ vỡ, đầu dò va chạm được cho tiếp xúc với vật phẩm trên cơ sở thủy tinh, với độ sâu đến mức đầu dò va chạm mở rộng vào trong vật phẩm trên cơ sở thủy tinh tăng dần trong các lần lặp lại tiếp xúc liên tiếp. Mức tăng độ sâu từng bước của đầu dò va chạm cho phép vết rạn được tạo ra bởi đầu dò va chạm để đạt đến vùng kéo trong khi ngăn cản việc tác động của ngoại lực dư mà sẽ ngăn cản việc xác định chính xác trạng thái dễ vỡ của thủy tinh. Nói theo cách khác, mức tăng độ sâu từng bước gần giống việc sử dụng lực chỉ vừa đủ để đạt đến vùng kéo và giải phóng năng lượng dự trữ. Theo một số phương án, khi lực chỉ vừa đủ được tác động, có sự trễ nhẹ giữa lực của đầu dò va chạm và việc nứt vỡ của thủy tinh. Theo một phương án, độ sâu của đầu dò va chạm trong thủy tinh có thể tăng khoảng 5 μm trong mỗi lần lặp lại, với đầu dò va chạm được tách ra khỏi sự tiếp xúc với thủy tinh giữa mỗi lần lặp lại. Diện tích thử nghiệm là ô vuông 2 inơ x 2 inơ (2,54 cm x 2,54 cm) bất kỳ có tâm tại điểm va chạm.

Fig. 7A mô tả kết quả thử nghiệm không dễ vỡ trên vật phẩm trên cơ sở thủy tinh thử nghiệm ở dạng vật phẩm IOX 10 hoặc 10' làm ví dụ. Như được thể hiện trên

FIG. 7A, diện tích thử nghiệm là ô vuông mà có tâm tại điểm va chạm 230, trong đó chiều dài của cạnh ô vuông a là 2 in (5,08 cm). Mẫu không dễ vỡ được thể hiện trên Fig. 7A bao gồm ba mảnh 242, và hai nhánh nứt 240 và một nhánh rẽ 250. Do đó, vật phẩm IOX 10 hoặc 10' không dễ vỡ được thể hiện trên Fig. 7A chứa ít hơn 4 mảnh có lớn nhất kích thước là ít nhất 1 mm và số lượng nhánh rẽ là ít hơn hoặc bằng số lượng nhánh nứt. Như được sử dụng trong bản mô tả này, nhánh nứt bắt đầu tại điểm va chạm, và một mảnh được coi là ở trong diện tích thử nghiệm nếu phần bất kỳ của mảnh kéo dài vào trong diện tích thử nghiệm.

Trong khi các lớp phủ, các lớp kết dính, và các lớp tương tự có thể được sử dụng cùng với các vật phẩm thủy tinh gia cường được mô tả trong bản mô tả này, các cản trở bên ngoài như vậy không được sử dụng trong việc xác định tính dễ vỡ hoặc trạng thái dễ vỡ của các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh. Theo một số phương án, màng mỏng mà không ảnh hưởng đến trạng thái nứt vỡ của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể được đưa vào vật phẩm trên cơ sở thủy tinh trước thử nghiệm tính dễ vỡ để ngăn cản sự bắn các mảnh từ vật phẩm thủy tinh, làm tăng độ an toàn cho người thực hiện thử nghiệm.

Fig. 7B mô tả kết quả thử nghiệm dễ vỡ trên vật phẩm thủy tinh thử nghiệm ở dạng vật phẩm IOX 10 hoặc 10' làm ví dụ. Vật phẩm IOX 10 hoặc 10' dễ vỡ bao gồm 5 mảnh 242 có kích thước lớn nhất là ít nhất 1 mm. Vật phẩm IOX 10 hoặc 10' được mô tả trên Fig. 7B bao gồm 2 nhánh nứt 240 và 3 nhánh rẽ 250, tạo ra nhiều nhánh rẽ hơn so với các nhánh nứt. Do đó, mẫu được mô tả trên Fig. 7B không thể hiện có bốn mảnh hoặc ít hơn hay số lượng nhánh rẽ ít hơn hoặc bằng số lượng nhánh nứt.

Trong thử nghiệm tính dễ vỡ được mô tả trong bản mô tả này, va chạm được phân phối đến bề mặt của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh với lực mà chỉ đủ để giải phóng năng lượng dự trữ nội tại có mặt trong vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được gia cường. Tức là, lực va chạm điểm là đủ để tạo ra ít nhất một vết nứt mới tại bề mặt của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được gia cường và kéo dài vết nứt qua vùng ứng suất nén CS (tức là, độ sâu của lớp) vào trong vùng mà dưới độ kéo trung tâm CT.

