



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

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

(11)



1-0044816

(51)<sup>2020.01</sup> C03C 21/00; C03C 3/097; C03C 3/091 (13) B

(21) 1-2021-00512

(22) 01/07/2019

(86) PCT/US2019/040056 01/07/2019

(87) WO2020/009957 09/01/2020

(30) 62/693,134 02/07/2018 US

(45) 25/04/2025 445

(43) 26/04/2021 397A

(71) CORNING INCORPORATED (US)

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

(72) SCHNEIDER, Vitor Marino (US).

(74) Công ty Luật TNHH T&G (TGVN)

(54) VẬT PHẨM TRÊN CƠ SỞ THỦY TINH CÓ BIÊN DẠNG ỨNG SUẤT ĐƯỢC  
CẢI THIỆN, SẢN PHẨM ĐIỆN TỬ TIÊU DÙNG CHỨA VẬT PHẨM NÀY VÀ  
PHƯƠNG PHÁP TẠO RA VẬT PHẨM TRÊN CƠ SỞ THỦY TINH

(21) 1-2021-00512

(57) Sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được sản xuất bằng quá trình trao đổi ion độc nhất sinh ra vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có biên dạng ứng suất được cải thiện với các trị số ứng suất cao hơn tại các độ sâu vừa phải. Môi trường của quá trình trao đổi ion chứa các ion của hai hoặc nhiều kim loại kiềm của hai hoặc nhiều oxit kim loại kiềm trong hợp phần kiềm của nền trên cơ sở thủy tinh theo tỷ lệ sao cho các ion của mỗi một kim loại kiềm là cân bằng hóa học với mỗi một trong số các kim loại kiềm tương ứng của oxit kim loại kiềm trong chế phẩm thủy tinh kiềm.

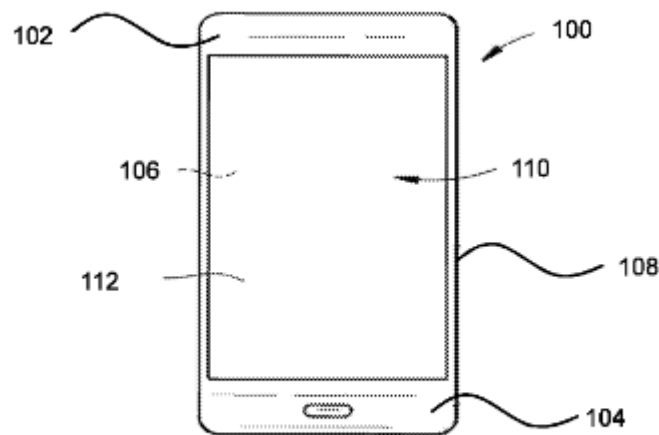


FIG. 1A

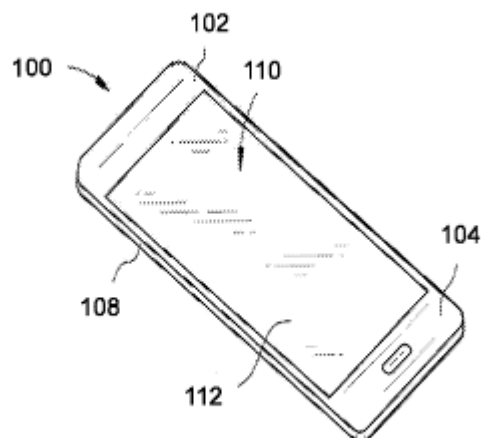


FIG. 1B

### **Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập**

Các phương án của sáng chế đề cập chung đến các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có biên dạng ứng suất được cải thiện và phương pháp tạo ra vật phẩm trên cơ sở thủy tinh này.

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

Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được sử dụng trong nhiều ngành công nghiệp khác nhau bao gồm điện tử tiêu dùng, giao thông, kiến trúc, quốc phòng, y tế và đóng gói. Đối với điện tử tiêu dùng, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được sử dụng trong các thiết bị điện tử làm các tấm phủ hoặc cửa sổ cho các thiết bị truyền thông và giải trí điện tử cầm tay hoặc di động, như điện thoại di động, điện thoại thông minh, máy tính bảng, thiết bị quay video, các thiết bị đầu cuối thông tin (IT), máy tính xách tay, các hệ thống dẫn đường và tương tự. Trong kiến trúc, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được bao gồm trong cửa sổ, panen vôi hoa xen, và mặt bếp; và trong giao thông, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có mặt trong ô tô, tàu hỏa, máy bay và tàu biển. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh thích hợp cho bất kỳ ứng dụng nào đòi hỏi vật phẩm có độ bền chống rạn nứt cao nhưng mỏng và nhẹ. Đối với mỗi ngành công nghiệp, độ tin cậy cơ học và/hoặc hóa học của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh điển hình phụ thuộc vào chức năng, đặc tính và chi phí. Việc cải thiện độ tin cậy cơ học và/hoặc hóa học của các vật phẩm này là mục đích đang tiến hành.

Xử lý hóa học là phương pháp gia cường để truyền biên dạng ứng suất mong muốn/thiết kế có một hoặc nhiều thông số sau: ứng suất nén (CS), độ sâu nén (DOC), và ứng suất kéo trung tâm tối đa (CT). Nhiều vật phẩm trên cơ sở thủy tinh, bao gồm các vật phẩm với biên dạng ứng suất thiết kế, có ứng suất nén cao nhất hoặc đạt đỉnh tại bề mặt thủy tinh và giảm từ trị số đỉnh dịch chuyển ra xa bề mặt, và có ứng suất 0 tại

một vị trí bên trong nào đó của vật phẩm thủy tinh trước khi ứng suất trong vật phẩm thủy tinh trở thành ứng suất kéo căng. Xử lý gia cường hóa học bằng quá trình trao đổi ion (IOX) của thủy tinh chứa kiềm là một phương pháp được xác nhận trong lĩnh vực này.

Trong ngành công nghiệp điện tử tiêu dùng, thủy tinh gia cường hóa học được sử dụng làm vật liệu ưu tiên cho các mặt phủ hiển thị do các đặc tính thẩm mỹ học và độ bền chống cào xước tốt hơn so với chất dẻo, và đặc tính thả rơi càng tốt thì độ bền chống cào xước càng tốt hơn so với thủy tinh không được gia cường.

Hiện đang có nhu cầu tạo ra được vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có độ tin cậy cơ học và/hoặc hóa học cho ngành công nghiệp này. Hiện cũng đang có nhu cầu tạo ra được vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có độ tin cậy cơ học và/hoặc hóa học theo cách chi phí hiệu quả.

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

Các khía cạnh của sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh và phương pháp sản xuất chúng.

Một khía cạnh đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh bao gồm: nền trên cơ sở thủy tinh có các mặt đối diện thứ nhất và thứ hai xác định độ dày nền ( $t$ ); hợp phần trung tâm ở tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh chứa hai hoặc nhiều oxit kim loại kiềm; nồng độ bề mặt của mỗi một trong số hai hoặc nhiều oxit kim loại kiềm là khác 0 ở một hoặc cả hai bề mặt thứ nhất và thứ hai; và oxit kim loại, khác với hai hoặc nhiều oxit kim loại kiềm của hợp phần trung tâm, có nồng độ khác 0 mà nồng độ này thay đổi từ bề mặt thứ nhất tới độ sâu lớp (DOL) đối với oxit kim loại; trong đó ở các độ dày sâu hơn khoảng 3 lần DOL, nồng độ của mỗi một trong số hai hoặc nhiều oxit kim loại kiềm là trong khoảng 10% của nồng độ tương ứng của mỗi một trong số hai hoặc nhiều oxit kim loại kiềm ở hợp phần trung tâm.

Khía cạnh khác đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh bao gồm: nền trên cơ sở thủy tinh có các mặt đối diện thứ nhất và thứ hai xác định độ dày nền ( $t$ ); hợp phần trung tâm ở tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh chứa hai hoặc nhiều oxit kim loại kiềm; nồng độ bề mặt của mỗi một trong số hai hoặc nhiều oxit kim loại kiềm là khác 0

ở một hoặc cả hai bề mặt thứ nhất và thứ hai; oxit kim loại, khác với hai hoặc nhiều oxit kim loại kiềm của hợp phần trung tâm, có nồng độ khác 0 mà nồng độ này thay đổi từ các bề mặt thứ nhất và thứ hai tới độ sâu lớp (DOL) của oxit kim loại; và biên dạng ứng suất bao gồm: vùng đỉnh nhọn kéo dài từ bề mặt thứ nhất tới vùng chuyển tiếp; vùng chuyển tiếp kéo dài tới vùng đuôi; và vùng đuôi kéo dài tới tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh; trong đó vùng chuyển tiếp bao gồm ứng suất nén thứ nhất ở độ sâu lớn hơn hoặc bằng khoảng  $0,00625 \cdot t$  từ bề mặt thứ nhất là ít nhất khoảng 150 MPa, và ứng suất nén thứ hai ở độ sâu lớn hơn hoặc bằng khoảng  $0,025 \cdot t$  từ bề mặt thứ nhất là ít nhất khoảng 120 MPa.

Một khía cạnh chi tiết đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh bao gồm: nền trên cơ sở thủy tinh có các mặt đối diện thứ nhất và thứ hai xác định độ dày nền ( $t$ ); hợp phần trung tâm ở tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh chứa lithi và một hoặc nhiều oxit kim loại kiềm bổ sung; nồng độ bề mặt của mỗi một trong số lithi và một hoặc nhiều oxit kim loại kiềm bổ sung là khác 0 ở một hoặc cả hai bề mặt thứ nhất và thứ hai; oxit kim loại, khác với lithi và một hoặc nhiều oxit kim loại kiềm bổ sung của hợp phần trung tâm, có nồng độ khác 0 mà nồng độ này thay đổi từ các bề mặt thứ nhất và thứ hai tới độ sâu lớp (DOL) của oxit kim loại; độ sâu nén (DOC) lớn hơn hoặc bằng khoảng  $0,13 \cdot t$ ; và ứng suất nén thứ nhất ở độ sâu từ khoảng 5 micromet đến 10 micromet từ bề mặt thứ nhất ít nhất là 150 MPa, và ứng suất nén thứ hai ở độ sâu từ khoảng 15 micromet đến khoảng 20 micromet từ bề mặt thứ nhất ít nhất là 120 MPa.

Khía cạnh khác đề cập đến sản phẩm điện tử tiêu dùng bao gồm: vỏ có mặt trước, mặt sau, và các mặt bên; các thành phần điện được cung cấp ít nhất một phần bên trong vỏ, các thành phần điện bao gồm ít nhất bộ phận điều khiển, bộ nhớ, và bộ phận hiển thị, bộ phận hiển thị được bố trí tại hoặc liền kề với mặt trước của vỏ; và nắp che được bố trí ở trên bộ phận hiển thị; trong đó một phần của ít nhất một trong số vỏ và nắp che bao gồm vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh hoặc phương án bất kỳ được bộc lộ trong bản mô tả này.

Theo khía cạnh khác, phương pháp tạo ra vật phẩm trên cơ sở thủy tinh bao gồm các bước: cho nền trên cơ sở thủy tinh chứa hai hoặc nhiều oxit kim loại kiềm trong hợp phần kiềm, nền trên cơ sở thủy tinh có các mặt đối diện thứ nhất và thứ hai xác định độ

dày nền ( $t$ ), tiếp xúc với quá trình xử lý trao đổi ion để tạo ra vật phẩm trên cơ sở thủy tinh, quá trình xử lý trao đổi ion bao gồm dung dịch chứa: các ion kim loại thứ nhất khác với hai hoặc nhiều kim loại kiềm của oxit kim loại kiềm trong hợp phần kiềm; và các ion của hai hoặc nhiều kim loại kiềm của hai hoặc nhiều oxit kim loại kiềm trong hợp phần kiềm ở tỷ lệ sao cho các ion của mỗi một kim loại kiềm là cân bằng hóa học với mỗi một trong số các kim loại kiềm tương ứng của oxit kim loại kiềm trong hợp phần kiềm.

Theo khía cạnh khác, phương pháp tạo ra vật phẩm trên cơ sở thủy tinh bao gồm bước: cho nền trên cơ sở thủy tinh chứa hai hoặc nhiều oxit kim loại kiềm trong hợp phần kiềm, nền trên cơ sở thủy tinh có các mặt đối diện thứ nhất và thứ hai xác định độ dày nền ( $t$ ), tiếp xúc với quá trình xử lý trao đổi ion lần thứ nhất để tạo ra nền trên cơ sở thủy tinh pha trộn, quá trình xử lý trao đổi ion lần thứ nhất bao gồm dung dịch thứ nhất chứa: các ion kim loại thứ nhất khác với hai hoặc nhiều kim loại kiềm của oxit kim loại kiềm trong hợp phần kiềm; và các ion của hai hoặc nhiều kim loại kiềm của hai hoặc nhiều oxit kim loại kiềm trong hợp phần kiềm ở tỷ lệ sao cho các ion của mỗi một kim loại kiềm là cân bằng hóa học với mỗi một trong số các kim loại kiềm tương ứng của oxit kim loại kiềm trong hợp phần kiềm; sau đó cho nền trên cơ sở thủy tinh pha trộn tiếp xúc với quá trình xử lý trao đổi ion lần thứ hai bao gồm dung dịch thứ hai chứa các ion kim loại thứ hai để tạo ra vật phẩm trên cơ sở thủy tinh; và tùy ý bao gồm thêm các quá trình xử lý gia cường bổ sung được chọn từ nhóm gồm: trao đổi ion, ủ nhiệt, và tổ hợp của các thao tác này.

Theo khía cạnh (1), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh bao gồm: các bề mặt đối diện thứ nhất và thứ hai xác định độ dày ( $t$ ); hợp phần trung tâm ở tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh chứa hai oxit kim loại kiềm; nồng độ bề mặt của mỗi một trong hai oxit kim loại kiềm là khác 0 ở một hoặc cả hai bề mặt thứ nhất và thứ hai; và oxit kim loại, khác với hai oxit kim loại kiềm của hợp phần trung tâm, có nồng độ khác 0 mà nồng độ này thay đổi từ bề mặt thứ nhất tới độ sâu lớp (DOL) đối với oxit kim loại. Ở độ sâu khoảng ba lần DOL, nồng độ của mỗi một trong hai oxit kim loại kiềm là trong khoảng 10% của nồng độ tương ứng của mỗi một trong hai oxit kim loại kiềm ở hợp phần trung tâm.

Theo khía cạnh (2), vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh (1) được đề cập, trong đó nồng độ của mỗi một trong hai oxit kim loại kiềm ở độ sâu khoảng ba lần DOL là  $\pm 5\%$  của nồng độ tương ứng của mỗi một trong hai oxit kim loại kiềm ở hợp phần trung tâm.

Theo khía cạnh (3), vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh (1) hoặc (2) được đề cập, trong đó tại bề mặt thứ nhất, nồng độ bề mặt của mỗi một trong hai oxit kim loại kiềm là  $\pm 5\%$  của nồng độ tương ứng của mỗi một trong hai oxit kim loại kiềm ở hợp phần trung tâm.

Theo khía cạnh (4), vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo một trong số các khía cạnh từ (1) đến (3) được đề cập, trong đó vật phẩm trên cơ sở thủy tinh bao gồm nhôm silicat kiềm, bo silicat chứa kiềm, nhôm bo silicat chứa kiềm, hoặc phosphosilicat chứa kiềm.

Theo khía cạnh (5), vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo một trong số các khía cạnh từ (1) đến (4) được đề cập, trong đó hợp phần trung tâm chứa 1 % mol hoặc ít hơn của oxit kim loại khác với hai oxit kim loại kiềm của hợp phần trung tâm.

Theo khía cạnh (6), vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo một trong số các khía cạnh từ (1) đến (5) được đề cập, trong đó oxit kim loại khác với hai oxit kim loại kiềm của hợp phần trung tâm được chọn từ nhóm gồm: lithi (Li), natri (Na), kali (K), rubidi (Rb), xesi (Cs), franxi (Fr), bạc (Ag), vàng (Au), đồng (Cu), và tổ hợp của chúng.

Theo khía cạnh (7), vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo một trong số các khía cạnh từ (1) đến (6) được đề cập, trong đó hai oxit kim loại kiềm của hợp phần trung tâm bao gồm lithi và natri, và oxit kim loại khác với hai oxit kim loại kiềm của hợp phần trung tâm là kali.

Theo khía cạnh (8), vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo một trong số các khía cạnh từ (1) đến (7) được đề cập, bao gồm biên dạng ứng suất bao gồm: vùng đỉnh nhọn kéo dài từ bề mặt thứ nhất tới vùng chuyển tiếp; vùng chuyển tiếp kéo dài tới vùng đuôi; và vùng đuôi kéo dài tới tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh. Tất cả các điểm của biên dạng ứng suất nằm ở vùng đỉnh nhọn bao gồm đường tiếp tuyến có trị số tuyệt đối bằng 20 MPa/micromet hoặc lớn hơn, tất cả các điểm của biên dạng ứng suất nằm ở vùng chuyển tiếp bao gồm đường tiếp tuyến có trị số tuyệt đối nhỏ hơn 20 MPa/micromet, và

tất cả các điểm của biên dạng ứng suất nằm ở vùng đuôi bao gồm đường tiếp tuyến có trị số tuyệt đối nhỏ hơn trị số tuyệt đối của các đường tiếp tuyến của vùng chuyển tiếp.

Theo khía cạnh (9), vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo một trong số các khía cạnh từ (1) đến (8) được đề cập, trong đó  $t$  nằm trong khoảng từ 50 micromet đến 5 milimet.

Theo khía cạnh (10), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh bao gồm: các bề mặt đối diện thứ nhất và thứ hai xác định độ dày ( $t$ ); hợp phần trung tâm ở tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh chứa hai oxit kim loại kiềm; nồng độ bề mặt của mỗi một trong hai oxit kim loại kiềm là khác 0 ở một hoặc cả hai bề mặt thứ nhất và thứ hai; oxit kim loại, khác với hai oxit kim loại kiềm của hợp phần trung tâm, có nồng độ khác 0 mà nồng độ này thay đổi từ các bề mặt thứ nhất và thứ hai tới độ sâu lớp (DOL) của oxit kim loại; và biên dạng ứng suất. Biên dạng ứng suất bao gồm: vùng đỉnh nhọn kéo dài từ bề mặt thứ nhất tới vùng chuyển tiếp; vùng chuyển tiếp kéo dài tới vùng đuôi; và vùng đuôi kéo dài tới tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh; trong đó vùng chuyển tiếp bao gồm ứng suất nén thứ nhất ở độ sâu lớn hơn hoặc bằng khoảng  $0,00625 \cdot t$  từ bề mặt thứ nhất là ít nhất khoảng 150 MPa, và ứng suất nén thứ hai ở độ sâu lớn hơn hoặc bằng khoảng  $0,025 \cdot t$  từ bề mặt thứ nhất là ít nhất khoảng 120 MPa.

Theo khía cạnh (11), vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh (10) được đề cập, trong đó ứng suất nén thứ nhất nằm ở giữa độ sâu khoảng 5 và 10 micromet từ bề mặt thứ nhất và nằm trong khoảng từ khoảng 150 MPa đến khoảng 300 MPa, và ứng suất nén thứ hai nằm ở giữa độ sâu khoảng 15 và 20 micromet từ bề mặt thứ nhất và nằm trong khoảng từ khoảng 120 MPa đến khoảng 240 MPa.

Theo khía cạnh (12), vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo một trong số các khía cạnh (10) hoặc (11) được đề cập, trong đó vật phẩm trên cơ sở thủy tinh bao gồm nhôm silicat kiềm, bo silicat chứa kiềm, nhôm bo silicat chứa kiềm, hoặc phosphosilicat chứa kiềm.

Theo khía cạnh (13), vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo một trong số các khía cạnh từ (10) đến (12) được đề cập, trong đó hợp phần trung tâm chứa 1 % mol hoặc ít hơn của oxit kim loại khác với hai oxit kim loại kiềm của hợp phần trung tâm.

Theo khía cạnh (14), vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo một trong số các khía cạnh từ (10) đến (13) được đề cập, trong đó oxit kim loại khác với hai oxit kim loại kiềm của hợp phần trung tâm được chọn từ nhóm gồm: lithi (Li), natri (Na), kali (K), rubidi (Rb), xesi (Cs), franxi (Fr), bạc (Ag), vàng (Au), đồng (Cu), và tổ hợp của chúng.

Theo khía cạnh (15), vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo một trong số các khía cạnh từ (10) đến (14) được đề cập, bao gồm độ sâu nén (DOC) lớn hơn hoặc bằng  $0,13 \cdot t$ .

Theo khía cạnh (16), vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo một trong số các khía cạnh từ (10) đến (15) được đề cập, trong đó tất cả các điểm của biên dạng ứng suất nằm ở vùng đỉnh nhọn bao gồm đường tiếp tuyến có trị số tuyệt đối bằng 20 MPa/micromet hoặc lớn hơn.

Theo khía cạnh (17), vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo một trong số các khía cạnh từ (10) đến (16) được đề cập, trong đó tất cả các điểm của biên dạng ứng suất nằm ở vùng chuyển tiếp bao gồm đường tiếp tuyến có trị số tuyệt đối nhỏ hơn 20 MPa/micromet và lớn hơn trị số tuyệt đối của đường tiếp tuyến của tất cả các điểm của biên dạng ứng suất nằm ở vùng đuôi.

Theo khía cạnh (18), vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo một trong số các khía cạnh từ (10) đến (16) được đề cập, trong đó tất cả các điểm của biên dạng ứng suất nằm ở độ sâu từ khoảng 15 micromet đến khoảng 20 micromet là nhỏ hơn 20 MPa/micromet và lớn hơn 2,0 MPa/micromet.

Theo khía cạnh (19), vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo một trong số các khía cạnh từ (10) đến (18) được đề cập, trong đó ứng suất nén bề mặt tại bề mặt thứ nhất là 400 MPa hoặc lớn hơn.

Theo khía cạnh (20), vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo một trong số các khía cạnh từ (10) đến (19) được đề cập, trong đó hai oxit kim loại kiềm của hợp phần trung tâm bao gồm lithi và natri, và oxit kim loại khác với hai oxit kim loại kiềm của hợp phần trung tâm là kali.

Theo khía cạnh (21), vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo một trong số các khía cạnh từ (10) đến (20) được đề cập, trong đó  $t$  nằm trong khoảng từ 50 micromet đến 5 milimet.

Theo khía cạnh (22), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh bao gồm: các bề mặt đối diện thứ nhất và thứ hai xác định độ dày ( $t$ ); hợp phần trung tâm ở tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh chứa lithi và một hoặc nhiều oxit kim loại kiềm bổ sung; nồng độ bề mặt của mỗi một trong số lithi và một hoặc nhiều oxit kim loại kiềm bổ sung là khác 0 ở một hoặc cả hai bề mặt thứ nhất và thứ hai; oxit kim loại, khác với lithi và một hoặc nhiều oxit kim loại kiềm bổ sung của hợp phần trung tâm, có nồng độ khác 0 mà nồng độ này thay đổi từ các bề mặt thứ nhất và thứ hai tới độ sâu lớp (DOL) của oxit kim loại; độ sâu nén (DOC) lớn hơn hoặc bằng khoảng  $0,13 \cdot t$ ; và ứng suất nén thứ nhất ở độ sâu từ khoảng 5 micromet đến 10 micromet từ bề mặt thứ nhất ít nhất là 150 MPa, và ứng suất nén thứ hai ở độ sâu từ khoảng 15 micromet đến khoảng 20 micromet từ bề mặt thứ nhất ít nhất là 120 MPa.

Theo khía cạnh (23), vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh (22) được đề cập, trong đó vật phẩm trên cơ sở thủy tinh bao gồm nhôm silicat kiềm, bo silicat chứa kiềm, nhôm bo silicat chứa kiềm, hoặc phosphosilicat chứa kiềm.

Theo khía cạnh (24), vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo một trong số các khía cạnh (22) hoặc (23) được đề cập, trong đó hợp phần trung tâm chứa 1 % mol hoặc ít hơn của oxit kim loại khác với lithi và một hoặc nhiều oxit kim loại kiềm bổ sung của hợp phần trung tâm.

Theo khía cạnh (25), vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo một trong số các khía cạnh từ (22) đến (24) được đề cập, trong đó oxit kim loại khác với lithi và một hoặc nhiều oxit kim loại kiềm bổ sung của hợp phần trung tâm được chọn từ nhóm gồm: natri (Na), kali (K), rubidi (Rb), xesi (Cs), franxi (Fr), bạc (Ag), vàng (Au), đồng (Cu), và tổ hợp của chúng.

Theo khía cạnh (26), vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo một trong số các khía cạnh từ (22) đến (25) được đề cập, trong đó ở độ sâu từ 3 đến 10 micromet hoặc sâu hơn, nồng độ của oxit kim loại khác với lithi và một hoặc nhiều oxit kim loại kiềm bổ sung của hợp phần trung tâm là 5% khối lượng hoặc cao hơn trong số tất cả các kim loại kiềm trong vật phẩm trên cơ sở thủy tinh.

Theo khía cạnh (27), vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh (26) được đề cập, trong đó oxit kim loại khác với lithi và một hoặc nhiều oxit kim loại kiềm bổ sung của hợp phần trung tâm là kali và độ sâu là 10 micromet.

Theo khía cạnh (28), vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh (26) được đề cập, trong đó oxit kim loại khác với lithi và một hoặc nhiều oxit kim loại kiềm bổ sung của hợp phần trung tâm là rubidi, xesi, hoặc franxi, và độ sâu là 3 micromet.

Theo khía cạnh (29), vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo một trong số các khía cạnh từ (22) đến (25) được đề cập, trong đó ở độ sâu 20 micromet hoặc sâu hơn, nồng độ của oxit kim loại khác với lithi và một hoặc nhiều oxit kim loại kiềm bổ sung của hợp phần trung tâm là 0,3% khối lượng hoặc cao hơn trong số tất cả các kim loại kiềm trong vật phẩm trên cơ sở thủy tinh.

Theo khía cạnh (30), vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh (29) được đề cập, trong đó oxit kim loại khác với lithi và một hoặc nhiều oxit kim loại kiềm bổ sung của hợp phần trung tâm là bạc, vàng hoặc đồng.

Theo khía cạnh (31), vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo một trong số các khía cạnh từ (22) đến (30) được đề cập, trong đó  $t$  nằm trong khoảng từ 50 micromet đến 5 milimet.

Theo khía cạnh (32), sản phẩm điện tử tiêu dùng được đề cập. Sản phẩm điện tử tiêu dùng bao gồm: vỏ có mặt trước, mặt sau, và các mặt bên; các thành phần điện được cung cấp ít nhất một phần bên trong vỏ, các thành phần điện bao gồm ít nhất bộ phận điều khiển, bộ nhớ, và bộ phận hiển thị, bộ phận hiển thị được bố trí tại hoặc liền kề với mặt trước của vỏ; và nắp che được bố trí ở trên bộ phận hiển thị. Ít nhất một phần của ít nhất một trong số vỏ và nắp che bao gồm vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo một trong số các khía cạnh từ (22) đến (31).

Theo khía cạnh (33), phương pháp tạo ra vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được đề cập. Phương pháp bao gồm bước: cho nền trên cơ sở thủy tinh chứa hai oxit kim loại kiềm trong hợp phần kiềm, nền trên cơ sở thủy tinh có các mặt đối diện thứ nhất và thứ hai xác định độ dày nền ( $t$ ), tiếp xúc với quá trình xử lý trao đổi ion để tạo ra vật phẩm trên cơ sở thủy tinh, quá trình xử lý trao đổi ion bao gồm môi trường chứa: các ion kim

loại thứ nhất khác với hai kim loại kiềm của oxit kim loại kiềm trong hợp phần kiềm; và các ion của hai kim loại kiềm của hai oxit kim loại kiềm trong hợp phần kiềm ở tỷ lệ sao cho các ion của mỗi một kim loại kiềm là cân bằng hóa học với mỗi một trong số các kim loại kiềm tương ứng của oxit kim loại kiềm trong hợp phần kiềm.

