



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN) (11)  
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ



1-0042400

(51)<sup>8</sup> C03C 3/093; C03C 3/097; C03C 21/00 (13) B

(21) 1-2018-04998

(22) 20/04/2017

(86) PCT/US2017/028488 20/04/2017

(87) WO2017/184803 26/10/2017

(30) 62/325,353 20/04/2016 US

(45) 27/01/2025 442

(43) 25/01/2019 370A

(73) CORNING INCORPORATED (US)

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

(72) ROUSSEV, Rostislav Vatchev (BG); SMITH, Charlene Marie (US).

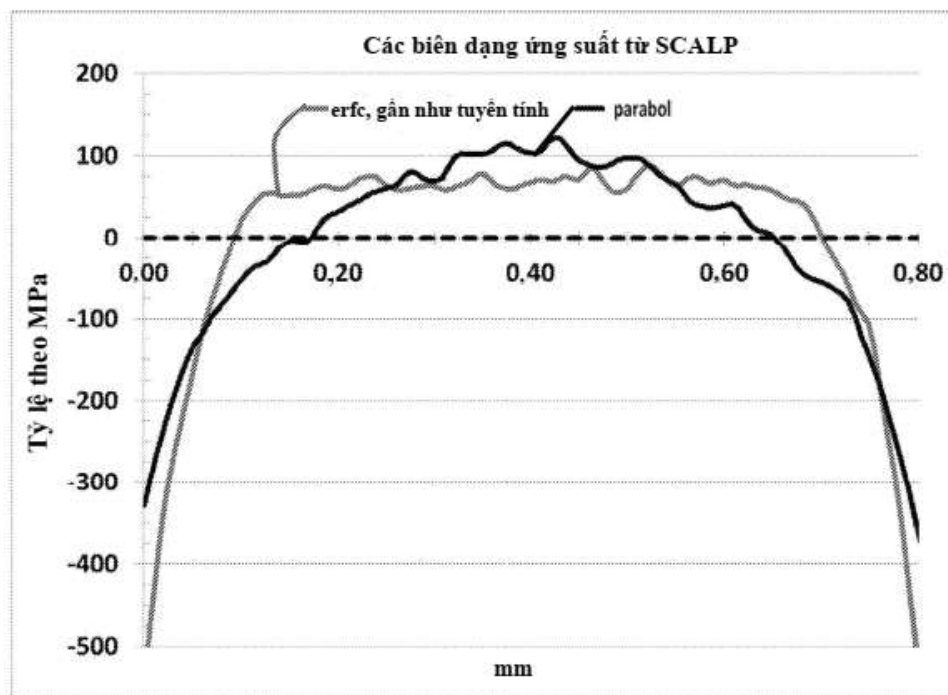
(74) Công ty Luật TNHH T&G (TGVN)

(54) VẬT PHẨM GỐC THỦY TINH ĐƯỢC GIA CƯỜNG HOÁ HỌC VÀ PHƯƠNG  
PHÁP CHẾ TẠO VẬT PHẨM NÀY

(21) 1-2018-04998

(57) Sáng chế đề cập đến các phương pháp tạo ra vật phẩm gốc thủy tinh đã được gia cường hóa học. Các phương pháp bao gồm các bước: tạo ra chất nền gốc thủy tinh có bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai đối diện bề mặt thứ nhất xác định chiều dày (t), chiều dài, chiều rộng, và khối lượng; và bước trao đổi ion các ion kiềm vào trong chất nền gốc thủy tinh để tạo ra nồng độ oxit kim loại kiềm khác không thay đổi dọc theo ít nhất phần chiều dày đáng kể (t). Bước trao đổi ion bao gồm bước nhúng chất nền gốc thủy tinh vào bể muối nóng chảy bao gồm ít nhất khoảng 90% theo khối lượng  $\text{KNO}_3$ , và nhỏ hơn khoảng 10% theo khối lượng  $\text{NaNO}_3$  trong thời gian trong khoảng từ 70% đến 130% thời gian trao đổi ion mà tạo ra ứng suất kéo trung tâm đỉnh (CT) với cùng hợp phần bề muối nóng chảy và nhiệt độ. Sáng chế còn đề cập đến các vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion được tạo ra bởi các phương pháp nêu trên.

FIG. 14



### **Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập**

Sáng chế đề cập đến các vật phẩm gốc thủy tinh có độ chống vỡ được cải thiện, có khả năng chống nứt cải thiện, và cụ thể hơn đề cập đến các vật phẩm thủy tinh và thủy tinh gồm có gradien nồng độ oxit kim loại khác không hoặc nồng độ mà thay đổi dọc theo phần chiều dày đáng kể.

### **Tình trạng kỹ thuật của sáng chế**

Các vật phẩm gốc thủy tinh thường chịu các va đập mạnh có thể gây ra các nứt vỡ lớn đối với bề mặt của các vật phẩm này. Các nứt vỡ này có thể kéo dài đến các chiều sâu lên tới khoảng 200 micromét từ bề mặt. Theo cách truyền thống, thủy tinh đã được tôi nhiệt đã được sử dụng để chống các tổn hại gây ra bởi sự hình thành của các nứt vỡ này bên trong thủy tinh do thủy tinh đã được tôi nhiệt thường có các lớp ứng suất nén lớn (CS: compressive stress) (ví dụ xấp xỉ 21% tổng chiều dày của thủy tinh), để có thể ngăn không cho các nứt vỡ tiếp tục lan vào trong thủy tinh và do vậy có thể chống chịu sự nứt vỡ. Ví dụ về biên dạng ứng suất mà được sinh ra nhờ quá trình tôi nhiệt được thể hiện trên Fig.1. Trên Fig.1, vật phẩm gốc thủy tinh đã được xử lý nhiệt 100 bao gồm bề mặt thứ nhất 101, chiều dày  $t_1$ , và CS bề mặt 110. Vật phẩm gốc thủy tinh đã được xử lý nhiệt 100 có CS giảm từ bề mặt thứ nhất 101 đến độ sâu nén (DOC: depth of compression) 130, như được xác định trong bản mô tả này, mà ở đó chiều sâu ứng suất thay đổi từ ứng suất nén thành ứng suất kéo và đạt ứng suất kéo trung tâm (CT: central tension) tối đa 120.

Tôi nhiệt hiện tại được giới hạn ở các vật phẩm gốc thủy tinh dày (tức là, các vật phẩm gốc thủy tinh có chiều dày  $t_1$  bằng khoảng 3 milimét hoặc lớn hơn) do, để đạt được sự gia cường nhiệt và đạt được các ứng suất dư mong muốn, gradien nhiệt thích hợp phải được tạo ra giữa phần lõi của các vật phẩm này và bề mặt. Các vật phẩm dày này là không mong muốn hoặc không thiết thực trong nhiều ứng dụng như màn hiển thị (ví dụ các thiết bị điện tử tiêu dùng, bao gồm điện thoại di động, máy

tính bảng, máy tính, hệ thống điều hướng, và ứng dụng tương tự), trong kiến trúc (ví dụ, cửa sổ, panen sen vôi, các bề mặt ốp, v.v.), trong giao thông (ví dụ, ô tô, tàu hỏa, máy bay, tàu biển, v.v.), trong các thiết bị hoặc ứng dụng bất kỳ mà cần vật phẩm mỏng và nhẹ mà có độ bền chống nứt vỡ cao.

Mặc dù gia cường hóa học không bị giới hạn bởi chiều dày của vật phẩm gốc thủy tinh theo cách giống như tôi nhiệt, các vật phẩm gốc thủy tinh đã biết được gia cường hóa học không có biên dạng ứng suất của các vật phẩm gốc thủy tinh đã được tôi nhiệt. Ví dụ về biên dạng ứng suất sinh ra bởi quá trình gia cường hóa học (ví dụ nhờ quá trình trao đổi ion), được thể hiện trên Fig.2. Trên Fig.2, vật phẩm gốc thủy tinh được gia cường hóa học 200 bao gồm bề mặt thứ nhất 201, chiều dày  $t_2$  và CS bề mặt 210. Vật phẩm gốc thủy tinh 200 có CS giảm từ bề mặt thứ nhất 201 đến DOC 230, như được xác định trong bản mô tả này, mà ở đó chiều sâu ứng suất thay đổi từ ứng suất nén thành ứng suất kéo và đạt CT tối đa 220. Như được thể hiện trên Fig.2, các biên dạng này có vùng CT hoặc vùng CT hầu như phẳng ứng suất kéo không đổi hoặc hầu như không đổi dọc theo ít nhất một phần của vùng CT. Thông thường, các vật phẩm gốc thủy tinh đã biết được gia cường hóa học có trị số CT tối đa thấp hơn, so với trị số CT tối đa được thể hiện trên Fig.1.

Ngoài ra, các quá trình trao đổi ion mà có thể được sử dụng trong gia cường hóa học, cụ thể là với nguyên tử nặng, lớn được trao đổi vào thủy tinh cho ion nhỏ hơn có thể dẫn đến việc tăng khối lượng và các kích thước không mong muốn ở chất nền. Các thay đổi này có thể là vấn đề lớn đối với các vật phẩm gốc thủy tinh có các mép vát hoặc các đặc điểm bất đối xứng khác. Trong các vật phẩm gốc thủy tinh này, các thay đổi về khối lượng và kích thước dẫn tới sự cong vênh. Các phương pháp để giảm các thay đổi về hình dạng không mong muốn này trong phần cuối cùng (lớn hơn và/hoặc cong vênh), sau khi trao đổi ion, có thể cần có bước khắc hoặc đánh bóng để loại bỏ một cách chủ động vật liệu, nhờ đó tạo ra phần có các đặc tính mong muốn. Tuy nhiên, các quy trình này cần thực hiện nhiều hơn các bước bổ sung vào sản xuất; đây là sự tốn kém và do bước xử lý tăng có thể dẫn đến giảm năng suất của các phần hoàn thiện. Ngoài ra, các bước xử lý bổ sung thường sẽ gây ra sự suy giảm

không mong muốn CS đỉnh cụ thể là, khả năng làm suy giảm không mong muốn về chiều dày đỉnh.

Do đó, nhu cầu cần có các vật phẩm dựa vào thủy tinh mỏng mà có độ bền chống nứt vỡ được cải thiện cũng như phương pháp thực hiện các quá trình trao đổi ion cải thiện để làm giảm các thay đổi không mong muốn trong vật phẩm gốc thủy tinh.

### **Bản chất kỹ thuật của sáng chế**

Khía cạnh thứ nhất của sáng chế đề cập đến vật phẩm gốc thủy tinh có bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai đối diện bề mặt thứ nhất xác định chiều dày ( $t$ ); nồng độ của oxit kim loại là cả khác không và thay đổi dọc theo chiều dày nằm trong khoảng từ khoảng  $0 \cdot t$  đến khoảng  $0,3 \cdot t$ ; và vùng ứng suất kéo trung tâm (CT) bao gồm CT tối đa lớn hơn hoặc bằng  $71,5/\sqrt{t}$ , trong đó, khi vật phẩm gốc thủy tinh bị nứt vỡ, vật phẩm gốc thủy tinh nứt vỡ thành ít nhất 2 mảnh vụn/in-so<sup>2</sup> (mảnh vụn trên một in-sơ vuông). Như được sử dụng trong bản mô tả này, sự biến thiên về nồng độ oxit kim loại có thể được gọi ở đây là gradien nồng độ oxit kim loại. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, nồng độ của oxit kim loại khác không và thay đổi dọc theo toàn bộ chiều dày. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, vùng CT có thể bao gồm nồng độ oxit kim loại là cả khác không và thay đổi dọc theo chiều dày nằm trong khoảng từ khoảng  $0 \cdot t$  đến khoảng  $0,3 \cdot t$ . Vật phẩm gốc thủy tinh theo một hoặc nhiều phương án thực hiện có thể bao gồm chiều dày  $t$  bằng khoảng 3 milimét (mm), nhỏ hơn hoặc bằng nhỏ hơn hoặc bằng 2 mm, hoặc khoảng 1 mm nhỏ hơn hoặc bằng.

Khía cạnh thứ hai của sáng chế đề cập đến vật phẩm gốc thủy tinh có bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai đối diện bề mặt thứ nhất xác định chiều dày ( $t$ ) bằng khoảng nhỏ hơn khoảng 3 milimét, và biên dạng ứng suất kéo dài dọc theo chiều dày, trong đó tất cả các điểm của biên dạng ứng suất giữa chiều dày nằm trong khoảng từ khoảng  $0 \cdot t$  lên tới  $0,3 \cdot t$  và từ lớn hơn  $0,7 \cdot t$ , bao gồm đường tiếp tuyến có trị số tuyệt đối mà lớn hơn khoảng 0,1 MPa/micromét, trong đó biên dạng ứng suất bao gồm CS tối đa, DOC và CT tối đa lớn hơn hoặc bằng  $71,5/\sqrt{t}$ , trong đó tỷ lệ của CT tối đa với CS tối đa nằm trong khoảng từ khoảng 0,01 đến khoảng 0,2 và trong đó DOC bằng khoảng  $0,1 \cdot t$  hoặc lớn hơn.

Khía cạnh thứ ba của sáng chế đề cập đến vật phẩm gốc thủy tinh có bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai đối diện bề mặt thứ nhất xác định chiều dày ( $t$ ); và nồng độ của oxit kim loại là cả khác không và thay đổi dọc theo chiều dày nằm trong khoảng từ khoảng  $0 \cdot t$  đến khoảng  $0,3 \cdot t$  (hoặc từ khoảng  $0 \cdot t$  đến khoảng  $0,4 \cdot t$  hoặc từ khoảng  $0 \cdot t$  đến khoảng  $0,45 \cdot t$ ), ứng suất nén bề mặt lớn hơn khoảng 200 MPa hoặc lớn hơn; và vùng CT có CT tối đa lớn hơn hoặc bằng  $71,5/\sqrt{t}$ .

Khía cạnh thứ tư của sáng chế đề cập đến vật phẩm gốc thủy tinh bao gồm: bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai đối diện bề mặt thứ nhất xác định chiều dày ( $t$ ); và oxit kim loại mà tạo ra gradien nồng độ, trong đó nồng độ của oxit kim loại giảm từ bề mặt thứ nhất đến điểm giữa bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai và tăng từ điểm này đến bề mặt thứ hai, trong đó nồng độ của oxit kim loại ở điểm khác không, và trong đó vật phẩm gốc thủy tinh bao gồm năng lượng ứng suất kéo đã được dự trữ bằng khoảng lớn hơn  $0 \text{ J/m}^2$  đến nhỏ hơn  $20 \text{ J/m}^2$  và suất đàn hồi lớn hơn hoặc bằng khoảng 70 GPa.

Khía cạnh thứ năm của sáng chế đề cập đến vật phẩm gốc thủy tinh bao gồm: bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai đối diện bề mặt thứ nhất xác định chiều dày ( $t$ ) bằng khoảng nhỏ hơn khoảng 3 milimét; và biên dạng ứng suất kéo dài dọc theo chiều dày, trong đó biên dạng ứng suất ở tất cả các điểm giữa chiều dày nằm trong khoảng từ khoảng  $0t$  lên tới  $0,3t$  và từ lớn hơn  $0,7t$ , bao gồm đường tiếp tuyến có trị số tuyệt đối của lớn hơn khoảng  $0,1 \text{ MPa/micromét}$ , trong đó biên dạng ứng suất bao gồm CS tối đa, DOC và CT tối đa, trong đó tỷ lệ của CT tối đa với CS tối đa nằm trong khoảng từ khoảng 0,01 đến khoảng 0,2 và trong đó DOC bằng khoảng  $0,1 \cdot t$  hoặc lớn hơn, và trong đó vật phẩm gốc thủy tinh bao gồm năng lượng ứng suất kéo đã được dự trữ bằng khoảng lớn hơn  $0 \text{ J/m}^2$  đến nhỏ hơn  $20 \text{ J/m}^2$  và suất đàn hồi lớn hơn hoặc bằng khoảng 70 GPa. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, vật phẩm gốc thủy tinh bao gồm nồng độ khác không của oxit kim loại mà thay đổi liên tục dọc theo toàn bộ chiều dày. Trong một số trường hợp, nồng độ khác không của oxit kim loại mà thay đổi liên tục dọc theo các đoạn chiều dày nhỏ hơn khoảng 10 micromét.

Khía cạnh thứ sáu của sáng chế đề cập đến vật phẩm gốc thủy tinh bao gồm biên dạng ứng suất gồm vùng CS và vùng CT, trong đó vùng CT được xác định bởi phương trình ứng suất  $\sigma(x) = \text{MaxT} - (((\text{CT}_n \cdot (n+1))/0,5n) \cdot |(x/t) - 0,5|n)$ , trong đó MaxT là trị số ứng suất kéo tối đa,  $\text{CT}_n$  nhỏ hơn hoặc bằng MaxT và được đưa ra là trị số dương theo đơn vị MPa,  $x$  là vị trí dọc theo chiều dày ( $t$ ) theo đơn vị micromét, và  $n$  nằm trong khoảng 1,5 và 5. Theo một số phương án thực hiện, trị số CT tối đa nằm trong khoảng từ khoảng 50 MPa đến khoảng 250 MPa và trị số CT tối đa là ở độ sâu nằm trong khoảng từ khoảng  $0,4t$  đến khoảng  $0,6t$ . Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, từ chiều dày nằm trong khoảng từ khoảng  $0t$  đến khoảng  $0,1t$ , biên dạng ứng suất có độ dốc nằm trong khoảng từ khoảng 20 MPa/micron đến khoảng 200 MPa/micron. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, biên dạng ứng suất được xác định bởi các hàm lỗi đã được đo từ  $0,5t$  đến bề mặt.

Các vật phẩm gốc thủy tinh theo một hoặc nhiều phương án thực hiện đã được mô tả ở đây, ion hóa trị một của oxit kim loại sinh ra ứng suất dọc theo chiều dày nằm trong khoảng từ khoảng  $0 \cdot t$  đến khoảng  $0,3 \cdot t$ , từ khoảng  $0 \cdot t$  đến khoảng  $0,4 \cdot t$ , hoặc từ khoảng  $0 \cdot t$  đến khoảng  $0,45 \cdot t$ . nồng độ của oxit kim loại theo một hoặc nhiều phương án thực hiện giảm từ bề mặt thứ nhất đến điểm giữa bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai và tăng từ điểm này đến bề mặt thứ hai.

Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, nồng độ của nồng độ oxit kim loại bằng khoảng 0,05 mol% hoặc lớn hơn trên toàn bộ chiều dày. Ví dụ, theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, nồng độ của oxit kim loại ở bề mặt thứ nhất bằng khoảng 1,5 lần lớn hơn nồng độ của các oxit kim loại ở độ sâu bằng khoảng  $0,5 \cdot t$ . Theo các phương án thực hiện làm ví dụ minh họa, vật phẩm gốc thủy tinh có tổng nồng độ của oxit kim loại nằm trong khoảng từ khoảng 1 mol% đến khoảng 15 mol%. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, đối với các ví dụ về oxit kim loại bao gồm một hoặc nhiều chất bất kỳ trong số  $\text{Li}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Rb}_2\text{O}$ , và  $\text{Cs}_2\text{O}$ . Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, oxit kim loại có đường kính ion lớn nhất trong số tất cả toàn bộ các oxit kim loại trong chất nền hoặc vật phẩm gốc thủy tinh.

Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, vùng CT bao gồm oxit kim loại là cả khác không và thay đổi dọc theo chiều dày nằm trong khoảng từ khoảng  $0 \cdot t$  đến

khoảng  $0,3 \cdot t$ . Các vật phẩm gốc thủy tinh theo một hoặc nhiều phương án thực hiện đã được mô tả ở đây, CT tối đa lớn hơn hoặc bằng  $71,5/\sqrt{t}$ .

Vật phẩm gốc thủy tinh theo một số phương án thực hiện bao gồm nồng độ oxit kim loại thứ nhất và nồng độ oxit kim loại thứ hai. Theo một số phương án thực hiện, nồng độ oxit kim loại thứ nhất nằm trong khoảng từ 0 mol% đến 15 mol% trong chiều dày thứ nhất nằm trong khoảng từ khoảng  $0 \cdot t$  đến khoảng  $0,5 \cdot t$ . Theo một số phương án thực hiện, nồng độ oxit kim loại thứ hai nằm trong khoảng từ 0 mol% đến 10 mol% trong chiều dày thứ hai nằm trong khoảng từ khoảng 0 micromét đến khoảng 25 micromét. Vật phẩm gốc thủy tinh có thể bao gồm oxit kim loại tùy chọn thứ ba.

Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, các vật phẩm gốc thủy tinh đã được mô tả ở đây có thể có ứng suất nén bề mặt (CS) lớn hơn CT tối đa. Các vật phẩm gốc thủy tinh theo một hoặc nhiều phương án thực hiện đã được mô tả ở đây có thể bao gồm CS bề mặt lớn hơn hoặc bằng khoảng 300 MPa. Trong một số trường hợp, CS bề mặt này được thể hiện khi vật phẩm gốc thủy tinh có chiều dày bằng khoảng nhỏ hơn hoặc bằng 2 mm. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, vật phẩm gốc thủy tinh có sự kết hợp của CS bề mặt lớn hơn hoặc bằng khoảng 200 MPa và chiều dày lớp hóa học lớn hơn hoặc bằng khoảng  $0,4 \cdot t$ . Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, vật phẩm gốc thủy tinh bao gồm CS kéo dài từ bề mặt thứ nhất đến DOC, trong đó DOC bằng khoảng  $0,1 \cdot t$  hoặc lớn hơn. Trong một số trường hợp, tỷ lệ của CT tối đa với CS bề mặt nằm trong khoảng từ khoảng 0,1 đến khoảng 0,8.

Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, vật phẩm gốc thủy tinh có cấu trúc vô định hình. Theo một số phương án thực hiện, vật phẩm gốc thủy tinh có thể bao gồm cấu trúc tinh thể.

Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, các vật phẩm gốc thủy tinh đã được mô tả ở đây có thể có hệ số truyền lớn hơn hoặc bằng khoảng 88% so với chiều dài sóng nằm trong khoảng từ khoảng 380 nm đến khoảng 780 nm. Trong một số trường hợp, các vật phẩm gốc thủy tinh đã được mô tả ở đây có thể có các tọa độ không gian màu CIELAB, dưới vật chiếu sáng CIE F02, bằng  $L^*$  các trị số bằng

khoảng 88 và các trị số lớn hơn,  $a^*$  các trị số nằm trong khoảng từ khoảng -3 đến khoảng +3, và  $b^*$  các trị số nằm trong khoảng từ khoảng -6 đến khoảng +6.

Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, các vật phẩm gốc thủy tinh đã được mô tả ở đây có thể bao gồm suất đàn hồi lớn hơn hoặc bằng khoảng 70 GPa. Theo một số phương án thực hiện, các vật phẩm gốc thủy tinh đã được mô tả ở đây có độ nhớt đường lỏng nhỏ hơn khoảng 100 kilopoise (kP). Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, các vật phẩm gốc thủy tinh đã được mô tả ở đây có tính bền chống nứt ( $K_{IC}$ ) bằng khoảng  $0,65 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$  hoặc lớn hơn. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, các vật phẩm gốc thủy tinh đã được mô tả ở đây bao gồm một hoặc nhiều chất bất kỳ trong số: hợp phần chứa lượng kết hợp của  $\text{Al}_2\text{O}_3$  và  $\text{Na}_2\text{O}$  nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 15 mol%, hợp phần chứa khoảng 4 mol% hoặc lớn hơn  $\text{Na}_2\text{O}$ , hợp phần chứa một hoặc nhiều chất bất kỳ trong số  $\text{B}_2\text{O}_3$  và  $\text{ZnO}$ , và hợp phần hầu như không có  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, vật phẩm gốc thủy tinh có độ khuếch tán ion hóa trị một lớn hơn hoặc bằng khoảng  $450 \mu\text{m}^2/\text{giờ}$  (micromét vuông trên giờ) ở khoảng  $460^\circ\text{C}$ . Theo một số phương án thực hiện, độ khuếch tán ion hóa trị một này được thể hiện kết hợp với DOC lớn hơn khoảng  $0,15\cdot t$ , và CS bề mặt lớn hơn hoặc bằng 1,5 lần CT tối đa.

Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, các vật phẩm gốc thủy tinh đã được mô tả ở đây có đặc tính nứt vỡ nhất định. Ví dụ, theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, khi vật phẩm gốc thủy tinh bị nứt vỡ bởi một sự kiện (tức là, một va đập như được rơi hoặc được va đập một lần bằng dụng cụ), vật phẩm gốc thủy tinh nứt vỡ thành ít nhất 2 mảnh vụn/in-so<sup>2</sup> (mảnh vụn trên một in-sơ vuông). Theo một số phương án thực hiện, khi vật phẩm gốc thủy tinh bị nứt vỡ, vật phẩm gốc thủy tinh nứt vỡ thành ít nhất 1 mảnh vụn/in-so<sup>2</sup> lên tới 40 mảnh vụn/in-so<sup>2</sup> (mảnh vụn trên một in-sơ vuông).

Khía cạnh thứ bảy của sáng chế đề cập đến việc sử dụng chất nền thủy tinh trong vật phẩm gốc thủy tinh đã được gia cường. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, chất nền thủy tinh bao gồm (theo đơn vị mol%):  $\text{SiO}_2$  có lượng nằm trong khoảng từ khoảng 68% đến khoảng 75%;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  có lượng nằm trong khoảng từ khoảng 12% đến khoảng 15%;  $\text{B}_2\text{O}_3$  có lượng nằm trong khoảng từ khoảng 0,5% đến

khoảng 5%;  $\text{Li}_2\text{O}$  có lượng nằm trong khoảng từ khoảng 2% đến khoảng 10%;  $\text{Na}_2\text{O}$  có lượng nằm trong khoảng từ khoảng 0% đến khoảng 6%;  $\text{MgO}$  có lượng nằm trong khoảng từ khoảng 1% đến khoảng 4%;  $\text{ZnO}$  có lượng nằm trong khoảng từ khoảng 0% đến khoảng 3%; và  $\text{CaO}$  có lượng nằm trong khoảng từ khoảng 0% đến khoảng 5%, trong đó chất nền thủy tinh có thể trao đổi ion và có cấu trúc vô định hình. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, chất nền thủy tinh có một hoặc nhiều yếu tố bất kỳ trong số: tỷ lệ của  $\text{Li}_2\text{O}$  với  $\text{R}_2\text{O}$  nằm trong khoảng từ 0,45 đến 1; sự chênh lệch giữa tổng lượng  $\text{R}_2\text{O}$  với lượng  $\text{Al}_2\text{O}_3$  nằm trong khoảng từ khoảng -5% đến khoảng 0%; sự chênh lệch giữa tổng lượng  $\text{R}_x\text{O}$  (theo đơn vị mol%) và lượng  $\text{Al}_2\text{O}_3$  nằm trong khoảng từ khoảng 0% đến khoảng 3%; và tỷ lệ của lượng  $\text{MgO}$  (theo đơn vị mol%) với tổng lượng  $\text{RO}$  (theo đơn vị mol%) nằm trong khoảng từ khoảng 0% đến khoảng 1%, và trong đó chất nền thủy tinh hầu như không chứa các chất tạo nhân.

Khía cạnh thứ tám của sáng chế liên quan đến chất nền thủy tinh bao gồm hợp phần chứa, theo đơn vị mol%,  $\text{SiO}_2$  có lượng nằm trong khoảng từ khoảng 68% đến khoảng 75%;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  có lượng nằm trong khoảng từ khoảng 12% đến khoảng 15%;  $\text{B}_2\text{O}_3$  có lượng nằm trong khoảng từ khoảng 0,5% đến khoảng 5%;  $\text{Li}_2\text{O}$  có lượng nằm trong khoảng từ khoảng 2% đến khoảng 10%;  $\text{Na}_2\text{O}$  có lượng nằm trong khoảng từ khoảng 0% đến khoảng 6%;  $\text{MgO}$  có lượng nằm trong khoảng từ khoảng 1% đến khoảng 4%;  $\text{ZnO}$  có lượng nằm trong khoảng từ khoảng 0% đến khoảng 3%; và  $\text{CaO}$  có lượng nằm trong khoảng từ khoảng 0% đến khoảng 5%, trong đó chất nền thủy tinh có thể trao đổi ion và có cấu trúc vô định hình. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, chất nền thủy tinh có một hoặc nhiều yếu tố bất kỳ trong số: tỷ lệ của  $\text{Li}_2\text{O}$  với  $\text{R}_2\text{O}$  nằm trong khoảng từ 0,45 đến 1; sự chênh lệch giữa tổng lượng  $\text{R}_2\text{O}$  với lượng  $\text{Al}_2\text{O}_3$  nằm trong khoảng từ khoảng -5% đến khoảng 0%; sự chênh lệch giữa tổng lượng  $\text{R}_x\text{O}$  (theo đơn vị mol%) và lượng  $\text{Al}_2\text{O}_3$  nằm trong khoảng từ khoảng 0% đến khoảng 3%; và tỷ lệ của lượng  $\text{MgO}$  (theo đơn vị mol%) với tổng lượng  $\text{RO}$  (theo đơn vị mol%) nằm trong khoảng từ khoảng 0% đến khoảng 1%. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, chất nền thủy tinh hầu như không chứa các chất tạo nhân.

Khía cạnh thứ chín của sáng chế liên quan đến chất nền thủy tinh mà bao gồm theo đơn vị mol%,  $\text{SiO}_2$  có lượng nằm trong khoảng từ khoảng 68% đến khoảng 75%;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  có lượng nằm trong khoảng từ khoảng 12% đến khoảng 15%;  $\text{B}_2\text{O}_3$  có lượng nằm trong khoảng từ khoảng 0,5% đến khoảng 5%;  $\text{Li}_2\text{O}$  có lượng nằm trong khoảng từ khoảng 2% đến khoảng 10%;  $\text{Na}_2\text{O}$  có lượng nằm trong khoảng từ khoảng 0% đến khoảng 6%;  $\text{MgO}$  có lượng nằm trong khoảng từ khoảng 1% đến khoảng 4%;  $\text{ZnO}$  có lượng nằm trong khoảng từ khoảng 0% đến khoảng 3%; và  $\text{CaO}$  có lượng nằm trong khoảng từ khoảng 0% đến khoảng 5%, trong đó chất nền thủy tinh là vô định hình và được gia cường. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, nồng độ  $\text{Na}_2\text{O}$  thay đổi trong chất nền thủy tinh. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, chất nền thủy tinh hầu như không chứa các chất tạo nhân. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, chất nền tăng cứng thủy tinh có một hoặc nhiều yếu tố bất kỳ trong số các tương quan về hợp phần sau đây: tỷ lệ của  $\text{Li}_2\text{O}$  với  $\text{R}_2\text{O}$  nằm trong khoảng từ 0,45 đến 1; sự chênh lệch giữa tổng lượng  $\text{R}_2\text{O}$  với lượng  $\text{Al}_2\text{O}_3$  nằm trong khoảng từ khoảng -5% đến khoảng 0%; sự chênh lệch giữa tổng lượng  $\text{R}_x\text{O}$  (theo đơn vị mol%) và lượng  $\text{Al}_2\text{O}_3$  nằm trong khoảng từ khoảng 0% đến khoảng 3%; và tỷ lệ của lượng  $\text{MgO}$  (theo đơn vị mol%) với tổng lượng  $\text{RO}$  (theo đơn vị mol%) nằm trong khoảng từ khoảng 0% đến khoảng 1%.

Khía cạnh thứ mười của sáng chế liên quan đến thiết bị bao gồm: vỏ có các bề mặt trước, bề mặt sau và bề mặt bên; các linh kiện điện nằm ít nhất một phần bên trong vỏ; màn hiển thị ở hoặc liền kề với bề mặt trước của vỏ; và nền phủ được bố trí trên màn hiển thị, trong đó nền phủ hoặc vỏ bao gồm vật phẩm gốc thủy tinh theo các phương án thực hiện đã được mô tả ở đây.

Khía cạnh thứ mười một của sáng chế liên quan đến phương pháp tạo ra vật phẩm gốc thủy tinh đã được gia cường hóa học. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, phương pháp bao gồm các bước: bước cung cấp chất nền gốc thủy tinh có bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai đối diện bề mặt thứ nhất xác định chiều dày ( $t$ ), chiều dài, chiều rộng, và khối lượng; và bước trao đổi ion các ion kiềm vào trong chất nền gốc thủy tinh để tạo ra nồng độ oxit kim loại kiềm khác không thay đổi dọc theo ít nhất phần chiều dày đáng kể ( $t$ ), trong đó bước trao đổi ion bao gồm nhúng chất nền

gốc thủy tinh vào bể muối nóng chảy bao gồm ít nhất khoảng 90% theo khối lượng muối kali (ví dụ  $\text{KNO}_3$ ), và nhỏ hơn khoảng 10% theo khối lượng muối natri (ví dụ  $\text{NaNO}_3$ ) trong khoảng nhỏ hơn 12 giờ.

Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, bể muối nóng chảy còn bao gồm muối liti (ví dụ  $\text{LiNO}_3$ ) có lượng nhỏ hơn khoảng 2% theo khối lượng. Theo một số phương án thực hiện, chiều dày nhỏ hơn khoảng 2 mm. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, chiều dày nhỏ hơn khoảng 1 mm. Theo một số phương án thực hiện, chiều dày bằng khoảng 0,8 mm. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, có hạt nhỏ hơn 1,6% theo khối lượng sau khi trao đổi ion so với trước khi trao đổi ion. Theo một số phương án thực hiện, có sự thay đổi nhỏ hơn 0,24% theo kích thước chiều dài sau khi trao đổi ion so với trước khi trao đổi ion. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, có sự thay đổi nhỏ hơn 0,24% theo chiều rộng sau khi trao đổi ion so với trước khi trao đổi ion. Theo một số phương án thực hiện, các cong vênh của vật phẩm gốc thủy tinh nhỏ hơn 200  $\mu\text{m}$  sau khi trao đổi ion so với chất nền thủy tinh trước khi trao đổi ion. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, muối kali (ví dụ  $\text{KNO}_3$ ) có mặt với lượng bằng ít nhất 92% theo khối lượng. Theo một số phương án thực hiện, muối kali (ví dụ  $\text{KNO}_3$ ) có mặt với lượng bằng ít nhất 94% theo khối lượng. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, muối kali (ví dụ  $\text{KNO}_3$ ) có mặt với lượng bằng khoảng 95% theo khối lượng. Theo một số phương án thực hiện, muối natri (ví dụ  $\text{NaNO}_3$ ) có mặt với lượng nhỏ hơn khoảng 8% theo khối lượng. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, muối natri (ví dụ  $\text{NaNO}_3$ ) có mặt với lượng nhỏ hơn khoảng 5% theo khối lượng. Theo một số phương án thực hiện, muối natri (ví dụ  $\text{NaNO}_3$ ) có mặt với lượng bằng khoảng 5% theo khối lượng. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, muối kali (ví dụ  $\text{KNO}_3$ ) có mặt với lượng nằm trong khoảng từ khoảng 90% đến khoảng 97% theo khối lượng, và muối natri (ví dụ  $\text{NaNO}_3$ ) có mặt với lượng nằm trong khoảng từ khoảng 10% đến khoảng 3% theo khối lượng. Theo một số phương án thực hiện, vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion trong khoảng nhỏ hơn 12 giờ. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion trong ít hơn khoảng 10 giờ. Theo một số phương án thực hiện, có sự thay đổi về kích thước chiều dài sau khi trao đổi ion so với trước khi trao đổi ion nằm trong khoảng từ khoảng 0,2% đến khoảng 0,15% theo khối lượng. Theo một hoặc nhiều

phương án thực hiện, phương pháp còn bao gồm sự trao đổi ion thứ hai trong bể thứ hai muối nóng chảy bao gồm muối kali (ví dụ  $\text{KNO}_3$ ).

Khía cạnh thứ mười hai của sáng chế đề cập đến vật phẩm gốc thủy tinh được tạo ra bởi các phương pháp đã được mô tả ở đây. Theo một số phương án thực hiện, vật phẩm gốc thủy tinh là vật phẩm gốc thủy tinh đã được trao đổi ion bao gồm: chiều dài; chiều rộng; khối lượng; bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai đối diện bề mặt thứ nhất xác định chiều dày ( $t$ ); nồng độ của oxit kim loại được trao đổi ion là cả khác không và thay đổi dọc theo chiều dày nằm trong khoảng từ khoảng  $0 \cdot t$  đến ít nhất khoảng  $0,3 \cdot t$ ; và vùng ứng suất kéo trung tâm (CT) bao gồm CT tối đa lớn hơn hoặc bằng  $71,5/\sqrt{t}$ , trong đó chiều dày  $t$  được định trước theo đơn vị mm. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, khi chiều dày ( $t$ ) của vật phẩm gốc thủy tinh bằng 0,8 mm: (1) có một tỷ lệ nhỏ hơn 1,6% khối lượng tăng của vật phẩm gốc thủy tinh tạo ra từ oxit kim loại được trao đổi ion so với khối lượng của chất nền gốc thủy tinh trước khi trao đổi ion, (2) có một tỷ lệ nhỏ hơn 0,24% thay đổi về kích thước chiều dài của vật phẩm gốc thủy tinh đã được trao đổi ion so với kích thước chiều dài của chất nền gốc thủy tinh trước khi trao đổi ion, và (3) có một tỷ lệ nhỏ hơn 0,24% thay đổi về kích thước chiều rộng của vật phẩm gốc thủy tinh so với kích thước chiều rộng của chất nền gốc thủy tinh trước khi trao đổi ion.

Theo một số phương án thực hiện, có một tỷ lệ nhỏ hơn 1,4% khối lượng tăng của vật phẩm gốc thủy tinh tạo ra từ oxit kim loại được trao đổi ion so với khối lượng của chất nền gốc thủy tinh trước khi trao đổi ion. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, có một tỷ lệ nhỏ hơn 0,15% thay đổi về kích thước chiều dài của vật phẩm gốc thủy tinh đã được trao đổi ion so với kích thước chiều dài của chất nền gốc thủy tinh trước khi trao đổi ion. Theo một số phương án thực hiện, có một tỷ lệ nhỏ hơn 0,15% thay đổi về kích thước chiều rộng của vật phẩm gốc thủy tinh so với kích thước chiều rộng của chất nền gốc thủy tinh trước khi trao đổi ion. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, vật phẩm còn bao gồm ứng suất nén bề mặt (CS) lớn hơn hoặc bằng khoảng 300 MPa. Theo một số phương án thực hiện, CS bề mặt lớn hơn hoặc bằng khoảng 400 MPa. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện,  $t$  bao gồm khoảng nhỏ hơn hoặc bằng 1 milimét.

Khía cạnh thứ mười ba của sáng chế liên quan đến thiết bị bao gồm vỏ có các bề mặt trước, bề mặt sau và bề mặt bên; các linh kiện điện nằm ít nhất một phần bên trong vỏ; màn hiển thị ở hoặc liền kề với bề mặt trước của vỏ; và nền phủ được bố trí trên màn hiển thị, trong đó nền phủ hoặc vỏ bao gồm vật phẩm gốc thủy tinh như đã được mô tả theo phương án bất kỳ trong số các phương án thực hiện nêu trên.

Theo phương án thực hiện (1) của sáng chế, phương pháp tạo ra vật phẩm gốc thủy tinh đã được gia cường hóa học được đề xuất. Phương pháp bao gồm các bước: bước cung cấp chất nền gốc thủy tinh có bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai đối diện bề mặt thứ nhất xác định chiều dày ( $t$ ), chiều dài, chiều rộng, và khối lượng; và bước trao đổi ion các ion kiềm vào trong chất nền gốc thủy tinh để tạo ra nồng độ oxit kim loại kiềm khác không thay đổi dọc theo ít nhất phần chiều dày đáng kể ( $t$ ). Bước trao đổi ion bao gồm nhúng chất nền gốc thủy tinh vào bể muối nóng chảy bao gồm ít nhất khoảng 90% theo khối lượng muối kali, và nhỏ hơn khoảng 10% theo khối lượng muối natri trong khoảng nhỏ hơn 12 giờ.

Theo phương án thực hiện (2) của sáng chế, phương pháp theo phương án thực hiện (1) được đề xuất, trong đó bể muối nóng chảy còn bao gồm muối liti có lượng nhỏ hơn khoảng 2% theo khối lượng.

Theo phương án thực hiện (3) của sáng chế, phương pháp theo phương án thực hiện (1) hoặc (2) được đề xuất, trong đó chiều dày nhỏ hơn khoảng 2mm.

Theo phương án thực hiện (4) của sáng chế, phương pháp theo phương án bất kỳ trong số các phương án thực hiện từ (1) đến (3) được đề xuất, trong đó chiều dày nhỏ hơn khoảng 1 mm.

Theo phương án thực hiện (5) của sáng chế, phương pháp theo phương án bất kỳ trong số các phương án thực hiện từ (1) đến (4) được đề xuất, trong đó chiều dày bằng khoảng 0,8 mm.

Theo phương án thực hiện (6) của sáng chế, phương pháp theo phương án bất kỳ trong số các phương án thực hiện từ (1) đến (4) được đề xuất, trong đó muối kali là  $\text{KNO}_3$ , muối natri là  $\text{NaNO}_3$ , và muối liti là  $\text{LiNO}_3$  tăng nhỏ hơn 1,6% về khối lượng sau khi trao đổi ion so với trước khi trao đổi ion.

Theo phương án thực hiện (7) của sáng chế, phương pháp theo phương án bất kỳ trong số các phương án thực hiện từ (1) đến (6) được đề xuất, trong đó có sự thay đổi nhỏ hơn 0,24% theo kích thước chiều dài sau khi trao đổi ion so với trước khi trao đổi ion.

Theo phương án thực hiện (8) của sáng chế, phương pháp theo phương án bất kỳ trong số các phương án thực hiện từ (1) đến (7) được đề xuất, trong đó có sự thay đổi nhỏ hơn 0,24% theo chiều rộng sau khi trao đổi ion so với trước khi trao đổi ion.

Theo phương án thực hiện (9) của sáng chế, phương pháp theo phương án bất kỳ trong số các phương án thực hiện từ (1) đến (8) được đề xuất, trong đó các cong vênh của vật phẩm gốc thủy tinh nhỏ hơn 200  $\mu\text{m}$  sau khi trao đổi ion so với trước khi trao đổi ion.

Theo phương án thực hiện (10) của sáng chế, phương pháp theo phương án bất kỳ trong số các phương án thực hiện từ (1) đến (9) được đề xuất, trong đó muối kali có mặt với lượng bằng ít nhất 92% theo khối lượng.

Theo phương án thực hiện (11) của sáng chế, phương pháp theo phương án bất kỳ trong số các phương án thực hiện từ (1) đến (10) được đề xuất, trong đó muối kali có mặt với lượng bằng ít nhất 94% theo khối lượng.

Theo phương án thực hiện (12) của sáng chế, phương pháp theo phương án bất kỳ trong số các phương án thực hiện từ (1) đến (11) được đề xuất, trong đó muối kali có mặt với lượng bằng khoảng 95% theo khối lượng.

Theo phương án thực hiện (13) của sáng chế, phương pháp theo phương án bất kỳ trong số các phương án thực hiện từ (1) đến (12) được đề xuất, trong đó muối natri có mặt với lượng nhỏ hơn khoảng 8% theo khối lượng.

Theo phương án thực hiện (14) của sáng chế, phương pháp theo phương án bất kỳ trong số các phương án thực hiện từ (1) đến (13) được đề xuất, trong đó muối natri có mặt với lượng nhỏ hơn khoảng 6% theo khối lượng.

Theo phương án thực hiện (15) của sáng chế, phương pháp theo phương án bất kỳ trong số các phương án thực hiện từ (1) đến (14) được đề xuất, trong đó muối natri có mặt với lượng bằng khoảng 5% theo khối lượng.

Theo phương án thực hiện (16) của sáng chế, phương pháp theo phương án bất kỳ trong số các phương án thực hiện từ (1) đến (15) được đề xuất, trong đó muối kali có mặt với lượng nằm trong khoảng từ khoảng 90 đến khoảng 97% theo khối lượng và muối natri có mặt với lượng nằm trong khoảng từ khoảng 10 đến khoảng 3% theo khối lượng.

Theo phương án thực hiện (17) của sáng chế, phương pháp theo phương án bất kỳ trong số các phương án thực hiện từ (1) đến (16) được đề xuất, trong đó vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion trong khoảng nhỏ hơn 12 giờ.

Theo phương án thực hiện (18) của sáng chế, phương pháp theo phương án bất kỳ trong số các phương án thực hiện từ (1) đến (17) được đề xuất, trong đó vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion trong ít hơn khoảng 10 giờ.

Theo phương án thực hiện (19) của sáng chế, phương pháp theo phương án bất kỳ trong số các phương án thực hiện từ (1) đến (18) được đề xuất, trong đó có sự thay đổi về kích thước chiều dài sau khi trao đổi ion so với trước khi trao đổi ion nằm trong khoảng từ khoảng 0,2 đến khoảng 0,15% theo khối lượng.

Theo phương án thực hiện (20) của sáng chế, phương pháp theo phương án bất kỳ trong số các phương án thực hiện từ (1) đến (19) được đề xuất, trong đó còn bao gồm sự trao đổi ion thứ hai trong bể thứ hai muối nóng chảy bao gồm muối kali.

Theo phương án thực hiện (21) của sáng chế, vật phẩm gốc thủy tinh được tạo ra bởi phương pháp theo phương án bất kỳ trong số các phương án thực hiện từ (1) đến (20) được đề xuất.

Theo phương án thực hiện (22) của sáng chế, vật phẩm gốc thủy tinh đã được trao đổi ion được đề xuất. Vật phẩm gốc thủy tinh đã được trao đổi ion bao gồm: chiều dài; chiều rộng; khối lượng; bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai đối diện bề mặt thứ nhất xác định chiều dày ( $t$ ); nồng độ của oxit kim loại được trao đổi ion là cả khác không và thay đổi dọc theo chiều dày nằm trong khoảng từ khoảng  $0 \cdot t$  đến ít nhất khoảng  $0,3 \cdot t$ ; và vùng ứng suất kéo trung tâm (CT) bao gồm CT tối đa lớn hơn hoặc bằng  $71,5/\sqrt{t}$ , trong đó chiều dày  $t$  được định trước theo đơn vị mm. Chiều dày ( $t$ ) của vật phẩm gốc thủy tinh bằng 0,8 mm. Có tỷ lệ nhỏ hơn 1,6% khối lượng tăng

của vật phẩm gốc thủy tinh tạo ra từ oxit kim loại được trao đổi ion so với khối lượng của chất nền gốc thủy tinh trước khi trao đổi ion, có tỷ lệ nhỏ hơn 0,24% thay đổi về kích thước chiều dài của vật phẩm gốc thủy tinh đã được trao đổi ion so với kích thước chiều dài của chất nền gốc thủy tinh trước khi trao đổi ion, và có tỷ lệ nhỏ hơn 0,24% thay đổi về kích thước chiều rộng của vật phẩm gốc thủy tinh so với kích thước chiều rộng của chất nền gốc thủy tinh trước khi trao đổi ion.

Theo phương án thực hiện (23) của sáng chế, Vật phẩm gốc thủy tinh theo phương án thực hiện (22) được đề xuất, trong đó có một tỷ lệ nhỏ hơn 1,4% khối lượng tăng của vật phẩm gốc thủy tinh tạo ra từ oxit kim loại được trao đổi ion so với khối lượng của chất nền gốc thủy tinh trước khi trao đổi ion.

Theo phương án thực hiện (24) của sáng chế, Vật phẩm gốc thủy tinh theo phương án thực hiện (22) hoặc (23) được đề xuất, trong đó có một tỷ lệ nhỏ hơn 0,15% thay đổi về kích thước chiều dài của vật phẩm gốc thủy tinh đã được trao đổi ion so với kích thước chiều dài của chất nền gốc thủy tinh trước khi trao đổi ion.

Theo phương án thực hiện (25) của sáng chế, vật phẩm gốc thủy tinh theo phương án bất kỳ trong số các phương án thực hiện từ (22) đến (24) được đề xuất, trong đó có tỷ lệ nhỏ hơn 0,15% thay đổi về kích thước chiều rộng của vật phẩm gốc thủy tinh so với kích thước chiều rộng của chất nền gốc thủy tinh trước khi trao đổi ion.

Theo phương án thực hiện (26) của sáng chế, vật phẩm gốc thủy tinh theo phương án bất kỳ trong số các phương án thực hiện từ (22) đến (25) được đề xuất, trong đó còn bao gồm ứng suất nén bề mặt (CS) lớn hơn hoặc bằng khoảng 300 MPa.

Theo phương án thực hiện (27) của sáng chế, vật phẩm gốc thủy tinh theo phương án bất kỳ trong số các phương án thực hiện từ (22) đến (26) được đề xuất, trong đó CS bề mặt lớn hơn hoặc bằng khoảng 400 MPa.

Theo phương án thực hiện (28) của sáng chế, vật phẩm gốc thủy tinh theo phương án bất kỳ trong số các phương án thực hiện từ (22) đến (27) được đề xuất, trong đó  $t$  bao gồm khoảng nhỏ hơn hoặc bằng 1 milimét .

Theo phương án thực hiện (29) của sáng chế, thiết bị được đề xuất bao gồm: vỏ có các bề mặt trước, bề mặt sau và bề mặt bên; các bộ phận điện nằm ít nhất một phần bên trong vỏ; màn hiển thị ở hoặc liền kề với bề mặt trước của vỏ; và nền phủ được bố trí trên màn hiển thị, trong đó nền phủ hoặc vỏ bao gồm vật phẩm gốc thủy tinh theo phương án bất kỳ trong số các phương án thực hiện từ (22) đến (28).

Theo khía cạnh (1) của sáng chế, phương pháp tạo ra vật phẩm gốc thủy tinh đã được gia cường hóa học được đề xuất. Phương pháp bao gồm các bước: trao đổi ion các ion kiềm vào chất nền gốc thủy tinh để tạo ra vật phẩm gốc thủy tinh với nồng độ oxit kim loại kiềm khác không thay đổi dọc theo ít nhất phần chiều dày đáng kể ( $t$ ) của vật phẩm gốc thủy tinh. Chất nền gốc thủy tinh bao gồm chất nền gốc thủy tinh có bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai đối diện bề mặt thứ nhất xác định chiều dày ( $t$ ), chiều dài, chiều rộng, và khối lượng. Bước trao đổi ion bao gồm nhúng chất nền gốc thủy tinh vào bể muối nóng chảy bao gồm tỷ lệ khối lượng của muối kali với muối natri lớn hơn tỷ lệ nhỏ hơn trong số (a) 2,5:1 và (b) tỷ lệ gam phân tử của  $(\text{Li}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}):\text{Na}_2\text{O}$  trong chất nền gốc thủy tinh, trong thời gian trong khoảng từ 50% đến 130% thời gian trao đổi ion mà tạo ra ứng suất kéo trung tâm đỉnh (CT) với cùng hợp phần bể muối nóng chảy và nhiệt độ.

Theo khía cạnh (2) của sáng chế, phương pháp theo khía cạnh (1) được đề xuất, trong đó bể muối nóng chảy còn bao gồm muối liti có lượng nhỏ hơn khoảng 2% theo khối lượng.

Theo khía cạnh (3) của sáng chế, phương pháp theo khía cạnh (1) hoặc (2) được đề xuất, trong đó chiều dày nhỏ hơn khoảng 2 mm.

Theo khía cạnh (4) của sáng chế, phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (3) được đề xuất, trong đó chiều dày nhỏ hơn khoảng 1 mm.

Theo khía cạnh (5) của sáng chế, phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (4) được đề xuất, trong đó chiều dày bằng khoảng 0,8 mm.

Theo khía cạnh (6) của sáng chế, phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (5) được đề xuất, trong đó muối kali là  $\text{KNO}_3$ , muối natri là

$\text{NaNO}_3$ , và muối liti là  $\text{LiNO}_3$ , và có tỷ lệ tăng nhỏ hơn 1,6% về khối lượng sau khi trao đổi ion so với trước khi trao đổi ion.

Theo khía cạnh (7) của sáng chế, phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (6) được đề xuất, trong đó có sự thay đổi nhỏ hơn 0,24% theo kích thước chiều dài sau khi trao đổi ion so với trước khi trao đổi ion.

Theo khía cạnh (8) của sáng chế, phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (7) được đề xuất, trong đó có sự thay đổi nhỏ hơn 0,24% theo chiều rộng sau khi trao đổi ion so với trước khi trao đổi ion.

Theo khía cạnh (9) của sáng chế, phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (8) được đề xuất, trong đó các cong vênh của vật phẩm gốc thủy tinh nhỏ hơn 200  $\mu\text{m}$  sau khi trao đổi ion so với chất nền thủy tinh trước khi trao đổi ion.

Theo khía cạnh (10) của sáng chế, phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (9) được đề xuất, trong đó muối kali có mặt với lượng bằng ít nhất 92% theo khối lượng.

Theo khía cạnh (11) của sáng chế, phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (10) được đề xuất, trong đó muối kali có mặt với lượng bằng ít nhất 94% theo khối lượng.

Theo khía cạnh (12) của sáng chế, phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (11) được đề xuất, trong đó muối kali có mặt với lượng bằng khoảng 95% theo khối lượng.

Theo khía cạnh (13) của sáng chế, phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (12) được đề xuất, trong đó muối natri có mặt với lượng nhỏ hơn khoảng 8% theo khối lượng.

Theo khía cạnh (14) của sáng chế, phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (13) được đề xuất, trong đó muối natri có mặt với lượng nhỏ hơn khoảng 6% theo khối lượng.

Theo khía cạnh (15) của sáng chế, phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (14) được đề xuất, trong đó muối natri có mặt với lượng bằng khoảng 5% theo khối lượng.

Theo khía cạnh (16) của sáng chế, phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (15) được đề xuất, trong đó muối kali có mặt với lượng bằng ít nhất khoảng 90% và muối natri có mặt với lượng nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 10% theo khối lượng.

Theo khía cạnh (17) của sáng chế, phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (16) được đề xuất, trong đó muối kali có mặt với lượng nằm trong khoảng từ khoảng 90% đến khoảng 97% theo khối lượng và muối natri có mặt với lượng nằm trong khoảng từ khoảng 10% đến khoảng 3% theo khối lượng.

Theo khía cạnh (18) của sáng chế, phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (17) được đề xuất, trong đó vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion trong thời gian trong khoảng từ 70% đến 130% thời gian trao đổi ion mà tạo ra ứng suất kéo trung tâm đỉnh (CT) với cùng hợp phần bề muối nóng chảy và nhiệt độ.

Theo khía cạnh (19) của sáng chế, phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (18) vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion trong khoảng nhỏ hơn 12 giờ.

Theo khía cạnh (20) của sáng chế, phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (19) được đề xuất, trong đó vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion trong ít hơn khoảng 10 giờ.

Theo khía cạnh (21) của sáng chế, phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (20) được đề xuất, trong đó có sự thay đổi về kích thước chiều dài sau khi trao đổi ion so với trước khi trao đổi ion nằm trong khoảng từ khoảng 0,1% đến khoảng 0,2%.

Theo khía cạnh (22) của sáng chế, phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (21) được đề xuất, trong đó còn bao gồm sự trao đổi ion thứ hai trong bể thứ hai muối nóng chảy bao gồm muối kali.

Theo khía cạnh (23) của sáng chế, phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (22) được đề xuất, trong đó chất nền thủy tinh có hình dạng 2,5D hoặc 3D.

Theo khía cạnh (24) của sáng chế, phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (23) được đề xuất, trong đó bước trao đổi ion tạo ra sự gia tăng về nồng độ  $\text{Na}_2\text{O}$  ở điểm giữa của chất nền thủy tinh nhỏ hơn 1,3 mol%.

Theo khía cạnh (25) của sáng chế, phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (24) được đề xuất, trong đó vật phẩm gốc thủy tinh bao gồm đỉnh ứng suất nén, và đỉnh chiều dày lớp ( $\text{DOL}_{\text{đỉnh}}$ ), trong đó  $\text{DOL}_{\text{đỉnh}}/t$  nằm trong khoảng từ khoảng 0,006 đến khoảng 0,014.

Theo khía cạnh (26) của sáng chế, phương pháp theo khía cạnh (25) được đề xuất, trong đó  $\text{DOL}_{\text{đỉnh}}/t$  nằm trong khoảng từ khoảng 0,008 đến khoảng 0,012.

Theo khía cạnh (27) của sáng chế, phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (26) được đề xuất, trong đó vật phẩm gốc thủy tinh bao gồm liti.

Theo khía cạnh (28) của sáng chế, phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (27) được đề xuất, trong đó nồng độ gam phân tử  $\text{Na}_2\text{O}$  ở điểm giữa của vật phẩm gốc thủy tinh nhỏ hơn 45% tổng nồng độ gam phân tử oxit kim loại kiềm của vật phẩm gốc thủy tinh ở điểm giữa.

Theo khía cạnh (29) của sáng chế, phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (28) được đề xuất, trong đó nồng độ  $\text{Na}_2\text{O}$  ở điểm giữa của vật phẩm gốc thủy tinh nhỏ hơn 4,5 mol%.

Theo khía cạnh (30) của sáng chế, phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (29) được đề xuất, trong đó vật phẩm gốc thủy tinh có ứng suất kéo trung tâm tối đa lớn hơn hoặc bằng  $71,5/\sqrt{t}$ , trong đó chiều dày  $t$  được định trước theo đơn vị mm.

Theo khía cạnh (31) của sáng chế, vật phẩm gốc thủy tinh được tạo ra bởi phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (30) được đề xuất.

Theo khía cạnh (32) của sáng chế, vật phẩm gốc thủy tinh được đề xuất. Vật phẩm gốc thủy tinh bao gồm: bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai đối diện bề mặt thứ nhất xác định chiều dày ( $t$ ); nồng độ của oxit kim loại được trao đổi ion là cả khác không và thay đổi dọc theo chiều dày nằm trong khoảng từ khoảng  $0 \cdot t$  đến ít nhất khoảng  $0,3 \cdot t$ ;  $\text{Li}_2\text{O}$ ; và  $\text{Na}_2\text{O}$ . Lượng  $\text{Na}_2\text{O}$  ở điểm giữa của vật phẩm gốc thủy tinh nhỏ hơn khoảng 4,5 mol%.

Theo khía cạnh (33) của sáng chế, vật phẩm gốc thủy tinh theo khía cạnh (32) được đề xuất, trong đó lượng  $\text{Na}_2\text{O}$  ở điểm giữa của vật phẩm gốc thủy tinh nhỏ hơn khoảng 4,0 mol%.

Theo khía cạnh (34) của sáng chế, vật phẩm gốc thủy tinh theo khía cạnh (32) hoặc (33) được đề xuất, trong đó lượng  $\text{Na}_2\text{O}$  ở điểm giữa của vật phẩm gốc thủy tinh nhỏ hơn khoảng 3,0 mol%.

Theo khía cạnh (35) của sáng chế, vật phẩm gốc thủy tinh được đề xuất. Vật phẩm gốc thủy tinh bao gồm: bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai đối diện bề mặt thứ nhất xác định chiều dày ( $t$ ); nồng độ của oxit kim loại được trao đổi ion là cả khác không và thay đổi dọc theo chiều dày nằm trong khoảng từ khoảng  $0 \cdot t$  đến ít nhất khoảng  $0,3 \cdot t$ ; và  $\text{Na}_2\text{O}$ . Nồng độ gam phân tử của  $\text{Na}_2\text{O}$  ở điểm giữa của vật phẩm gốc thủy tinh nhỏ hơn khoảng 45% tổng nồng độ gam phân tử oxit kim loại kiềm của vật phẩm gốc thủy tinh ở điểm giữa.

Theo khía cạnh (36) của sáng chế, vật phẩm gốc thủy tinh theo khía cạnh (35) được đề xuất, trong đó nồng độ gam phân tử của  $\text{Na}_2\text{O}$  ở điểm giữa của vật phẩm gốc thủy tinh nhỏ hơn khoảng 40% tổng nồng độ gam phân tử oxit kim loại kiềm của vật phẩm gốc thủy tinh ở điểm giữa.