Sẽ rõ ràng đối với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này rằng các cải biến khác nhau đối với các phương án được ưu tiên của sáng chế như được mô tả

trong bản mô tả này có thể được thực hiện mà không vượt quá ý tưởng hoặc phạm vi của sáng chế như được xác định trong yêu cầu bảo hộ kèm theo. Do đó, sáng chế bao hàm các phương án cải biến và biến thể miễn là chúng nằm trong phạm vi của yêu cầu bảo hộ kèm theo và các phương án tương đương của chúng.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp xác định ít nhất một đặc trưng ứng suất của vật phẩm được trao đổi ion (ion-exchanged - IOX) ban đầu có bề mặt và vùng IOX chìm, vùng IOX chìm này có biên dạng chiết suất chìm mà ngăn cản vật phẩm IOX ban đầu không đo được bằng cách sử dụng hệ thống ghép lăng kính, phương pháp này bao gồm:

a) biến đổi vùng IOX chìm của vật phẩm IOX ban đầu ở phần bề mặt của vùng IOX chìm để tạo ra vật phẩm IOX biến đổi có biên dạng chiết suất không chìm mà cho phép vật phẩm IOX biến đổi đo được bằng cách sử dụng bộ ghép lăng kính;

b) đo phổ mode của vật phẩm IOX biến đổi bằng cách sử dụng hệ thống ghép lăng kính; và

c) xác định ít nhất một đặc trưng ứng suất của vật phẩm IOX ban đầu từ phổ mode của vật phẩm IOX biến đổi.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó c) bao gồm:

tính toán biên dạng ứng suất bằng cách sử dụng phổ mode; và

xác định ít nhất một đặc trưng ứng suất của vật phẩm IOX ban đầu từ biên dạng ứng suất của vật phẩm IOX biến đổi.

3. Phương pháp theo điểm 2, trong đó ít nhất một đặc trưng ứng suất bao gồm ứng suất bề mặt, và trong đó c) bao gồm việc ngoại suy biên dạng ứng suất thông qua phần bề mặt và đến bề mặt của vật phẩm IOX ban đầu để ước tính ứng suất bề mặt của vật phẩm IOX ban đầu có biên dạng chiết suất chìm.

4. Phương pháp theo điểm 1, trong đó ít nhất một đặc trưng ứng suất được chọn từ nhóm các đặc trưng ứng suất bao gồm: ứng suất nén bề mặt, tính lưỡng chiết, biên dạng ứng suất nén, độ kéo trung tâm, và độ sâu nén.

5. Phương pháp theo điểm 1, trong đó vật phẩm IOX ban đầu và vật phẩm IOX biến đổi là dễ vỡ.

6. Phương pháp theo điểm 1, trong đó vật phẩm IOX ban đầu và vật phẩm IOX biến đổi là không dễ vỡ.
7. Phương pháp theo điểm 1, trong đó vật phẩm IOX ban đầu có độ dày TH nằm trong khoảng từ 50 micron đến 2000 micron.
8. Phương pháp theo điểm 7, trong đó vật phẩm IOX ban đầu có độ sâu nén DOC $> 0,15 \cdot TH$.
9. Phương pháp theo điểm 1, trong đó việc biến đổi của vùng IOX chìm bao gồm việc thực hiện quy trình IOX biến đổi.
10. Phương pháp theo điểm 9, trong đó quy trình IOX biến đổi sử dụng ion khuếch tán vào trong được chọn từ nhóm các ion bao gồm: Ag^+ , Au^+ , Rb^+ , Cs^+ , và Cu^+ .
11. Phương pháp theo điểm 9, trong đó quy trình IOX biến đổi bao gồm việc ngâm vật phẩm IOX ban đầu trong dung dịch chứa $AgNO_3$, trong đó $AgNO_3$ có nồng độ trong dung dịch nằm trong khoảng từ 0,075% khối lượng đến 1% khối lượng.
12. Phương pháp theo điểm 1, trong đó vật phẩm IOX ban đầu bao gồm thủy tinh nhôm silicat hoặc thủy tinh borosilicat.
13. Phương pháp theo điểm 1, trong đó vùng IOX chìm có độ sâu của lớp DL lớn hơn 100 micron.
14. Phương pháp theo điểm 13, trong đó phần bề mặt của vùng IOX chìm mở rộng vào trong vật phẩm IOX ban đầu từ bề mặt đến độ sâu D_{PS} , trong đó $(0,05) \cdot DL \leq D_{PS} \leq (0,5) \cdot DL$.

15. Phương pháp theo điểm 1, trong đó vùng IOX chìm có chiết suất lớn nhất mà nằm dưới bề mặt ở độ sâu thứ nhất, và trong đó phần bề mặt của vùng IOX chìm mở rộng đến ít nhất độ sâu thứ nhất.

16. Phương pháp theo điểm 1, trong đó vùng IOX chìm được tạo ra bằng cách sử dụng quy trình IOX $K^+ - Na^+$ hoặc quy trình IOX $K^+ - Li^+$.

17. Phương pháp xác định ít nhất là ứng suất bề mặt CS của vật phẩm được trao đổi ion (IOX) có bề mặt và vùng IOX chìm, vùng IOX chìm này có biên dạng chiết suất chìm mà ngăn cản vật phẩm IOX không đo được bằng cách sử dụng hệ thống ghép lăng kính, phương pháp này bao gồm:

a) biến đổi vùng IOX chìm ở phần bề mặt của vùng IOX chìm bằng cách thực hiện quy trình IOX biến đổi trong khi để phần sâu của vùng IOX chìm gần như không đổi để xác định biên dạng chiết suất không chìm có ứng suất bề mặt biến đổi CS' khác với ứng suất bề mặt CS nhưng cho phép vật phẩm IOX đo được bằng cách sử dụng bộ ghép lăng kính;

b) đo biên dạng ứng suất nén của vật phẩm IOX như được biến đổi ở bước a) bằng cách sử dụng hệ thống ghép lăng kính; và

c) ngoại suy biên dạng ứng suất đo được đối với phần sâu của vùng IOX chìm thông qua phần bề mặt của vùng IOX chìm và đến bề mặt của vật phẩm IOX để xác định ứng suất bề mặt CS.