Theo khía cạnh (34), phương pháp theo khía cạnh (33) được đề cập, trong đó ở độ sâu khoảng ba lần độ sâu lớp (DOL) đối với các ion kim loại thứ nhất, nồng độ của mỗi một trong hai oxit kim loại kiềm là trong khoảng 10% của nồng độ tương ứng của mỗi một trong hai oxit kim loại kiềm trong hợp phần kiềm.

Theo khía cạnh (35), phương pháp theo một trong số các khía cạnh (33) hoặc (34) được đề cập, trong đó nồng độ bề mặt của mỗi một trong hai oxit kim loại kiềm là khác 0 ở một hoặc cả hai bề mặt thứ nhất và thứ hai.

Theo khía cạnh (36), phương pháp theo một trong số các khía cạnh từ (33) đến (35) được đề cập, trong đó các ion kim loại thứ nhất có nồng độ khác 0 thứ nhất mà nồng độ này thay đổi từ bề mặt thứ nhất tới độ sâu lớp (DOL) đối với các ion kim loại thứ nhất, và tại bề mặt thứ nhất, nồng độ bề mặt của mỗi một trong hai oxit kim loại kiềm là  $\pm 5\%$  của nồng độ tương ứng của mỗi một trong hai oxit kim loại kiềm trong hợp phần kiềm.

Theo khía cạnh (37), phương pháp theo một trong số các khía cạnh từ (33) đến (36) được đề cập, trong đó hợp phần bazơ chứa 1 % mol hoặc dưới của các oxit của các ion kim loại thứ nhất.

Theo khía cạnh (38), phương pháp theo một trong số các khía cạnh từ (33) đến (37) được đề cập, trong đó  $t$  nằm trong khoảng từ 50 micromet đến 5 milimet.

Theo khía cạnh (39), phương pháp theo một trong số các khía cạnh từ (33) đến (38) được đề cập, còn bao gồm thao tác xử lý gia cường bổ sung được chọn từ nhóm gồm: phương pháp trao đổi ion, ủ nhiệt, và sự kết hợp của các phương pháp này.

Theo khía cạnh (40), phương pháp tạo ra vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được đề cập. Phương pháp bao gồm bước: cho nền trên cơ sở thủy tinh chứa hai oxit kim loại kiềm trong hợp phần kiềm, nền trên cơ sở thủy tinh có các mặt đối diện thứ nhất và thứ hai xác định độ dày nền ( $t$ ), tiếp xúc với quá trình xử lý trao đổi ion lần thứ nhất để tạo

ra nền trên cơ sở thủy tinh pha trộn, quá trình xử lý trao đổi ion lần thứ nhất bao gồm môi trường thứ nhất chứa: các ion kim loại thứ nhất khác với hai kim loại kiềm của oxit kim loại kiềm trong hợp phần kiềm; và các ion của hai kim loại kiềm của hai oxit kim loại kiềm trong hợp phần kiềm ở tỷ lệ sao cho các ion của mỗi một kim loại kiềm là cân bằng hóa học với mỗi một trong số các kim loại kiềm tương ứng của oxit kim loại kiềm trong hợp phần kiềm; sau đó cho nền trên cơ sở thủy tinh pha trộn tiếp xúc với quá trình xử lý trao đổi ion lần thứ hai bao gồm môi trường thứ hai chứa các ion kim loại thứ hai để tạo ra vật phẩm trên cơ sở thủy tinh.

Theo khía cạnh (41), phương pháp theo khía cạnh (40) được đề cập, trong đó ở độ sâu khoảng ba lần độ sâu lớp (DOL) đối với các ion kim loại thứ nhất, nồng độ của mỗi một trong hai oxit kim loại kiềm là trong khoảng 10% của nồng độ tương ứng của mỗi một trong hai oxit kim loại kiềm trong hợp phần kiềm.

Theo khía cạnh (42), phương pháp theo một trong số các khía cạnh (40) hoặc (41) được đề cập, trong đó trong nền trên cơ sở thủy tinh pha trộn, các ion kim loại thứ nhất có nồng độ khác 0 thứ nhất mà nồng độ này thay đổi từ bề mặt thứ nhất tới độ sâu lớp (DOL) đối với các ion kim loại thứ nhất, và tại bề mặt thứ nhất, nồng độ bề mặt của mỗi một trong hai oxit kim loại kiềm là  $\pm 5\%$  của nồng độ tương ứng của mỗi một trong hai oxit kim loại kiềm trong hợp phần kiềm.

Theo khía cạnh (43), phương pháp theo một trong số các khía cạnh từ (40) đến (42) được đề cập, trong đó hợp phần bazơ chứa 1 % mol hoặc thấp hơn của các oxit của các ion kim loại thứ nhất.

Theo khía cạnh (44), phương pháp theo một trong số các khía cạnh từ (40) đến (43) được đề cập, trong đó môi trường thứ hai chứa: các ion của hai kim loại kiềm của hai oxit kim loại kiềm trong hợp phần kiềm ở tỷ lệ sao cho các ion của mỗi một oxit kim loại kiềm là cân bằng hóa học với mỗi một trong số các kim loại kiềm tương ứng của oxit kim loại kiềm trong hợp phần kiềm; trong đó các ion kim loại thứ hai là khác với hai kim loại kiềm trong hợp phần kiềm; và trong đó ở độ sâu ba lần độ sâu lớp (DOL) đối với các ion kim loại thứ hai, nồng độ của mỗi một trong số hai kim loại kiềm là trong khoảng 10% của nồng độ tương ứng của mỗi một trong hai oxit kim loại kiềm trong hợp phần kiềm.

Theo khía cạnh (45), phương pháp theo một trong số các khía cạnh từ (40) đến (43) được đề cập, trong đó môi trường thứ hai chứa: các ion của hai kim loại kiềm của hai oxit kim loại kiềm trong hợp phần kiềm ở tỷ lệ sao cho các ion của mỗi một oxit kim loại kiềm là không cân bằng hóa học với mỗi một trong số các kim loại kiềm tương ứng của oxit kim loại kiềm trong hợp phần kiềm; trong đó các ion kim loại thứ hai là khác với hai kim loại kiềm của hai oxit kim loại kiềm trong hợp phần kiềm; và trong đó ở độ sâu ba lần độ sâu lớp (DOL) đối với các ion kim loại thứ hai, nồng độ của mỗi một trong số hai kim loại kiềm cao hơn 10% khác với nồng độ tương ứng của mỗi một trong hai oxit kim loại kiềm trong hợp phần kiềm.

Theo khía cạnh (46), phương pháp theo một trong số các khía cạnh từ (40) đến (45) được đề cập, còn bao gồm thao tác xử lý gia cường bổ sung được chọn từ nhóm gồm: phương pháp trao đổi ion, ủ nhiệt, và sự kết hợp của các phương pháp này.

#### **Mô tả vắn tắt các hình vẽ**

Các hình vẽ kèm theo, các hình vẽ này được kết hợp trong và cấu thành một phần của bản mô tả này, minh họa cho một số phương án được mô tả dưới đây.

FIG. 1A là hình chiếu bằng của thiết bị điện tử minh họa tích hợp vật phẩm bất kỳ trong số các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được bộc lộ ở đây.

FIG. 1B là hình phối cảnh của thiết bị điện tử minh họa của Fig. 1A;

FIG. 2 là đồ thị dựa trên mô hình khuếch tán ứng suất (MPa) so với vị trí chuẩn hóa ( $z$ /độ dày) của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh trước đây;

FIG. 3 là đồ thị dựa trên mô hình khuếch tán ứng suất (MPa) so với vị trí chuẩn hóa ( $z$ /độ dày) của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo một phương án;

FIG. 4 là đồ thị dựa trên mô hình khuếch tán ứng suất (MPa) so với vị trí chuẩn hóa ( $z$ /độ dày) của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo một phương án;

Các FIG. 5A và 5B là các đồ thị dựa trên mô hình khuếch tán của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh so sánh được tạo ra bằng quá trình xử lý IOX so sánh thứ nhất thể hiện: (a) ứng suất (MPa) so với vị trí chuẩn hóa ( $z$ /độ dày) và (b) nồng độ chuẩn hóa (a.u.) của các ion so với vị trí chuẩn hóa ( $z$ /độ dày), một cách tương ứng;

Các FIG. 6A và 6B là các đồ thị dựa trên mô hình khuếch tán của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh so sánh được tạo ra bằng quá trình xử lý IOX so sánh thứ hai thể hiện: (a) ứng suất (MPa) so với vị trí chuẩn hóa ( $z/\text{độ dày}$ ) và (b) nồng độ chuẩn hóa (a.u.) của các ion so với vị trí chuẩn hóa ( $z/\text{độ dày}$ ), một cách tương ứng;

Các FIG. 7A và 7B là các đồ thị dựa trên mô hình khuếch tán của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh so sánh được tạo ra bằng quá trình xử lý IOX so sánh thứ ba thể hiện: (a) ứng suất (MPa) so với vị trí chuẩn hóa ( $z/\text{độ dày}$ ) và (b) nồng độ chuẩn hóa (a.u.) của các ion so với vị trí chuẩn hóa ( $z/\text{độ dày}$ ), một cách tương ứng;

Các FIG. 8A và 8B là các đồ thị dựa trên mô hình khuếch tán của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh so sánh được tạo ra bằng quá trình xử lý IOX so sánh thứ tư thể hiện: (a) ứng suất (MPa) so với vị trí chuẩn hóa ( $z/\text{độ dày}$ ) và (b) nồng độ chuẩn hóa (a.u.) của các ion so với vị trí chuẩn hóa ( $z/\text{độ dày}$ ), một cách tương ứng;

Các FIG. 9A và 9B là các đồ thị dựa trên mô hình khuếch tán của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được tạo ra bằng quá trình xử lý IOX "gần tỷ lượng" một bước theo một phương án (ví dụ 1) thể hiện: (a) ứng suất (MPa) so với vị trí chuẩn hóa ( $z/\text{độ dày}$ ) và (b) nồng độ chuẩn hóa (a.u.) của các ion so với vị trí chuẩn hóa ( $z/\text{độ dày}$ ), một cách tương ứng;

Các FIG. 10A và 10B là các đồ thị dựa trên mô hình khuếch tán của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được tạo ra bằng quá trình xử lý IOX "tựa tỷ lượng" một bước theo một phương án (ví dụ 1) thể hiện: (a) ứng suất (MPa) so với vị trí chuẩn hóa ( $z/\text{độ dày}$ ) và (b) nồng độ chuẩn hóa (a.u.) của các ion so với vị trí chuẩn hóa ( $z/\text{độ dày}$ ), một cách tương ứng;

Các FIG. 11A và 11B là các đồ thị dựa trên mô hình khuếch tán của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được tạo ra bằng quá trình xử lý IOX hai bước bao gồm dung dịch "gần tỷ lượng" và dung dịch khuếch tán truyền thống theo một phương án (ví dụ 2) thể hiện: (a) ứng suất (MPa) so với vị trí chuẩn hóa ( $z/\text{độ dày}$ ) và (b) nồng độ chuẩn hóa (a.u.) của các ion so với vị trí chuẩn hóa ( $z/\text{độ dày}$ ), một cách tương ứng;

Các FIG. 12A và 12B là các đồ thị dựa trên mô hình khuếch tán của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được tạo ra bằng quá trình xử lý IOX hai bước bao gồm dung dịch

"gần tỷ lượng" và dung dịch khuếch tán truyền thống theo ví dụ 2 thể hiện: (a) ứng suất (MPa) so với vị trí chuẩn hóa ( $z$ /độ dày) đối với cả FIG. 11A và tham chiếu, và (b) là hình vẽ phóng to của (a), một cách tương ứng;

Các FIG. 13A và 13B là các đồ thị dựa trên mô hình khuếch tán của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được tạo ra bằng quá trình xử lý IOX ba bước bao gồm dung dịch "gần tỷ lượng" và dung dịch khuếch tán kép theo một phương án (ví dụ 3) thể hiện: (a) ứng suất (MPa) so với vị trí chuẩn hóa ( $z$ /độ dày) và (b) nồng độ chuẩn hóa (a.u.) của các ion so với vị trí chuẩn hóa ( $z$ /độ dày), một cách tương ứng;

Các FIG. 14A và 14B là các đồ thị dựa trên mô hình khuếch tán của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được tạo ra bằng quá trình xử lý IOX ba bước bao gồm dung dịch "gần tỷ lượng" và dung dịch khuếch tán kép theo ví dụ 3: (a) ứng suất (MPa) so với vị trí chuẩn hóa ( $z$ /độ dày) đối với cả FIG. 13A và tham chiếu, và (b) là hình vẽ phóng to của (a), một cách tương ứng;

Các FIG. 15A và 15B là các đồ thị dựa trên mô hình khuếch tán của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được tạo ra bằng quá trình xử lý IOX hai bước bao gồm dung dịch "gần tỷ lượng" và dung dịch khuếch tán truyền thống theo một phương án (ví dụ 4) thể hiện: (a) ứng suất (MPa) so với vị trí chuẩn hóa ( $z$ /độ dày) và (b) nồng độ chuẩn hóa (a.u.) của các ion so với vị trí chuẩn hóa ( $z$ /độ dày), một cách tương ứng;

Các FIG. 16A và 16B là các đồ thị dựa trên mô hình khuếch tán của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được tạo ra bằng quá trình xử lý IOX hai bước bao gồm dung dịch "gần tỷ lượng" và dung dịch khuếch tán truyền thống theo ví dụ 4 thể hiện: (a) ứng suất (MPa) so với vị trí chuẩn hóa ( $z$ /độ dày) đối với cả FIG. 15A và tham chiếu, và (b) nồng độ chuẩn hóa (a.u.) của các ion so với vị trí chuẩn hóa ( $z$ /độ dày), một cách tương ứng;

Các FIG. 17A và 17B là các đồ thị dựa trên mô hình khuếch tán của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được tạo ra bằng quá trình xử lý IOX hai bước bao gồm dung dịch "gần tỷ lượng" và dung dịch khuếch tán kép theo một phương án (ví dụ 5) thể hiện: (a) ứng suất (MPa) so với vị trí chuẩn hóa ( $z$ /độ dày) và (b) nồng độ chuẩn hóa (a.u.) của các ion so với vị trí chuẩn hóa ( $z$ /độ dày), một cách tương ứng;

Các FIG. 18A và 18B là các đồ thị dựa trên mô hình khuếch tán của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được tạo ra bằng quá trình xử lý IOX hai bước bao gồm dung dịch "gần tỷ lượng" và dung dịch khuếch tán kép theo ví dụ 5 thể hiện: (a) ứng suất (MPa) so với vị trí chuẩn hóa (z/độ dày) đối với cả FIG. 17A và tham chiếu, và (b) nồng độ chuẩn hóa (a.u.) của các ion so với vị trí chuẩn hóa (z/độ dày), một cách tương ứng;

FIG. 19 là đồ thị của các kết quả thực nghiệm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được tạo ra bằng quá trình xử lý IOX "gần tỷ lượng" một bước theo một phương án (ví dụ 6) sử dụng dung dịch IOX thứ nhất thể hiện nồng độ chuẩn hóa (a.u.) của các ion so với vị trí (micromet từ bề mặt);

FIG. 20 là đồ thị của các kết quả thực nghiệm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được tạo ra bằng quá trình xử lý IOX "gần tỷ lượng" một bước theo một phương án (ví dụ 6) sử dụng dung dịch IOX thứ hai thể hiện nồng độ chuẩn hóa (a.u.) của các ion so với vị trí (micromet từ bề mặt);

Các FIG. 21A và 21B là các đồ thị của các kết quả thực nghiệm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được tạo ra bằng quá trình xử lý IOX ba bước bao gồm dung dịch "gần tỷ lượng" và hai dung dịch khuếch tán truyền thống theo một phương án (ví dụ 7), trong đó ba dung dịch "gần tỷ lượng" khác nhau được thử nghiệm, thể hiện: (a) ứng suất (MPa) so với vị trí (micromet từ bề mặt) và (b) hình vẽ phóng to của (a), một cách tương ứng;

FIG. 22 là đồ thị của các kết quả trong bảng 1 của quá trình thả rơi có kiểm soát, trong đó độ cao mà sự cố hỏng nắp thủy tinh xuất hiện được cung cấp cho bốn vật phẩm trên cơ sở thủy tinh; và

Các FIG. 23A và 23B là các đồ thị của các kết quả thực nghiệm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được tạo ra bằng quá trình xử lý IOX hai bước bao gồm dung dịch "gần tỷ lượng" và hai dung dịch khuếch tán truyền thống theo một phương án (ví dụ 9), trong đó hai dung dịch "gần tỷ lượng" khác nhau được thử nghiệm, thể hiện: (a) ứng suất (MPa) so với vị trí (micromet từ bề mặt) và (b) hình vẽ phóng to của (a), một cách tương ứng.

### Mô tả chi tiết sáng chế

Trước khi mô tả một số phương án thực hiện minh họa, cần hiểu rằng, sáng chế không bị giới hạn ở các chi tiết của kết cấu hoặc các bước xử lý được đưa ra ở phần bộc lộ dưới đây. Sáng chế đề xuất ở đây có thể được thực hiện bởi các phương án thực hiện khác và có thể được thực hành hoặc được thực hiện theo các cách khác nhau.

Trong toàn bộ bản mô tả này, việc viện dẫn đến "một phương án", "các phương án nhất định", "các phương án khác nhau", "một hoặc nhiều phương án" hoặc "phương án" có nghĩa là dấu hiệu, kết cấu, vật liệu, hoặc đặc điểm cụ thể được mô tả liên quan đến phương án đó được bao gồm trong ít nhất một phương án của sáng chế. Do vậy, sự xuất hiện của các cụm từ như "theo một hoặc nhiều phương án", "theo các phương án nhất định," "theo các phương án khác nhau", "theo một phương án" hoặc "theo phương án" ở các vị trí khác nhau trong toàn bộ bản mô tả này không nhất thiết đề cập đến cùng phương án. Ngoài ra, các dấu hiệu, kết cấu, vật liệu, hoặc đặc điểm cụ thể có thể được kết hợp theo cách thích hợp bất kỳ trong một hoặc nhiều phương án.

Các thuật ngữ "vật phẩm trên cơ sở thủy tinh" và "các nền trên cơ sở thủy tinh" được sử dụng bao gồm đối tượng bất kỳ được làm hoàn toàn hoặc một phần từ thủy tinh, bao gồm thủy tinh-gốm (bao gồm pha vô định hình và pha kết tinh). Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh cán mỏng bao gồm các lớp vật liệu thủy tinh và không phải thủy tinh, như các lớp vật liệu thủy tinh và vật liệu kết tinh. Nền trên cơ sở thủy tinh theo một hoặc nhiều phương án có thể được chọn từ thủy tinh nhôm silicat kiềm, thủy tinh bo silicat chứa kiềm, nhôm thủy tinh bo silicat chứa kiềm, và phosphosilicat chứa kiềm.

"Hợp phần kiềm" là thành phần hóa học của nền trước khi thực hiện việc xử lý trao đổi ion (IOX) bất kỳ. Tức là, hợp phần kiềm không bị pha trộn bởi các ion bất kỳ từ quá trình IOX. Hợp phần ở tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh đã được xử lý IOX điển hình cơ bản giống hoặc tương tự như hợp phần kiềm, vì các điều kiện xử lý IOX có tác động tối thiểu hoặc không có tác động gì lên hợp phần ở trung tâm của nền. Theo một hoặc nhiều phương án, hợp phần ở tâm của vật phẩm thủy tinh bao gồm hợp phần kiềm.

Thuật ngữ tham chiếu "cân bằng về hóa học" nghĩa là, sự khuếch tán bất kỳ của hai hoặc nhiều ion kiềm của hợp phần kiềm của nền hoặc hợp phần tâm của vật phẩm là nhỏ hơn khoảng 10% vào trong dung dịch IOX.

Lưu ý rằng, các thuật ngữ "hầu như" và "khoảng" có thể được sử dụng ở đây để biểu thị mức độ không chắc chắn vốn có mà có thể là thuộc tính của bất kỳ sự so sánh định lượng, trị số, số đo, hoặc sự biểu thị khác. Các thuật ngữ này cũng được sử dụng ở đây để biểu thị mức độ mà qua đó sự biểu thị định lượng có thể thay đổi so với tham chiếu được nêu mà không dẫn đến sự thay đổi về chức năng cơ sở của đối tượng tại vấn đề đó. Do đó, ví dụ, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh mà "hầu như không chứa MgO" là vật phẩm trong đó MgO không được chủ động bổ sung hoặc đưa vào trong vật phẩm trên cơ sở thủy tinh, nhưng có thể có mặt với lượng rất nhỏ ở dạng tạp chất, như với lượng thấp hơn 0,01 % mol. Cần hiểu rằng, khi trị số được mô tả sử dụng phần biến đổi "khoảng", trị số chính xác cũng được dự định được bộc lộ. Ví dụ, "khoảng 10 % mol" được dự định bộc lộ trị số biến đổi khoảng và trị số chính xác 10 % mol.

Trừ khi có quy định khác, tất cả các thành phần cấu tạo đã được mô tả ở đây được biểu thị theo phần trăm mol (% mol) trên cơ sở oxit.

"Biên dạng ứng suất" là ứng suất đối với vị trí của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh hoặc phần bất kỳ của nó. Vùng ứng suất nén kéo dài từ bề mặt thứ nhất tới độ sâu nén (DOC) của vật phẩm, trong đó vật phẩm chịu ứng suất nén. Vùng kéo trung tâm kéo dài từ DOC và bao gồm vùng trong đó vật phẩm chịu ứng suất kéo.

Như được sử dụng ở đây, độ sâu nén (DOC) đề cập tới độ sâu mà tại đó ứng suất bên trong vật phẩm trên cơ sở thủy tinh thay đổi từ ứng suất nén thành ứng suất kéo. Tại DOC, ứng suất chuyển từ ứng suất dương (nén) sang ứng suất âm (kéo) và do đó, thể hiện trị số ứng suất bằng 0. Theo quy ước thường được sử dụng trong lĩnh vực này, sự nén được biểu thị bằng ứng suất âm ( $<0$ ) và sự kéo được biểu thị bằng ứng suất dương ( $>0$ ). Tuy nhiên, trong toàn bộ phần mô tả này, ứng suất nén (CS) được biểu diễn ở dạng trị số dương hoặc trị số tuyệt đối – tức là, như được viện dẫn ở đây,  $CS = |CS|$ . Ngoài ra, ứng suất kéo được biểu diễn ở đây ở dạng ứng suất âm ( $<0$ ) hoặc trong một số tình huống trong đó ứng suất kéo được xác định một cách cụ thể, ở dạng trị số tuyệt đối. Ứng suất kéo trung tâm (CT) để chỉ ứng suất kéo ở vùng trung tâm hoặc vùng kéo tâm của

vật phẩm trên cơ sở thủy tinh. Ứng suất kéo trung tâm tối đa ( $CT$  tối đa hoặc  $CT_{\max}$ ) xuất hiện ở vùng kéo trung tâm, và thường nằm ở  $0,5 \cdot t$ , trong đó  $t$  là độ dày vật phẩm. Thuật ngữ tham chiếu "theo danh nghĩa" tại  $0,5 \cdot t$  cho phép sự thay đổi từ tâm chính xác của vị trí của ứng suất kéo tối đa.

Nồng độ oxit kim loại khác 0 mà nồng độ này thay đổi từ bề mặt thứ nhất tới độ sâu lớp (DOL) đối với oxit kim loại hoặc thay đổi dọc theo ít nhất phần đáng kể của độ dày vật phẩm ( $t$ ) chỉ ra rằng, ứng suất đã được sinh ra ở vật phẩm là kết quả của quá trình trao đổi ion. Sự biến thiên nồng độ oxit kim loại có thể được đề cập ở đây là gradien nồng độ oxit kim loại. Oxit kim loại có nồng độ khác không và nồng độ này thay đổi từ bề mặt thứ nhất đến DOL hoặc dọc theo phần của độ dày có thể được mô tả là tạo ra ứng suất trong vật phẩm trên cơ sở thủy tinh. Gradien hoặc sự biến thiên nồng độ của oxit kim loại được tạo ra bằng cách gia cường hóa học vật nền trên cơ sở thủy tinh trong đó nhiều ion kim loại thứ nhất trong vật nền thủy tinh được trao đổi với nhiều ion kim loại thứ hai.

Như được sử dụng ở đây, các thuật ngữ "độ sâu trao đổi", "độ sâu của lớp" (DOL), "độ sâu hóa học của lớp", và "độ sâu của lớp hóa học" có thể được sử dụng thay thế nhau, mô tả chung độ sâu tại đó quá trình trao đổi ion được tạo điều kiện thuận lợi bằng quy trình trao đổi ion (IOX) diễn ra đối với một ion cụ thể. DOL đề cập đến độ sâu trong vật phẩm trên cơ sở thủy tinh (tức là, khoảng cách từ bề mặt của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh đến vùng bên trong của nó) tại đó ion của oxit kim loại hoặc oxit kim loại kiềm (ví dụ, ion kim loại hoặc ion kim loại kiềm) khuếch tán vào vật phẩm trên cơ sở thủy tinh trong đó nồng độ của ion đạt đến trị số tối thiểu, như được xác định bằng phương pháp đo phổ phát xạ quang - phóng điện phát sáng (Glow Discharge - Optical Emission Spectroscopy - GD-OES). Theo một số phương án, DOL được cho là độ sâu của sự trao đổi của ion lớn nhất, khuếch tán chậm nhất được đưa vào bởi quy trình trao đổi ion (IOX).

Trừ khi có mô tả cụ thể khác,  $CT$  và  $CS$  được thể hiện ở đây theo megaPascals (MPa), trong khi đó chiều dày và DOC được thể hiện tính theo milimet hoặc micron (micromét).

CS và DOC được đo nhờ sử dụng các phương tiện đã biết trong lĩnh vực, như bằng phương pháp đo phân cực tán xạ sử dụng hệ thống đo SCALP-5 từ nhà sản xuất Glasstress (Estonia). Các kỹ thuật khác có thể để đo CS và DOC bao gồm thiết bị đo ứng suất bề mặt (FSM) sử dụng các thiết bị có sẵn trên thị trường như FSM-6000, được sản xuất bởi Orihara Industrial Co., Ltd. (Japan). Các phép đo ứng suất bề mặt dựa vào phép đo chính xác hệ số quang ứng suất (SOC), có liên quan đến tính lưỡng chiết quang của thủy tinh. SOC lần lượt được đo theo các phương pháp đã biết trong lĩnh vực, như phương thức C (Phương pháp đĩa thủy tinh) được mô tả trong tiêu chuẩn ASTM C770-16, có tiêu đề là “Standard Test Method for Measurement of Glass Stress-Optical Coefficient,” toàn bộ nội dung của tài liệu nêu trên được kết hợp tham khảo trong bản mô tả này.

Được bộc lộ ở đây là vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có biên dạng ứng suất được cải thiện với các trị số ứng suất cao hơn tại các độ sâu vừa phải  $> 0,005 \cdot t$  và  $\leq 0,25 \cdot t$  trong đó  $t$  là độ dày. Thông thường trong các nền trên cơ sở thủy tinh dựa vào lithi, hai ion, natri (Na) và kali (K), được sử dụng để khuếch tán và tạo ra biên dạng ứng suất. K là ion với bán kính ion lớn hơn gây ra ứng suất lớn hơn nhưng chậm khuếch tán so với ion Na bán kính ion nhỏ hơn mà nó gây ra ứng suất thấp hơn. Vì lý do đó, việc gây ra ứng suất cao tại các độ sâu vừa phải có thể là thách thức khi sử dụng môi trường muối hỗn hợp K/Na, như dung dịch muối. Thông thường, K khuếch tán cùng với Na, và khi các ion Na đạt tới tâm của nền thủy tinh, nó dẫn tới ứng suất tối đa. Các ion K xác định cái được gọi là đỉnh của profin và các ion Na xác định phần cuối độ sâu của profin. Sau điểm này, sự khuếch tán thêm sẽ dẫn đến sự gia tăng khuếch tán K và độ sâu của đỉnh (được gọi là DOL của đỉnh), nhưng phải trả giá bằng sự thay đổi hàm lượng ion ở phần giữa của mẫu và làm giảm thêm ứng suất kéo ở phần tâm danh nghĩa của mẫu được biết là ứng suất kéo trung tâm (CT). Thời gian khuếch tán dài hơn cũng dẫn đến sự giảm thêm các vùng khác của biên dạng ứng suất, như trong trường hợp ở vùng trong đó đỉnh và đuôi của biên dạng ứng suất đáp ứng được biết là ứng suất tại điểm uốn (CS đoạn uốn).