Theo khía cạnh (37) của sáng chế, vật phẩm gốc thủy tinh được đề xuất. Vật phẩm gốc thủy tinh bao gồm: bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai đối diện bề mặt thứ nhất xác định chiều dày ( $t$ ); nồng độ của oxit kim loại được trao đổi ion là cả khác không và thay đổi dọc theo chiều dày nằm trong khoảng từ khoảng  $0 \cdot t$  đến ít nhất khoảng  $0,3 \cdot t$ ; và đỉnh ứng suất nén chiều dày lớp ( $\text{DOL}_{\text{đỉnh}}$ ).  $\text{DOL}_{\text{đỉnh}}/t$  nằm trong khoảng từ khoảng 0,006 đến khoảng 0,014.

Theo khía cạnh (38) của sáng chế, vật phẩm gốc thủy tinh theo khía cạnh (37) được đề xuất, trong đó  $DOL_{đỉnh}/t$  nằm trong khoảng từ khoảng 0,008 đến khoảng 0,012.

Theo khía cạnh (39) của sáng chế, vật phẩm gốc thủy tinh theo khía cạnh (37) hoặc (38) được đề xuất, trong đó  $DOL_{đỉnh}/t$  nằm trong khoảng từ khoảng 0,009 đến khoảng 0,011.

Theo khía cạnh (40) của sáng chế, vật phẩm gốc thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (37) đến (39) được đề xuất, trong đó  $DOL_{đỉnh}/t$  bằng khoảng 0,01.

Theo khía cạnh (41) của sáng chế, vật phẩm gốc thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (32) đến (40) được đề xuất, trong đó  $t$  nằm trong khoảng từ khoảng 0,03 mm đến khoảng 1,3 mm.

Theo khía cạnh (42) của sáng chế, vật phẩm gốc thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (32) đến (41) được đề xuất, trong đó  $t$  bằng khoảng 0,8 mm.

Theo khía cạnh (43) của sáng chế, vật phẩm gốc thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (32) đến (42) được đề xuất, trong đó còn bao gồm ứng suất nén bề mặt (CS) lớn hơn hoặc bằng khoảng 300 MPa.

Theo khía cạnh (44) của sáng chế, vật phẩm gốc thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (32) đến (43) được đề xuất, trong đó CS bề mặt lớn hơn hoặc bằng khoảng 400 MPa.

Theo khía cạnh (45) của sáng chế, vật phẩm gốc thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (32) đến (44) được đề xuất, trong đó vật phẩm gốc thủy tinh có hình dạng 2,5D hoặc 3D.

Theo khía cạnh (46) của sáng chế, vật phẩm gốc thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (32) đến (45) được đề xuất, trong đó nồng độ  $Na_2O$  là tối thiểu ở tâm của vật phẩm gốc thủy tinh.

Theo khía cạnh (47) của sáng chế, vật phẩm gốc thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (32) đến (46) được đề xuất, trong đó còn có độ cong vênh nhỏ hơn khoảng 200  $\mu\text{m}$ .

Theo khía cạnh (48) của sáng chế, vật phẩm gốc thủy tinh đã được gia cường được đề xuất. Vật phẩm gốc thủy tinh được gia cường bao gồm: vùng bên trong bên dưới ứng suất kéo trung tâm CT; ít nhất một lớp ứng suất nén bên dưới ứng suất nén CS, lớp ứng suất nén kéo dài từ bề mặt của vật phẩm gốc thủy tinh đến độ sâu nén DOC, trong đó  $\text{DOC} \geq 0,1 \cdot t$  khi  $t < 0,5 \text{ mm}$  và  $\text{DOC} \geq 50 \mu\text{m}$  khi  $t \geq 0,5 \text{ mm}$ , và liền kề với vùng bên trong. Vật phẩm gốc thủy tinh được gia cường có ít nhất 60% tỷ lệ thành công khi được thực hiện thử nghiệm thả rơi bóng ngược bằng bóng thép không gỉ 4,2 g có đường kính bằng 10 mm từ chiều cao bằng 100 cm lên 30 tờ giấy ráp thô được đặt bên trên bề mặt của thủy tinh sao cho có 100  $\mu\text{m}$  khe hở không khí giữa giấy ráp và bề mặt của thủy tinh, trong đó tỷ lệ thành công được dựa trên thử nghiệm cho ít nhất 5 mẫu.

Theo khía cạnh (49) của sáng chế, vật phẩm gốc thủy tinh theo khía cạnh (48) được đề xuất, trong đó vật phẩm gốc thủy tinh được gia cường có ít nhất 60% tỷ lệ thành công khi được thực hiện thử nghiệm thả rơi bóng ngược từ chiều cao bằng 150 cm.

Theo khía cạnh (50) của sáng chế, thiết bị được đề xuất. Thiết bị bao gồm: vỏ có các bề mặt trước, bề mặt sau và bề mặt bên; các bộ phận điện nằm ít nhất một phần bên trong vỏ; màn hiển thị ở hoặc liền kề với bề mặt trước của vỏ; và nền phủ được bố trí trên màn hiển thị, trong đó nền phủ hoặc vỏ bao gồm vật phẩm gốc thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (31) đến (49).

Các dấu hiệu và ưu điểm khác sẽ được đề cập đến trong phần mô tả chi tiết dưới đây, và ít nhất sẽ hoàn toàn rõ ràng đối với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật từ phần mô tả này hoặc được thừa nhận bởi các phương án thực hiện như đã được mô tả ở đây, bao gồm phần mô tả chi tiết dưới đây, các điểm yêu cầu bảo hộ, cũng như các hình vẽ kèm theo.

Cần hiểu rằng cả phần mô tả chung bên trên và phần mô tả chi tiết dưới đây chỉ để làm ví dụ, và có mục đích đưa ra mô tả tổng quan hoặc dàn ý để hiểu bản chất

và đặc điểm của các điểm yêu cầu bảo hộ. Các hình vẽ kèm theo được bao hàm để đọc hiểu hơn nữa, và được kết hợp vào và đóng vai trò là một phần của bản mô tả này. Các hình vẽ minh họa một hoặc nhiều phương án thực hiện, và cùng với phần mô tả đóng vai trò giải thích các nguyên lý và sự thực hiện của các phương án thực hiện khác nhau.

### **Mô tả vắn tắt các hình vẽ**

Fig.1 là hình vẽ mặt cắt qua chiều dày của vật phẩm thủy tinh đã biết đã được tôi nhiệt;

Fig.2 là hình vẽ mặt cắt qua chiều dày của vật phẩm gốc thủy tinh đã biết đã được gia cường hóa học;

Fig.3 là hình vẽ mặt cắt qua chiều dày của vật phẩm gốc thủy tinh đã được gia cường hóa học theo một hoặc nhiều phương án thực hiện của sáng chế;

Fig.4 là đồ thị thể hiện các biên dạng ứng suất khác nhau là hàm số của độ sâu theo một hoặc nhiều phương án thực hiện của sáng chế với vùng CT có ứng suất dương và vùng CS có ứng suất âm;

Fig.5 là hình vẽ mặt cắt dạng sơ đồ của thiết bị vòng trên vòng;

Fig.6 là hình vẽ mặt cắt dạng sơ đồ thể hiện thiết bị theo một phương án thực hiện mà được sử dụng để thực hiện thử nghiệm bóng được thả rơi trên giấy ráp (IBoS: inverted ball on sandpaper) đã được mô tả theo sáng chế;

Fig.7 là hình vẽ mặt cắt dạng sơ đồ thể hiện cơ chế chính đối với nứt vỡ do đưa tác động phá hủy cùng với sự uốn cong mà thường xuất hiện trong các vật phẩm gốc thủy tinh được sử dụng trong các thiết bị điện tử di động hoặc cầm tay;

Fig.8 là lưu đồ cho phương pháp thực hiện thử nghiệm IBoS trong thiết bị đã được mô tả ở đây;

Fig.9 là đồ thị thể hiện nồng độ của  $\text{Na}_2\text{O}$  trong các vật phẩm gốc thủy tinh đã biết được gia cường hóa học và các vật phẩm gốc thủy tinh theo một hoặc nhiều phương án thực hiện của sáng chế;

Fig.10 là đồ thị thể hiện các trị số CT và DOC các trị số là hàm số của thời gian trao đổi ion, theo một hoặc nhiều phương án thực hiện của sáng chế;

Fig.11 là đồ thị so sánh các biên dạng ứng suất là hàm số của độ sâu của các vật phẩm gốc thủy tinh đã biết được gia cường hóa học và các vật phẩm gốc thủy tinh, theo một hoặc nhiều phương án thực hiện của sáng chế với vùng CT có ứng suất dương và vùng CS có ứng suất âm;

Fig.12 là đồ thị thể hiện của các biên dạng ứng suất của thủy tinh và thủy tinh-gốm đã biết được gia cường hóa học;

Fig.13 là đồ thị thể hiện của các biên dạng ứng suất của thủy tinh và thủy tinh-gốm theo một hoặc nhiều phương án thực hiện của sáng chế;

Fig.13A là đồ thị thể hiện chiều cao nứt vỡ trong thử nghiệm thả rơi theo ví dụ 3D;

Fig.14 là đồ thị so sánh biên dạng ứng suất đã biết là hàm số của độ sâu của vật phẩm gốc thủy tinh đã được gia cường hóa học và vật phẩm gốc thủy tinh theo một hoặc nhiều phương án thực hiện của sáng chế;

Fig.15 là đồ thị thể hiện các biên dạng ứng suất theo các ví dụ 4A đến 4D theo hàm của chiều sâu với vùng CT có ứng suất dương và vùng CS có ứng suất âm;

Fig.16 là đồ thị thể hiện các điểm dữ liệu năng lượng ứng suất kéo riêng đã được dự trữ đối với các ví dụ 4B đến 4D;

Fig.17 là đồ thị thể hiện nồng độ của  $K_2O$  và  $Na_2O$  là hàm số của độ sâu trong các ví dụ 4A đến 4D;

Fig.18 là đồ thị thể hiện dữ liệu giống với Fig.17, nhưng với tỷ lệ khác để thể hiện rõ ràng hơn nồng độ của  $Na_2O$  là hàm số của độ sâu;

Fig.19 là đồ thị thể hiện các biên dạng ứng suất theo các ví dụ 4A và 4C đến 4F là hàm số của độ sâu với vùng CT có ứng suất dương và vùng CS có ứng suất âm;

Fig.20 là đồ thị ở tỷ lệ khác thể hiện dữ liệu giống với Fig.19 với vùng CT có ứng suất dương và vùng CS có ứng suất âm;

Fig.21 là đồ thị thể hiện các biên dạng ứng suất theo các ví dụ 5A đến 5G là hàm số của độ sâu với vùng CT có ứng suất dương và vùng CS có ứng suất âm;

Fig.22 là đồ thị thể hiện DOC các trị số các ví dụ 5A đến 5G là hàm số bằng khoảng thời gian của các bước trao đổi ion thứ hai và/hoặc thứ ba;

Fig.23 là đồ thị thể hiện các trị số CT các ví dụ 5A đến 5G là hàm số bằng khoảng thời gian của các bước trao đổi ion thứ hai và/hoặc thứ ba;

Fig.24 là đồ thị thể hiện các biên dạng ứng suất là hàm số của độ sâu đối với các ví dụ 7A đến 7G với vùng CT có ứng suất dương và vùng CS có ứng suất âm;

Fig.25 là đồ thị thể hiện các trị số ứng suất kéo trung tâm và năng lượng ứng suất kéo đã được dự trữ, đều là hàm số của thời gian trao đổi ion, đối với các ví dụ 7A đến 7G;

Fig.26 là đồ thị thể hiện các biên dạng ứng suất theo ví dụ so sánh 8A và ví dụ 8B là hàm số của độ sâu với vùng CT có ứng suất dương và vùng CS có ứng suất âm;

Fig.27 là đồ thị thể hiện năng lượng ứng suất kéo đã được dự trữ theo ví dụ so sánh 8A và ví dụ 8B là hàm số của CT;

Fig.28 là đồ thị thể hiện năng lượng ứng suất kéo đã được dự trữ theo ví dụ so sánh 8C và ví dụ 8D là hàm số của CT.

Fig.29 là đồ thị thể hiện chiều cao thả rơi nứt vỡ đối với các ví dụ 2 và 9, và các ví dụ so sánh 9A và 9B;

Fig.30 là đồ thị thể hiện các kết quả mài vòng trên vòng đối với các ví dụ 2 và 9, và các ví dụ so sánh 9B và 9C;

Fig.31 là đồ thị phân bố Weibull thể hiện các kết quả thử nghiệm uốn cong bốn điểm đối với các ví dụ 2 và 9;

Fig.32 là đồ thị thể hiện các trị số CT tối đa đối với các ví dụ 10A đến 10E là hàm số của thời gian trao đổi ion;

Fig.33 là đồ thị thể hiện ứng suất đo được theo ví dụ 10D là hàm số của độ sâu nhô từ bề mặt của vật phẩm gốc thủy tinh theo ví dụ 10D vào trong vật phẩm gốc thủy tinh;

Fig.34 là đồ thị thể hiện các trị số áp lực để phá vỡ đối với các vật phẩm gốc thủy tinh theo ví dụ 11A sau khi được làm xước ở các áp lực hoặc áp lực khác nhau;

Fig.35 là đồ thị thể hiện các chiều cao mà ở đó các vật phẩm gốc thủy tinh theo ví dụ 11A bị phá vỡ sau khi được thả rơi lên 180 tờ giấy ráp thô và được thả rơi lên 30 tờ giấy ráp thô;

Fig.36 là đồ thị thể hiện các chiều cao mà ở đó các vật phẩm gốc thủy tinh theo ví dụ 11A và ví dụ so sánh 11B bị phá vỡ sau khi được thả rơi lên 30 tờ giấy ráp thô;

Fig.37 là đồ thị so sánh áp lực trung bình để phá vỡ các vật phẩm gốc thủy tinh theo ví dụ 11A và ví dụ so sánh 11B, sau khi được làm xước ở áp lực hoặc áp lực bằng 25 psi (~172 kPa);

Fig.38 là đồ thị so sánh áp lực trung bình để phá vỡ các vật phẩm gốc thủy tinh theo ví dụ 11A và ví dụ so sánh 11B, sau khi được làm xước ở áp lực hoặc áp lực bằng 45 psi (~310 kPa);

Fig.39 là hình chiếu đứng phía trước của thiết bị điện tử kết hợp các vật phẩm gốc thủy tinh theo một hoặc nhiều phương án thực hiện đã được mô tả ở đây;

Fig.40 là đồ thị thể hiện các biên dạng hợp phần  $\text{Na}_2\text{O}$  là hàm số của độ sâu đối với các vật phẩm gốc thủy tinh theo các ví dụ 13A đến 13E;

Fig.41 là đồ thị thể hiện CT, DOC và CS đối với các vật phẩm gốc thủy tinh theo các ví dụ 13A đến 13E;

Fig.42 là đồ thị thể hiện CT so với thời gian trao đổi ion đối với các vật phẩm gốc thủy tinh theo các ví dụ 14A1 đến 14A5 và 14B1 đến 14B4;

Fig.43 là đồ thị thể hiện dữ liệu SCALP đối với các vật phẩm gốc thủy tinh theo các ví dụ 14B1 đến 14B4 với vùng CT có ứng suất dương và vùng CS có ứng suất âm;

Fig.44 là đồ thị thể hiện dải ứng suất bề mặt và phân uốn các trị số ứng suất thu được bằng FSM đối với các vật phẩm gốc thủy tinh theo các ví dụ 14B1 đến 14B4;

Fig.45 là đồ thị thể hiện dữ liệu SCALP đối với các vật phẩm gốc thủy tinh theo các ví dụ 14A4 và 14B3 với vùng CT có ứng suất dương và vùng CS có ứng suất âm;

Fig.46 là đồ thị thể hiện các kết quả thử nghiệm thả rơi đối với các vật phẩm gốc thủy tinh theo các ví dụ 14A4 và 14B3;

Fig.47 là hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện mép vát của của phần thủy tinh vốn có thể cong vênh do sự trao đổi ion;

Fig.48 là đồ thị thể hiện các biên dạng hợp phần  $\text{Na}_2\text{O}$  và  $\text{K}_2\text{O}$  là hàm số của độ sâu đối với các vật phẩm gốc thủy tinh theo các ví dụ 14A4 và 14B3; và

Fig.49 là đồ thị thể hiện các mặt quét ngang của biên dạng  $\text{Na}_2\text{O}$  đối với các vật phẩm gốc thủy tinh theo các ví dụ 14A4 và 14B3.

### **Mô tả chi tiết sáng chế**

Sau đây, sáng chế sẽ được mô tả một cách chi tiết với các phương án thực hiện khác nhau, ví dụ về các phương án này được minh họa trong các ví dụ và hình vẽ kèm theo.

Các phương án thực hiện đã được mô tả ở đây tạo ra hiệu suất thả rơi được cải thiện, độ cong vênh giảm do trao đổi ion, và độ tăng khối lượng được giảm do trao đổi ion. Các đặc tính cải thiện của các vật phẩm gốc thủy tinh ít nhất một phần là nhờ hợp phần thủy tinh, hợp phần bẽ muối nóng chảy mà được sử dụng để trao đổi ion, và khoảng thời gian trao đổi ion. Hợp phần bẽ muối nóng chảy và thời gian trao đổi ion được chọn sao cho ứng suất kéo trung tâm, độ cong vênh, và khối lượng tăng của vật phẩm gốc thủy tinh được tối ưu. Lượng ứng suất kéo trung tâm được kết hợp với tổng ứng suất nén của các vật phẩm gốc thủy tinh, sao cho ứng suất kéo trung tâm cao hơn biểu thị mức ứng suất nén cao hơn do sự cân bằng lực. Mức ứng suất nén cao hơn góp phần vào hiệu suất thả rơi được cải thiện của các vật phẩm gốc thủy tinh. Như đã được mô tả ở đây, khoảng thời gian trao đổi ion được chọn để đạt được

ứng suất kéo trung tâm cao đồng thời giảm đến mức tối thiểu tổng lượng của oxit kim loại khuếch tán vào trong vật phẩm gốc thủy tinh, sao cho độ cong vênh tạo ra và khối lượng tăng cũng được giảm đến mức tối thiểu.

Trong phần mô tả dưới đây, các ký hiệu chỉ dẫn giống nhau biểu thị các chi tiết giống hoặc tương đương trong suốt một số hình vẽ được thể hiện trên các hình vẽ. Cũng cần hiểu rằng, trừ khi có mô tả cụ thể khác, các thuật ngữ như "trên," "dưới," "ra phía ngoài," "vào phía trong," và thuật ngữ tương tự là các từ ngữ thông thường và không được hiểu là làm giới hạn các thuật ngữ. Ngoài ra, mỗi khi một nhóm được mô tả là bao gồm ít nhất một trong số nhóm các phần tử và các kết hợp của chúng, cần hiểu rằng nhóm có thể bao gồm, về cơ bản bao gồm, hoặc bao gồm số lượng bất kỳ các phần tử được viện dẫn, hoặc theo cách riêng biệt hoặc theo cách kết hợp với nhau. Theo cách tương tự mỗi khi một nhóm được mô tả là bao gồm ít nhất một trong số nhóm các phần tử hoặc các kết hợp của chúng, cần hiểu rằng nhóm có thể bao gồm số lượng bất kỳ các phần tử được viện dẫn, hoặc theo cách riêng biệt hoặc theo cách kết hợp với nhau. Trừ khi có mô tả cụ thể khác, khoảng của các trị số, khi được viện dẫn, bao gồm cả các giới hạn trên và giới hạn dưới bằng khoảng cũng như các khoảng bất kỳ giữa chúng. Như được sử dụng trong bản mô tả này, các mạo từ bất định và mạo từ xác định tương ứng ("a," "an," và "the" trong tiếng Anh) có nghĩa là "ít nhất một" hoặc "một hoặc nhiều," trừ khi có mô tả cụ thể khác. Cũng cần hiểu rằng các dấu hiệu khác nhau được bộc lộ trong bản mô tả và các hình vẽ có thể được sử dụng theo các cách kết hợp bất kỳ và tất cả các cách kết hợp.

Như được sử dụng trong bản mô tả này, các thuật ngữ "vật phẩm gốc thủy tinh" và "các chất nền gốc thủy tinh" được sử dụng theo nghĩa rộng nhất của chúng để bao hàm vật phẩm bất kỳ được làm toàn bộ hoặc một phần bằng thủy tinh. Các vật phẩm gốc thủy tinh bao gồm các phiến mỏng bằng thủy tinh và các vật liệu không phải thủy tinh, các phiến mỏng bằng thủy tinh và các vật liệu dạng tinh thể, và thủy tinh-gốm (bao gồm pha vô định hình và pha tinh thể). Trừ khi có mô tả cụ thể khác, tất cả các hợp phần được thể hiện theo đơn vị mol phần trăm (mol%).

Lưu ý rằng các thuật ngữ "hầu như" và "khoảng" có thể được sử dụng ở đây để thể hiện mức không chắc chắn vốn có mà có thể dùng cho sự so sánh về định

lượng, trị số, phép đo hoặc thể hiện khác bất kỳ. Các thuật ngữ này cũng được sử dụng ở đây để thể hiện mức độ mà theo đó sự thể hiện về định lượng có thể thay đổi so với tham chiếu được viện dẫn mà không dẫn đến sự thay đổi về chức năng cơ sở của đối tượng đang mô tả. Do vậy ví dụ, vật phẩm gốc thủy tinh mà "hầu như không chứa MgO" là vật phẩm trong đó MgO không được bổ sung hoặc nạp liệu một cách chủ động vào trong vật phẩm gốc thủy tinh, nhưng có thể có lượng pha tạp rất nhỏ.

Trừ khi có mô tả cụ thể khác, tất cả nhiệt độ được thể hiện bằng đơn vị độ Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ). Như được sử dụng trong bản mô tả này thuật ngữ "điểm làm mềm" là để đề cập đến nhiệt độ mà ở đó độ nhớt của thủy tinh xấp xỉ  $10^{7,6}$  poise (P), thuật ngữ "điểm ủ" là để đề cập đến nhiệt độ mà ở đó độ nhớt của thủy tinh xấp xỉ  $10^{13,2}$  poise, thuật ngữ "nhiệt độ 200 poise ( $T^{200\text{P}}$ )" là để đề cập đến nhiệt độ mà ở đó độ nhớt của thủy tinh xấp xỉ 200 poise, thuật ngữ "nhiệt độ  $10^{11}$  poise" là để đề cập đến nhiệt độ mà ở đó độ nhớt của thủy tinh xấp xỉ  $10^{11}$  poise, thuật ngữ "nhiệt độ 35 kP ( $T^{35\text{kP}}$ )" là để đề cập đến nhiệt độ mà ở đó độ nhớt của thủy tinh xấp xỉ 35 kilopoise (kP), và thuật ngữ "nhiệt độ 160 kP ( $T^{160\text{kP}}$ )" là để đề cập đến nhiệt độ mà ở đó độ nhớt của thủy tinh xấp xỉ 160 kP.

Tham chiếu đến các hình vẽ nói chung và cụ thể là đến các hình vẽ từ Fig.1 đến Fig.3, đã biết rằng các hình minh họa là nhằm mục đích mô tả các phương án thực hiện cụ thể và không nhằm giới hạn phần bộc lộ hoặc các điểm yêu cầu bảo hộ kèm theo. Các hình vẽ không cần đúng tỷ lệ, và các dấu hiệu cụ thể và các hình vẽ trong số các hình vẽ có thể được thể hiện theo tỷ lệ phóng to hoặc theo dạng sơ đồ nhằm mục đích làm rõ ràng và đơn giản.

Như được sử dụng trong bản mô tả này, chiều sâu của ứng suất nén (DOC) đề cập đến chiều sâu mà ở đó ứng suất bên trong vật phẩm gốc thủy tinh thay đổi từ ứng suất nén thành ứng suất kéo. Ở DOC, ứng suất thay đổi từ ứng suất dương (nén) thành ứng suất âm (kéo) (ví dụ 130 trên Fig.1) và do vậy ở đó có trị số ứng suất bằng không. Tuy nhiên, trên một số hình vẽ, như các hình vẽ Fig.4, Fig.11, Fig.14, Fig.15, Fig.19, Fig.20, Fig.21, Fig.24, Fig.26, Fig.43, và Fig.45, ứng suất nén được thể hiện là trị số âm và ứng suất kéo được thể hiện là trị số dương.

Như được sử dụng trong bản mô tả này, các thuật ngữ "chiều sâu hóa học", "chiều dày lớp hóa học" và "chiều sâu của lớp hóa học" có thể được sử dụng thay đổi cho nhau và đề cập đến chiều sâu mà ở đó ion của oxit kim loại hoặc oxit kim loại kiềm (ví dụ ion kim loại hoặc ion kim loại kiềm) khuếch tán vào trong vật phẩm gốc thủy tinh và chiều sâu mà ở đó nồng độ của ion đạt đến trị số tối thiểu, như được xác định bởi vi phân tích bằng đầu dò điện tử (EPMA: Electron Probe Micro-Analysis) hoặc phổ phát xạ khí phát sáng - quang học (GD-OES: Glow Discharge - Optical Emission Spectroscopy)). Cụ thể là, chiều sâu khuếch tán của  $\text{Na}_2\text{O}$  hoặc nồng độ ion  $\text{Na}^+$  có thể có thể được xác định nhờ sử dụng EPMA và thiết bị đo ứng suất bề mặt (được mô tả chi tiết hơn dưới đây).

Theo quy ước được sử dụng thông thường trong lĩnh vực kỹ thuật, ứng suất nén được thể hiện là ứng suất âm ( $< 0$ ) và ứng suất kéo được thể hiện là ứng suất dương ( $> 0$ ). Tuy nhiên, trong toàn bộ phần mô tả này, CS được thể hiện là hoặc trị số tuyệt đối – tức là, như được biểu thị ở đây,  $\text{CS} = |\text{CS}|$  (CS = giá trị tuyệt đối của CS), trừ khi có lưu ý khác.

Các vật phẩm gốc thủy tinh đã được mô tả ở đây là mỏng, là các vật phẩm gốc thủy tinh được gia cường hóa học mà có các thủy tinh, như các thủy tinh silicat bao gồm thủy tinh chứa kiềm, và thủy tinh-gốm mà có thể được sử dụng làm mặt kính che các thiết bị điện tử di động và các màn hiển thị chạm. Các vật phẩm gốc thủy tinh cũng có thể được sử dụng trong các màn hiển thị (hoặc làm các vật phẩm màn hiển thị) (ví dụ các bảng quảng cáo, điểm bán hàng trong các hệ thống bán hàng, máy tính, hệ thống điều hướng, và ứng dụng tương tự), các vật phẩm kiến trúc (các tường, các đế giữ cố định, tấm panen, các cửa sổ, v.v.), các vật phẩm giao thông (ví dụ trong các ứng dụng ô tô, tàu hỏa, máy bay, tàu biển, v.v.), các thiết bị gia dụng (ví dụ máy giặt, máy sấy, máy rửa bát, tủ lạnh và thiết bị tương tự), hoặc vật phẩm bất kỳ cần chịu nứt vỡ.

Cụ thể là, các vật phẩm gốc thủy tinh đã được mô tả ở đây là mỏng và có các biên dạng ứng suất mà thường chỉ có thể đạt được thông qua tôi các vật phẩm gốc thủy tinh dày (ví dụ có chiều dày bằng khoảng 2 mm hoặc 3 mm hoặc lớn hơn). Các vật phẩm gốc thủy tinh có các biên dạng ứng suất đơn nhất dọc theo chiều dày của

chúng. Trong một số trường hợp, các vật phẩm gốc thủy tinh đã được mô tả ở đây có CS bề mặt lớn hơn so với các vật phẩm gốc thủy tinh đã được tôi. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, các vật phẩm gốc thủy tinh có lớp ứng suất nén mà kéo dài sâu hơn vào trong vật phẩm gốc thủy tinh (trong đó CS giảm và tăng từ từ hơn so với các vật phẩm gốc thủy tinh đã biết được gia cường hóa học) sao cho vật phẩm gốc thủy tinh có độ chịu nứt vỡ hầu như được cải thiện, thậm chí khi vật phẩm gốc thủy tinh hoặc thiết bị có vật phẩm gốc thủy tinh được thả rơi lên bề mặt cứng (ví dụ đá granit) hoặc bề mặt cứng và ráp (ví dụ asphan). Các vật phẩm gốc thủy tinh theo một hoặc nhiều phương án thực hiện có trị số CT tối đa lớn hơn so với một số chất nền thủy tinh đã biết được gia cường hóa học.

DOC có thể được đo bởi (1) thiết bị đo ứng suất bề mặt nhờ sử dụng các thiết bị thương mại có sẵn như FSM-6000, được sản xuất bởi Luceo Co., Ltd. (Tokyo, Japan) (thường biết đến là kỹ thuật FSM) hoặc (2) dải phân cực ánh sáng tán xạ (SCALP: scattered light polariscope) tùy thuộc vào việc xử lý trao đổi ion. Trong trường hợp ứng suất trong vật phẩm thủy tinh được tạo ra bằng cách trao đổi ion kali vào trong vật phẩm thủy tinh, FSM được sử dụng để đo DOC. Trong trường hợp ứng suất được tạo ra bằng cách trao đổi các ion natri vào trong vật phẩm thủy tinh, SCALP được sử dụng để đo DOC. Trong trường hợp ứng suất trong vật phẩm thủy tinh được tạo ra bằng cách trao đổi cả ion kali và ion natri vào trong thủy tinh, DOC được đo bởi SCALP, do được tin tưởng rằng chiều sâu trao đổi của natri biểu thị DOC và chiều sâu trao đổi của ion kali biểu thị sự thay đổi về biên độ của ứng suất nén (mà không biểu thị sự thay đổi về ứng suất từ ứng suất nén thành ứng suất kéo); chiều sâu trao đổi của ion kali (“DOL kali”) trong các vật phẩm thủy tinh này được đo bởi FSM.

CS, bao gồm CS bề mặt có thể được đo bởi kỹ thuật FSM. Các phép đo ứng suất bề mặt dựa vào phép đo chính xác của hệ số quang ứng suất (SOC: stress optical coefficient), vốn liên quan đến hiện tượng khúc xạ kép của thủy tinh. SOC lần lượt được đo theo Thủ tục C (Phương pháp đĩa thủy tinh) đã được mô tả trong tiêu chuẩn ASTM tiêu chuẩn C770-16, có tiêu đề “Phương pháp thử nghiệm tiêu chuẩn để đo

hệ số quang ứng suất của thủy tinh,” các nội dung của nó được đưa vào trong bản mô tả này bằng cách viện dẫn.

Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, các trị số CT tối đa có thể được đo nhờ sử dụng các kỹ thuật đo phân cực ánh sáng tán xạ (SCALP: scattered light polariscope) đã biết trong lĩnh vực kỹ thuật.

Như được nêu bên trên, các vật phẩm gốc thủy tinh đã được mô tả ở đây được gia cường hóa học nhờ sự trao đổi ion và có các biên dạng ứng suất mà được phân biệt với các biên dạng ứng suất khác có trong các vật phẩm gốc thủy tinh đã biết đã được gia cường. Theo sáng chế, các chất nền gốc thủy tinh được gia cường nói chung và các vật phẩm gốc thủy tinh nói chung đề cập đến các chất nền gốc thủy tinh mà đã được gia cường (ví dụ nhờ sự trao đổi ion). Trong quá trình này, các ion ở hoặc gần bề mặt của vật phẩm gốc thủy tinh được thay thế bởi – hoặc trao đổi với – các ion lớn hơn có cùng hóa trị và trạng thái oxy hóa. Theo các phương án thực hiện mà trong đó vật phẩm gốc thủy tinh bao gồm thủy tinh aluminosilicat kiềm, các ion trong lớp bề mặt của thủy tinh và các ion lớn hơn là các cation kim loại kiềm hóa trị một, như  $\text{Li}^+$  (khi có mặt trong vật phẩm gốc thủy tinh),  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Rb}^+$ , và  $\text{Cs}^+$ . Theo cách khác, các cation hóa trị một trong lớp bề mặt có thể được thay thế bởi các cation hóa trị một khác với các cation kim loại kiềm, như  $\text{Ag}^+$  hoặc cation tương tự. Theo các phương án thực hiện này, các ion hóa trị một (hoặc các cation) được trao đổi vào chất nền gốc thủy tinh tạo ra ứng suất trong vật phẩm gốc thủy tinh được tạo ra.

Các quá trình trao đổi ion thường được thực hiện bằng cách nhúng chất nền gốc thủy tinh vào bể muối nóng chảy (hoặc hai hoặc nhiều bể muối nóng chảy) chứa các ion lớn hơn để được trao đổi với các ion nhỏ hơn trong chất nền gốc thủy tinh. Cần lưu ý rằng các bể muối có nước cũng có thể được sử dụng. Ngoài ra, hợp phần của (các) bể có thể bao gồm nhiều hơn một loại ion lớn hơn (ví dụ  $\text{Na}^+$  và  $\text{K}^+$ ) hoặc một loại ion lớn hơn. Người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật sẽ hiểu rằng các thông số cho quá trình trao đổi ion, bao gồm, nhưng không chỉ giới hạn ở, hợp phần bể muối và nhiệt độ, thời gian nhúng, số lần nhúng vật phẩm gốc thủy tinh trong bể muối (hoặc các bể muối), sử dụng nhiều bể muối, các bước bổ sung như ủ, rửa, và bước tương tự, về cơ bản được xác định bởi hợp phần của vật phẩm gốc thủy

ting (bao gồm kết cấu của vật phẩm và sự có mặt của các pha tinh thể bất kỳ) và DOL hoặc DOC và CS mong muốn của vật phẩm gốc thủy tinh vốn là kết quả từ sự gia cường. Theo ví dụ, sự trao đổi ion của các chất nền gốc thủy tinh có thể thu được bằng cách nhúng các chất nền gốc thủy tinh trong ít nhất một bể muối nóng chảy chứa muối như, nhưng không chỉ giới hạn ở, các muối nitrat, các muối sulfat, và các clorua của ion kim loại kiềm lớn hơn. Các muối thông thường bao gồm  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{LiNO}_3$ ,  $\text{NaSO}_4$  và các kết hợp của chúng. Nhiệt độ của bể muối nóng chảy thường nằm trong khoảng từ khoảng  $380^\circ\text{C}$  lên đến khoảng  $450^\circ\text{C}$ , trong khi các thời gian nhúng nằm trong khoảng từ khoảng 15 phút lên đến khoảng 100 giờ tùy thuộc vào chiều dày thủy tinh, nhiệt độ của bể và độ khuếch tán thủy tinh (hoặc ion hóa trị một). Tuy nhiên, các nhiệt độ và các thời gian nhúng khác với các nhiệt độ và thời gian nhúng nêu trên cũng có thể được sử dụng.

Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, các chất nền gốc thủy tinh có thể được nhúng vào bể muối nóng chảy chứa 100%  $\text{NaNO}_3$  có nhiệt độ từ khoảng  $370^\circ\text{C}$  đến khoảng  $480^\circ\text{C}$ . Theo một số phương án thực hiện, chất nền gốc thủy tinh có thể được nhúng trong bể muối hỗn hợp nóng chảy chứa từ khoảng 5% đến khoảng 90%  $\text{KNO}_3$  và từ khoảng 10% đến khoảng 95%  $\text{NaNO}_3$ . Theo một số phương án thực hiện, chất nền gốc thủy tinh có thể được nhúng trong bể muối hỗn hợp nóng chảy chứa  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  và  $\text{NaNO}_3$  và có dải nhiệt độ rộng hơn (ví dụ lên đến khoảng  $500^\circ\text{C}$ ). Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, vật phẩm gốc thủy tinh có thể được nhúng trong bể thứ hai, sau khi nhúng trong bể thứ nhất. Bước nhúng trong bể thứ hai có thể bao gồm nhúng vào bể muối nóng chảy chứa 100%  $\text{KNO}_3$  trong 15 phút đến 8 giờ.

Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, chất nền gốc thủy tinh có thể được nhúng trong bể muối hỗn hợp nóng chảy chứa  $\text{NaNO}_3$  và  $\text{KNO}_3$  (ví dụ 49%/51%, 50%/50%, 51%/49%) có nhiệt độ nhỏ hơn khoảng  $420^\circ\text{C}$  (ví dụ khoảng  $400^\circ\text{C}$  hoặc khoảng  $380^\circ\text{C}$ ) trong thời gian nhỏ hơn khoảng 5 giờ, hoặc thậm chí nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 4 giờ.

Các điều kiện trao đổi ion có thể được làm thích ứng để tạo ra "đỉnh" hoặc để tăng độ dốc của biên dạng ứng suất ở hoặc gần bề mặt của vật phẩm gốc thủy tinh

được tạo ra. Đỉnh này có thể đạt được nhờ một bề hoặc nhiều bề, với (các) bề có một hợp phần hoặc hợp phần hỗn hợp, do các đặc tính đơn nhất của các hợp phần thủy tinh sử dụng trong các vật phẩm gốc thủy tinh đã được mô tả ở đây.

Như được thể hiện trên Fig.3, vật phẩm gốc thủy tinh 300 theo một hoặc nhiều phương án thực hiện bao gồm bề mặt thứ nhất 302 và bề mặt thứ hai 304 đối diện với bề mặt thứ nhất, tạo ra chiều dày  $t$ . Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, chiều dày  $t$  có thể bằng khoảng 3 milimét nhỏ hơn hoặc bằng, như nằm trong khoảng từ khoảng 0,01 milimét đến khoảng 3 milimét, từ khoảng 0,1 milimét đến khoảng 3 milimét, từ khoảng 0,2 milimét đến khoảng 3 milimét, từ khoảng 0,3 milimét đến khoảng 3 milimét, từ khoảng 0,4 milimét đến khoảng 3 milimét, từ khoảng 0,01 milimét đến khoảng 2,5 milimét, từ khoảng 0,01 milimét đến khoảng 2 milimét, từ khoảng 0,01 milimét đến khoảng 1,5 milimét, từ khoảng 0,01 milimét đến khoảng 1 milimét, từ khoảng 0,01 milimét đến khoảng 0,9 milimét, từ khoảng 0,01 milimét đến khoảng 0,8 milimét, từ khoảng 0,01 milimét đến khoảng 0,7 milimét, từ khoảng 0,01 milimét đến khoảng 0,6 milimét, từ khoảng 0,01 milimét đến khoảng 0,5 milimét, từ khoảng 0,1 milimét đến khoảng 0,5 milimét, từ khoảng 0,3 milimét đến khoảng 0,5 milimét, hoặc các khoảng con bất kỳ chứa trong đó.

Vật phẩm gốc thủy tinh bao gồm biên dạng ứng suất 312 kéo dài từ bề mặt thứ nhất 302 đến bề mặt thứ hai 304 (hoặc dọc theo toàn bộ chiều dày  $t$ ). Trên Fig.3, trục x biểu diễn trị số ứng suất và trục y biểu diễn chiều dày hoặc chiều sâu bên trong vật phẩm gốc thủy tinh.

Như được thể hiện trên Fig.3, biên dạng ứng suất 312 bao gồm lớp CS 315 (với CS bề mặt 310), lớp CT 325 (với CT tối đa 320) và DOC 317 mà ở đó biên dạng ứng suất 312 thay đổi từ ứng suất nén thành ứng suất kéo ở bước 330. Lớp CT 325 còn có chiều sâu hoặc chiều dài kết hợp 327 (vùng hoặc lớp CT). Như được sử dụng trong bản mô tả này, tham chiếu đến DOC và DOL là liên quan đến chiều sâu từ một bề mặt (hoặc bề mặt thứ nhất 302 hoặc bề mặt thứ hai 304), với hiểu biết rằng DOC hoặc DOL này cũng có thể có mặt từ bề mặt khác.

CS bề mặt 310 có thể bằng khoảng 150 MPa hoặc lớn hơn hoặc khoảng 200 MPa hoặc lớn hơn (ví dụ khoảng 250 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 300 MPa, lớn

hơn hoặc bằng khoảng 400 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 450 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 500 MPa hoặc lớn hơn, hoặc khoảng 550 MPa hoặc lớn hơn). CS bề mặt 310 có thể lên đến khoảng 900 MPa, lên đến khoảng 1000 MPa, lên đến khoảng 1100 MPa, hoặc lên đến khoảng 1200 MPa. Các trị số CS bề mặt được đưa ra ở đây có thể còn bao gồm CS tối đa. Theo một số phương án thực hiện, CS bề mặt nhỏ hơn CS tối đa.

CT tối đa 320 có thể lớn hơn hoặc bằng khoảng  $71,5/\sqrt{t}$ . Theo một số phương án thực hiện, CT tối đa 320 bằng khoảng 80 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 85 MPa hoặc lớn hơn hoặc khoảng 90 MPa hoặc lớn hơn. Theo một số phương án thực hiện, CT tối đa 320 có thể nằm trong khoảng từ lớn hơn khoảng 80 MPa đến khoảng 100 MPa (ví dụ từ khoảng 85 MPa đến khoảng 100 MPa, từ khoảng 90 MPa đến khoảng 100 MPa, từ khoảng 80 MPa đến khoảng 95 MPa, từ khoảng 80 MPa đến khoảng 90 MPa, từ khoảng 85 MPa đến khoảng 95 MPa, hoặc từ khoảng 88 MPa đến khoảng 92 MP). CT tối đa 320 có thể nằm trong khoảng từ khoảng  $0,3 \cdot t$  đến khoảng  $0,7 \cdot t$ , từ khoảng  $0,4 \cdot t$  đến khoảng  $0,6 \cdot t$  hoặc từ khoảng  $0,45 \cdot t$  đến khoảng  $0,55 \cdot t$ . Cần lưu ý rằng một hoặc nhiều hợp phần bất kỳ trong số CS bề mặt 310 và CT tối đa 320 có thể tùy thuộc vào chiều dày của vật phẩm gốc thủy tinh. Ví dụ, các vật phẩm gốc thủy tinh có chiều dày bằng khoảng 0,8 mm có thể có CT tối đa nằm trong khoảng từ khoảng 85 MPa đến khoảng 100 MPa. Khi chiều dày của vật phẩm gốc thủy tinh giảm, CT tối đa có thể tăng. Nói theo cách khác, CT tối đa tăng khi chiều dày giảm (hoặc khi vật phẩm gốc thủy tinh trở nên mỏng hơn).

Theo một số phương án thực hiện, tỷ lệ của CT tối đa 320 với CS bề mặt 310 nằm trong khoảng từ khoảng 0,1 đến khoảng 0,8 (ví dụ nằm trong khoảng từ khoảng 0,1 đến khoảng 0,7, từ khoảng 0,1 đến khoảng 0,6, từ khoảng 0,1 đến khoảng 0,5, từ khoảng 0,1 đến khoảng 0,4, từ khoảng 0,1 đến khoảng 0,3, từ khoảng 0,1 đến khoảng 0,25, từ khoảng 0,1 đến khoảng 0,2, từ khoảng 0,15 đến khoảng 0,8, từ khoảng 0,2 đến khoảng 0,8, từ khoảng 0,3 đến khoảng 0,8, từ khoảng 0,4 đến khoảng 0,8, từ khoảng 0,5 đến khoảng 0,8, hoặc từ khoảng 0,6 đến khoảng 0,8). Trong các vật phẩm gốc thủy tinh đã biết được gia cường hóa học, tỷ lệ của CT tối đa 320 với CS bề mặt 310 nhỏ hơn hoặc bằng 0,1. Theo một số phương án thực hiện, CS bề mặt có thể

bằng 4 lần (ví dụ 5 lần, 6 lần hoặc 6,5 lần) CT tối đa hoặc lớn hơn. Theo một số phương án thực hiện, CS bề mặt có thể lên đến khoảng 47,5 lần CT tối đa. CS bề mặt có thể nằm trong khoảng từ khoảng 4 lần lên đến khoảng 7,5 lần CT tối đa.

Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, biên dạng ứng suất 312 bao gồm CS tối đa, thường là CS bề mặt 310 và có thể được xác định ở một hoặc cả hai bề mặt thứ nhất 302 và bề mặt thứ hai 304. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, lớp hoặc vùng CS 315 kéo dài dọc theo một phần của chiều dày đến DOC 317 và CT tối đa 320. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, DOC 317 có thể bằng khoảng  $0,1 \cdot t$  hoặc lớn hơn. Ví dụ, DOC 317 có thể bằng khoảng  $0,12 \cdot t$ , lớn hơn hoặc bằng khoảng  $0,14 \cdot t$ , lớn hơn hoặc bằng khoảng  $0,15 \cdot t$ , lớn hơn hoặc bằng khoảng  $0,16 \cdot t$ , lớn hơn hoặc bằng  $0,17 \cdot t$ , lớn hơn hoặc bằng  $0,18 \cdot t$ , lớn hơn hoặc bằng  $0,19 \cdot t$ , lớn hơn hoặc bằng  $0,20 \cdot t$ , lớn hơn hoặc bằng khoảng  $0,21 \cdot t$  hoặc lớn hơn, hoặc lên đến khoảng  $0,25 \cdot t$ . Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, biên dạng ứng suất 312 có thể được biểu diễn dưới dạng hình parabol. Theo một số phương án thực hiện, biên dạng ứng suất dọc theo vùng hoặc chiều sâu của vật phẩm gốc thủy tinh có ứng suất kéo có dạng hình parabol. Theo một hoặc nhiều phương án cụ thể, biên dạng ứng suất 312 không có phần ứng suất phẳng (tức là, ứng suất nén hoặc ứng suất kéo) hoặc phần mà có ứng suất hầu như không đổi (tức là, ứng suất nén hoặc ứng suất kéo). Theo một số phương án thực hiện, vùng CT có biên dạng ứng suất mà hầu như không chứa ứng suất phẳng hoặc không có ứng suất hầu như không đổi. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, tất cả các điểm của biên dạng ứng suất 312 giữa chiều dày nằm trong khoảng từ khoảng  $0t$  lên đến khoảng  $0,2 \cdot t$  và lớn hơn  $0,8 \cdot t$  (hoặc từ khoảng  $0 \cdot t$  đến khoảng  $0,3 \cdot t$  và lớn hơn  $0,7 \cdot t$ ) bao gồm đường tiếp tuyến có trị số tuyệt đối mà lớn hơn khoảng 0,1 MPa/micromét. Theo một số phương án thực hiện, đường tiếp tuyến có thể có trị số tuyệt đối của lớn hơn khoảng 0,2 MPa/micromét. Theo một số phương án thực hiện cụ thể khác, đường tiếp tuyến có thể có trị số tuyệt đối của lớn hơn 0,3 MPa/micromét. Theo phương án thực hiện cụ thể còn khác nữa, đường tiếp tuyến có thể có trị số tuyệt đối của lớn hơn 0,5 MPa/micromét. Nói theo cách khác, biên dạng ứng suất theo một hoặc nhiều phương án thực hiện dọc theo các khoảng chiều dày này (tức là,  $0 \cdot t$  lên đến khoảng  $2 \cdot t$  và lớn hơn  $0,8t$ , hoặc từ khoảng  $0t$  đến khoảng  $0,3 \cdot t$  và  $0,7 \cdot t$  hoặc lớn hơn) ngoại trừ các điểm có đường tiếp tuyến,

như đã được mô tả ở đây. Không bị ràng buộc bởi lý thuyết, hàm lỗi đã biết hoặc các biên dạng ứng suất gần như tuyến tính có các điểm dọc theo các khoảng chiều dày này (tức là, từ khoảng  $0 \cdot t$  lên đến khoảng  $2 \cdot t$  và lớn hơn  $0,8 \cdot t$ , hoặc từ khoảng  $0 \cdot t$  đến khoảng  $0,3 \cdot t$  và  $0,7 \cdot t$  hoặc lớn hơn) mà có đường tiếp tuyến có thể có trị số tuyệt đối nhỏ hơn khoảng 0,1 MPa/micromét, nhỏ hơn khoảng 0,2 MPa/micromét, nhỏ hơn khoảng 0,3 MPa/micromét, hoặc nhỏ hơn khoảng 0,5 MPa/micromét (thể hiện độ dốc phẳng hoặc bằng không của biên dạng ứng suất dọc theo các khoảng chiều dày 220 này, như được thể hiện trên Fig.2). Các vật phẩm gốc thủy tinh theo một hoặc nhiều phương án thực hiện của sáng chế không có biên dạng ứng suất mà có độ dốc phẳng hoặc bằng không của biên dạng ứng suất dọc theo các khoảng chiều dày này, như được thể hiện trên Fig.3.

Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, vật phẩm gốc thủy tinh có biên dạng ứng suất theo chiều dày nằm trong khoảng từ khoảng  $0,1 \cdot t$  đến  $0,3 \cdot t$  và từ khoảng  $0,7 \cdot t$  đến  $0,9 \cdot t$  mà bao gồm đường tiếp tuyến cực đại và đường tiếp tuyến cực tiểu. Trong một số trường hợp, sự chênh lệch giữa đường tiếp tuyến tối đa và đường tiếp tuyến cực tiểu nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 3,5 MPa/micromét, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 3 MPa/micromét, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 2,5 MPa/micromét, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 2 MPa/micromét.

Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, vật phẩm gốc thủy tinh bao gồm biên dạng ứng suất 312 mà hầu như không chứa các đoạn tuyến tính bất kỳ mà kéo dài theo hướng chiều sâu hoặc dọc theo ít nhất một phần của chiều dày  $t$  của vật phẩm gốc thủy tinh. Nói theo cách khác, biên dạng ứng suất 312 hầu như tăng hoặc giảm liên tục dọc theo chiều dày  $t$ . Theo một số phương án thực hiện, biên dạng ứng suất hầu như không chứa các đoạn tuyến tính bất kỳ theo hướng chiều sâu có chiều dài lớn hơn hoặc bằng khoảng 10 micromét, lớn hơn hoặc bằng khoảng 50 micromét, hoặc lớn hơn hoặc bằng khoảng 100 micromét, hoặc lớn hơn hoặc bằng khoảng 200 micromét. Như được sử dụng trong bản mô tả này, thuật ngữ "tuyến tính" để mô tả độ dốc có biên độ nhỏ hơn khoảng 5 MPa/micromét, hoặc nhỏ hơn khoảng 2 MPa/micromét dọc theo đoạn tuyến tính. Theo một số phương án thực hiện, một hoặc nhiều phần của biên dạng ứng suất mà hầu như không chứa các đoạn tuyến tính bất

kỳ theo hướng chiều sâu nằm ở các chiều sâu bên trong vật phẩm gốc thủy tinh lớn hơn hoặc bằng khoảng 5 micromét (ví dụ lớn hơn hoặc bằng 10 micromét, hoặc lớn hơn hoặc bằng 15 micromét) từ hoặc một hoặc cả hai bề mặt thứ nhất hoặc bề mặt thứ hai. Ví dụ, dọc theo chiều sâu bằng khoảng 0 micromét đến nhỏ hơn khoảng 5 micromét từ bề mặt thứ nhất, biên dạng ứng suất có thể bao gồm các đoạn tuyến tính, nhưng từ chiều sâu lớn hơn hoặc bằng khoảng 5 micromét từ bề mặt thứ nhất, biên dạng ứng suất có thể hầu như không chứa các đoạn tuyến tính.

Theo một số phương án thực hiện, biên dạng ứng suất có thể bao gồm các đoạn tuyến tính ở các chiều sâu từ khoảng  $0t$  lên đến khoảng  $0,1t$  và có thể hầu như không chứa các đoạn tuyến tính ở các chiều sâu bằng khoảng  $0,1t$  đến khoảng  $0,4t$ . Theo một số phương án thực hiện, biên dạng ứng suất từ chiều dày nằm trong khoảng từ khoảng  $0t$  đến khoảng  $0,1t$  có thể có độ dốc nằm trong khoảng từ khoảng 20 MPa/micron đến khoảng 200 MPa/micron. Như sẽ được mô tả ở đây, vật phẩm thủy tinh theo các phương án thực hiện này có thể được tạo nhờ sử dụng một quá trình trao đổi ion mà theo đó bề bao gồm hai hoặc nhiều muối kiềm hoặc là hỗn hợp muối kiềm bề hoặc nhiều (ví dụ hai hoặc nhiều hơn hai) quá trình trao đổi ion.

Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, vật phẩm gốc thủy tinh có thể được mô tả theo hình dạng của biên dạng ứng suất dọc theo vùng CT (số chỉ dẫn 327 trên Fig.3). Ví dụ, theo một số phương án thực hiện, biên dạng ứng suất dọc theo vùng CT (trong đó ứng suất là ứng suất kéo) có thể được tính xấp xỉ bằng phương trình. Theo một số phương án thực hiện, biên dạng ứng suất dọc theo vùng CT có thể được tính xấp xỉ bằng phương trình (1):

$$\text{Ứng suất}(x) = \text{MaxT} - (((CT_n \cdot (n+1))/0,5^n) \cdot |(x/t)-0,5|^n) \quad (1).$$

Theo phương trình (1), ứng suất(x) là trị số ứng suất ở vị trí x. Ở đây ứng suất là dương (ứng suất kéo). Theo phương trình (1), MaxT là trị số ứng suất tối đa và  $CT_n$  là trị số ứng suất ở n và nhỏ hơn hoặc bằng MaxT. Cả MaxT và  $CT_n$  được thể hiện là các trị số dương theo đơn vị MPa. Trị số x là vị trí dọc theo chiều dày (t) theo đơn vị micromét, với khoảng từ 0 đến t;  $x=0$  là một bề mặt (số chỉ dẫn 302 trên Fig.3),  $x=0,5t$  là tâm của vật phẩm gốc thủy tinh, và  $x=t$  là bề mặt đối diện (số chỉ dẫn 304

trên Fig.3).  $MaxT$  được sử dụng trong phương trình (1) tương đương với  $CT$  tối đa, mà có thể lớn hơn hoặc bằng khoảng  $71,5/\sqrt{t}$ . Theo một số phương án thực hiện,  $MaxT$  được sử dụng trong phương trình (1) có thể nằm trong khoảng từ lớn hơn khoảng 80 MPa đến khoảng 100 MPa (ví dụ từ khoảng 85 MPa đến khoảng 100 MPa, từ khoảng 90 MPa đến khoảng 100 MPa, từ lớn hơn khoảng 80 MPa đến khoảng 95 MPa, từ lớn hơn khoảng 80 đến khoảng 90 MPa, hoặc từ khoảng 85 MPa đến khoảng 95 MPa), và  $n$  là hệ số điều chỉnh từ 1,5 đến 5 (ví dụ 2 đến 4, 2 đến 3 hoặc 1,8 đến 2,2) hoặc từ khoảng 1,5 đến khoảng 2. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện,  $n=2$  có thể tạo ra biên dạng ứng suất dạng parabol, các số mũ khác  $n \neq 2$  tạo ra các biên dạng ứng suất có dạng gần parabol. Fig.4 là đồ thị thể hiện các biên dạng ứng suất khác nhau theo một hoặc nhiều phương án thực hiện của sáng chế, dựa trên các thay đổi về hệ số điều chỉnh  $n$ .

Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện,  $CT_n$  có thể nhỏ hơn  $MaxT$  trong đó có đỉnh ứng suất nén trên một hoặc cả hai bề mặt chính của vật phẩm gốc thủy tinh. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện,  $CT_n$  bằng với  $MaxT$  khi không có đỉnh ứng suất nén trên một hoặc cả hai bề mặt chính của vật phẩm gốc thủy tinh.

Theo một số phương án thực hiện, biên dạng ứng suất có thể có thể được thay đổi nhờ xử lý nhiệt. Theo các phương án thực hiện này, xử lý nhiệt có thể diễn ra trước các quá trình trao đổi ion bất kỳ, giữa các quá trình trao đổi ion, hoặc sau tất cả các quá trình trao đổi ion. Theo một số phương án thực hiện, xử lý nhiệt có thể dẫn đến giảm độ dốc của biên dạng ứng suất ở hoặc gần bề mặt. Theo một số phương án thực hiện, trong đó độ dốc dốc hơn hoặc lớn hơn được mong muốn ở bề mặt, quá trình trao đổi ion sau khi xử lý nhiệt có thể được sử dụng để tạo ra "đỉnh" hoặc để tăng độ dốc của biên dạng ứng suất ở hoặc gần bề mặt.

Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, biên dạng ứng suất 312 được tạo ra do nồng độ khác không của (các) oxit kim loại thay đổi dọc theo một phần của chiều dày. Như được nêu trên, sự biến thiên về nồng độ oxit kim loại có thể được gọi ở đây là gradien nồng độ oxit kim loại. Theo một số phương án thực hiện, nồng độ của oxit kim loại khác không và các biến thiên, cả hai nồng độ này là dọc theo chiều dày nằm trong khoảng từ khoảng  $0 \cdot t$  đến khoảng  $0,3 \cdot t$ . Theo một số phương án thực

hiện, nồng độ của oxit kim loại khác không và thay đổi dọc theo chiều dày nằm trong khoảng từ khoảng  $0 \cdot t$  đến khoảng  $0,35 \cdot t$ , từ khoảng  $0 \cdot t$  đến khoảng  $0,4 \cdot t$ , từ khoảng  $0 \cdot t$  đến khoảng  $0,45 \cdot t$  hoặc từ khoảng  $0 \cdot t$  đến khoảng  $0,48 \cdot t$ . Oxit kim loại có thể được mô tả là tác nhân tạo ra ứng suất trong vật phẩm gốc thủy tinh. Sự thay đổi về nồng độ có thể tiếp tục dọc theo các khoảng chiều dày nêu trên. Sự thay đổi về nồng độ có thể bao gồm thay đổi về nồng độ oxit kim loại bằng khoảng 0,2 mol% dọc theo đoạn chiều dày bằng khoảng 100 micromét. Sự thay đổi này có thể được đo bởi các phương pháp đã biết trong lĩnh vực kỹ thuật bao gồm đầu dò micro, như được thể hiện trong ví dụ 1. Oxit kim loại mà có nồng độ khác không và các biến thiên dọc theo một phần của chiều dày có thể được mô tả là tác nhân tạo ra ứng suất trong vật phẩm gốc thủy tinh.

Sự thay đổi về nồng độ có thể tiếp tục dọc theo các khoảng chiều dày nêu trên. Theo một số phương án thực hiện, sự thay đổi về nồng độ có thể tiếp tục dọc theo các đoạn chiều dày nằm trong khoảng từ khoảng 10 micromét đến khoảng 30 micromét. Theo một số phương án thực hiện, nồng độ của oxit kim loại giảm từ bề mặt thứ nhất đến điểm giữa bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai và tăng từ điểm này đến bề mặt thứ hai.

Nồng độ của oxit kim loại có thể bao gồm nhiều hơn một oxit kim loại (ví dụ sự kết hợp của  $\text{Na}_2\text{O}$  và  $\text{K}_2\text{O}$ ). Theo một số phương án thực hiện, trong đó hai oxit kim loại được sử dụng và trong đó bán kính của các ion khác nhau, nồng độ của các ion có bán kính lớn hơn lớn hơn nồng độ của các ion có bán kính nhỏ hơn ở các độ sâu nông, trong khi ở các độ sâu sâu hơn, nồng độ của các ion có bán kính nhỏ hơn lớn hơn nồng độ của các ion có bán kính lớn hơn. Ví dụ, trong trường hợp bể chứa riêng ion  $\text{Na}^-$  và  $\text{K}^-$  được sử dụng trong quá trình trao đổi ion, nồng độ của các ion  $\text{K}^+$  trong vật phẩm gốc thủy tinh lớn hơn nồng độ của các ion  $\text{Na}^+$  ở các độ sâu nông hơn, trong khi nồng độ của  $\text{Na}^+$  lớn hơn nồng độ của các ion  $\text{K}^+$  ở các độ sâu sâu hơn. Một phần, điều này là do kích cỡ của các ion hóa trị một mà được trao đổi vào thủy tinh đối với các ion hóa trị một nhỏ hơn. Trong các vật phẩm gốc thủy tinh này, diện tích ở hoặc gần bề mặt bao gồm CS lớn hơn do lượng lớn hơn của các ion lớn hơn (tức là, các ion  $\text{K}^+$ ) ở hoặc gần bề mặt. CS lớn hơn này có thể được thể hiện bởi

biên dạng ứng suất có độ dốc dốc hơn ở hoặc gần bề mặt (tức là, một đỉnh trên biên dạng ứng suất ở bề mặt).