18. Phương pháp theo điểm 17, trong đó vật phẩm IOX là dễ vỡ.

19. Phương pháp theo điểm 17, trong đó vật phẩm IOX là không dễ vỡ.

20. Phương pháp theo điểm 17, trong đó vật phẩm IOX có độ dày TH nằm trong khoảng từ 50 micron đến 2000 micron.

21. Phương pháp theo điểm 20, trong đó vật phẩm IOX có độ sâu nén $DOC > 0,15 \cdot TH$.

22. Phương pháp theo điểm 17, trong đó quy trình IOX biến đổi bao gồm việc ngâm vật phẩm IOX trong dung dịch nóng chảy chứa AgNO_3 , trong đó AgNO_3 có nồng độ trong dung dịch nóng chảy nằm trong khoảng từ 0,075% khối lượng đến 1% khối lượng.
23. Phương pháp theo điểm 17, trong đó vật phẩm IOX bao gồm thủy tinh nhôm silicat hoặc thủy tinh borosilicat.
24. Phương pháp theo điểm 17, trong đó vùng IOX chìm có độ sâu của lớp DL lớn hơn 100 micron, và trong đó phần bề mặt của vùng IOX chìm mở rộng vào trong vật phẩm IOX từ bề mặt đến độ sâu D_{PS} , trong đó $(0,05) \cdot DL \leq D_{PS} \leq (0,5) \cdot DL$.
25. Phương pháp theo điểm 17, trong đó vùng IOX chìm được tạo ra bằng cách sử dụng quy trình IOX $\text{K}^+ - \text{Na}^+$ hoặc quy trình IOX $\text{K}^+ - \text{Li}^+$.
26. Phương pháp theo điểm 17, trong đó phương pháp này còn bao gồm việc xác định ứng suất bề mặt CS từ phép đo ứng suất bề mặt biến đổi CS' thông qua hệ thức $CS = F \cdot CS'$, trong đó F là hệ số chuyển đổi ứng suất bề mặt.
27. Phương pháp kiểm soát chất lượng để chế tạo vật phẩm được trao đổi ion (IOX) có bề mặt và vùng IOX chìm, vùng IOX chìm này có biên dạng chiết suất chìm mà ngăn cản vật phẩm IOX không đo được bằng cách sử dụng hệ thống ghép lăng kính, phương pháp này bao gồm:
- a) lựa chọn vật phẩm IOX từ tập hợp các vật phẩm IOX được tạo ra bằng cách sử dụng quy trình IOX chung;
 - b) biến đổi vùng IOX chìm của vật phẩm IOX được lựa chọn ở phần bề mặt của vùng IOX chìm để xác định biên dạng chiết suất không chìm mà cho phép vật phẩm IOX đo được bằng cách sử dụng bộ ghép lăng kính;
 - c) đo phổ mode của vật phẩm IOX được lựa chọn như được biến đổi ở bước b) bằng cách sử dụng hệ thống ghép lăng kính;

d) xác định từ phổ mode ít nhất một đặc trưng ứng suất của vật phẩm IOX được lựa chọn như được biến đổi ở bước b); và

e) so sánh ít nhất một đặc trưng ứng suất xác định được với ít nhất một trong số trị số đích và dung sai đối với ít nhất một đặc trưng ứng suất.

28. Phương pháp theo điểm 27, trong đó ít nhất một đặc trưng ứng suất được chọn từ nhóm các đặc trưng ứng suất bao gồm: ứng suất nén bề mặt, tính lưỡng chiết, biên dạng ứng suất nén, độ kéo trung tâm, và độ sâu nén.

29. Phương pháp theo điểm 27, trong đó d) bao gồm:
tính toán biên dạng ứng suất bằng cách sử dụng phổ mode; và
xác định ít nhất một đặc trưng ứng suất từ biên dạng ứng suất.