Sáng chế này sử dụng khái niệm biến đổi về khuếch tán mà khái niệm này tách riêng sự khuếch tán kali ra khỏi sự khuếch tán natri sử dụng bước khuếch tán "gần tỷ lượng" duy nhất. Với các môi trường "gần tỷ lượng" duy nhất, như các dung dịch, có

thể loại bỏ những sự cân bằng liên quan với các dung dịch nhị phân đối với CS, CS đoạn uốn, CT, và DOL. Thuật ngữ “dung dịch” được sử dụng ở đây để chỉ môi trường trao đổi ion, nhưng cần hiểu rằng, quá trình trao đổi ion có thể được thực hiện sử dụng môi trường thích hợp bất kỳ, như môi trường kem, hồ nhão, và/hoặc nguyên liệu phủ. Đã được chứng minh rằng, có các nồng độ muối nhất định của dung dịch IOX trong đó kali ở các nồng độ khác nhau có thể được sử dụng để khuếch tán bên trong các nền trên cơ sở thủy tinh. Điều này tiếp tục duy trì các nồng độ của ion ban đầu có mặt bên trong các nền (hợp phần kiềm) hầu như không thay đổi, khi các ion của hợp phần kiềm, chẳng hạn, natri và lithi, ở trạng thái cân bằng hóa học với dung dịch IOX của các ion natri và lithi.

Quá trình IOX gần tỷ lượng thay đổi này cho phép sự khuếch tán của kali trong bước thứ nhất trong thời gian rất dài mà không có những thay đổi lớn đối với hợp phần kiềm ở bên trong nền trên cơ sở thủy tinh. Nền trên cơ sở thủy tinh chỉ bị thay đổi ở gần bề mặt trực tiếp mà kali khuếch tán trong đó.

Bước gần tỷ lượng ban đầu này có thể được tiếp theo với nhiều điều kiện IOX truyền thống khác bằng các dung dịch tinh khiết hoặc dung dịch nhiễm độc. Ví dụ không giới hạn về các quy trình IOX truyền thống khác trong đó các nền trên cơ sở thủy tinh được ngâm trong các dung dịch trao đổi đa ion, với các bước rửa và/hoặc ủ giữa các lần ngâm, được mô tả trong patent Mỹ số 8,561,429, của tác giả Douglas C. Allan et al., cấp ngày 22 tháng 10 năm 2013, với tên sáng chế là "Glass with Compressive Surface for Consumer Applications", trong đó thủy tinh được gia cường bằng cách ngâm trong nhiều quá trình xử lý trao đổi ion liên tiếp trong các dung dịch muối có các nồng độ khác nhau; và patent Mỹ số 8,312,739, của tác giả Christopher M. Lee et al., cấp ngày 20 tháng 11 năm 2012, và với tên sáng chế là "Dual Stage Ion Exchange for Chemical Strengthening of Glass", trong đó thủy tinh được gia cường bằng cách trao đổi ion trong dung dịch thứ nhất được pha loãng bằng ion dòng chảy ra, tiếp theo bằng cách ngâm trong dung dịch thứ hai có nồng độ ion dòng chảy ra thấp hơn trong dung dịch thứ nhất. Toàn bộ nội dung của các patent Mỹ số 8,561,429 và 8,312,739 được kết hợp vào đây bằng cách viện dẫn.

Các biên dạng ứng suất đạt được bằng các phương pháp bộc lộ ở đây là độc nhất và rất khó nếu không muốn nói là không thể đạt được bằng các phương tiện khác. Ký số của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh là sự có mặt của một lượng xác định của kali ở độ sâu mà nó sinh ra các trị số ứng suất cao hơn ở các độ sâu nằm trong khoảng  $> 0,00625 \cdot t$  và  $\leq 0,25 \cdot t$ ; hoặc  $> 0,009375 \cdot t$  và  $< 0,21 \cdot t$ ; hoặc  $> 0,01 \cdot t$  và  $< 0,10 \cdot t$ ; hoặc  $> 0,005 \cdot t$  và  $< 0,05 \cdot t$ , và tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này.

Các biên dạng ứng suất có thể bao gồm: vùng đỉnh nhọn kéo dài từ bề mặt thứ nhất tới vùng chuyển tiếp; vùng chuyển tiếp kéo dài tới vùng đuôi; và vùng đuôi kéo dài tới tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh; trong đó tất cả các điểm của biên dạng ứng suất nằm ở vùng đỉnh nhọn bao gồm đường tiếp tuyến có trị số tuyệt đối bằng 20 MPa/micromet hoặc lớn hơn, tất cả các điểm của biên dạng ứng suất nằm ở vùng chuyển tiếp bao gồm đường tiếp tuyến có trị số tuyệt đối nhỏ hơn 20 MPa/micromet, và tất cả các điểm của biên dạng ứng suất nằm ở vùng đuôi bao gồm đường tiếp tuyến có trị số tuyệt đối nhỏ hơn trị số tuyệt đối của các đường tiếp tuyến của vùng chuyển tiếp.

Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh bộc lộ ở đây có lợi thế ở chỗ, chúng có đặc tính thả rơi tuyệt vời. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh cũng có đặc tính tác động mép tuyệt vời nhờ bản chất độc nhất về sự phân bố ion và sự phân bố ứng suất bên trong vật phẩm trên cơ sở thủy tinh. Sự gia tăng về đặc tính tác động mép đạt được trong khi vẫn duy trì được đặc tính thả rơi tổng thể đáng kể. Các thông số này là mong muốn đối với, ví dụ, tính năng của các kiểu dáng điện thoại 2 ½ D và 3D.

Các phương pháp theo bộc lộ này cho phép sự khuếch tán trong bề mặt trực tiếp của nền trên cơ sở thủy tinh mà không làm thay đổi hàm lượng ion bên trong (hợp phân kiềm) bằng cách sử dụng dung dịch hỗn hợp. CS đoạn uốn được tách riêng khỏi DOL của đỉnh K trong nền trên cơ sở thủy tinh chứa lithi. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể được tạo ra trong đó không có vùng uốn. Các biên dạng ứng suất độc nhất sử dụng các ion với độ khuếch tán rất khác nhau có thể được tạo ra. Ví dụ, các ion khác kali (K) hoặc ion bất kỳ không phải là một phần của chế phẩm thủy tinh ban đầu, ví dụ, Rb, Cs, Ag, Au, v.v., có thể được sáp nhập dễ dàng vào trong các kết cấu vật phẩm trên cơ sở thủy tinh. Ngoài ra, ngoài các nền trên cơ sở thủy tinh chứa Li điển hình được sử dụng trong IOX, các nền trên cơ sở thủy tinh không chứa Li khác cũng thích hợp trong các

phương pháp ở đây. Ngoài ra, các phương pháp có thể được thực hiện dễ dàng trong sản xuất sử dụng các hệ thống hiện tại và bằng các dung dịch IOX cải biến mới.

Trong vật phẩm trên cơ sở thủy tinh, có oxit kim loại, khác với hai oxit kim loại kiềm của hợp phần kiềm của nền trên cơ sở thủy tinh, có nồng độ khác 0 mà nồng độ này thay đổi từ bề mặt thứ nhất tới độ sâu lớp (DOL) đối với oxit kim loại. Trong các phương án, hợp phần kiềm có thể bao gồm nhiều hơn hai oxit kim loại kiềm khác với oxit kim loại. Biên dạng ứng suất được tạo ra do nồng độ khác không của (các) oxit kim loại mà nồng độ này thay đổi từ bề mặt thứ nhất. Nồng độ khác không có thể thay đổi dọc theo một phần của độ dày vật phẩm. Theo một số phương án, nồng độ của oxit kim loại, khác với hai hoặc nhiều oxit kim loại kiềm của hợp phần kiềm, là khác 0 và thay đổi, dọc theo độ dày nằm trong khoảng từ  $0 \cdot t$  đến khoảng  $0,3 \cdot t$ . Theo một số phương án, nồng độ của oxit kim loại là khác 0 và thay đổi dọc theo độ dày nằm trong khoảng từ  $0 \cdot t$  đến khoảng  $0,35 \cdot t$ , từ  $0 \cdot t$  đến khoảng  $0,4 \cdot t$ , từ  $0 \cdot t$  đến khoảng  $0,45 \cdot t$ , từ  $0 \cdot t$  đến khoảng  $0,48 \cdot t$ , hoặc từ  $0 \cdot t$  đến khoảng  $0,50 \cdot t$ . Sự biến thiên nồng độ này có thể là liên tục dọc theo các phạm vi độ dày nêu trên. Sự biến thiên về nồng độ có thể bao gồm sự thay đổi về nồng độ oxit kim loại khoảng ít nhất khoảng 0,2 % mol dọc theo đoạn độ dày khoảng 100 micromet. Sự thay đổi về nồng độ oxit kim loại có thể ít nhất khoảng 0,3 % mol, ít nhất khoảng 0,4 % mol, hoặc ít nhất khoảng 0,5 % mol dọc theo đoạn độ dày khoảng 100 micromet. Thay đổi này có thể được đo bởi các phương pháp đã biết trong tình trạng kỹ thuật của sáng chế bao gồm vi đầu dò.

Theo một số phương án, sự biến thiên nồng độ này có thể là liên tục dọc theo các phân đoạn độ dày nằm trong phạm vi từ khoảng 10 micromet đến khoảng 30 micromet. Theo một số phương án, nồng độ của oxit kim loại giảm từ bề mặt thứ nhất tới điểm giữa bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai và tăng từ điểm đó đến bề mặt thứ hai.

Nồng độ của oxit kim loại có thể chứa nhiều hơn một oxit kim loại (ví dụ, kết hợp của  $\text{Na}_2\text{O}$  và  $\text{K}_2\text{O}$ ). Theo một số phương án, nếu hai oxit kim loại được sử dụng và nếu bán kính của các ion khác nhau, thì nồng độ của các ion có bán kính lớn hơn là lớn hơn nồng độ của các ion có bán kính nhỏ hơn ở độ sâu nông, trong khi ở độ sâu sâu hơn, nồng độ của các ion có bán kính nhỏ hơn là lớn hơn nồng độ của các ion có bán kính lớn hơn. Ví dụ, trường hợp dung dịch chứa Na và K đơn được sử dụng trong quá trình

trao đổi ion, nồng độ của các ion  $K^+$  trong vật phẩm trên cơ sở thủy tinh lớn hơn nồng độ của các ion  $Na^+$  ở các độ sâu nông nhất, trong khi nồng độ của  $Na^+$  lớn hơn nồng độ của ion  $K^+$  ở các độ sâu sâu hơn. Điều này một phần là do kích thước của các ion hóa trị một được trao đổi vào trong thủy tinh với các ion hóa trị một nhỏ hơn. Trong các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh này, vùng ở bề mặt hoặc gần bề mặt có CS lớn hơn do lượng các ion lớn hơn (tức là ion  $K^+$ ) nhiều hơn ở bề mặt hoặc gần bề mặt. Ngoài ra, độ dốc của biên dạng ứng suất điện hình giảm với khoảng cách từ bề mặt do bản chất của profin nồng độ đạt được do sự khuếch tán hóa học từ nồng độ bề mặt hỗn hợp.

Trong một hoặc nhiều phương án, gradient nồng độ oxit kim loại kéo dài qua phần đáng kể của độ dày  $t$  của vật phẩm. Theo một số phương án, nồng độ của oxit kim loại có thể là khoảng 0,5 % mol hoặc lớn hơn (ví dụ, khoảng 1 % mol hoặc lớn hơn) dọc theo toàn bộ độ dày của phần thứ nhất và/hoặc thứ hai, và là lớn nhất tại bề mặt thứ nhất và/hoặc bề mặt thứ hai  $0 \cdot t$  và giảm cơ bản ổn định tới điểm ở giữa các bề mặt thứ nhất và thứ hai. Tại điểm này, nồng độ của oxit kim loại là nhỏ nhất dọc theo toàn bộ độ dày  $t$ ; tuy nhiên, nồng độ cũng khác 0 tại điểm này. Nói cách khác, nồng độ khác không của oxit kim loại cụ thể đó kéo dài dọc theo phần đáng kể của độ dày  $t$  (như được mô tả ở đây) hoặc trên toàn bộ độ dày  $t$ . Tổng nồng độ của oxit kim loại cụ thể trong vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể nằm trong khoảng từ khoảng 1% mol đến khoảng 20% mol.

Nồng độ của oxit kim loại có thể được xác định từ lượng cơ sở của oxit kim loại trong nền trên cơ sở thủy tinh được trao đổi ion để tạo ra vật phẩm trên cơ sở thủy tinh.

Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh bộc lộ ở đây có thể được sáp nhập vào trong vật phẩm khác như vật phẩm có bộ phận hiển thị (hoặc các vật phẩm hiển thị) và/hoặc vỏ (ví dụ, các thiết bị điện tử tiêu dùng, bao gồm điện thoại di động, máy tính bảng, máy vi tính, các hệ thống dẫn đường, và thiết bị tương tự), các vật phẩm kiến trúc, các vật phẩm vận tải (ví dụ, ô tô, tàu hỏa, máy bay, tàu biển, v.v.), các vật phẩm gia dụng, hoặc vật phẩm bất kỳ mà đòi hỏi độ trong suốt, độ bền chống cào xước, độ bền chống mài mòn hoặc sự kết hợp các đặc tính nêu trên. Vật phẩm minh họa sáp nhập vật phẩm bất kỳ trong số các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh bộc lộ ở đây được thể hiện trên hình vẽ của các Fig. 1A và 1B. Cụ thể, các Fig. 1A và 1B thể hiện thiết bị điện tử tiêu dùng 100 bao gồm vỏ 102 có mặt trước 104, mặt sau 106, và các mặt bên 108; các thành phần điện (không

được thể hiện) mà ít nhất một phần nằm ở bên trong hoặc hoàn toàn nằm bên trong vỏ và bao gồm ít nhất bộ phận điều khiển, bộ nhớ, và bộ phận hiển thị 110 tại hoặc liền kề với mặt trước của vỏ; và tấm phủ 112 tại hoặc ở trên mặt trước của vỏ sao cho nó ở trên bộ phận hiển thị. Theo một số phương án, ít nhất một phần của tấm phủ 112 có thể bao gồm vật phẩm bất kỳ trong số các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh bọc lộ ở đây. Theo một số phương án, ít nhất một phần của vỏ 102 có thể bao gồm vật phẩm bất kỳ trong số các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh bọc lộ ở đây.

Nền trên cơ sở thủy tinh có thể được tạo ra sử dụng nhiều quy trình khác nhau. Ví dụ, các phương pháp tạo ra nền trên cơ sở thủy tinh minh họa bao gồm các quy trình tạo thủy tinh nổi và các quy trình chuốt xuôi như chuốt dung hợp và chuốt qua khe. Nền trên cơ sở thủy tinh tạo ra bằng cách làm nổi thủy tinh nóng chảy trên nền kim loại nóng chảy, điển hình là thiếc để tạo ra thủy tinh nổi đặc trưng bởi các bề mặt trơn và độ dày đồng đều. Trong một quy trình làm ví dụ, thủy tinh nóng chảy mà được nạp lên bề mặt của nền thiếc nóng chảy tạo ra dải thủy tinh nổi. Do dải thủy tinh chảy dọc theo dung dịch thiếc, nhiệt độ được giảm dần dần cho đến khi dải thủy tinh hóa rắn thành lớp nền trên cơ sở thủy tinh rắn mà có thể được nhấc ra khỏi thiếc lên trên các con lăn. Khi được nhấc ra khỏi dung dịch, nền trên cơ sở thủy tinh có thể được làm lạnh thêm, được ủ để làm giảm ứng suất bên trong, và tùy ý được mài nhẵn.

Các quy trình chuốt xuôi tạo ra các nền trên cơ sở thủy tinh có độ dày đồng đều mà có các bề mặt tương đối nguyên sơ. Vì độ bền uốn trung bình của nền trên cơ sở thủy tinh được kiểm soát bởi lượng và kích thước của khuyết tật bề mặt, bề mặt nguyên sơ có độ bền ban đầu cao hơn. Khi nền trên cơ sở thủy tinh độ bền cao này sau đó được gia cường thêm (ví dụ, theo phương thức hóa học), độ bền thu được có thể cao hơn độ bền của nền trên cơ sở thủy tinh có bề mặt đã được mài và đánh bóng. Nền trên cơ sở thủy tinh được chuốt xuôi có thể được chuốt tới độ dày nhỏ hơn khoảng 2 mm. Ngoài ra, nền trên cơ sở thủy tinh được chuốt xuôi có bề mặt rất phẳng, trơn có thể được sử dụng trong ứng dụng cuối cùng của nó mà không cần tới việc nghiền và đánh bóng tốn kém.

Quy trình chuốt dung hợp, ví dụ, sử dụng bể chuốt có một kênh tiếp nhận vật liệu thủy tinh nóng chảy thô. 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 chuốt ở dạng hai màng thủy tinh chảy. Các bề mặt bên ngoài này của bể chuốt kéo dài xuống và vào phía trong sao cho chúng gặp nhau ở mép dưới bể chuốt. Hai màng thủy tinh chảy này gặp nhau ở mép này để dung hợp và tạo ra một nền trên cơ sở thủy tinh chảy duy nhất. Phương pháp nung chuốt có ưu điểm ở chỗ, vì hai màng thủy tinh chảy tràn trên kênh nung chảy với nhau nên không có bề mặt bên ngoài nào của nền gốc thủy tinh thu được tiếp xúc với phần bất kỳ của thiết bị. Do đó, các tính chất bề mặt của nền gốc thủy tinh được nung chuốt sẽ không bị ảnh hưởng bởi sự tiếp xúc này.

Quy trình chuốt qua khe khác biệt với phương pháp chuốt dung hợp. Trong các quy trình chuốt qua khe, thủy tinh nguyên liệu thô nóng chảy được cung cấp vào bể chuốt. Đáy của bể chuốt có một khe hở với vòi phun kéo dài theo chiều dài của khe. Thủy tinh nóng chảy chảy qua khe/vòi phun và được kéo xuống dưới thành nền liên tục và vào trong vùng ủ.

Các hợp phần kiểm minh họa của nền có thể bao gồm nhưng không bị giới hạn bởi: nhôm silicat chứa kiềm, bo silicat chứa kiềm, nhôm bo silicat chứa kiềm, hoặc phosphosilicat chứa kiềm. Các nền trên cơ sở thủy tinh có thể chứa nhôm silicat chứa lithi.

Các ví dụ về thủy tinh mà có thể được sử dụng làm vật nền có thể bao gồm các kết cấu thủy tinh nhôm silicat kiềm hoặc các kết cấu thủy tinh nhôm - bo silicat chứa kiềm, mặc dù các kết cấu thủy tinh khác cũng được dự tính. Các chế phẩm thủy tinh như vậy có thể được đặc trưng là có thể trao đổi ion được. Như được sử dụng ở đây, "có thể trao đổi ion được" nghĩa là, nền chứa chế phẩm có khả năng trao đổi các cation nằm ở hoặc gần bề mặt của nền với các cation có cùng hóa trị mà chúng có kích thước lớn hơn hoặc nhỏ hơn.

Trong một phương án cụ thể, chế phẩm thủy tinh nhôm silicat chứa kiềm thích hợp đối với các nền chứa alumin, ít nhất một kim loại kiềm và theo một số phương án, lớn hơn 50 % mol  $\text{SiO}_2$ , theo các phương án thực hiện khác ít nhất 58% mol  $\text{SiO}_2$ , và theo phương án thực hiện khác nữa, ít nhất 60% mol  $\text{SiO}_2$ , trong đó tỷ lệ  $((\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{B}_2\text{O}_3)/\Sigma \text{ các yếu tố điều chỉnh}) > 1$ , trong đó trong tỷ lệ này, các thành phần được biểu thị

bằng % mol và các yếu tố điều chỉnh là các oxit kim loại kiềm. Chế phẩm thủy tinh này, trong các phương án cụ thể, bao gồm: 58-72 % mol  $\text{SiO}_2$ ; 9-17 % mol  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; 2-12 % mol  $\text{B}_2\text{O}_3$ ; 8-16 % mol  $\text{Na}_2\text{O}$ ; và 0-4 % mol  $\text{K}_2\text{O}$ , trong đó tỷ lệ  $((\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{B}_2\text{O}_3)/\Sigma \text{các yếu tố điều chỉnh}) > 1$ .

Theo các phương án khác nữa, các nền có thể bao gồm chế phẩm thủy tinh nhôm silicat kiềm chứa: 64-68 % mol  $\text{SiO}_2$ ; 12-16 % mol  $\text{Na}_2\text{O}$ ; 8-12 % mol  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; 0-3 % mol  $\text{B}_2\text{O}_3$ ; 2-5 % mol  $\text{K}_2\text{O}$ ; 4-6 % mol  $\text{MgO}$ ; và 0-5% mol  $\text{CaO}$ , trong đó:  $66\% \text{ mol} \leq (\text{SiO}_2 + \text{B}_2\text{O}_3 + \text{CaO}) \leq 69\% \text{ mol}$ ;  $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{B}_2\text{O}_3 + \text{MgO} + \text{CaO} + \text{SrO}) > 10\% \text{ mol}$ ;  $5\% \text{ mol} < (\text{MgO} + \text{CaO} + \text{SrO}) \leq 8\% \text{ mol}$ ;  $(\text{Na}_2\text{O} + \text{B}_2\text{O}_3) < \text{Al}_2\text{O}_3 < 2\% \text{ mol}$ ;  $2\% \text{ mol} < \text{Na}_2\text{O} < \text{Al}_2\text{O}_3 < 6\% \text{ mol}$ ; và  $4\% \text{ mol} < (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) < \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 10\% \text{ mol}$ .

Theo phương án khác, nền có thể bao gồm thủy tinh nhôm silicat kiềm. Theo một phương án, thủy tinh nhôm silicat kiềm có hợp phần chứa:  $\text{Al}_2\text{O}_3$  và/hoặc  $\text{ZrO}_2$  với lượng 2 % mol hoặc cao hơn, hoặc  $\text{Al}_2\text{O}_3$  và/hoặc  $\text{ZrO}_2$  với lượng 4 % mol hoặc cao hơn.

Theo phương án khác, nền có thể bao gồm thủy tinh nhôm silicat kiềm chứa lithi. Theo một phương án, thủy tinh nhôm silicat kiềm chứa lithi có hợp phần bao gồm, tính theo % mol,  $\text{SiO}_2$  với lượng nằm trong khoảng từ khoảng 60% đến khoảng 75%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  với lượng nằm trong khoảng từ khoảng 12% đến khoảng 20%,  $\text{B}_2\text{O}_3$  với lượng nằm trong khoảng từ khoảng 0% đến khoảng 5%,  $\text{Li}_2\text{O}$  với lượng nằm trong khoảng từ khoảng 2% đến khoảng 8%,  $\text{Na}_2\text{O}$  với lượng lớn hơn khoảng 4%,  $\text{MgO}$  với lượng nằm trong khoảng từ khoảng 0% đến khoảng 5%,  $\text{ZnO}$  với lượng nằm trong khoảng từ khoảng 0% đến khoảng 3%,  $\text{CaO}$  với lượng nằm trong khoảng từ khoảng 0% đến khoảng 5%, và  $\text{P}_2\text{O}_5$  với lượng khác 0; trong đó nền thủy tinh là có thể trao đổi ion và là vô định hình, trong đó tổng lượng của  $\text{Al}_2\text{O}_3$  và  $\text{Na}_2\text{O}$  trong hợp phần là lớn hơn khoảng 15 % mol.

Sự gia cường hóa học của các nền thủy tinh có hợp phần kiềm được thực hiện bằng cách đặt các nền thủy tinh có thể trao đổi ion trong dung dịch nóng chảy chứa các cation ( $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ag}^+$ , etc) mà chúng khuếch tán vào trong thủy tinh trong khi các ion kiềm nhỏ hơn ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Li}^+$ ) của thủy tinh khuếch tán vào trong dung dịch nóng chảy. Việc thay thế các cation nhỏ hơn bằng các cation lớn hơn tạo ra các ứng suất nén gần bề mặt đỉnh của thủy tinh. Các ứng suất kéo được tạo ra ở bên trong của thủy tinh để cân bằng

với các ứng suất nén gần bề mặt. Đối với một miếng thủy tinh phẳng có độ dày đồng đều, ứng suất ( $\sigma(z)$ ) có thể được tính toán từ profin nồng độ của ion khuếch tán đi vào theo phương trình (I):

$$\sigma(z) = \frac{BE}{1-\nu} (C_{avg} - C(z)) = \frac{BE}{1-\nu} \left( \frac{1}{h} \int_0^h C(z) dz - C(z) \right) \quad (I).$$

trong đó  $C(z)$  là nồng độ các cation của một kiểu khuếch tán đi vào tại  $z$ ,  $C_{avg}$  là nồng độ trung bình của kiểu cation trong vật phẩm,  $h$  là độ dày thủy tinh,  $B$  là hệ số giãn nở mạng,  $E$  là môđun Young,  $\nu$  là tỷ lệ Poisson, và  $z$  là tọa độ theo chiều độ dày với các trị số 0 và  $h$  tại các bề mặt của vật phẩm. Nồng độ của các ion khuếch tán đi vào điển hình có giá trị tối đa tại bề mặt và tối thiểu tại độ dày một nửa. Ở gần bề mặt, trong đó  $C(z) > C_{avg}$ , các ứng suất là trạng thái nén. Khi  $C(z) = C_{avg}$ , ứng suất trở thành 0, và độ sâu này được tham chiếu là độ sâu nén (DOC). Tại các độ sâu lớn hơn, trong đó  $C(z) < C_{avg}$ , các ứng suất là trạng thái kéo, và thường đạt trị số tối đa ở độ dày một nửa của vật phẩm. Trị số tối đa này của ứng suất kéo được tham chiếu là ứng suất kéo trung tâm tối đa. Đối với các kiểu ion khuếch tán đi vào, ứng suất đầy đủ trở thành sự lấy tổng của phương trình (I) khi được áp dụng cho mỗi một kiểu ion.

FIG. 2 là đồ thị của ứng suất (MPa) so với vị trí chuẩn hóa ( $z/\text{độ dày}$ ) của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh trước đây, nó được sinh ra nhờ sử dụng mô hình trao đổi ion (IOX) biến dạng phẳng hai chiều (2D), mô hình này dựa trên phương pháp mô hình hóa sai phân hữu hạn. Trong trường hợp cụ thể trong đó có ít nhất ba ion có mặt mà chúng có thể được trao đổi ion, trong dung dịch và/hoặc trong hợp phần kiềm đồng thời, các biên dạng ứng suất có thể có vùng dốc kép với quá trình trao đổi ion đơn. Trường hợp mong muốn bao gồm cả các nền trên cơ sở thủy tinh mà có chứa lithi trong các hợp phần kiềm của chúng, mặc dù bậc lộ sáng chế này không giới hạn ở các nền thủy tinh trên cơ sở lithi. Tùy tình điển hình chứa lithi trong hợp phần của nó có thể trao đổi lithi với tất cả các thành phần kim loại kiềm khác (Na, K, Rb, Cs, Fr) và một số ion kim loại (Ag, Cu, Au, v.v.) và dẫn tới sự gia tăng ứng suất nén ở bề mặt gần. Điều này là do lithi là nguyên tố có bán kính ion nhỏ nhất trong số các nguyên tố này. Thông thường, nhưng không phải luôn luôn, hệ số khuếch tán cũng tuân theo bán kính ion của các nguyên tố. Do đó, sự trao đổi Na cho Li nhanh hơn đáng kể so với sự trao đổi K cho Li. Ở đây, K,

Na và Li là các nguyên tố kim loại kiềm phổ biến nhất được sử dụng trong trao đổi ion. Sự chênh lệch lớn về các hệ số khuếch tán dẫn tới sự xuất hiện hai vùng trong biên dạng ứng suất khi sử dụng dung dịch hỗn hợp với hàm lượng K/Na trao đổi ở thủy tinh có chứa Li (và có lẽ cả các nguyên tố khác như Na).