Gradient nồng độ hoặc sự biến thiên của một hoặc nhiều oxit kim loại được tạo ra bởi chất nền gốc thủy tinh gia cường hóa học, như đã được mô tả trước đó trong bản mô tả này, trong đó các ion kim loại thứ nhất trong chất nền gốc thủy tinh được trao đổi với các ion kim loại thứ hai. Các ion thứ nhất có thể là các ion liti, natri, kali, và rubiđi. Các ion kim loại thứ hai có thể là các ion của một kim loại trong số natri, kali, rubiđi, và xesi, với điều kiện là ion kim loại kiềm thứ hai có bán kính ion lớn hơn bán kính ion của ion kim loại kiềm thứ nhất. Ion kim loại thứ hai có mặt trong chất nền gốc thủy tinh như một oxit của nó (ví dụ  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Rb}_2\text{O}$ ,  $\text{Cs}_2\text{O}$  hoặc sự kết hợp của chúng).

Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, gradient nồng độ oxit kim loại kéo dài qua phần chiều dày đáng kể  $t$  hoặc toàn bộ chiều dày  $t$  của vật phẩm gốc thủy tinh, bao gồm lớp CT 327. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, nồng độ của oxit kim loại lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,5 mol% trong lớp CT 327. Theo một số phương án thực hiện, nồng độ của oxit kim loại có thể lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,5 mol% (ví dụ khoảng 1 mol% hoặc lớn hơn) dọc theo toàn bộ chiều dày của vật phẩm gốc thủy tinh, và là lớn nhất ở bề mặt thứ nhất 302 và/hoặc bề mặt thứ hai 304 và giảm hầu như không đổi đến điểm giữa bề mặt thứ nhất 302 và bề mặt thứ hai 304. Ở điểm đó, nồng độ của oxit kim loại là thấp nhất dọc theo toàn bộ chiều dày  $t$ ; tuy nhiên nồng độ này cũng khác không ở điểm đó. Nói theo cách khác, nồng độ khác không của oxit kim loại cụ thể đó kéo dài dọc theo phần chiều dày đáng kể  $t$  (như đã được mô tả ở đây) hoặc toàn bộ chiều dày  $t$ . Theo một số phương án thực hiện, nồng độ thấp nhất trong oxit kim loại cụ thể là ở lớp CT 327. Tổng nồng độ của oxit kim loại cụ thể trong vật phẩm gốc thủy tinh có thể nằm trong khoảng từ khoảng 1 mol% đến khoảng 20 mol%.

Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, vật phẩm gốc thủy tinh bao gồm nồng độ oxit kim loại thứ nhất và nồng độ oxit kim loại thứ hai, sao cho nồng độ oxit kim loại thứ nhất nằm trong khoảng từ 0 mol% đến 15 mol% dọc theo chiều dày thứ nhất nằm trong khoảng từ khoảng  $0t$  đến khoảng  $0,5t$ , và nồng độ oxit kim loại thứ

hai nằm trong khoảng từ 0 mol% đến 10 mol% từ chiều dày thứ hai nằm trong khoảng từ khoảng 0 micromét đến khoảng 25 micromét (hoặc từ khoảng 0 micromét đến khoảng 12 micromét); tuy nhiên, nồng độ của một hoặc cả hai oxit kim loại thứ nhất và oxit kim loại thứ hai khác không dọc theo phần đáng kể hoặc toàn bộ chiều dày của vật phẩm gốc thủy tinh. Vật phẩm gốc thủy tinh có thể bao gồm nồng độ oxit kim loại tùy chọn thứ ba. Oxit kim loại thứ nhất có thể chứa  $\text{Na}_2\text{O}$  trong khi oxit kim loại thứ hai có thể chứa  $\text{K}_2\text{O}$ .

Nồng độ của oxit kim loại có thể được xác định từ lượng chuẩn của oxit kim loại trong vật phẩm gốc thủy tinh trước khi được thay đổi để có gradien nồng độ của oxit kim loại này.

Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, các vật phẩm gốc thủy tinh có thể có độ tăng về nồng độ  $\text{Na}_2\text{O}$  ở điểm giữa của vật phẩm gốc thủy tinh nhỏ hơn khoảng 1,3 mol% so với chất nền thủy tinh không được trao đổi ion, như độ tăng nhỏ hơn khoảng 1,2 mol%, nhỏ hơn khoảng 1,1 mol%, hoặc nhỏ hơn khoảng 1,0 mol%. Độ tăng về nồng độ  $\text{Na}_2\text{O}$  ở điểm giữa lớn hơn 1,3 mol% biểu thị rằng có sự khuếch tán quá mức của các ion natri vào trong vật phẩm gốc thủy tinh xuất hiện, và sự cong vênh và khối lượng tăng không mong muốn có thể xảy ra. Ngoài ra, như đã được mô tả ở đây, sự khuếch tán quá mức của các ion natri không tạo ra chiều sâu cải thiện của ứng suất nén, độ chống vỡ, hoặc hiệu suất thả rơi. Như được sử dụng trong bản mô tả này, “điểm tâm” đề cập đến điểm bất kỳ bên trong vật phẩm gốc thủy tinh nằm ở chiều sâu bằng  $0,5t$  (theo phương thẳng đứng) bên trong vật phẩm thủy tinh và ít nhất  $5t$  (theo phương nằm ngang) từ mép theo chu vi gần nhất của vật phẩm gốc thủy tinh. Phương thẳng đứng được đo theo đường mà (1) nối bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai và đi qua điểm tâm, và (2) vuông góc với bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai ở điểm trong đó đường thẳng giao nhau với bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai. Phương nằm ngang được đo theo đường giữa mép theo chu vi và điểm tâm và vuông góc với đường mà được sử dụng để đo phương thẳng đứng.

Theo một số phương án thực hiện, Nồng độ gam phân tử  $\text{Na}_2\text{O}$  ở điểm giữa của vật phẩm gốc thủy tinh nhỏ hơn khoảng 45% tổng nồng độ gam phân tử oxit kim loại kiềm ( $\text{R}_2\text{O}$ ) của vật phẩm gốc thủy tinh ở điểm giữa, như nhỏ hơn khoảng 40%

tổng nồng độ gam phân tử oxit kim loại kiềm. Tỷ lệ phần trăm của tổng nồng độ gam phân tử oxit kim loại kiềm có thể tính cho  $\text{Na}_2\text{O}$  biểu thị mức độ mà từ đó sự trao đổi ion natri vào trong vật phẩm gốc thủy tinh xuất hiện, khi tỷ lệ trao đổi ion là quá trình 1:1 trong đó tổng nồng độ gam phân tử oxit kim loại kiềm không thay đổi. nồng độ  $\text{Na}_2\text{O}$  ở điểm giữa lớn hơn khoảng 45% tổng oxit kim loại kiềm ở điểm giữa có thể biểu thị rằng có sự khuếch tán quá mức của các ion natri vào trong vật phẩm gốc thủy tinh xuất hiện, và sự cong vênh và khối lượng tăng không mong muốn có thể xảy ra.

Theo một số phương án thực hiện, nồng độ gam phân tử  $\text{Na}_2\text{O}$  ở điểm giữa của vật phẩm gốc thủy tinh nhỏ hơn khoảng 4,5 mol%, như nhỏ hơn khoảng 4 mol%, khoảng 3 mol%, hoặc khoảng 2,5 mol%. Theo ví dụ, theo một số phương án thực hiện các vật phẩm gốc thủy tinh với nồng độ gam phân tử  $\text{Na}_2\text{O}$  ở điểm giữa của vật phẩm gốc thủy tinh nhỏ hơn khoảng 4,5 mol% có thể được tạo ra từ các chất nền gốc thủy tinh chứa liti. nồng độ  $\text{Na}_2\text{O}$  ở điểm giữa lớn hơn 4,5 mol% có thể biểu thị rằng có sự khuếch tán quá mức của các ion natri vào trong vật phẩm gốc thủy tinh xuất hiện, và sự cong vênh và khối lượng tăng không mong muốn có thể xảy ra.

Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, các vật phẩm gốc thủy tinh có thể được mô tả về khía cạnh cách chúng nứt vỡ và mảnh vụn tạo ra từ sự nứt vỡ này. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, khi bị nứt vỡ, các vật phẩm gốc thủy tinh nứt vỡ thành 2 hoặc nhiều hơn 2 mảnh vụn trên một in-sơ vuông (hoặc trên 6,4516 centimét vuông) của vật phẩm gốc thủy tinh (trước khi nứt vỡ). Trong một số trường hợp, các vật phẩm gốc thủy tinh nứt vỡ thành 3, lớn hơn hoặc bằng 4, lớn hơn hoặc bằng 5, lớn hơn hoặc bằng hoặc 10 mảnh vụn trên một in-sơ vuông (hoặc trên 6,4516 centimét vuông) của vật phẩm gốc thủy tinh (trước khi nứt vỡ). Trong một số trường hợp, khi bị nứt vỡ, các vật phẩm gốc thủy tinh nứt vỡ thành mảnh vụn sao cho nhiều hơn hoặc bằng 50% mảnh vụn có diện tích bề mặt nhỏ hơn 5%, nhỏ hơn 2%, hoặc nhỏ hơn 1% diện tích bề mặt của vật phẩm gốc thủy tinh (trước khi nứt vỡ). Theo một số phương án thực hiện, khi bị nứt vỡ, các vật phẩm gốc thủy tinh nứt vỡ thành mảnh vụn sao cho 90% hoặc hơn hoặc thậm chí 100% mảnh vụn có diện tích bề mặt nhỏ hơn 5%, nhỏ hơn 2%, hoặc nhỏ hơn 1% diện tích bề mặt của vật phẩm gốc thủy tinh (trước khi nứt vỡ).

Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, sau khi gia cường hóa học vật phẩm gốc thủy tinh, biên dạng ứng suất tạo ra 317 của vật phẩm gốc thủy tinh tạo ra độ chịu nứt vỡ được cải thiện. Ví dụ, theo một số phương án thực hiện, khi nứt vỡ, vật phẩm gốc thủy tinh bao gồm mảnh vụn có kích thước mặt cắt ngang trung bình dài nhất nhỏ hơn hoặc bằng khoảng  $2 \cdot t$  (ví dụ nhỏ hơn hoặc bằng  $1,8 \cdot t$ ,  $1,6 \cdot t$ ,  $1,5 \cdot t$ ,  $1,4 \cdot t$ ,  $1,2 \cdot t$  hoặc  $1 \cdot t$ ).

Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, các vật phẩm gốc thủy tinh có thể có độ bền chống nứt vỡ ( $K_{IC}$ ) bằng khoảng  $0,65 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$  hoặc lớn hơn. Trong một số trường hợp, độ bền chống nứt vỡ có thể bằng khoảng  $0,69 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ , lớn hơn hoặc bằng khoảng  $0,7 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ , lớn hơn hoặc bằng khoảng  $0,8 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$  hoặc lớn hơn, hoặc khoảng  $0,9 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$  hoặc lớn hơn. Theo một số phương án thực hiện độ bền chống nứt vỡ có thể nằm trong khoảng từ khoảng  $0,65 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$  đến khoảng  $1 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ .

Theo một số phương án thực hiện, chất nền có thể còn khác biệt do có độ cứng từ khoảng 500 HVN đến khoảng 800 HVN ( $\text{kgf/mm}^2$ ), được đo nhờ sử dụng thử nghiệm độ cứng Vicker ở áp lực bằng 200 g. Theo một số phương án thực hiện, vật phẩm gốc thủy tinh có thể bao gồm độ cứng Vicker nằm trong khoảng từ khoảng 600 HVN đến khoảng 800 HVN.

Các vật phẩm gốc thủy tinh đã được mô tả ở đây có thể có năng lượng ứng suất kéo đã được dự trữ nằm trong khoảng từ lớn hơn  $0 \text{ J/m}^2$  đến khoảng  $40 \text{ J/m}^2$ . Trong một số trường hợp, năng lượng ứng suất kéo đã được dự trữ có thể nằm trong khoảng từ khoảng  $5 \text{ J/m}^2$  đến khoảng  $40 \text{ J/m}^2$ , từ khoảng  $10 \text{ J/m}^2$  đến khoảng  $40 \text{ J/m}^2$ , từ khoảng  $15 \text{ J/m}^2$  đến khoảng  $40 \text{ J/m}^2$ , từ khoảng  $20 \text{ J/m}^2$  đến khoảng  $40 \text{ J/m}^2$ , từ khoảng  $1 \text{ J/m}^2$  đến khoảng  $35 \text{ J/m}^2$ , từ khoảng  $1 \text{ J/m}^2$  đến khoảng  $30 \text{ J/m}^2$ , từ khoảng  $1 \text{ J/m}^2$  đến khoảng  $25 \text{ J/m}^2$ , từ khoảng  $1 \text{ J/m}^2$  đến khoảng  $20 \text{ J/m}^2$ , từ khoảng  $1 \text{ J/m}^2$  đến khoảng  $15 \text{ J/m}^2$ , từ khoảng  $1 \text{ J/m}^2$  đến  $10 \text{ J/m}^2$ , từ khoảng  $10 \text{ J/m}^2$  đến khoảng  $30 \text{ J/m}^2$ , từ khoảng  $10 \text{ J/m}^2$  đến khoảng  $25 \text{ J/m}^2$ , từ khoảng  $15 \text{ J/m}^2$  đến khoảng  $30 \text{ J/m}^2$ , từ khoảng  $15 \text{ J/m}^2$  đến khoảng  $25 \text{ J/m}^2$ , từ khoảng  $18 \text{ J/m}^2$  đến khoảng  $22 \text{ J/m}^2$ , từ khoảng  $25 \text{ J/m}^2$  đến khoảng  $40 \text{ J/m}^2$ , hoặc từ khoảng  $25 \text{ J/m}^2$  đến khoảng  $30 \text{ J/m}^2$ . Các vật phẩm gốc thủy tinh được gia cường hóa học và bằng nhiệt theo một hoặc

hiều phương án thực hiện có thể có năng lượng ứng suất kéo đã được dự trữ bằng khoảng  $6 \text{ J/m}^2$ , lớn hơn hoặc bằng khoảng  $10 \text{ J/m}^2$ , lớn hơn hoặc bằng khoảng  $15 \text{ J/m}^2$  hoặc lớn hơn, hoặc khoảng  $20 \text{ J/m}^2$  hoặc lớn hơn.

Năng lượng ứng suất kéo đã được dự trữ có thể được tính toán theo phương trình (2) sau đây:

$$\text{năng lượng ứng suất kéo đã được dự trữ (J/m}^2\text{)} = 1-\nu E \int \sigma^2 dt \quad (2)$$

trong đó  $\nu$  là hệ số Poisson,  $E$  là suất đàn hồi và tích phân chỉ được tính cho vùng ứng suất kéo.

Các vật phẩm gốc thủy tinh đã được mô tả ở đây thường có suất đàn hồi hoặc suất đàn hồi Young lớn hơn hoặc bằng khoảng 70 GPa (ví dụ nằm trong khoảng từ khoảng 70 GPa đến khoảng 100 GPa, từ khoảng 72 GPa đến khoảng 100 GPa, từ khoảng 75 GPa đến khoảng 100 GPa, từ khoảng 76 GPa đến khoảng 100 GPa, từ khoảng 78 GPa đến khoảng 100 GPa, từ khoảng 80 GPa đến khoảng 100 GPa, từ khoảng 82 GPa đến khoảng 100 GPa, từ khoảng 84 GPa đến khoảng 100 GPa, từ khoảng 86 GPa đến khoảng 100 GPa, từ khoảng 88 GPa đến khoảng 100 GPa, từ khoảng 90 GPa đến khoảng 100 GPa, từ khoảng 70 GPa đến khoảng 95 GPa, từ khoảng 70 GPa đến khoảng 90 GPa, từ khoảng 70 GPa đến khoảng 88 GPa, từ khoảng 70 GPa đến khoảng 86 GPa, từ khoảng 70 GPa đến khoảng 85 GPa, từ khoảng 70 GPa đến khoảng 84 GPa, từ khoảng 70 GPa đến khoảng 82 GPa, hoặc từ khoảng 70 GPa đến khoảng 80 GPa). Suất đàn hồi, mà nằm sâu bên trong hợp phần của vật phẩm gốc thủy tinh, có thể tạo ra độ cứng cao mong muốn, vốn là đặc tính bên ngoài, cho vật phẩm gốc thủy tinh cuối cùng mà được tạo ra từ đó. Nhằm mục đích mô tả ngắn gọn, trừ khi kiểu phép đo suất đàn hồi chuyên biệt được biểu thị một cách rõ ràng, suất đàn hồi đã được mô tả ở đây sẽ là suất đàn hồi Young của vật liệu, mà không phải là, ví dụ, môđun nứt vỡ, môđun đàn hồi khối, hệ số Poisson, và thông số tương tự.

Theo một số phương án thực hiện, vật phẩm gốc thủy tinh bao gồm độ nhót chất lỏng thấp cho phép sự hình thành của các vật phẩm gốc thủy tinh thông qua các kỹ thuật cán mỏng. Như được sử dụng trong bản mô tả này, thuật ngữ "độ nhót chất

lỏng" đề cập đến độ nhớt của thủy tinh nóng chảy ở nhiệt độ pha lỏng, trong đó thuật ngữ "nhiệt độ pha lỏng" là để đề cập đến nhiệt độ mà ở đó các tinh thể xuất hiện đầu tiên làm thủy tinh nóng chảy nguội dần từ nhiệt độ nóng chảy (hoặc nhiệt độ mà ở đó các tinh thể cuối cùng nóng chảy khi nhiệt độ được tăng từ nhiệt độ phòng). Nói chung, các vật phẩm gốc thủy tinh (hoặc các hợp phần được sử dụng để tạo ra các vật phẩm này) đã được mô tả ở đây độ nhớt chất lỏng nhỏ hơn khoảng 100 kilopoise (kP). Theo một số phương án thực hiện, các vật phẩm gốc thủy tinh (hoặc các hợp phần được sử dụng để tạo ra các vật phẩm này) có độ nhớt chất lỏng nhỏ hơn khoảng 80 kP, nhỏ hơn khoảng 60 kP, nhỏ hơn khoảng 40 kP, nhỏ hơn khoảng 30 kP (ví dụ nằm trong khoảng từ khoảng 15 kP đến khoảng 30 kP).

Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, các vật phẩm gốc thủy tinh có ngưỡng mài xước theo phương ngang Knoop nằm trong khoảng từ khoảng 4 N đến khoảng 7 N, từ khoảng 4,5 N đến khoảng 7 N, từ khoảng 5 N đến khoảng 7 N, từ khoảng 4 N đến khoảng 6,5 N, từ khoảng 4 N đến khoảng 6 N, hoặc từ khoảng 5 N đến khoảng 6 N. Như được sử dụng trong bản mô tả này, ngưỡng mài xước theo phương ngang Knoop là tải ở khởi đầu của nứt vỡ ngang (trong nhiều hơn hoặc bằng ba trong số 5 lần ấn lõm) mà kéo dài lớn hơn hoặc bằng hai lần chiều rộng của rãnh xước vi rãnh, được tạo ra nhờ sử dụng mũi nung Knoop.

Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, các vật phẩm gốc thủy tinh có ngưỡng nứt vỡ ấn lõm Vicker nằm trong khoảng từ khoảng 10 kgf (~98 N), lớn hơn hoặc bằng khoảng 12 kgf (~117 N), hoặc lớn hơn hoặc bằng khoảng 15 kgf (~147 N). Trong một số trường hợp, các vật phẩm gốc thủy tinh có ngưỡng nứt vỡ ấn lõm Vicker nằm trong khoảng từ khoảng 15 kgf (~147 N) đến khoảng 25 kgf (~245 N). Như được sử dụng trong bản mô tả này, ngưỡng nứt vỡ ấn lõm Vicker là tải mà ở đó bắt đầu xuất hiện nứt vỡ ở giữa/theo hướng kính (trong nhiều hơn hoặc bằng ba trong số 5 lần ấn lõm) kéo dài từ ít nhất một góc của vị trí ấn lõm.

Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, các vật phẩm gốc thủy tinh có độ cứng bề mặt được cải thiện khi được thực hiện thử nghiệm mài mòn vòng trên vòng (AROR: abraded ring-on-ring). Độ cứng của vật liệu được xác định là ứng suất mà ở đó xảy ra nứt vỡ. Thử nghiệm AROR là phép đo độ cứng bề mặt để thử nghiệm

các mẫu thủy tinh phẳng, và tiêu chuẩn ASTM C1499-09(2013), có tiêu đề "Phương pháp thử nghiệm tiêu chuẩn cho độ bền uốn đều đẳng trục kép của gốm gia cường ở nhiệt độ môi trường," có tác dụng làm cơ sở cho phương pháp luận của thử nghiệm AROR đã được mô tả ở đây. Nội dung của tiêu chuẩn ASTM C1499-09 được đưa vào trong bản mô tả này bằng cách viện dẫn.

Theo một phương án thực hiện, mẫu thủy tinh được mài để tiêu chuẩn hóa và/hoặc kiểm soát trạng thái khuyết tật bề mặt của mẫu trước khi thực hiện thử nghiệm vòng trên vòng bằng các hạt silic cacbua (SiC) 90 hạt mài mà được tác động đến mẫu thủy tinh nhờ sử dụng phương pháp và thiết bị đã được mô tả trong phụ lục A2, có tiêu đề "các quy trình mài mòn," của tiêu chuẩn ASTM C158-02(2012), có tiêu đề "các phương pháp thử nghiệm tiêu chuẩn cho độ bền của thủy tinh bằng cách uốn cong (Xác định môđun đứt gãy). Nội dung của tiêu chuẩn ASTM C158-02 và nội dung của phụ lục 2 được đưa cụ thể vào trong bản mô tả này bằng cách viện dẫn. Vật liệu mài thường được phun cát làm sạch lên bề mặt của vật phẩm gốc thủy tinh ở áp lực bằng 15 psi nhờ sử dụng áp lực không khí bằng 304 kPa (44 psi); mặc dù trong các ví dụ dưới đây, vật liệu mài được phun cát làm sạch lên bề mặt ở các áp lực khác (ví dụ 25 psi (~172 kPa) hoặc 45 psi (~310 kPa)). Sau khi dòng không khí được tạo ra, 5 cm<sup>3</sup> vật liệu mài được xả vào trong phễu và mẫu được phun cát làm sạch trong 5 giây sau khi đưa vào vật liệu mài.

Đối với thử nghiệm AROR, vật phẩm gốc thủy tinh 410 có ít nhất một bề mặt được mài như được thể hiện trên Fig.5 được đặt giữa hai vòng đồng tâm có kích cỡ khác nhau để xác định độ bền uốn đẳng trục kép (tức là, ứng suất tối đa mà vật liệu có khả năng chống chịu được khi thực hiện thử nghiệm uốn giữa hai vòng đồng tâm), cũng được thể hiện trên Fig.5. Trong thử nghiệm AROR có kết cấu 400, vật phẩm gốc thủy tinh đã được mài 410 được đỡ bởi vòng đỡ 420 có đường kính D2. Lực F được tác động bởi ô tải trọng (không được thể hiện) đến bề mặt của vật phẩm gốc thủy tinh nhờ vòng tải trọng 430 có đường kính D1.

Tỷ lệ của các đường kính của vòng tải trọng và vòng đỡ D1/D2 có thể nằm trong khoảng từ khoảng 0,2 đến khoảng 0,5. Theo một số phương án thực hiện, D1/D2 bằng khoảng 0,5. Vòng tải trọng 130 và vòng đỡ 120 cần được căn thẳng

đồng tâm với trong khoảng 0,5% đường kính vòng đỡ D2. Ô tải trọng được sử dụng cho thử nghiệm cần có độ chính xác với sai số  $\pm 1\%$  ở tải trọng bất kỳ trong phạm vi được chọn. Theo một số phương án thực hiện, thử nghiệm được thực hiện ở nhiệt độ bằng  $23 \pm 2^\circ\text{C}$  và độ ẩm tương đối bằng  $40 \pm 10\%$ .

Đối với thiết kế để giữ cố định, bán kính  $r$  của bề mặt nhô của vòng tải trọng 430,  $h/2 \leq r \leq 3h/2$ , trong đó  $h$  là chiều dày của vật phẩm gốc thủy tinh 410. Vòng tải trọng và vòng đỡ 430, 420 thường được làm bằng thép tăng cứng có độ cứng  $\text{HRC} > 40$ . Các đế giữ cố định AROR có bán sẵn.

Cơ chế nứt vỡ có khả năng xảy ra đối với thử nghiệm AROR là để quan sát sự nứt vỡ của vật phẩm gốc thủy tinh 410 sinh ra từ bề mặt 430a bên trong vòng tải trọng 430. Các nứt vỡ xảy ra ngoài vùng này – tức là, giữa các vòng tải trọng 430 và các vòng đỡ 420 – được loại bỏ khỏi phân tích dữ liệu. Tuy nhiên, do vật phẩm gốc thủy tinh 410 có độ mỏng và độ bền cao, các độ uốn lớn vượt quá  $\frac{1}{2}$  chiều dày mẫu  $h$  đôi khi được quan sát thấy. Do đó hiếm khi thấy tỷ lệ phần trăm cao về các nứt vỡ gây ra từ vòng tải trọng bên dưới 430. ứng suất không thể được tính toán một cách chính xác mà không có hiểu biết về sự phát triển của ứng suất cả bên trong và bên dưới vòng (được thu thập thông qua phân tích biến dạng) và sự khởi đầu của nứt vỡ ở mỗi mẫu. Do đó thử nghiệm AROR tập trung vào tải trọng đỉnh ở nứt vỡ khi sự phản hồi được đo.

Độ bền của vật phẩm gốc thủy tinh phụ thuộc vào sự có mặt của các nứt vỡ bề mặt. Tuy nhiên, khả năng có mặt của khuyết tật với kích cỡ nhất định không thể dự báo được một cách chính xác, vì về bản chất, độ bền của thủy tinh là mang tính thống kê. Do đó, hàm phân phối xác suất thường được sử dụng để biểu diễn về mặt thống kê dữ liệu thu được.

Theo một số phương án thực hiện, các vật phẩm gốc thủy tinh mô tả ở đây có độ bền uốn bề mặt hoặc độ bền uốn đẳng lưỡng trục ít nhất bằng 20 kgf ( $\sim 196\text{ N}$ ), và lên đến khoảng 30 kgf ( $\sim 294\text{ N}$ ) như được xác định bằng thử nghiệm AROR sử dụng áp lực 25 psi ( $\sim 172\text{ kPa}$ ) hoặc thậm chí 45 psi ( $\sim 310\text{ kPa}$ ) để làm xước bề mặt. Theo các phương án thực hiện khác, độ bền bề mặt ít nhất bằng 25 kgf ( $\sim 245\text{ N}$ ), và cũng theo các phương án thực hiện khác, ít nhất 30 kgf ( $\sim 294\text{ N}$ ).

Theo một số phương án thực hiện, các vật phẩm gốc thủy tinh đã được mô tả ở đây có thể được mô tả về hiệu suất trong thử nghiệm thả rơi bóng lên giấy ráp (IboS: inverted ball on sandpaper). Thử nghiệm IBoS là thử nghiệm mức thành phần bằng động lực mà mô phỏng cơ chế nứt vỡ chủ yếu do tạo ra sự phá vỡ cộng thêm quá trình uốn cong mà thường xuất hiện trong các vật phẩm gốc thủy tinh được sử dụng trong các thiết bị điện tử di động hoặc cầm tay, như được thể hiện dưới dạng sơ đồ trên Fig.6. Trong thử nghiệm này, sự phá vỡ xuất hiện (ký tự chỉ dẫn a trên Fig.7) trên bề mặt trên của vật phẩm gốc thủy tinh. Nứt vỡ khởi đầu ở bề mặt trên của vật phẩm gốc thủy tinh và sự phá vỡ hoặc xuyên qua vật phẩm gốc thủy tinh (ký tự chỉ dẫn b trên Fig.7) hoặc nứt vỡ lan truyền từ quá trình uốn cong ở bề mặt trên hoặc từ các phần bên trong của vật phẩm gốc thủy tinh (ký tự chỉ dẫn c trên Fig.7). Thử nghiệm IBoS được thiết kế để đồng thời tạo phá hủy cho bề mặt của thủy tinh và tác dụng lực uốn dưới tải động. Trong một số trường hợp, vật phẩm gốc thủy tinh thể hiện tính năng thả rơi được cải thiện hơn khi nó có ứng suất nén, hơn là so với vật phẩm gốc thủy tinh tương tự nhưng không có ứng suất nén.

Thiết bị thử nghiệm được thể hiện dưới dạng sơ đồ trên Fig.6. Thiết bị 500 bao gồm giá thử nghiệm 510 và bóng 530. Bóng 530 là bóng cứng hoặc rắn như, ví dụ, bóng thép không gỉ hoặc bóng tương tự. Theo một phương án thực hiện, bóng 530 là bóng thép không gỉ 4,2 gram có đường kính bằng 10 mm. Bóng 530 được thả rơi trực tiếp lên trên vật phẩm gốc mẫu thủy tinh 518 từ chiều cao định trước **h**. Giá thử nghiệm 510 bao gồm đế cứng 512 bao gồm vật liệu cứng, rắn như đá granit hoặc vật liệu tương tự. Tấm 514 có vật liệu mài được bố trí trên bề mặt được đặt lên bề mặt trên của đế cứng 512 sao cho bề mặt có vật liệu mài quay lên trên. Theo một số phương án thực hiện, tấm 514 là giấy ráp có 30 hạt mài bề mặt và, theo các phương án thực hiện khác, là giấy ráp có 180 hạt mài bề mặt. Vật phẩm gốc mẫu thủy tinh 518 được giữ ở vị trí bên trên tấm 514 nhờ bộ phận giữ mẫu 515 sao cho có khe hở không khí 516 giữa vật phẩm gốc mẫu thủy tinh 518 và tấm 514. Khe hở không khí 516 giữa tấm 514 và vật phẩm gốc mẫu thủy tinh 518 cho phép vật phẩm gốc mẫu thủy tinh 518 uốn ngay khi được va đập bởi bóng 530 và lên trên bề mặt làm xước của tấm 514. Theo một phương án thực hiện, vật phẩm gốc mẫu thủy tinh 518 được kẹp qua tất cả các góc để giữ độ uốn chỉ giới hạn ở điểm va đập của bóng và để đảm

bảo khả năng lặp lại. Theo một số phương án thực hiện, bộ phận giữ mẫu 514 và giá thử nghiệm 510 được làm thích ứng để giữ các chiều dày mẫu lên đến khoảng 2 mm. Khe hở không khí 516 nằm trong khoảng từ khoảng 50  $\mu\text{m}$  đến khoảng 100  $\mu\text{m}$ . Khe hở không khí 516 được làm thích ứng để điều chỉnh sự chênh lệch về độ cứng vật liệu (Suất đàn hồi Young, E), mà còn bao gồm suất đàn hồi và chiều dày của mẫu. Băng dính 520 có thể được sử dụng để che bề mặt trên của vật phẩm gốc mẫu thủy tinh để thu gom mảnh vụn trong trường hợp nứt vỡ vật phẩm gốc mẫu thủy tinh 518 ngay khi có va đập của bóng 530.

Các vật liệu khác nhau có thể được sử dụng bề mặt làm xước. Theo một phương án thực hiện cụ thể, bề mặt làm xước là giấy ráp, như giấy ráp bằng silic cacbua hoặc nhôm, giấy ráp kỹ thuật, hoặc vật liệu mài bất kỳ đã biết đối với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật để có độ cứng và/hoặc độ sắc đáng kể. Theo một số phương án thực hiện, giấy ráp có độ nhám 30 grit có thể được sử dụng, vì nó có địa hình bề mặt đồng nhất hơn so với bê tông hoặc asphal, và cỡ hạt và độ sắc để tạo ra mức phá vỡ mong muốn trên bề mặt mẫu.

Theo một khía cạnh, phương pháp 600 thực hiện thử nghiệm IBoS bằng thiết bị 500 đã được mô tả bên trên được thể hiện trên Fig.8. Ở bước 610, vật phẩm gốc mẫu thủy tinh (số chỉ dẫn 518 trên Fig.6) được đặt trên giá thử nghiệm 510, đã được mô tả trước đó và được giữ chặt trong bộ phận giữ mẫu 515 sao cho khe hở không khí 516 được tạo ra giữa vật phẩm gốc mẫu thủy tinh 518 và tấm 514 với bề mặt làm xước. Phương pháp 600 giả định rằng tấm 514 với bề mặt làm xước đã hoàn toàn được đặt trên giá thử nghiệm 510. Tuy nhiên, theo một số phương án thực hiện, phương pháp có thể bao gồm bước đặt tấm 514 trên giá thử nghiệm 510, sao cho bề mặt có vật liệu mài quay lên trên. Theo một số phương án thực hiện (bước 610a), băng dính 520 được dán vào bề mặt trên của vật phẩm gốc mẫu thủy tinh 518 trước khi giữ chặt vật phẩm gốc mẫu thủy tinh 518 trong bộ phận giữ mẫu 510.

Ở bước 620, bóng cứng 530 có khối lượng và kích cỡ định trước được thả rơi từ chiều cao định trước  $h$  lên bề mặt trên của vật phẩm gốc mẫu thủy tinh 518, sao cho bóng 530 va đập bề mặt trên (hoặc băng dính 520 gắn với bề mặt trên) ở gần tâm theo dạng hình học (tức là, trong vòng 1 mm, hoặc trong khoảng 3 mm, hoặc trong

khoảng 5 mm, hoặc trong khoảng 10 mm từ tâm theo dạng hình học) của bề mặt trên. Sau khi va đập ở bước 620, mức độ phá vỡ đối với vật phẩm gốc mẫu thủy tinh 518 được xác định (Bước 630). Như đã được mô tả trước đó trong bản mô tả này, ở đây, thuật ngữ "nứt vỡ" có nghĩa là nứt vỡ lan truyền qua toàn bộ chiều dày và/hoặc toàn bộ bề mặt của chất nền khi chất nền bị rơi hoặc bị va đập bởi một vật thể.

Theo phương pháp 600, tấm 518 có bề mặt làm xước có thể được thay thế sau mỗi lần thả rơi để tránh các hiệu ứng “già hóa” quan sát được khi sử dụng lặp lại các loại vật liệu khác (ví dụ bê tông hoặc asphán) làm bề mặt thử nghiệm thả rơi.

Các chiều cao thả rơi định trước khác nhau **h** và các số gia thường được sử dụng theo phương pháp 600. Thử nghiệm có thể, ví dụ, sử dụng chiều cao thả rơi tối thiểu để bắt đầu (ví dụ khoảng 10 đến 20 cm). Sau đó chiều cao có thể được tăng cho các thử nghiệm thả rơi liên tục theo hoặc số gia định trước hoặc các số gia khác nhau. Thử nghiệm đã được mô tả theo phương pháp 600 được dừng lại khi vật phẩm gốc mẫu thủy tinh 518 vỡ hoặc nứt vỡ (Bước 631). Theo cách khác, nếu chiều cao thả rơi **h** đạt chiều cao thả rơi tối đa (ví dụ khoảng 100 cm) mà không nứt vỡ, thử nghiệm thả rơi theo phương pháp 600 cũng có thể được dừng lại, hoặc bước 620 có thể được lặp lại ở chiều cao tối đa cho đến khi xuất hiện nứt vỡ.

Theo một số phương án thực hiện, phương pháp 600 của thử nghiệm IBoS được thực hiện chỉ một lần trên mỗi vật phẩm gốc mẫu thủy tinh 518 ở mỗi chiều cao định trước **h**. Tuy nhiên, theo các phương án thực hiện khác, mỗi mẫu có thể được thực hiện nhiều thử nghiệm ở mỗi chiều cao.

Nếu nứt vỡ của vật phẩm gốc mẫu thủy tinh 518 xuất hiện (Bước 631 trên Fig.8), thử nghiệm IBoS theo phương pháp 600 được kết thúc (Bước 640). Nếu không có nứt vỡ sinh ra từ bóng thả rơi chiều cao thả rơi định trước được quan sát thấy (Bước 632), chiều cao thả rơi được tăng theo số gia định trước (Bước 634) – như, ví dụ, 5, 10, hoặc 20 cm – và các bước 620 và 630 được lặp lại cho đến khi hoặc mẫu nứt vỡ được quan sát thấy (631) hoặc chiều cao thử nghiệm tối đa được đạt đến (636) mà không làm mẫu nứt vỡ. Khi hoặc bước 631 hoặc 636 được đạt đến, thử nghiệm theo phương pháp 600 được kết thúc.

Khi được thực hiện thử nghiệm thả rơi bóng lên giấy ráp (IBoS) đã được mô tả trên đây, vật phẩm gốc thủy tinh theo các phương án thực hiện đã được mô tả ở đây have ít nhất khoảng 60% tỷ lệ thành công khi bóng được thả rơi lên bề mặt của thủy tinh từ chiều cao bằng 100 cm. Ví dụ, vật phẩm gốc thủy tinh được mô tả là có 60% tỷ lệ thành công khi được thả rơi từ chiều cao định trước khi ba trong số năm mẫu giống nhau (hoặc gần giống nhau) (tức là, có hợp phần xấp xỉ nhau và, khi được gia cường, có ứng suất nén và chiều sâu của ứng suất nén hoặc lớp ứng suất nén xấp xỉ nhau, như đã được mô tả ở đây) vượt qua thử nghiệm thả rơi IBoS mà không nứt vỡ khi được thả rơi từ chiều cao định trước (ở đây là 100 cm). Theo các phương án thực hiện khác, tỷ lệ thành công ở 100 cm trong thử nghiệm IBoS của các vật phẩm gốc thủy tinh đã được gia cường ít nhất bằng khoảng 70%, theo các phương án thực hiện khác, ít nhất khoảng 80%, và, cũng theo các phương án thực hiện khác, ít nhất khoảng 90%. Theo các phương án thực hiện khác, tỷ lệ thành công của các vật phẩm gốc thủy tinh được gia cường được thả rơi từ chiều cao bằng 100 cm trong thử nghiệm IBoS ít nhất bằng khoảng 60%, theo các phương án thực hiện khác, ít nhất khoảng 70%, cũng theo các phương án thực hiện khác, ít nhất khoảng 80%, và, theo các phương án thực hiện khác, ít nhất khoảng 90%. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, tỷ lệ thành công của các vật phẩm gốc thủy tinh được gia cường được thả rơi từ chiều cao bằng 150 cm trong thử nghiệm IBoS ít nhất bằng khoảng 60%, theo các phương án thực hiện khác, ít nhất khoảng 70%, cũng theo các phương án thực hiện khác, ít nhất khoảng 80%, và, theo các phương án thực hiện khác, ít nhất khoảng 90%.

Để xác định tỷ lệ thành công của các vật phẩm gốc thủy tinh khi được thả rơi từ chiều cao định trước bằng phương pháp và thiết bị thử nghiệm IBoS đã được mô tả bên trên, ít nhất năm mẫu giống nhau (hoặc gần giống nhau) (tức là, có hợp phần xấp xỉ nhau và, nếu được gia cường, có ứng suất nén và chiều sâu của ứng suất nén hoặc lớp ứng suất nén xấp xỉ nhau) của các vật phẩm gốc thủy tinh được thử nghiệm, mặc dù số lượng mẫu lớn hơn (ví dụ 10, 20, 30, v.v.) có thể được thực hiện thử nghiệm để tăng độ tin cậy của các kết quả thử nghiệm. Theo các phương án thực hiện khác, ít nhất 10 các mẫu được thử nghiệm để xác định tỷ lệ thành công. Mỗi mẫu được thả rơi một lần từ chiều cao định trước (ví dụ 100 cm hoặc 150 cm) hoặc, theo

cách khác, được thả rơi từ các chiều cao cao hơn tăng dần mà không nứt vỡ cho đến khi chiều cao định trước được đạt đến, và đánh giá theo cách quan sát (tức là, bằng mắt thường) làm bằng chứng nứt vỡ (sự hình thành nứt vỡ và lan truyền qua toàn bộ chiều dày và/hoặc toàn bộ bề mặt của mẫu). Mẫu được xem là "vượt qua" thử nghiệm thả rơi nếu không nứt vỡ nào được tìm thấy sau khi được thả rơi từ chiều cao định trước, và mẫu được xem là "không thành công" (hoặc "không vượt qua") nếu nứt vỡ được tìm thấy khi mẫu được thả rơi từ chiều cao mà nhỏ hơn hoặc bằng chiều cao định trước. Tỷ lệ thành công được xác định là tỷ lệ phần trăm của tập hợp mẫu mà vượt qua được chiều cao của thử nghiệm thả rơi. Ví dụ, nếu bảy mẫu trong nhóm 10 mẫu không nứt vỡ khi được thả rơi từ chiều cao định trước, tỷ lệ thành công của thủy tinh sẽ là 70%.

Các vật phẩm gốc thủy tinh đã được mô tả ở đây có thể là trong suốt. Theo một hoặc nhiều vật phẩm gốc thủy tinh có thể có chiều dày bằng khoảng nhỏ hơn hoặc bằng 1 milimét và có hệ số truyền lớn hơn hoặc bằng khoảng 88% so với chiều dài sóng nằm trong khoảng từ khoảng 380 nm đến khoảng 780 nm.

Vật phẩm gốc thủy tinh cũng có thể hầu như có màu trắng. Ví dụ, vật phẩm gốc thủy tinh có thể có các tọa độ không gian màu CIELAB, dưới vật chiếu sáng CIE F02, bằng  $L^*$  các trị số bằng khoảng 88 và các trị số lớn hơn,  $a^*$  các trị số nằm trong khoảng từ khoảng -3 đến khoảng +3, và  $b^*$  các trị số nằm trong khoảng từ khoảng -6 đến khoảng +6. Theo cách khác, vật phẩm gốc thủy tinh có thể có các tọa độ không gian màu CIELAB, dưới vật chiếu sáng CIE F02, bằng  $L^*$  các trị số nhỏ hơn và bằng khoảng 40,  $a^*$  các trị số nằm trong khoảng từ khoảng -3 đến khoảng +3, và  $b^*$  các trị số nằm trong khoảng từ khoảng -6 đến khoảng +6. Các tọa độ không gian màu này có thể có thể hiện dưới dạng các vật chiếu sáng CIE khác (ví dụ D65).

Việc chọn các chất nền không bị giới hạn cụ thể. Theo một số ví dụ, vật phẩm gốc thủy tinh có thể được mô tả là có độ khuếch tán cation cao cho trao đổi ion. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, thủy tinh hoặc thủy tinh-gốm có khả năng trao đổi ion nhanh, tức là, thủy tinh hoặc thủy tinh-gốm có độ khuếch tán ion hóa trị một lớn hơn hoặc bằng khoảng  $450 \mu\text{m}^2/\text{giờ}$  ở  $460^\circ\text{C}$  hoặc lớn hơn hoặc bằng khoảng  $500 \mu\text{m}^2/\text{giờ}$  ở  $460^\circ\text{C}$ .

Ở nhiệt độ nhất định, độ khuếch tán được tính toán theo phương trình (3):

$$\text{độ khuếch tán} = \text{DOL}_{\text{IOX}}^{2/5,6} \cdot T \quad (3)$$

trong đó  $\text{DOL}_{\text{IOX}}$  là chiều sâu của lớp trao đổi ion và  $T$  là thời gian trao đổi ion (IOX: ion exchange) cần để đạt được  $\text{DOL}_{\text{IOX}}$ .

Vật phẩm gốc thủy tinh có thể bao gồm chất nền vô định hình, chất nền tinh thể hoặc sự kết hợp của chúng (ví dụ chất nền thủy tinh-gốm). Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, vật phẩm gốc thủy tinh chất nền (trước khi được gia cường hóa học như đã được mô tả ở đây) có thể bao gồm hợp phần thủy tinh, theo đơn vị mol phần trăm (mol%), bao gồm:  $\text{SiO}_2$  nằm trong khoảng từ khoảng 40 đến khoảng 80,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  nằm trong khoảng từ khoảng 10 đến khoảng 30,  $\text{B}_2\text{O}_3$  nằm trong khoảng từ 0 đến khoảng 10,  $\text{R}_2\text{O}$  nằm trong khoảng từ 0 đến khoảng 20, và  $\text{RO}$  nằm trong khoảng từ 0 đến khoảng 15. Như được sử dụng trong bản mô tả này,  $\text{R}_2\text{O}$  đề cập đến tổng lượng của các oxit kim loại kiềm như  $\text{Li}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Rb}_2\text{O}$ , và  $\text{Cs}_2\text{O}$ . Như được sử dụng trong bản mô tả này  $\text{RO}$  đề cập đến tổng lượng của các oxit kim loại đất kiềm như  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{SrO}$ ,  $\text{BaO}$ ,  $\text{ZnO}$  và oxit tương tự. Trong một số trường hợp, hợp phần có thể bao gồm hoặc cả hai hoặc cả hai  $\text{ZrO}_2$  nằm trong khoảng từ khoảng 0 mol% đến khoảng 5 mol% và  $\text{P}_2\text{O}_5$  nằm trong khoảng từ 0 đến khoảng 15 mol%.  $\text{TiO}_2$  có thể có từ 0 mol% đến 2 mol%.

Theo một số phương án thực hiện, hợp phần thủy tinh có thể bao gồm  $\text{SiO}_2$  với lượng, theo đơn vị mol%, nằm trong khoảng từ khoảng 45 đến khoảng 80, từ khoảng 45 đến khoảng 75, từ khoảng 45 đến khoảng 70, từ khoảng 45 đến khoảng 65, từ khoảng 45 đến khoảng 60, từ khoảng 50 đến khoảng 70, từ khoảng 55 đến khoảng 70, từ khoảng 60 đến khoảng 70, từ khoảng 70 đến khoảng 75, từ khoảng 70 đến khoảng 72, từ khoảng 50 đến khoảng 65, hoặc các khoảng con bất kỳ chứa trong đó.

Theo một số phương án thực hiện, hợp phần thủy tinh có thể bao gồm  $\text{Al}_2\text{O}_3$  với lượng, theo đơn vị mol%, nằm trong khoảng từ khoảng 5 đến khoảng 28, từ khoảng 5 đến khoảng 26, từ khoảng 5 đến khoảng 25, từ khoảng 5 đến khoảng 24, từ khoảng 5 đến khoảng 22, từ khoảng 5 đến khoảng 20, từ khoảng 6 đến khoảng 30, từ

khoảng 8 đến khoảng 30, từ khoảng 10 đến khoảng 30, từ khoảng 12 đến khoảng 30, từ khoảng 12 đến khoảng 18, từ khoảng 12 đến khoảng 14, hoặc các khoảng con bất kỳ chứa trong đó.

Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, hợp phần thủy tinh có thể bao gồm  $B_2O_3$  với lượng, theo đơn vị mol%, nằm trong khoảng từ 0 đến khoảng 8, từ 0 đến khoảng 6, từ 0 đến khoảng 4, từ khoảng 0,1 đến khoảng 8, từ khoảng 0,1 đến khoảng 6, từ khoảng 0,1 đến khoảng 4, từ khoảng 1 đến khoảng 10, từ 2 đến 10, từ khoảng 4 đến khoảng 10, từ 2 đến khoảng 8, từ khoảng 0,1 đến khoảng 5, từ khoảng 1 đến khoảng 3, hoặc các khoảng con bất kỳ chứa trong đó. Trong một số trường hợp, hợp phần thủy tinh có thể không chứa hoặc hầu như không chứa  $B_2O_3$ . Như được sử dụng trong bản mô tả này, cụm từ "hầu như không chứa" đối với các thành phần trong hợp phần thủy tinh có nghĩa là thành phần đó không được bổ sung một cách chủ động hoặc có chủ ý vào các hợp phần thủy tinh trong mẻ liệu ban đầu hoặc trao đổi ion sau đó, nhưng có thể có mặt là tạp chất. Ví dụ, thủy tinh có thể được mô tả là hầu như không chứa một thành phần, khi thành phần này có mặt với lượng nhỏ hơn khoảng 0,1 mol%.

Theo một số phương án thực hiện, hợp phần thủy tinh có thể bao gồm một hoặc nhiều oxit kim loại đất kiềm, như  $MgO$ ,  $CaO$  và  $ZnO$ . Theo một số phương án thực hiện, tổng lượng của một hoặc nhiều oxit kim loại đất kiềm có thể là lượng khác không lên đến khoảng 15 mol%. Theo một hoặc nhiều phương án cụ thể, tổng lượng của oxit kim loại bất kỳ trong số các oxit kim loại đất kiềm có thể là lượng khác không lên đến khoảng 14 mol%, lên đến khoảng 12 mol%, lên đến khoảng 10 mol%, lên đến khoảng 8 mol%, lên đến khoảng 6 mol%, lên đến khoảng 4 mol%, lên đến khoảng 2 mol%, hoặc lên đến khoảng 1,5 mol%. Theo một số phương án thực hiện, tổng lượng, theo đơn vị mol%, của một hoặc nhiều oxit kim loại đất kiềm có thể nằm trong khoảng từ khoảng 0,1 đến 10, từ khoảng 0,1 đến 8, từ khoảng 0,1 đến 6, từ khoảng 0,1 đến 5, từ khoảng 1 đến 10, từ khoảng 2 đến 10, từ khoảng 2,5 đến 8, hoặc các khoảng con bất kỳ chứa trong đó. Lượng  $MgO$  có thể nằm trong khoảng từ khoảng 0 mol% đến khoảng 5 mol%, từ khoảng 2 mol% đến khoảng 4 mol%, hoặc các khoảng con bất kỳ chứa trong đó. Lượng  $ZnO$  có thể nằm trong khoảng từ 0 đến

khoảng 2 mol%, từ khoảng 0,1 mol% đến khoảng 2 mol%, từ khoảng 0,1 mol% đến khoảng 1 mol%, từ khoảng 0,5 mol% đến khoảng 1,5 mol%, hoặc các khoảng con bất kỳ chứa trong đó. Lượng CaO có thể bằng từ 0 mol% đến 2 mol%. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, hợp phần thủy tinh có thể bao gồm MgO và có thể hầu như không chứa CaO và ZnO. Theo một phương án thực hiện, hợp phần thủy tinh có thể bao gồm oxit kim loại bất kỳ trong số CaO hoặc ZnO và có thể hầu như không chứa oxit kim loại khác trong số MgO, CaO và ZnO. Theo một hoặc nhiều phương án cụ thể, hợp phần thủy tinh có thể bao gồm chỉ hai trong số các oxit kim loại đất kiềm trong số MgO, CaO và ZnO và có thể hầu như không chứa oxit kim loại thứ ba trong số các oxit kim loại đất kiềm.

Tổng lượng, theo đơn vị mol%, của các oxit kim loại kiềm  $R_2O$  trong hợp phần thủy tinh có thể nằm trong khoảng từ khoảng 5 đến khoảng 20, từ khoảng 5 đến khoảng 18, từ khoảng 5 đến khoảng 16, từ khoảng 5 đến khoảng 15, từ khoảng 5 đến khoảng 14, từ khoảng 5 đến khoảng 12, từ khoảng 5 đến khoảng 10, từ khoảng 5 đến khoảng 8, từ khoảng 6 đến khoảng 20, từ khoảng 7 đến khoảng 20, từ khoảng 8 đến khoảng 20, từ khoảng 8 đến khoảng 18, từ khoảng 8 đến khoảng 16, từ khoảng 8 đến khoảng 14, từ khoảng 8 đến khoảng 12, từ khoảng 8 đến khoảng 11, hoặc các khoảng con bất kỳ chứa trong đó.

Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, hợp phần thủy tinh bao gồm  $Na_2O$  có lượng nằm trong khoảng từ khoảng 0 mol% đến khoảng 18 mol%, từ khoảng 0 mol% đến khoảng 16 mol%, từ khoảng 0 mol% đến khoảng 14 mol%, từ khoảng 0 mol% đến khoảng 12 mol%, từ khoảng 1 mol% đến khoảng 18 mol%, từ khoảng 1 mol% đến khoảng 16 mol%, từ khoảng 1 mol% đến khoảng 14 mol%, từ khoảng 1 mol% đến khoảng 12 mol%, từ khoảng 1 mol% đến khoảng 10 mol%, từ khoảng 1 mol% đến khoảng 8 mol%, từ khoảng 1 mol% đến khoảng 5 mol%, từ khoảng 1 mol% đến khoảng 4 mol%, từ khoảng 1 mol% đến khoảng 3 mol%, hoặc các khoảng con bất kỳ chứa trong đó. Theo một số phương án thực hiện, hợp phần có thể bao gồm  $Na_2O$  nhỏ hơn khoảng 4 mol%.

Theo một số phương án thực hiện, lượng  $Li_2O$  và  $Na_2O$  được điều khiển đến một lượng cụ thể hoặc tỷ lệ để cân bằng sự tạo hình và trao đổi ion. Ví dụ, khi lượng

$\text{Li}_2\text{O}$  tăng, độ nhớt chất lỏng có thể được giảm, do đó ngăn không cho một số phương pháp tạo hình được sử dụng; tuy nhiên, các hợp phần thủy tinh này được trao đổi ion với các mức DOC sâu hơn, như đã được mô tả ở đây. Lượng  $\text{Na}_2\text{O}$  có thể làm thay đổi độ nhớt chất lỏng nhưng có thể có sự trao đổi ion với các mức DOC sâu hơn. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, đối với ứng suất thích hợp ở độ sâu trong các hợp phần thủy tinh chứa  $\text{Li}_2\text{O}$  (hoặc các hợp phần mà trong đó sự trao đổi ion  $\text{Na}^+$  cho  $\text{Li}^+$  là cơ chế gia cường chính), hợp phần thủy tinh theo một hoặc nhiều phương án thực hiện có tỷ lệ hợp phần của  $\text{Li}_2\text{O}/(\text{R}_2\text{O})$  lớn hơn khoảng 0,3, lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,45, lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,5, hoặc lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,7. Để duy trì các trị số CS cao hơn ở các độ sâu sâu hơn trong các vật phẩm gốc thủy tinh đã được mô tả ở đây, và đặc biệt trong các vật phẩm gốc thủy tinh này mà chứa  $\text{Na}_2\text{O}$  (hoặc các hợp phần mà trong đó sự trao đổi ion  $\text{K}^+$  cho  $\text{Na}^+$  là cơ chế gia cường chính), hợp phần thủy tinh theo một hoặc nhiều phương án thực hiện có thể bao gồm tỷ lệ hợp phần của  $\text{Na}_2\text{O}/(\text{R}_2\text{O})$  lớn hơn khoảng 0,3, lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,5, hoặc lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,7.

Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, hợp phần thủy tinh có thể chứa  $\text{K}_2\text{O}$  theo lượng nhỏ hơn khoảng 5 mol%, nhỏ hơn khoảng 4 mol%, nhỏ hơn khoảng 3 mol%, nhỏ hơn khoảng 2 mol%, hoặc nhỏ hơn khoảng 1 mol%. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện thay thế, hợp phần thủy tinh có thể không chứa hoặc hầu như không chứa, như được xác định trong bản mô tả này,  $\text{K}_2\text{O}$ .

Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, hợp phần thủy tinh có thể bao gồm  $\text{Li}_2\text{O}$  theo lượng nằm trong khoảng từ 0 mol% đến 18 mol%, từ 0 mol% đến 15 mol% hoặc từ 0 mol% đến 10 mol%, từ 0 mol% đến 8 mol%, từ 0 mol% đến 6 mol%, từ 0 mol% đến 4 mol%, từ 0 mol% đến 2 mol%, hoặc các khoảng con bất kỳ chứa trong đó. Theo một số phương án thực hiện, hợp phần thủy tinh có thể bao gồm  $\text{Li}_2\text{O}$  theo lượng nằm trong khoảng từ 2 mol% đến 10 mol%, từ 4 mol% đến 10 mol%, từ 6 mol% đến 10 mol%, từ 5 mol% đến 8 mol%, hoặc các khoảng con bất kỳ chứa trong đó. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện thay thế, hợp phần thủy tinh có thể không chứa hoặc hầu như không chứa, như được xác định trong bản mô tả này,  $\text{Li}_2\text{O}$ .

Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, hợp phần thủy tinh có thể bao gồm  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Theo các phương án thực hiện này,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  có thể có lượng nhỏ hơn khoảng 1 mol%, nhỏ hơn khoảng 0,9 mol%, nhỏ hơn khoảng 0,8 mol%, nhỏ hơn khoảng 0,7 mol%, nhỏ hơn khoảng 0,6 mol%, nhỏ hơn khoảng 0,5 mol%, nhỏ hơn khoảng 0,4 mol%, nhỏ hơn khoảng 0,3 mol%, nhỏ hơn khoảng 0,2 mol%, nhỏ hơn khoảng 0,1 mol% và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa chúng. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện thay thế, hợp phần thủy tinh có thể hầu như không chứa, như được xác định trong bản mô tả này,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, hợp phần thủy tinh có thể bao gồm  $\text{ZrO}_2$ . Theo các phương án thực hiện này,  $\text{ZrO}_2$  có thể có lượng nhỏ hơn khoảng 1 mol%, nhỏ hơn khoảng 0,9 mol%, nhỏ hơn khoảng 0,8 mol%, nhỏ hơn khoảng 0,7 mol%, nhỏ hơn khoảng 0,6 mol%, nhỏ hơn khoảng 0,5 mol%, nhỏ hơn khoảng 0,4 mol%, nhỏ hơn khoảng 0,3 mol%, nhỏ hơn khoảng 0,2 mol%, nhỏ hơn khoảng 0,1 mol%, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa chúng. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện thay thế, hợp phần thủy tinh có thể không chứa hoặc hầu như không chứa, như được xác định trong bản mô tả này,  $\text{ZrO}_2$ .

Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, hợp phần thủy tinh có thể bao gồm  $\text{P}_2\text{O}_5$  nằm trong khoảng từ 0 mol% đến 10 mol%, từ 0 mol% đến 8 mol%, từ 0 mol% đến 6 mol%, từ 0 mol% đến 4 mol%, từ khoảng 0,1 mol% đến khoảng 10 mol%, từ khoảng 0,1 mol% đến khoảng 8 mol%, từ khoảng 2 mol% đến khoảng 8 mol%, từ khoảng 2 mol% đến khoảng 6 mol%, từ khoảng 2 mol% đến khoảng 4 mol%, hoặc các khoảng con bất kỳ chứa trong đó. Trong một số trường hợp, hợp phần thủy tinh có thể không chứa hoặc hầu như không chứa  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, hợp phần thủy tinh có thể bao gồm  $\text{TiO}_2$ . Theo các phương án thực hiện này,  $\text{TiO}_2$  có thể có lượng nhỏ hơn khoảng 6 mol%, nhỏ hơn khoảng 4 mol%, nhỏ hơn khoảng 2 mol%, hoặc nhỏ hơn khoảng 1 mol%. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện thay thế, hợp phần thủy tinh có thể không chứa hoặc hầu như không chứa, như được xác định trong bản mô tả này,  $\text{TiO}_2$ . Theo một số phương án thực hiện,  $\text{TiO}_2$  có mặt với lượng nằm trong khoảng từ

khoảng 0,1 mol% đến khoảng 6 mol%, từ khoảng 0,1 mol% đến khoảng 4 mol%, hoặc các khoảng con bất kỳ chứa trong đó.

Theo một số phương án thực hiện, hợp phần thủy tinh có thể bao gồm các tương quan hợp phần khác nhau. Ví dụ, hợp phần thủy tinh có thể bao gồm tỷ lệ của lượng  $\text{Li}_2\text{O}$  (theo đơn vị mol%) với tổng lượng của  $\text{R}_2\text{O}$  (theo đơn vị mol%) nằm trong khoảng từ 0 đến khoảng 1, từ khoảng 0,4 đến khoảng 1, từ 0,45 đến 1, từ khoảng 0,5 đến khoảng 1, từ khoảng 0,6 đến khoảng 1, hoặc các khoảng con bất kỳ chứa trong đó.

Theo một số phương án thực hiện, hợp phần thủy tinh có thể bao gồm sự chênh lệch giữa tổng lượng của  $\text{R}_2\text{O}$  (theo đơn vị mol%) với lượng  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (theo đơn vị mol%) ( $\text{R}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3$ ) nằm trong khoảng từ khoảng -5 đến khoảng 2, từ khoảng -5 đến khoảng 1,5, từ khoảng -5 đến khoảng 1, từ -5 đến 0, từ khoảng -5 đến khoảng -1, từ khoảng -5 đến khoảng -2, từ khoảng -4 đến khoảng 2, từ khoảng -3 đến khoảng 2, từ khoảng -2 đến khoảng 2, từ khoảng -3 đến khoảng -1, hoặc các khoảng con bất kỳ chứa trong đó.