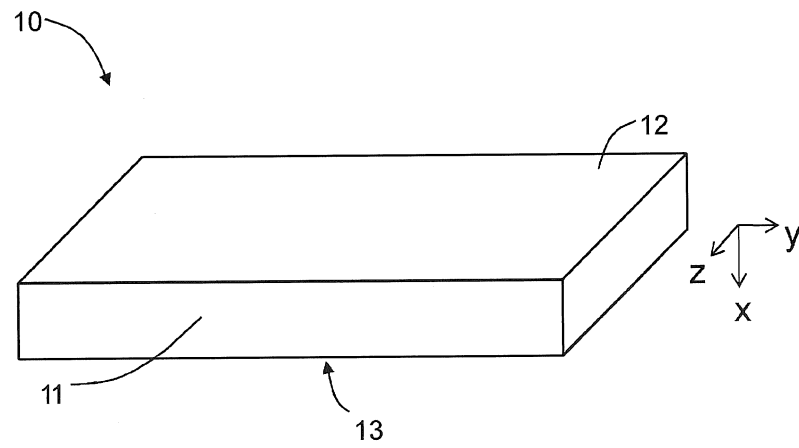
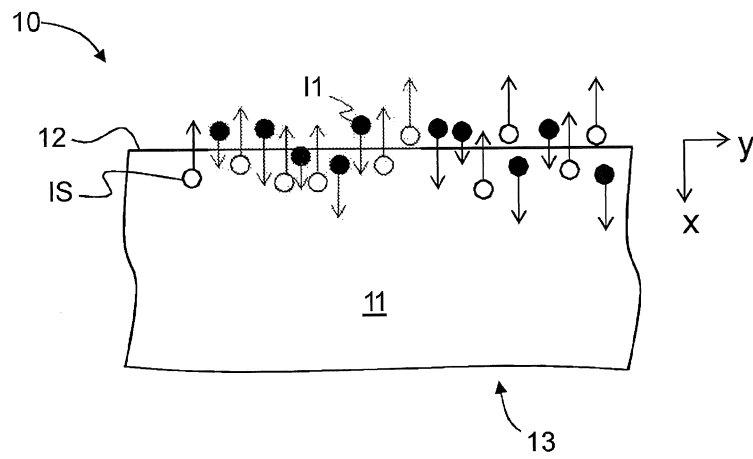
30. Phương pháp theo điểm 27, trong đó vật phẩm IOX là dễ vỡ.

31. Phương pháp theo điểm 27, trong đó vật phẩm IOX là không dễ vỡ.

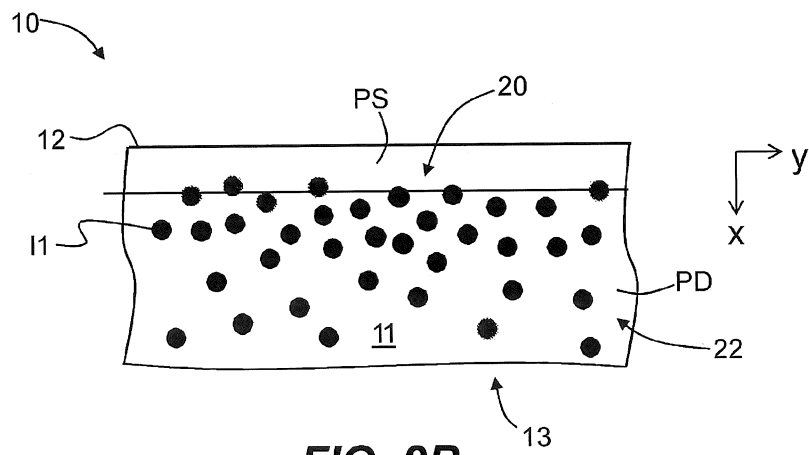
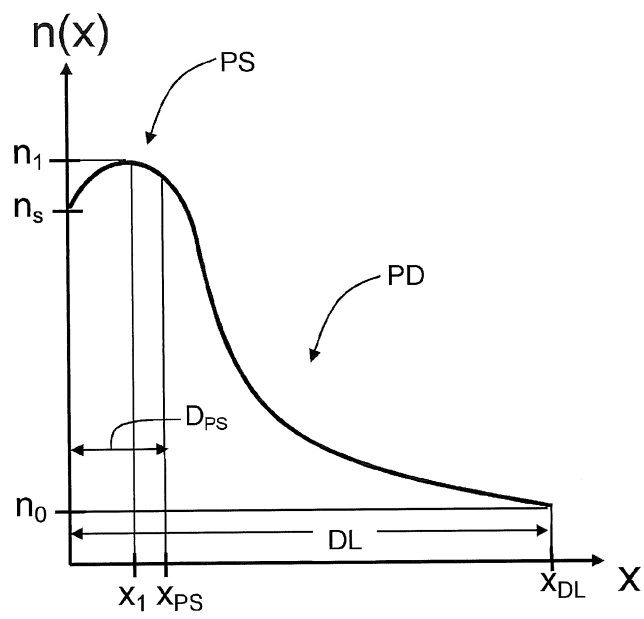
32. Phương pháp theo điểm 27, trong đó vật phẩm IOX có độ dày TH nằm trong khoảng từ 50 micron đến 2000 micron.