Quy trở lại các Fig. 2-3, nền trên cơ sở thủy tinh nằm dưới có hợp phần kiềm sau: 63,60 % mol  $\text{SiO}_2$ , 15,67 % mol  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 10,81 % mol  $\text{Na}_2\text{O}$ , 6,24 % mol  $\text{Li}_2\text{O}$ , 1,16 % mol  $\text{ZnO}$ , 0,04 % mol  $\text{SnO}_2$ , và 2,48 % mol  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Hợp phần này có hàm lượng Na chuẩn hóa là 62 % mol và hàm lượng Li là 38 % mol. Đồ thị trên các Fig. 2-3 được tạo ra nhờ sử dụng mô hình trao đổi ion (IOX) biến dạng phẳng hai chiều (2D), mô hình này dựa trên phương pháp mô hình hóa sai phân hữu tỷ.

Đồ thị trên Fig. 2 biểu thị biên dạng ứng suất điển hình của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh chứa Li đã biết trong lĩnh vực, chế phẩm này tuân thủ bước xử lý IOX truyền thống mà sử dụng chế phẩm dung dịch nhị phân (K/Na) được thiết kế để truyền ứng suất mong muốn dựa trên sự khuếch tán của các ion kali và natri vào trong nền thủy tinh nhưng không có ion nào của Li có mặt trong chế phẩm dung dịch, điều này nghĩa là chế phẩm dung dịch không ở trạng thái cân bằng hóa học với các kim loại Na và Li của nền trên cơ sở thủy tinh nằm dưới. Trên FIG. 2, biên dạng ứng suất điển hình bao gồm vùng đỉnh nhọn 20 gần bề mặt và vùng đuôi 22 sâu hơn bên trong vật phẩm. Ứng suất tại bề mặt được tham chiếu là CS (ứng suất nén hoặc kéo); độ sâu lớp (DOL) của vùng đỉnh nhọn 20 có liên quan đến độ sâu khuếch tán của các ion khuếch tán đi vào gần đỉnh, ứng suất của CSk đoạn uốn (nén hoặc kéo) là ứng suất theo phép ngoại suy tiệm cận của các vùng đỉnh và vùng đuôi; độ sâu nén (DOC) là vị trí trong đó ứng suất là trị số 0 đầu tiên bên trong vật phẩm và làm thay đổi tín hiệu từ nén sang kéo (hoặc ngược lại); và ứng suất kéo trung tâm (CT) là ứng suất (kéo hoặc nén) tại tâm hoặc tâm danh định của vật phẩm. Thông thường ở đây thì, ứng suất nén là dương và ứng suất kéo là âm nhằm các mục đích minh họa.

Fig. 3 là đồ thị của ứng suất (MPa) so với vị trí chuẩn hóa ( $z$ /độ dày) của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo một phương án mà phương án này tuân thủ: bước xử lý IOX thứ nhất, trong đó chế phẩm dung dịch 3 ion của bước xử lý IOX được thiết kế để truyền các ion mong muốn vào trong nền thủy tinh, và các ion Na và Li của chế phẩm

dung dịch là ở trạng thái cân bằng hóa học với các kim loại tương ứng của nền trên cơ sở thủy tinh nằm dưới; và thuận thủ bước xử lý IOX khác mà chế phẩm dung dịch của bước này không ở trạng thái cân bằng hóa học tương thích với bước xử lý IOX truyền thống được thảo luận đối với Fig. 2. Trên Fig. 3, biên dạng ứng suất theo sáng chế bao gồm vùng đỉnh nhọn 30 gần bề mặt, vùng chuyển tiếp 31, vùng này là từng bậc và loại trừ vùng uốn được phát hiện trên Fig. 2, và vùng đuôi 32 sâu hơn bên trong vật phẩm. Tương tự như trên Fig. 2, có: CS, đây là ứng suất tại bề mặt, DOL của vùng đỉnh nhọn 30, vùng này có liên quan đến độ sâu khuếch tán của các ion khuếch tán đi vào gần đỉnh, DOC, đây là vị trí trong đó ứng suất là trị số 0 đầu tiên bên trong vật phẩm và làm thay đổi tín hiệu từ nén sang kéo (hoặc ngược lại); và CT, đây là ứng suất (kéo hoặc nén) ở tâm hoặc tâm danh đỉnh của vật phẩm. Trái với Fig. 2, vùng chuyển tiếp 31 kết nối vùng đỉnh nhọn 30 với vùng đuôi 32. Tức là, sự khác nhau chủ yếu giữa đặc điểm truyền thống của Fig. 2 và đặc điểm mới trong Fig. 3 là sự xuất hiện của vùng chuyển tiếp rộng hơn. Khó có thể xác định được điểm tiệm cận cụ thể trong đó điểm chuyển tiếp hoặc điểm uốn giữa đỉnh và đuôi của biên dạng xuất hiện. Điều này là do sự khuếch tán gần tỷ lệ lượng của kali (ion lựa chọn khác không có mặt trong thủy tinh) được sử dụng trong bước IOX gần tỷ lệ lượng duy nhất được bộc lộ ở đây.

Trên Fig. 3, tất cả các điểm của biên dạng ứng suất nằm ở vùng đỉnh nhọn bao gồm đường tiếp tuyến có trị số tuyệt đối bằng 20 MPa/micromet hoặc lớn hơn, tất cả các điểm của biên dạng ứng suất nằm ở vùng chuyển tiếp bao gồm đường tiếp tuyến có trị số tuyệt đối nhỏ hơn 20 MPa/micromet, và tất cả các điểm của biên dạng ứng suất nằm ở vùng đuôi bao gồm đường tiếp tuyến có trị số tuyệt đối nhỏ hơn trị số tuyệt đối của các đường tiếp tuyến của vùng chuyển tiếp. Theo một hoặc nhiều phương án, các ứng suất nén ở độ sâu lớn hơn hoặc bằng khoảng  $0,00625 \cdot t$  từ bề mặt thứ nhất là ít nhất khoảng 150 MPa. Theo một hoặc nhiều phương án, các ứng suất nén ở độ sâu lớn hơn hoặc bằng khoảng  $0,025 \cdot t$  từ bề mặt thứ nhất là ít nhất khoảng 120 MPa. Theo một hoặc nhiều phương án được mô tả chi tiết, ứng suất nén thứ nhất nằm ở giữa độ sâu từ khoảng 5 đến 10 micromet từ bề mặt thứ nhất và nằm trong khoảng từ khoảng 150 MPa đến khoảng 300 MPa, và/hoặc ứng suất nén thứ hai nằm ở độ sâu từ khoảng 15 đến 20 micromet từ bề mặt thứ nhất và nằm trong khoảng từ khoảng 120 MPa đến khoảng 240 MPa

Trong dung dịch hỗn hợp, ví dụ, hai hoặc ba hoặc nhiều loại ion, hàm lượng mol của dung dịch không nhất thiết là hàm lượng mol ở bề mặt thứ nhất hoặc bề mặt thứ hai, ở đây được tham chiếu là "ranh giới bề mặt," của vật phẩm thu được. Đã được biết một cách rộng rãi và do bởi cân bằng nhiệt động lực trong quá trình trao đổi ion của các ion trong dung dịch và các ion ở bề mặt của thủy tinh. Thông thường, để đạt được lượng hàm lượng mol nhất định của các ion ở bề mặt của vật phẩm, các thực nghiệm được thực hiện và sự phân bố nguyên tố của các ion bên trong thủy tinh (bao gồm cả ranh giới bề mặt) được đánh giá via vi đầu dò hoặc GDOES (glow discharge optical emission spectroscopy). Lượng của các ion ở ranh giới bề mặt là hàm của hợp phần kiềm của nền trên cơ sở thủy tinh nằm dưới. Do đó, các nền trên cơ sở thủy tinh khác nhau sẽ hoạt động khác nhau trong các điều kiện dung dịch giống nhau.

Sự chênh lệch giữa hàm lượng mol của các ion trong dung dịch so với ranh giới bề mặt đã khá phức tạp đối với sự khuếch tán hai loại ion. Trong thủy tinh trên cơ sở lithi, điều này còn phức tạp hơn khi có ba loại ion sẵn sàng cho sự khuếch tán. Do đó, phương pháp tiếp cận cần phải tìm ra bằng thực nghiệm các điều kiện nào ở dung dịch dẫn đến các điều kiện khuếch tán mong muốn tương ứng trong thủy tinh.

Để bắt đầu phân tích để đạt tới các điều kiện gần tỷ lượng, sự cân bằng mol ban đầu của hợp phần kiềm được đánh giá. Đối với Fig. 3, tỷ lệ mol là 0,62/0,38 mà tỷ lệ này là  $\sim 1,63$ . Khi đó, tỷ lệ mol này được chấp nhận là đích của ranh giới bề mặt. Tuy nhiên, hàm lượng mol hoặc khối lượng trong dung dịch có thể khác nhau và cần phải tìm ra bằng thực nghiệm, với kết quả dẫn đến, trong ví dụ này, tỷ lệ Na/Li là  $\sim 1,63$ . Ví dụ, nếu mong muốn có 22 % mol K tại ranh giới bề mặt, phần còn lại của x ion Na và y Li sẽ được biểu thị bằng phương trình:  $x(\text{Na}) + y(\text{Li}) + 0,22(\text{K}) = 1$ , đơn giản hóa thành  $x(\text{Na}) + y(\text{Li}) = 0,78$ . Đối với hợp phần kiềm đại diện,  $x(\text{Na})/y(\text{Li}) \sim 1,63$ , hoặc  $x(\text{Na}) = 1,63y(\text{Li})$ . Do đó,  $1,63y(\text{Li}) + y(\text{Li}) = 0,78$ , và  $y(\text{Li}) = 0,78/2,63 = 0,30$ , biểu thức này dẫn đến  $x(\text{Na}) = 1 - 0,22 - 0,30 = \sim 0,48$ . Một tập hợp các điều kiện minh họa có thể dẫn đến sự khuếch tán gần tỷ lượng là 22 % mol K/ 48 % mol Na/ 30 % mol Li ở ranh giới bề mặt của thủy tinh kiềm mà ở bên trong của nó đã có tỷ lệ theo tỷ lượng Na/Li  $\sim 1,63$ , tỷ lệ này được chứng minh trong ví dụ 1, các Fig. 9A-9B được thảo luận sau đây.

Cần hiểu rằng, có sự không chắc chắn trên thực tiễn vì hầu hết các hóa chất sử dụng không hoàn toàn tinh khiết và cũng có tạp chất trong thủy tinh, mặc dù ở mức rất nhỏ. Cũng cần hiểu rằng, những giới hạn về sự khuếch tán duy trì chính xác cùng hợp phần kiềm trong thời gian khuếch tán lâu dài, nhưng được cho nằm trong khoảng 10%, hoặc trong khoảng  $\pm 10\%$  mol, hoặc  $\pm 5\%$  mol, hoặc thậm chí  $\pm 1\%$  mol, và tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này, của hợp phần kiềm.

Fig. 4 là đồ thị của ứng suất (MPa) so với vị trí chuẩn hóa ( $z$ /độ dày) của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo một phương án mà nó tuân thủ bước xử lý IOX trong đó chế phẩm dung dịch chứa 3 ion của bước xử lý IOX được thiết kế để truyền các ion mong muốn vào trong nền thủy tinh và các ion Na và Li của chế phẩm dung dịch là ở trạng thái cân bằng hóa học với các kim loại tương ứng của nền trên cơ sở thủy tinh nằm dưới, tiếp theo bằng một hoặc nhiều bước IOX, truyền thống (ion kép) và/hoặc gần tỷ lượng. Trên Fig. 4, biên dạng ứng suất theo sáng chế bao gồm vùng đỉnh nhọn 40 gần bề mặt, vùng chuyển tiếp 41, vùng này hình khum, từng bậc và vùng đuôi 42 sâu hơn bên trong vật phẩm. Tương tự như trên Fig. 3, có: CS, đây là ứng suất tại bề mặt, DOL của vùng đỉnh nhọn 40, vùng này có liên quan đến độ sâu khuếch tán của các ion khuếch tán đi vào gần đỉnh, DOC, đây là vị trí trong đó ứng suất là trị số 0 đầu tiên bên trong vật phẩm và làm thay đổi tín hiệu từ nén sang kéo (hoặc ngược lại); và CT, đây là ứng suất (kéo hoặc nén) ở tâm hoặc tâm danh đỉnh của vật phẩm. Khác với Fig. 2 là sự thiếu vắng vùng uốn. Khác với Fig. 3 là sự có mặt hình khum ở vùng chuyển tiếp mà nó xuất phát từ một hoặc nhiều bước xử lý IOX sau đó, bao gồm cả các xử lý truyền thống và/hoặc gần tỷ lượng.

Các nền trên cơ sở thủy tinh sử dụng ở đây có hợp phần kiềm và tuân thủ bước xử lý IOX, bước này đưa vào oxit kim loại, khác với hai hoặc nhiều oxit kim loại kiềm của hợp phần kiềm. Theo một hoặc nhiều phương án, các nền trên cơ sở thủy tinh có thể bao gồm nhôm silicat kiềm, bo silicat chứa kiềm, nhôm bo silicat chứa kiềm, hoặc phosphosilicat chứa kiềm. Các kim loại kiềm bao gồm: lithi, natri, kali, rubidi, và xesi. Hợp phần kiềm có thể bao gồm oxit kim loại khác với hai hoặc nhiều oxit kim loại kiềm của hợp phần kiềm với lượng nhỏ hơn 1 % mol, nhỏ hơn 0,5 % mol, nhỏ hơn 0,1 % mol, hoặc nhỏ hơn bao gồm tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này. Oxit kim loại khác với hai hoặc nhiều oxit kim loại kiềm của hợp phần kiềm có thể được chọn từ

nhóm gồm: lithi (Li), natri (Na), kali (K), rubidi (Rb), xesi (Cs), franxi (Fr), bạc (Ag), vàng (Au), đồng (Cu), và các tổ hợp của chúng. Theo một hoặc nhiều phương án, hai hoặc nhiều oxit kim loại kiềm của hợp phần kiềm bao gồm lithi và natri, và oxit kim loại khác với hai hoặc nhiều oxit kim loại kiềm của hợp phần kiềm là kali. Theo một hoặc nhiều phương án, các nền trên cơ sở thủy tinh có độ dày  $t$  nằm trong khoảng từ 50 micromet đến 5 milimet, và tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này.

Các nền trên cơ sở thủy tinh có thể được tiếp xúc với một quá trình xử lý IOX “gần tỷ lượng” cùng với các xử lý gia cường bổ sung tùy ý. Theo một phương án, nền trên cơ sở thủy tinh chứa hai hoặc nhiều oxit kim loại kiềm trong hợp phần kiềm được tiếp xúc với quá trình xử lý trao đổi ion để tạo ra vật phẩm trên cơ sở thủy tinh. Quá trình xử lý trao đổi ion sử dụng dung dịch chứa các ion kim loại thứ nhất khác với hai hoặc nhiều kim loại kiềm của oxit kim loại kiềm trong hợp phần kiềm; và các ion của hai hoặc nhiều kim loại kiềm của hai hoặc nhiều oxit kim loại kiềm trong hợp phần kiềm ở tỷ lệ sao cho các ion của mỗi một kim loại kiềm là cân bằng hóa học với mỗi một trong số các kim loại kiềm tương ứng của oxit kim loại kiềm trong chế phẩm thủy tinh kiềm. Các xử lý gia cường bổ sung khác có thể được chọn từ nhóm gồm: xử lý trao đổi ion, xử lý ủ nhiệt, và sự kết hợp giữa các phương pháp này.

Theo một hoặc nhiều phương án, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh tạo ra bằng cách tiếp xúc với một quá trình xử lý IOX “gần tỷ lượng” bao gồm: nền trên cơ sở thủy tinh có các mặt đối diện thứ nhất và thứ hai xác định độ dày nền ( $t$ ); hợp phần trung tâm ở tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh chứa hai hoặc nhiều oxit kim loại kiềm, nồng độ bề mặt của mỗi một trong số hai hoặc nhiều oxit kim loại kiềm là khác 0 ở một hoặc cả hai bề mặt thứ nhất và thứ hai; oxit kim loại, khác với hai hoặc nhiều oxit kim loại kiềm của hợp phần trung tâm, có nồng độ khác 0 mà nồng độ này thay đổi từ bề mặt thứ nhất tới độ sâu lớp (DOL) đối với oxit kim loại; trong đó ở các độ dày sâu hơn khoảng 3 lần DOL, nồng độ của mỗi một trong số hai hoặc nhiều oxit kim loại kiềm là trong khoảng 10% của nồng độ tương ứng của mỗi một trong số hai hoặc nhiều oxit kim loại kiềm ở hợp phần trung tâm. Bằng cách sử dụng dung dịch IOX mà các ion của nó, ví dụ, lithi và natri, là cân bằng hóa học với các kim loại tương ứng trong hợp phần kiềm, kali được khuếch tán vào trong nền trong khi hợp phần kiềm đối với lithi và natri hầu như giữ nguyên (ví dụ, trong khoảng 10%) như vậy.

Một hoặc nhiều phương án mô tả chi tiết bộc lộ rằng, nồng độ của mỗi một trong số hai hoặc nhiều oxit kim loại kiềm trong vật phẩm trên cơ sở thủy tinh ở các độ dày sâu hơn khoảng 3 lần DOL là  $\pm 5\%$ ,  $\pm 4\%$ ,  $\pm 3\%$ ,  $\pm 2\%$ ,  $\pm 1\%$ ,  $\pm 0,5\%$ ,  $\pm 0,25\%$ ,  $\pm 0,10\%$  và tất cả các trị số giữa các trị số này của nồng độ tương ứng của mỗi một trong số hai hoặc nhiều oxit kim loại kiềm trong hợp phần kiềm của nền hoặc hợp phần tâm của vật phẩm. một hoặc nhiều phương án mô tả chi tiết bộc lộ rằng, tại bề mặt thứ nhất, nồng độ bề mặt của mỗi một trong số hai hoặc nhiều oxit kim loại kiềm là  $\pm 5\%$ ,  $\pm 4\%$ ,  $\pm 3\%$ ,  $\pm 2\%$ ,  $\pm 1\%$ ,  $\pm 0,5\%$ ,  $\pm 0,25\%$ ,  $\pm 0,10\%$  và tất cả các trị số giữa các trị số này của nồng độ tương ứng của mỗi một trong số hai hoặc nhiều oxit kim loại kiềm trong hợp phần kiềm hoặc hợp phần trung tâm.

Các nền trên cơ sở thủy tinh có thể được tiếp xúc với một quá trình xử lý IOX “gắn tỷ lệ”, quá trình xử lý IOX truyền thống thứ hai, và một hoặc nhiều quá trình xử lý gia cường bổ sung tùy ý. Theo một phương án, nền trên cơ sở thủy tinh chứa hai hoặc nhiều oxit kim loại kiềm trong hợp phần kiềm được tiếp xúc với quá trình xử lý trao đổi ion lần thứ nhất để tạo ra nền trên cơ sở thủy tinh pha trộn. Quá trình xử lý trao đổi ion lần thứ nhất sử dụng dung dịch chứa các ion kim loại thứ nhất khác với hai hoặc nhiều kim loại kiềm của oxit kim loại kiềm trong hợp phần kiềm; và các ion của hai hoặc nhiều kim loại kiềm của hai hoặc nhiều oxit kim loại kiềm trong hợp phần kiềm ở tỷ lệ sao cho các ion của mỗi một kim loại kiềm là cân bằng hóa học với mỗi một trong số các kim loại kiềm tương ứng của oxit kim loại kiềm trong chế phẩm thủy tinh kiềm. Như được sử dụng ở đây, “nền trên cơ sở thủy tinh pha trộn” để chỉ nền mà đã được làm thay đổi để bao gồm các ion bổ sung của các ion kim loại thứ nhất là kết quả của quá trình xử lý trao đổi ion lần thứ nhất. Nền trên cơ sở thủy tinh pha trộn sau đó được tiếp xúc với quá trình xử lý trao đổi ion lần thứ hai bao gồm dung dịch thứ hai chứa các ion kim loại thứ hai để tạo ra vật phẩm trên cơ sở thủy tinh. Các xử lý gia cường bổ sung khác có thể được chọn từ nhóm gồm: xử lý trao đổi ion, xử lý ủ nhiệt, và sự kết hợp giữa các phương pháp này. Các quá trình xử lý trao đổi ion thứ hai và bất kỳ sau đó có thể được sử dụng để điều chỉnh biên dạng ứng suất cuối cùng của vật phẩm thủy tinh theo ứng dụng mong muốn.

Theo một phương án, dung dịch thứ hai chứa: các ion của hai hoặc nhiều kim loại kiềm của hai hoặc nhiều oxit kim loại kiềm trong hợp phần kiềm ở tỷ lệ sao cho các ion

của mỗi một oxit kim loại kiềm là cân bằng hóa học với mỗi một trong số các kim loại kiềm tương ứng của oxit kim loại kiềm trong chế phẩm thủy tinh kiềm; trong đó các ion kim loại thứ hai là khác với hai hoặc nhiều kim loại kiềm trong chế phẩm thủy tinh kiềm; và trong đó vượt xa hơn ba lần độ sâu lớp (DOL) đối với các ion kim loại thứ hai, nồng độ của mỗi một trong số hai hoặc nhiều kim loại kiềm là trong khoảng 10% của nồng độ tương ứng của mỗi một trong số hai hoặc nhiều oxit kim loại kiềm trong hợp phần kiềm.

Theo một phương án, dung dịch thứ hai chứa: các ion của hai hoặc nhiều kim loại kiềm của hai hoặc nhiều oxit kim loại kiềm trong hợp phần kiềm ở tỷ lệ sao cho các ion của mỗi một oxit kim loại kiềm là không cân bằng hóa học với mỗi một trong số các kim loại kiềm tương ứng của oxit kim loại kiềm trong chế phẩm thủy tinh kiềm; trong đó các ion kim loại thứ hai là khác với hai hoặc nhiều kim loại kiềm của hai hoặc nhiều oxit kim loại kiềm trong chế phẩm thủy tinh kiềm; và trong đó vượt xa hơn ba lần độ sâu lớp (DOL) đối với các ion kim loại thứ hai, nồng độ của mỗi một trong số hai hoặc nhiều kim loại kiềm cao hơn 10% khác với nồng độ tương ứng của mỗi một trong số hai hoặc nhiều oxit kim loại kiềm trong hợp phần kiềm.

Theo một hoặc nhiều phương án, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh tạo ra bằng quá trình tiếp xúc với cả quá trình xử lý IOX “gần tỷ lượng” và quá trình xử lý thứ hai bao gồm: nền trên cơ sở thủy tinh có các mặt đối diện thứ nhất và thứ hai xác định độ dày nền ( $t$ ); hợp phần trung tâm ở tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh chứa hai hoặc nhiều oxit kim loại kiềm; nồng độ bề mặt của mỗi một trong số hai hoặc nhiều oxit kim loại kiềm là khác 0 ở một hoặc cả hai bề mặt thứ nhất và thứ hai, oxit kim loại, khác với hai hoặc nhiều oxit kim loại kiềm của hợp phần trung tâm, có nồng độ khác 0 mà nồng độ này thay đổi từ các bề mặt thứ nhất và thứ hai tới độ sâu lớp (DOL) của oxit kim loại; và biên dạng ứng suất bao gồm: vùng đỉnh nhọn kéo dài từ bề mặt thứ nhất tới vùng chuyển tiếp; vùng chuyển tiếp kéo dài tới vùng đuôi; và vùng đuôi kéo dài tới tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh; trong đó vùng chuyển tiếp bao gồm ứng suất nén thứ nhất ở độ sâu lớn hơn hoặc bằng khoảng  $0,00625 \cdot t$  từ bề mặt thứ nhất là ít nhất khoảng 150 MPa, và ứng suất nén thứ hai ở độ sâu lớn hơn hoặc bằng khoảng  $0,025 \cdot t$  từ bề mặt thứ nhất là ít nhất khoảng 120 MPa.

Ứng suất nén thứ nhất có thể nằm ở giữa khoảng 5 và khoảng 10 micromet, và tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này, độ sâu từ bề mặt thứ nhất và có trị số nằm trong khoảng từ khoảng 150 MPa đến khoảng 300 MPa, và tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này. Ứng suất nén thứ hai có thể nằm ở độ sâu giữa khoảng 15 và khoảng 20 micromet, và tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này, từ bề mặt thứ nhất và có trị số nằm trong khoảng từ khoảng 120 MPa đến khoảng 240 MPa, và tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này.

Độ sâu nén (DOC) có thể lớn hơn hoặc bằng  $0,13 \cdot t$ , hoặc  $0,15 \cdot t$ , hoặc  $0,17 \cdot t$ , hoặc  $0,21 \cdot t$ , hoặc  $0,23 \cdot t$ , hoặc  $0,25 \cdot t$ , hoặc sâu hơn. Theo một hoặc nhiều phương án được mô tả chi tiết, để độ dày nền  $t$  nhỏ hơn hoặc bằng 400 micromet, DOC lớn hơn hoặc bằng  $0,13 \cdot t$ . Theo một hoặc nhiều phương án được mô tả chi tiết; để độ dày nền  $t$  nằm trong khoảng từ lớn hơn 400 micromet đến nhỏ hơn 800 micromet, DOC lớn hơn hoặc bằng  $0,17 \cdot t$ ; và để độ dày nền  $t$  lớn hơn hoặc bằng 800 micromet, DOC lớn hơn hoặc bằng  $0,18 \cdot t$ , hoặc lớn hơn hoặc bằng  $0,19 \cdot t$ .

Theo một hoặc nhiều phương án, tất cả các điểm của biên dạng ứng suất nằm ở vùng đỉnh nhọn bao gồm đường tiếp tuyến có trị số tuyệt đối bằng 20 MPa/micromet hoặc lớn hơn.

Theo một hoặc nhiều phương án, tất cả các điểm của biên dạng ứng suất nằm ở vùng chuyển tiếp bao gồm đường tiếp tuyến có trị số tuyệt đối nhỏ hơn 20 MPa/micromet và lớn hơn trị số tuyệt đối của đường tiếp tuyến của tất cả các điểm của biên dạng ứng suất nằm ở vùng đuôi.

Theo một hoặc nhiều phương án, tất cả các điểm của biên dạng ứng suất nằm ở độ sâu từ khoảng 15 micromet đến khoảng 20 micromet là nhỏ hơn 20 MPa/micromet và lớn hơn 2,0 MPa/micromet, và tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này.

Ứng suất nén bề mặt (CS) tại bề mặt thứ nhất có thể là 400 MPa hoặc lớn hơn. CS có thể nằm trong khoảng từ 400 MPa đến 1,2GPa, từ 700 MPa đến 950 MPa, hoặc khoảng 800 MPa, và tất cả các trị số và các khoảng phụ giữa các trị số này.

Theo một hoặc nhiều phương án, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh sử dụng nền trên cơ sở thủy tinh trên cơ sở lithi được tiếp xúc với cả quá trình xử lý IOX “gắn tỷ lệ”

và quá trình xử lý thứ hai bao gồm: nền trên cơ sở thủy tinh có các mặt đối diện thứ nhất và thứ hai xác định độ dày nền ( $t$ ); hợp phần trung tâm ở tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh chứa lithi và một hoặc nhiều oxit kim loại kiềm bổ sung; nồng độ bề mặt của mỗi một trong số lithi và một hoặc nhiều oxit kim loại kiềm bổ sung là khác 0 ở một hoặc cả hai bề mặt thứ nhất và thứ hai; oxit kim loại, khác với lithi và một hoặc nhiều oxit kim loại kiềm bổ sung của hợp phần trung tâm, có nồng độ khác 0 mà nồng độ này thay đổi từ các bề mặt thứ nhất và thứ hai tới độ sâu lớp (DOL) của oxit kim loại; độ sâu nén (DOC) lớn hơn hoặc bằng khoảng  $0,13 \cdot t$ ; và ứng suất nén thứ nhất ở độ sâu từ khoảng 5 micromet đến 10 micromet từ bề mặt thứ nhất ít nhất là 150 MPa, và ứng suất nén thứ hai ở độ sâu từ khoảng 15 micromet đến khoảng 20 micromet từ bề mặt thứ nhất ít nhất là 120 MPa.