Theo một số phương án thực hiện, hợp phần thủy tinh có thể bao gồm sự chênh lệch giữa tổng lượng của  $\text{R}_x\text{O}$  (theo đơn vị mol%) với lượng  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (theo đơn vị mol%) ( $\text{R}_x\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3$ ) nằm trong khoảng từ 0 đến khoảng 5, từ 0 đến khoảng 4, từ 0 đến khoảng 3, từ khoảng 0,1 đến khoảng 4, từ khoảng 0,1 đến khoảng 3, từ khoảng 1 đến khoảng 3, từ khoảng 1 đến khoảng 2, hoặc các khoảng con bất kỳ chứa trong đó. Như được sử dụng trong bản mô tả này,  $\text{R}_x\text{O}$  bao gồm  $\text{R}_2\text{O}$  và  $\text{RO}$ , như được xác định trong bản mô tả này.

Theo một số phương án thực hiện, hợp phần thủy tinh có thể bao gồm tỷ lệ của tổng lượng của  $\text{R}_2\text{O}$  (theo đơn vị mol%) với lượng  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (theo đơn vị mol%) ( $\text{R}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$ ) nằm trong khoảng từ khoảng -4 đến khoảng 5, từ khoảng -2 đến khoảng 4, từ khoảng 0,1 đến khoảng 5, hoặc các khoảng con bất kỳ chứa trong đó. Ví dụ, tỷ lệ của tổng lượng của  $\text{R}_2\text{O}$  (theo đơn vị mol%) với lượng  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (theo đơn vị mol%) ( $\text{R}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$ ) có thể nằm trong khoảng từ khoảng -4 đến khoảng 4,5, từ khoảng -4 đến khoảng 4, từ khoảng -4 đến khoảng 3,5, từ khoảng -4 đến khoảng 3, từ khoảng -4 đến khoảng 2,5, từ khoảng -4 đến khoảng 2, từ khoảng -4 đến khoảng 1,5, từ khoảng

-4 đến khoảng 1, từ khoảng -3,5 đến khoảng 5, từ khoảng -3 đến khoảng 5, từ khoảng -2,5 đến khoảng 5, từ khoảng -2 đến khoảng 5, từ khoảng -1,5 đến khoảng 5, từ khoảng -1 đến khoảng 5, từ 0 đến khoảng 5, từ 0 đến khoảng 4, từ 0 đến khoảng 3, từ khoảng 0,1 đến khoảng 4, từ khoảng 0,1 đến khoảng 3, từ khoảng 0,1 đến khoảng 2, hoặc các khoảng con bất kỳ chứa trong đó.

Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, thủy tinh hợp phần chứa lượng kết hợp của  $\text{Al}_2\text{O}_3$  và  $\text{Na}_2\text{O}$  nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 15 mol%, 14 mol%, nhỏ hơn hoặc bằng 13 mol%, nhỏ hơn hoặc bằng 12 mol%, nhỏ hơn hoặc bằng 11 mol%, nhỏ hơn hoặc bằng hoặc khoảng 10,5 mol%. Lượng kết hợp của  $\text{Al}_2\text{O}_3$  và  $\text{Na}_2\text{O}$  có thể lớn hơn khoảng 5 mol%.

Hợp phần thủy tinh theo một hoặc nhiều phương án thực hiện có thể có tỷ lệ của lượng  $\text{MgO}$  (theo đơn vị mol%) với tổng lượng của RO (theo đơn vị mol%) nằm trong khoảng từ 0 đến khoảng 1. Theo một số phương án thực hiện, tỷ lệ  $\text{MgO}/\text{RO}$  nằm trong khoảng từ 0 đến khoảng 0,9, từ 0 đến khoảng 0,8, từ 0 đến khoảng 0,7, từ 0 đến khoảng 0,6, từ 0 đến khoảng 0,5, từ khoảng 0,1 đến khoảng 1, từ khoảng 0,2 đến khoảng 1, từ khoảng 0,3 đến khoảng 1, từ khoảng 0,4 đến khoảng 1, từ khoảng 0,5 đến khoảng 1, hoặc các khoảng con bất kỳ chứa trong đó.

Theo một số phương án thực hiện, hợp phần thủy tinh có thể không chứa hoặc hầu như không chứa các chất tạo nhân. Các ví dụ về các chất tạo nhân thông thường là  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZrO}_2$  và các chất tương tự. Các chất tạo nhân có thể được mô tả về chức năng trong đó các chất tạo nhân là các thành phần quyết định trong thủy tinh có thể khởi đầu sự hình thành các tinh thể trong thủy tinh.

Theo một số phương án thực hiện, các hợp phần được sử dụng cho chất nền thủy tinh có thể được tạo mẻ liệu với từ 0 mol% đến 2 mol% của ít nhất một chất tinh chế được chọn từ một hoặc nhiều hợp phần bất kỳ trong số  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{NaF}$ ,  $\text{NaBr}$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{KF}$ ,  $\text{KBr}$ ,  $\text{As}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Sb}_2\text{O}_3$ , và  $\text{SnO}_2$ . Hợp phần thủy tinh theo một hoặc nhiều phương án thực hiện còn có thể bao gồm  $\text{SnO}_2$  nằm trong khoảng từ 0 đến khoảng 2, từ 0 đến khoảng 1, từ khoảng 0,1 đến khoảng 2, từ khoảng 0,1 đến khoảng 1, từ khoảng 1 đến khoảng 2, hoặc các khoảng con bất kỳ chứa trong đó. Các hợp

phần thủy tinh đã được mô tả ở đây có thể không chứa hoặc hầu như không chứa  $\text{As}_2\text{O}_3$  và/hoặc  $\text{Sb}_2\text{O}_3$ .

Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, hợp phần có thể đặc biệt chứa 62 mol% đến 75 mol%  $\text{SiO}_2$ ; 10,5 mol% đến khoảng 17 mol%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; 5 mol% đến khoảng 13 mol%  $\text{Li}_2\text{O}$ ; 0 mol% đến khoảng 4 mol%  $\text{ZnO}$ ; 0 mol% đến khoảng 8 mol%  $\text{MgO}$ ; 2 mol% đến khoảng 5 mol%  $\text{TiO}_2$ ; 0 mol% đến khoảng 4 mol%  $\text{B}_2\text{O}_3$ ; 0 mol% đến khoảng 5 mol%  $\text{Na}_2\text{O}$ ; 0 mol% đến khoảng 4 mol%  $\text{K}_2\text{O}$ ; 0 mol% đến khoảng 2 mol%  $\text{ZrO}_2$ ; 0 mol% đến khoảng 7 mol%  $\text{P}_2\text{O}_5$ ; 0 mol% đến khoảng 0,3 mol%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ; 0 mol% đến khoảng 2 mol%  $\text{MnO}_x$ ; và 0,05 mol% đến khoảng 0,2 mol%  $\text{SnO}_2$ . Như được sử dụng trong bản mô tả này,  $\text{MnO}_x$  đề cập đến tất cả các dẫn xuất của các oxit mangan.

Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, hợp phần có thể bao gồm 67 mol% đến khoảng 74 mol%  $\text{SiO}_2$ ; 11 mol% đến khoảng 15 mol%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; 5,5 mol% đến khoảng 9 mol%  $\text{Li}_2\text{O}$ ; 0,5 mol% đến khoảng 2 mol%  $\text{ZnO}$ ; 2 mol% đến khoảng 4,5 mol%  $\text{MgO}$ ; 3 mol% đến khoảng 4,5 mol%  $\text{TiO}_2$ ; 0 mol% đến khoảng 2,2 mol%  $\text{B}_2\text{O}_3$ ; 0 mol% đến khoảng 1 mol%  $\text{Na}_2\text{O}$ ; 0 mol% đến khoảng 1 mol%  $\text{K}_2\text{O}$ ; 0 mol% đến khoảng 1 mol%  $\text{ZrO}_2$ ; 0 mol% đến khoảng 4 mol%  $\text{P}_2\text{O}_5$ ; 0 mol% đến khoảng 0,1 mol%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ; 0 mol% đến khoảng 1,5 mol%  $\text{MnO}_x$ ; và 0,08 mol% đến khoảng 0,16 mol%  $\text{SnO}_2$ .

Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, hợp phần có thể bao gồm 70 mol% đến 75 mol%  $\text{SiO}_2$ ; 10 mol% đến khoảng 15 mol%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; 5 mol% đến khoảng 13 mol%  $\text{Li}_2\text{O}$ ; 0 mol% đến khoảng 4 mol%  $\text{ZnO}$ ; 0,1 mol% đến khoảng 8 mol%  $\text{MgO}$ ; 0 mol% đến khoảng 5 mol%  $\text{TiO}_2$ ; 0,1 mol% đến khoảng 4 mol%  $\text{B}_2\text{O}_3$ ; 0,1 mol% đến khoảng 5 mol%  $\text{Na}_2\text{O}$ ; 0 mol% đến khoảng 4 mol%  $\text{K}_2\text{O}$ ; 0 mol% đến khoảng 2 mol%  $\text{ZrO}_2$ ; 0 mol% đến khoảng 7 mol%  $\text{P}_2\text{O}_5$ ; 0 mol% đến khoảng 0,3 mol%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ; 0 mol% đến khoảng 2 mol%  $\text{MnO}_x$ ; và 0,05 mol% đến khoảng 0,2 mol%  $\text{SnO}_2$ .

Các hợp phần làm ví dụ khác của các vật phẩm gốc thủy tinh trước khi được gia cường hóa học, như đã được mô tả ở đây, được thể hiện trong bảng 1A. Bảng 1B liệt kê các đặc tính vật lý được chọn xác định cho các ví dụ được nêu trong bảng 1A.

Các đặc tính vật lý được liệt kê trong bảng 1B bao gồm: tỷ trọng; CTE nhiệt độ thấp và nhiệt độ cao; ứng suất kéo, các điểm ủ và điểm làm mềm;  $10^{11}$  Poise, 35 kP, 200 kP, độ nhớt lỏng, và các nhiệt độ phá vỡ zircon; các độ nhớt phá vỡ zircon và độ nhớt lỏng; hệ số Poisson; suất đàn hồi Young; hệ số khúc xạ, và hệ số quang ứng suất. Theo một số phương án thực hiện, các vật phẩm gốc thủy tinh và các chất nền thủy tinh đã được mô tả ở đây có CTE nhiệt độ cao nhỏ hơn hoặc bằng 30 ppm/°C và/hoặc suất đàn hồi ít nhất bằng 70 GPa và, theo một số phương án thực hiện, suất đàn hồi lên tới 80 GPa.

Bảng 1A: Các hợp phần làm ví dụ trước khi gia cường hóa học.

| Mol%                           | Ví dụ A | Ví dụ B | Ví dụ C | Ví dụ D | Ví dụ E | Ví dụ F |
|--------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| SiO <sub>2</sub>               | 71,8    | 69,8    | 69,8    | 69,8    | 69,8    | 69,8    |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 13,1    | 13      | 13      | 13      | 13      | 13      |
| B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 2       | 2,5     | 4       | 2,5     | 2,5     | 4       |
| Li <sub>2</sub> O              | 8       | 8,5     | 8       | 8,5     | 8,5     | 8       |
| MgO                            | 3       | 3,5     | 3       | 3,5     | 1,5     | 1,5     |
| ZnO                            | 1,8     | 2,3     | 1,8     | 2,3     | 2,3     | 1,8     |
| Na <sub>2</sub> O              | 0,4     | 0,4     | 0,4     | 0,4     | 0,4     | 0,4     |
| TiO <sub>2</sub>               | 0       | 0       | 0       | 1       | 1       | 1       |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0       | 0       | 0       | 0,8     | 0,8     | 0,8     |
| SnO <sub>2</sub>               | 0,1     | 0,1     | 0,1     | 0,1     | 0,1     | 0,1     |

| Mol%                                            | <u>Ví dụ</u><br><u>G</u> | <u>Ví dụ</u><br><u>H</u> | <u>Ví dụ</u><br><u>I</u> | <u>Ví dụ</u><br><u>J</u> | <u>Ví dụ</u><br><u>K</u> | <u>Ví dụ</u><br><u>L</u> | <u>Ví dụ</u><br><u>M</u> | <u>Ví dụ</u><br><u>N</u> |
|-------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| SiO <sub>2</sub>                                | 70,18                    | 70,91                    | 71,28                    | 71,65                    | 71,65                    | 71,65                    | 74,77                    | 72,00                    |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                  | 12,50                    | 12,78                    | 12,93                    | 13,07                    | 13,07                    | 13,07                    | 10,00                    | 12,50                    |
| B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                   | 1,91                     | 1,95                     | 1,98                     | 2,00                     | 2,00                     | 2,00                     | 1,99                     | 2,00                     |
| Li <sub>2</sub> O                               | 7,91                     | 7,95                     | 7,96                     | 7,98                     | 6,98                     | 5,00                     | 6,13                     | 6,00                     |
| Na <sub>2</sub> O                               | 4,43                     | 2,43                     | 1,42                     | 0,41                     | 1,41                     | 3,40                     | 3,97                     | 0,50                     |
| MgO                                             | 2,97                     | 2,98                     | 2,99                     | 3,00                     | 3,00                     | 3,00                     | 2,94                     | 2,10                     |
| ZnO                                             | 0,00                     | 0,89                     | 1,34                     | 1,80                     | 1,80                     | 1,80                     | 0,00                     | 0,00                     |
| CaO                                             | 0,00                     | 0,00                     | 0,00                     | 0,00                     | 0,00                     | 0,00                     | 0,05                     | 4,90                     |
| SnO <sub>2</sub>                                | 0,10                     | 0,10                     | 0,10                     | 0,10                     | 0,10                     | 0,10                     | 0,10                     | 0,10                     |
| Li <sub>2</sub> O/R <sub>2</sub> O              | 0,64                     | 0,77                     | 0,85                     | 0,95                     | 0,83                     | 0,60                     | 0,61                     | 0,92                     |
| R <sub>2</sub> O-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | -0,16                    | -2,41                    | -3,54                    | -4,68                    | -4,68                    | -4,67                    | 0,10                     | -6,00                    |
| R <sub>x</sub> O-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 2,81                     | 1,47                     | 0,79                     | 0,12                     | 0,12                     | 0,13                     | 3,09                     | 1,00                     |
| R <sub>2</sub> O/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,99                     | 0,81                     | 0,73                     | 0,64                     | 0,64                     | 0,64                     | 1,01                     | 0,52                     |
| MgO/RO                                          | 1,00                     | 0,77                     | 0,69                     | 0,63                     | 0,63                     | 0,63                     | 1,00                     | 1,00                     |

|                                                    |       |       |       |       |       |       |       |      |
|----------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| R <sub>2</sub> O                                   | 12,34 | 10,38 | 9,39  | 8,39  | 8,39  | 8,40  | 10,10 | 6,50 |
| RO                                                 | 2,97  | 3,88  | 4,34  | 4,79  | 4,79  | 4,79  | 2,99  | 7,00 |
| Na <sub>2</sub> O + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 16,93 | 15,21 | 14,35 | 13,48 | 14,48 | 16,47 |       |      |

Bảng 1B: Các đặc tính vật lý được chọn theo các ví dụ G đến L.

|                                      | <u>Ví dụ G</u> | <u>Ví dụ H</u> | <u>Ví dụ I</u> | <u>Ví dụ J</u> | <u>Ví dụ K</u> | <u>Ví dụ L</u> |
|--------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| nhiệt độ ứng suất kéo (C°)           | 553            | 592            | 604            | 617            | 613            | 615            |
| Nhiệt độ ủ (C°)                      | 602            | 642            | 654            | 667            | 666            | 668            |
| Nhiệt độ làm mềm (C°)                |                |                |                | 919            | 921            | 929            |
| Fulcher A                            | -3,277         | -2,717         | -2,47          | -3,039         | -3,21<br>6     | -3,21<br>2     |
| Fulcher B                            | 9103,3         | 7328,4         | 6642           | 7326,7         | 8338,<br>1     | 8522,<br>4     |
| Fulcher T <sub>0</sub>               | 7,1            | 193,8          | 260            | 176,7          | 147            | 136,1          |
| T <sup>200 kP</sup> (°C)             | 1640           | 1654           | 1652           | 1642           |                |                |
| Nhiệt độ pha lỏng (°C)               | 1175           | 1235           | 1240           | 1265           | 1280           | 1290           |
| Pha nhót lỏng                        | spodume<br>n   | spodume<br>n   | spodume<br>n   | spodume<br>n   | gahni<br>t     | gahni<br>t     |
| Độ nhót chất lỏng (P)                | 33000          | 21000          | 20000          | 14000          | 1390<br>0      | 1450<br>0      |
| Nhiệt độ CTE thấp 25-300 °C (ppm/°C) |                | 4,6            |                |                |                |                |
| Tỷ trọng (g/cm <sup>3</sup> )        |                | 2,386          |                |                |                |                |
| Hệ số quang ứng suất (nm/cm/MPa)     | 30,47          | 30,9           | 30,75          | 30,83          | 31,07          | 31,44          |

|                                   |        |        |       |        |       |        |
|-----------------------------------|--------|--------|-------|--------|-------|--------|
| Hệ số khúc xạ ở 589 nm            | 1,5073 | 1,5087 | 1,51  | 1,5112 | 1,51  | 1,5076 |
| Suất đàn hồi Young (GPa)          | 80,39  | 81,4   | 82,19 | 82,05  | 82,6  | 81,63  |
| Môđun nứt vỡ (GPa)                | 33,16  | 33,8   | 33,85 | 33,78  | 34,13 | 33,58  |
| Hệ số Poisson                     | 0,211  | 0,205  | 0,213 | 0,215  | 0,209 | 0,214  |
| Môđun riêng (GPa/g/cc)            |        | 34,1   |       |        |       |        |
| $K_{IC}$ (MPa·m <sup>1/2</sup> )* |        | 0,75   |       |        |       |        |
| Độ cứng Vicker (HVN)*             |        | 605    |       |        |       |        |

\*biểu thị đặc tính chất nền thủy tinh đo được, trước khi gia cường.

Bảng 1C: các đặc tính theo ví dụ H sau khi trao đổi ion trong bể muối nóng chảy chứa 80% KNO<sub>3</sub> và 20% NaNO<sub>3</sub>, có nhiệt độ bằng 430°C trong 16 giờ.

|                        | <u>Ví dụ H</u>                                       |
|------------------------|------------------------------------------------------|
| CT tối đa (MPa)        | 75                                                   |
| ngưỡng mài xước Knoop* | từ lớn hơn khoảng 4 đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 6   |
| Độ cứng Vicker (HVN)   | 635                                                  |
| Vicker's IFT (kgf)     | từ lớn hơn khoảng 10 đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 15 |

\*biểu thị đặc tính chất nền thủy tinh đo được, trước khi gia cường.

Trong đó vật phẩm gốc thủy tinh bao gồm thủy tinh-gốm, các pha tinh thể có thể bao gồm  $\beta$ -spodumen, rutil, gahnit hoặc các pha tinh thể đã biết khác và các kết hợp của chúng.

Vật phẩm gốc thủy tinh có thể hầu như là phẳng, mặc dù các phương án thực hiện khác có thể sử dụng chất nền cong hoặc chất nền có hình dạng khác hoặc chất nền được khắc. Trong một số trường hợp, vật phẩm gốc thủy tinh có thể có hình dạng

ba chiều ("3D") hoặc hình dạng hai chiều và một nửa chiều ("2,5D"). Theo một số phương án thực hiện, vật phẩm gốc thủy tinh có thể có hình dạng 3D không phẳng, dạng đĩa hoặc dạng dẹt, trong đó cả hai bề mặt chính của chất nền không phẳng. Theo một số phương án thực hiện khác, vật phẩm gốc thủy tinh có thể có hình dạng 2,5D với ít nhất một mép của vật phẩm gốc thủy tinh có biên dạng bất đối xứng, sao cho một trong số các bề mặt chính của chất nền là không phẳng. Vật phẩm gốc thủy tinh có thể hầu như trong suốt về mặt quang học, trong suốt và không cản ánh sáng. Vật phẩm gốc thủy tinh có thể có hệ số khúc xạ nằm trong khoảng từ khoảng 1,45 đến khoảng 1,55. Như được sử dụng trong bản mô tả này, các trị số hệ số khúc xạ là tính theo chiều dài sóng bằng 550 nm.

Theo cách bổ sung hoặc theo cách khác, chiều dày của vật phẩm gốc thủy tinh có thể không đổi dọc theo một hoặc nhiều chiều hoặc có thể thay đổi theo một hoặc nhiều trong số các chiều của nó vì các nguyên nhân bất đối xứng và/hoặc chức năng. Ví dụ, các mép của vật phẩm gốc thủy tinh có thể dày hơn so với so với các vùng gần tâm hơn của vật phẩm gốc thủy tinh. Các kích thước chiều dài, chiều rộng và chiều dày của vật phẩm gốc thủy tinh cũng có thể thay đổi theo ứng dụng hoặc cách sử dụng vật phẩm.

Vật phẩm gốc thủy tinh có thể được khác biệt theo cách mà theo đó nó được tạo ra. Ví dụ, vật phẩm gốc thủy tinh có thể được đặc trưng là có thể tạo ra bằng phương pháp nổi (tức là, được tạo ra bằng quy trình nổi), có thể được tạo ra bằng phương pháp kéo xuôi và, cụ thể là, có thể tạo ra bằng phương pháp dung hợp hoặc kéo qua khe (tức là, được tạo ra bằng quy trình kéo xuôi như quy trình kéo dung hợp hoặc quy trình kéo qua khe).

Vật phẩm gốc thủy tinh có thể được đặc trưng bởi bề mặt mịn và chiều dày đồng đều, được tạo ra bằng cách làm nổi thủy tinh nóng chảy trên nền kim loại nóng chảy, thường là thiếc. Theo một quy trình ví dụ, thủy tinh nóng chảy mà được cấp lên bề mặt của tầng thiếc nóng chảy tạo ra dải thủy tinh nổi. Khi dải thủy tinh này chảy dọc theo bề thiếc, nhiệt độ giảm dần cho đến khi dải thủy tinh này hóa rắn thành vật phẩm gốc thủy tinh rắn vốn có thể được nhấc ra khỏi nền thiếc lên trên các con lăn. Khi ra khỏi bề thiếc, vật phẩm gốc thủy tinh có thể được làm nguội thêm và được

ủ để giảm ứng suất bên trong. Trong trường hợp vật phẩm gốc thủy tinh là gốm thủy tinh, thì vật phẩm gốc thủy tinh được tạo ra từ quy trình nổi có thể được đưa vào quy trình gốm hóa mà nhờ đó, một hoặc nhiều pha tinh thể sẽ được tạo ra.

Các quy trình kéo xuôi tạo ra các vật phẩm gốc thủy tinh có chiều dày đồng đều, có các bề mặt tương đối thô sơ. Do độ bền uốn trung bình của vật phẩm gốc thủy tinh được kiểm soát bằng số lượng và kích cỡ các nứt vỡ bề mặt, nên bề mặt thô sơ mà có sự tiếp xúc tối thiểu có độ bền ban đầu cao hơn. Nếu sau đó vật phẩm gốc thủy tinh có độ bền cao này được gia cường thêm (ví dụ, gia cường hóa học), thì độ bền thu được có thể cao hơn độ bền của vật phẩm gốc thủy tinh với bề mặt đã được mài và đánh bóng. Các vật phẩm gốc thủy tinh được kéo xuôi có thể được kéo đến chiều dày nhỏ hơn khoảng 2 mm. Ngoài ra, các vật phẩm gốc thủy tinh được kéo xuôi có bề mặt mịn, rất phẳng có thể được sử dụng trong ứng dụng cuối cùng của nó mà không cần công đoạn mài và đánh bóng tốn kém. Trong trường hợp vật phẩm gốc thủy tinh là gốm thủy tinh, thì vật phẩm gốc thủy tinh tạo ra từ quy trình kéo xuôi có thể được đưa vào quy trình gốm hóa mà nhờ đó, một hoặc nhiều pha tinh thể sẽ được tạo ra.

Ví dụ, quy trình rút dung hợp sử dụng bể rút có kênh nhận vật liệu thô thủy tinh nóng chảy. Kênh này có các cửa tràn mở ở phần trên, dọc theo chiều dài kênh trên cả hai phía của kênh. Khi kênh nạp đầy vật liệu nóng chảy, thủy tinh nóng chảy sẽ tràn qua các cửa tràn. Nhờ trọng lực, thủy tinh nóng chảy chảy xuống các bề mặt bên ngoài của bể rút dưới dạng hai màng thủy tinh chảy. các bề mặt ngoài này của bể rút kéo dài xuống dưới và hướng vào phía trong sao cho chúng gặp nhau ở mép dưới bể rút. Hai màng thủy tinh chảy này gặp nhau ở cạnh này để dung hợp và tạo ra một vật phẩm gốc thủy tinh chảy duy nhất. Phương pháp kéo dung hợp có ưu điểm ở chỗ, vì hai màng thủy tinh chảy tràn trên kênh dung hợp với nhau nên không có bề mặt ngoài nào của vật phẩm gốc thủy tinh thu được tiếp xúc với phần bất kỳ của thiết bị. Do đó, các tính chất bề mặt của vật phẩm gốc thủy tinh được kéo dung hợp không bị ảnh hưởng bởi sự tiếp xúc này. Nếu vật phẩm gốc thủy tinh là gốm thủy tinh, thì vật phẩm gốc thủy tinh tạo ra từ quy trình dung hợp có thể được đưa vào quy trình gốm hóa mà nhờ đó, một hoặc nhiều pha tinh thể sẽ được tạo ra.

Phương pháp kéo qua khe khác biệt với phương pháp kéo dung hợp. Trong các phương pháp kéo qua khe, nguyên liệu thủy tinh thô nóng chảy được đưa vào bể kéo. Đáy của bể kéo có khe hở với vòi phun kéo dài chiều dài của khe. Thủy tinh nóng chảy chảy qua khe/vòi phun và được kéo xuôi xuống dưới thành vật phẩm gốc thủy tinh liên tục và thành vùng ủ. Trong đó vật phẩm gốc thủy tinh là thủy tinh gồm, vật phẩm gốc thủy tinh được tạo ra từ phương pháp kéo qua khe có thể được thực hiện quá trình gồm hóa mà nhờ đó tạo ra một hoặc nhiều pha tinh thể.

Theo một số phương án, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể được tạo ra bằng cách sử dụng quy trình cán mỏng, như được mô tả trong patent Mỹ số 8713972, có tiêu đề là “Precision Glass Roll Forming Process and Apparatus”, patent Mỹ số 9003835, có tiêu đề là “Precision Roll Forming of Textured Sheet Glass”, công bố đơn yêu cầu cấp patent Mỹ số 20150027169, có tiêu đề là “Methods And Apparatus For Forming A Glass Ribbon”, và công bố đơn yêu cầu cấp patent Mỹ số 20050099618, có tiêu đề là “Apparatus and Method for Forming Thin Glass Articles”, nội dung của các tài liệu này được kết hợp vào đây toàn bộ bằng cách viện dẫn. Cụ thể hơn là, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể được tạo ra bằng cách cung cấp dòng thủy tinh nóng chảy thẳng đứng, tạo hình dòng thủy tinh hoặc gồm thủy tinh nóng chảy được cung cấp này bằng cặp trục tạo hình được duy trì ở nhiệt độ bề mặt khoảng 500°C hoặc cao hơn hoặc khoảng 600°C hoặc cao hơn để tạo ra dải thủy tinh được tạo hình có chiều dày được tạo hình, định cỡ dải thủy tinh được tạo hình này bằng cặp trục định cỡ được duy trì ở nhiệt độ bề mặt khoảng 400°C hoặc thấp hơn để tạo ra dải thủy tinh được định cỡ có chiều dày mong muốn nhỏ hơn chiều dày được tạo hình và tính đồng đều về chiều dày mong muốn. Thiết bị được sử dụng để tạo ra dải thủy tinh có thể gồm thiết bị cấp thủy tinh để cung cấp dòng cấp thủy tinh nóng chảy; cặp trục tạo hình được duy trì ở nhiệt độ bề mặt khoảng 500°C hoặc cao hơn, các trục tạo hình được đặt gần kề với nhau xác định ra khe tạo hình thủy tinh giữa các trục tạo hình với khe tạo hình thủy tinh được bố trí thẳng đứng phía dưới thiết bị cấp thủy tinh để nhận dòng cấp thủy tinh nóng chảy và làm mỏng dòng cấp thủy tinh nóng chảy giữa các trục tạo hình để tạo ra dải thủy tinh được tạo hình có chiều dày được tạo hình; và cặp trục định cỡ được duy trì ở nhiệt độ bề mặt thấp hơn hoặc bằng khoảng 400°C, các trục định cỡ này được đặt gần kề với nhau xác định ra

khe định cỡ thủy tinh giữa các trục định cỡ với khe định cỡ thủy tinh được bố trí thẳng đứng phía dưới các trục tạo hình để nhận dải thủy tinh được tạo hình và làm mỏng dải thủy tinh được tạo hình này để tạo ra dải thủy tinh được định cỡ có chiều dày mong muốn và tính đồng đều về chiều dày mong muốn.

Trong một số trường hợp, quy trình cán mỏng này có thể được sử dụng nếu độ nhót của thủy tinh không cho phép sử dụng phương pháp rút dung hợp hoặc rút qua khe. Ví dụ, việc cán mỏng có thể được sử dụng để tạo ra các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh nếu thủy tinh có độ nhót đường lòng nhỏ hơn 100 kP.

Vật phẩm gốc thủy tinh có thể được đánh bóng bằng axit hoặc theo cách khác, được xử lý để loại bỏ hoặc làm giảm sự tác động của các khuyết tật bề mặt.

Khí cạnh khác của sáng chế này đề cập đến thiết bị bao gồm các vật phẩm dựa vào thủy tinh được mô tả ở đây. Ví dụ, các thiết bị có thể bao gồm thiết bị bất kỳ bao gồm màn hiển thị hoặc đòi hỏi thủy tinh gia cường mỏng. Theo một hoặc nhiều phương án, thiết bị là thiết bị điện tử, thiết bị này có thể bao gồm thiết bị di động như điện thoại di động, máy tính cá nhân, máy tính bảng, máy nghe nhạc mp3, thiết bị điều hướng và thiết bị tương tự, hoặc các thiết bị tĩnh tại như máy vi tính, các màn hiển thị điện tử, trong các hệ thống thông tin trên phương tiện giao thông/hệ thống giải trí, bảng yết thị, điểm hệ thống bán hàng, hệ thống điều hướng, và tương tự). Theo một số phương án, các vật phẩm dựa vào thủy tinh mô tả ở đây có thể được kết hợp vào trong các hạng mục kiến trúc (tường, các chi tiết cố định, bảng panen, cửa sổ, v.v.), các hạng mục giao thông (ví dụ, các bề mặt kính hoặc bề mặt bên trong trong các ứng dụng đối với ô tô, tàu hỏa, máy bay, tàu biển, v.v.), các thiết bị (ví dụ, máy rửa, máy sấy, máy rửa bát đĩa, tủ lạnh và tương tự), hoặc vật phẩm bất kỳ đòi hỏi độ bền chống nứt vỡ nào đó. Như được thể hiện trên Fig.39, thiết bị điện tử 1000 có thể bao gồm vật phẩm dựa vào thủy tinh 100 theo một hoặc nhiều phương án được mô tả ở đây. Thiết bị 1000 bao gồm vỏ 1020 có bề mặt trước 1040, bề mặt sau 1060, và bề mặt bên 1080; các thành phần điện (không được thể hiện) mà nằm ít nhất một phần bên trong hoặc nằm toàn bộ bên trong vỏ và bao gồm ít nhất một bộ điều khiển, bộ nhớ, và bộ hiển thị 1120 liền kề với bề mặt trước của vỏ. Theo một số phương án

thực hiện, vật phẩm gốc thủy tinh có thể được sử dụng làm nắp che sau hoặc một phần của vỏ 1020.

Khía cạnh khác của sáng chế liên quan đến phương pháp tạo ra vật phẩm gốc thủy tinh chịu nứt vỡ. Phương pháp bao gồm bước tạo ra chất nền gốc thủy tinh có bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai tạo ra chiều dày bằng khoảng nhỏ hơn hoặc bằng 1 milimét và bước tạo ra biên dạng ứng suất trong chất nền gốc thủy tinh, như đã được mô tả ở đây để tạo ra vật phẩm gốc thủy tinh chịu nứt vỡ. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, bước tạo ra biên dạng ứng suất bao gồm trao đổi ion các ion kiềm vào chất nền gốc thủy tinh để tạo ra nồng độ oxit kim loại kiềm khác không mà đổi dọc theo phần chiều dày đáng kể (như đã được mô tả ở đây) hoặc dọc theo toàn bộ chiều dày. Theo một ví dụ, bước tạo ra biên dạng ứng suất bao gồm nhúng chất nền gốc thủy tinh vào bể muối nóng chảy chứa các muối nitrat của  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Rb}^+$ ,  $\text{Cs}^+$  hoặc sự kết hợp của chúng, có nhiệt độ bằng khoảng  $350^\circ\text{C}$  hoặc lớn hơn (ví dụ khoảng  $350^\circ\text{C}$  đến khoảng  $500^\circ\text{C}$ ). Theo một ví dụ, bể nóng chảy có thể chứa  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{KNO}_3$  hoặc sự kết hợp của chúng, và có thể có nhiệt độ nhỏ hơn hoặc bằng khoảng  $485^\circ\text{C}$ . Theo ví dụ khác, bể có thể bao gồm hỗn hợp của  $\text{NaNO}_3$  và  $\text{KNO}_3$  và có nhiệt độ bằng khoảng  $460^\circ\text{C}$ . Chất nền gốc thủy tinh có thể được nhúng trong bể trong nhiều hơn hoặc bằng khoảng 2 giờ, lên đến khoảng 48 giờ (ví dụ từ khoảng 2 giờ đến khoảng 10 giờ, từ khoảng 2 giờ đến khoảng 8 giờ, từ khoảng 2 giờ đến khoảng 6 giờ, từ khoảng 3 giờ đến khoảng 10 giờ, hoặc từ khoảng 3,5 giờ đến khoảng 10 giờ).

Theo một số phương án thực hiện, phương pháp có thể bao gồm gia cường hóa học hoặc trao đổi ion chất nền gốc thủy tinh trong một bể hoặc trong nhiều hơn một bước sử dụng các bước nhúng liên tục trong nhiều hơn một bể. Ví dụ, hai hoặc nhiều bể có thể được sử dụng một cách liên tục. Hợp phần của một hoặc nhiều bể có thể bao gồm một kim loại (ví dụ  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Rb}^+$ , hoặc  $\text{Cs}^+$ ) hoặc sự kết hợp của các kim loại trong cùng bể. Khi nhiều hơn một bể được sử dụng, các bể có thể có hợp phần giống hoặc khác nhau và/hoặc nhiệt độ giống nhau. Các thời gian nhúng trong mỗi bể này có thể giống nhau hoặc có thể thay đổi để tạo ra biên dạng ứng suất mong muốn.

Phương pháp theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, bề thứ hai hoặc các bề tiếp theo có thể được sử dụng để tạo ra CS bề mặt lớn hơn. Trong một số trường hợp, phương pháp bao gồm nhúng chất nền gốc thủy tinh trong bề thứ hai hoặc bề tiếp theo để tạo ra CS bề mặt lớn hơn, mà không làm ảnh hưởng đến chiều dày lớp hóa học và/hoặc DOC. Theo các phương án thực hiện này, bề thứ hai hoặc bề tiếp theo có thể bao gồm một kim loại (ví dụ  $\text{KNO}_3$  hoặc  $\text{NaNO}_3$ ) hoặc hỗn hợp của các kim loại ( $\text{KNO}_3$  và  $\text{NaNO}_3$ ). Nhiệt độ của bề thứ hai hoặc bề tiếp theo có thể được làm thích ứng để tạo ra CS bề mặt lớn hơn. Theo một số phương án thực hiện, thời gian nhúng của chất nền gốc thủy tinh trong bề thứ hai hoặc bề tiếp theo cũng có thể được làm thích ứng để tạo ra CS bề mặt lớn hơn mà không ảnh hưởng đến chiều dày lớp hóa học và/hoặc DOC. Ví dụ, thời gian nhúng trong bề thứ hai hoặc bề tiếp theo có thể nhỏ hơn 10 giờ (ví dụ nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 8 giờ, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 5 giờ, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 4 giờ, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 2 giờ, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 1 giờ, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 30 phút, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 15 phút, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 10 phút).

Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện thay thế, phương pháp có thể bao gồm một hoặc nhiều bước xử lý nhiệt mà có thể được sử dụng kết hợp với các quá trình trao đổi ion đã được mô tả ở đây. Xử lý nhiệt bao gồm xử lý nhiệt vật phẩm gốc thủy tinh để thu được biên dạng ứng suất mong muốn. Theo một số phương án thực hiện, xử lý nhiệt bao gồm ủ, tôi hoặc gia nhiệt chất nền gốc thủy tinh đến nhiệt độ nằm trong khoảng từ khoảng  $300^\circ\text{C}$  đến khoảng  $600^\circ\text{C}$ . Xử lý nhiệt có thể được thực hiện trong 1 phút lên đến khoảng 18 giờ. Theo một số phương án thực hiện, xử lý nhiệt có thể được sử dụng sau một hoặc nhiều quá trình trao đổi ion, hoặc giữa các quá trình trao đổi ion.

Khía cạnh khác của sáng chế liên quan đến phương pháp tạo ra vật phẩm gốc thủy tinh đã được gia cường hóa học, phương pháp bao gồm bước tạo ra chất nền gốc thủy tinh có bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai đối diện bề mặt thứ nhất xác định chiều dày ( $t$ ), chiều dài, chiều rộng, và khối lượng; trao đổi ion các ion kiềm vào chất nền gốc thủy tinh để tạo ra nồng độ oxit kim loại kiềm khác không thay đổi dọc theo ít nhất phần chiều dày đáng kể ( $t$ ), trong đó bước trao đổi ion bao gồm bước nhúng

chất nền gốc thủy tinh vào bể muối nóng chảy bao gồm ít nhất khoảng 90% theo khối lượng muối kali (ví dụ  $\text{KNO}_3$ ), và nhỏ hơn khoảng 10% theo khối lượng muối natri (ví dụ  $\text{NaNO}_3$ ) trong khoảng nhỏ hơn 12 giờ. Các dấu hiệu chi tiết của phương pháp này có thể được kết hợp với dấu hiệu bất kỳ của các phương án thực hiện đã được mô tả trên đây.

Các hợp phần thủy tinh mà có thể được trao đổi ion để đạt được các chiều sâu ứng suất nén lớn ( $>10\%$  chiều dày), có hoặc không có bề mặt đỉnh của ứng suất nén, có hiệu suất cơ học cải thiện trong thử nghiệm thả rơi, thử nghiệm tạo xước vòng trên vòng và uốn cong bốn điểm. Các biên dạng ứng suất thu được theo cách này là kết quả của sự trao đổi ion sâu vào thủy tinh. Trong một số trường hợp, các ion trao đổi khuếch tán theo cách thích hợp sao cho điểm tâm hoặc điểm gần tâm của phần được thực hiện trao đổi ion tạo ra chiều sâu của ứng suất nén rất lớn.

Quá trình trao đổi nguyên tử lớn, nặng vào thủy tinh cho ion nhỏ hơn cũng có thể dẫn đến làm tăng một phần về khối lượng và kích thước. Trong các phần thủy tinh hoặc thủy tinh-gốm mà có, ví dụ, các mép vát hoặc các đặc điểm bất đối xứng khác, có thể có các vấn đề khác nhau. Trong các vật phẩm gốc thủy tinh này, các thay đổi về khối lượng và kích thước có thể dẫn đến sự cong vênh không mong muốn của một phần trong hai đến ba chiều kích thước. Sự cong vênh này có thể gây ra vấn đề cho khâu lắp ráp hệ thống và do vậy quá trình cần giảm sự trao đổi ion mà gây ra cong vênh. Sự thay đổi do kích thước do trao đổi ion và/hoặc sự cong vênh tỷ lệ với lượng ion được trao đổi vào phần thủy tinh đó. Với chiều sâu lớn trong các biên dạng trao đổi ion, có thể có sự tăng khối lượng đáng kể trong quá trình trao đổi ion, lớn hơn 0,3%. Sự có mặt của bề mặt đỉnh trong ứng suất nén (mà có thể thu được bằng cách sử dụng quá trình trao đổi ion hai bước hoặc trao đổi ion bể hỗn hợp) có thể đo được nhưng tác động không đáng kể đối với sự tăng khối lượng/thay đổi kích thước và sự cong vênh.

Ngoài ra, trong đó vật phẩm gốc thủy tinh có thể đạt được các trị số CT rất cao, chất nền gốc thủy tinh được trao đổi ion trong thời gian dài hơn đáng kể so với thời gian cần thiết để đạt được CT tối đa, cho tới khi CT giảm đủ để đạt được kiểu nứt vỡ cuối cùng được ưu tiên (“không dễ vỡ”) của thủy tinh có số lượng mảnh vụn

nhỏ. Do đó, chất nền gốc thủy tinh mất nhiều thời gian trong bể trao đổi ion để đạt được CT trị số thấp hơn này và gây ra khối lượng tăng đáng kể từ sự trao đổi Na với Li, ví dụ, 2% theo khối lượng. Khối lượng tăng có thể dẫn đến sự biến dạng/cong vênh quá mức của phần được trao đổi ion.

Đã phát hiện ra rằng các phương pháp theo một hoặc nhiều phương án thực hiện đã được mô tả ở đây làm giảm sự thay đổi kích thước và/hoặc sự cong vênh trong các phần dạng "2,5D" (ví dụ dạng vát) và các phần dạng 3D. Các điều kiện trao đổi ion được xác định sao cho các biên dạng ứng suất với DOC tối đa hoặc gần tối đa như nêu bên trên đạt được trong khi giảm đến mức thấp nhất thời gian trao đổi ion, và do đó giảm đến mức thấp nhất lượng ion được trao đổi vào thủy tinh. Các phương pháp này làm giảm đáng kể các nhu cầu, hoặc thậm chí loại bỏ nhu cầu về quá trình trao đổi ion trước đó, thứ cấp bất kỳ để kiểm soát sự thay đổi kích thước và/hoặc sự cong vênh. Để đồng thời tối ưu hiệu suất cơ học và kiểm soát sự cong vênh, hợp phần bể muối trao đổi ion, thời gian và các nhiệt độ phải được lựa chọn một cách kỹ lưỡng.

Một hoặc nhiều phương án thực hiện thường thích hợp cho vật phẩm gốc thủy tinh các chất nền với kích thước chiều dày nhỏ hơn khoảng 3 mm, nhỏ hơn khoảng 2,5 mm, nhỏ hơn khoảng 2 mm, nhỏ hơn khoảng 1,5 mm, nhỏ hơn khoảng 1,4 mm, nhỏ hơn khoảng 1,3 mm, nhỏ hơn khoảng 1,2 mm, nhỏ hơn khoảng 1,1 mm, nhỏ hơn khoảng 1 mm, nhỏ hơn khoảng 0,9 mm, nhỏ hơn khoảng 0,8 mm, nhỏ hơn khoảng 0,7 mm, nhỏ hơn khoảng 0,6 mm, hoặc nhỏ hơn khoảng 0,5 mm. Theo một số phương án thực hiện, chiều dày của vật phẩm gốc thủy tinh từ khoảng 0,3 mm đến khoảng 1,3 mm. Theo một số phương án thực hiện, chiều dày bằng khoảng 1 mm hoặc khoảng 0,8 mm. Theo một số phương án thực hiện, vật phẩm gốc thủy tinh có thể có chiều dày không đồng đều, sao cho các vùng cục bộ hóa của vật phẩm gốc thủy tinh có thể có chiều dày nhỏ hơn hoặc lớn hơn chiều dày của phần lớn của vật phẩm gốc thủy tinh. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, phương pháp tạo ra vật phẩm gốc thủy tinh không dễ vỡ, sao cho vật phẩm gốc thủy tinh vỡ thành số lượng mảnh vụn tương đối nhỏ.

Các thủy tinh với độ khuếch tán ion tương đối nhanh ( $>300\mu\text{m}^2/\text{giờ}$ ) có thể được trao đổi ion bằng các phương pháp đã được mô tả ở đây. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, các vật phẩm gốc thủy tinh bao gồm các thủy tinh chứa liti. Theo một số phương án thực hiện, các phương pháp áp dụng cho các vật phẩm gốc thủy tinh có tỷ lệ  $\text{Li}_2\text{O}/\text{R}_2\text{O} > 0,65$ .

Nhiệt độ của bể muối nóng chảy có thể dải trị số từ  $380^\circ\text{C}$  lên đến khoảng  $450^\circ\text{C}$ . Theo các phương án thực hiện khác, các dải nhiệt độ từ khoảng  $400^\circ\text{C}$  lên đến khoảng  $460^\circ\text{C}$ , hoặc  $420^\circ\text{C}$  lên đến khoảng  $440^\circ\text{C}$ , khoảng  $430^\circ\text{C}$ , hoặc các khoảng con bất kỳ chứa trong đó.

Bể muối nóng chảy có thể khác nhau. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, bể muối nóng chảy còn bao gồm muối liti, (ví dụ  $\text{LiNO}_3$ ) với lượng khác không nhỏ hơn khoảng 2%, 1,5%, hoặc 1% theo khối lượng. Theo một số phương án thực hiện, muối kali (ví dụ  $\text{KNO}_3$ ) có mặt với lượng bằng ít nhất 90%, 91%, 92%, 93%, 94%, 95%, hoặc 96% theo khối lượng, với phần còn lại là muối natri và muối liti theo cách tùy chọn. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, muối kali (ví dụ  $\text{KNO}_3$ ) có mặt với lượng bằng khoảng 90%, 91%, 92%, 93%, 94%, 95%, 96%, hoặc 97% theo khối lượng. Theo các phương án thực hiện khác, bể muối nóng chảy về cơ bản bao gồm muối kali (ví dụ  $\text{KNO}_3$ ) được sử dụng. Khoảng ví dụ của muối kali (ví dụ  $\text{KNO}_3$ ) ít nhất bằng khoảng 90% theo khối lượng, như từ khoảng 90% đến khoảng 97% theo khối lượng. Lượng muối natri (ví dụ  $\text{NaNO}_3$ ) cũng có thể khác nhau. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, muối natri (ví dụ  $\text{NaNO}_3$ ) có mặt với lượng nhỏ hơn khoảng 70%, 9%, 8%, 7%, 6%, hoặc 5% theo khối lượng. Theo một số phương án thực hiện, muối natri (ví dụ  $\text{NaNO}_3$ ) có mặt với lượng bằng 8%, 7%, 6%, 5%, 4%, hoặc 3% theo khối lượng. Khoảng ví dụ của muối natri (ví dụ  $\text{NaNO}_3$ ) nhỏ hơn khoảng 10% theo khối lượng, như từ khoảng 10% đến khoảng 3% theo khối lượng. Theo một số phương án thực hiện, tỷ lệ khối lượng của muối kali với muối natri trong bể muối nóng chảy lớn hơn tỷ lệ nhỏ hơn trong số (a) 2,5:1 và (b) tỷ lệ gam phân tử của  $(\text{Li}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}):\text{Na}_2\text{O}$  trong chất nền gốc thủy tinh. Nói theo cách khác, hợp phần của bể muối nóng chảy có thể có thể một phần được xác định dựa trên hợp phần của thủy tinh-chất nền. Trong trường hợp lượng muối kali trong bể thấp hơn lượng đã

được mô tả ở đây, sự khuếch tán natri quá mức vào trong vật phẩm gốc thủy tinh có thể xảy ra, tạo ra sự cong vênh và khối lượng tăng không mong muốn.

Tương tự, thời gian ở trong bể có thể khác nhau. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion trong khoảng nhỏ hơn 12 giờ, 11 giờ, 10 giờ, 9 giờ, 8 giờ, 7 giờ, 6 giờ, 5 giờ, hoặc 4 giờ, và lớn hơn 1 giờ. Theo một số phương án thực hiện, vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion trong khoảng 7 giờ. Theo một số phương án thực hiện, thời gian ở trong bể có thể được xác định tương đối với thời gian ở trong bể mà tạo ra ứng suất kéo trung tâm tối đa trong vật phẩm gốc thủy tinh đối với cùng chất nền thủy tinh và các điều kiện bể (hợp phần và nhiệt độ). Trong các trường hợp này, thời gian ở trong bể có thể bằng từ khoảng 50% đến khoảng 130% thời gian ở trong bể mà tạo ra ứng suất kéo trung tâm tối đa, như khoảng 55% đến khoảng 130% thời gian ở trong bể tạo ra ứng suất kéo trung tâm tối đa, khoảng 60% đến khoảng 130% thời gian ở trong bể tạo ra ứng suất kéo trung tâm tối đa, khoảng 65% đến khoảng 130% thời gian ở trong bể tạo ra ứng suất kéo trung tâm tối đa, khoảng 70% đến khoảng 130% thời gian ở trong bể tạo ra ứng suất kéo trung tâm tối đa, khoảng 75% đến khoảng 125% thời gian ở trong bể tạo ra ứng suất kéo trung tâm tối đa, khoảng 80% đến khoảng 120% thời gian ở trong bể tạo ra ứng suất kéo trung tâm tối đa, khoảng 85% đến khoảng 115% thời gian ở trong bể tạo ra ứng suất kéo trung tâm tối đa, khoảng 90% đến khoảng 110% thời gian ở trong bể tạo ra ứng suất kéo trung tâm tối đa, khoảng 95% đến khoảng 105% thời gian ở trong bể tạo ra ứng suất kéo trung tâm tối đa, khoảng 100% thời gian ở trong bể tạo ra ứng suất kéo trung tâm tối đa, hoặc các khoảng con bất kỳ chứa trong đó hoặc được xác định theo các điểm đầu mút này. Trong trường hợp thời gian ở trong bể nhỏ hơn 50% thời gian ở trong bể tạo ra ứng suất kéo trung tâm tối đa, vật phẩm gốc thủy tinh có ứng suất kéo trung tâm và tương ứng với tổng ứng suất nén vốn quá thấp để tạo ra độ chống vỡ và hiệu suất thả rơi mong muốn. Trong trường hợp thời gian ở trong bể lớn hơn 130% thời gian ở trong bể tạo ra ứng suất kéo trung tâm tối đa, vật phẩm gốc thủy tinh có ứng suất kéo trung tâm và tương ứng với tổng ứng suất nén vốn quá thấp để tạo ra độ chống vỡ và hiệu suất thả rơi mong muốn do sự thả rơi ở ứng suất kéo trung tâm kết hợp với thời gian trao đổi ion kéo dài và độ cong vênh và khối lượng tăng cao hơn dải mong muốn do sự khuếch tán ion kim loại bổ sung vào trong vật

phẩm gốc thủy tinh. Ngoài ra, thời gian ở trong bể lớn hơn 130% thời gian ở trong bể tạo ra ứng suất kéo trung tâm tối đa không làm tăng chiều sâu của ứng suất nén để bù cho cong vênh và khối lượng tăng không mong muốn.

Theo một số phương án thực hiện, phương pháp còn bao gồm sự trao đổi ion thứ hai, mà có thể được thực hiện hoặc trước hoặc sau khi trao đổi ion đã được mô tả trên đây. Sự trao đổi ion thứ hai có thể bao gồm phương án bất kỳ trong số các phương án thực hiện đã được mô tả ở đây. Phương pháp làm ví dụ bao gồm sự trao đổi ion thứ nhất trong, ví dụ, 7 giờ, 6 giờ, 5 giờ, hoặc 4 giờ, theo tỷ lệ 80% khối lượng muối kali/20% khối lượng muối natri (ví dụ 80% khối lượng  $\text{KNO}_3$ /20% khối lượng  $\text{NaNO}_3$ ) ở  $430^\circ\text{C}$ , sau đó đến bước thứ hai trong bể hỗn hợp muối kali/natri (ví dụ  $\text{KNO}_3/\text{NaNO}_3$ ) hoặc bể chỉ chứa muối natri (ví dụ  $\text{NaNO}_3$ ). Phương pháp làm ví dụ khác bao gồm sự trao đổi ion thứ nhất trong bể chỉ có muối  $\text{KNO}_3$  và sau đó, ví dụ, trong bể hỗn hợp 95% khối lượng muối kali/ 5% khối lượng muối natri (ví dụ 95% khối lượng  $\text{KNO}_3$ /5% khối lượng  $\text{NaNO}_3$ ) trong, ví dụ, 7 giờ, 6 giờ, 5 giờ, hoặc 4 giờ.

Như được nêu trên đây, các phương pháp nêu trên tạo ra các vật phẩm gốc thủy tinh có khối lượng tăng, các thay đổi về kích thước chiều dài hoặc chiều rộng hoặc sự cong vênh tương đối nhỏ so với vật phẩm có chất nền đã được trao đổi ion sơ bộ, đồng thời duy trì được biên dạng ứng suất mong muốn. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, có tỷ lệ nhỏ hơn 1,6%, 1,5%, 1,4%, 1,3%, 1,2%, 1,1%, 1%, hoặc 0,9% khối lượng tăng sau khi trao đổi ion so với trước khi trao đổi ion. Theo các phương án thực hiện khác, có ít nhất 0,3% khối lượng tăng. Theo một số phương án thực hiện, có nhỏ hơn 0,24%, 0,23%, 0,20%, 0,19%, 0,18%, 0,17%, 0,16%, 0,15%, 0,14%, 0,13%, 0,12%, 0,11%, hoặc 0,10% thay đổi về kích thước chiều dài sau khi trao đổi ion so với trước khi trao đổi ion. Theo các phương án thực hiện khác, có ít nhất 0,1% thay đổi về kích thước chiều dài, như ít nhất 0,2% thay đổi về kích thước chiều dài. Theo một số phương án thực hiện, sự thay đổi về chiều dài từ khoảng 0,1% đến khoảng 0,2%, như từ khoảng 0,15% đến khoảng 0,02%. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, có tỷ lệ nhỏ hơn 0,24%, 0,23%, 0,20%, 0,19%, 0,18%, 0,17%, 0,16%, 0,15%, 0,14%, 0,13%, 0,12%, 0,11%, hoặc 0,10% sự thay đổi về chiều rộng sau khi trao đổi ion so với trước khi trao đổi ion. Theo các phương án

thực hiện khác, có ít nhất 0,1% thay đổi về kích thước chiều rộng, như 0,2% thay đổi về kích thước chiều rộng. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, các cong vênh của vật phẩm gốc thủy tinh nhỏ hơn 200  $\mu\text{m}$  sau khi trao đổi ion so với chất nền gốc thủy tinh trước khi thay đổi ion, như nhỏ hơn 180  $\mu\text{m}$ , 160  $\mu\text{m}$ , 150  $\mu\text{m}$ , 130  $\mu\text{m}$ , hoặc 120  $\mu\text{m}$  sau khi trao đổi ion so với chất nền gốc thủy tinh trước khi thay đổi ion. Theo một số phương án thực hiện, vật phẩm gốc thủy tinh có thể có sự cong vênh nhỏ hơn khoảng 200  $\mu\text{m}$  đã được đo từ mặt phẳng được xác định nhờ ô-mét với đường trục chính của vật phẩm gốc thủy tinh, như nhỏ hơn khoảng 180  $\mu\text{m}$ , khoảng 160  $\mu\text{m}$ , khoảng 150  $\mu\text{m}$ , khoảng 130  $\mu\text{m}$ , hoặc khoảng 120  $\mu\text{m}$ .

Một ưu điểm của các phương pháp này là sự cong vênh của vật phẩm gốc thủy tinh được giảm đến mức tối thiểu trong khi duy trì được các đặc tính mong muốn (các trị số CT, CS, DOC và DOL mà tạo ra các thuộc tính hiệu suất cơ học thích hợp) của vật phẩm gốc thủy tinh. Đồng thời sự trao đổi ion gây ra sự cong vênh của phần thủy tinh có thể được giảm nhờ sử dụng một cách thích hợp bước đánh bóng hoặc khắc sau khi trao đổi ion, phương án này có thể bị giới hạn ở lượng vật liệu có thể được loại bỏ mà không ảnh hưởng xấu đến các đặc điểm quan trọng trong biên dạng ứng suất. Thậm chí trong các trường hợp mà ở đó bước đánh bóng hoặc khắc sau khi trao đổi ion được thực hiện, các phương pháp này là các bước thêm vào làm phức tạp quá trình sản xuất. Các bước này làm tăng chi phí thời gian và kinh phí và còn dẫn đến bước xử lý bổ sung vốn có thể gây ra tác động không thích hợp đối với năng suất phần hoàn thiện. Các phương pháp đã được mô tả ở đây khắc phục được vấn đề của sự trao đổi ion gây ra sự biến dạng thủy tinh ở đáy, nhờ đề xuất các phương pháp trao đổi ion (thời gian, nhiệt độ, hợp phần bể muối) để giảm đến mức tối thiểu sự cong vênh trong chính quá trình trao đổi ion. Các quá trình trao đổi ion theo sáng chế cũng cho phép rút ngắn thời gian trong bể trao đổi ion, nhờ đó xác định các hiệu suất hoạt động về mặt thời gian trao đổi ion và tuổi thọ của bể đối với sự nhiễm độc liti. Các phương pháp đã được mô tả ở đây là ưu điểm đặc biệt đối với các vật phẩm gốc thủy tinh với các đặc điểm hình dạng vát hoặc hình dạng khác, vốn có xu hướng cong vênh khi được trao đổi ion đáng kể.

Khía cạnh khác của sáng chế liên quan đến các vật phẩm gốc thủy tinh được tạo ra bởi các phương pháp đã được mô tả ở đây. Theo một hoặc nhiều phương án

thực hiện, vật phẩm gốc thủy tinh là vật phẩm gốc thủy tinh đã được trao đổi ion bao gồm: chiều dài; chiều rộng; khối lượng; bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai đối diện bề mặt thứ nhất xác định chiều dày ( $t$ ); nồng độ của oxit kim loại được trao đổi ion là cả khác không và thay đổi dọc theo chiều dày nằm trong khoảng từ khoảng  $0 \cdot t$  đến ít nhất khoảng  $0,3 \cdot t$ ; và vùng ứng suất kéo trung tâm (CT) bao gồm CT tối đa lớn hơn hoặc bằng  $71,5/\sqrt{t}$ , trong đó chiều dày  $t$  được định trước theo đơn vị mm. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, khi chiều dày ( $t$ ) của vật phẩm gốc thủy tinh bằng 0,8 mm, có tỷ lệ nhỏ hơn 1,6% khối lượng tăng của vật phẩm gốc thủy tinh tạo ra từ oxit kim loại được trao đổi ion so với khối lượng của vật phẩm gốc thủy tinh trước khi trao đổi ion. Theo một số phương án thực hiện, khi chiều dày ( $t$ ) của vật phẩm gốc thủy tinh bằng 0,8 mm, có tỷ lệ nhỏ hơn 0,24% thay đổi về kích thước chiều dài của vật phẩm gốc thủy tinh đã được trao đổi ion so với kích thước chiều dài của vật phẩm gốc thủy tinh trước khi trao đổi ion. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, khi chiều dày ( $t$ ) của vật phẩm gốc thủy tinh bằng 0,8 mm, có tỷ lệ nhỏ hơn 0,24% thay đổi về kích thước chiều rộng của vật phẩm gốc thủy tinh so với kích thước chiều rộng của vật phẩm gốc thủy tinh trước khi trao đổi ion. Phép đo các đặc tính có thể được thực hiện ở nhiệt độ phòng (ví dụ trong khoảng  $25^{\circ}\text{C}$  và khoảng  $35^{\circ}\text{C}$ ).

Các phương án biến thể như được mô tả trên đây có thể áp dụng cho vật phẩm gốc thủy tinh đã được trao đổi ion. Ví dụ, theo một số phương án thực hiện, có tỷ lệ nhỏ hơn 1,4% khối lượng tăng của vật phẩm gốc thủy tinh tạo ra từ oxit kim loại được trao đổi ion so với khối lượng của vật phẩm gốc thủy tinh trước khi trao đổi ion. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, có tỷ lệ nhỏ hơn 0,15% thay đổi về kích thước chiều dài của vật phẩm gốc thủy tinh đã được trao đổi ion so với kích thước chiều dài của vật phẩm gốc thủy tinh trước khi trao đổi ion. Theo một số phương án thực hiện, có tỷ lệ nhỏ hơn 0,15% thay đổi về kích thước chiều rộng của vật phẩm gốc thủy tinh so với kích thước chiều rộng của vật phẩm gốc thủy tinh trước khi trao đổi ion.

Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, vật phẩm còn bao gồm ứng suất nén bề mặt (CS) lớn hơn hoặc bằng khoảng 300 MPa. Theo một số phương án thực hiện, CS bề mặt bằng khoảng 400 MPa, 450 MPa, hoặc lớn hơn hoặc bằng 500 MPa.

Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện các dải CS bề mặt từ khoảng 400 MPa đến khoảng 750 MPa, từ 450 MPa đến khoảng 750 MPa, từ 500 MPa đến khoảng 750 MPa, hoặc các khoảng con bất kỳ chứa trong đó.

Theo một số phương án thực hiện, CT có thể nằm trong khoảng từ khoảng 50 MPa đến khoảng 100 MPa, từ khoảng 60 MPa đến khoảng 90 MPa, từ khoảng 70 MPa đến khoảng 80 MPa, hoặc các khoảng con bất kỳ chứa trong đó. Theo các phương án thực hiện khác, CT có thể nằm trong khoảng từ khoảng 50 MPa đến khoảng 100 MPa, từ khoảng 60 MPa đến khoảng 90 MPa, từ khoảng 70 MPa đến khoảng 80 MPa, hoặc các khoảng con bất kỳ chứa trong đó, đối với vật phẩm gốc thủy tinh có chiều dày bằng khoảng 0,8 mm.

Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, vật phẩm gốc thủy tinh có thể có DOC ít nhất bằng 15%. Theo các phương án thực hiện khác, DOC có thể ít nhất bằng 15% đối với vật phẩm gốc thủy tinh có chiều dày bằng khoảng 0,8 mm.

Theo một số phương án thực hiện, vật phẩm gốc thủy tinh có thể có đỉnh ứng suất nén chiều dày lớp ( $DOL_{đỉnh}$ ) bằng khoảng 5  $\mu\text{m}$  đến khoảng 15  $\mu\text{m}$ . Theo các phương án thực hiện khác, vật phẩm gốc thủy tinh có thể có  $DOL_{đỉnh}$  bằng khoảng 5  $\mu\text{m}$  đến khoảng 15  $\mu\text{m}$  đối với vật phẩm gốc thủy tinh có chiều dày bằng khoảng 0,8 mm. Theo một số phương án thực hiện, vật phẩm gốc thủy tinh có thể có  $DOL_{đỉnh}$  bằng khoảng 0,625% đến khoảng 1,875% chiều dày. Theo một số phương án thực hiện, vật phẩm gốc thủy tinh có thể có  $DOL_{đỉnh}/t$  nằm trong khoảng từ khoảng 0,006 đến khoảng 0,014, như khoảng 0,008 đến khoảng 0,012, khoảng 0,009 đến khoảng 0,011, khoảng 0,01, hoặc các khoảng con bất kỳ chứa trong đó hoặc được tạo ra từ các điểm đầu mút này. Như được sử dụng trong bản mô tả này,  $DOL_{đỉnh}$  đề cập đến chiều sâu của đỉnh ứng suất nén mà được tạo ra trong vật phẩm gốc thủy tinh.  $DOL_{đỉnh}$  có thể được xác định dựa trên chiều sâu của ion kali trao đổi bên trong vật phẩm gốc thủy tinh (“DOL kali”) được đo bằng FSM, và cũng có thể xấp xỉ chiều sâu của phần uốn ứng suất. Trong trường hợp  $DOL_{đỉnh}/t$  nhỏ hơn 0,006, vật phẩm gốc thủy tinh có độ chống vỡ và hiệu suất thả rơi thấp không mong muốn. Trong trường hợp  $DOL_{đỉnh}/t$  lớn hơn 0,014, vật phẩm gốc thủy tinh thực hiện sự trao đổi ion quá mức, vốn có thể tạo ra sự cong vênh và khối lượng tăng không mong muốn. Theo một hoặc nhiều

phương án thực hiện, vật phẩm gốc thủy tinh có thể có phần uốn ứng suất ( $CS_{\text{phần uốn}}$ ) lớn hơn 100 MPa, 110 MPa, 120 MPa, hoặc 130 MPa.  $CS_{\text{phần uốn}}$  như được sử dụng trong bản mô tả này đề cập đến ứng suất nén ở "phần uốn" của biên dạng ứng suất, là vị trí mà ở đó độ dốc của biên dạng ứng suất thay đổi mạnh. Như được thể hiện trên Fig.33,  $DOL_{\text{đỉnh}}$  bằng khoảng 12  $\mu\text{m}$ , và  $CS_{\text{phần uốn}}$  bằng khoảng 151 MPa.

Khía cạnh khác của sáng chế liên quan đến thiết bị bao gồm vỏ có các bề mặt trước, bề mặt sau và bề mặt bên; các bộ phận điện nằm ít nhất một phần bên trong vỏ; màn hiển thị ở hoặc liền kề với bề mặt trước của vỏ; và nền phủ được bố trí trên màn hiển thị, trong đó nền phủ bao gồm vật phẩm gốc thủy tinh bất kỳ trong số các vật phẩm gốc thủy tinh đã được trao đổi ion đã được mô tả trên đây.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Phương án thực hiện khác nhau sẽ được mô tả thêm nhờ các ví dụ sau đây. Trong các ví dụ, trước khi được gia cường, đối với các ví dụ được gọi là "các chất nền". Sau khi được gia cường, đối với các ví dụ được gọi là "các vật phẩm" hoặc "các vật phẩm gốc thủy tinh".

#### Ví dụ 1

Các chất nền thủy tinh-gốm có hợp phần danh định như được thể hiện dưới đây trong bảng 2 được tạo ra. Các chất nền thủy tinh-gốm có chiều dày bằng 0,8 milimét (mm) và chứa tập hợp pha tinh thể bao gồm dung dịch  $\beta$  spodumen rắn làm pha tinh thể trội và một hoặc nhiều pha thứ yếu bao gồm rutil. Các chất nền thủy tinh-gốm được nhúng vào bể muối nóng chảy chứa  $\text{NaNO}_3$  có nhiệt độ bằng  $485^\circ\text{C}$  trong 10 giờ (Điều kiện A), 13 giờ (Điều kiện B) hoặc 24 giờ (Điều kiện C), hoặc bể muối nóng chảy chứa  $\text{NaNO}_3$  có nhiệt độ bằng  $430^\circ\text{C}$  trong 2 giờ (Điều kiện so sánh D) để tạo ra các vật phẩm thủy tinh-gốm đã được gia cường.

Bảng 2: Hợp phần của chất nền thủy tinh-gốm theo ví dụ 1, trước khi gia cường hóa học.

|                                                                                                                                    |                            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| <b>Ví dụ =&gt;</b>                                                                                                                 | <b>1</b>                   |
| <b>Oxit [mol%]</b>                                                                                                                 |                            |
| SiO <sub>2</sub>                                                                                                                   | 69,2                       |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                                                                                     | 12,6                       |
| B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                                                                                      | 1,8                        |
| Li <sub>2</sub> O                                                                                                                  | 7,7                        |
| Na <sub>2</sub> O                                                                                                                  | 0,4                        |
| MgO                                                                                                                                | 2,9                        |
| ZnO                                                                                                                                | 1,7                        |
| TiO <sub>2</sub>                                                                                                                   | 3,5                        |
| SnO <sub>2</sub>                                                                                                                   | 0,1                        |
| [Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+MgO+ZnO+K <sub>2</sub> O]<br>[Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ] | $\frac{12,7}{14,5} = 0,88$ |
| [TiO <sub>2</sub> +SnO <sub>2</sub> ]<br>[SiO <sub>2</sub> +B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ]                                        | $\frac{3,6}{71} = 0,051$   |

Các biên dạng hóa học của các vật phẩm thủy tinh-gốm được đo bằng đầu dò micro và được thể hiện trên Fig.9. Ứng suất ( $\sigma$ ) tỷ lệ với nồng độ ( $z$ ) ở vị trí dọc theo chiều dày của mẫu qua phương trình (4):

$$\sigma(z) = BE/1-v(C_{avg}-C(z)) \quad (4)$$

Theo phương trình (4), B là hệ số giãn nở mạng, E là suất đàn hồi, v is hệ số Poisson, và C<sub>avg</sub> là tích phân của nồng độ trên mẫu. Như được thể hiện trên Fig.9, các ion Na<sup>+</sup> được trao đổi ion qua hầu như toàn bộ chiều dày của các vật phẩm khi bề có nhiệt độ cao hơn được sử dụng (tức là, các điều kiện A đến C). Trong thủy tinh-gốm này, Na<sub>2</sub>O có mặt ở vùng CT theo lượng bằng khoảng 1,2 mol% hoặc lớn

hơn. Vật phẩm thủy tinh-gốm ion được trao đổi trong bể có nhiệt độ thấp hơn (Điều kiện so sánh D) có biên dạng ứng suất giống với các biên dạng ứng suất đã biết.

### Ví dụ 2

Các chất nền thủy tinh có cùng hợp phần như được thể hiện trong bảng 2 và chiều dày bằng 0,8 mm, nhưng có cấu trúc vô định hình (và không có các pha tinh thể) được gia cường hóa học bằng cách nhúng vào bể muối nóng chảy chứa 100%  $\text{NaNO}_3$  có nhiệt độ bằng khoảng  $430^\circ\text{C}$  trong các khoảng thời gian khác nhau để tạo ra các vật phẩm gốc thủy tinh. DOC và trị số CT tối đa của các vật phẩm gốc thủy tinh được đo nhờ sử dụng dải phân cực ánh sáng tán xạ (SCALP: scattered light polariscope). Như được thể hiện trên Fig.10, các phần tăng DOC và CT tối đa là tùy thuộc vào chiều dài nhúng hoặc trao đổi ion. Các trị số CT lớn nhất được theo dõi sau khi nhúng các thủy tinh trong khoảng 16 giờ.

Các biên dạng ứng suất của các vật phẩm gốc thủy tinh theo ví dụ 2 được đo nhờ sử dụng SCALP và được thể hiện trên Fig.11. Phần trên của đường trục x biểu thị trị số ứng suất dương là lớp CT và phần dưới của đường trục x biểu thị trị số ứng suất âm là các trị số CS. Biên dạng ứng suất của vật phẩm gốc thủy tinh mà được gia cường hóa học trong 16 giờ có CT trị số lớn nhất (tức là, 175 MPa) và hình dạng là dạng parabol, mà hầu như không có các phần tuyến tính, theo hướng chiều sâu, bằng 100 micromét ( $\mu\text{m}$ ). CS bề mặt được đo bởi SCALP bằng khoảng 410 MPa. Do đó, tỷ lệ của CT tối đa với CS bề mặt theo ví dụ 2 bằng khoảng 0,4375.

### Ví dụ 3

Để so sánh, chất nền thủy tinh-gốm theo ví dụ 1 và chất nền thủy tinh theo ví dụ 2, mỗi chất nền có chiều dày bằng khoảng 0,8 mm, được thực hiện gia cường hóa học bằng cách nhúng vào bể muối nóng chảy chứa  $\text{NaNO}_3$  có nhiệt độ bằng  $350^\circ\text{C}$  trong 3,5 giờ (ví dụ 3A và 3B, một cách tương ứng). Các biên dạng ứng suất tạo ra (như được tính xấp xỉ bởi biên dạng hóa học được đo bằng đầu dò micro sử dụng phương trình 4) của vật phẩm thủy tinh-gốm và vật phẩm gốc thủy tinh được thể hiện trên Fig.12 giống với hàm lỗi (erfc) hoặc dạng gần như tuyến tính. Ngoài ra, DOC nhỏ hơn chiều sâu của ion kiềm được trao đổi vào thủy tinh hoặc thủy tinh-gốm (hoặc chiều sâu trao đổi ion hóa học).

Khi chất nền thủy tinh-gốm theo ví dụ 1 và chất nền thủy tinh theo ví dụ 2, mỗi chất nền có chiều dày bằng khoảng 0,8 mm được thực hiện gia cường hóa học đã được mô tả ở đây bằng cách nhúng vào bể muối nóng chảy chứa  $\text{NaNO}_3$  có nhiệt độ bằng  $430^\circ\text{C}$  trong 24 giờ (các ví dụ 3C và 3D, một cách tương ứng), các vật phẩm gốc thủy tinh được tạo ra có các biên dạng nồng độ oxit kim loại (thu được bằng EPMA) như được thể hiện trên Fig.13. Các biên dạng nồng độ oxit kim loại có dạng parabol và thể hiện sự trao đổi ion của các ion  $\text{Na}^+$  xuyên suốt toàn bộ chiều dày. Các biên dạng hóa học được đo nhờ sử dụng EMPA và sự khuếch tán chiều sâu hóa học của  $\text{Na}_2\text{O}$  được thể hiện as bằng với hoặc lớn hơn 400 micromét. Ngoài ra,  $\text{Na}_2\text{O}$  có mặt với nồng độ lớn hơn hoặc bằng khoảng 1 mol% trên toàn bộ chiều dày, chứa trong lớp CT. Các vật phẩm thủy tinh-gốm được tạo ra theo ví dụ 3D có độ chịu nứt vỡ cao hơn trong thử nghiệm thả rơi trong đó các chất nền thủy tinh-gốm được lắp vào các vỏ điện thoại di động giống nhau. Cụ thể là, năm mẫu theo ví dụ 3D được lắp vào thiết bị điện thoại di động và được thả rơi lên giấy ráp cho các thử nghiệm thả rơi liên tục bắt đầu ở chiều cao bằng 50 cm. Khi mỗi mẫu vượt qua được chiều cao thả rơi từ một chiều cao, nó tiếp tục được thả rơi từ một chiều cao lớn hơn cho đến khi nó bị nứt vỡ, ở điểm đó chiều cao nứt vỡ của mẫu thử được thể hiện trên Fig.13A. Ví dụ 3D có chiều cao rơi vỡ trung bình bằng 172,5 cm.

Fig.14 thể hiện các biên dạng ứng suất của chất nền gốc thủy tinh được gia cường hóa học theo các quy trình đã biết và chất nền gốc thủy tinh được gia cường hóa học theo các phương pháp đã được mô tả ở đây. Như được thể hiện trên Fig.14, biên dạng ứng suất của các vật phẩm gốc thủy tinh theo các phương án thực hiện đã được mô tả ở đây có hình dạng parabol mà hầu như không chứa các đoạn tuyến tính (có chiều dài hoặc chiều sâu tuyệt đối lớn hơn khoảng 50 micromét) và có DOC bằng khoảng  $0,2 \cdot t$ , trong khi biên dạng ứng suất đã biết với hàm lỗi, dạng gần như tuyến tính có phần hầu như tuyến tính từ chiều sâu bằng khoảng 0,1 milimét đến khoảng 0,7 milimét (cho tổng chiều dài bằng khoảng 0,6 milimét hoặc 600 micromét). Biên dạng ứng suất đã biết cũng có trị số CT thấp và DOC thấp.

#### Ví dụ 4

Các chất nền thủy tinh (mỗi chất nền có chiều dày bằng khoảng 1 mm) có hợp phần theo bảng 2 được thực hiện gia cường hóa học bằng cách nhúng trong bể muối nóng chảy thứ nhất chứa  $\text{NaNO}_3$  có nhiệt độ bằng  $430^\circ\text{C}$  trong 24 giờ. Một vật phẩm gốc thủy tinh không được thực hiện các bước gia cường bổ sung bất kỳ (ví dụ 4A). Ba các vật phẩm gốc thủy tinh được thực hiện bước gia cường thứ hai bằng cách nhúng trong bể muối nóng chảy thứ hai chứa  $\text{KNO}_3$  có nhiệt độ bằng khoảng  $430^\circ\text{C}$  trong hoặc 0,75 giờ, 4 giờ, hoặc 8 giờ (các ví dụ 4B, 4C và 4D, một cách tương ứng). Các biên dạng ứng suất được đo bằng SCALP của các vật phẩm gốc thủy tinh được tạo ra được thể hiện trên Fig.15, với chiều sâu hoặc chiều dày của các vật phẩm gốc thủy tinh được vẽ trên trục x và ứng suất được vẽ trên trục y. Các trị số ứng suất dương là các trị số CT và các trị số ứng suất âm là các trị số CS. Độ phân giải không gian của thiết bị ngăn trở phép đo CS kết hợp với bước trao đổi ion  $\text{KNO}_3$  thứ hai. Các vật phẩm gốc thủy tinh theo các ví dụ 4A và 4B có các biên dạng tương tự. Các vật phẩm gốc thủy tinh theo các ví dụ 4C và 4D có CT giảm (đối với các ví dụ 4A và 4B) và CS giảm (đối với các ví dụ 4A và 4B), với thời gian nhúng và sau khi nhúng ở bước gia cường thứ hai. Các vật phẩm gốc thủy tinh theo các ví dụ 4C và 4D cũng có DOC tăng, đối với các ví dụ 4A và 4B, và các trị số DOC này lớn hơn  $0,2 \cdot t$ .

Fig.16 thể hiện năng lượng ứng suất kéo đã được dự trữ theo đơn vị  $\text{J/m}^2$  cho mỗi chất nền thủy tinh theo các ví dụ 4B đến 4D, mà lớn hơn  $15 \text{ J/m}^2$  tùy thuộc vào thời gian được nhúng trong bể muối nóng chảy thứ hai chứa  $\text{KNO}_3$ . Năng lượng ứng suất kéo đã được dự trữ có thể được tính toán từ dữ liệu biên dạng ứng suất SCALP đã được đo và sử dụng phương trình (3) trên đây.

Fig.17 và Fig.18 thể hiện các biên dạng nồng độ của mỗi chất trong số  $\text{K}_2\text{O}$  và  $\text{Na}_2\text{O}$  là hàm số của độ sâu (theo đơn vị micromét) cho mỗi chất nền thủy tinh theo các ví dụ 4B đến 4D. Như được thể hiện trên Fig.17, chiều sâu hóa học của  $\text{K}_2\text{O}$  bằng 3 micromét đối với ví dụ 4B (nhúng trong 0,75 giờ trong bể  $\text{KNO}_3$ ), 6 micromét đối với ví dụ 4C (nhúng trong 4 giờ trong bể  $\text{KNO}_3$ ), và 5 micromét đối với ví dụ 4D (nhúng trong 8 giờ trong bể  $\text{KNO}_3$ ). Như được thể hiện trên Fig.18,  $\text{Na}_2\text{O}$  xuyên qua toàn bộ chiều sâu và có nồng độ lớn hơn hoặc bằng khoảng 1 mol% cho mỗi chất nền

thủy tinh theo các ví dụ 4B đến 4D dọc theo toàn bộ chiều sâu của vật phẩm gốc thủy tinh.

Các ví dụ 4E và 4F bao gồm các chất nền thủy tinh (mỗi chất nền có chiều dày bằng khoảng 1 mm) có hợp phần theo bảng 2, được thực hiện gia cường hóa học bằng cách nhúng trong bể muối nóng chảy thứ nhất chứa  $\text{NaNO}_3$  có nhiệt độ bằng  $430^\circ\text{C}$  trong 24 giờ, sau khi xử lý nhiệt đến nhiệt độ bằng  $430^\circ\text{C}$  trong không khí trong 4 giờ hoặc 8,25 giờ, một cách tương ứng. Các biên dạng ứng suất của các vật phẩm gốc thủy tinh theo các ví dụ 4E và 4F được thể hiện trên Fig.19, với các biên dạng ứng suất các ví dụ 4A, 4C và 4D được thể hiện để so sánh. Fig.20 thể hiện đồ thị giống với Fig.19, với tỷ lệ nhỏ hơn để minh họa các chênh lệch về các biên dạng ứng suất ở hoặc gần chiều sâu bằng  $0,5 \cdot t$ .

#### Ví dụ 5

Các chất nền thủy tinh (mỗi chất nền có chiều dày bằng khoảng 1 mm) có hợp phần theo bảng 2 được thực hiện gia cường hóa học bằng cách nhúng trong bể muối nóng chảy thứ nhất chứa  $\text{NaNO}_3$  có nhiệt độ bằng  $430^\circ\text{C}$  trong 24 giờ. Một vật phẩm gốc thủy tinh không được thực hiện các bước gia cường bổ sung bất kỳ (ví dụ 5A). Hai vật phẩm gốc thủy tinh được thực hiện bước gia cường thứ hai bằng cách đặt các vật phẩm gốc thủy tinh trong lò ở nhiệt độ  $390^\circ\text{C}$  và duy trì các vật phẩm gốc thủy tinh trong lò trong khoảng 8 giờ hoặc 28 giờ, đối với các ví dụ 5B và 5C, một cách tương ứng. Bốn vật phẩm gốc thủy tinh được thực hiện bước gia cường thứ ba (sau bước gia cường thứ nhất và cả hai trong số các bước gia cường thứ hai khác nhau) bằng cách nhúng trong bể muối nóng chảy thứ hai chứa  $\text{KNO}_3$  có nhiệt độ bằng  $430^\circ\text{C}$  trong 4 giờ hoặc 8 giờ, đối với các ví dụ 5D và 5G, một cách tương ứng. Các bước gia cường cho mỗi chất nền thủy tinh theo các ví dụ 5A đến 5G được thể hiện trong bảng 3. Các trị số CT đã được đo cũng được thể hiện trong bảng 3.

Bảng 3: Các bước gia cường các ví dụ 5A đến 5G.

| Bước | Ví dụ     | Ví dụ     | Ví dụ     | Ví dụ     | Ví dụ 5E | Ví dụ 5F | Ví dụ     |
|------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|-----------|
|      | <u>5A</u> | <u>5B</u> | <u>5C</u> | <u>5D</u> |          |          | <u>5G</u> |

|                     |                                         |                                         |                                         |                                         |                                         |                                         |                                         |
|---------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
| bước<br>thứ<br>nhất | NaNO <sub>3</sub> ,<br>430°C,<br>24 giờ | NaNO <sub>3</sub> ,<br>430°C,<br>24 giờ | NaNO <sub>3</sub> ,<br>430°C,<br>24 giờ | NaNO <sub>3</sub> ,<br>430°C,<br>24 giờ | NaNO <sub>3</sub> ,<br>430°C,<br>24 giờ | NaNO <sub>3</sub> ,<br>430°C,<br>24 giờ | NaNO <sub>3</sub> ,<br>430°C,<br>24 giờ |
| bước<br>thứ<br>hai  |                                         | Không<br>khí,<br>390°C,<br>8 giờ        | Không<br>khí,<br>390°C,<br>28 giờ       | Không<br>khí,<br>390°C,<br>8 giờ        | Không<br>khí,<br>390°C,<br>28 giờ       | Không<br>khí,<br>390°C,<br>8 giờ        | Không<br>khí,<br>390°C,<br>28 giờ       |
| bước<br>thứ<br>ba   |                                         |                                         |                                         | KNO <sub>3</sub> ,<br>430°C,<br>4 giờ   | KNO <sub>3</sub> ,<br>430°C,<br>4 giờ   | KNO <sub>3</sub> ,<br>430°C,<br>8 giờ   | KNO <sub>3</sub> ,<br>430°C,<br>8 giờ   |
| CT                  | 174<br>MPa                              | 148<br>MPa                              | 96 MPa                                  | 129<br>MPa                              | 82 MPa                                  | 103<br>MPa                              | 72 MPa                                  |

Các biên dạng ứng suất của các vật phẩm gốc thủy tinh được tạo ra được thể hiện trên Fig.21, với chiều sâu hoặc chiều dày của các vật phẩm gốc thủy tinh được vẽ trên trục x và ứng suất được vẽ trên trục y. Các trị số ứng suất dương là các trị số CT và các trị số ứng suất âm là các trị số CS. Như được thể hiện trên Fig.21, do khoảng thời gian của các xử lý nhiệt thứ hai và/hoặc thứ ba được tăng, DOC tăng và CT giảm. Sự suy giảm về DOC và CT được thể hiện rõ ràng hơn trên Fig.22 và Fig.23, một cách tương ứng, là hàm số của tổng thời gian xử lý nhiệt sau khi trao đổi ion.

Sau đó các vật phẩm gốc thủy tinh theo các ví dụ 5A đến 5G được thực hiện thử nghiệm va đập trong đó một mặt của vật phẩm gốc thủy tinh được dính vào băng dính và mặt để lộ đối diện được va đập bằng dụng cụ nhọn và bị nứt vỡ. Số lượng mảnh vụn tạo ra có thể tương quan với năng lượng ứng suất kéo đã được dự trữ của vật phẩm gốc thủy tinh. Các ví dụ 5A, 5B và 5D có nhiều mảnh vụn (tức là, lớn hơn 50 và thậm chí 100), trong khi ví dụ 5F có 10 mảnh vụn, ví dụ 5C có 3 mảnh vụn, và ví dụ 5E và 5G có 4 mảnh vụn. Các ví dụ 5A, 5B và 5D, bị vỡ thành nhiều mảnh vụn, có CT cao hơn (lớn hơn khoảng 100 MPa) so với các ví dụ 5C, 5E, 5F và 5G mà tất cả có các trị số CT nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 100 MPa.

## Ví dụ 7

Các chất nền thủy tinh có hợp phần danh định như được thể hiện trong bảng 2 và mỗi chất nền có chiều dày bằng khoảng 1 mm được thực hiện gia cường hóa học trong bể muối nóng chảy chứa 100%  $\text{NaNO}_3$  và nhiệt độ bằng  $430^\circ\text{C}$ . Khoảng thời gian mà các chất nền thủy tinh được nhúng trong bể muối nóng chảy được thể hiện trong bảng 5.

Bảng 4: Khoảng thời gian gia cường hóa học (thời gian trao đổi các ion) các ví dụ 7A đến 7G.

| Ví dụ | Thời gian trao đổi ion (IOX: ion exchange) (giờ) |
|-------|--------------------------------------------------|
| 7A    | 2                                                |
| 7B    | 4                                                |
| 7C    | 8                                                |
| 7D    | 16                                               |
| 7E    | 24                                               |
| 7F    | 32,5                                             |
| 7G    | 48                                               |

Các biên dạng ứng suất của các vật phẩm gốc thủy tinh theo các ví dụ 7A đến 7G được thể hiện trên Fig.24. Các biên dạng ứng suất được đo nhờ sử dụng SCALP. Đồ thị thể hiện sự thay đổi về các trị số CT và năng lượng ứng suất kéo đã được dự trữ, đều là hàm số của thời gian trao đổi ion được thể hiện trên Fig.25. Như được thể hiện trên Fig.25, việc nhúng các chất nền thủy tinh trong bể muối nóng chảy trong 16 giờ và 24 giờ tạo ra các vật phẩm gốc thủy tinh có các trị số CS bề mặt lớn nhất và các trị số CT lớn nhất, theo nghĩa tuyệt đối.

## Ví dụ 8

Các chất nền thủy tinh có hợp phần danh định như được thể hiện trong bảng 2 và có các chiều dày bằng khoảng 0,8 mm mỗi chất nền được thực hiện gia cường hóa học trong bể muối nóng chảy chứa hỗn hợp của  $\text{NaNO}_3$  và  $\text{NaSO}_4$  và nhiệt độ bằng  $500^\circ\text{C}$  trong 15 phút (ví dụ so sánh 8A) và trong 16 giờ (ví dụ 8B). Biên dạng

ứng suất của các vật phẩm gốc thủy tinh theo các ví dụ 8A và 8B được thể hiện trên Fig.26. Được thể hiện trên Fig.26, ví dụ so sánh 8A có biên dạng ứng suất đã biết, trong khi đó, ví dụ 8B có biên dạng ứng suất theo một hoặc nhiều phương án thực hiện của sáng chế. Năng lượng ứng suất kéo đã được dự trữ của các vật phẩm gốc thủy tinh theo các ví dụ 8A và 8B được tính toán theo cùng cách với các ví dụ 4B đến 4D. Năng lượng ứng suất kéo đã được dự trữ đã được tính toán được vẽ đồ thị là hàm số của CT đã được đo (MPa), như được thể hiện trên Fig.27.

Như được thể hiện trên Fig.27, ví dụ so sánh 8A có các trị số năng lượng ứng suất kéo đã được dự trữ lớn hơn nhiều cho CT định trước trị số so với ví dụ 8B (cho cùng trị số CT). Cụ thể là, ở CT bằng khoảng 55 MPa, ví dụ so sánh 8A có năng lượng ứng suất kéo đã được dự trữ bằng khoảng 8 J/m<sup>2</sup>, trong khi đó ví dụ 8B có năng lượng ứng suất kéo đã được dự trữ bằng khoảng 3,5 J/m<sup>2</sup>. Ví dụ so sánh 8A và ví dụ 8B bị nứt vỡ và ví dụ 8B bị nứt vỡ thành ít mảnh hơn so với ví dụ so sánh 8A, vốn bị nứt vỡ thành số lượng mảnh lớn hơn đáng kể. Do đó, không bị ràng buộc bởi lý thuyết, có thể thấy rằng nhờ kiểm soát năng lượng ứng suất kéo đã được dự trữ có thể tạo ra cách điều khiển hoặc dự đoán các kiểu nứt vỡ hoặc số lượng mảnh vụn mà sinh ra từ sự nứt vỡ.

Các chất nền thủy tinh có hợp phần danh định như được thể hiện trong bảng 2 và có các chiều dày bằng khoảng 1 mm mỗi chất nền được thực hiện gia cường hóa học trong bể muối nóng chảy chứa NaNO<sub>3</sub> và nhiệt độ bằng 430°C trong 4 giờ (ví dụ so sánh 8C) và trong 61,5 giờ (ví dụ 8D). Ví dụ so sánh 8C có biên dạng ứng suất đã biết, trong khi đó, ví dụ 8D có biên dạng ứng suất theo một hoặc nhiều phương án thực hiện của sáng chế. Năng lượng ứng suất kéo đã được dự trữ theo các ví dụ 8C và 8D được tính toán bằng cùng phương pháp đã được sử dụng với các ví dụ 4B đến 4D và đồ thị được thể hiện là hàm số của CT đã được đo (MPa), như được thể hiện trên Fig.28.

Như được thể hiện trên Fig.28, ví dụ so sánh 8C có các trị số năng lượng ứng suất kéo đã được dự trữ lớn hơn nhiều cho CT định trước trị số so với ví dụ 8D (cho cùng trị số CT). Ví dụ so sánh 8C và ví dụ 8D bị nứt vỡ và ví dụ 8D bị nứt vỡ thành

ít mảnh hơn so với ví dụ so sánh 8C, vốn bị nứt vỡ thành số lượng mảnh lớn hơn đáng kể.

#### Ví dụ 9

Các chất nền thủy tinh có hợp phần danh định bằng 70,9 mol% SiO<sub>2</sub>, 12,8 mol% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 1,95 mol% B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 7,95 mol% Li<sub>2</sub>O, 2,43 mol% Na<sub>2</sub>O, 2,98 mol% MgO, 0,89 mol% ZnO, và 0,1 mol% SnO<sub>2</sub> và có các chiều dày bằng khoảng 0,8 mm được trải qua các điều kiện trao đổi ion của bảng 5. Các đặc tính khác nhau theo ví dụ 9 được so sánh với ví dụ 2 trong bảng 6.

Bảng 5: Các điều kiện trao đổi ion theo ví dụ 9.

| Điều kiện | Hợp phần bể muối                             | Nhiệt độ của bể (°C) | Thời gian nhúng |
|-----------|----------------------------------------------|----------------------|-----------------|
| 1         | 100% NaNO <sub>3</sub>                       | 430°C                | 16 giờ          |
| 2         | 20% NaNO <sub>3</sub> , 80% KNO <sub>3</sub> | 430°C                | 11 giờ          |
| 3         | 100% NaNO <sub>3</sub>                       | 430°C                | 24 giờ          |
| 4         | 20% NaNO <sub>3</sub> , 80% KNO <sub>3</sub> | 430°C                | 12,5 giờ        |

Bảng 6: Sự so sánh các đặc tính theo ví dụ 9 và ví dụ 2.

| Đặc tính                 | Đơn vị    | Ví dụ 9 | Ví dụ 2 |
|--------------------------|-----------|---------|---------|
| Điểm căng                | °C        | 592     | 615     |
| Điểm ủ                   | °C        | 642     | 663     |
| Suất đàn hồi             | GPa       | 81,4    | 83,8    |
| Môđun nứt vỡ             | GPa       | 33,8    | 34,3    |
| Hệ số Poisson            |           | 0,211   | 0,222   |
| CTE (RT-300°C)           | ppm/°C    | 4,58    | 3,84    |
| Độ dẫn nhiệt             | W/cm*K    |         |         |
| SOC                      | nm/cm/MPa | 30,94   | 32,65   |
| Hệ số khúc xạ (ở 550 nm) |           | 1,5087  | 1,532   |

Các biên dạng ứng suất của các vật phẩm gốc thủy tinh theo ví dụ 9 được đo và có các hình dạng đã được mô tả ở đây.

Các chất nền thủy tinh theo ví dụ 2, đối với các ví dụ so sánh 9A và 9B được đưa ra có cùng chiều dày với ví dụ 9. Các chất nền thủy tinh theo ví dụ 2 được trao đổi ion trong bể muối nóng chảy chứa 100%  $\text{NaNO}_3$ , có nhiệt độ bằng  $430^\circ\text{C}$  trong 33 giờ. Ví dụ so sánh 9A được trao đổi ion trong bể muối nóng chảy chứa 100%  $\text{NaNO}_3$ , có nhiệt độ bằng  $390^\circ\text{C}$  trong 16 giờ và cũng có biên dạng ứng suất đã biết hàm lỗi. Các chất nền thủy tinh theo ví dụ 9B chứa hợp phần danh định bằng 57,5 mol%  $\text{SiO}_2$ , 16,5 mol%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 16,7 mol%  $\text{Na}_2\text{O}$ , 2,5 mol%  $\text{MgO}$ , và 6,5 mol%  $\text{P}_2\text{O}_5$  và được trao đổi ion để có biên dạng ứng suất đã biết hàm lỗi. Như được sử dụng trong bản mô tả này, thuật ngữ "biên dạng ứng suất hàm lỗi" đề cập đến biên dạng ứng suất tương tự với Fig.1.

Sau đó các vật phẩm gốc thủy tinh từ ví dụ 2, ví dụ 9 và các ví dụ so sánh 9A và 9B được lắp lên các thiết bị điện thoại di động giống nhau. Các thiết bị điện thoại được thả rơi từ các chiều cao tăng dần bắt đầu ở 20 xentimet được thả rơi lên 30 tờ giấy ráp thô. Nếu vật phẩm gốc thủy tinh vượt qua được sự thả rơi từ một chiều cao (ví dụ 20 cm), điện thoại di động được thả rơi lại từ chiều cao lớn hơn (ví dụ 30 cm, 40 cm, 50 cm, v.v.). Chiều cao mà ở đó vật phẩm gốc thủy tinh bị phá vỡ được thể hiện trên Fig.29, mà cũng thể hiện chiều cao rơi vỡ trung bình cho các mẫu theo các ví dụ 2 và 9 và các ví dụ so sánh 9A và 9B. Như được thể hiện trên Fig.29, đối với các ví dụ 2 và 9 bị phá vỡ ở chiều cao thả rơi lớn hơn đáng kể so với các ví dụ so sánh 9A và 9B. Cụ thể là, đối với các ví dụ so sánh 9A và 9B bị phá vỡ ở các chiều cao thả rơi lần lượt bằng khoảng 38 cm và 55 cm, trong khi ví dụ 2 và 9 bị phá vỡ ở các chiều cao thả rơi bằng khoảng 147 cm và 132 cm, một cách tương ứng.

Thử nghiệm này được thực hiện lặp lại với các mẫu mới sử dụng cùng loại thiết bị điện thoại di động lên 180 tờ giấy ráp thô. Chiều cao rơi vỡ trung bình cho ví dụ so sánh 9A là 204 cm, chiều cao rơi vỡ trung bình cho ví dụ so sánh 9B là 190 cm, chiều cao rơi vỡ trung bình ví dụ 2 là 214 cm, và chiều cao rơi vỡ trung bình ví dụ 9 là 214 cm.

Các chất nền thủy tinh theo ví dụ so sánh 9C, có hợp phần danh định bằng 65 mol%  $\text{SiO}_2$ , 5 mol%  $\text{B}_2\text{O}_3$ , 14 mol%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 14 mol%  $\text{Na}_2\text{O}$ , 2 mol%  $\text{MgO}$ , và 0,1 mol%  $\text{SnO}_2$  và chiều dày bằng 0,8mm, được trao đổi ion để có biên dạng ứng suất

đã biết hàm lỗi các vật phẩm gốc mẫu thủy tinh theo ví dụ 2 và ví dụ so sánh 9B (có biên dạng ứng suất đã được mô tả bên trên trong ví dụ này), ví dụ so sánh 9C và các vật phẩm gốc thủy tinh theo ví dụ 9 ion được trao đổi theo điều kiện 4, như được thể hiện trong bảng 5, được thực hiện thử nghiệm AROR như đã được mô tả ở đây.

Các ví dụ 6 và 9 và ví dụ so sánh 9C được làm xước nhờ sử dụng áp lực hoặc áp lực bằng 25 psi (~172 kPa) và 45 psi (~310 kPa), và ví dụ 2 chỉ được làm xước nhờ sử dụng áp lực bằng 25 psi (~172 kPa). Dữ liệu AROR được thể hiện trên Fig.30. Như được thể hiện trên Fig.30, đối với các ví dụ 2 và 9 có tải phá vỡ cao hơn so với ví dụ so sánh 9B và ví dụ so sánh 9C ở áp lực hoặc áp lực mài mòn tương ứng.

Các vật phẩm gốc mẫu thủy tinh theo các ví dụ 2 (ion được trao đổi như được mô tả trên đây trong ví dụ này) và 9 (ion được trao đổi theo điều kiện 4) được thực hiện thử nghiệm uốn cong bốn điểm. Các kết quả được thể hiện trên đường phân bố Weibull trên Fig.31. Như được thể hiện trên Fig.31, ví dụ 9 có ứng suất hoặc tải phá vỡ cao hơn (ví dụ lớn hơn khoảng 400 MPa).

Như được thể hiện trên đây, các vật phẩm gốc thủy tinh được làm từ các hợp phần có điểm cứng lớn hơn 525°C cho phép nhiệt độ trao đổi ion (hoặc các nhiệt độ của bể trao đổi ion) nằm trong khoảng từ khoảng 350°C đến khoảng 480°C. Theo một số phương án thực hiện, các hợp phần thủy tinh có độ khuếch tán ion hóa trị một lớn hơn khoảng 800 micromét vuông/giờ cho phép các oxit kim loại khuếch tán vào trong vật phẩm gốc thủy tinh để xuyên qua toàn bộ chiều sâu hoặc chiều dày của vật phẩm một cách nhanh chóng sao cho sự hồi phục được giảm đến mức tối thiểu, Sự hồi phục quá mức có thể làm giảm ứng suất nén bề mặt của vật phẩm gốc thủy tinh.

Người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật sẽ hiểu rõ rằng các biến thể và thay đổi khác nhau có thể được thực hiện mà không nằm ngoài ý tưởng hoặc phạm vi của sáng chế.

#### Ví dụ 10

Các chất nền thủy tinh có hợp phần giống với ví dụ 9 và chiều dày bằng khoảng 0,8 mm, được thực hiện sự trao đổi ion bằng cách nhúng trong bể muối nóng chảy chứa 100% NaNO<sub>3</sub> có nhiệt độ bằng 430°C theo các điều kiện được đưa ra trong

bảng 7. Các vật phẩm gốc thủy tinh được tạo ra có các trị số CT tối đa, mà được thể hiện là hàm số của thời gian trao đổi ion trên Fig.32.

Bảng 7: các điều kiện trao đổi ion các ví dụ 10A đến 10E.

| <u>Ví dụ</u> | <u>Thời gian được nhúng trong bể (giờ)</u> | <u>CT tối đa (MPa)</u> |
|--------------|--------------------------------------------|------------------------|
| 10A          | 2 giờ                                      | 105                    |
| 10B          | 4 giờ                                      | 145                    |
| 10C          | 8 giờ                                      | 144                    |
| 10D          | 16,5 giờ                                   | 115                    |
| 10E          | 24 giờ                                     | 79                     |

Biên dạng ứng suất ví dụ 10D được đo nhờ sử dụng phép đo trường gần được khúc xạ (RNF: refracted near-field), như đã được mô tả trong patent Mỹ số 8854623, có tiêu đề "các hệ thống và các phương pháp để đo đặc trưng biên dạng của mẫu thủy tinh", mà được kết hợp vào bản mô tả này bằng cách viện dẫn toàn bộ nội dung. Fig.33 thể hiện ứng suất đã được đo là hàm số của độ sâu nhô từ bề mặt của vật phẩm gốc thủy tinh theo ví dụ 10D vào trong vật phẩm gốc thủy tinh. ứng suất ở các chiều sâu cụ thể được thể hiện trong bảng 8, có ở "phần uốn" là chiều sâu mà ở đó độ dốc của ứng suất thay đổi một cách đột ngột.

Bảng 8: ứng suất ở các chiều sâu cụ thể theo ví dụ 10D.

| <u>Chiều sâu (<math>\mu\text{m}</math>)</u> | <u>Ứng suất (MPa)</u> |
|---------------------------------------------|-----------------------|
| 12 ("phần uốn")                             | 151                   |
| 50                                          | 105                   |
| 100                                         | 66                    |
| 150                                         | 20                    |

#### Ví dụ 11

Ví dụ 11A là chất nền thủy tinh có hợp phần giống với ví dụ 1 và chiều dày bằng 0,8 mm. Chất nền thủy tinh được trao đổi ion trong một bể muối nóng chảy

chứa 80%  $\text{KNO}_3$  và 20%  $\text{NaNO}_3$ , và có nhiệt độ bằng khoảng  $430^\circ \text{C}$ , trong 16 giờ. Vật phẩm gốc thủy tinh được tạo ra có biên dạng ứng suất như đã được mô tả trong bảng 9.

Bảng 9: Biên dạng ứng suất theo ví dụ 11A.

|                                           |              |
|-------------------------------------------|--------------|
| Ứng suất nén bề mặt                       | 500 MPa      |
| Chiều dày lớp cho kali (được đo bằng FSM) | 12 micromét  |
| Ứng suất ở DOL của kali                   | 151 MPa      |
| CT tối đa                                 | 90 MPa       |
| DOC                                       | 160 micromét |

Các vật phẩm gốc thủy tinh theo ví dụ 11A được thực hiện thử nghiệm AROR như đã được mô tả ở đây. Một nhóm trong số các vật phẩm gốc thủy tinh được làm xước nhờ sử dụng áp lực hoặc áp lực bằng 5 psi, nhóm các vật phẩm gốc thủy tinh thứ hai được làm xước nhờ sử dụng áp lực hoặc áp lực bằng 25 psi ( $\sim 172 \text{ kPa}$ ), và nhóm thứ ba của các vật phẩm gốc thủy tinh được làm xước nhờ sử dụng áp lực hoặc áp lực bằng 45 psi ( $\sim 310 \text{ kPa}$ ). Dữ liệu AROR được thể hiện trên Fig.34. Như được thể hiện trên Fig.34, tất cả các vật phẩm gốc thủy tinh theo ví dụ 11A có áp lực phá vỡ trung bình lớn hơn khoảng 25 kgf ( $\sim 245 \text{ N}$ ).

Các vật phẩm gốc thủy tinh theo ví dụ 11A được lắp lên các thiết bị điện thoại di động giống nhau. Các thiết bị điện thoại được thả rơi từ các chiều cao tăng dần bắt đầu ở 20 cm lên 180 tờ giấy ráp thô. Nếu vật phẩm gốc thủy tinh vượt qua được sự thả rơi từ một chiều cao (ví dụ 20 cm), điện thoại di động được thả rơi lại từ chiều cao lớn hơn (ví dụ 30 cm, 40 cm, 50 cm, v.v.) lên tới chiều cao bằng 225 cm. Sau đó các vật phẩm gốc thủy tinh vượt qua thử nghiệm được thả rơi lên 30 tờ giấy ráp thô (trên các thiết bị điện thoại cùng loại). Chiều cao mà ở đó vật phẩm gốc thủy tinh bị phá vỡ ở cả 180 tờ giấy ráp thô và 30 tờ giấy ráp thô được thể hiện trên Fig.35. Như được thể hiện trên Fig.35, tất cả trừ ba vật phẩm gốc thủy tinh theo ví dụ 11A đã vượt qua thử nghiệm được thả rơi lên 180 tờ giấy ráp thô lên tới các chiều cao bằng khoảng

225 cm (tạo ra chiều cao thả rơi vượt qua trung bình bằng khoảng 215 cm). Chiều cao thả rơi vượt qua trung bình được thả rơi lên 30 tờ giấy ráp thô bằng 132 cm.

Các vật phẩm gốc thủy tinh theo ví dụ 11A có hệ số lưỡng điện bằng khoảng 5,8 đến khoảng 6 trên tần số nằm trong khoảng từ khoảng 480 mHz đến khoảng 3000 mHz. Các vật phẩm gốc thủy tinh theo ví dụ 11A có đường tiếp tuyến thất thoát lưỡng điện nằm trong khoảng từ khoảng 0,010 đến khoảng 0,013 trên tần số nằm trong khoảng từ khoảng 480 mHz đến khoảng 3000 mHz.

Hệ số khúc xạ của các vật phẩm gốc thủy tinh theo ví dụ 11A nằm trong khoảng từ khoảng 1,496 đến khoảng 1,523 so với chiều dài sóng nằm trong khoảng từ khoảng 380 nm đến khoảng 1550 nm, và từ khoảng 1,496 đến khoảng 1,503 so với chiều dài sóng nằm trong khoảng từ khoảng 380 nm đến khoảng 800 nm.

Các vật phẩm gốc thủy tinh theo ví dụ 11A được thực hiện các phương pháp xử lý hóa học khác nhau như được thể hiện trong bảng 10. Độ bền hóa học của các vật phẩm gốc thủy tinh wso với các ví dụ so sánh 11B, 11C và 11D. Ví dụ so sánh 11B là chất nền thủy tinh có hợp phần danh định bằng 64,3 mol% SiO<sub>2</sub>, 7,02 mol% B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 14 mol% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 14 mol% Na<sub>2</sub>O, 0,5 mol% K<sub>2</sub>O, 0,03 mol% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, và 0.1 mol% SnO<sub>2</sub>. Ví dụ so sánh 11C là chất nền thủy tinh có hợp phần danh định bằng 64,75 mol% SiO<sub>2</sub>, 5 mol% B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 14 mol% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 13,75 mol% Na<sub>2</sub>O, 2,4 mol% MgO, và 0,08 mol% SnO<sub>2</sub>. Ví dụ so sánh 11D là chất nền thủy tinh có hợp phần danh định bằng 57,5 mol% SiO<sub>2</sub>, 16,5 mol% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 16,71 mol% Na<sub>2</sub>O, 2,8 mol% MgO, 0,05 mol% SnO<sub>2</sub> và 6,5 mol% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Bảng 10: Độ bền hóa học theo ví dụ 11A và các ví dụ so sánh 11B, 11C và 11D.

| <u>Xử lý hóa học</u>           | <u>Khối lượng thất thoát (mg/cm<sup>2</sup>)</u> |                          |                          |                  |
|--------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------|
|                                | <u>Ví dụ so sánh 11B</u>                         | <u>Ví dụ so sánh 11C</u> | <u>Ví dụ so sánh 11D</u> | <u>Ví dụ 11A</u> |
| 5% w/w<br>HCl, 95°C,<br>24 giờ | 29,3                                             | 6,7                      | 50                       | 5,77             |

|                                                               |      |      |      |       |
|---------------------------------------------------------------|------|------|------|-------|
| 5% w/w<br>NaOH,<br>95°C, 6 giờ                                | 2,8  | 2,4  | 5,8  | 2,68  |
| 10% HF,<br>nhiệt độ<br>phòng, 20<br>phút                      | 20,8 | 18,1 | 37,4 | 24,03 |
| 10% amoni<br>biflorua<br>(ABF), nhiệt<br>độ phòng,<br>20 phút | 2    | 2,7  | 3,2  | 0,98  |

### Ví dụ 12

Ví dụ 12A là các chất nền thủy tinh có hợp phần giống với ví dụ 1 và chiều dày bằng 0,8mm. Ví dụ so sánh 12B là các chất nền thủy tinh có hợp phần giống với ví dụ so sánh 11D và chiều dày bằng 0,8 mm. Các chất nền thủy tinh theo ví dụ 12A được gia cường hóa học trong một bước nhờ sử dụng một bể, như đã được mô tả trong bảng 11. Các chất nền thủy tinh theo ví dụ so sánh 12B được trao đổi ion trong quá trình hai bước, như đã được mô tả trong bảng 11.

Bảng 11: các điều kiện trao đổi ion ví dụ 12A và ví dụ so sánh 12B.

|                  |                               | <u>Ví dụ 12A</u>                               | <u>Ví dụ so<br/>sánh 12B</u>                   |
|------------------|-------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| bước thứ<br>nhất | Hợp phần bể<br>muối nóng chảy | 20%<br>NaNO <sub>3</sub> /80% KNO <sub>3</sub> | 49%<br>NaNO <sub>3</sub> /51% KNO <sub>3</sub> |
|                  | Nhiệt độ của<br>bể            | 430°C                                          | 460°C                                          |

|                                                              |                               |                 |                                                   |
|--------------------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------|---------------------------------------------------|
|                                                              | Thời gian<br>nhúng            | 16 giờ          | 14 giờ                                            |
| bước thứ<br>hai                                              | Hợp phần bề<br>muối nóng chảy | -               | 99,5%<br>KNO <sub>3</sub> /0,5% NaNO <sub>3</sub> |
|                                                              | Nhiệt độ của<br>bể            | -               | 390°C                                             |
|                                                              | Thời gian<br>nhúng            | -               | 0,25 giờ                                          |
| các đặc<br>tính của vật<br>phẩm gốc thủy<br>tinh được tạo ra | CS bề mặt                     | 500 MPa         | 825 MPa                                           |
|                                                              | DOL của<br>kali               | 12 micromét     | 10 micromét                                       |
|                                                              | Ứng suất ở<br>DOL của kali    | 150 MPa         | 220 MPa                                           |
|                                                              | DOC                           | 160<br>micromét | 100<br>micromét                                   |

Các vật phẩm gốc thủy tinh theo ví dụ 12A và ví dụ so sánh 12B được lắp lên các thiết bị điện thoại di động giống nhau. Các thiết bị điện thoại được thả rơi từ các chiều cao tăng dần bắt đầu ở 20 xentimét được thả rơi lên 30 tờ giấy ráp thô. Chiều cao mà ở đó vật phẩm gốc thủy tinh bị phá vỡ trên 30 tờ giấy ráp thô được thể hiện trên Fig.36. Như được thể hiện trên Fig.36, các vật phẩm gốc thủy tinh theo ví dụ 12A có chiều cao thả rơi vượt qua trung bình tức là lớn hơn ba lần (tức là, 127 cm) chiều cao thả rơi vượt qua trung bình theo ví dụ so sánh 12B (tức là, 38 cm).

Các vật phẩm gốc thủy tinh theo ví dụ 12A và ví dụ so sánh 12B được thực hiện thử nghiệm AROR, như đã được mô tả ở đây, sử dụng áp lực hoặc áp lực bằng 25 psi (~172 kPa). Các chất nền gốc thủy tinh theo ví dụ 12A có áp lực phá vỡ trung

bình bằng khoảng 31,3 kgf (306,9 N), trong khi các chất nền gốc thủy tinh theo ví dụ so sánh 12B có áp lực phá vỡ trung bình bằng khoảng 27,4 kgf (268,7 N), như được thể hiện trên Fig.37. Khi áp lực hoặc áp lực mài được tăng đến 45 psi ( $\sim 310$  kPa), sự chênh lệch về áp lực phá vỡ trung bình ví dụ 12A và ví dụ so sánh 12B tăng lên. Cụ thể là, dưới áp lực hoặc áp lực 45 psi ( $\sim 310$  kPa), ví dụ 12A có áp lực phá vỡ trung bình bằng khoảng 28,9 kgf (283,4 N), trong khi ví dụ so sánh 12B có áp lực phá vỡ trung bình bằng khoảng 19,6 kgf (192,2 N), như được thể hiện trên Fig.38.

### Ví dụ 13

Các ví dụ 13A đến 13E là ví dụ về các chất nền thủy tinh có chiều dày bằng 0,8 mm và độ khuếch tán Na/Li chung xấp xỉ  $900\text{um}^2/\text{giờ}$  và  $\text{Li}_2\text{O}/\text{R}_2\text{O}$  bằng 0,77. Hợp phần hóa học được thể hiện trong bảng 12 dưới đây:

Bảng 12: Hợp phần hóa học của các chất nền thủy tinh sử dụng trong các ví dụ 13A đến 13E trước khi trao đổi ion.

| Oxit                    | Mol%  |
|-------------------------|-------|
| $\text{SiO}_2$          | 70,60 |
| $\text{Al}_2\text{O}_3$ | 12,70 |
| $\text{B}_2\text{O}_3$  | 1,98  |
| $\text{Li}_2\text{O}$   | 8,24  |
| $\text{Na}_2\text{O}$   | 2,40  |
| $\text{MgO}$            | 2,90  |
| $\text{ZnO}$            | 0,86  |
| $\text{P}_2\text{O}_5$  | 0     |
| $\text{SnO}_2$          | 0,12  |

Các chất nền thủy tinh trong các ví dụ 13A, 13B, 13C, 13D và 13E sau đó được trao đổi ion ở  $430^\circ\text{C}$  vào bể muối nóng chảy bao gồm  $\text{NaNO}_3$  trong 2 giờ, 4 giờ, 8 giờ, 16 giờ, và 24 giờ, một cách tương ứng. Các biên dạng hợp phần  $\text{Na}_2\text{O}$  các ví dụ 13A đến 13E được thể hiện trên Fig.40. Như có thể thấy từ hình vẽ, các biên dạng hợp phần mở rộng với thời gian trao đổi ion tăng. CT, DOC và CS trong các

điều kiện trao đổi ion theo các ví dụ 13A đến 13E được thể hiện trên Fig.41. Các trị số âm là ứng suất nén; các trị số dương là CT và DOC.

Fig.41 thể hiện đồ thị của CT và DOC đối với thủy tinh được thể hiện trên Fig.40 là hàm số của thời gian trao đổi ion. Dữ liệu tương tự thu được trên các mẫu được trao đổi ion trong các bể hỗn hợp (ví dụ 95%KNO<sub>3</sub>/5%NaNO<sub>3</sub> hoặc 80%KNO<sub>3</sub>/20%NaNO<sub>3</sub>). Đối với các biên dạng ứng suất, ứng suất kéo trung tâm (CT) được thấy là đi qua mức cực đại là hàm số của thời gian trao đổi ion, và chiều sâu của ứng suất nén (DOC) ổn định ở các chiều sâu vượt quá khoảng 15% chiều dày khi CT đỉnh đạt được và vượt qua như được thể hiện trên Fig.41. Nhờ sử dụng bể chỉ chứa Na để trao đổi ion của thủy tinh chứa Li, ứng suất bề mặt (CS) giảm theo thời gian trao đổi ion tăng.

#### Ví dụ 14

Các ví dụ 14A1 đến 14A5 và 14B1 đến 14B4 là ví dụ về các chất nền thủy tinh có chiều dày bằng 0,8 mm và cùng hợp phần được thể hiện trong bảng 12 bên trên. Các chất nền thủy tinh trong các ví dụ 14A1, 14A2, 14A3, 14A4, và 14A5 sau đó được trao đổi ion ở 430°C vào bể muối nóng chảy bao gồm 80%KNO<sub>3</sub>/20%NaNO<sub>3</sub> trong 2 giờ, 4 giờ, 8 giờ, 16 giờ, và 24 giờ, một cách tương ứng. Các chất nền thủy tinh trong các ví dụ 14B1, 14B2, 14B3, và 14B4 được trao đổi ion ở 430°C vào bể muối nóng chảy bao gồm 95%KNO<sub>3</sub>/5%NaNO<sub>3</sub> trong 5 giờ, 6 giờ, 7 giờ, và 8 giờ, một cách tương ứng.

Fig.42 thể hiện CT so với thời gian trao đổi ion theo đơn vị giờ đối với các ví dụ 14A1 đến 14A5 và 14B1 đến 14B4. Các ví dụ 14A1 đến 14A5, mà được trao đổi trong bể chứa 80% KNO<sub>3</sub>/20% NaNO<sub>3</sub> có CT xấp xỉ 100 MPa sau 16 giờ trao đổi ion. Các ví dụ 14B1 đến 14B4 mà được trao đổi trong bể chứa 95% KNO<sub>3</sub>/5% NaNO<sub>3</sub>, thể hiện CT ở ví dụ so sánh chỉ trong 7 giờ. Thời gian dự tính trong bể chứa 95% KNO<sub>3</sub>/5% NaNO<sub>3</sub> có thể là tối ưu theo một số phương án thực hiện do thời gian trong bể trao đổi ion giảm và độ tăng khối lượng giảm.

Fig.43 thể hiện dữ liệu SCALP đối với các ví dụ 14B1 đến 14B4. Các trị số âm biểu diễn ứng suất nén; các trị số dương biểu diễn ứng suất kéo. Các chiều sâu của ứng suất nén lớn hơn 18% một phần chiều dày. Hình vẽ này thể hiện độ linh động

của phương pháp trong đó dải thu hẹp được kiểm soát của các trị số CT có thể đạt được so với dải tương đối rộng của thời gian trao đổi các ion. Ngoài ra, chiều sâu của ứng suất nén đối với thời gian trao đổi các ion cũng lớn hơn 15% chiều dày đối với tất cả các thời gian dự tính và hoàn toàn ổn định theo hàm số của thời gian trao đổi ion trong phạm vi thích hợp. Nhờ phạm vi xử lý rộng này với CT và DOC ổn định, phương pháp trao đổi ion có thể có thể thích ứng với sự thay đổi về các điều kiện sản xuất và thu được độ cứng cao đối với quá trình trao đổi ion.

Fig.44 thể hiện dải ứng suất bề mặt và phần uốn các trị số ứng suất thu được bằng FSM các ví dụ 14B1 đến 14B4. Phần uốn các trị số ứng suất thấp hơn 100 Mpa không còn đạt được hiệu suất thả rơi cao mà thu được với các trị số ứng suất phần uốn hầu như cao hơn như >130 MPa kết hợp với DOC lớn hơn 15% chiều dày. Các ví dụ 14B1 đến 14B4 thu được ít nhất 140 MPa trong ứng suất phần uốn.

Fig.45 thể hiện dữ liệu SCALP các ví dụ 14A4 và 14B3. Như được thể hiện trên Fig.45, ví dụ 14B3 (95% KNO<sub>3</sub>/5% NaNO<sub>3</sub> bể trong 7 giờ) có thể duy trì CT mong muốn mà đã được tìm ra trong ví dụ 14A4 (80% KNO<sub>3</sub>/20% NaNO<sub>3</sub> bể trong 16 giờ).

Bảng 13 dưới đây thể hiện tỷ lệ phần trăm tăng khối lượng, tỷ lệ phần trăm thay đổi kích thước và sự cong vênh đo được theo đơn vị micron đối với phần xấp xỉ 60 mm x 130 mm x 0,8 mm có mép vát, đối với các ví dụ 14A4 và 14B3. Sự gia tăng khối lượng, và sự cong vênh tất cả hầu như được giảm trong ví dụ 14B3, đồng thời duy trì được CT, như được thể hiện trên Fig.42. Sự cong vênh được đo nhờ sử dụng dụng cụ đo giao thoa Tropel Flatmaster FM200, chiếm diện tích ôm khít ít nhất từ tám phẳng.

Bảng 13: Khối lượng tăng, sự thay đổi (%) về chiều dài và chiều rộng và độ cong vênh tạo ra theo đơn vị micron đối với mẫu thủy tinh có các mép vát, theo các ví dụ 14A4 và 14B3.

| <u>Ví dụ</u> | <u>Nồng độ</u> | <u>Thời gian/Nhiệt độ</u> | <u>Khối lượng tăng (%)</u> | <u>Sự thay đổi</u> | <u>Sự thay đổi chiều</u> | <u>Độ cong vênh (μm)</u> |
|--------------|----------------|---------------------------|----------------------------|--------------------|--------------------------|--------------------------|
|              |                |                           |                            |                    |                          |                          |

|      |              |                 |      | <u>chiều</u><br><u>dài (%)</u> | <u>rộng</u><br><u>(%)</u> |        |
|------|--------------|-----------------|------|--------------------------------|---------------------------|--------|
| 14A4 | 80% K/20% Na | 16<br>giờ/430°C | 2,00 | 0,299                          | 0,299                     | 231,98 |
| 14B3 | 95% K/5% Na  | 7<br>giờ/430°C  | 1,06 | 0,154                          | 0,143                     | 147,97 |

Bảng 14 là bảng so sánh của CS bề mặt cho các ví dụ 14A4 so sánh và ví dụ 14B3 theo sáng chế. Ví dụ 14B3 có ứng suất bề mặt cao hơn khoảng 200 MPa, mà có thể là ưu điểm đối với hiệu suất thử nghiệm uốn cong bốn điểm và độ chịu nứt vỡ tăng đối với một số kiểu nứt vỡ.