33. Phương pháp theo điểm 32, trong đó vật phẩm IOX có độ sâu nén $DOC > 0,15 \cdot TH$.

1/13

**FIG. 1****FIG. 2A**

2/13

**FIG. 2B****FIG. 2C**

3/13

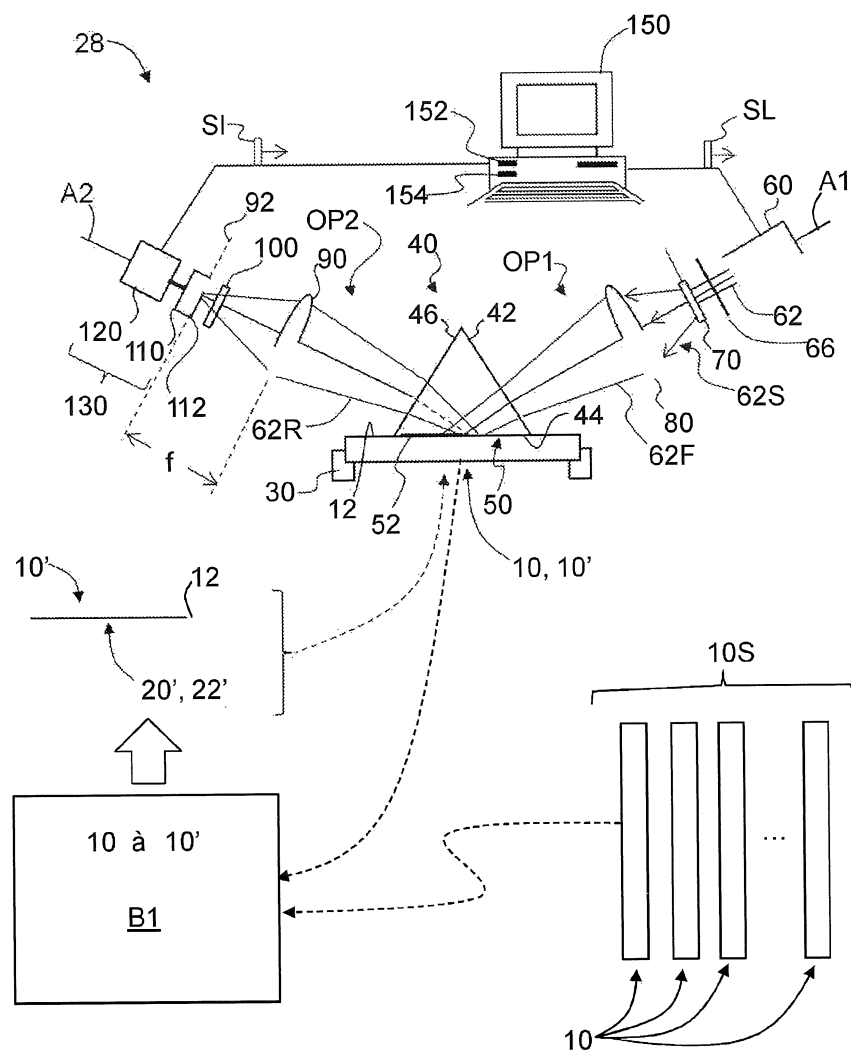
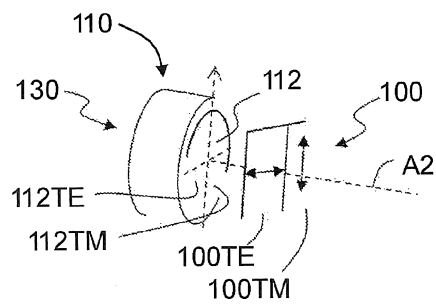
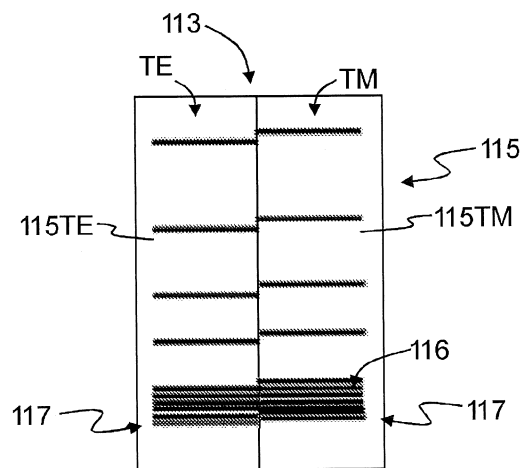
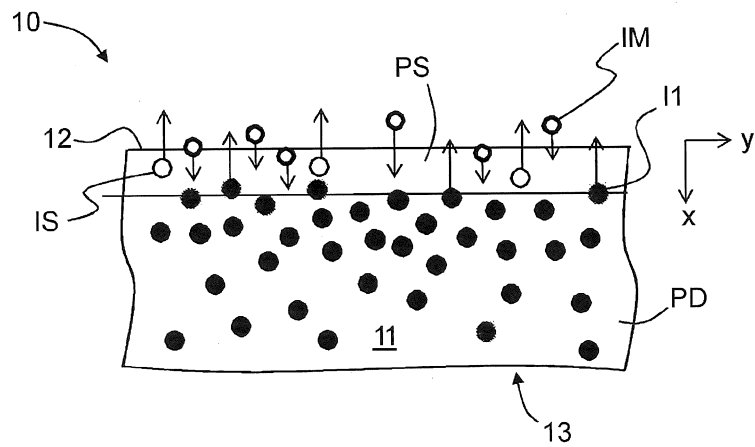
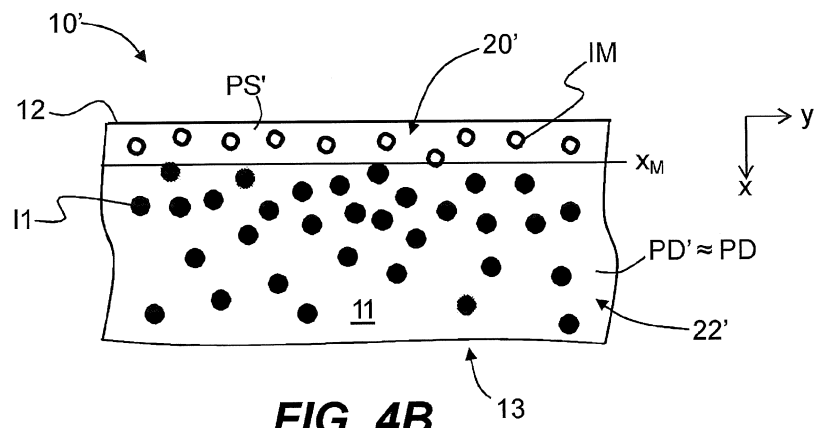