Theo một phương án, ở độ sâu từ 3 đến 10 micromet hoặc sâu hơn, nồng độ của oxit kim loại khác với lithi và một hoặc nhiều oxit kim loại kiềm bổ sung của hợp phần trung tâm có thể là 5% khối lượng hoặc cao hơn trong số tất cả các kim loại kiềm trong vật phẩm trên cơ sở thủy tinh. Theo một phương án, oxit kim loại khác với hai hoặc nhiều oxit kim loại kiềm của hợp phần trung tâm là kali và độ sâu là 10 micromet. Theo một phương án, oxit kim loại khác với lithi và một hoặc nhiều oxit kim loại kiềm bổ sung của hợp phần trung tâm là rubidi, xesi, hoặc franxi, và độ sâu là 3 micromet.

Theo một phương án, ở độ sâu 20 micromet hoặc sâu hơn, nồng độ của oxit kim loại khác với lithi và một hoặc nhiều oxit kim loại kiềm bổ sung của hợp phần trung tâm là 0,3% khối lượng hoặc cao hơn trong số tất cả các kim loại kiềm trong vật phẩm trên cơ sở thủy tinh. Theo một phương án, oxit kim loại khác với lithi và một hoặc nhiều oxit kim loại kiềm bổ sung của hợp phần trung tâm là bạc, vàng hoặc đồng.

### **Ví dụ thực hiện sáng chế**

Các phương án thực hiện khác nhau sẽ được làm sáng tỏ thêm bằng các ví dụ sau đây. Trong các ví dụ, trước khi gia cường, các ví dụ được tham chiếu ở dạng "các nền". Sau khi được xử lý gia cường, các ví dụ được tham chiếu ở dạng "các vật phẩm" hoặc "vật phẩm trên cơ sở thủy tinh".

Các ví dụ được dựa trên nền trên cơ sở thủy tinh trên cơ sở lithi có hợp phần kiềm sau: 63,60 % mol  $\text{SiO}_2$ , 15,67 % mol  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 10,81 % mol  $\text{Na}_2\text{O}$ , 6,24 % mol  $\text{Li}_2\text{O}$ , 1,16

% mol ZnO, 0,04 % mol SnO<sub>2</sub>, và 2,48 % mol P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> hợp phần kiềm có hàm lượng Na chuẩn hóa kiềm là 0,62 (62 % mol) và hàm lượng Li chuẩn hóa kiềm là 0,38 (38 % mol). Độ dày của nền là 800 micromet.

Trong các ví dụ sau, khi tham chiếu “mô hình khuếch tán”, các biên dạng ứng suất được sinh ra sử dụng mô hình trao đổi ion (IOX) biến dạng phẳng hai chiều (2D), mô hình này dựa trên phương pháp mô hình hóa sai phân hữu tỷ.

Ví dụ so sánh A

Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh tạo ra từ nền trên cơ sở thủy tinh trên cơ sở lithi tham chiếu ở trên bằng quá trình xử lý trao đổi ion một bước so sánh được mô hình hóa sử dụng mô hình khuếch tán. Các dung dịch IOX khác nhau được mô hình hóa, nhưng không dung dịch nào ở trạng thái cân bằng hóa học với Li và Na trong hợp phần kiềm. Các kim loại được trao đổi ion bao gồm K, Li, và Na.

Dung dịch IOX so sánh thứ nhất là 100 % mol K. Fig. 5A thể hiện biên dạng ứng suất (ứng suất (MPa) so với vị trí chuẩn hóa (z/độ dày)) do sự khuếch tán của dung dịch mà tạo ra 100 % mol K ở ranh giới bề mặt. Có đỉnh nhọn rộng 50 do sự khuếch tán của K được trao đổi với cả Na và Li của hợp phần kiềm. Fig. 5B thể hiện nồng độ chuẩn hóa (a.u.) của các ion so với vị trí chuẩn hóa (z/độ dày). Vì chỉ duy nhất kali mà chậm khuếch tán được trao đổi, ứng suất đạt đỉnh và các ion chỉ được trao đổi duy nhất ở bề mặt gần.

Dung dịch IOX so sánh thứ hai là hỗn hợp của K và Na. Khi dung dịch hỗn hợp có mặt, động lực trở nên phức tạp hơn. Fig. 6A thể hiện biên dạng ứng suất (ứng suất (MPa) so với vị trí chuẩn hóa (z/độ dày)) do sự khuếch tán của dung dịch hỗn hợp so sánh thứ hai mà dẫn tới 80 % molK/ 20 % molNa ở ranh giới bề mặt. Có đỉnh nhọn 60 do sự khuếch tán của các ion K chậm hơn trao đổi với Li và Na và sự có mặt của đuôi 62 do sự trao đổi của Na với duy nhất Li. Trên Fig. 6A, có ứng suất khoảng 100 MPa tại điểm uốn 63. Ứng suất nén (CS) là khoảng 875 MPa. Fig. 6B thể hiện nồng độ chuẩn hóa (a.u.) của các ion so với vị trí chuẩn hóa (z/độ dày). Thời gian đầy đủ được sử dụng trong quá trình khuếch tán mà các ion Na được trao đổi với các ion Li ở tâm của mẫu.

Dung dịch IOX so sánh thứ ba là hỗn hợp của K và Na khác với hỗn hợp của dung dịch so sánh thứ hai. Những thay đổi đối với hàm lượng mol mong muốn ở ranh

giới của vật phẩm dẫn đến những thay đổi đối với biên dạng ứng suất. Fig. 7A thể hiện biên dạng ứng suất (ứng suất (MPa) so với vị trí chuẩn hóa ( $z/\text{độ dày}$ )) do sự khuếch tán của dung dịch hỗn hợp so sánh thứ ba dẫn đến 70 % mol K/30 % mol Na ở ranh giới bề mặt. Có đỉnh nhọn 70 do sự khuếch tán của các ion K chậm hơn trao đổi với Li và Na và sự có mặt của đuôi 72 do sự trao đổi của Na với duy nhất Li. Trên Fig. 7A, có ứng suất khoảng 130 MPa tại điểm uốn 73. Ứng suất nén (CS) là khoảng 700 MPa. Fig. 7B thể hiện nồng độ chuẩn hóa (a.u.) của các ion so với vị trí chuẩn hóa ( $z/\text{độ dày}$ ). Trong trường hợp này, giống với dung dịch IOX so sánh thứ hai, các ion của Na được khuếch tán vào phần tâm của thủy tinh. Tỷ lệ của K/Na giảm với dung dịch IOX so sánh thứ ba so với dung dịch IOX thứ hai, và do đó, CS giảm, do K giảm, và CS đoạn uốn tăng, do Na tăng.

Dung dịch IOX so sánh thứ tư là 100 % mol Na, mà là trường hợp giới hạn khác trái ngược với trường hợp 100 % K của dung dịch IOX so sánh thứ nhất. Fig. 8A thể hiện biên dạng ứng suất (ứng suất (MPa) so với vị trí chuẩn hóa ( $z/\text{độ dày}$ )) do sự khuếch tán của dung dịch mà tạo ra 100 % mol Na ở ranh giới bề mặt. Không có đỉnh rộng của ứng suất được cảm ứng trong biên dạng do không có mặt K. Do đó, không có mặt điểm uốn. Fig. 8B thể hiện nồng độ chuẩn hóa (a.u.) của các ion so với vị trí chuẩn hóa ( $z/\text{độ dày}$ ). Trong trường hợp giới hạn này, chỉ duy nhất Na có mặt và được trao đổi với lithi, sinh ra biên dạng gần như parabol. Ứng suất khi các ion khuếch tán vào trung tâm dẫn đến DOC là  $\sim 21\%$  của độ dày.

Do đó, trong các trường hợp khuếch tán của các nền trên cơ sở thủy tinh chứa lithi và natri trong các hợp phần kiềm của chúng, nếu dung dịch chứa hỗn hợp nhị phân của kali và natri được sử dụng (không ở trạng thái cân bằng hóa học với các ion natri và lithi của nền), sự cân bằng thường xuất hiện. Tỷ lệ lớn nhất của K/Na dẫn đến CS cao nhất và Csk thấp nhất. Độ sâu nén sẽ thay đổi nhẹ do sự cân bằng lực trong đó vùng dưới đường cong khi nén cần phải giống như vùng dưới đường cong khi kéo đối với phần phẳng. Điều này cũng có nghĩa rằng, vùng đỉnh lớn nhất khi DOC giảm nhẹ. Sự cân bằng này là khá quan trọng vì đây là cách mà hầu hết các chi tiết được tiến hành để sản xuất đều được chế tạo hiện nay.

Trong các dung dịch IOX so sánh thứ hai và thứ ba, chúng lần lượt dẫn đến các tỷ lệ 80 K/20 Na, 70 K/30 Na ở các ranh giới bề mặt, bên trong của nền được khuếch tán bởi Na do sự trao đổi nhanh Na/Li. Không dự định bị ràng buộc bởi lý thuyết, điều này xuất hiện vì có sự thiếu cân bằng giữa nồng độ của các ion trong dung dịch so với hợp phần kiềm của nền. Vì sự khuếch tán của K/Na hoặc K/Li là chậm và sự khuếch tán Na/Li là nhanh, nên bên trong của nền trên cơ sở thủy tinh dịch chuyển ra xa hợp phần tỷ lệ ban đầu của nó, trong ví dụ hiện tại, hợp phần này là 62 % mol Na và 38 % mol Li.

#### Ví dụ 1

Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh tạo ra từ nền trên cơ sở thủy tinh trên cơ sở lithi tham chiếu ở trên bằng quá trình xử lý trao đổi ("gần tỷ lệ") một bước được mô hình hóa sử dụng mô hình khuếch tán. Hai dung dịch IOX "gần tỷ lệ", chứa ba ion, hai trong số này là ở trạng thái cân bằng hóa học với các ion của hợp phần kiềm của nền trên cơ sở thủy tinh nằm dưới, được mô hình hóa. Thời gian khuếch tán thực tiễn là xấp xỉ 20 giờ ở nhiệt độ 380°C.

Dung dịch IOX ba ion thứ nhất dẫn đến 22 % mol K/ 48 % mol Na/ 30 % mol Li ở ranh giới bề mặt của nền trên cơ sở thủy tinh chứa Na và Li. Fig. 9A thể hiện biên dạng ứng suất (ứng suất (MPa) so với vị trí chuẩn hóa (z/độ dày)) do sự khuếch tán của dung dịch mà tạo ra 22 % mol K/ 48 % mol Na/ 30 % mol Li ở ranh giới bề mặt. Fig. 9B thể hiện nồng độ chuẩn hóa (a.u.) của các ion so với vị trí chuẩn hóa (z/độ dày).

Dung dịch IOX ba ion thứ hai dẫn đến 51 % mol K/ 30 % mol Na/ 19 % mol Li ở ranh giới bề mặt của nền trên cơ sở thủy tinh chứa Na và Li. Fig. 10A thể hiện biên dạng ứng suất (ứng suất (MPa) so với vị trí chuẩn hóa (z/độ dày)) do sự khuếch tán của dung dịch mà tạo ra 51 % mol K/ 20 % mol Na/ 19 % mol Li ở ranh giới bề mặt. Fig. 10B thể hiện nồng độ chuẩn hóa (a.u.) của các ion so với vị trí chuẩn hóa (z/độ dày).

Tham chiếu các Fig. 9A và 9B, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được mô hình hóa trong ví dụ 1 cho thấy rằng, nồng độ bề mặt của hai oxit kim loại kiềm của hợp phần kiềm (Li và Na) là khác 0 ở một hoặc cả hai bề mặt thứ nhất và thứ hai của nền. Tương tự, oxit kim loại (K) khuếch tán đi vào có nồng độ khác 0 mà nồng độ này thay đổi từ bề mặt thứ nhất tới độ sâu lớp (DOL) đối với oxit kim loại.

Bất ngờ và ngạc nhiên là, các dung dịch muối hỗn hợp ba ion phức dẫn đến sự khuếch tán của kali ở bề mặt không có sự thay đổi đáng kể về hợp phần kiềm ion bên trong các nền trên cơ sở thủy tinh như được thể hiện trong các Fig. 9B và 10B. Theo ví dụ 1, một ion như kali, không có mặt trong hợp phần kiềm, có thể được khuếch tán vào trong nền trong khi vẫn duy trì được hợp phần bên trong nền ở hợp phần kiềm ban đầu của nó, hoặc trên thực tiễn nằm trong khoảng 10% hoặc nhỏ hơn của các nồng độ riêng biệt của các kim loại.

#### Ví dụ 2

Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh tạo ra từ nền trên cơ sở thủy tinh trên cơ sở lithi tham chiếu ở trên bằng quá trình xử lý trao đổi ion hai bước bao gồm dung dịch "gần tỷ lượng" và dung dịch khuếch tán truyền thống được mô hình hóa sử dụng mô hình khuếch tán.

Bước I của quá trình xử lý, tương ứng theo dung dịch IOX ba ion thứ nhất của ví dụ 1, bao gồm dung dịch "gần tỷ lượng" thứ nhất dẫn đến 22 % mol K/ 48 % mol Na/ 30 % mol Li ở ranh giới bề mặt của nền trên cơ sở thủy tinh chứa Na và Li (bước I). Bước này được tiếp theo bằng bước II, bước này bao gồm dung dịch mà dẫn đến sự khuếch tán 90 % mol K / 10 % mol Na ở ranh giới bề mặt. Trên Fig. 11A là biên dạng ứng suất (ứng suất (MPa) so với vị trí chuẩn hóa (z/độ dày)) sau mỗi một trong số bước I và bước II, đã chứng minh được rằng, ứng suất ban đầu do 22 % mol K trong bước I, ~250MPa được tạo ra độc lập với hàm lượng Li và Na trong điều kiện gần tỷ lượng. Bước II có tác dụng bổ sung vào kali ban đầu được khuếch tán để gia tăng ứng suất nén tại bề mặt đến khoảng 900 MPa.

Fig. 11B là nồng độ chuẩn hóa (a.u.) của các ion so với vị trí chuẩn hóa (z/độ dày) sau mỗi một trong số bước I và bước II. Sau bước I, hợp phần kiềm ở xa hơn DOL của K cơ bản không bị biến đổi, nó là đặc trưng của sự khuếch tán gần tỷ lượng thứ nhất. Sau khi trao đổi ion tiếp theo, bước II, nồng độ ion ở trung tâm bị biến đổi như thông thường. Tuy nhiên, kali có mặt từ bước I giúp tạo ra các ứng suất bổ sung gần bề mặt.

Để tham chiếu, dung dịch IOX nhị phân mà dẫn đến sự khuếch tán 90 % mol K / 10 % mol Na ở ranh giới bề mặt được mô hình hóa sử dụng mô hình khuếch tán. Trên

Fig. 12A, biên dạng ứng suất kết hợp trên Fig. 11A được so sánh với tham chiếu khuếch tán đơn 90 % mol K/10 % mol Na ở ranh giới bề mặt. So sánh cho thấy tác dụng thực của bước gần tỷ lượng ban đầu. Sự có mặt của bước gần tỷ lượng làm gia tăng diện tích vùng đỉnh nhọn nhưng sự cân bằng lực làm giảm DOC một chút. Trên Fig. 12B, hình phóng to của biên dạng ứng suất của Fig. 12A cho thấy rằng, việc sử dụng bước gần tỷ lượng thứ nhất, không có đoạn uốn xác định rõ, dĩ nhiên có vùng chuyển tiếp dần dần. CS đoạn uốn ở chỗ là vùng uốn thì cao hơn. Điều này là do sự có mặt của kali được khuếch tán ở bước gần tỷ lượng thứ nhất, nó phân tách riêng CS đoạn uốn với đỉnh kali. Các biên dạng ứng suất có thể được điều chỉnh mà không có những sự cân bằng ban đầu được nhấn mạnh đối với các Fig. 5A-5B, 6A-6B, 7A-7B, và 8A-8B. Khả năng điều chỉnh các biên dạng có thể dẫn đến các biên dạng ứng suất độc nhất mà có thể không đạt được trước đó.

### Ví dụ 3

Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh tạo ra từ nền trên cơ sở thủy tinh trên cơ sở lithi tham chiếu ở trên bằng quá trình xử lý trao đổi ion ba bước bao gồm dung dịch "gần tỷ lượng" và hai dung dịch khuếch tán truyền thống được mô hình hóa sử dụng mô hình khuếch tán.

Bước I của quá trình xử lý, tương ứng theo dung dịch IOX ba ion thứ nhất của ví dụ 1, bao gồm dung dịch "gần tỷ lượng" thứ nhất dẫn đến 22 % mol K/ 48 % mol Na/ 30 % mol Li ở ranh giới bề mặt của nền trên cơ sở thủy tinh chứa Na và Li (bước I). Bước này được tiếp theo bằng bước II, bước này bao gồm dung dịch mà dẫn đến sự khuếch tán 30 % mol K / 70 % mol Na ở ranh giới bề mặt. Bước này được tiếp theo bằng bước III, tương ứng theo bước II của ví dụ 2, bước này bao gồm dung dịch mà dẫn đến sự khuếch tán 90 % mol K / 10 % mol Na ở ranh giới bề mặt. Trên Fig. 13A là biên dạng ứng suất (ứng suất (MPa) so với vị trí chuẩn hóa (z/độ dày)) sau mỗi một trong số bước I, bước II, và bước III, điều này lại thể hiện rằng, ứng suất ban đầu do 22 % mol K trong bước I, ~250MPa được tạo ra độc lập với hàm lượng Li và Na trong điều kiện gần tỷ lượng. Bước II có tác dụng tạo ra đuôi của biên dạng ứng suất. Bước III có tác dụng bổ sung vào kali ban đầu được khuếch tán để gia tăng ứng suất nén tại bề mặt đến khoảng 875 MPa.

Fig. 13B là nồng độ chuẩn hóa (a.u.) của các ion so với vị trí chuẩn hóa ( $z/\text{độ dày}$ ) sau mỗi một trong số bước I, bước II, và bước III. Sau bước I, hợp phần kiềm ở xa hơn DOL của K cơ bản không bị biến đổi, nó là đặc trưng của sự khuếch tán gần tỷ lượng thứ nhất. Sau các bước trao đổi ion tiếp sau, các bước II-III, nồng độ ion ở trung tâm được thay đổi như thông thường. Tuy nhiên, kali có mặt từ bước I giúp tạo ra các ứng suất bổ sung gần bề mặt.

Để tham chiếu, dung dịch IOX nhị phân mà dẫn đến sự khuếch tán 90 % mol K / 10 % mol Na ở ranh giới bề mặt được mô hình hóa sử dụng mô hình khuếch tán. Trên Fig. 14A, biên dạng ứng suất kết hợp trên Fig. 13A được so sánh với tham chiếu khuếch tán đơn 90 % mol K/10 % mol Na ở ranh giới bề mặt. So sánh thể hiện sự tác động thực của bước gần tỷ lượng ban đầu. Sự có mặt của bước gần tỷ lượng làm gia tăng diện tích vùng đỉnh nhọn nhưng sự cân bằng lực làm giảm DOC một chút. Trên Fig. 14B, hình phóng to của biên dạng ứng suất của Fig. 14A cho thấy rằng, việc sử dụng bước gần tỷ lượng thứ nhất, không có đoạn uốn xác định rõ, dĩ nhiên có vùng chuyển tiếp dần dần. CS đoạn uốn ở chỗ là vùng uốn thì cao hơn. Điều này là do sự có mặt của kali được khuếch tán ở bước gần tỷ lượng thứ nhất, nó phân tách riêng CS đoạn uốn với đỉnh kali. Các biên dạng ứng suất có thể được điều chỉnh mà không có những sự cân bằng ban đầu được nhấn mạnh đối với các Fig. 5A-5B, 6A-6B, 7A-7B, và 8A-8B. Khả năng điều chỉnh các biên dạng có thể dẫn đến các biên dạng ứng suất độc nhất mà có thể không đạt được trước đó.

#### Ví dụ 4

Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh tạo ra từ nền trên cơ sở thủy tinh trên cơ sở lithi tham chiếu ở trên bằng quá trình xử lý trao đổi ion hai bước bao gồm dung dịch "gần tỷ lượng" và dung dịch khuếch tán truyền thống được mô hình hóa sử dụng mô hình khuếch tán.

Bước I của quá trình xử lý, tương ứng theo dung dịch IOX ba ion thứ hai của ví dụ 1, bao gồm dung dịch "gần tỷ lượng" thứ nhất mà dẫn đến 51 % mol K/ 20 % mol Na/ 19 % mol Li ở ranh giới bề mặt của nền trên cơ sở thủy tinh chứa Na và Li (bước I). Bước này được tiếp theo bằng bước II, bước này bao gồm dung dịch mà dẫn đến sự khuếch tán 90 % mol K / 10 % mol Na ở ranh giới bề mặt. Trên Fig. 15A là biên dạng

ứng suất (ứng suất (MPa) so với vị trí chuẩn hóa ( $z/\text{độ dày}$ )) sau mỗi một trong số bước I và bước II, đã chứng minh được rằng, ứng suất ban đầu do 51 % mol K trong bước I, ~575MPa được tạo ra độc lập với hàm lượng Li và Na trong điều kiện gần tỷ lượng. Bước II có tác động bổ sung vào kali ban đầu được khuếch tán để gia tăng ứng suất nén tại bề mặt đến khoảng 850 MPa.

Fig. 15B là nồng độ chuẩn hóa (a.u.) của các ion so với vị trí chuẩn hóa ( $z/\text{độ dày}$ ) sau mỗi một trong số bước I và bước II. Sau bước I, hợp phần kiềm ở xa hơn DOL của K cơ bản không bị biến đổi, nó là đặc trưng của sự khuếch tán gần tỷ lượng thứ nhất. Sau khi trao đổi ion tiếp theo, bước II, nồng độ ion ở trung tâm bị biến đổi như thông thường. Tuy nhiên, kali có mặt từ bước I giúp tạo ra các ứng suất bổ sung gần bề mặt.

Để tham chiếu, dung dịch IOX nhị phân mà dẫn đến sự khuếch tán 90 % mol K / 10 % mol Na ở ranh giới bề mặt được mô hình hóa sử dụng mô hình khuếch tán. Trên Fig. 16A, biên dạng ứng suất kết hợp trên Fig. 15A được so sánh với tham chiếu khuếch tán đơn 90 % mol K/10% mol Na ở ranh giới bề mặt. So sánh thể hiện sự tác động thực của bước gần tỷ lượng ban đầu. Sự có mặt của bước gần tỷ lượng làm gia tăng diện tích vùng đỉnh nhọn nhưng sự cân bằng lực làm giảm DOC một chút. Trên Fig. 16B, hình phóng to của biên dạng ứng suất của Fig. 16A cho thấy rằng, việc sử dụng bước gần tỷ lượng thứ nhất, không có đoạn uốn xác định rõ, dĩ nhiên có vùng chuyển tiếp dần dần. CS đoạn uốn ở chỗ là vùng uốn thì cao hơn. Điều này là do sự có mặt của kali được khuếch tán ở bước gần tỷ lượng thứ nhất, nó phân tách riêng CS đoạn uốn với đỉnh kali. Các biên dạng ứng suất có thể được điều chỉnh mà không có những sự cân bằng ban đầu được nhấn mạnh đối với các Fig. 5A-5B, 6A-6B, 7A-7B, và 8A-8B. Khả năng điều chỉnh các biên dạng có thể dẫn đến các biên dạng ứng suất độc nhất mà có thể không đạt được trước đó.

K cao hơn ở dung dịch gần tỷ lượng được sử dụng trong ví dụ 4 (các Fig. 15A-15B) tăng cường vùng đỉnh nhọn so với ví dụ 2 (các Fig. 11A-11B) và tạo ra ứng suất ở độ sâu theo cách dần dần. Hàm lượng K lớn hơn tương tự cũng sẽ tạo ra ứng suất nhiều hơn ở độ sâu mà thông qua sự cân bằng lực sẽ làm giảm DOC của biên dạng tổng thể.

## Ví dụ 5

Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh tạo ra từ nền trên cơ sở thủy tinh trên cơ sở lithi tham chiếu ở trên bằng quá trình xử lý trao đổi ion ba bước bao gồm hai dung dịch "gần tỷ lệ" và một dung dịch khuếch tán truyền thống được mô hình hóa sử dụng mô hình khuếch tán.

Bước I của quá trình xử lý, tương ứng theo dung dịch IOX ba ion thứ hai của ví dụ 1 (thời gian khuếch tán thực tiễn là ~20 giờ ở nhiệt độ 380°C), bao gồm dung dịch "gần tỷ lệ" thứ nhất mà dẫn đến 51 % mol K / 20 % mol Na / 19 % mol Li ở ranh giới bề mặt của nền trên cơ sở thủy tinh chứa Na và Li (bước I). Bước này được tiếp theo bằng bước II, dung dịch "gần tỷ lệ" khác (không có K, thời gian ngắn hơn bước I) mà dẫn đến sự khuếch tán 0 % mol K / 62 % mol Na / 38 % mol Li ở ranh giới bề mặt (thời gian khuếch tán thực tiễn là ~5 giờ ở nhiệt độ 380°C). Bước này được tiếp theo bằng bước III, tương ứng theo bước II của ví dụ 2, bước này bao gồm dung dịch mà dẫn đến sự khuếch tán 90 % mol K / 10 % mol Na ở ranh giới bề mặt. Fig. 17A là biên dạng ứng suất (ứng suất (MPa) so với vị trí chuẩn hóa (z/độ dày)) sau mỗi một trong số bước I, bước II, và bước III. Ứng suất ban đầu do 51 % mol K trong bước I tạo ra ứng suất tại bề mặt và ở độ sâu. Bước II có tác dụng loại bỏ ứng suất tại bề mặt. Bước III phục hồi ứng suất nén tại bề mặt và tạo ra đuôi cuối cùng của biên dạng. Tác dụng toàn thể cần phải tạo ra đoạn dốc khum tại các độ sâu vừa phải.

Fig. 17B là nồng độ chuẩn hóa (a.u.) của các ion so với vị trí chuẩn hóa (z/độ dày) sau mỗi một trong số bước I, bước II, và bước III. Sau các bước I và II, hợp phần kiềm ở xa hơn DOL của K cơ bản không bị biến đổi, đây là đặc trưng của sự khuếch tán gần tỷ lệ. Sau khi trao đổi ion tiếp theo, bước III, nồng độ ion ở trung tâm bị biến đổi như thông thường.

Để tham chiếu, dung dịch IOX nhị phân mà dẫn đến sự khuếch tán 90 % mol K / 10 % mol Na ở ranh giới bề mặt được mô hình hóa sử dụng mô hình khuếch tán. Trên Fig. 18A, biên dạng ứng suất kết hợp trên Fig. 17A được so sánh với tham chiếu khuếch tán đơn 90 % mol K / 10 % mol Na ở ranh giới bề mặt. So sánh cho thấy tác dụng thực của hai bước gần tỷ lệ. Sự có mặt của bước gần tỷ lệ ngắn hơn thứ hai và không

có K đã làm biến đổi vùng uốn và vùng đỉnh nhọn. Trên Fig. 18B, hình phóng to của biên dạng ứng suất của Fig. 18A thể hiện dốc khum ở vùng chuyển tiếp.

#### Ví dụ 6

Các thực nghiệm được tiến hành thực hiện để bằng thực nghiệm tìm ra các điều kiện dung dịch hỗn hợp mà sẽ dẫn đến sự xuất hiện điều kiện gần tương tự của phép tính gần tỷ lượng trong đó kali (hoặc ion khác không có mặt trong thủy tinh) có thể khuếch tán mà không tác động lên nồng độ ban đầu của các ion bên trong thủy tinh. Như đã giải thích ở trên, điều này nghĩa là tỷ lệ của các ion bên trong thủy tinh được duy trì ở tỷ lệ  $\text{Na \% mol/Li \% mol} = 0,62/0,38 = \sim 1,63$  tại ranh giới bề mặt của nền trên cơ sở thủy tinh trên cơ sở lithi tham chiếu ở trên. Lưu ý rằng, đối với các nền chứa các hợp phần kiềm khác, tỷ lệ đích tại ranh giới bề mặt sẽ là khác nhau. Nhiều thực nghiệm được tiến hành thực hiện sử dụng các chế phẩm dung dịch khác nhau, và các chế phẩm dẫn đến tỷ lệ mong muốn được xác định bằng thực nghiệm, các dung dịch IOX thứ nhất và thứ hai của ví dụ này. Tỷ lệ tại ranh giới bề mặt như đã nêu ở trên không giống với tỷ lệ trong dung dịch, do đó, có thể cần lặp lại nhiều lần để nhận ra chế phẩm dung dịch thích hợp. Sự phân bố ion bên trong vật phẩm được xác định bằng phương pháp GDOES (Glow discharge optical emission spectroscopy). Ở đây, kali (ion không có mặt ở nền) từ dung dịch hỗn hợp khuếch tán gần bề mặt trong khi các ion ở trung tâm của nền gần như giữ nguyên không thay đổi. Bên ngoài vùng trong đó kali được khuếch tán, vật phẩm giữ nguyên hợp phần kiềm ban đầu trong khi chỉ các ion kali chậm được khuếch tán ở bề mặt bên ngoài ngay sát cạnh.

Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được tạo ra từ nền trên cơ sở thủy tinh trên cơ sở lithi tham chiếu ở trên bằng quá trình xử lý trao đổi ion một bước bao gồm dung dịch dung dịch "gần tỷ lượng".

Hợp phần dung dịch IOX thứ nhất gồm 25% khối lượng  $\text{KNO}_3$  + 62,25% khối lượng  $\text{NaNO}_3$  + 12,75% khối lượng  $\text{LiNO}_3$  được làm nóng chảy ở nhiệt độ  $420^\circ\text{C}$ . Thời gian khuếch tán là 10 giờ. Fig. 19 thể hiện nồng độ chuẩn hóa (a.u.) của các ion so với vị trí (micromet từ bề mặt). Ở xa bề mặt trong đó kali được khuếch tán, thủy tinh cơ bản duy trì được hợp phần gồm 62 % mol Na và 38 % mol Li ban đầu của nó.

Hợp phần dung dịch IOX thứ hai gồm 50% khối lượng  $\text{KNO}_3$  + 41,50% khối lượng  $\text{NaNO}_3$  + 8,5% khối lượng  $\text{LiNO}_3$  được làm nóng chảy ở nhiệt độ  $420^\circ\text{C}$ . Thời gian khuếch tán là 10 giờ. Fig. 20 thể hiện nồng độ chuẩn hóa (a.u.) của các ion so với vị trí (micromet từ bề mặt). Thậm chí với lượng K cao hơn, ở xa bề mặt trong đó kali được khuếch tán, thủy tinh cơ bản duy trì được hợp phần gồm 62 % mol Na và 38 % mol Li ban đầu của nó.

Ở đây, đối với mỗi dung dịch, kali (ion không có mặt ở nền) từ dung dịch hỗn hợp khuếch tán gần bề mặt trong khi các ion ở trung tâm của nền gần như giữ nguyên không thay đổi. Bên ngoài vùng trong đó kali khuếch tán, vật phẩm cơ bản duy trì được hợp phần kiềm ban đầu trong khi chỉ các ion kali chậm được khuếch tán ở bề mặt bên ngoài ngay sát cạnh.

#### Ví dụ 7

Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được tạo ra từ nền trên cơ sở thủy tinh trên cơ sở lithi tham chiếu ở trên bằng quá trình xử lý trao đổi ion ba bước bao gồm dung dịch "gần tỷ lệ" và hai dung dịch khuếch tán truyền thống. Ba dung dịch "gần tỷ lệ" được thử nghiệm. Các biên dạng ứng suất thu được được xác định bằng tổ hợp của trường gần khúc xạ và Orihara FSM-6000 LE đối với ứng suất bề mặt.

Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh tham chiếu không cần sử dụng dung dịch gần tỷ lệ (tham chiếu DIOX trên FIG. 21A-21B) được điều chế bằng quá trình xử lý IOX truyền thống hai bước, "DIOX". Dung dịch truyền thống thứ nhất có hợp phần gồm: 25% khối lượng  $\text{KNO}_3$  + 75% khối lượng  $\text{NaNO}_3$ , và nền được tiếp xúc với dung dịch truyền thống thứ nhất trong 4 giờ và 10 phút ở nhiệt độ  $380^\circ\text{C}$ . Dung dịch truyền thống thứ hai có hợp phần gồm: 91% khối lượng  $\text{KNO}_3$  + 9% khối lượng  $\text{NaNO}_3$ , và nền được tiếp xúc với dung dịch truyền thống thứ hai trong 28 phút ở nhiệt độ  $380^\circ\text{C}$ .

Dung dịch IOX thứ nhất trong bước I có hợp phần gần tỷ lệ gồm: 15% khối lượng  $\text{KNO}_3$  + 70,55% khối lượng  $\text{NaNO}_3$  + 14,55% khối lượng  $\text{LiNO}_3$  nóng chảy ở nhiệt độ  $420^\circ\text{C}$ . Thời gian khuếch tán là 10 giờ sinh ra nền pha trộn. Sau bước I, nền pha trộn được tiếp xúc với các điều kiện DIOX được mô tả liên quan đến tham chiếu của ví dụ này. Đó là 15K + DIOX trên FIG. 21A-21B.

Dung dịch IOX thứ hai của bước I có hợp phần gần tỷ lượng gồm: 25% khối lượng  $\text{KNO}_3$  + 62,25% khối lượng  $\text{NaNO}_3$  + 12,75% khối lượng  $\text{LiNO}_3$  nóng chảy ở nhiệt độ  $420^\circ\text{C}$ . Thời gian khuếch tán là 10 giờ sinh ra nền pha trộn. Sau bước I, nền pha trộn được tiếp xúc với các bước DIOX được mô tả liên quan đến tham chiếu của ví dụ này. Đó là 25K + DIOX trên FIG. 21A-21B.

Dung dịch IOX thứ ba của bước I có hợp phần gần tỷ lượng gồm: 50% khối lượng  $\text{KNO}_3$  + 41,50% khối lượng  $\text{NaNO}_3$  + 8,50% khối lượng  $\text{LiNO}_3$  nóng chảy ở nhiệt độ  $420^\circ\text{C}$ . Thời gian khuếch tán là 10 giờ sinh ra nền pha trộn. Sau bước I, nền pha trộn được tiếp xúc với các bước DIOX được mô tả liên quan đến tham chiếu của ví dụ này. Đó là 50K + DIOX trên FIGS. 21A-21B.

Fig. 21A đưa ra ứng suất được đo theo thực nghiệm (MPa) so với vị trí (micromet từ bề mặt), cho thấy rằng, khi lượng kali (K) trong bước gần tỷ lượng thứ nhất tăng lên, thì ứng suất ở vùng lân cận của bề mặt ở các độ sâu trung gian cũng tăng lên. Ngoài ra, do sự cân bằng lực, vùng phụ khi nén ở các độ sâu trung gian dẫn đến sự giảm về DOC. Tuy nhiên, có sự gia tăng đáng kể về ứng suất ở các độ sâu trung gian và ứng suất này có thể được gia tăng ở cả độ lớn và độ sâu bằng cách chọn các nồng độ dung dịch gần tỷ lượng khác nhau và thay đổi thời gian và nhiệt độ của quá trình khuếch tán.

Fig. 21B là hình vẽ phóng to của FIG. 21A, cung cấp sự hiển thị của vùng chuyển tiếp dần giữa đỉnh và đuôi của biên dạng ứng suất. Để sử dụng các bước gần tỷ lượng có trị số kali thấp hơn, như phương thức 15K + DIOX, đường chuyển tiếp cần phải dần dần và theo hình cong lõm. Phương thức 25K + DIOX, đường chuyển tiếp theo đường thẳng hơn. Phương thức 50K + DIOX dẫn đến đường dốc khum hơn như vùng chuyển tiếp có hình cong lồi của biên dạng ứng suất. Các hình dạng này bị chi phối bởi sự chênh lệch về kali như được xác định bởi bước khuếch tán gần tỷ lượng thứ nhất và kali trong các bước DIOX sau đó.

#### Ví dụ 8

##### *Thử nghiệm*

Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh trong ví dụ 7 được thử nghiệm trong quá trình thả rơi có kiểm soát. Việc thả rơi thủy tinh nhiều lần được tiến hành sử dụng quả bóng bằng

kích thước bằng điện thoại được thả rơi lên giấy nhám cỡ 180 (để mô phỏng các bề mặt nhám). Các thử nghiệm thả rơi được tiến hành trong các điều kiện môi trường (không khí, nhiệt độ trong phòng). Thả rơi lần đầu được tiến hành ở độ cao khởi đầu 20 cm, kết quả biểu thị khoảng cách từ bề mặt tiếp xúc của thủy tinh đập tới phía trên của bề mặt rơi. Nếu không xuất hiện sự thất bại của thủy tinh đập, độ cao thả rơi được gia tăng 10 cm, và quả bóng bằng lại được thả rơi. Quả bóng bằng liên tục được thả rơi với lượng gia tăng 10 cm (ví dụ, 10 cm, sau đó 20 cm, rồi 30 cm, v.v..) cho tới khi thủy tinh đập thất bại.

Bảng 1 cung cấp dữ liệu và FIG. 22 là đồ thị của dữ liệu trong bảng 1, trong đó “giá trị trung bình (cm)” biểu thị độ cao thứ nhất mà mẫu bị hỏng tại độ cao này. Các thông số về độ lệch chuẩn và sai số chuẩn (trung bình, dưới 95%, trên 95%) cũng được cung cấp trong bảng 1.

| Bảng 1     |                   |                 |               | Sai số chuẩn |          |          |
|------------|-------------------|-----------------|---------------|--------------|----------|----------|
| Mẫu        | # được thử nghiệm | Trung bình (cm) | Độ lệch chuẩn | Trung bình   | Dưới 95% | Trên 95% |
| 15K + DIOX | 11                | 169,091         | 62,5227       | 18,851       | 127,09   | 211,09   |
| 25K + DIOX | 12                | 179,167         | 34,4986       | 9,959        | 157,25   | 201,09   |
| 50K + DIOX | 11                | 119,091         | 39,6118       | 11,943       | 92,48    | 145,70   |
| DIOX       | 15                | 156,000         | 62,5414       | 16,148       | 121,37   | 190,63   |

Các mẫu 15K + DIOX và 25K + DIOX thực hiện tốt hơn DIOX tham chiếu ban đầu không cần bước khuếch tán gần tỷ lệ ban đầu. Mẫu 50K + DIOX, mẫu này có hàm lượng kali lớn nhất và sự đóng góp nhiều nhất của ứng suất cảm ứng do bước

khuếch tán gần tỷ lượng ban đầu, không tiến hành thích hợp. Điều này có khả năng do sự cân bằng lực mà nó làm giảm đáng kể DOC của mẫu này so với DIOX tham chiếu ban đầu. Do đó, có sự cân bằng giữa ứng suất bổ sung được gây ra ở các độ sâu trung gian và độ sâu nén (DOC) mà ở đó ứng suất đạt tới 0 ở phần tâm của thủy tinh. Điều này có khả năng sẽ thay đổi theo kiểu thiết bị và ứng dụng được sử dụng nhưng trong trường hợp cụ thể của thử nghiệm thả rơi này bằng quả bóng bằng kích thước chiếc điện thoại này, phương thức 25K + DIOX được tiến hành tốt nhất.

#### Ví dụ 9

Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được tạo ra từ nền trên cơ sở thủy tinh trên cơ sở lithi tham chiếu ở trên bằng quá trình xử lý trao đổi ion hai bước bao gồm dung dịch "gần tỷ lượng" và một dung dịch khuếch tán truyền thống. Hai dung dịch "gần tỷ lượng" khác nhau được thử nghiệm. Các biên dạng ứng suất thu được được xác định bằng tổ hợp của trường gần khúc xạ và Orihara FSM-6000 LE đối với ứng suất bề mặt.

Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh tham chiếu không cần sử dụng dung dịch gần tỷ lượng (tham chiếu DIOX trên FIGS. 23A-23B) được điều chế, theo tham chiếu của ví dụ 7, bằng quá trình xử lý IOX truyền thống hai bước, "DIOX". Dung dịch truyền thống thứ nhất có hợp phần gồm: 25% khối lượng  $\text{KNO}_3$  + 75% khối lượng  $\text{NaNO}_3$ , và nền được tiếp xúc với dung dịch truyền thống thứ nhất trong 4 giờ và 10 phút ở nhiệt độ  $380^\circ\text{C}$ . Dung dịch truyền thống thứ hai có hợp phần gồm: 91% khối lượng  $\text{KNO}_3$  + 9% khối lượng  $\text{NaNO}_3$ , và nền được tiếp xúc với dung dịch truyền thống thứ hai trong 28 phút ở nhiệt độ  $380^\circ\text{C}$ .

Dung dịch IOX thứ nhất trong bước I có hợp phần gần tỷ lượng gồm: 25% khối lượng  $\text{KNO}_3$  + 62,25% khối lượng  $\text{NaNO}_3$  + 12,75% khối lượng  $\text{LiNO}_3$  nóng chảy ở nhiệt độ  $420^\circ\text{C}$ . Thời gian khuếch tán là 10 giờ sinh ra nền pha trộn. Sau bước I, nền pha trộn được tiếp xúc với bước SIOX, bước này bao gồm dung dịch có hợp phần gồm: 80% khối lượng  $\text{KNO}_3$  + 20% khối lượng  $\text{NaNO}_3$ , mà nền được tiếp xúc với hỗn hợp này trong 6 giờ ở nhiệt độ  $380^\circ\text{C}$ . Đó là 25K + SIOX\_6 giờ trong các Fig. 22A-22B.

Dung dịch IOX thứ hai của bước I có hợp phần gần tỷ lượng gồm: 50% khối lượng  $\text{KNO}_3$  + 41,50% khối lượng  $\text{NaNO}_3$  + 8,50% khối lượng  $\text{LiNO}_3$  nóng chảy ở nhiệt độ  $420^\circ\text{C}$ . Thời gian khuếch tán là 10 giờ tạo ra nền pha trộn. Sau bước I, nền pha trộn

được tiếp xúc với bước SIOX, bước này bao gồm dung dịch có hợp phần gồm: 80% khối lượng  $\text{KNO}_3$  + 20% khối lượng  $\text{NaNO}_3$ , mà nên được tiếp xúc với hợp phần này trong 4 giờ ở nhiệt độ  $380^\circ\text{C}$ . Đó là 50K + SIOX\_4 giờ trong các Fig. 23A-23B.

Fig. 23A đưa ra ứng suất được đo theo thực nghiệm (MPa) so với vị trí (micromet từ bề mặt), cho thấy rằng, khi lượng kali (K) trong bước gần tỷ lượng thứ nhất tăng lên, thì ứng suất ở vùng lân cận của bề mặt ở các độ sâu trung gian cũng tăng lên. Ngoài ra, do sự cân bằng lực, vùng phụ khi nén ở các độ sâu trung gian dẫn đến sự giảm về DOC. Tuy nhiên, có sự gia tăng đáng kể về ứng suất ở các độ sâu trung gian và ứng suất này có thể được gia tăng ở cả độ lớn và độ sâu bằng cách chọn các nồng độ dung dịch gần tỷ lượng khác nhau và thay đổi thời gian và nhiệt độ của quá trình khuếch tán.

Ví dụ 9, ví dụ này sử dụng quá trình xử lý SIOX sau khi xử lý gần tỷ lượng, khác với ví dụ 7 mà ví dụ này sử dụng quá trình xử lý DIOX sau khi xử lý gần tỷ lượng. Các kết quả tương tự để điều chỉnh các biên dạng ứng suất có thể đạt được bằng quá trình xử lý gần tỷ lượng thứ nhất làm bước thứ nhất, tiếp theo bằng bước SIOX đơn. Bằng việc sử dụng SIOX, ứng suất tại bề mặt (CS) sẽ được chiếm ưu thế bởi SIOX sau bước gần tỷ lượng. Có thể sẽ được kiểm soát trên các ứng suất nằm trong khoảng từ 10 đến 30 micromet và độ sâu nén (DOC) đáng kể.

Fig. 23B là hình vẽ phóng to của FIG. 23A, cung cấp sự hiển thị của vùng chuyển tiếp dần giữa đỉnh và đuôi của biên dạng ứng suất. Đối với 25K + SIOX và 50K + SIOX, đường chuyển tiếp là gần thẳng.

Trong khi phần mô tả ở trên nhằm vào các phương án khác nhau, các phương án khác và phương án bổ sung của sáng chế này có thể được tiến hành mà không đi trệch khỏi phạm vi cơ bản của sáng chế và phạm vi của sáng chế được xác định bởi phần yêu cầu bảo hộ sau đây.

## YÊU CẦU BẢO HỘ

### 1. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh bao gồm:

các bề mặt đối diện thứ nhất và thứ hai xác định độ dày ( $t$ );

hợp phần trung tâm ở tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh chứa hai oxit kim loại kiềm;

nồng độ bề mặt của mỗi một trong hai oxit kim loại kiềm là khác 0 ở một hoặc cả hai bề mặt thứ nhất và thứ hai; và

oxit kim loại, khác với hai oxit kim loại kiềm của hợp phần trung tâm, có nồng độ khác 0 mà nồng độ này thay đổi từ bề mặt thứ nhất tới độ sâu lớp (DOL) đối với oxit kim loại;

trong đó ở độ sâu là khoảng ba lần DOL, nồng độ mol của mỗi một trong hai oxit kim loại kiềm trong vật phẩm trên cơ sở thủy tinh là  $\pm 5\%$  của nồng độ mol tương ứng của mỗi một trong hai oxit kim loại kiềm ở hợp phần trung tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh.

2. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm 1, trong đó vật phẩm trên cơ sở thủy tinh bao gồm nhôm silicat kiềm, bo silicat chứa kiềm, nhôm bo silicat chứa kiềm, hoặc phosphosilicat chứa kiềm.

3. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo 1, trong đó hợp phần trung tâm bao gồm 1 % mol hoặc thấp hơn của oxit kim loại khác với hai oxit kim loại kiềm của hợp phần trung tâm.

4. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm 1, trong đó oxit kim loại khác với hai oxit kim loại kiềm của hợp phần trung tâm được chọn từ nhóm gồm: lithi (Li), natri (Na), kali (K), rubidi (Rb), xesi (Cs), franxi (Fr), bạc (Ag), vàng (Au), đồng (Cu), và tổ hợp của chúng.

5. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm 1, trong đó hai oxit kim loại kiềm của hợp phần trung tâm bao gồm lithi và natri, và oxit kim loại khác với hai oxit kim loại kiềm của hợp phần trung tâm là kali.

### 6. Sản phẩm điện tử tiêu dùng bao gồm:

vỏ có mặt trước, mặt sau, và các mặt bên;

các thành phần điện được cung cấp ít nhất một phần bên trong vỏ, các thành phần điện bao gồm ít nhất bộ phận điều khiển, bộ nhớ, và bộ phận hiển thị, bộ phận hiển thị được bố trí tại hoặc liền kề với mặt trước của vỏ; và nắp che được bố trí ở trên bộ phận hiển thị; trong đó ít nhất một phần của ít nhất một trong số vỏ và nắp che bao gồm vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm 1.

7. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh bao gồm:

các bề mặt đối diện thứ nhất và thứ hai xác định độ dày ( $t$ );

hợp phần trung tâm ở tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh chứa hai oxit kim loại kiềm;

nồng độ bề mặt của mỗi một trong hai oxit kim loại kiềm là khác 0 ở một hoặc cả hai bề mặt thứ nhất và thứ hai;

oxit kim loại, khác với hai oxit kim loại kiềm của hợp phần trung tâm, có nồng độ khác 0 mà nồng độ này thay đổi từ các bề mặt thứ nhất và thứ hai tới độ sâu lớp (DOL) của oxit kim loại; và

biên dạng ứng suất bao gồm:

độ sâu nén (DOC) lớn hơn hoặc bằng  $0,13 \cdot t$ ;

vùng đỉnh nhọn kéo dài từ bề mặt thứ nhất tới vùng chuyển tiếp;

vùng chuyển tiếp kéo dài tới vùng đuôi; và vùng đuôi kéo dài tới tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh;

trong đó vùng chuyển tiếp bao gồm ứng suất nén thứ nhất ở độ sâu lớn hơn hoặc bằng khoảng  $0,00625 \cdot t$  từ bề mặt thứ nhất là ít nhất khoảng 150 MPa, và ứng suất nén thứ hai ở độ sâu lớn hơn hoặc bằng khoảng  $0,025 \cdot t$  từ bề mặt thứ nhất là ít nhất khoảng 120 MPa; và

ở độ sâu 20 micromet hoặc sâu hơn, nồng độ của oxit kim loại khác với hai oxit kim loại kiềm của hợp phần trung tâm là 0,3% khối lượng hoặc cao hơn trong số tất cả các kim loại kiềm trong vật phẩm trên cơ sở thủy tinh.

8. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm 7, trong đó ứng suất nén thứ nhất có thể nằm ở giữa khoảng 5 và khoảng 10 micromet độ sâu từ bề mặt thứ nhất và nằm trong khoảng

từ khoảng 150 MPa đến khoảng 300 Mpa, và ứng suất nén thứ hai có thể nằm ở độ sâu giữa khoảng 15 và khoảng 20 micromet từ bề mặt thứ nhất và nằm trong khoảng từ khoảng 120 MPa đến khoảng 240 MPa,

9. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm 7, trong đó vật phẩm trên cơ sở thủy tinh bao gồm nhôm silicat kiềm, bo silicat chứa kiềm, nhôm bo silicat chứa kiềm, hoặc phosphosilicat chứa kiềm.

10. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo 7, trong đó hợp phần trung tâm bao gồm 1 % mol hoặc thấp hơn của oxit kim loại khác với hai oxit kim loại kiềm của hợp phần trung tâm.

11. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm 7, trong đó oxit kim loại khác với hai oxit kim loại kiềm của hợp phần trung tâm được chọn từ nhóm gồm: lithi (Li), natri (Na), kali (K), rubidi (Rb), xesi (Cs), franxi (Fr), bạc (Ag), vàng (Au), đồng (Cu), và tổ hợp của chúng.

12. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm 7, trong đó tất cả các điểm của biên dạng ứng suất nằm ở vùng đỉnh nhọn bao gồm đường tiếp tuyến có trị số tuyệt đối bằng 20 MPa/micromet hoặc lớn hơn.

13. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm 7, trong đó hai oxit kim loại kiềm của hợp phần trung tâm bao gồm lithi và natri, và oxit kim loại khác với hai oxit kim loại kiềm của hợp phần trung tâm là kali.

14. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh bao gồm:

các bề mặt đối diện thứ nhất và thứ hai xác định độ dày ( $t$ );

hợp phần trung tâm ở tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh chứa lithi và một hoặc nhiều oxit kim loại kiềm bổ sung;

nồng độ bề mặt của mỗi một trong số lithi và một hoặc nhiều oxit kim loại kiềm bổ sung là khác 0 ở một hoặc cả hai bề mặt thứ nhất và thứ hai;

oxit kim loại, khác với lithi và một hoặc nhiều oxit kim loại kiềm bổ sung của hợp phần trung tâm, có nồng độ khác 0 mà nồng độ này thay đổi từ các bề mặt thứ nhất và thứ hai tới độ sâu lớp (DOL) của oxit kim loại;

độ sâu nén (DOC) lớn hơn hoặc bằng đến khoảng  $0,13 \cdot t$ ; và

ứng suất nén thứ nhất ở độ sâu từ khoảng 5 đến 10 micromet từ bề mặt thứ nhất ít nhất là 150 MPa, và ứng suất nén thứ hai ở độ sâu từ khoảng 15 đến khoảng 20 micromet từ bề mặt thứ nhất ít nhất là 120 Mpa;

trong đó ở độ sâu 20 micromet hoặc sâu hơn, nồng độ của oxit kim loại khác với lithi và một hoặc nhiều oxit kim loại kiềm bổ sung của hợp phần trung tâm là 0,3% khối lượng hoặc cao hơn trong số tất cả các kim loại kiềm trong vật phẩm trên cơ sở thủy tinh.

15. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm 14, trong đó vật phẩm trên cơ sở thủy tinh bao gồm nhôm silicat kiềm, bo silicat chứa kiềm, nhôm bo silicat chứa kiềm, hoặc phosphosilicat chứa kiềm.

16. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo 14, trong đó hợp phần trung tâm bao gồm 1 % mol hoặc thấp hơn của oxit kim loại khác với lithi và một hoặc nhiều oxit kim loại kiềm bổ sung của hợp phần trung tâm.

17. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm 14, trong đó oxit kim loại khác với lithi và một hoặc nhiều oxit kim loại kiềm bổ sung của hợp phần trung tâm được chọn từ nhóm gồm: natri (Na), kali (K), rubidi (Rb), xesi (Cs), franxi (Fr), bạc (Ag), vàng (Au), đồng (Cu), và tổ hợp của chúng.

18. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm 14, trong đó ở độ sâu là 3 đến 10 micromet hoặc sâu hơn, nồng độ của oxit kim loại khác với lithi và một hoặc nhiều oxit kim loại kiềm bổ sung của hợp phần trung tâm là 5% khối lượng hoặc cao hơn trong số tất cả các kim loại kiềm trong vật phẩm trên cơ sở thủy tinh.

19. Phương pháp tạo ra vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 18, phương pháp này bao gồm bước:

cho nền trên cơ sở thủy tinh chứa hai oxit kim loại kiềm trong hợp phần kiềm, nền trên cơ sở thủy tinh có các bề mặt đối diện thứ nhất và thứ hai xác định độ dày nền ( $t$ ), tiếp xúc với quá trình xử lý trao đổi ion để tạo ra vật phẩm trên cơ sở thủy tinh, quá trình xử lý trao đổi ion bao gồm môi trường bao gồm:

các ion kim loại thứ nhất khác với hai kim loại kiềm của oxit kim loại kiềm trong hợp phần kiềm; và

các ion của hai kim loại kiềm của hai oxit kim loại kiềm trong hợp phần kiềm ở tỷ lệ sao cho các ion của mỗi một kim loại kiềm là cân bằng hóa học với mỗi một trong số các kim loại kiềm tương ứng của oxit kim loại kiềm trong hợp phần kiềm.

20. Phương pháp theo điểm 19, trong đó ở độ sâu khoảng ba lần độ sâu lớp (DOL) đối với các ion kim loại thứ nhất, nồng độ của mỗi một trong hai oxit kim loại kiềm là trong khoảng 10% của nồng độ tương ứng của mỗi một trong hai oxit kim loại kiềm trong hợp phần kiềm.

21. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 19 đến 20, trong đó nồng độ bề mặt của mỗi một trong hai oxit kim loại kiềm là khác 0 ở một hoặc cả hai bề mặt thứ nhất và thứ hai.

22. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 19 đến 21, trong đó các ion kim loại thứ nhất có nồng độ khác 0 thứ nhất mà nồng độ này thay đổi từ bề mặt thứ nhất tới độ sâu lớp (DOL) đối với các ion kim loại thứ nhất, và tại bề mặt thứ nhất, nồng độ bề mặt của mỗi một trong hai oxit kim loại kiềm là  $\pm 5\%$  của nồng độ tương ứng của mỗi một trong hai oxit kim loại kiềm trong hợp phần kiềm.

23. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 19 đến 22, trong đó hợp phần kiềm bao gồm 1 % mol hoặc thấp hơn của các oxit của các ion kim loại thứ nhất.

24. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 19 đến 23, trong đó  $t$  nằm trong khoảng từ 50 micromet đến 5 milimet.

25. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 19 đến 24, còn bao gồm các quá trình xử lý gia cường bổ sung được chọn từ nhóm gồm: xử lý trao đổi ion, ủ nhiệt, và tổ hợp của chúng.

26. Phương pháp tạo ra vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 18, phương pháp này bao gồm bước:

cho nền trên cơ sở thủy tinh chứa hai oxit kim loại kiềm trong hợp phần kiềm, nền trên cơ sở thủy tinh có các mặt đối diện thứ nhất và thứ hai xác định độ dày nền ( $t$ ), tiếp xúc quá trình xử lý trao đổi ion lần thứ nhất để tạo ra nền trên cơ sở

thủy tinh pha trộn, quá trình xử lý trao đổi ion lần thứ nhất bao gồm môi trường thứ nhất chứa:

các ion kim loại thứ nhất khác với hai kim loại kiềm của oxit kim loại kiềm trong hợp phần kiềm; và

các ion của hai kim loại kiềm của hai oxit kim loại kiềm trong hợp phần kiềm ở tỷ lệ sao cho các ion của mỗi một kim loại kiềm là cân bằng hóa học với mỗi một trong số các kim loại kiềm tương ứng của oxit kim loại kiềm trong hợp phần kiềm;

sau đó cho nền trên cơ sở thủy tinh pha trộn tiếp xúc với quá trình xử lý trao đổi ion lần thứ hai bao gồm môi trường thứ hai chứa các ion kim loại thứ hai để tạo ra vật phẩm trên cơ sở thủy tinh.