Bảng 14: Sự so sánh bề mặt đỉnh ứng suất nén (CS, MPa) và chiều dày lớp (DOL,  $\mu\text{m}$ ) theo các ví dụ 14A4 và 14B3.

| <u>Ví dụ</u> | <u>Nồng độ</u> | <u>Thời gian/Nhiệt độ</u> | <u>CS (MPa)</u> | <u>DOL (<math>\mu\text{m}</math>)</u> |
|--------------|----------------|---------------------------|-----------------|---------------------------------------|
| 14A4         | 80% K/20% Na   | 16 giờ/430°C              | 501,8           | 12,3                                  |
| 14B3         | 95% K/5% Na    | 7 giờ/430°C               | 695,0           | 8,9                                   |

Fig.46 thể hiện các kết quả thử nghiệm thả rơi cho các ví dụ 14A4 và 14B3. Ví dụ 14B3 với khối lượng tăng thấp hơn và ít cong vênh hơn được nhận thấy là có hiệu suất thả rơi có thể so sánh được lên giấy ráp thô 180 hạt mài và 30 tờ so với ví dụ 14A4.

Fig.47 là hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện mép vát của của phần thủy tinh vốn có thể cong vênh do sự trao đổi ion. Các đường nét đứt biểu thị các vùng chung mà ở đó thu được các biên dạng hợp phần theo phương thẳng đứng và phương ngang mà được thể hiện trên Fig.48 và Fig.49, như được mô tả dưới đây.

Fig.48 thể hiện các biên dạng hợp phần  $\text{Na}_2\text{O}$  và  $\text{K}_2\text{O}$  theo các ví dụ 14A4 và 14B3 thu được bằng đầu dò micro qua vùng dày 0,8 mm của phần có hình dạng 2,5D, thể hiện các biên dạng hợp phần giống nhau với nồng độ  $\text{Na}_2\text{O}$  thấp hơn trong ví dụ 14B3. Điều này phù hợp với khối lượng tăng dữ liệu được bộc lộ trong Bảng 13.

Fig.49 thể hiện biên dạng  $\text{Na}_2\text{O}$  trong các thời gian dự tính đã được thể hiện trong bảng 14 theo phương ngang được thể hiện trên Fig.47.

Ví dụ 14B3 duy trì 'mức bề mặt' của CS thấp xung quanh mép của phần thủy mà là ưu điểm đối với các chế độ nứt vỡ. Ngoài ra, không có điểm nào ở các mép theo ví dụ 14B3 mà ở đó tìm thấy ứng suất kéo.

## YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp chế tạo các vật phẩm gốc thủy tinh được gia cường hóa học, phương pháp bao gồm các bước:

trao đổi ion các ion kiềm vào chất nền gốc thủy tinh để tạo ra các vật phẩm gốc thủy tinh có nồng độ oxit kim loại kiềm khác không mà thay đổi dọc theo ít nhất phần chiều dày đáng kể (t) của chất nền gốc thủy tinh.

trong đó bước trao đổi ion bao gồm nhúng chất nền gốc thủy tinh trong bể muối nóng chảy ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 380°C đến 450°C trong thời gian nằm trong khoảng từ 50% đến 130% của thời gian trao đổi ion mà tạo ra giá trị đỉnh ứng suất kéo trung tâm (CT) với cùng hợp phần bể muối nóng chảy và nhiệt độ, trong đó bể muối nóng chảy bao gồm:

ít nhất 90% theo khối lượng muối kali và nhỏ hơn hoặc bằng 10% theo khối lượng muối natri, và

trong đó chất nền gốc thủy tinh bao gồm:

thủy tinh aluminosilicat liti, trong đó tỷ lệ phân tử gam  $\text{Li}_2\text{O}/\text{R}_2\text{O}$  lớn hơn 0,65, với  $\text{R}_2\text{O}$  là tổng lượng của các oxit kim loại kiềm trong thủy tinh,

bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai đối diện bề mặt thứ nhất xác định chiều dày (t),

kích thước chiều dài,

chiều rộng, và

khối lượng.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó:

bể muối nóng chảy còn bao gồm muối liti theo lượng nhỏ hơn khoảng 2% theo khối lượng, và/hoặc

phương pháp này còn bao gồm bước trao đổi ion thứ hai trong bể muối nóng chảy thứ hai chứa muối kali.

3. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó:

chiều dày nhỏ hơn khoảng 2 mm, và/hoặc

chất nền thủy tinh có hình dạng 2.5D hoặc 3D.

4. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó:

muối kali là  $\text{KNO}_3$ , muối natri là  $\text{NaNO}_3$ , và muối liti là  $\text{LiNO}_3$ , và có ít hơn 1,6% độ lợi trong khối lượng sau khi trao đổi ion so với trước khi trao đổi ion, và/hoặc có ít hơn 0,24% sự thay đổi về kích thước chiều dài sau khi trao đổi ion so với trước khi trao đổi ion, và/hoặc

có ít hơn 0,24% sự thay đổi về chiều rộng sau khi trao đổi ion so với trước khi trao đổi ion, và/hoặc

có sự thay đổi về kích thước chiều dài sau khi trao đổi ion so với trước khi trao đổi ion nằm trong khoảng từ khoảng 0,1% đến khoảng 0,2%

5. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó vật phẩm gốc thủy tinh cong vênh nhỏ hơn 200  $\mu\text{m}$  sau khi trao đổi ion so với nền thủy tinh trước khi trao đổi ion.

6. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó:

vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion trong ít hơn khoảng 12 giờ.

7. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó:

bước trao đổi ion tạo ra độ tăng về nồng độ  $\text{Na}_2\text{O}$  ở điểm tâm của chất nền thủy tinh nhỏ hơn 1,3 mol%, và/hoặc

vật phẩm gốc thủy tinh bao gồm đỉnh ứng suất nén, và chiều sâu đỉnh của lớp (đỉnh DOL), trong đó đỉnh DOL nằm trong khoảng từ khoảng 0,006 đến khoảng 0,014, và/hoặc

nồng độ phân tử gam  $\text{Na}_2\text{O}$  ở điểm tâm của vật phẩm gốc thủy tinh nhỏ hơn 45% của tổng nồng độ phân tử gam oxit kim loại kiềm của vật phẩm gốc thủy tinh ở điểm tâm, và/hoặc

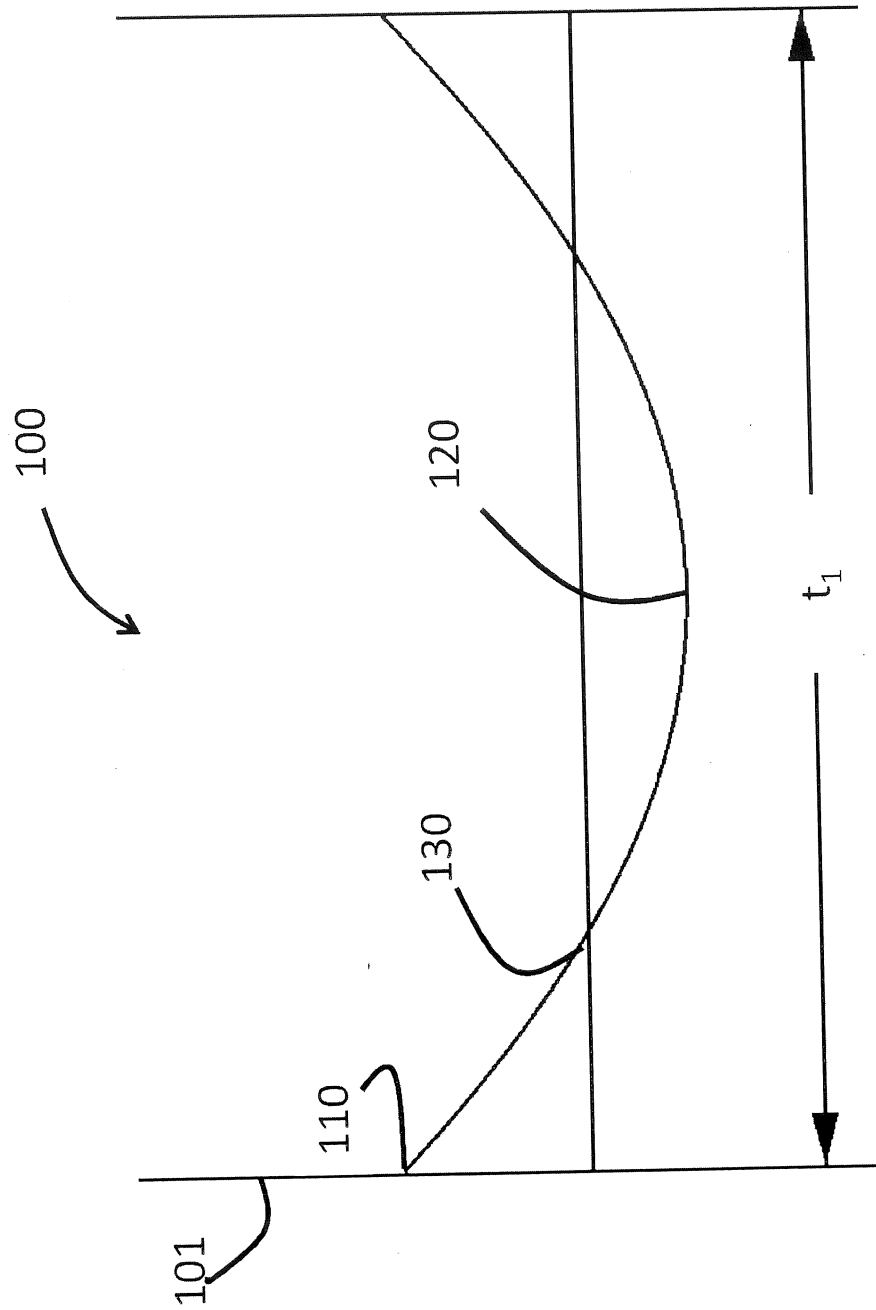
nồng độ  $\text{Na}_2\text{O}$  ở điểm tâm của vật phẩm gốc thủy tinh nhỏ hơn 4,5 mol%.

8. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó:

vật phẩm gốc thủy tinh có ứng suất kéo trung tâm tối đa lớn hơn hoặc bằng  $71,5/\sqrt{t}$ , trong đó chiều dày  $t$  được tính theo mm.

9. Vật phẩm gốc thủy tinh được gia cường hóa học có thể thu được bởi phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 8.

FIG. 1 (Giải pháp đã biết)



1/50

2/50

FIG. 2 (Giải pháp đã biết)

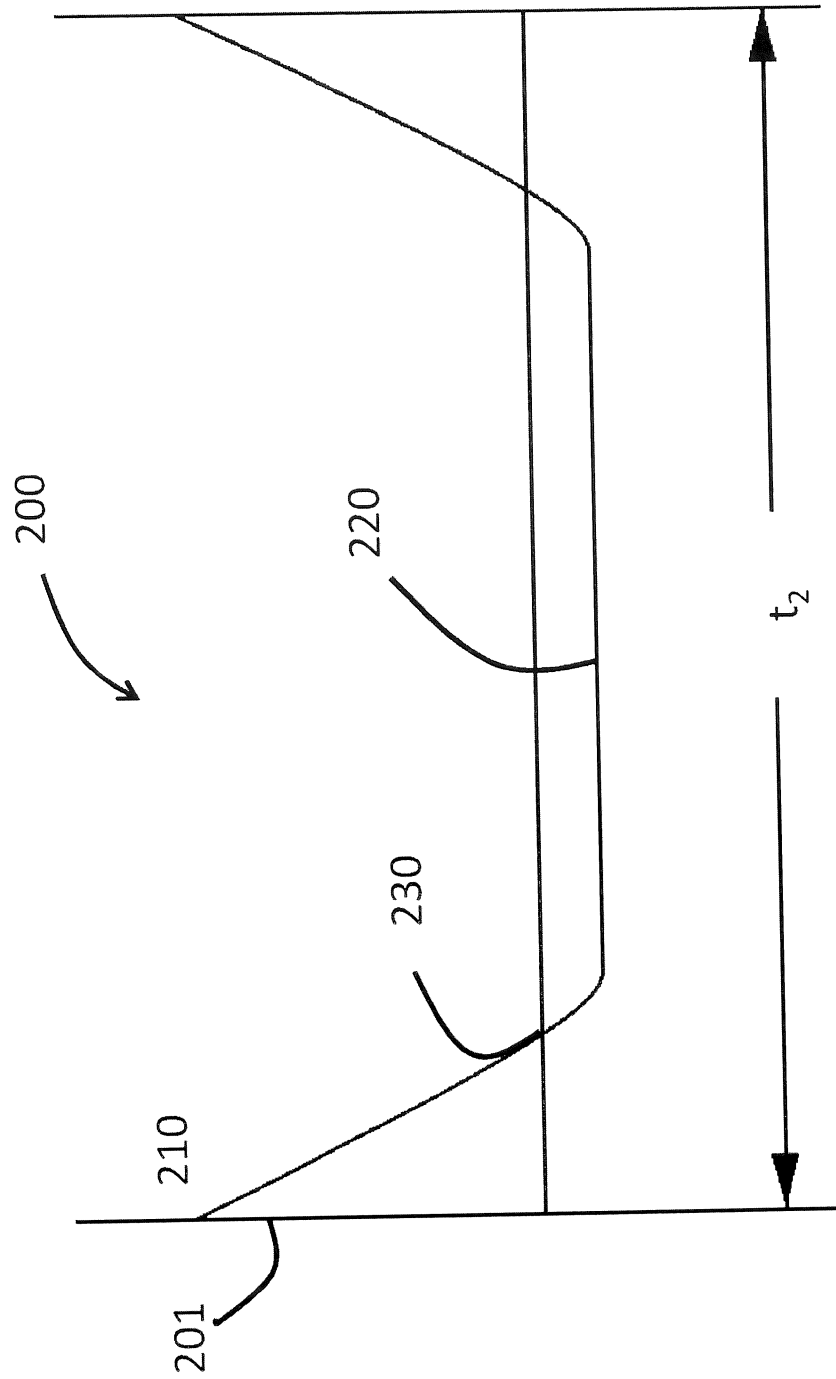


FIG. 3

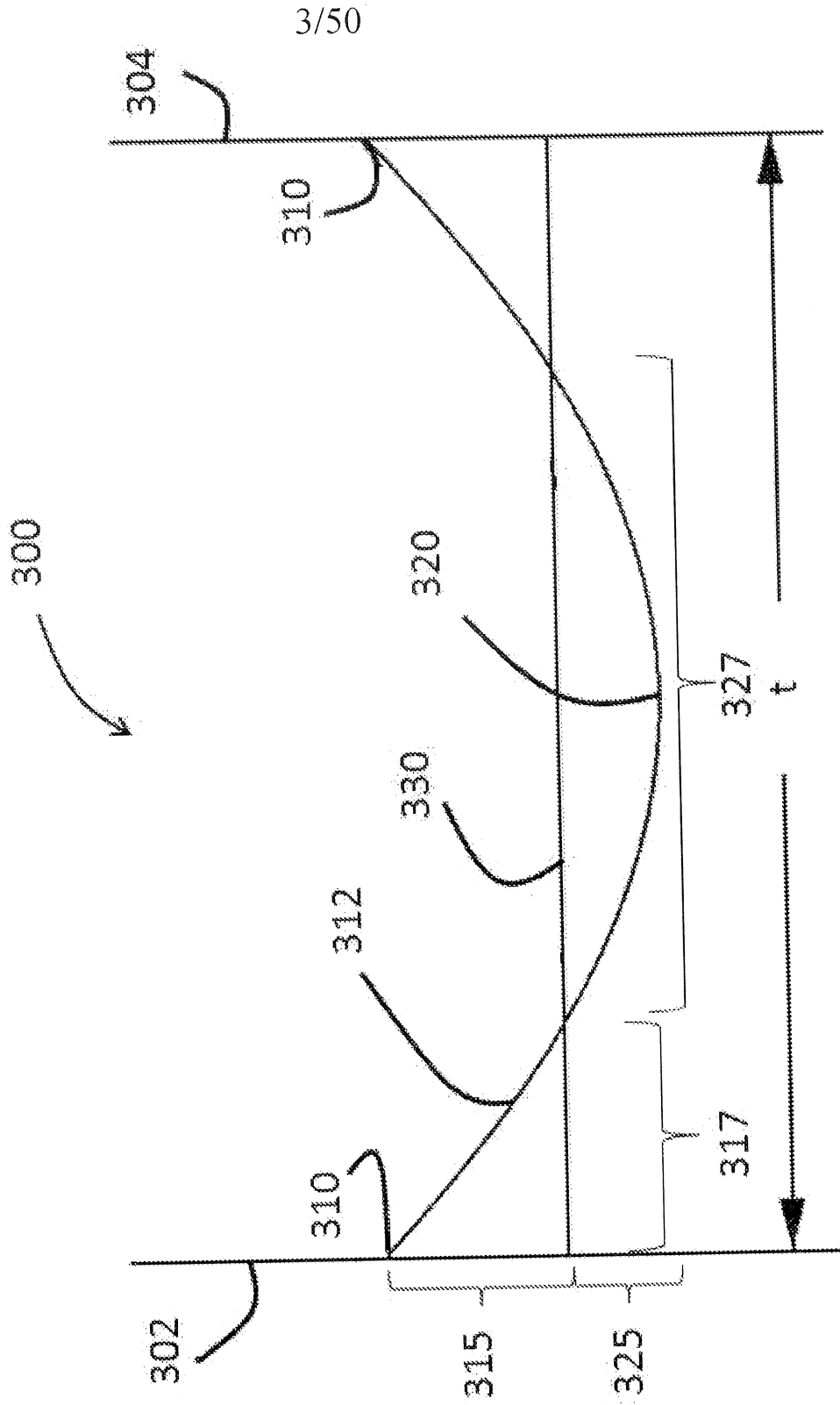
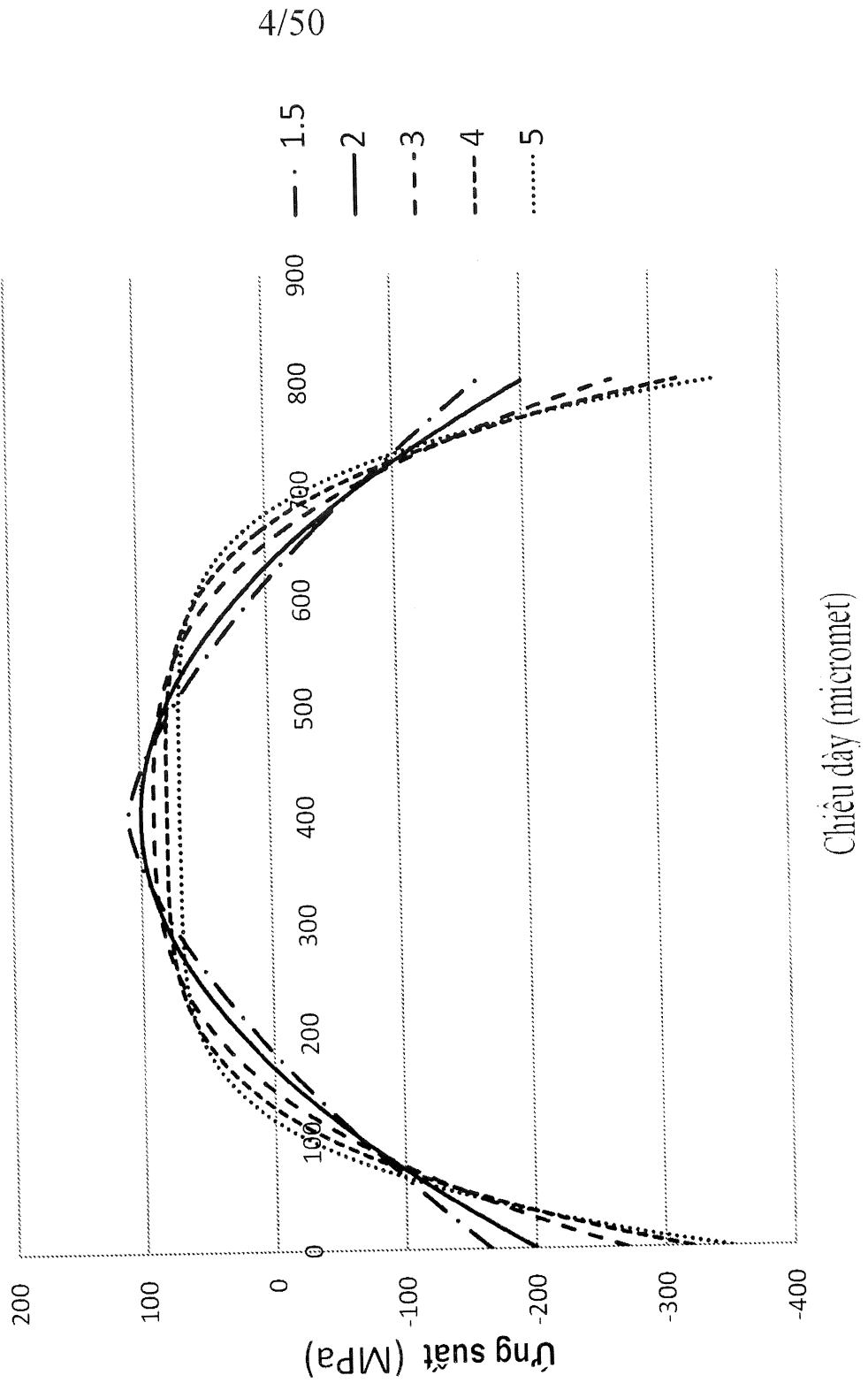
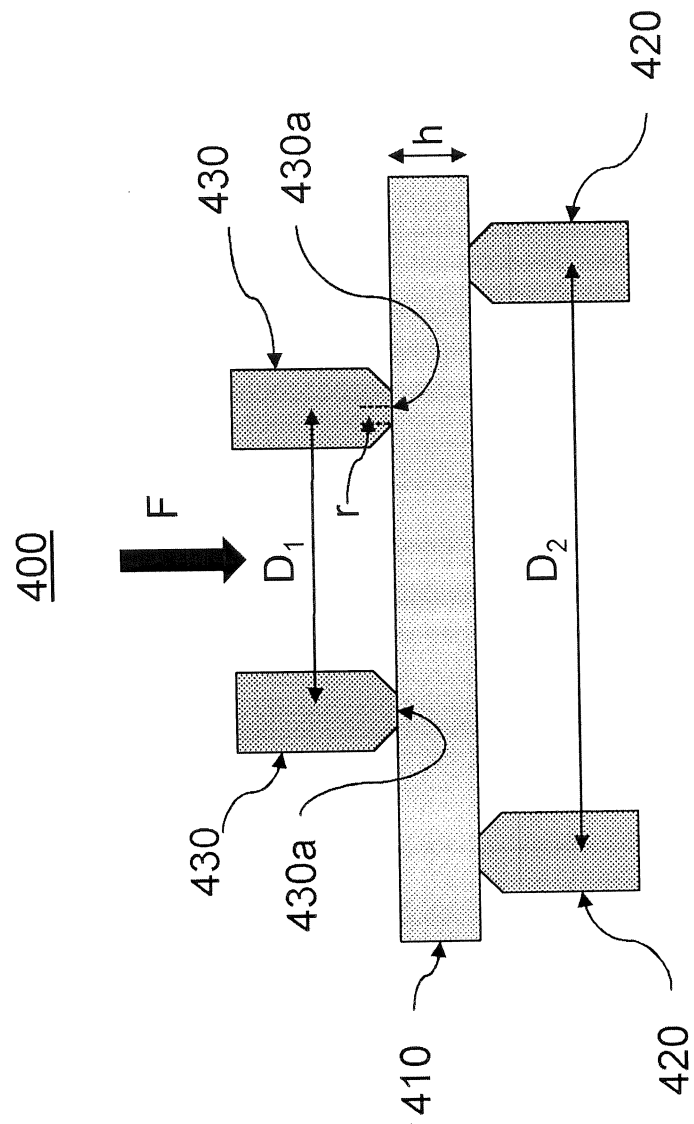


FIG. 4



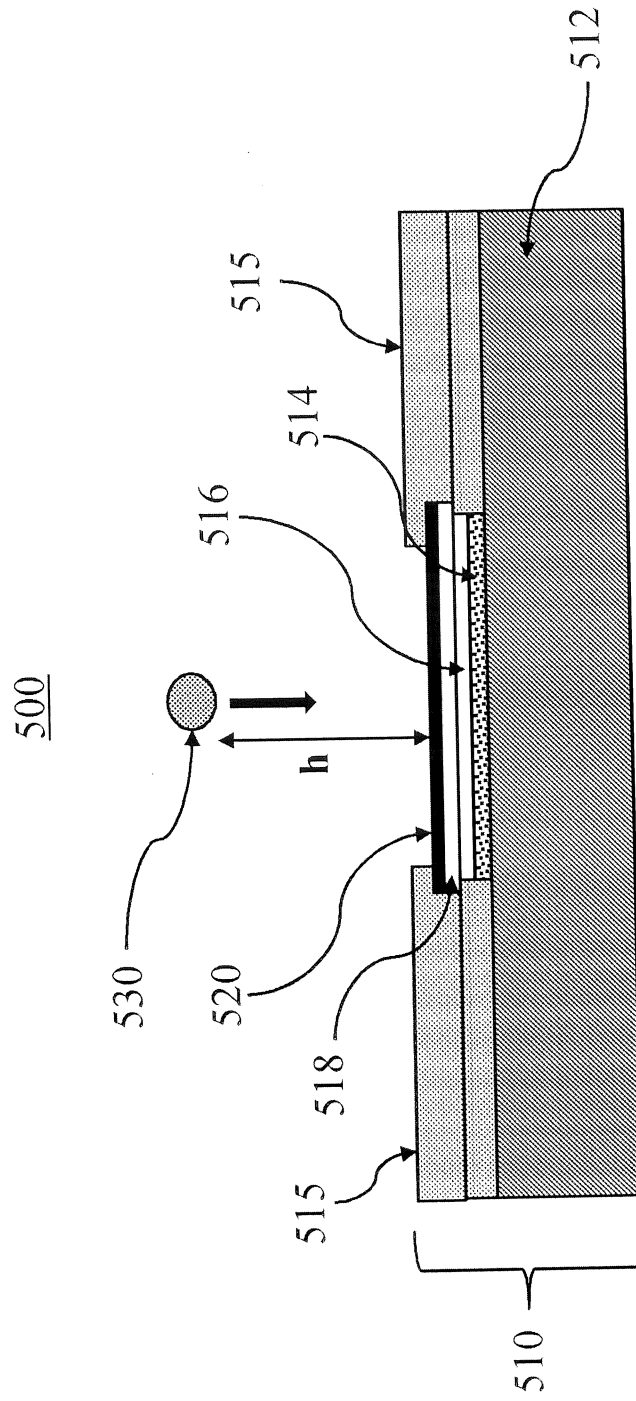
5/50

FIG. 5



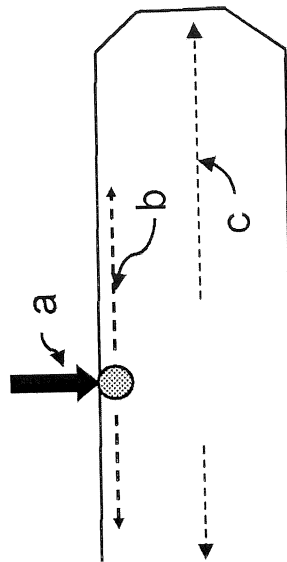
6/50

FIG. 6



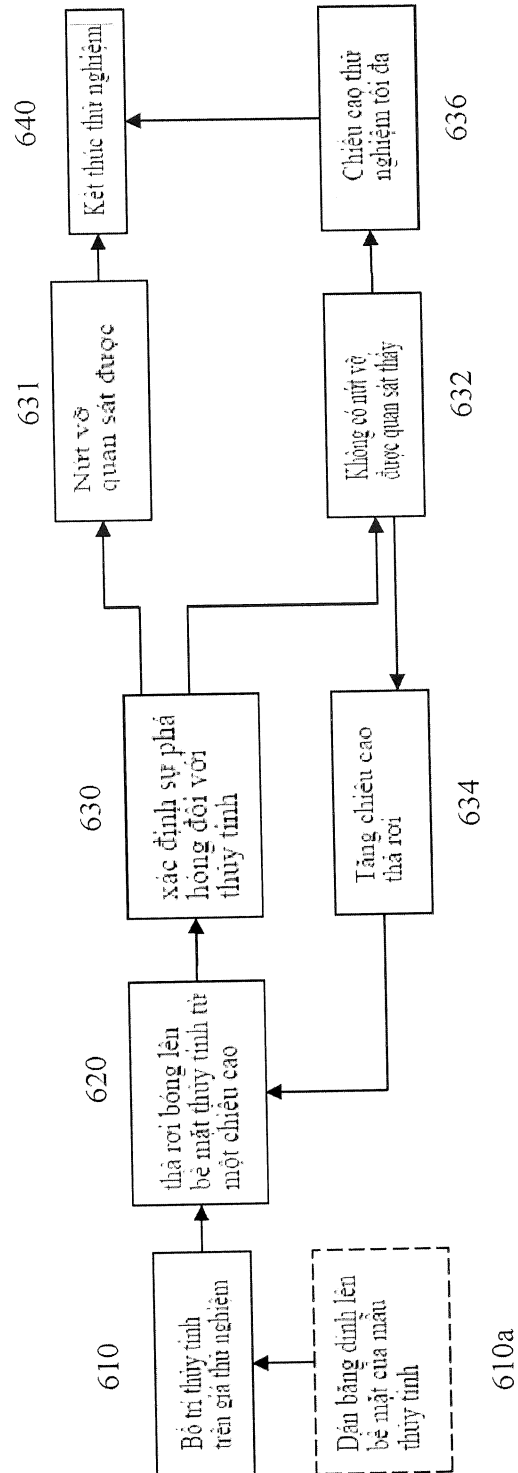
7/50

FIG. 7



8/50

FIG. 8

600

9/50

FIG. 9

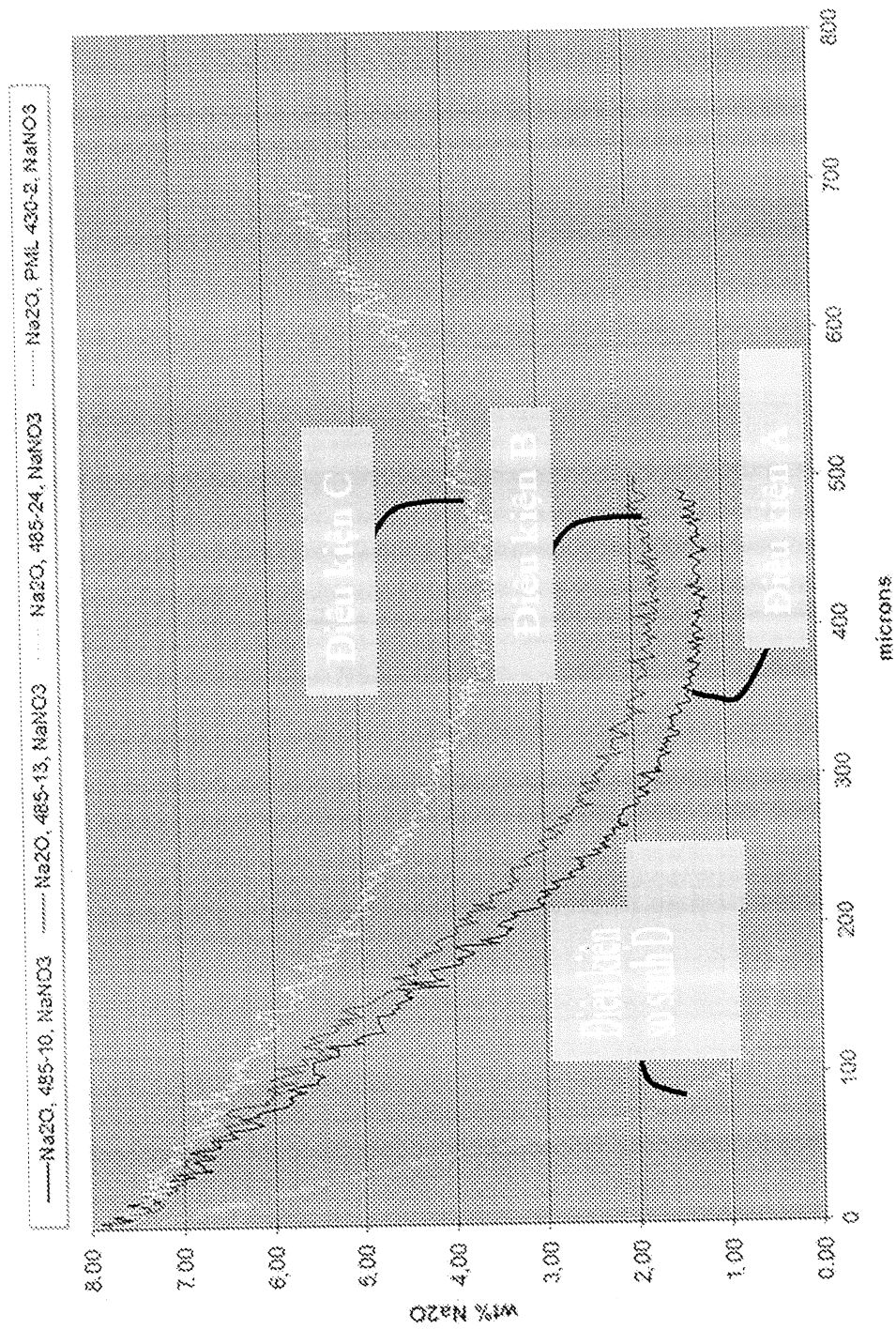
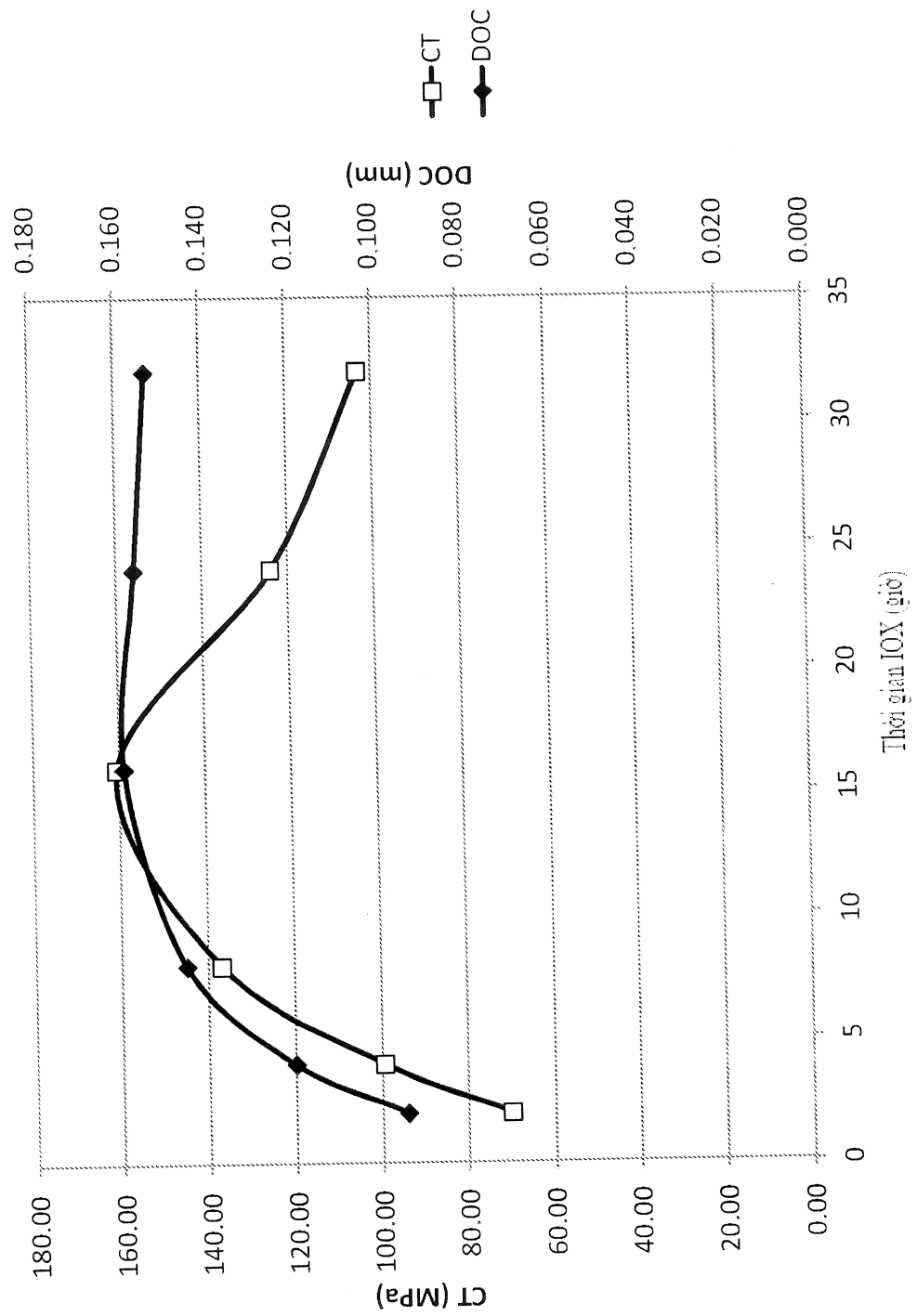
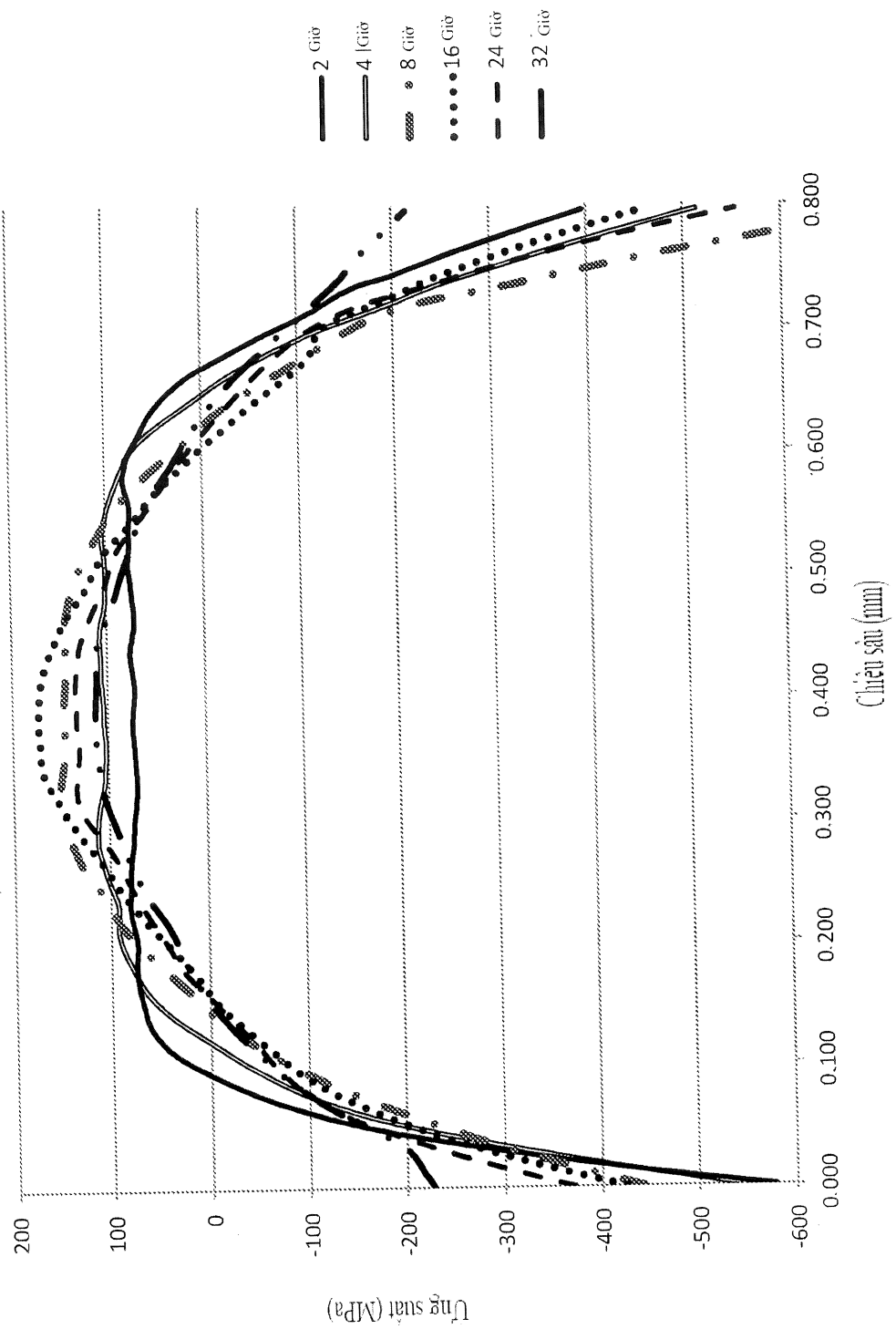