FIG. 3A

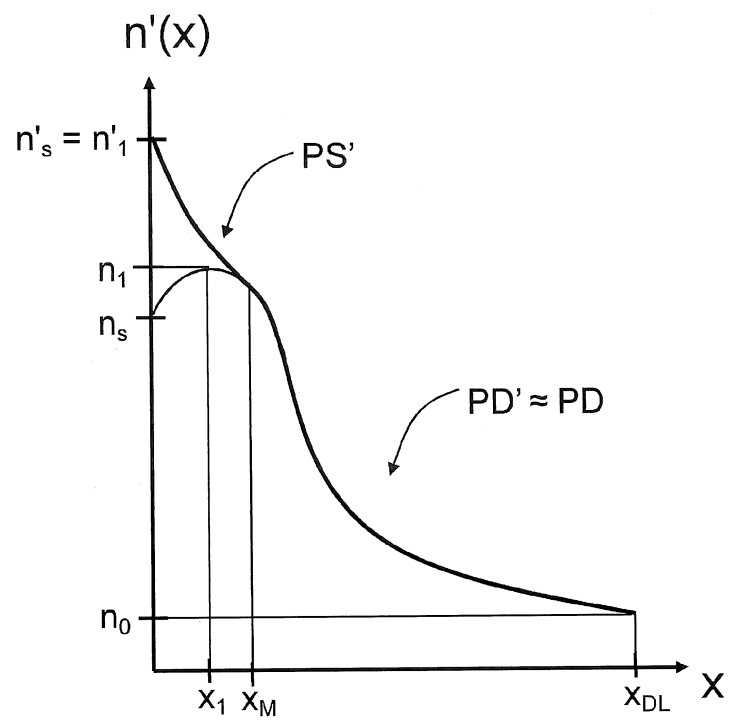
4/13

**FIG. 3B****FIG. 3C**

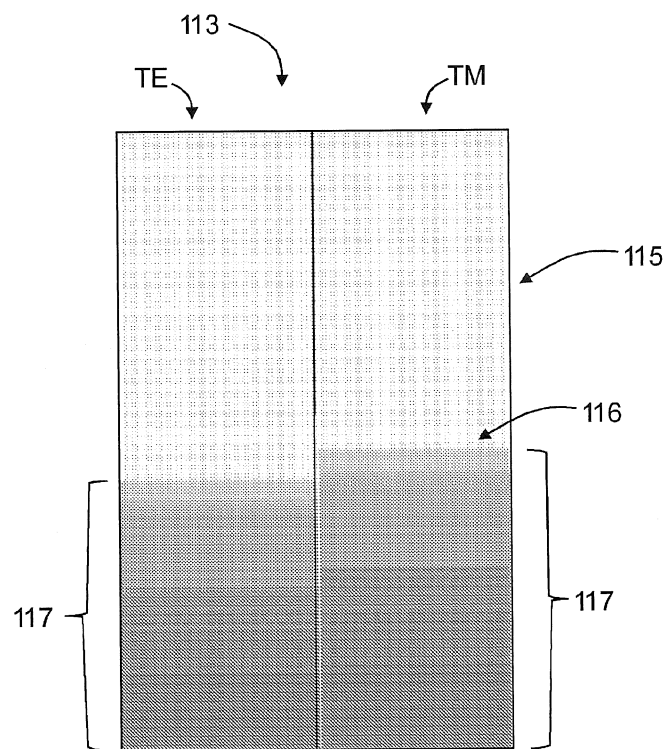
5/13

**FIG. 4A****FIG. 4B**

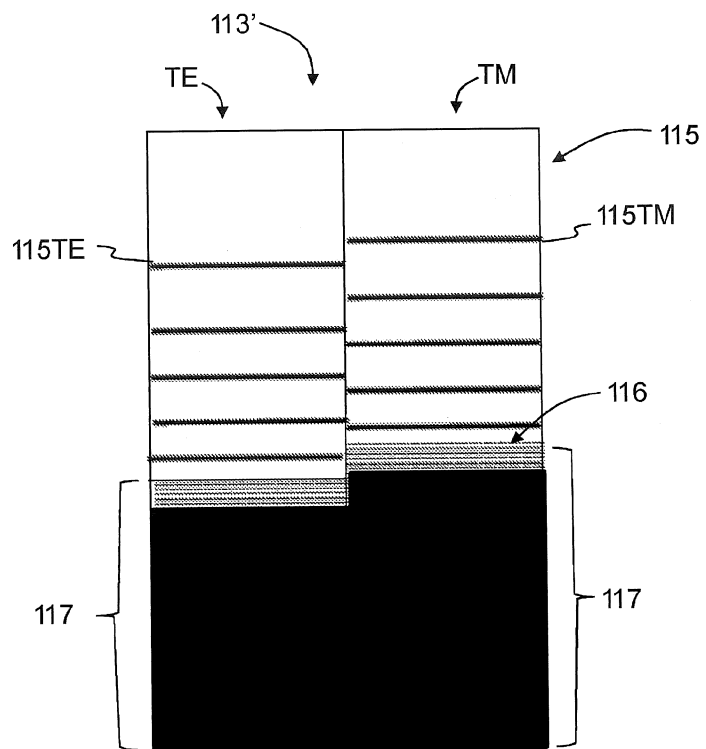
6/13