27. Phương pháp theo điểm 26, trong đó ở độ sâu khoảng ba lần độ sâu lớp (DOL) đối với các ion kim loại thứ nhất, nồng độ của mỗi một trong hai oxit kim loại kiềm là trong khoảng 10% của nồng độ tương ứng của mỗi một trong hai oxit kim loại kiềm trong hợp phần kiềm.

28. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 26 đến 27, trong đó trong nền trên cơ sở thủy tinh pha trộn, các ion kim loại thứ nhất có nồng độ khác 0 thứ nhất mà nồng độ này thay đổi từ bề mặt thứ nhất tới độ sâu lớp (DOL) đối với các ion kim loại thứ nhất, và tại bề mặt thứ nhất, nồng độ bề mặt của mỗi một trong hai oxit kim loại kiềm là  $\pm 5\%$  của nồng độ tương ứng của mỗi một trong hai oxit kim loại kiềm trong hợp phần kiềm.

29. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 26 đến 28, trong đó hợp phần kiềm bao gồm 1 % mol hoặc thấp hơn của các oxit của các ion kim loại thứ nhất.

30. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 26 đến 29, trong đó môi trường thứ hai bao gồm:

các ion của hai kim loại kiềm của hai oxit kim loại kiềm trong hợp phần kiềm ở tỷ lệ sao cho các ion của mỗi một oxit kim loại kiềm là cân bằng hóa học với mỗi một trong số các kim loại kiềm tương ứng của oxit kim loại kiềm trong hợp phần kiềm;

trong đó các ion kim loại thứ hai là khác với hai kim loại kiềm trong hợp phần kiềm; và

trong đó ở độ sâu ba lần độ sâu lớp (DOL) đối với các ion kim loại thứ hai, nồng độ của mỗi một trong số hai kim loại kiềm là trong khoảng 10% của nồng độ tương ứng của mỗi một trong hai oxit kim loại kiềm trong hợp phần kiềm.

31. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 26 đến 29, trong đó môi trường thứ hai bao gồm:

các ion của hai kim loại kiềm của hai oxit kim loại kiềm trong hợp phần kiềm ở tỷ lệ sao cho các ion của mỗi một oxit kim loại kiềm là không cân bằng hóa học với mỗi một trong số các kim loại kiềm tương ứng của oxit kim loại kiềm trong hợp phần kiềm;

trong đó các ion kim loại thứ hai là khác với hai kim loại kiềm của hai oxit kim loại kiềm trong hợp phần kiềm; và

trong đó ở độ sâu ba lần độ sâu lớp (DOL) đối với các ion kim loại thứ hai, nồng độ của mỗi một trong số hai kim loại kiềm cao hơn 10% khác với nồng độ tương ứng của mỗi một trong hai oxit kim loại kiềm trong hợp phần kiềm.

32. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 26 đến 31, còn bao gồm các quá trình xử lý gia cường bổ sung được chọn từ nhóm gồm: xử lý trao đổi ion, ủ nhiệt, và tổ hợp của chúng.