FIG. 10



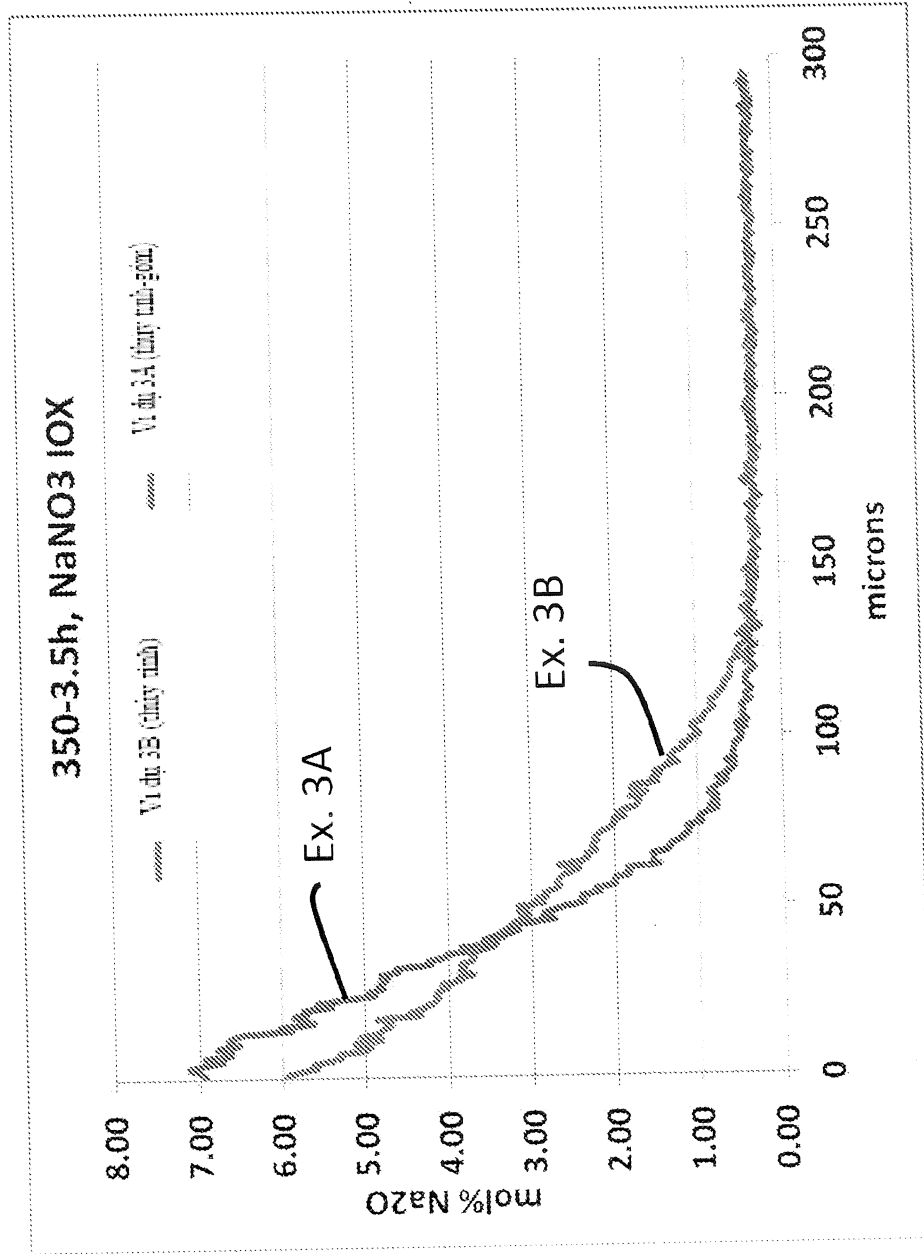
11/50

FIG. 11



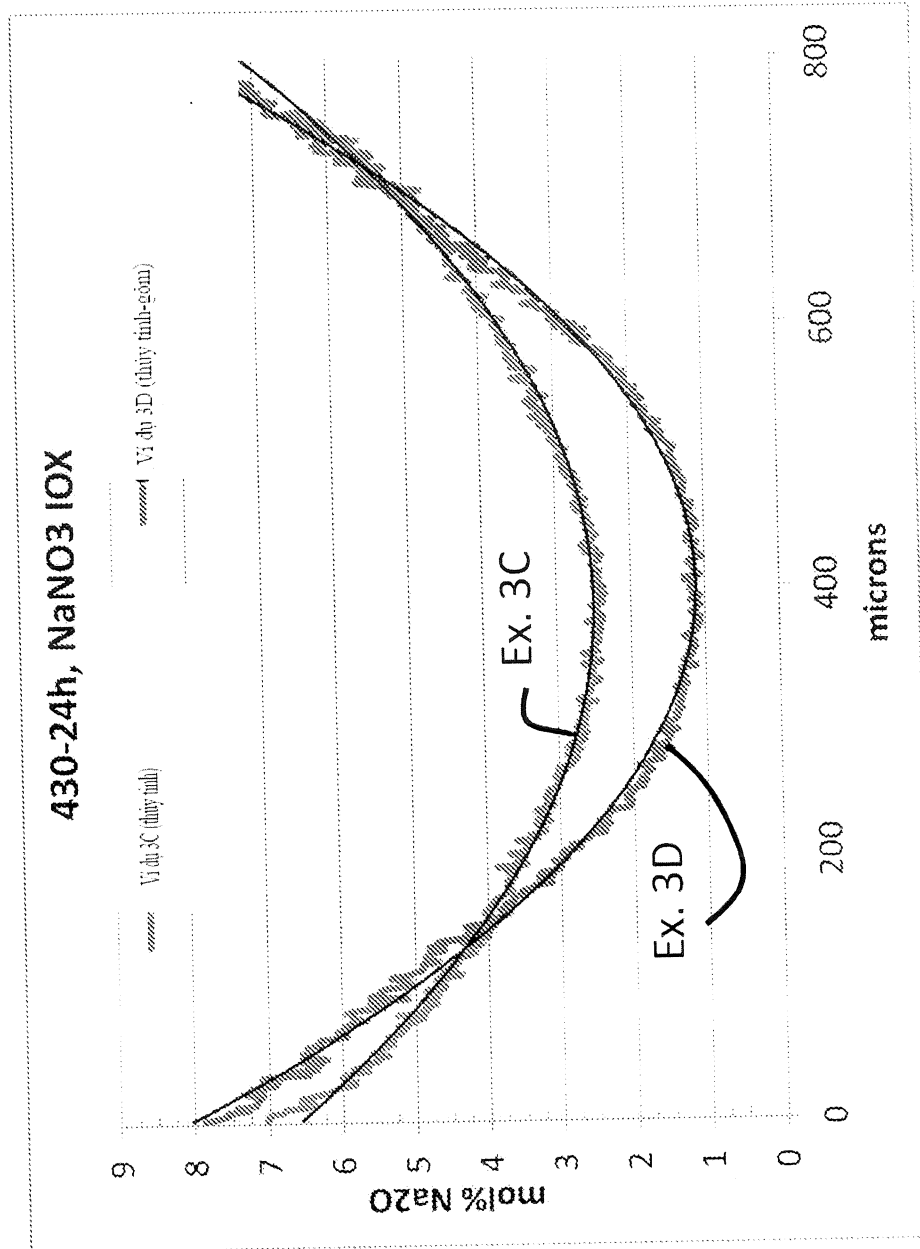
12/50

FIG. 12



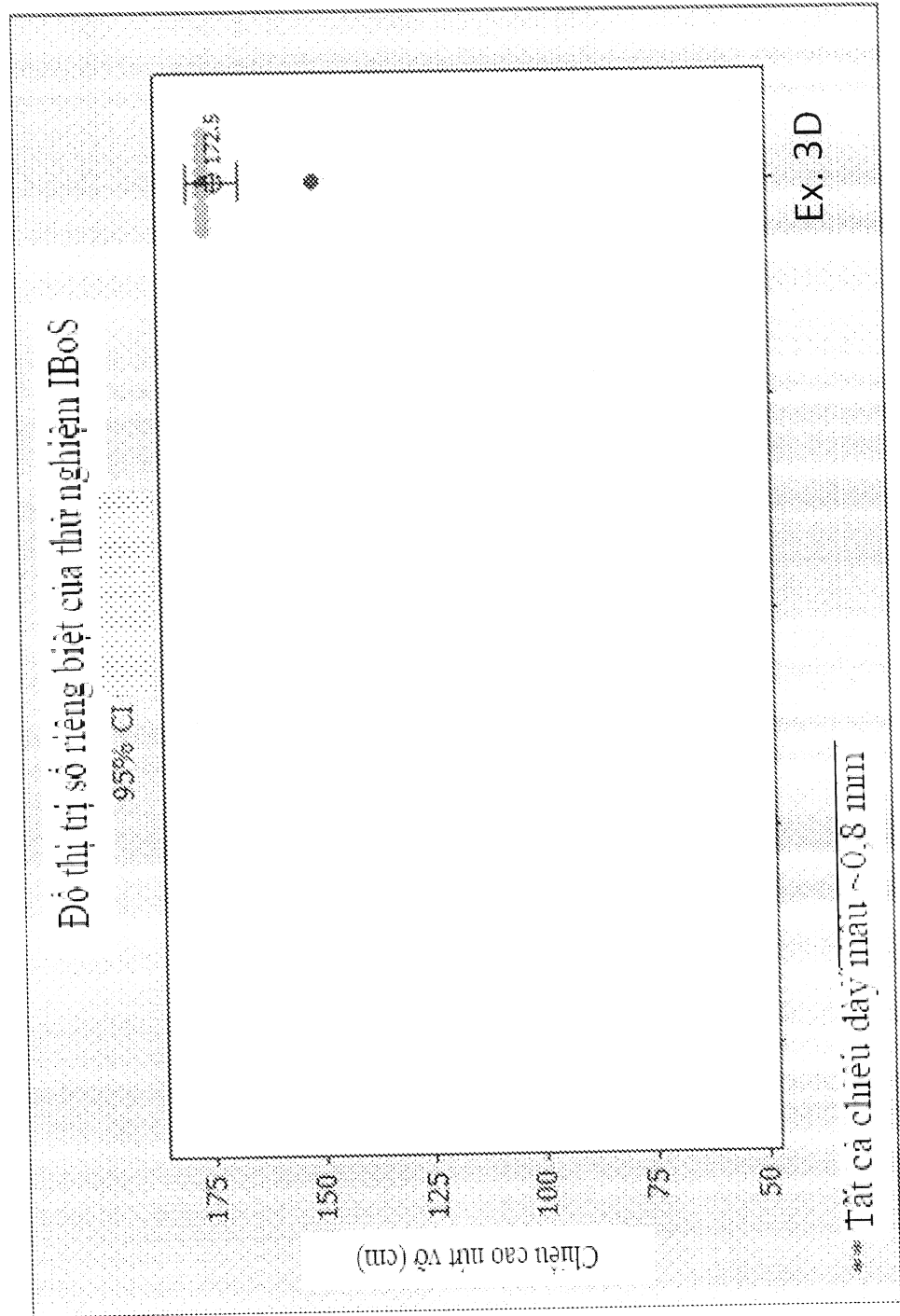
13/50

FIG. 13



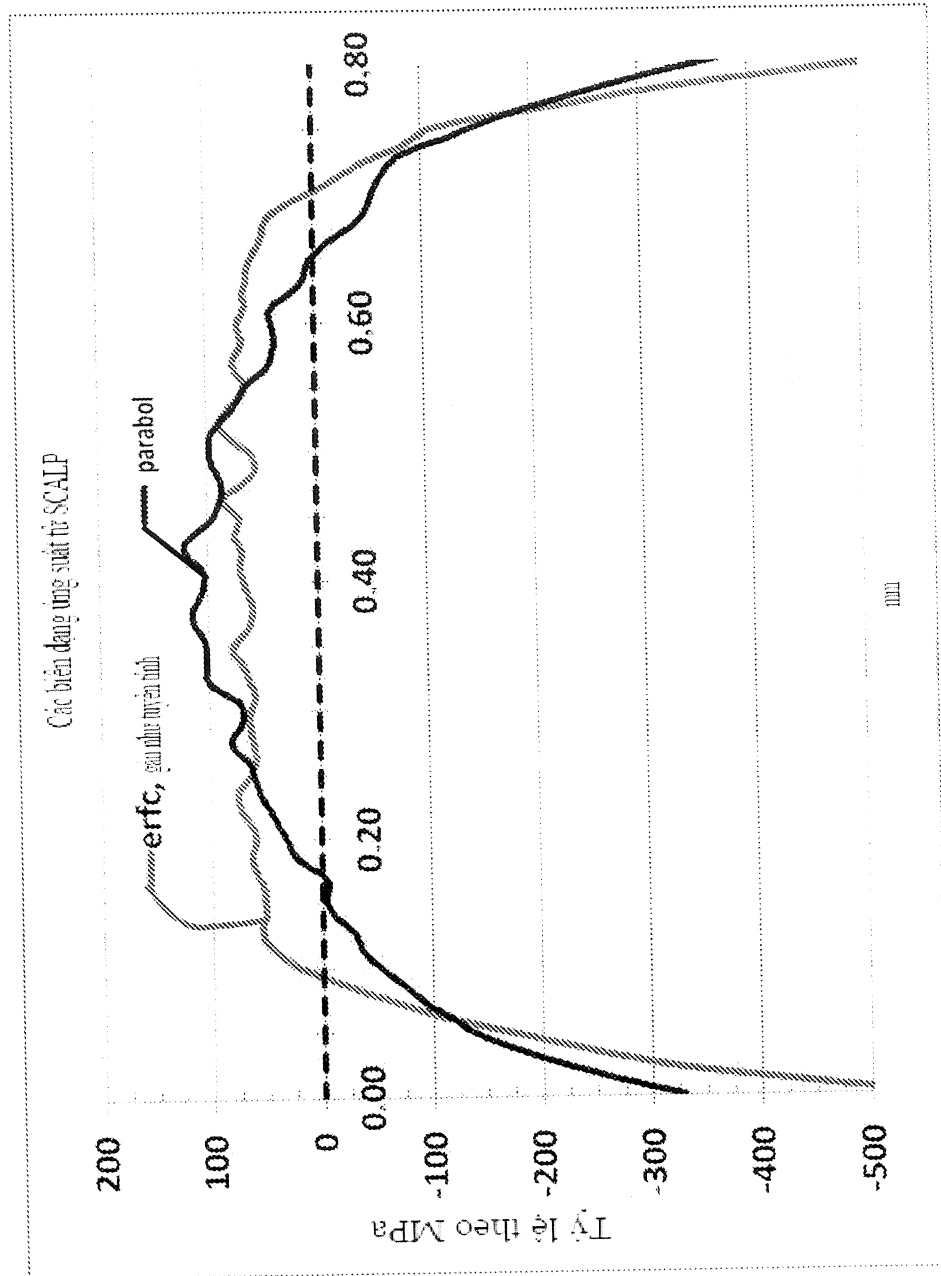
14/50

FIG. 13A



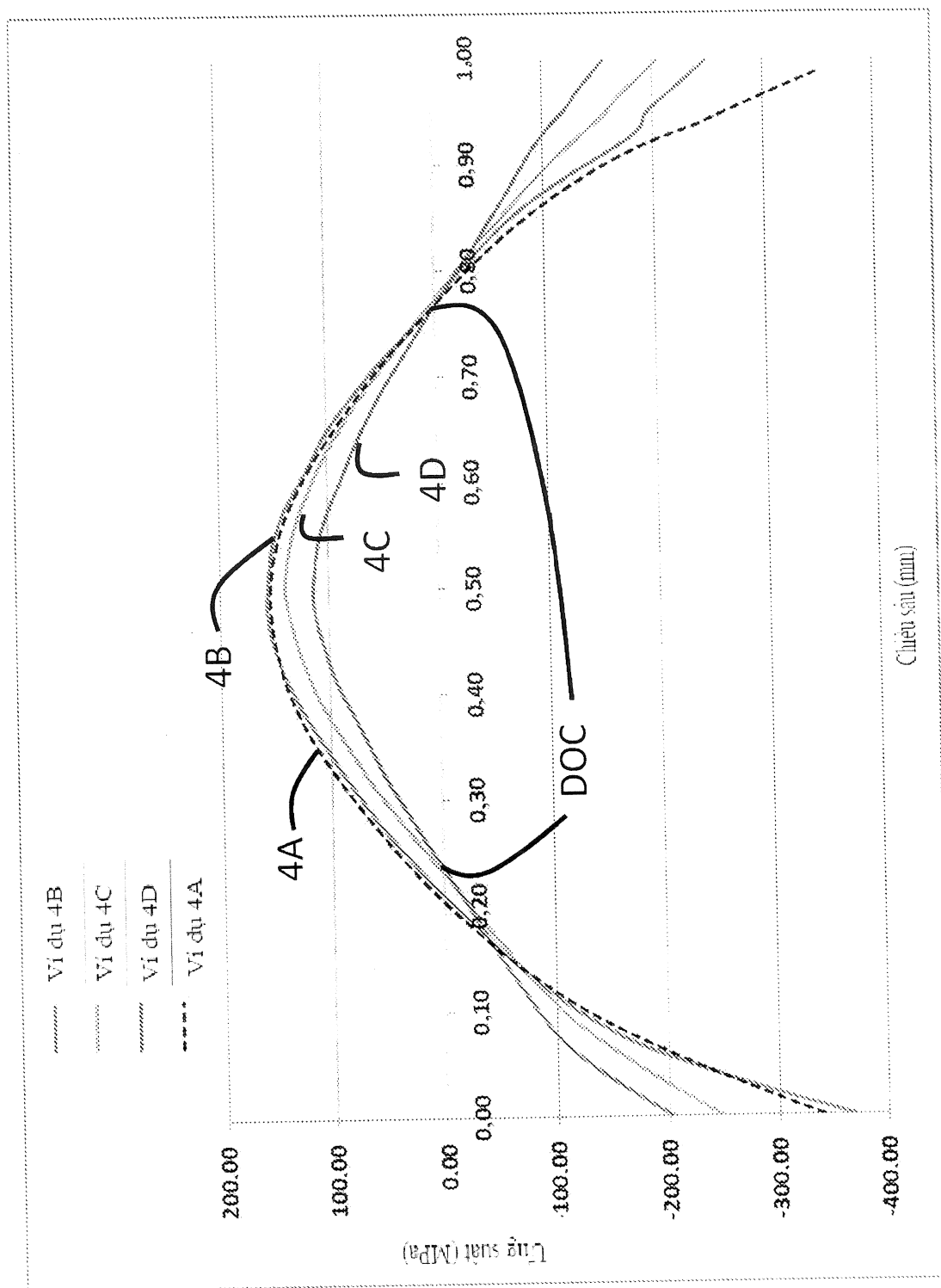
15/50

FIG. 14



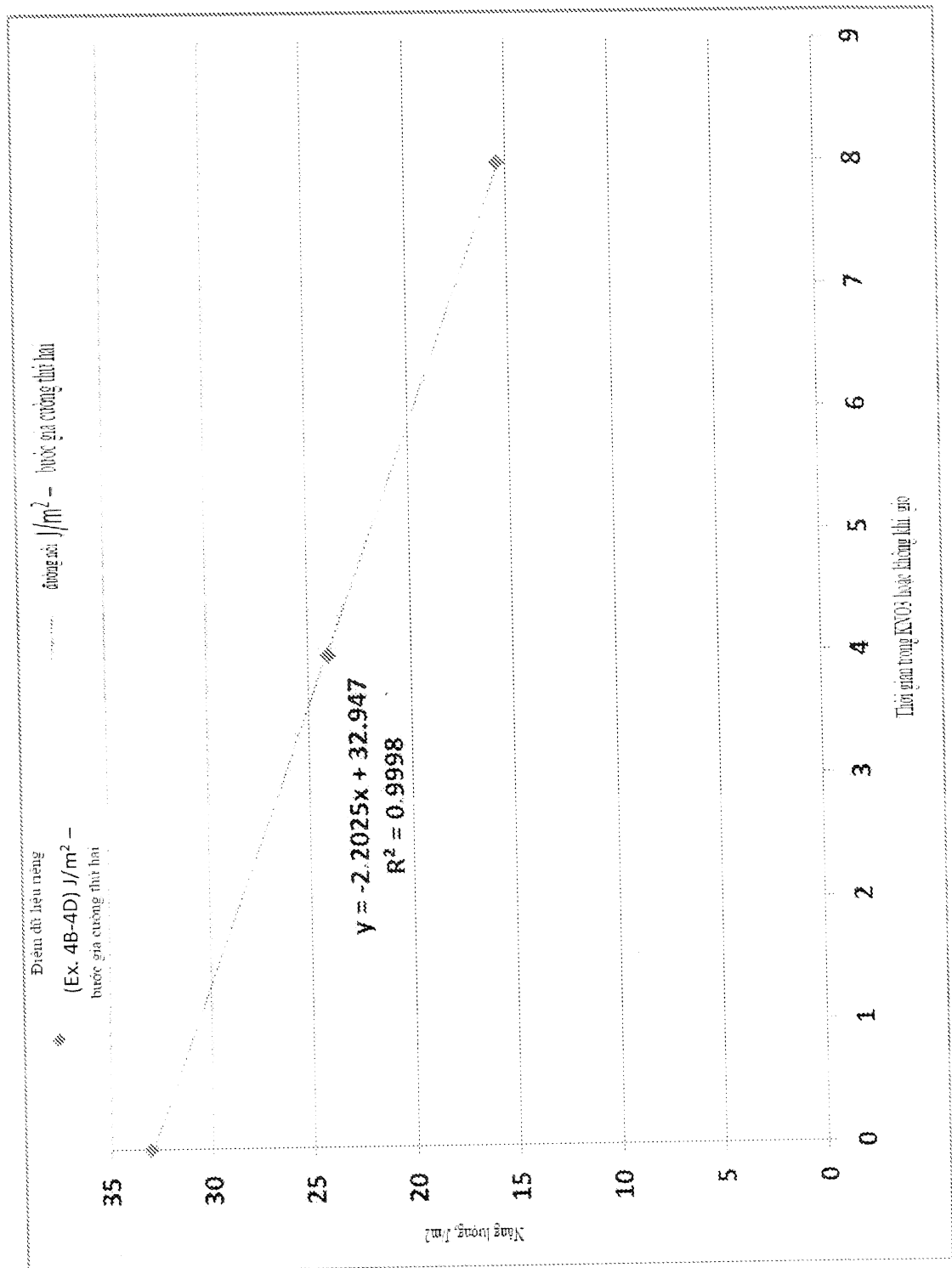
16/50

FIG. 15



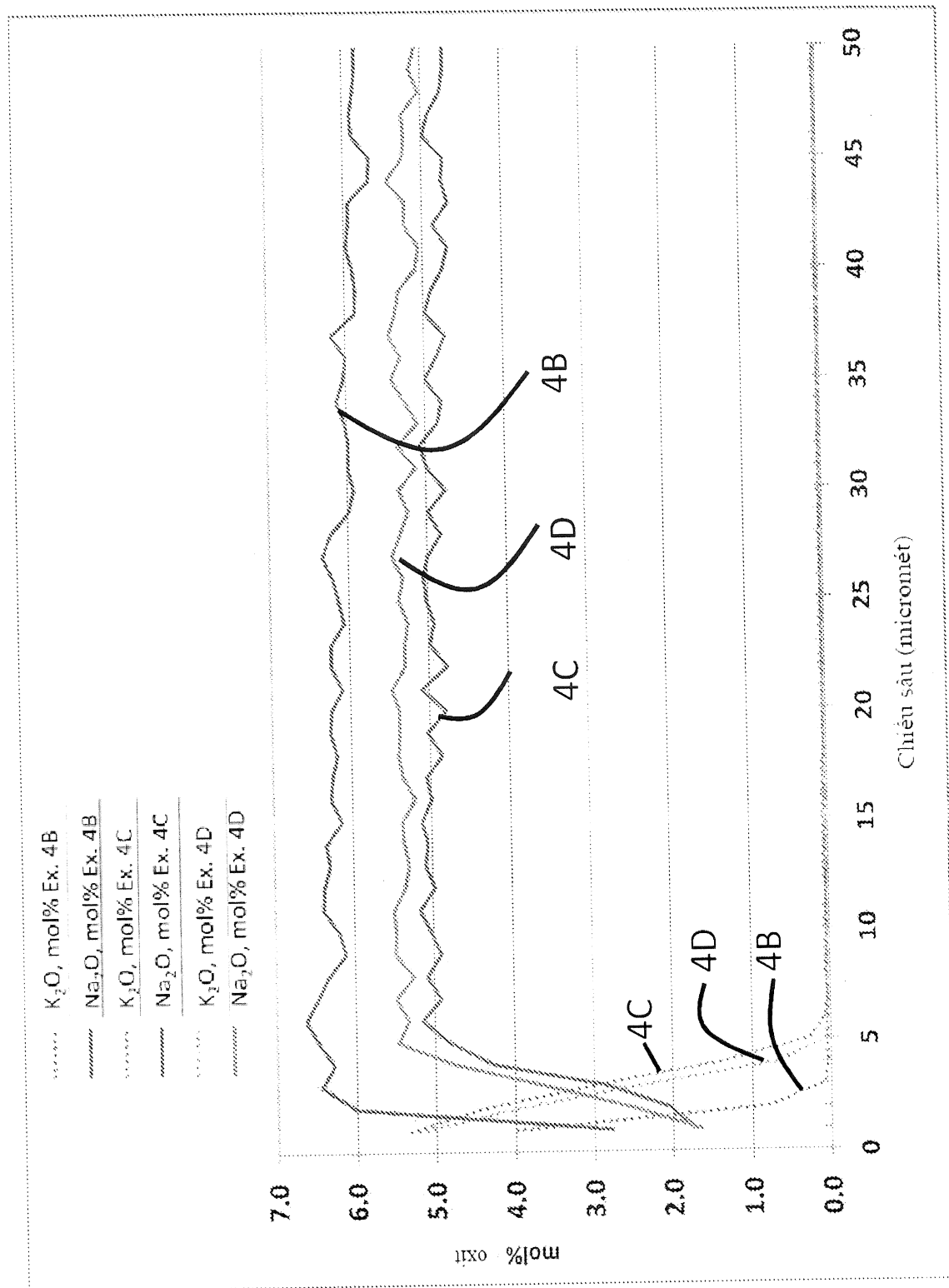
17/50

FIG. 16



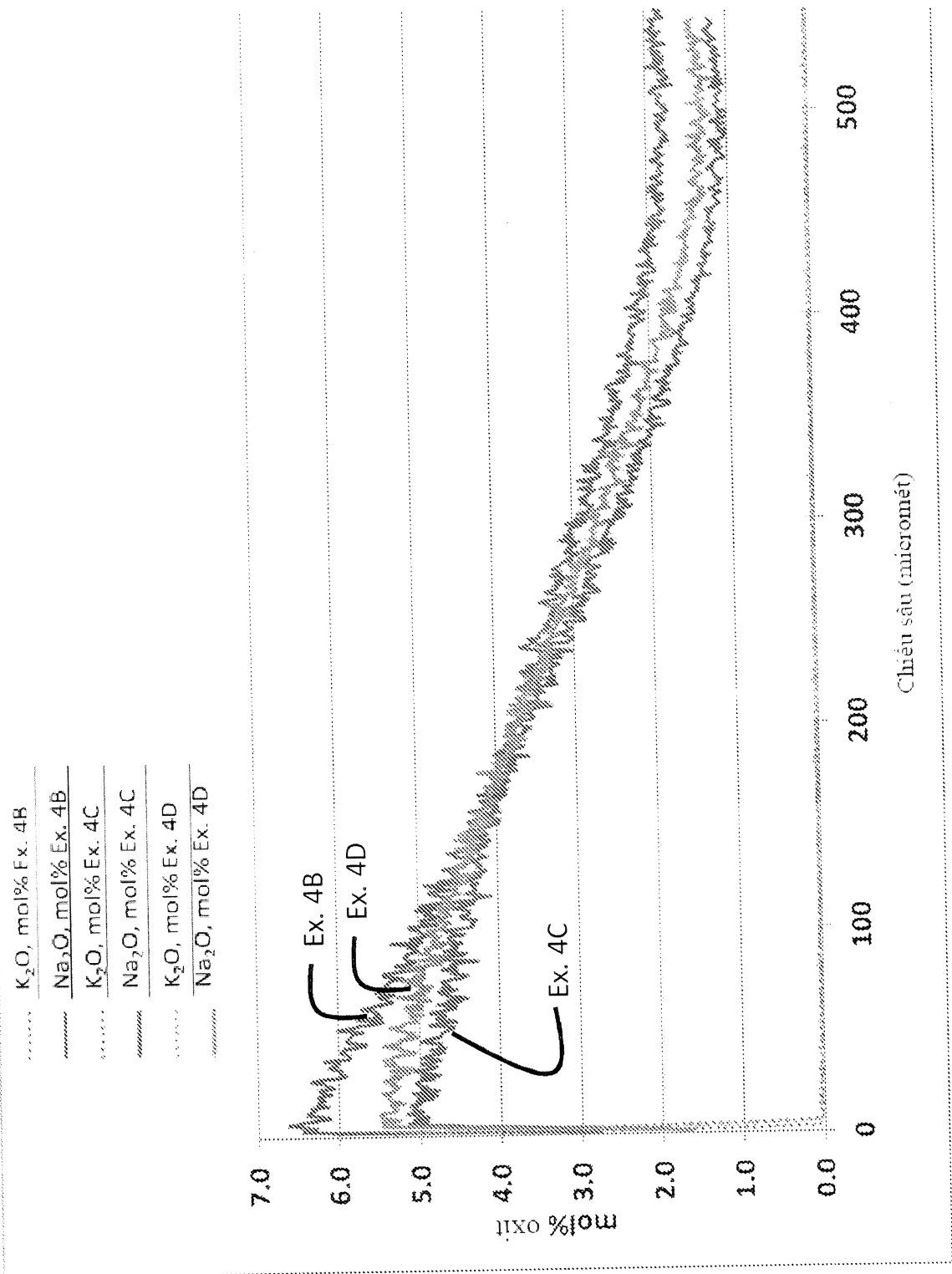
18/50

FIG. 17



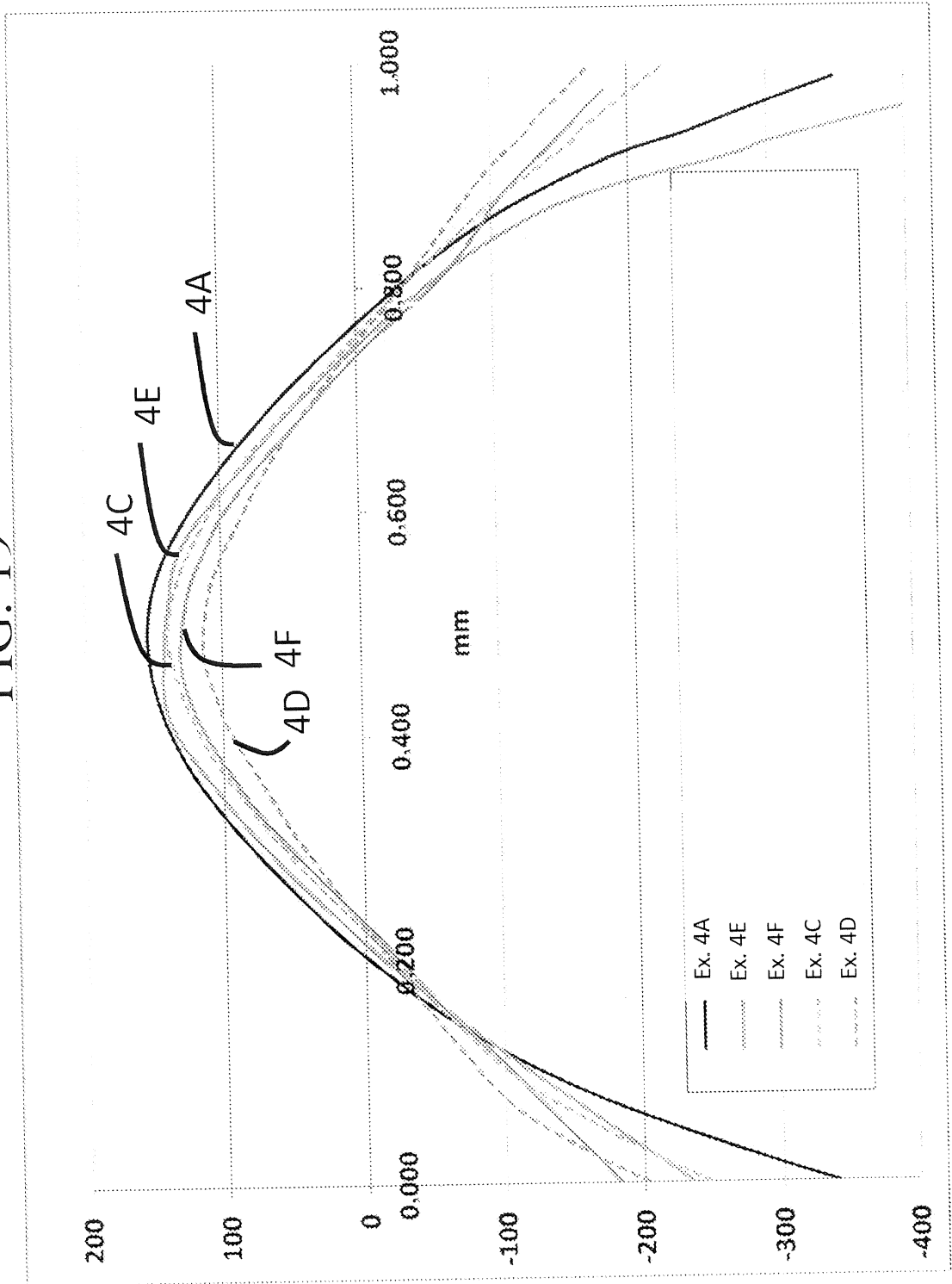
19/50

FIG. 18



20/50

FIG. 19



21/50

FIG. 20

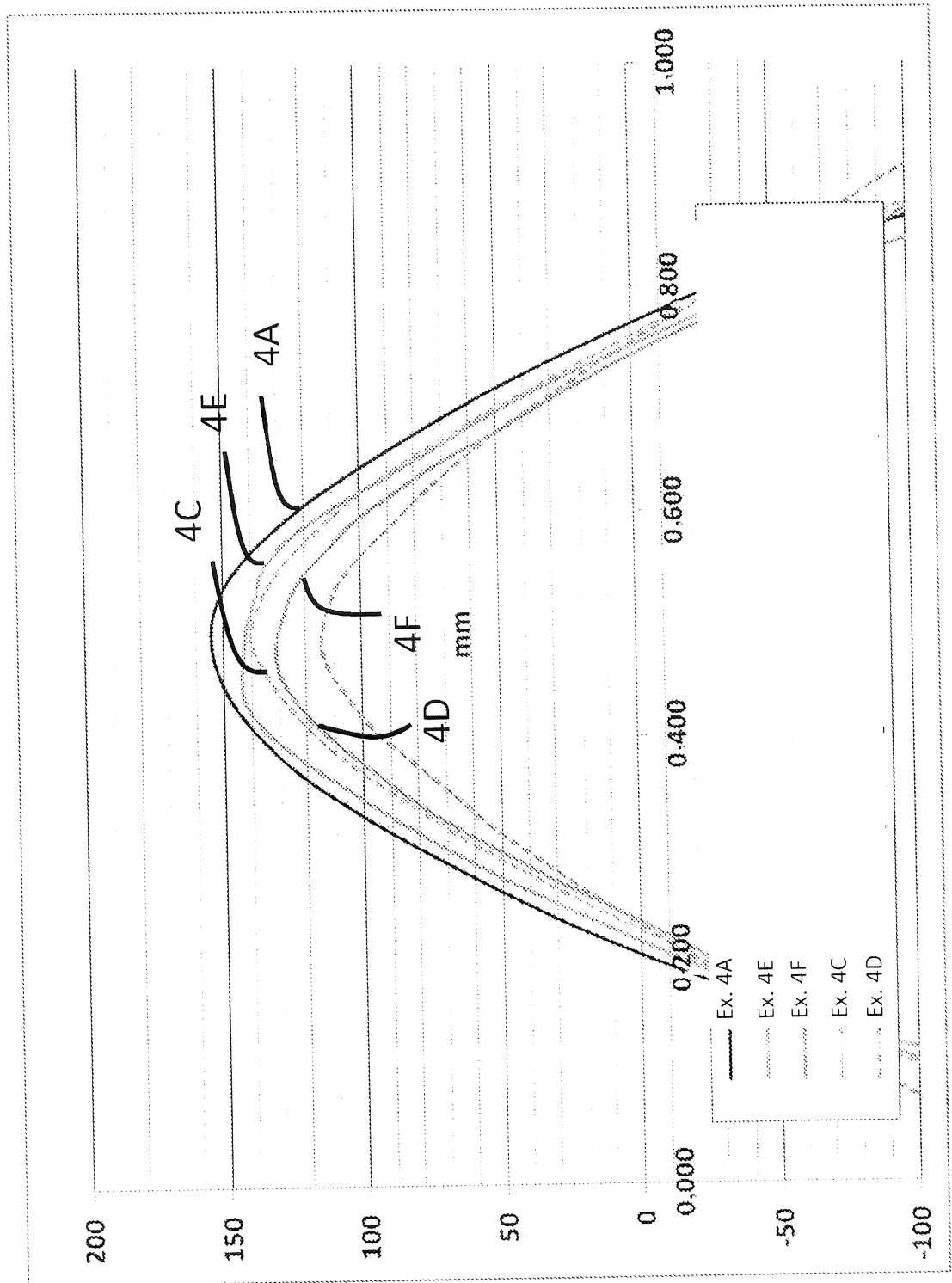
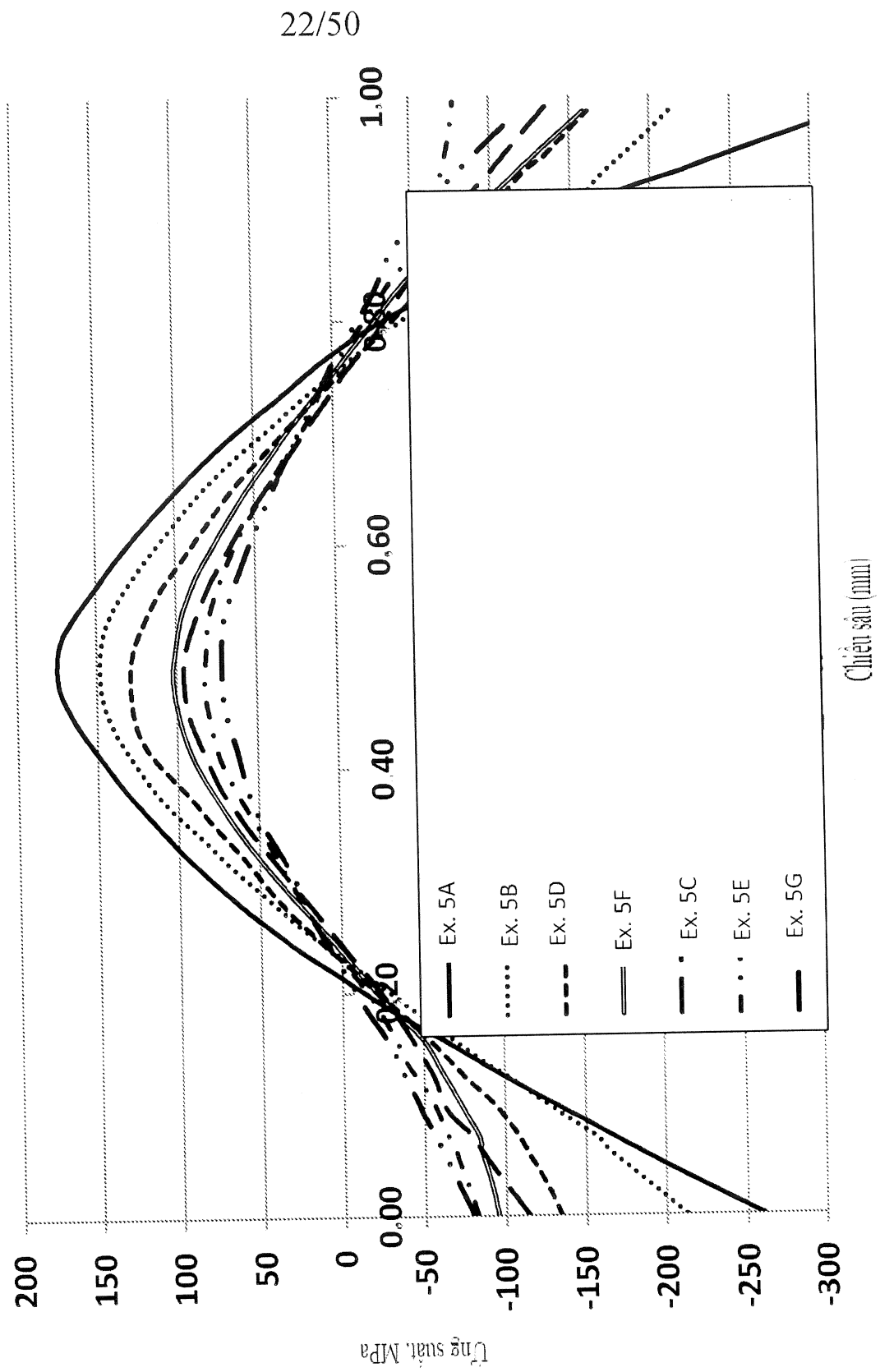
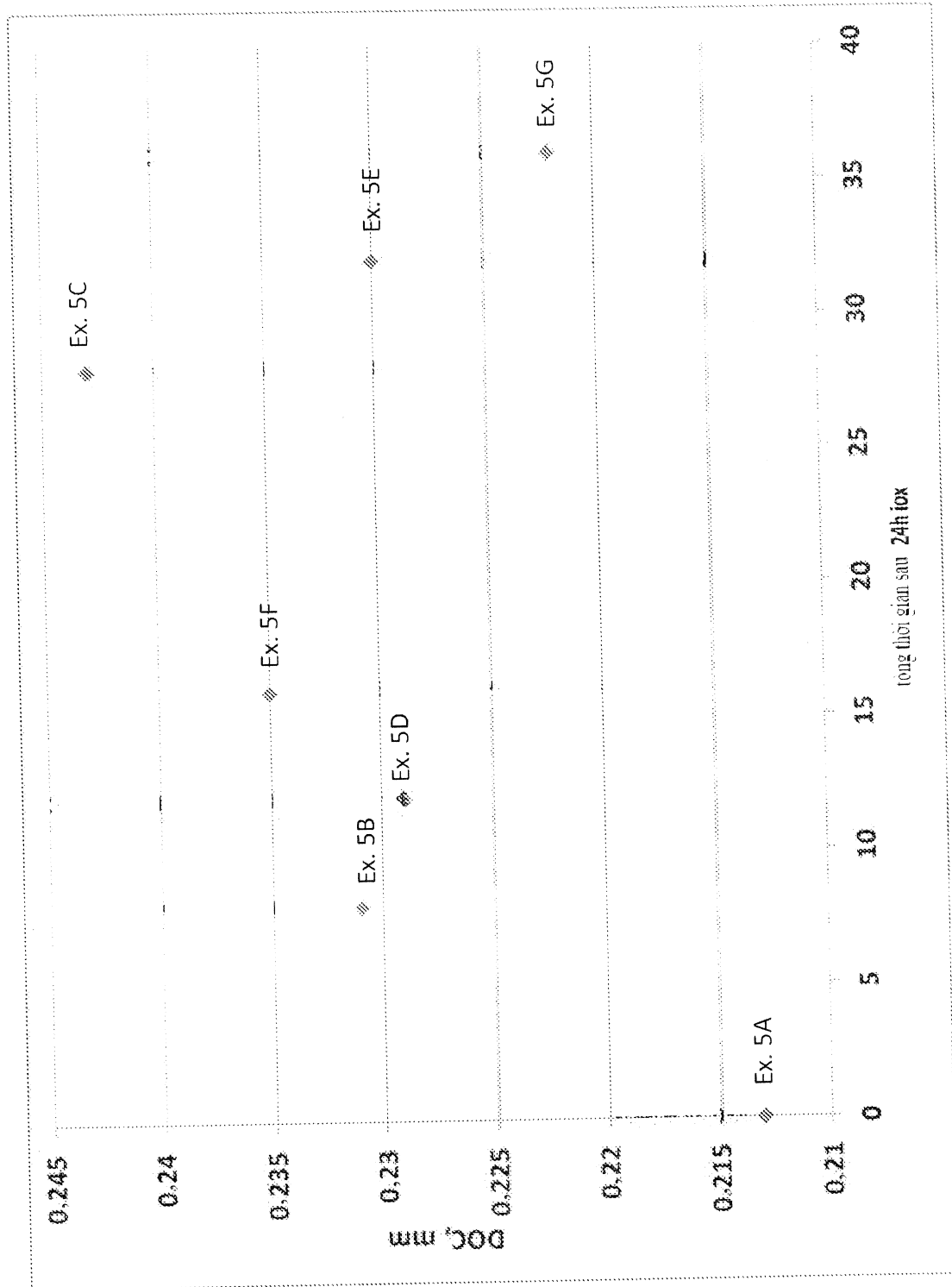


FIG. 21



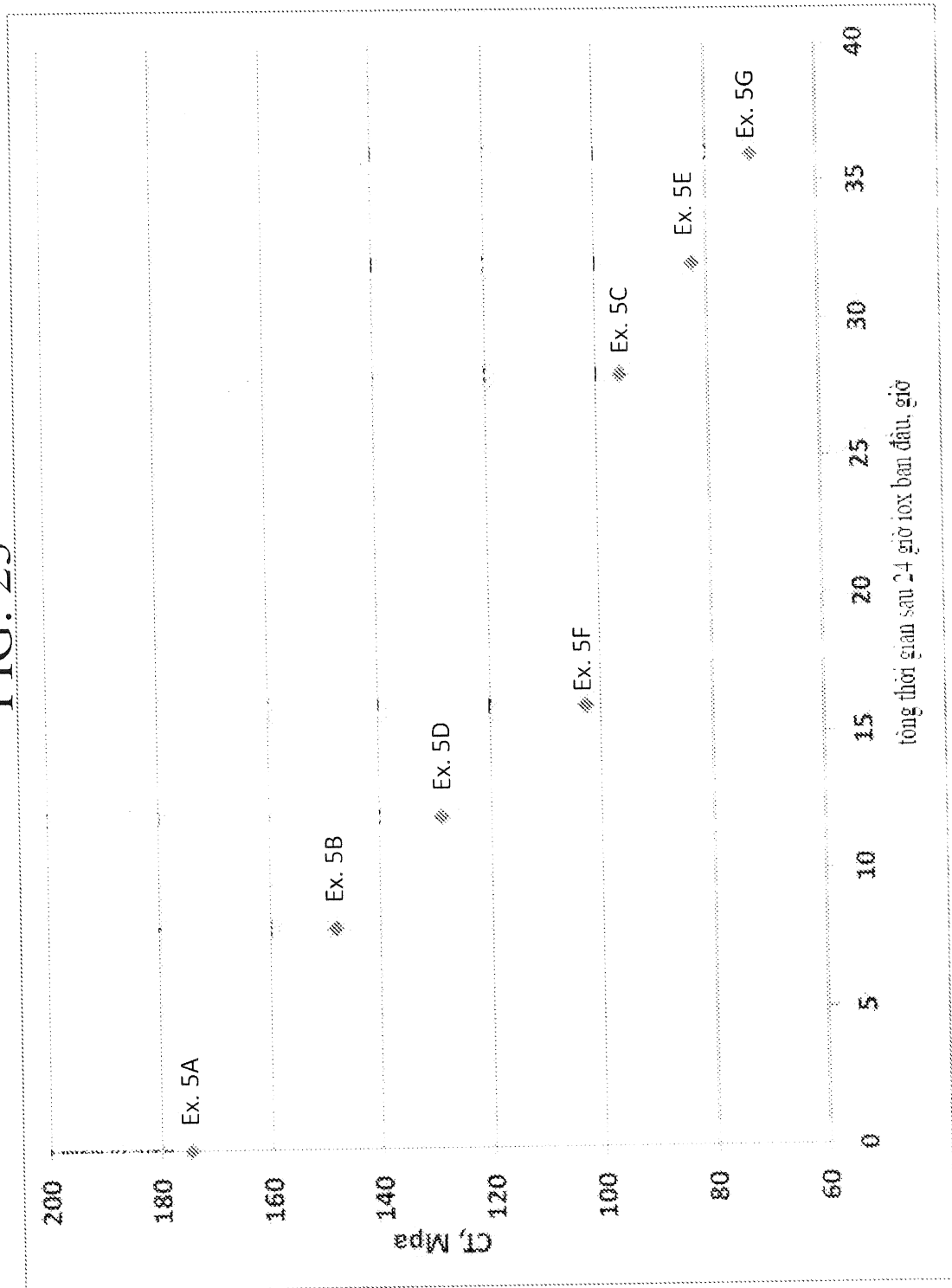
23/50

FIG. 22



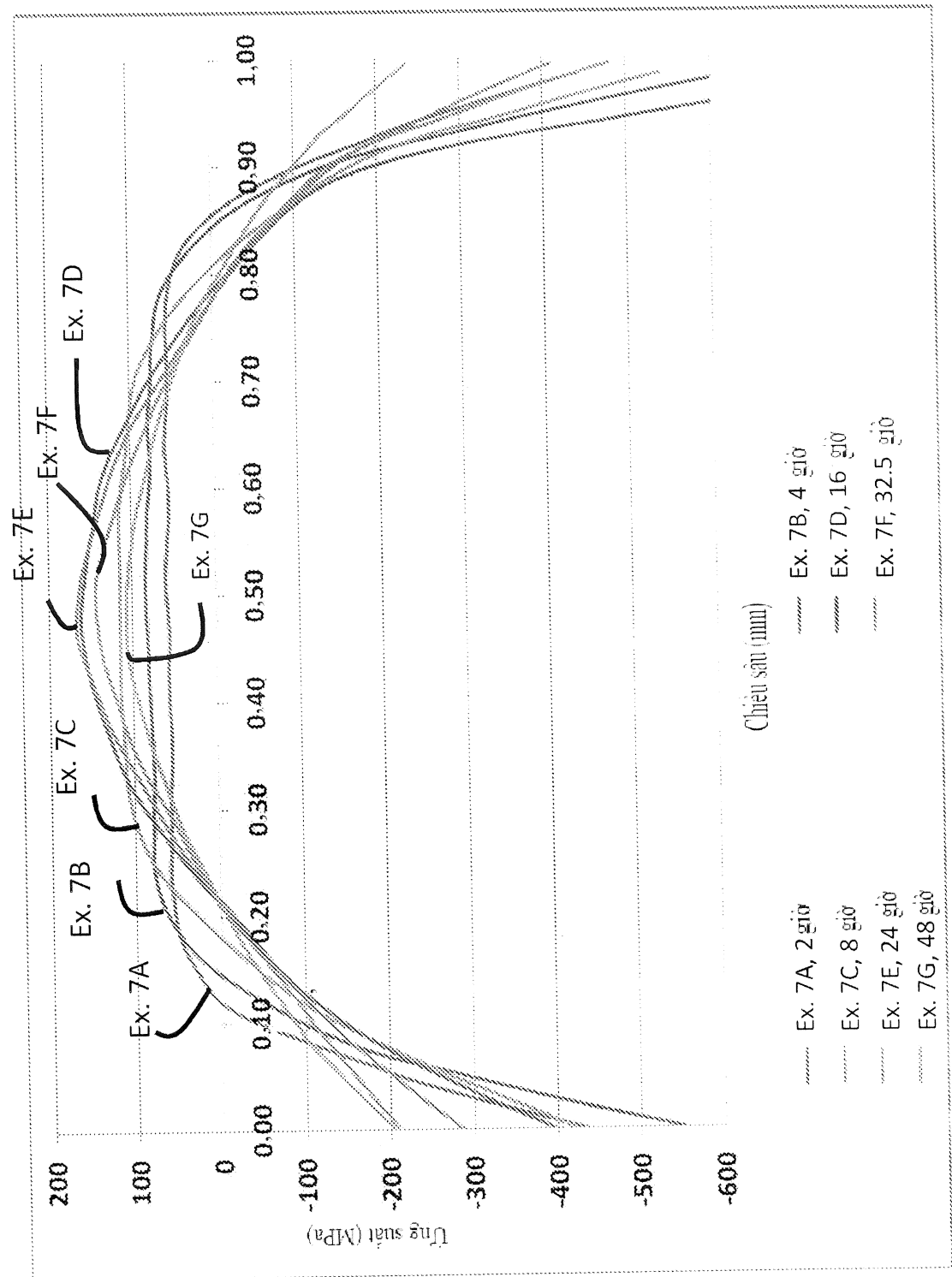
24/50

FIG. 23



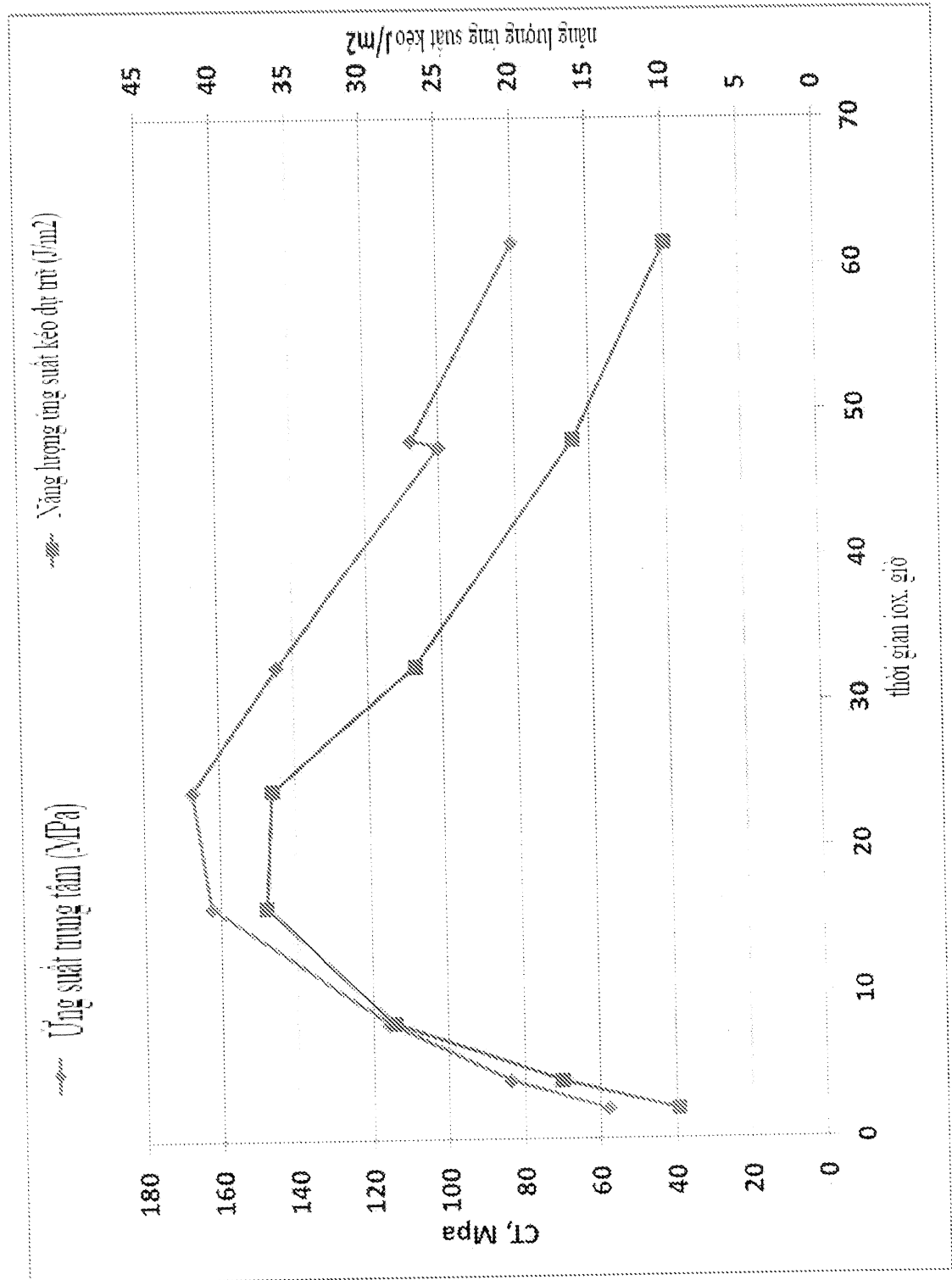
25/50

FIG. 24



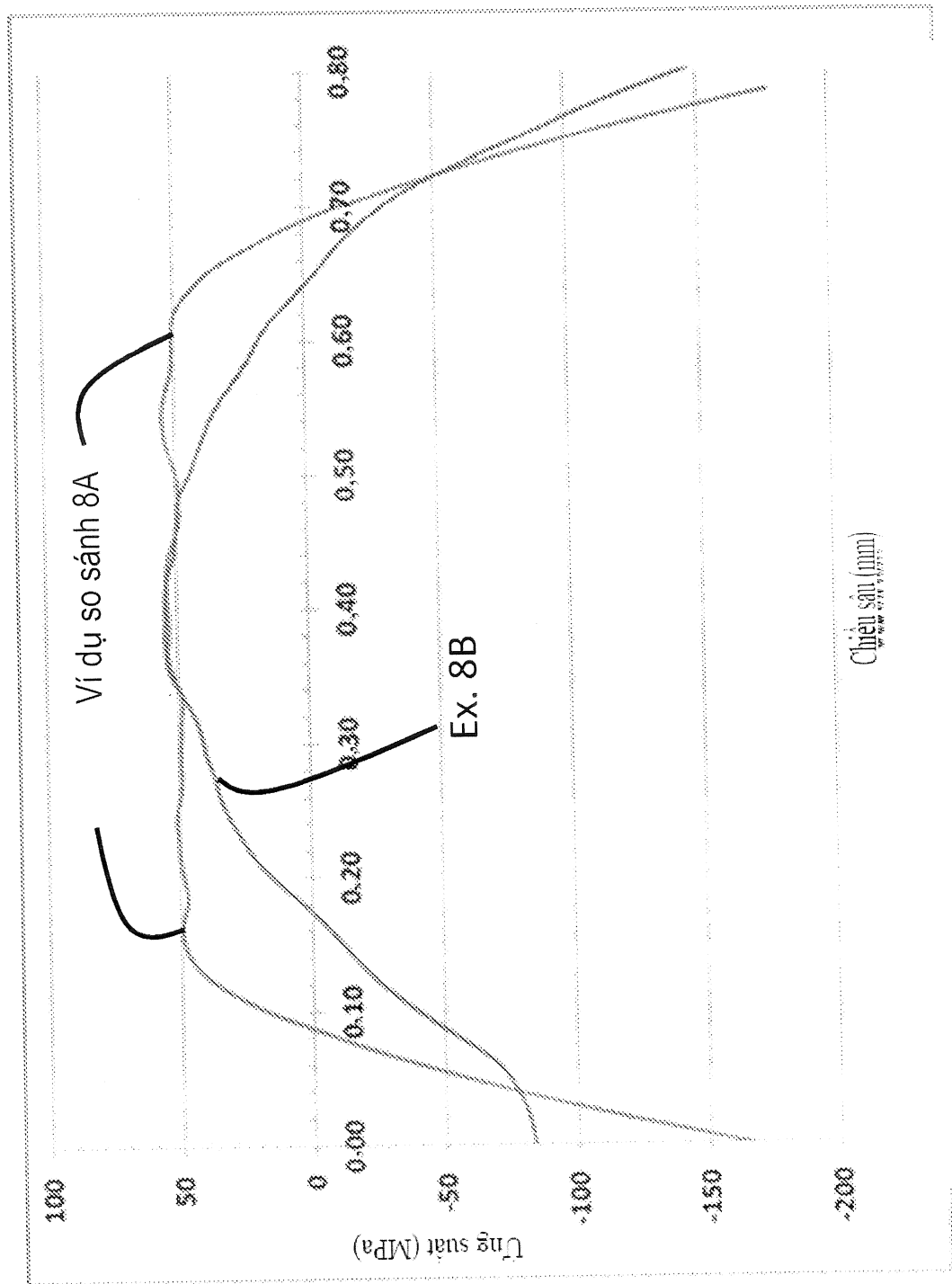
26/50

FIG. 25



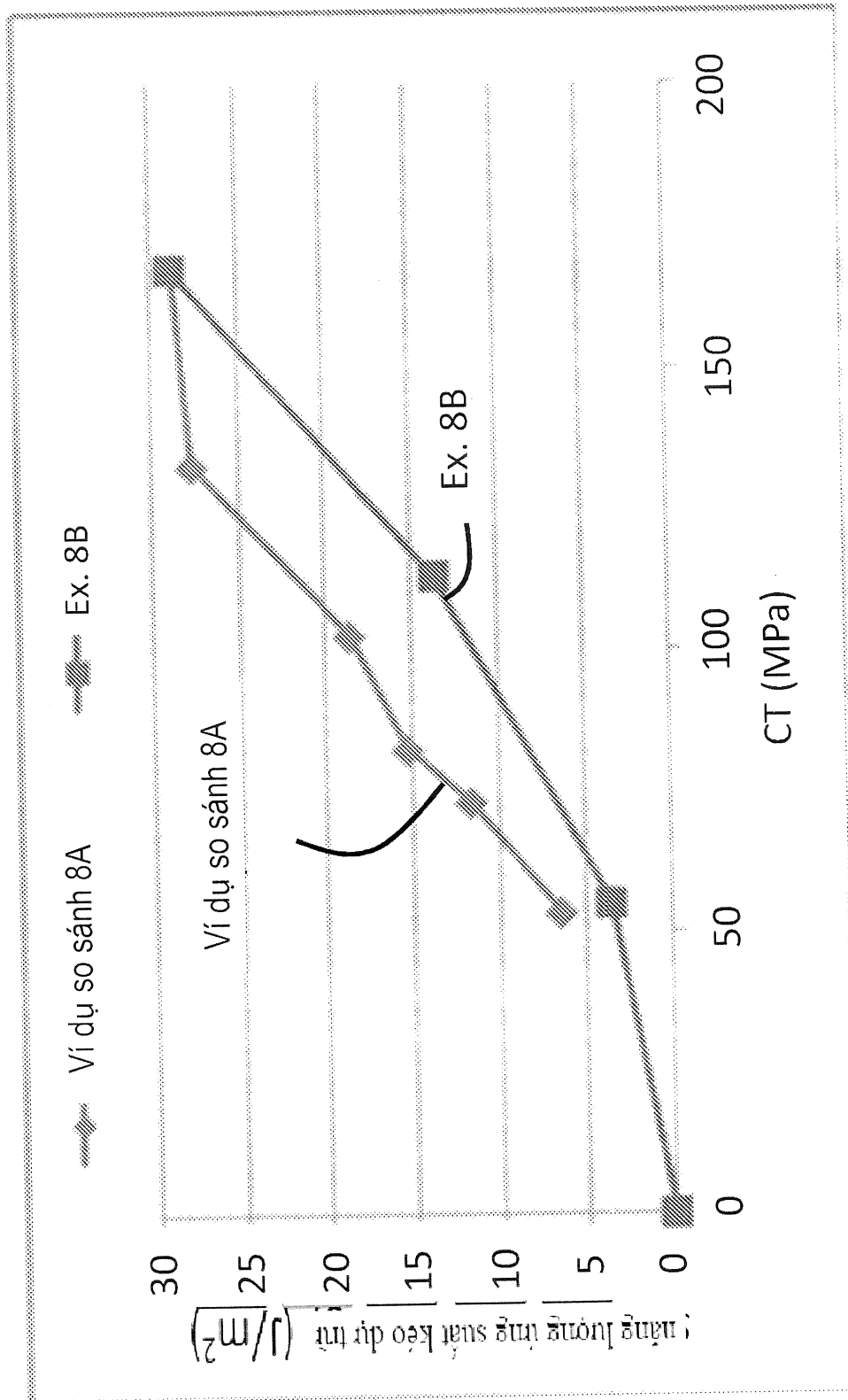
27/50

FIG. 26



28/50

FIG. 27



29/50

FIG. 28

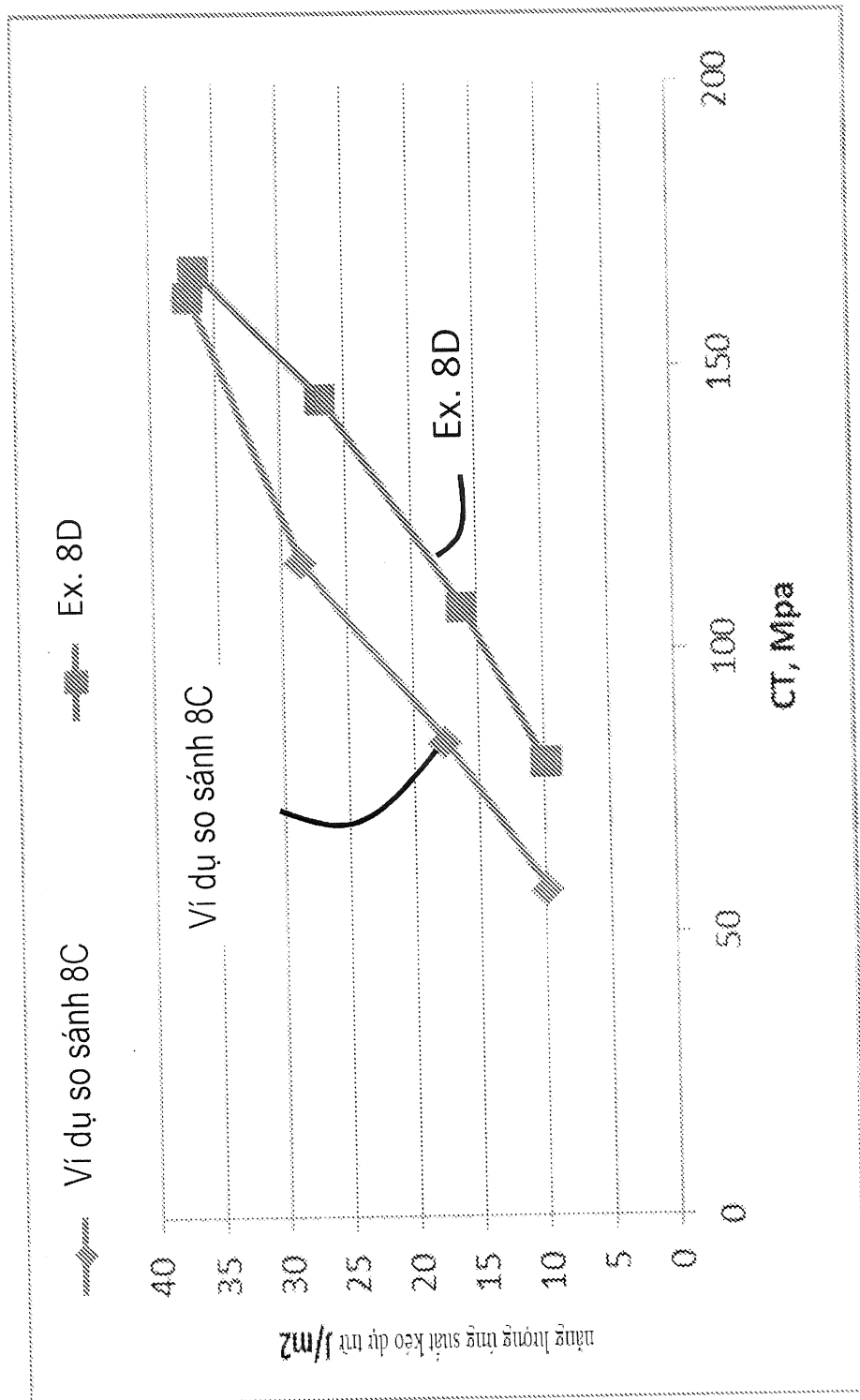


FIG. 29

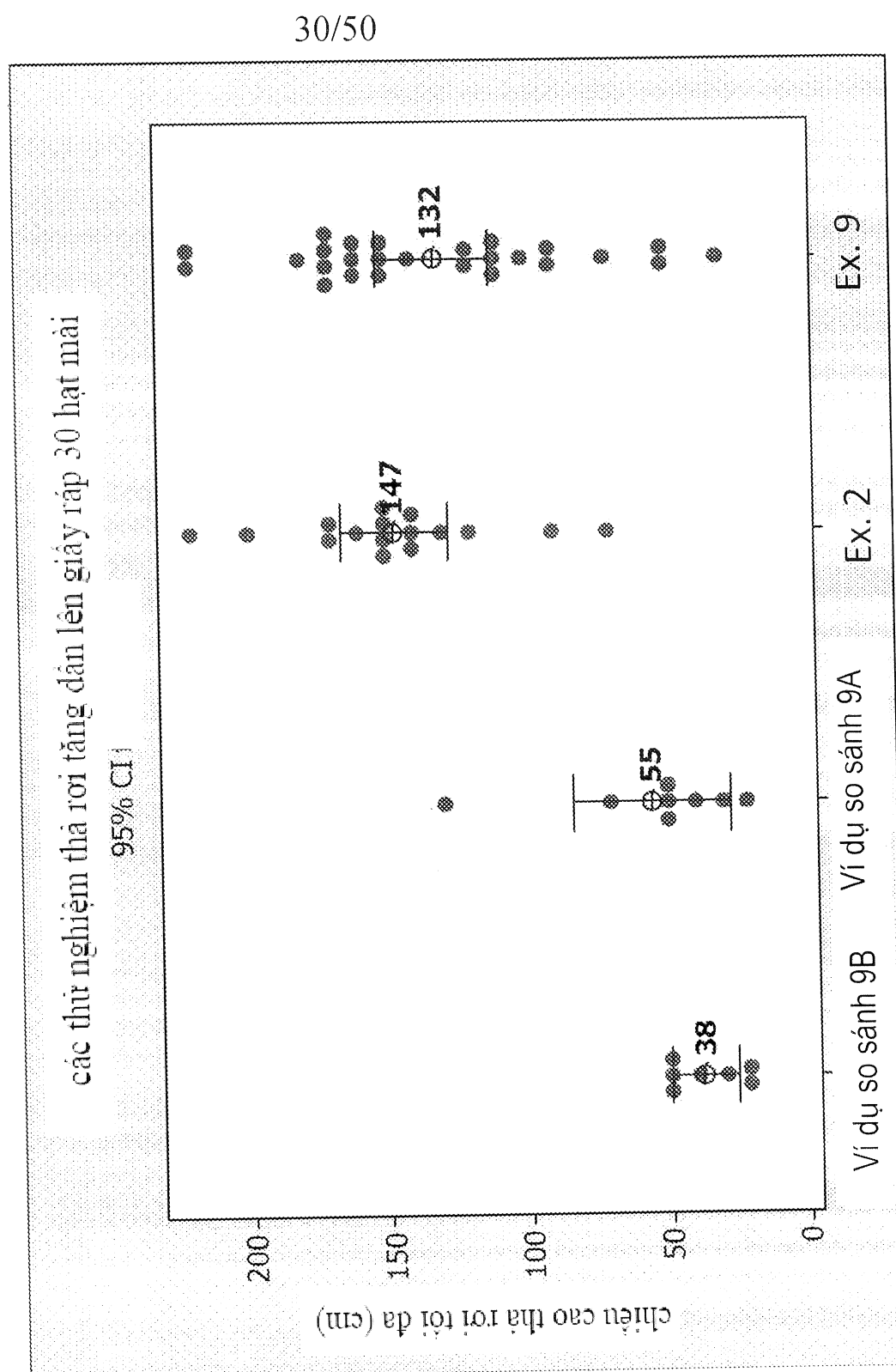
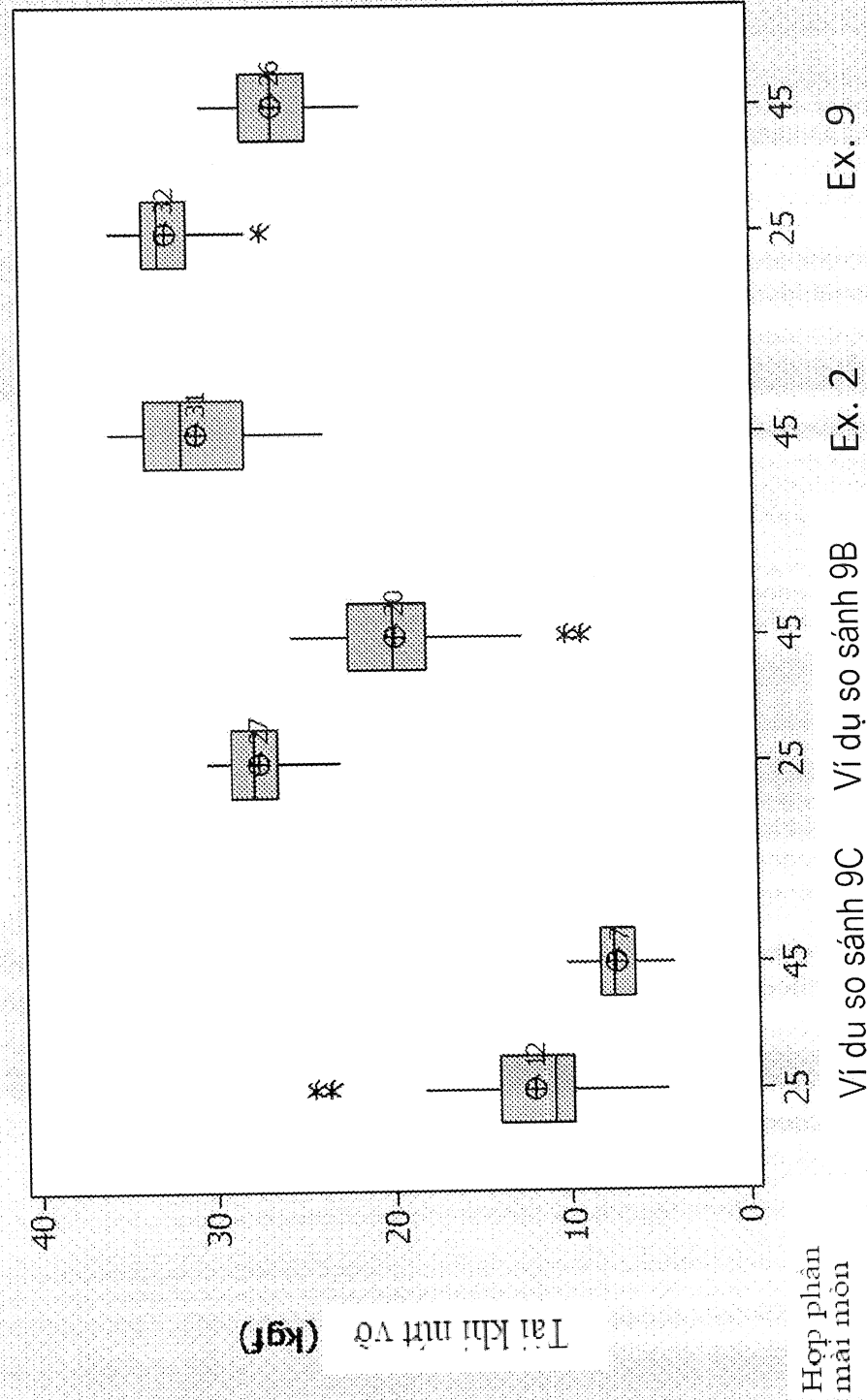


FIG. 30

mái mòn vòng trên vòng



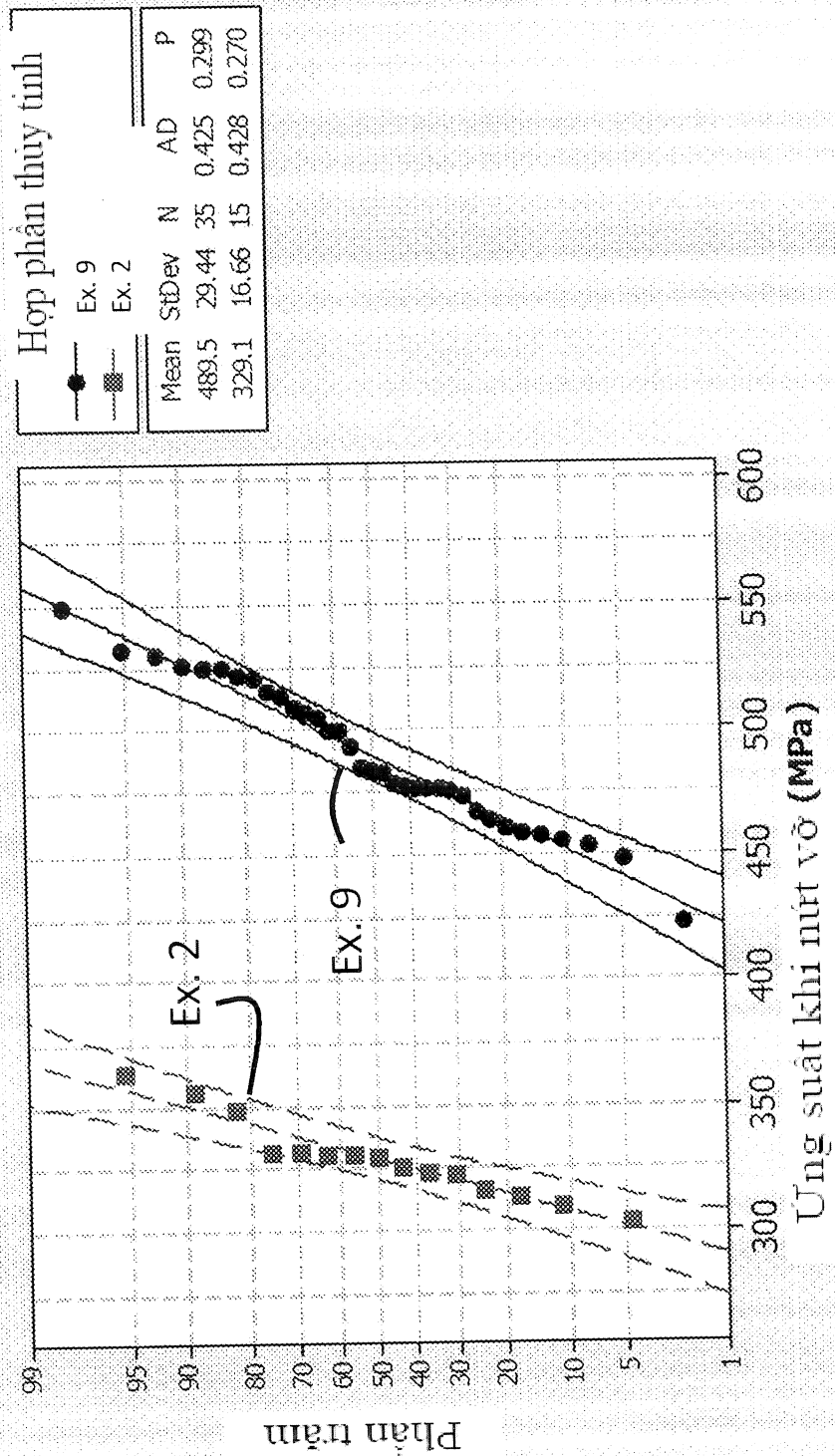
31/50

32/50

FIG. 31

Đồ thị xác suất của ứng suất khi nứt vỡ (MPa)