**FIG. 4C**

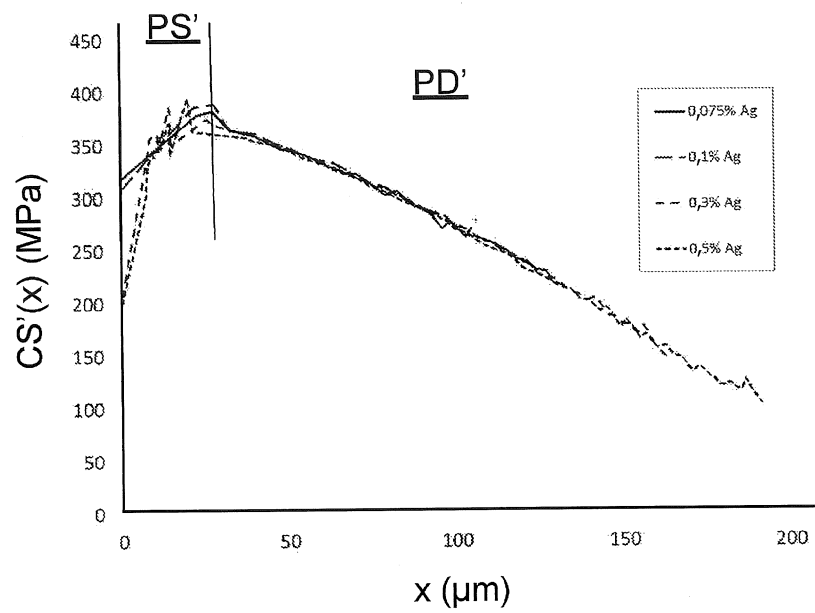
7/13

**FIG. 5A**

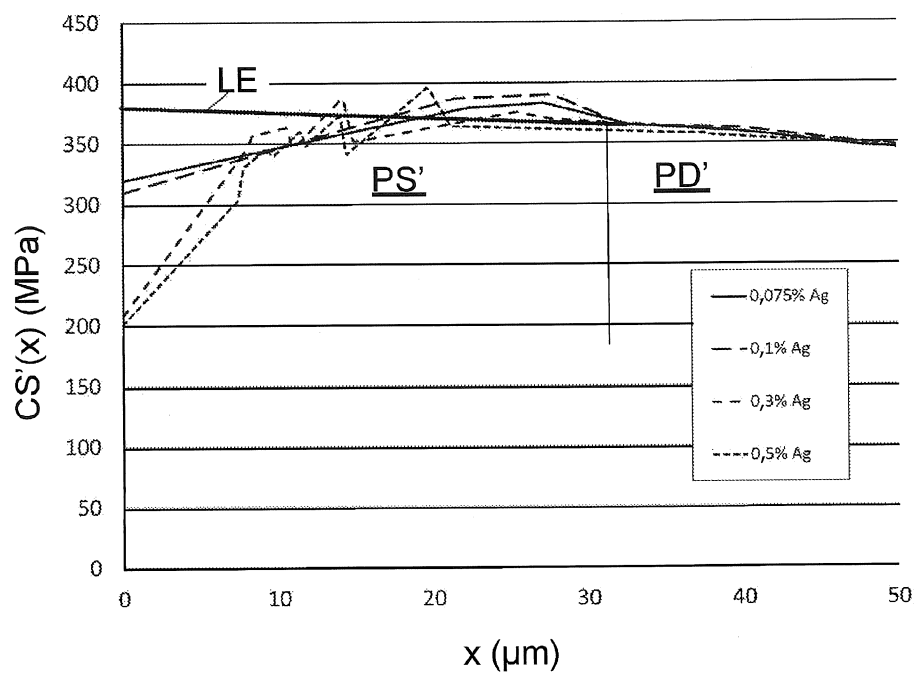
8/13

**FIG. 5B**

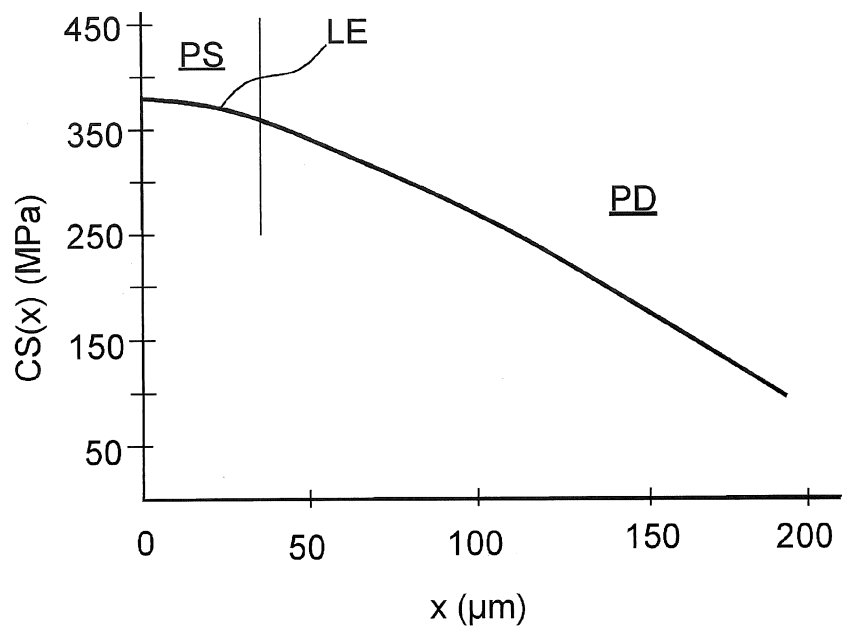
9/13