Bình thường - 95% CI



33/50

FIG. 32

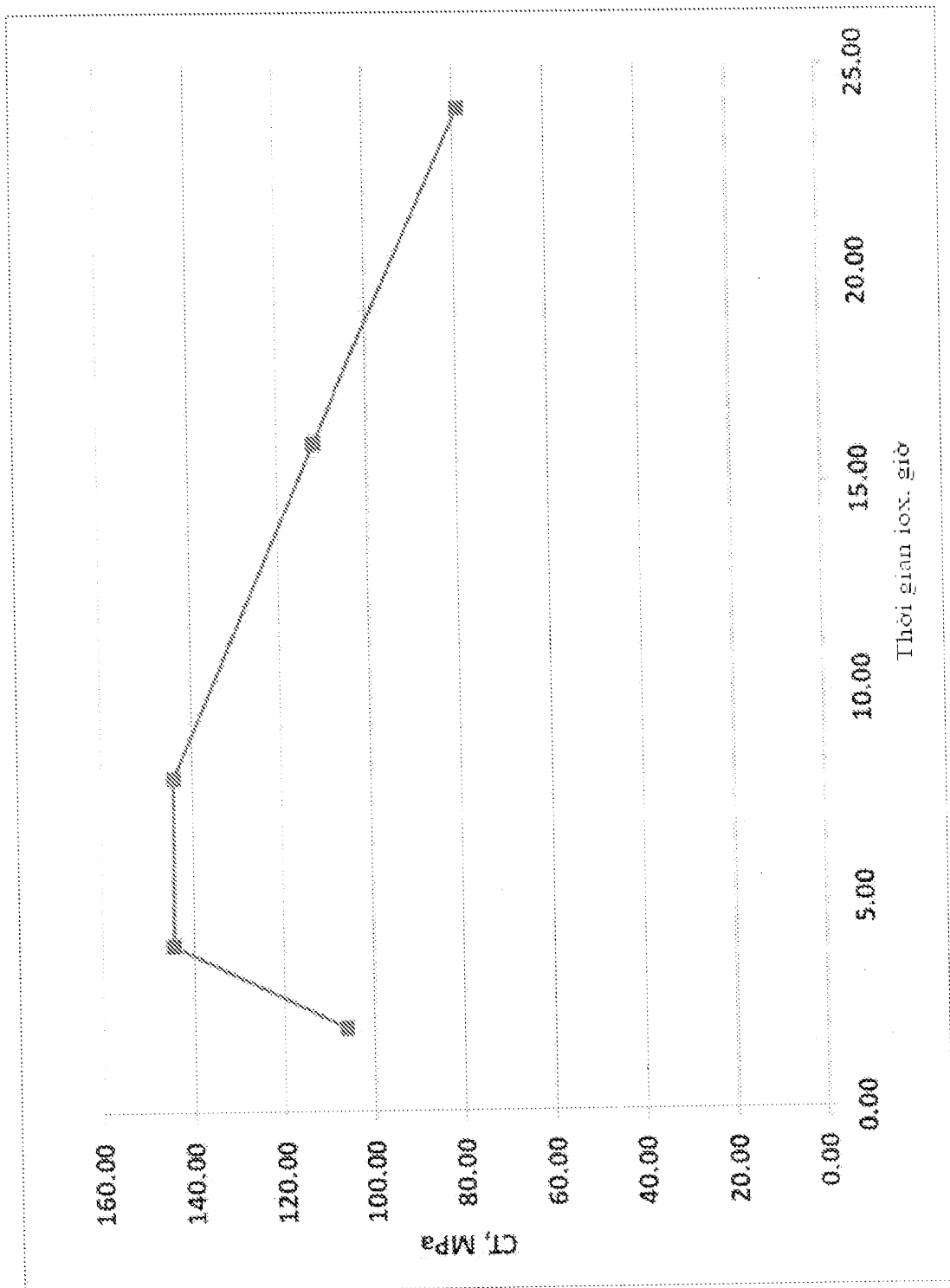
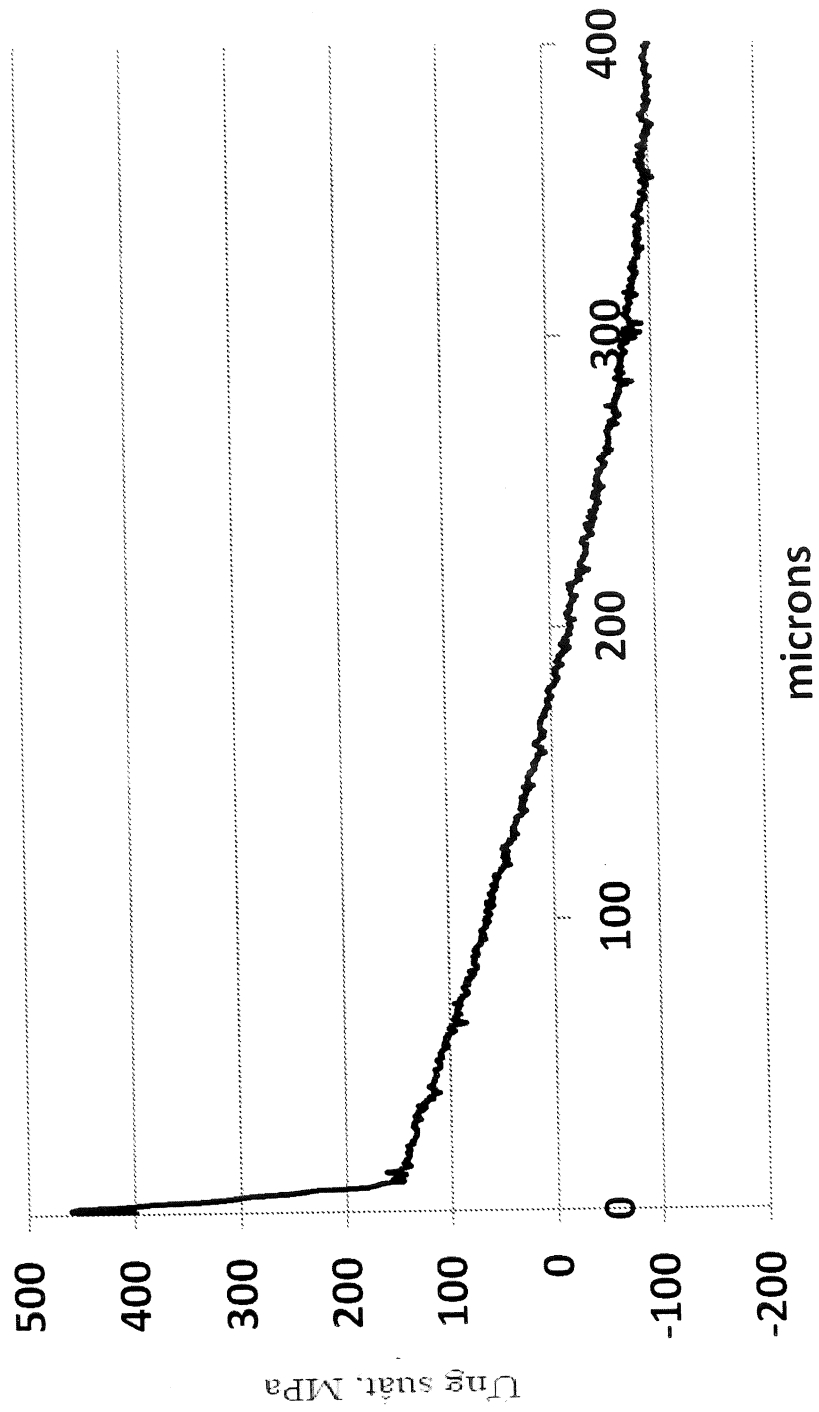


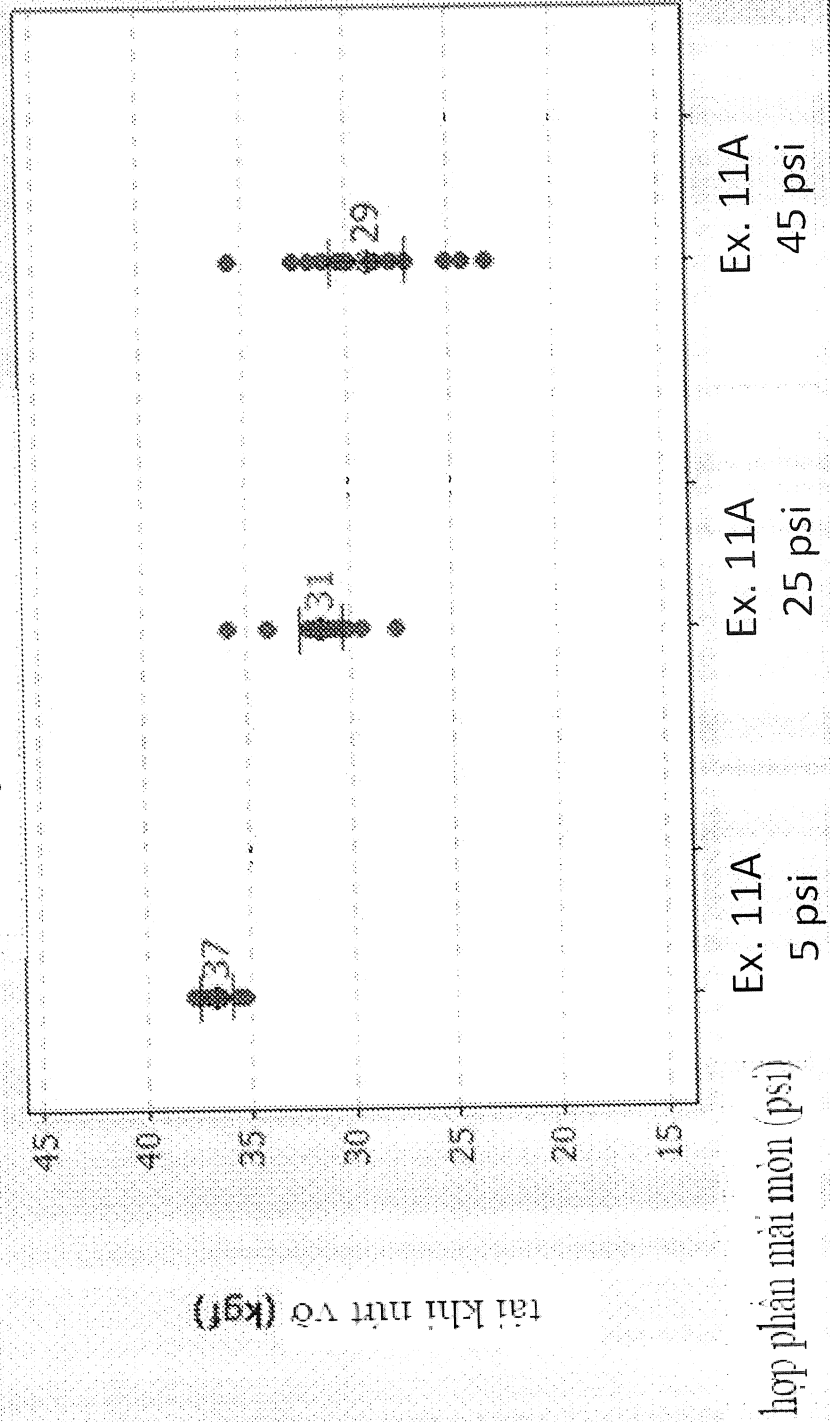
FIG. 33



35/50

FIG. 34

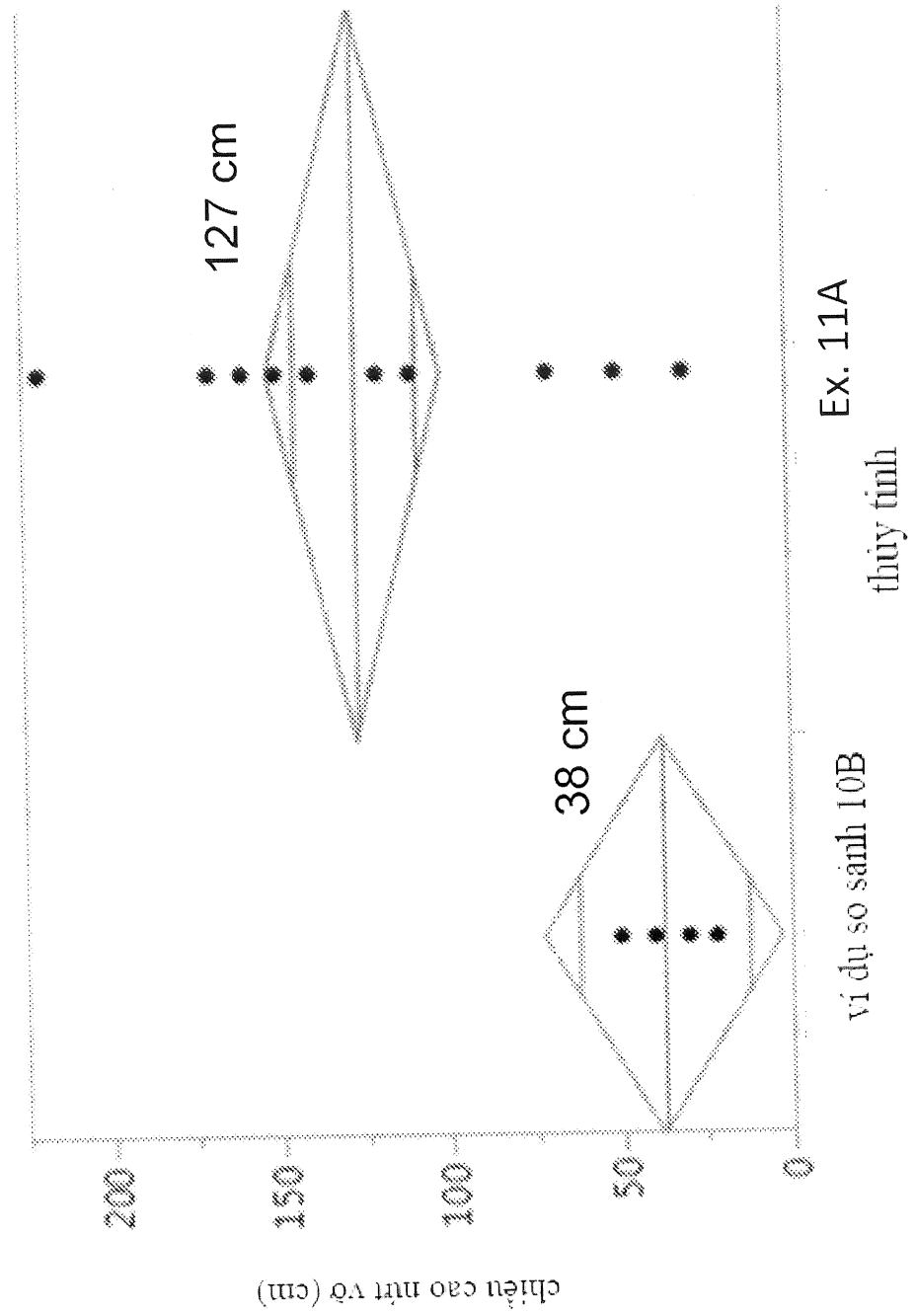
Mài mòn vòng  
95% CI  
chiều dày thủy tinh = 0.8 mm





37/50

FIG. 36



38/50

FIG. 37

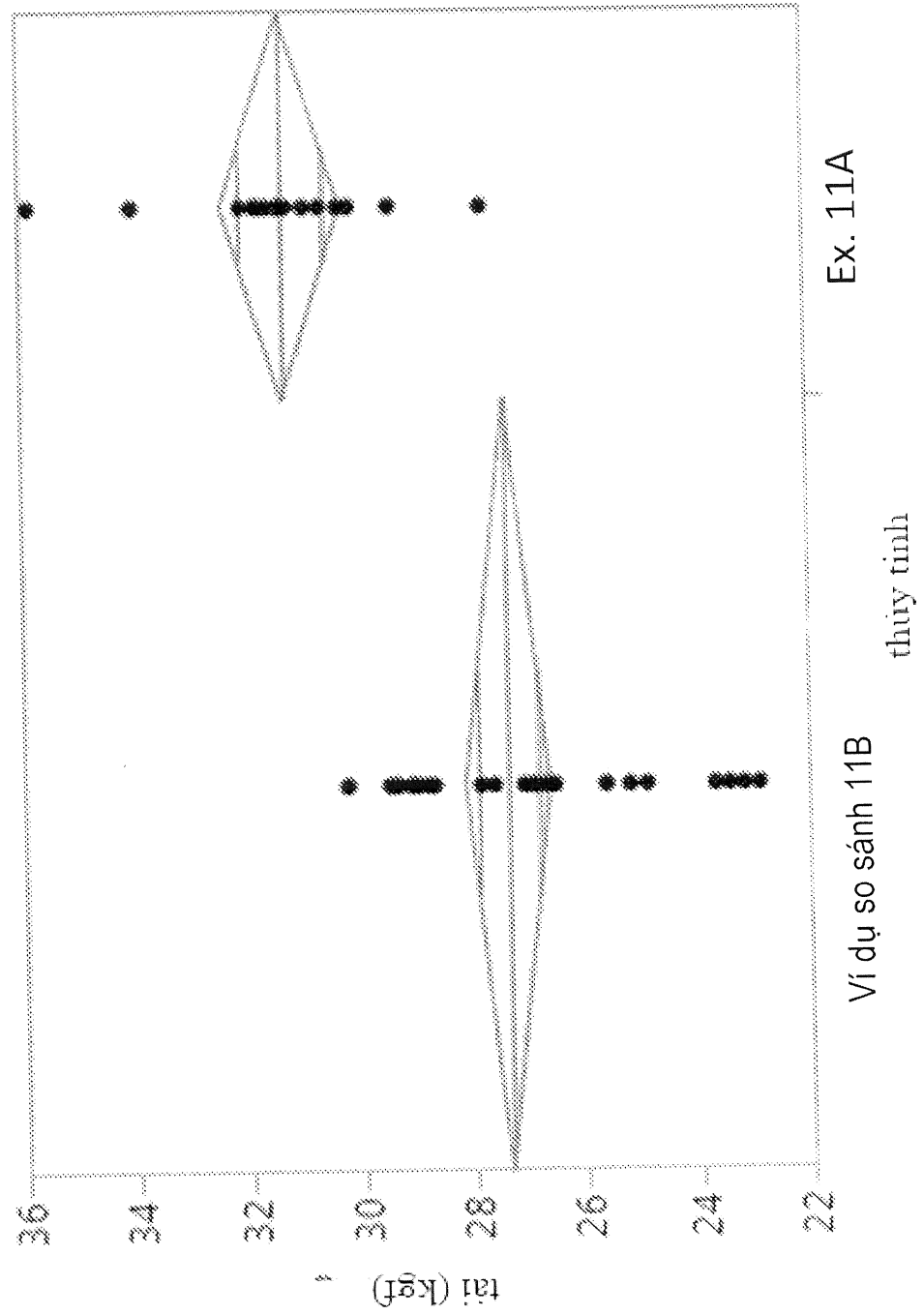
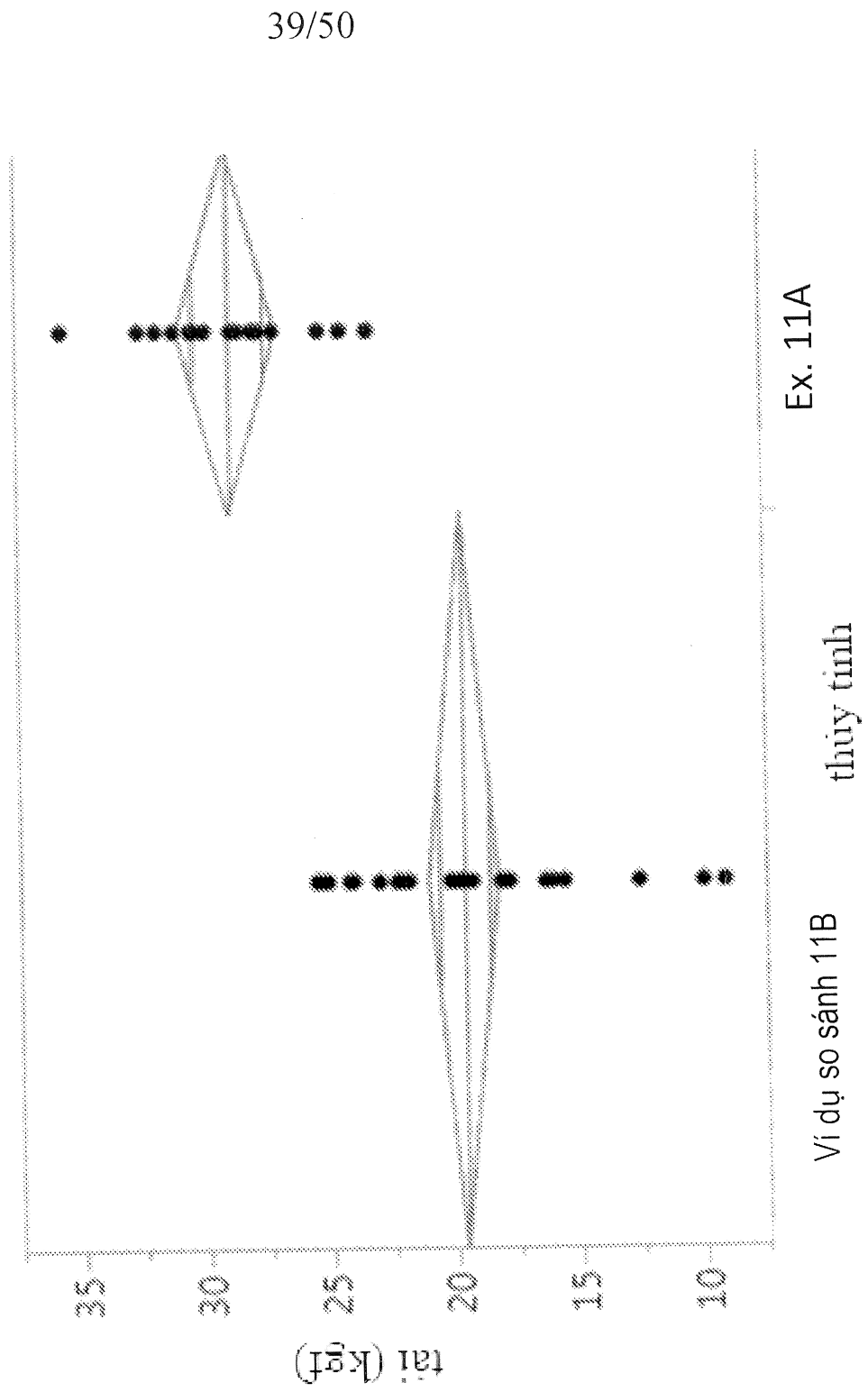
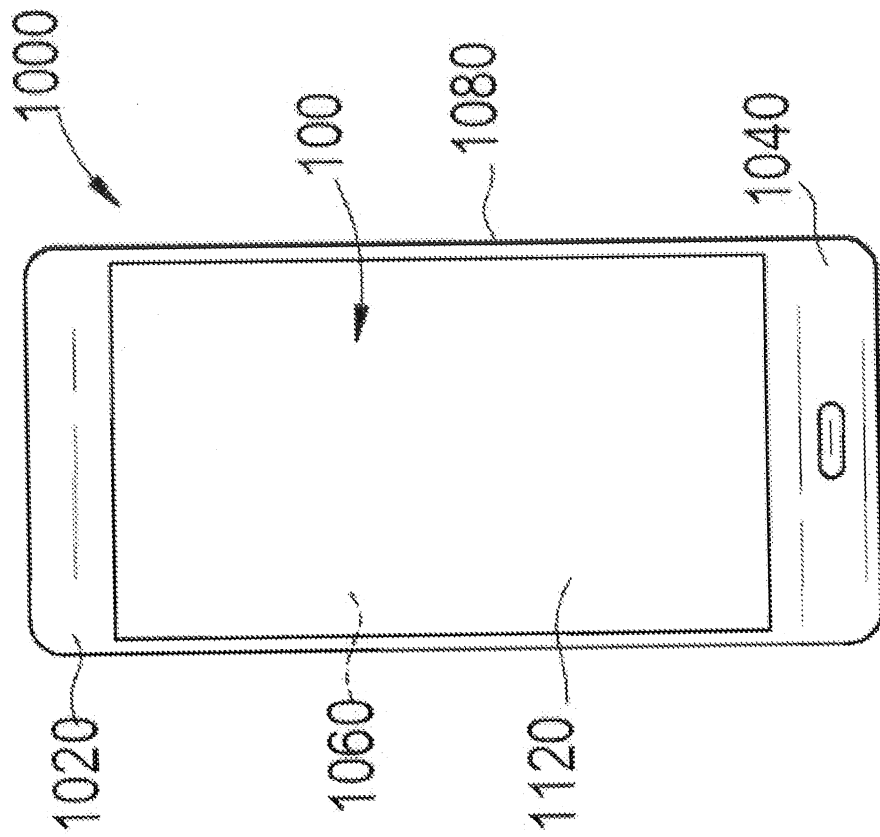


FIG. 38



40/50

FIG. 39



41/50

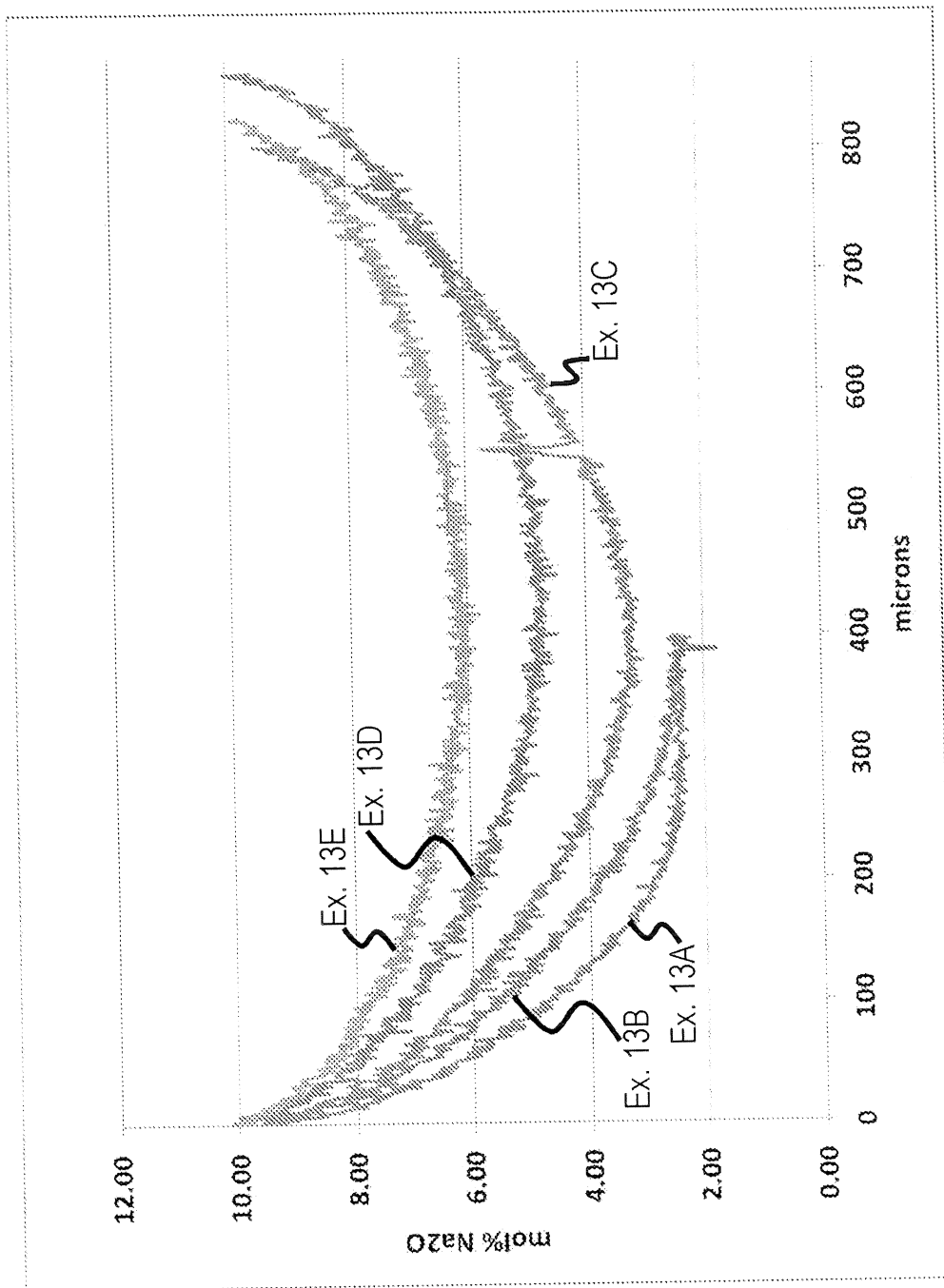


FIG. 40

42/50

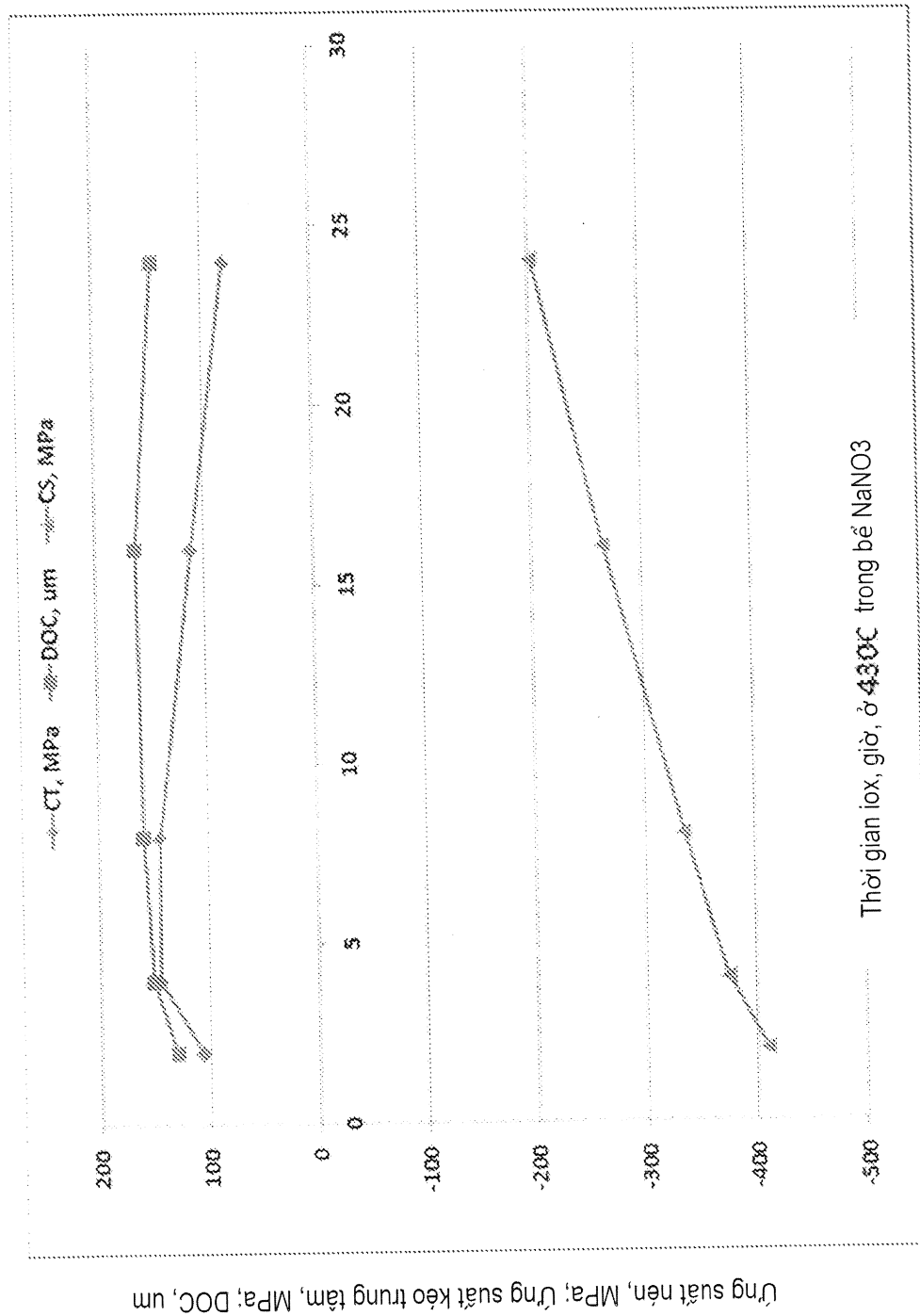


FIG. 41

43/50

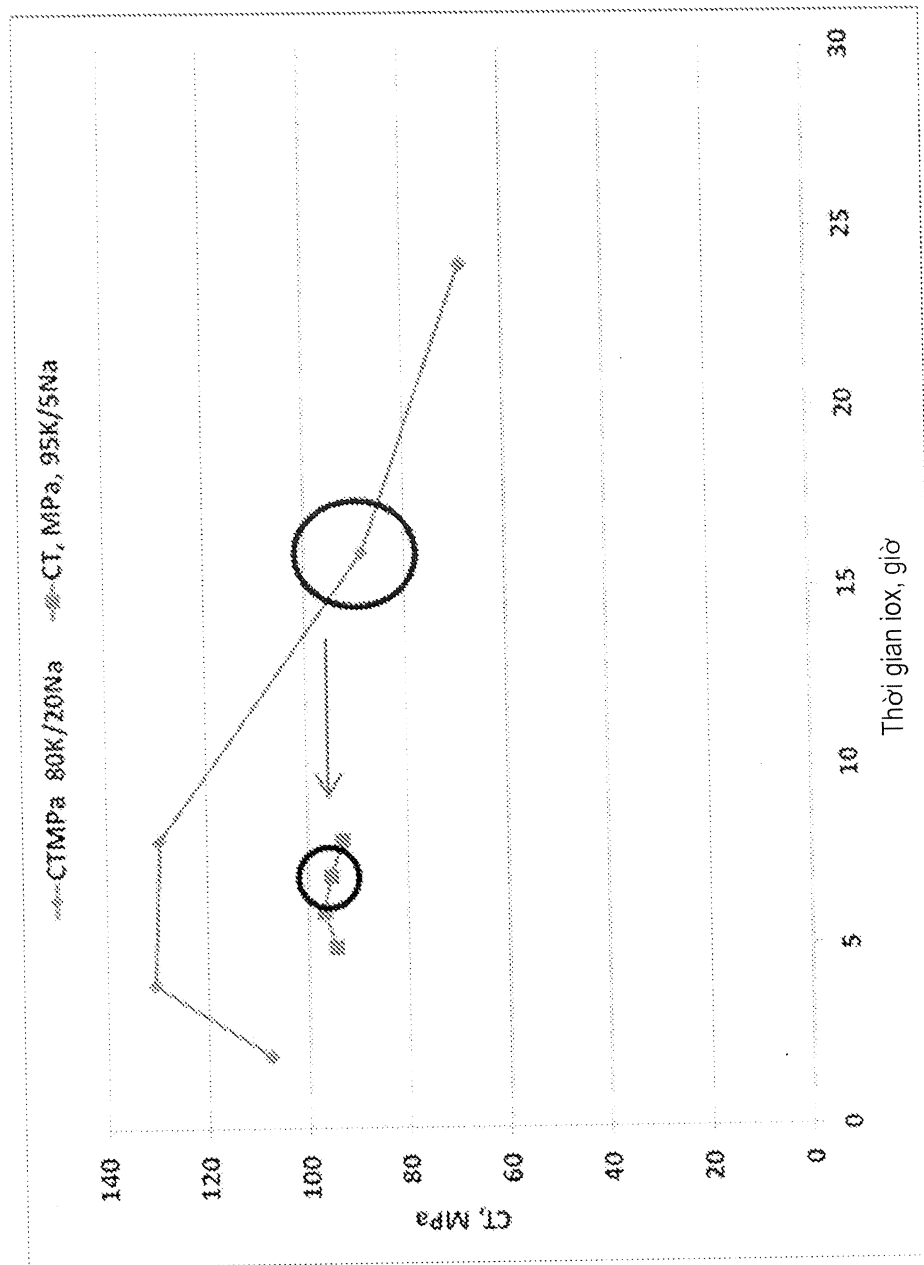


FIG. 42

44/50

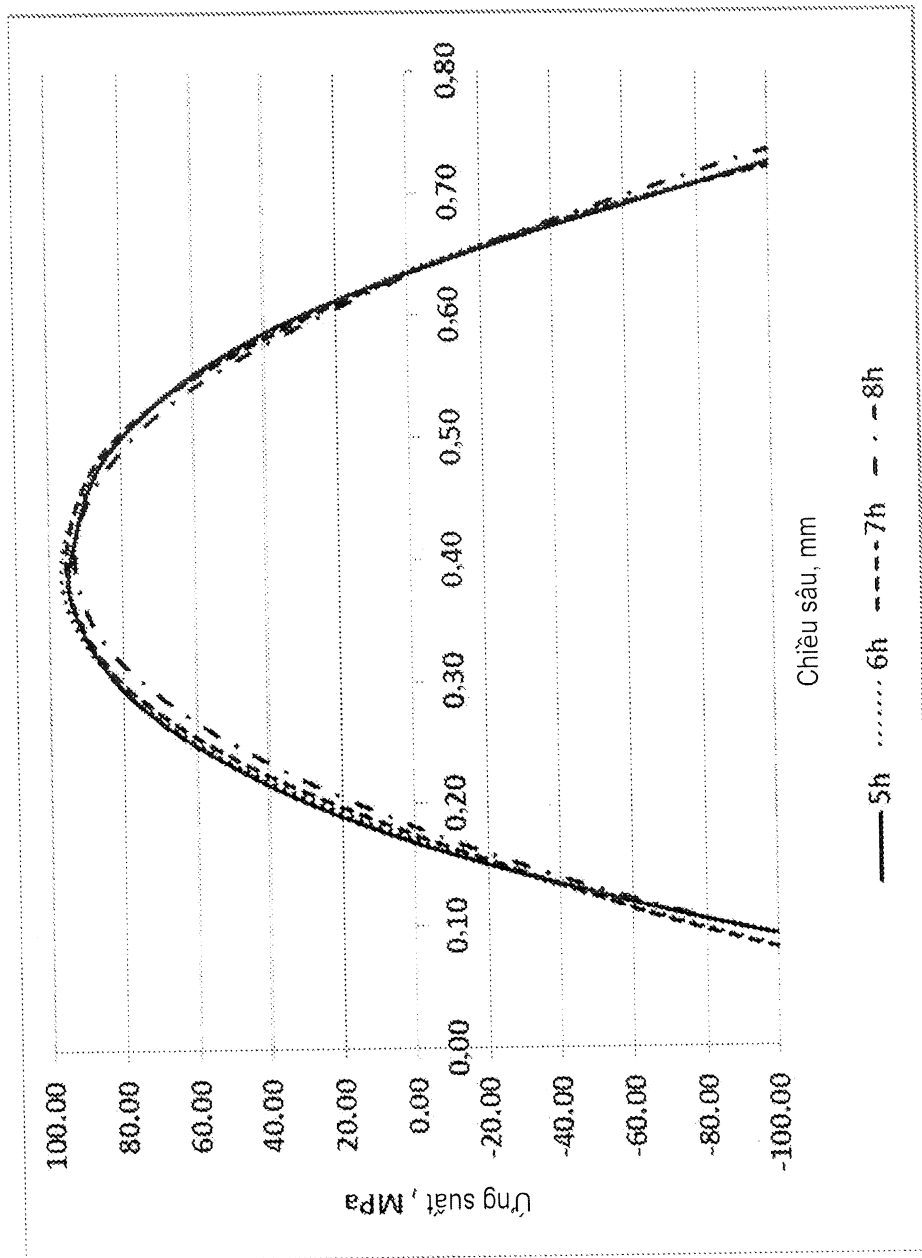
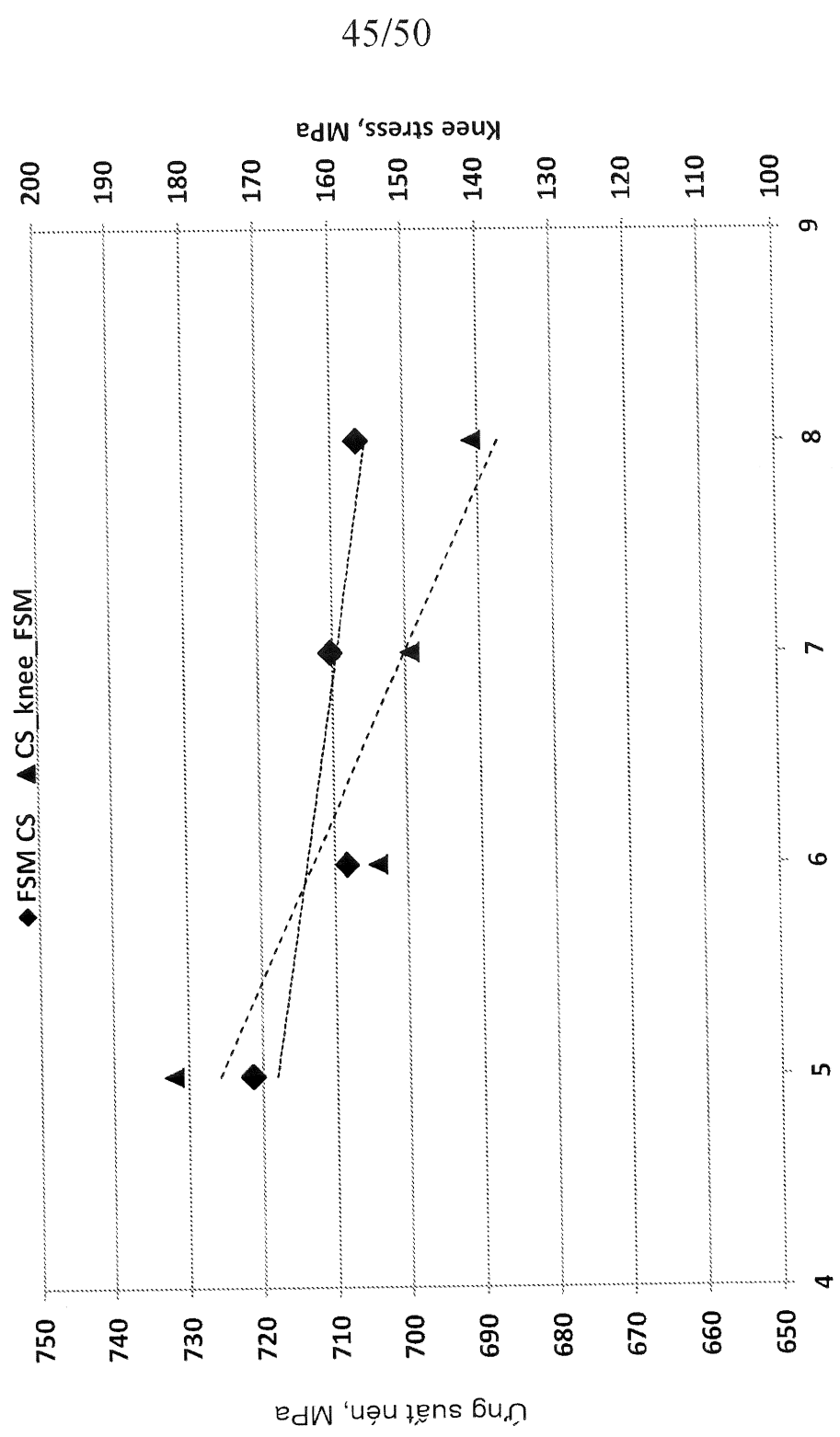


FIG. 43



Thời gianiox, giờ

FIG. 44

46/50

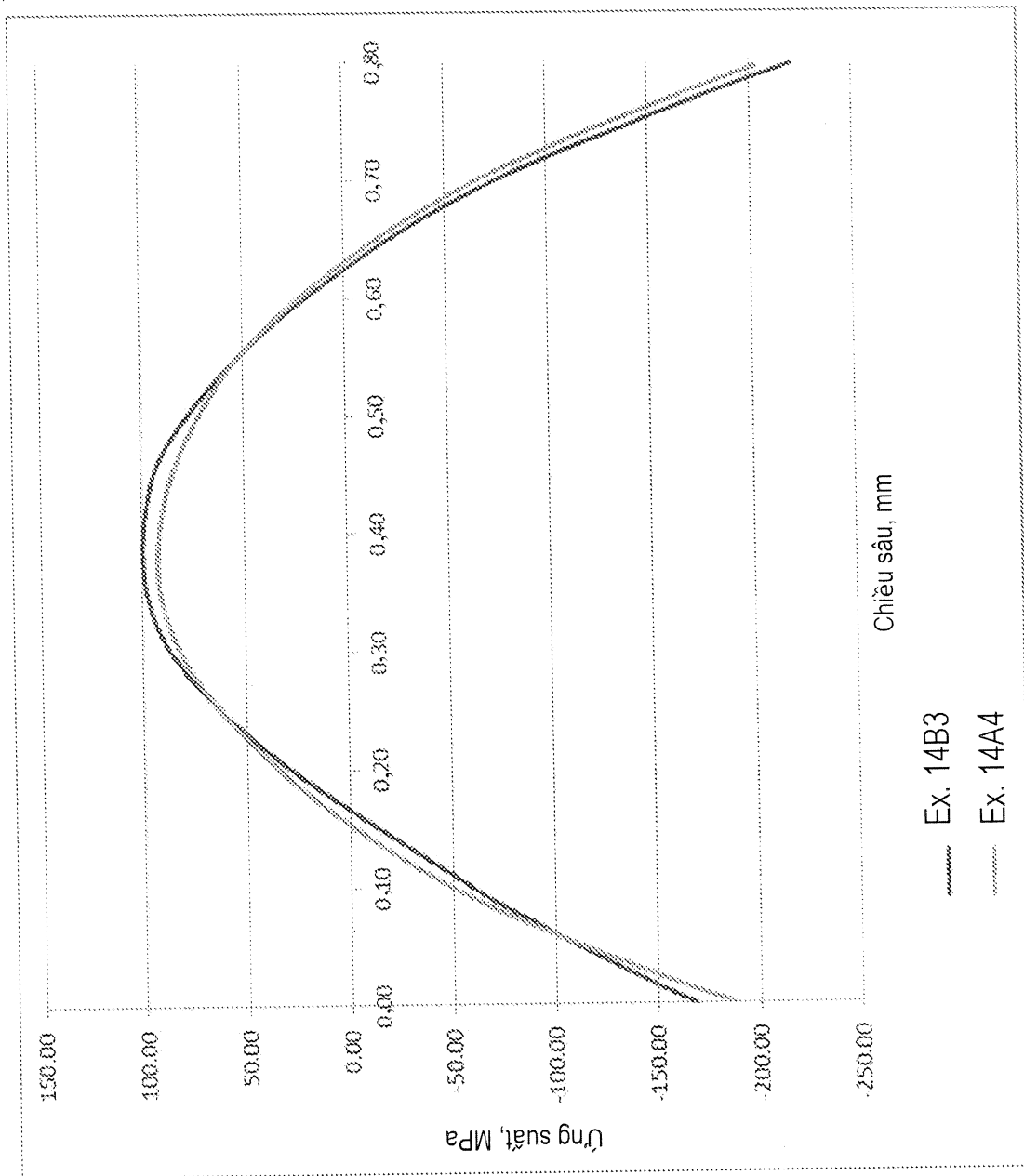


FIG. 45

47/50

Thử nghiệm thả rơi bề mặt tăng dần trên giấy ráp  
95% CI  
Chiều dày thủy tinh = 0,8mm

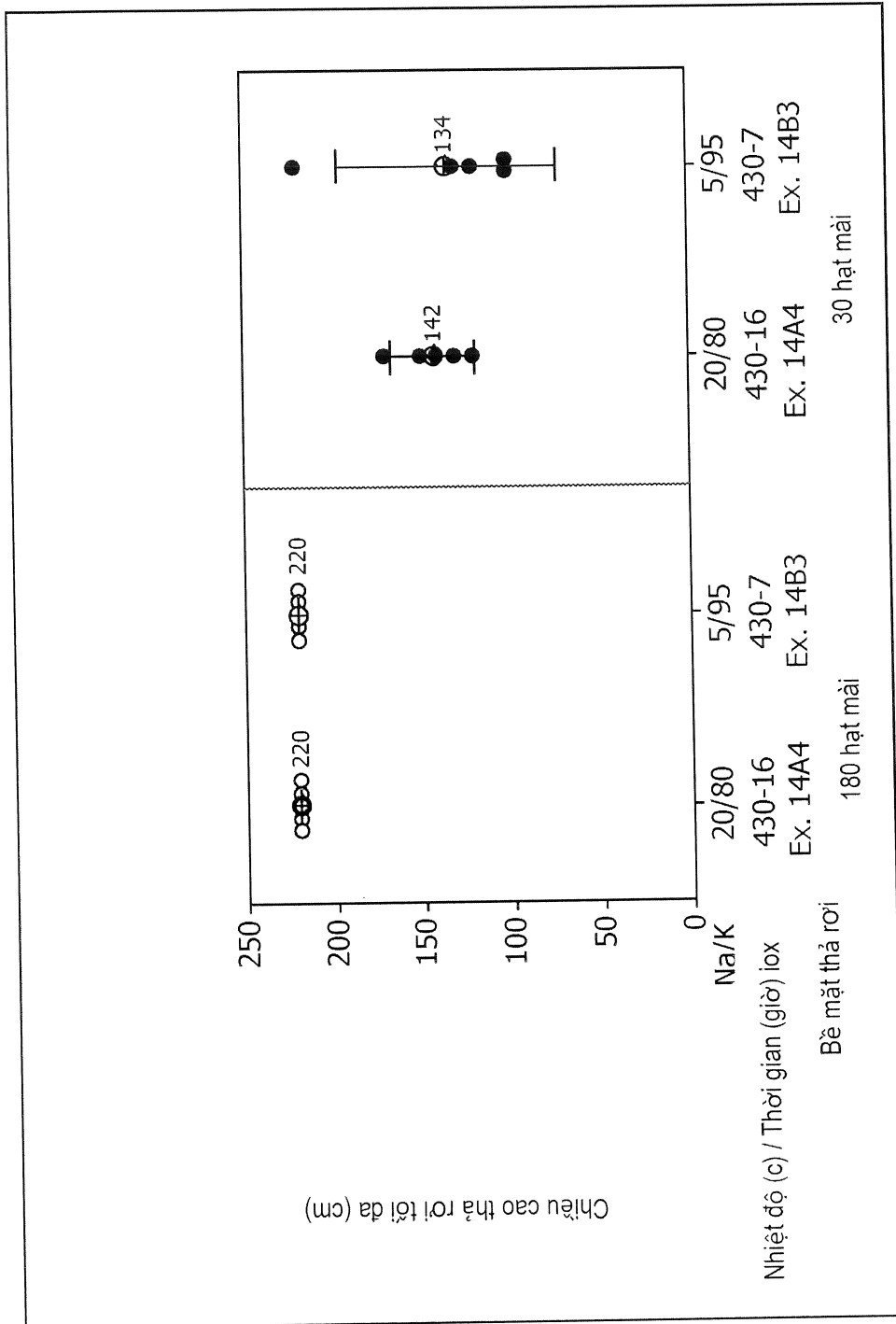


FIG. 46

48/50

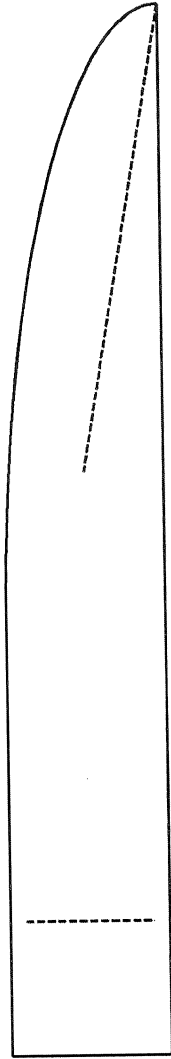


FIG. 47

49/50

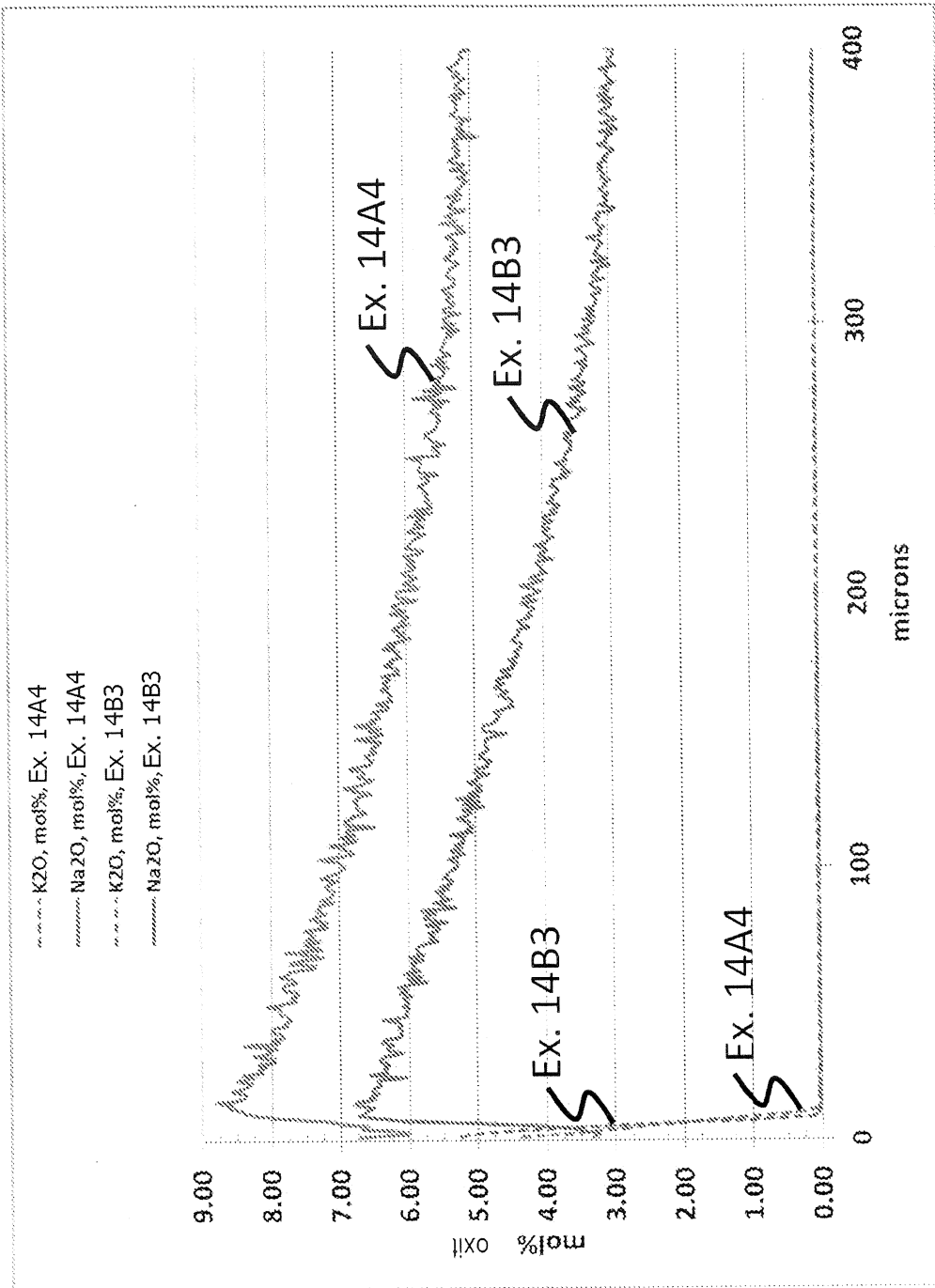


FIG. 48

50/50

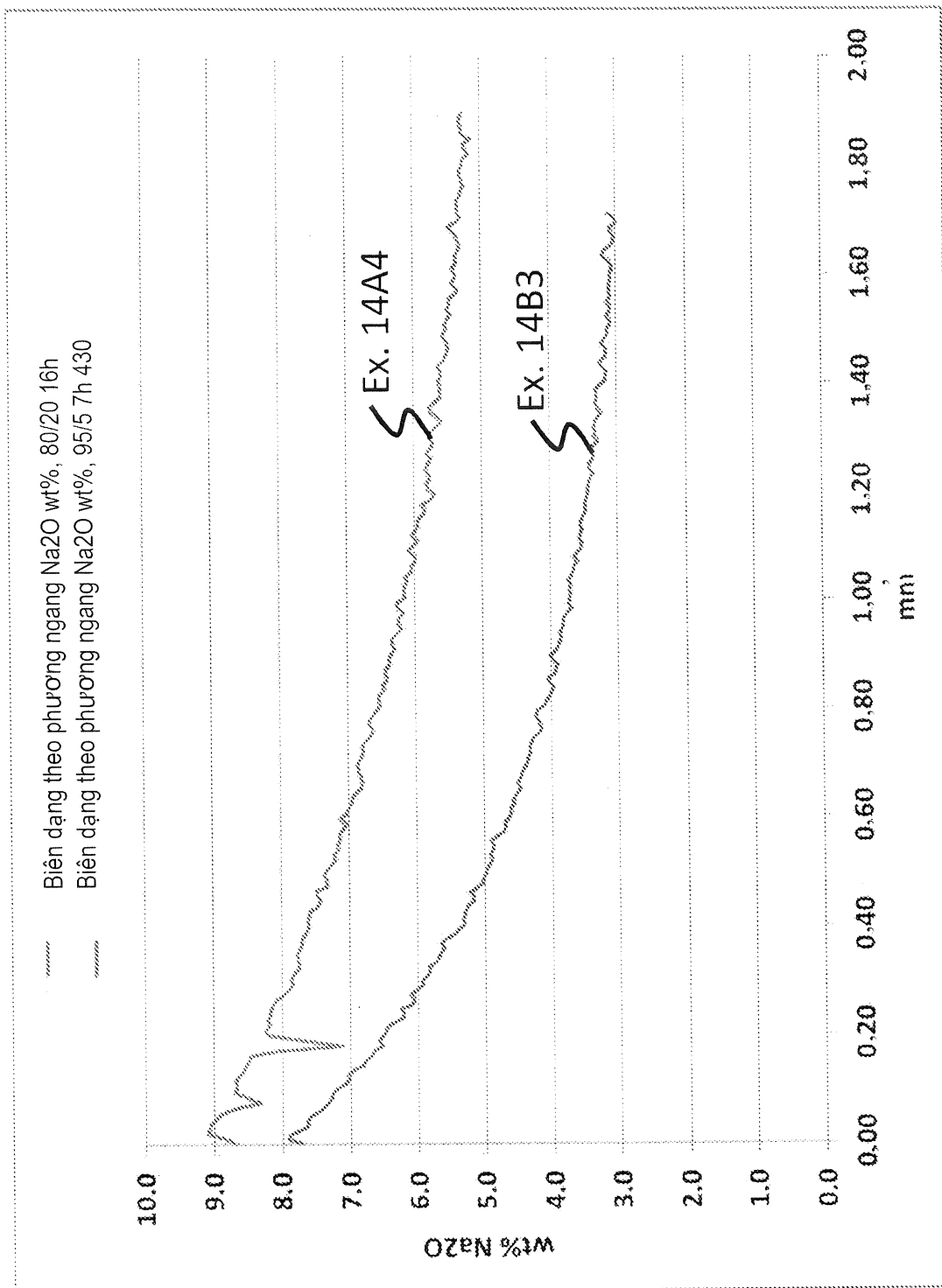


FIG. 49