**FIG. 6A**

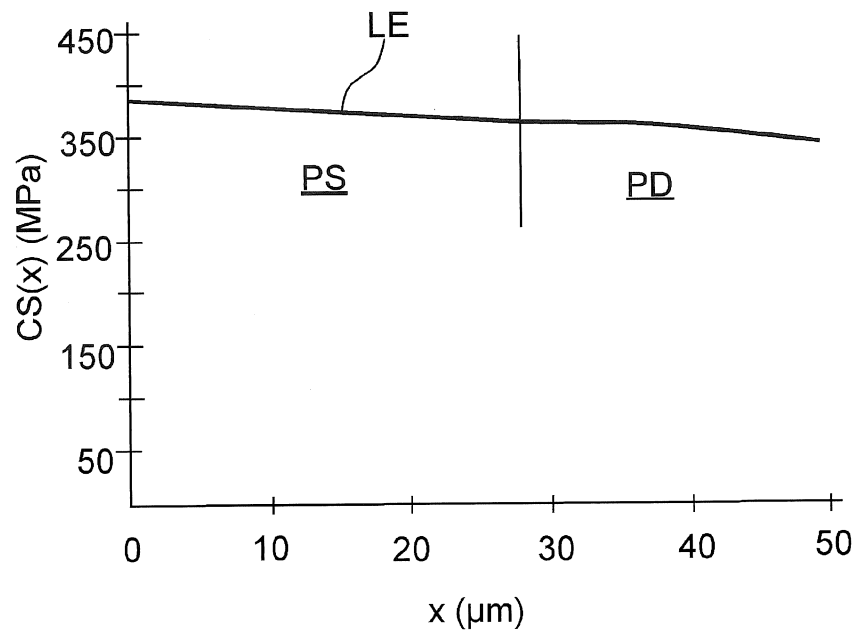
10/13

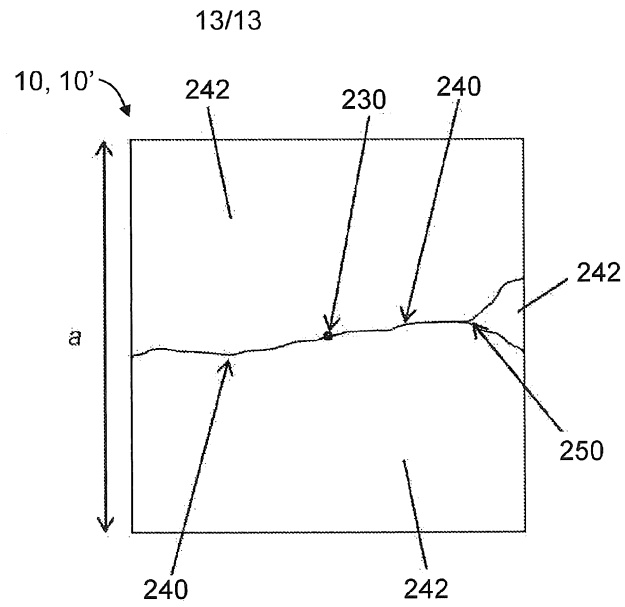
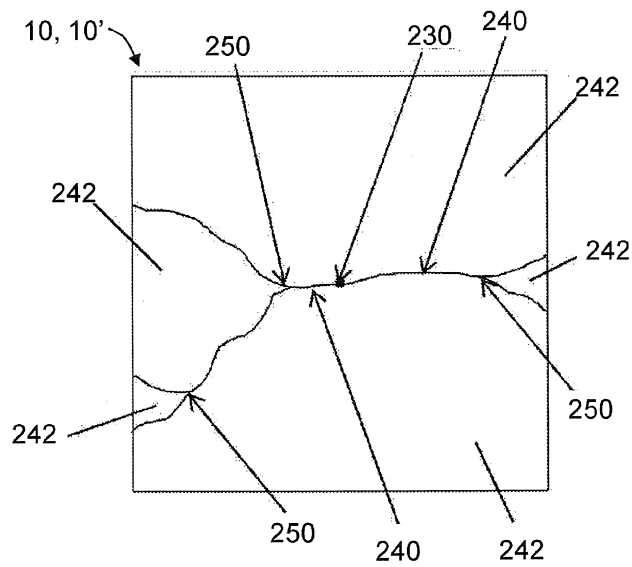
**FIG. 6B**

11/13

**FIG. 6C**

12/13

**FIG. 6D**

**FIG. 7A****FIG. 7B**