1/23

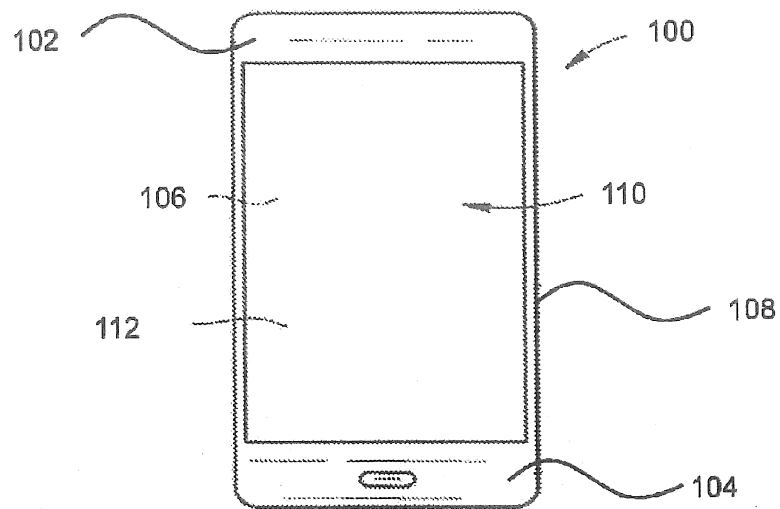


FIG. 1A

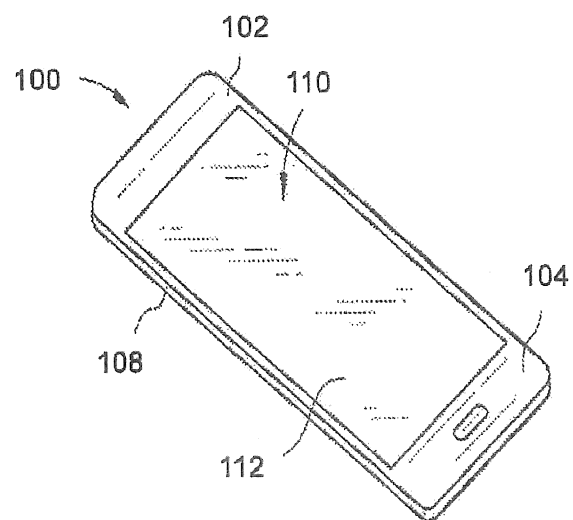


FIG. 1B

2/23

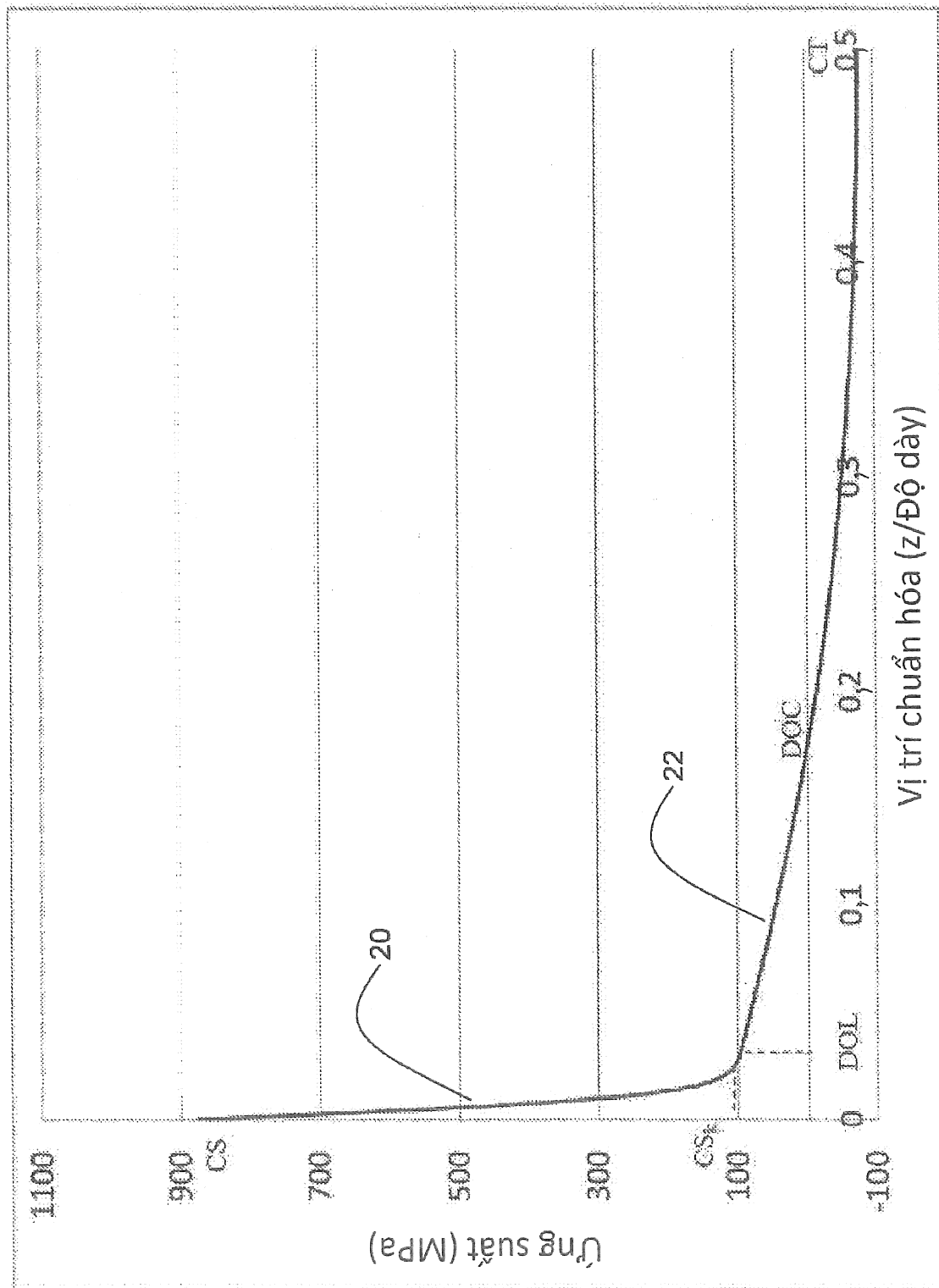


FIG. 2

3/23

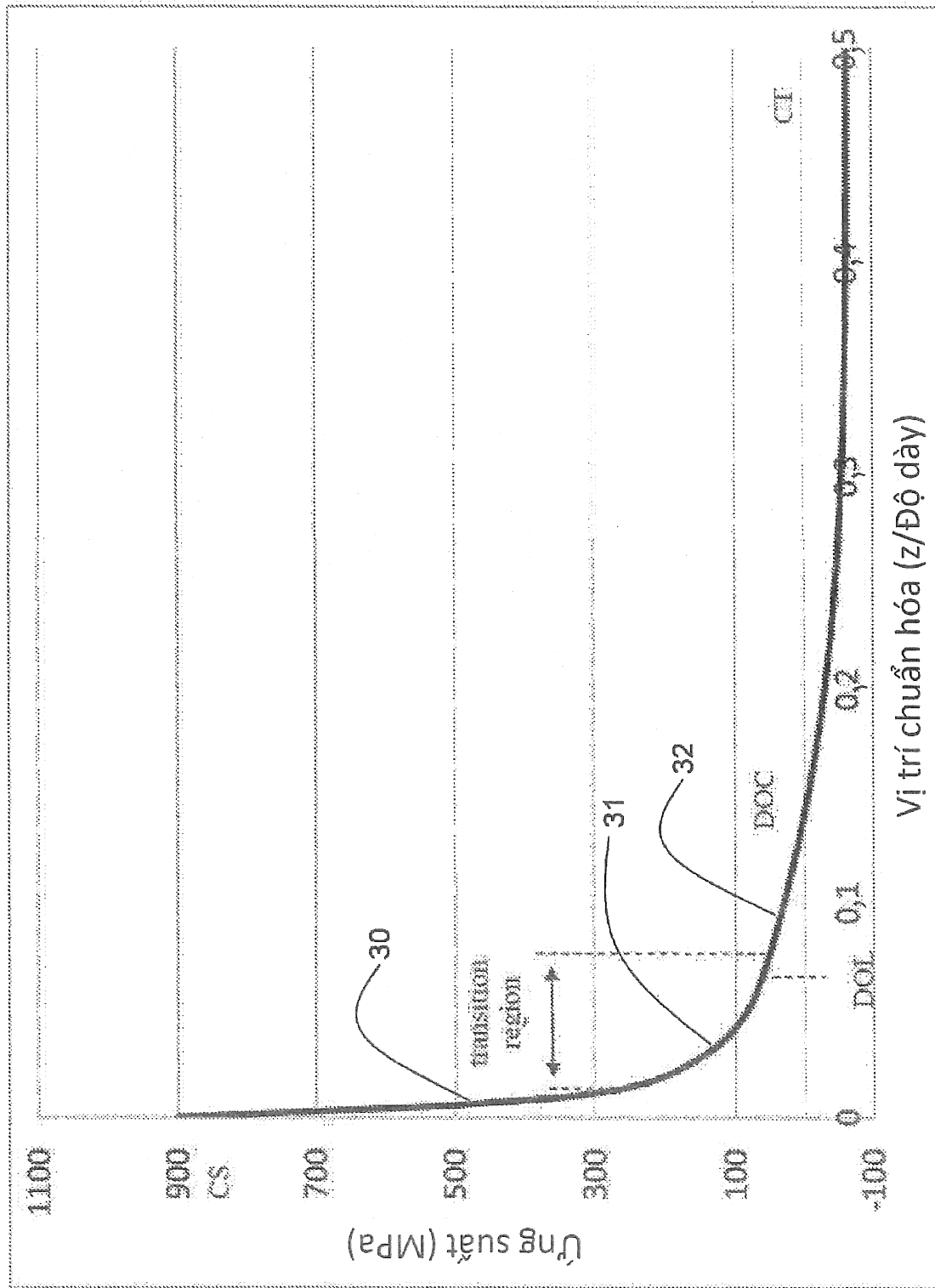


FIG. 3

4/23

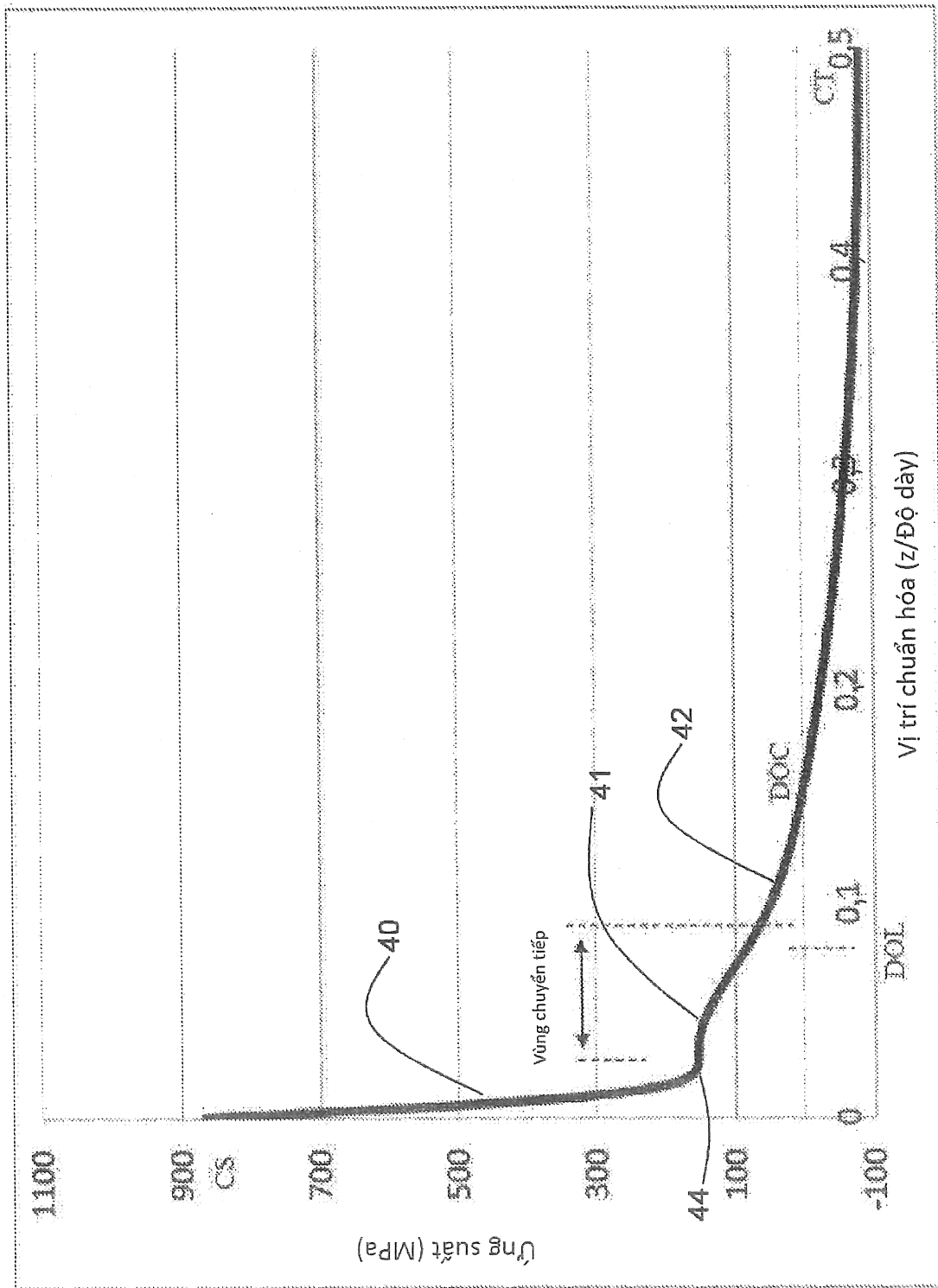


FIG. 4

5/23

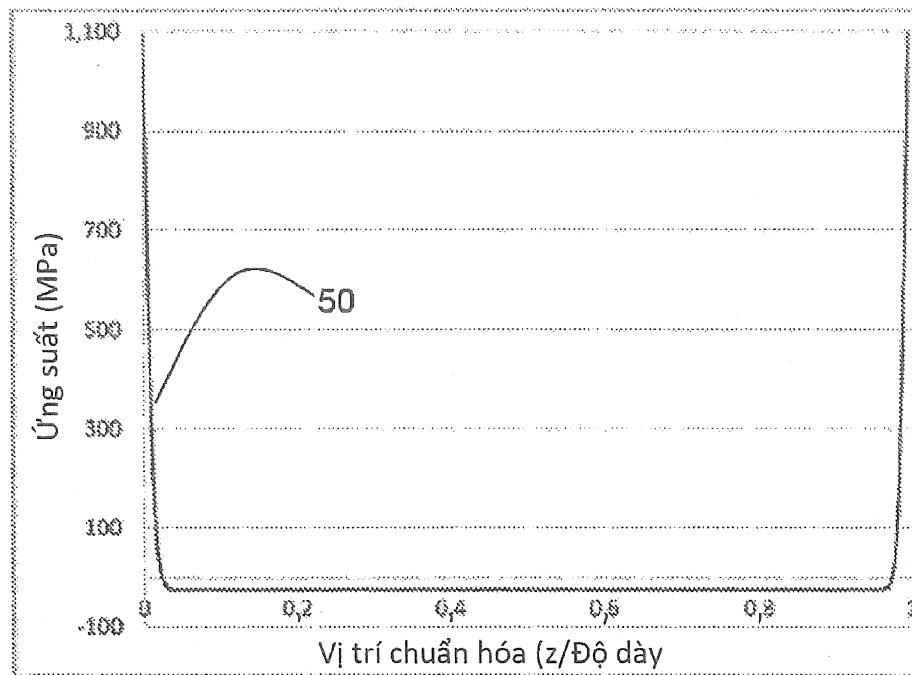


FIG. 5A

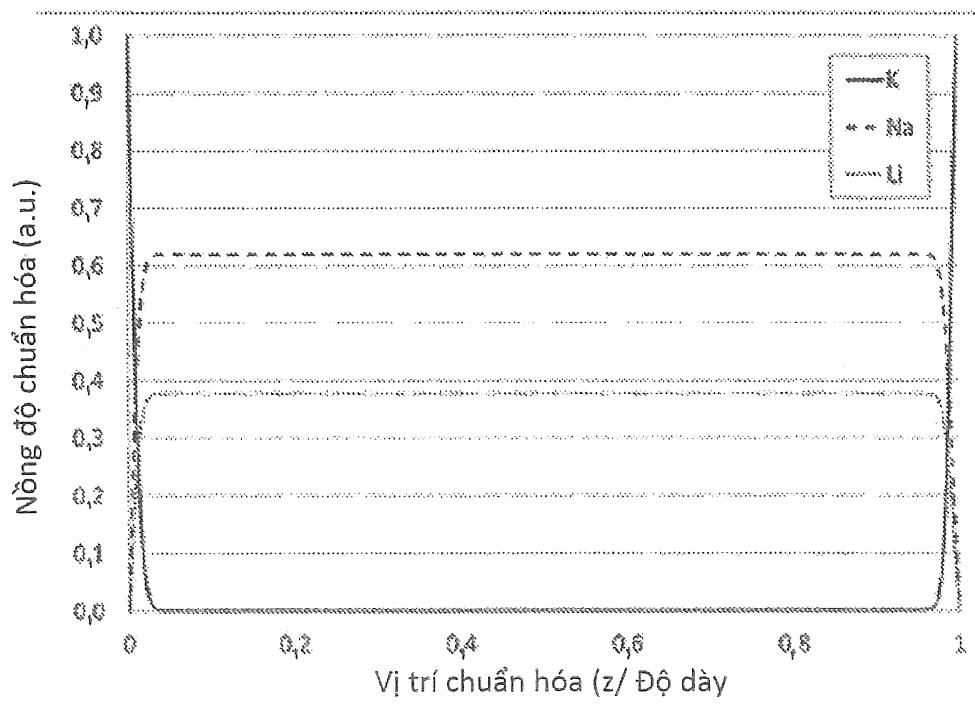


FIG. 5B

6/23

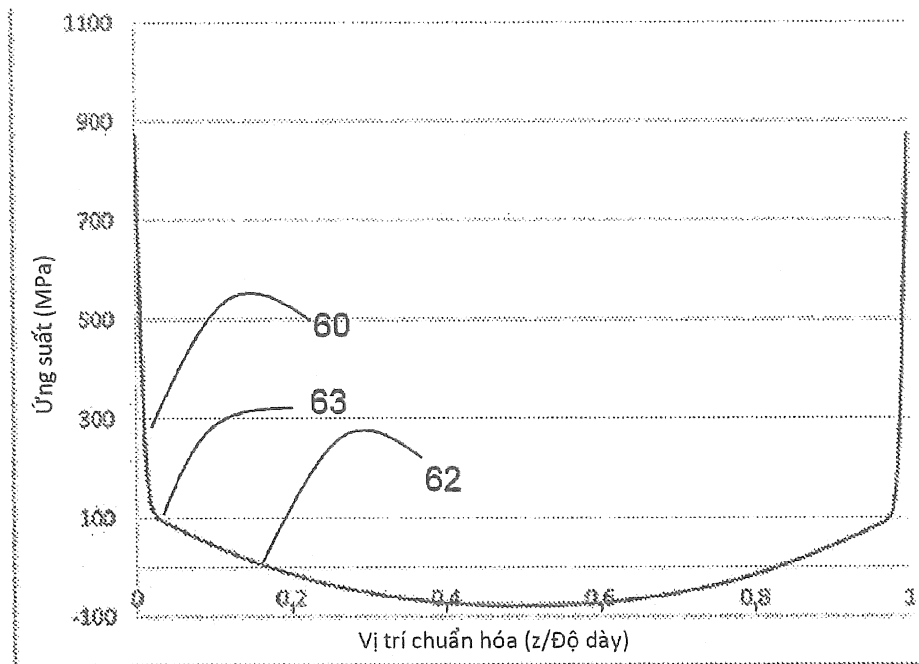


FIG. 6A

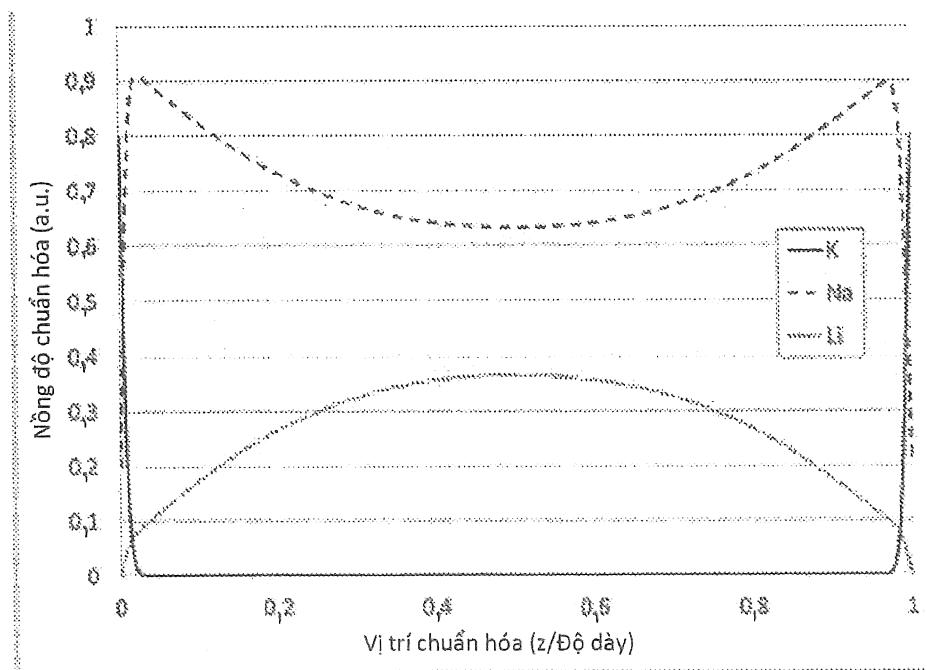


FIG. 6B

7/23

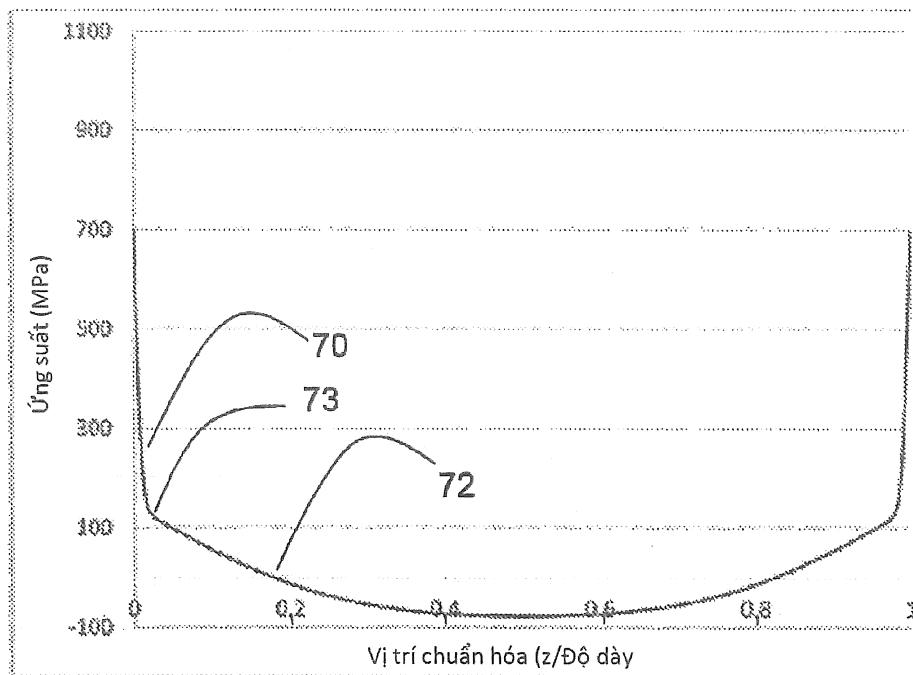


FIG. 7A

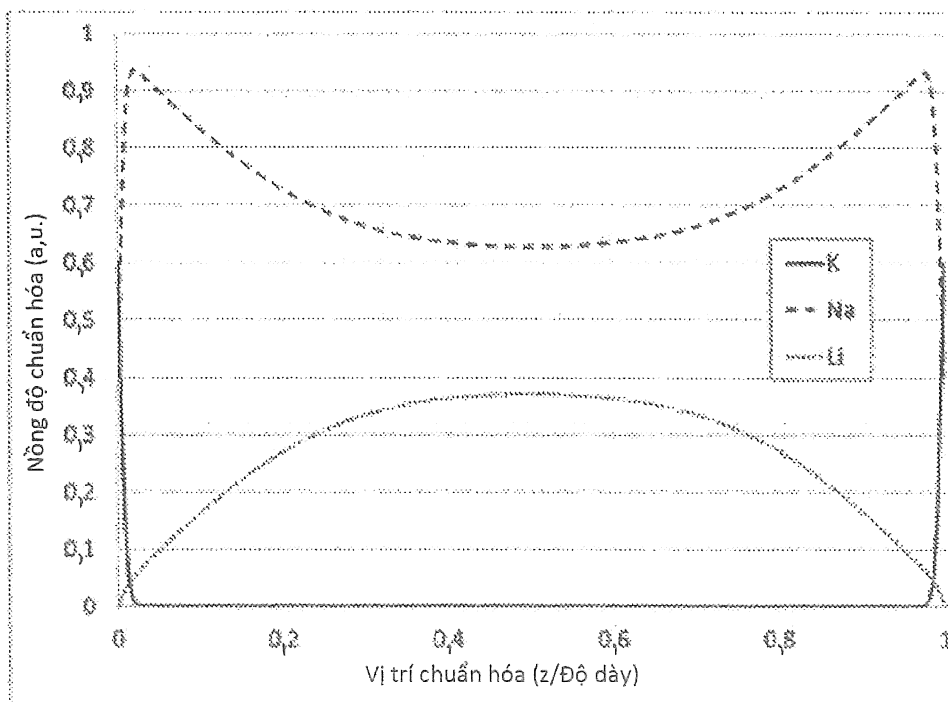


FIG. 7B

8/23

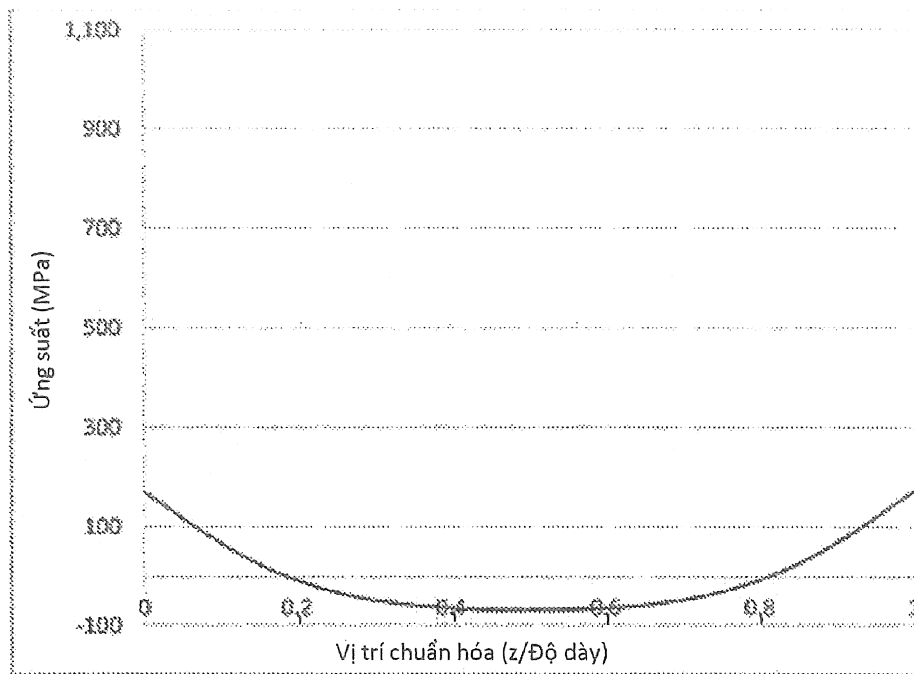


FIG. 8A

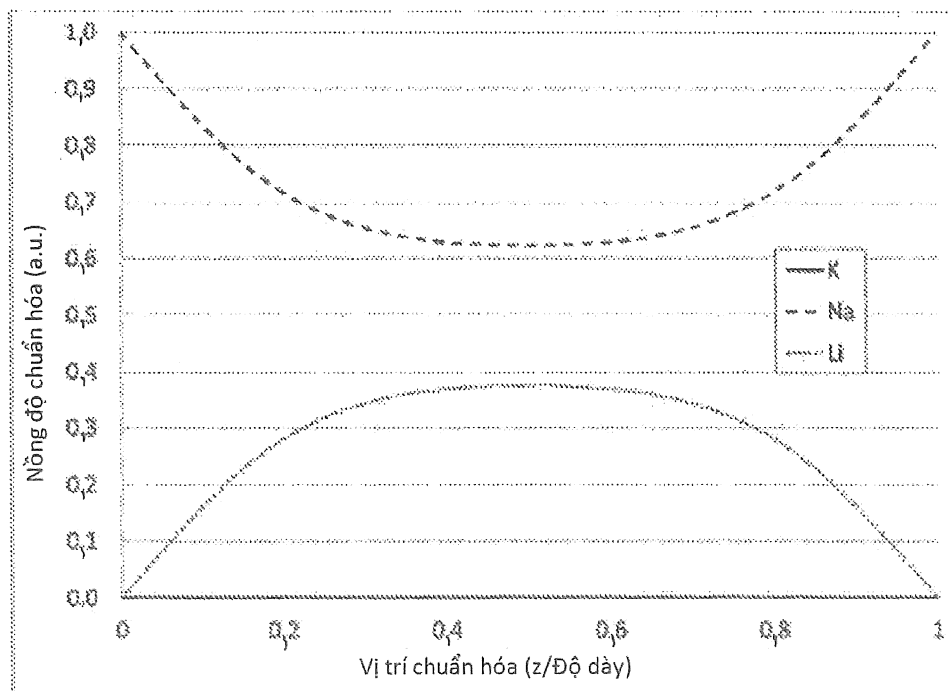


FIG. 8B

9/23

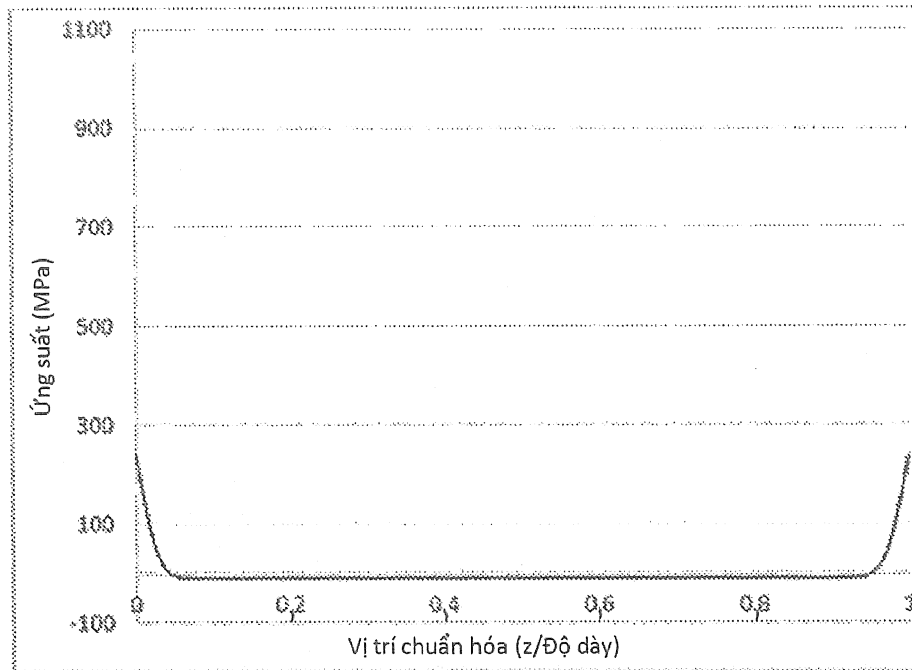


FIG. 9A

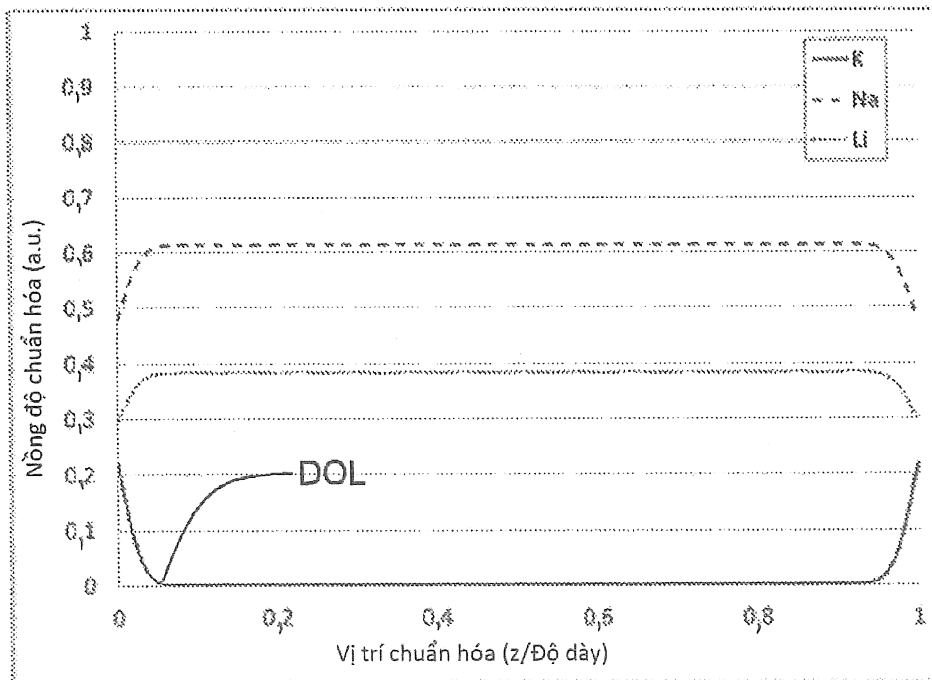


FIG. 9B

10/23

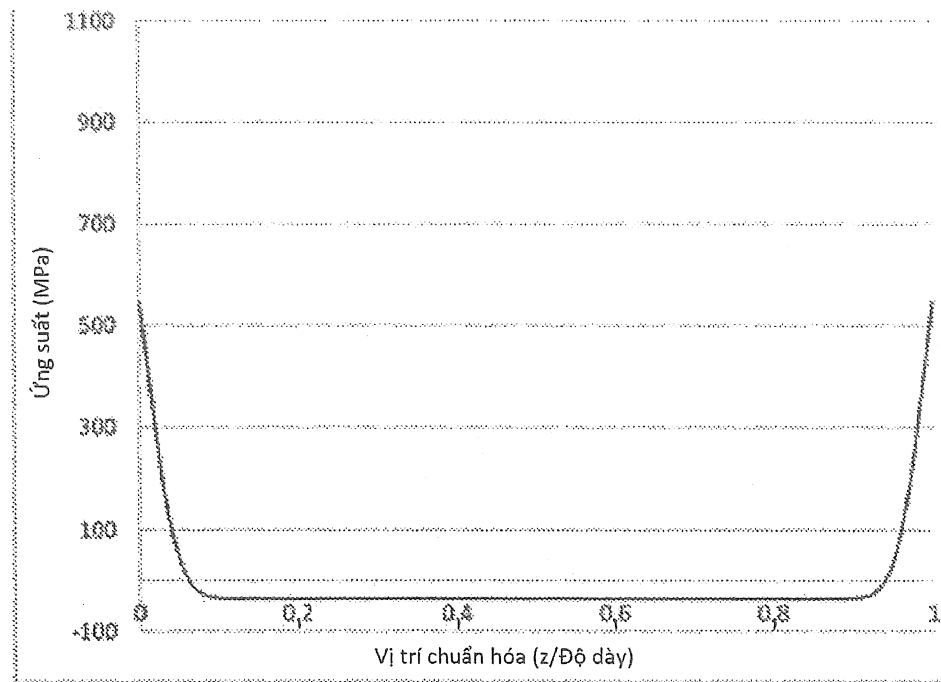


FIG. 10A

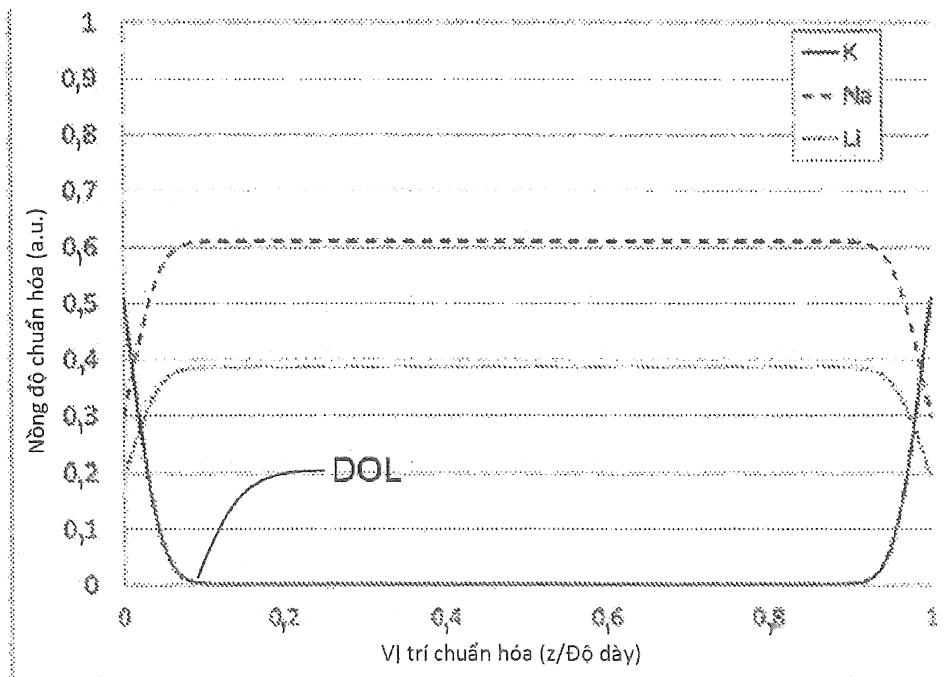


FIG. 10B

11/23

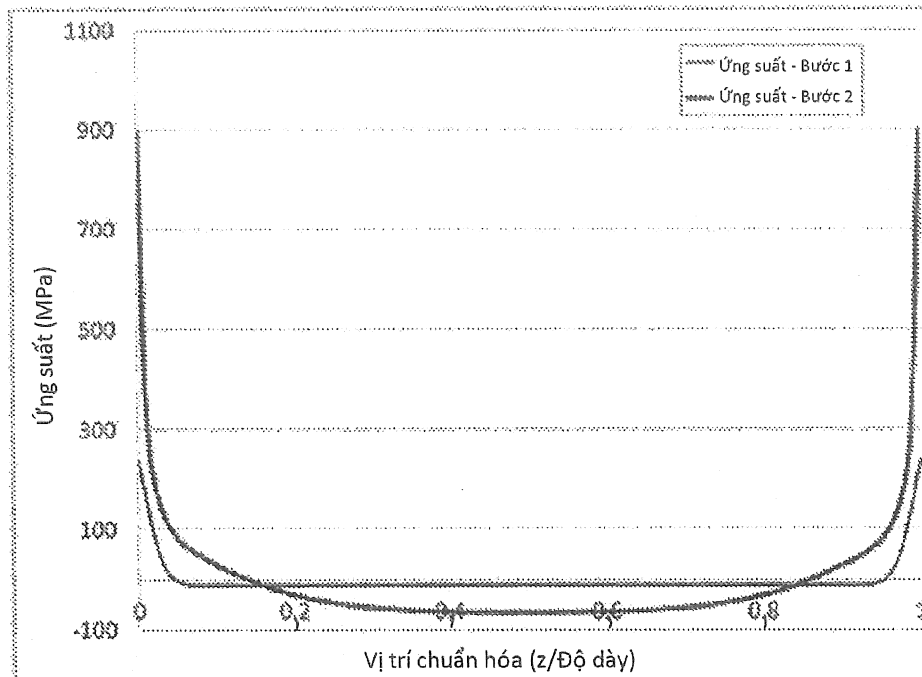


FIG. 11A

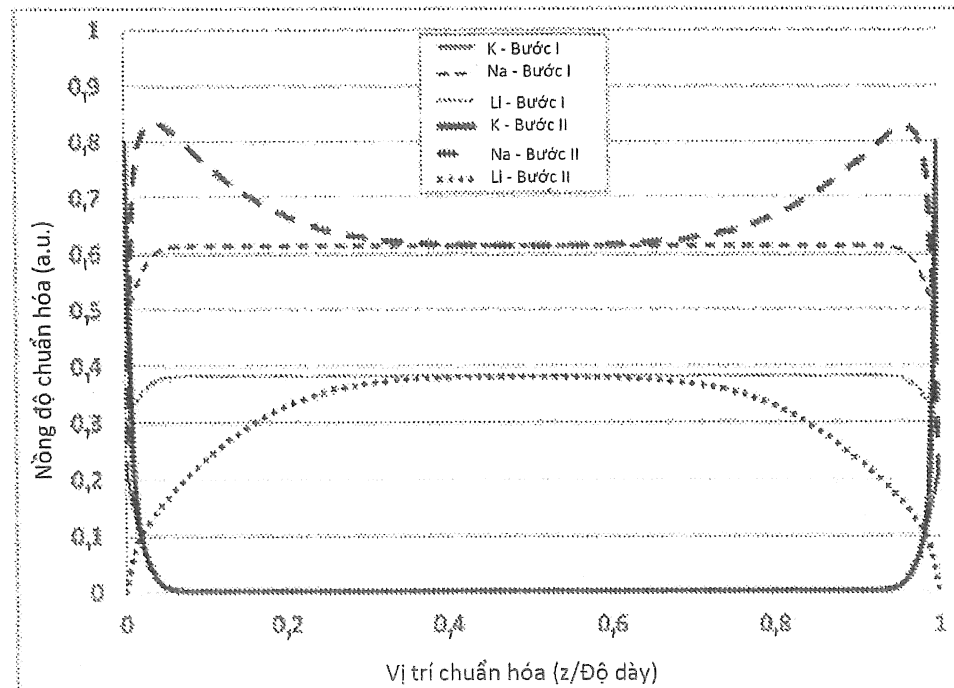


FIG. 11B

12/23

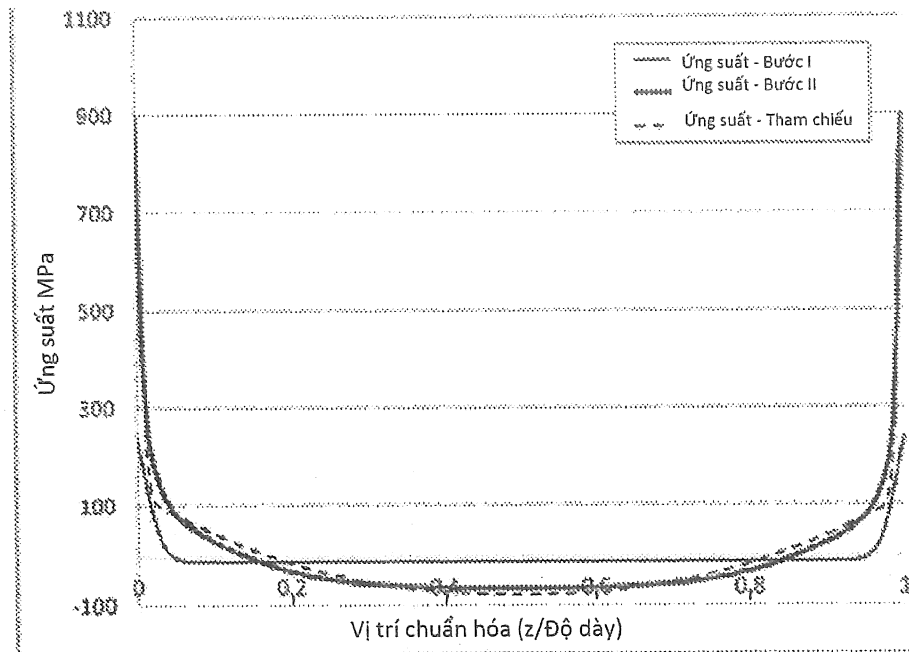


FIG. 12A

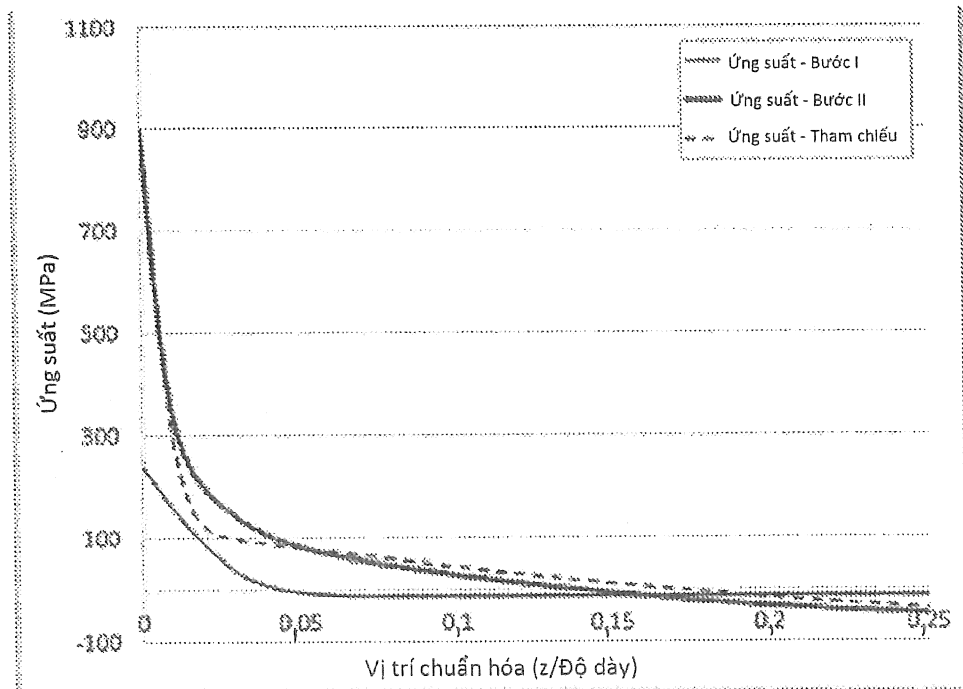


FIG. 12B

13/23

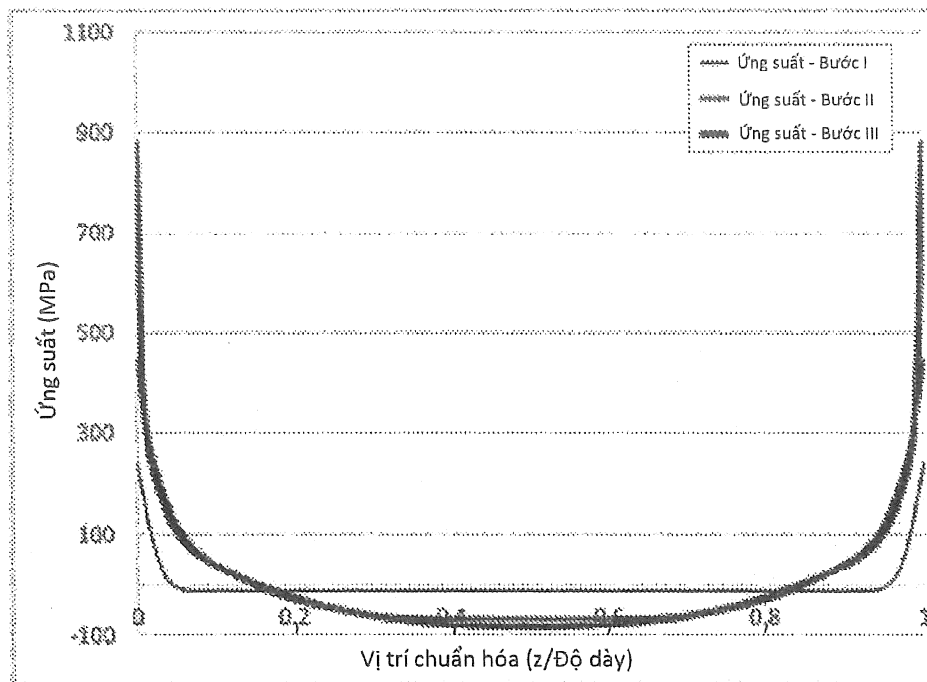


FIG. 13A

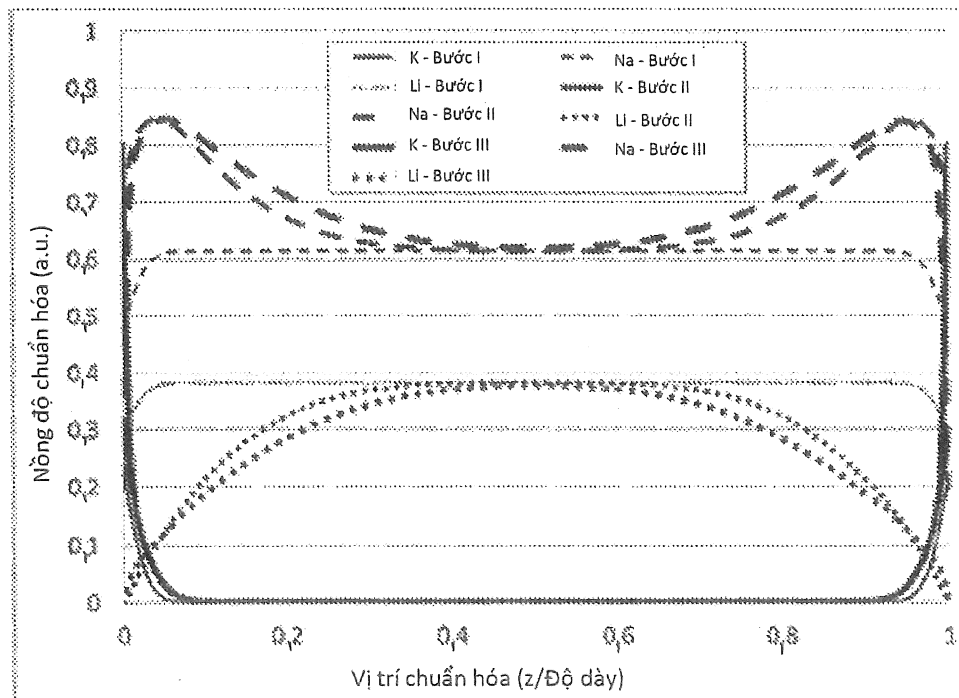


FIG. 13B

14/23

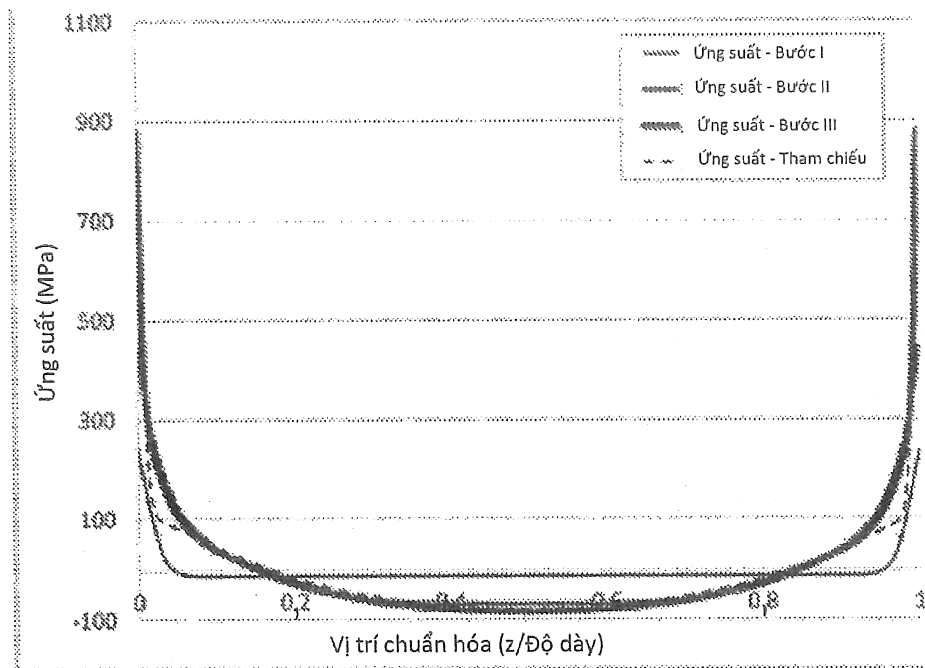


FIG. 14A

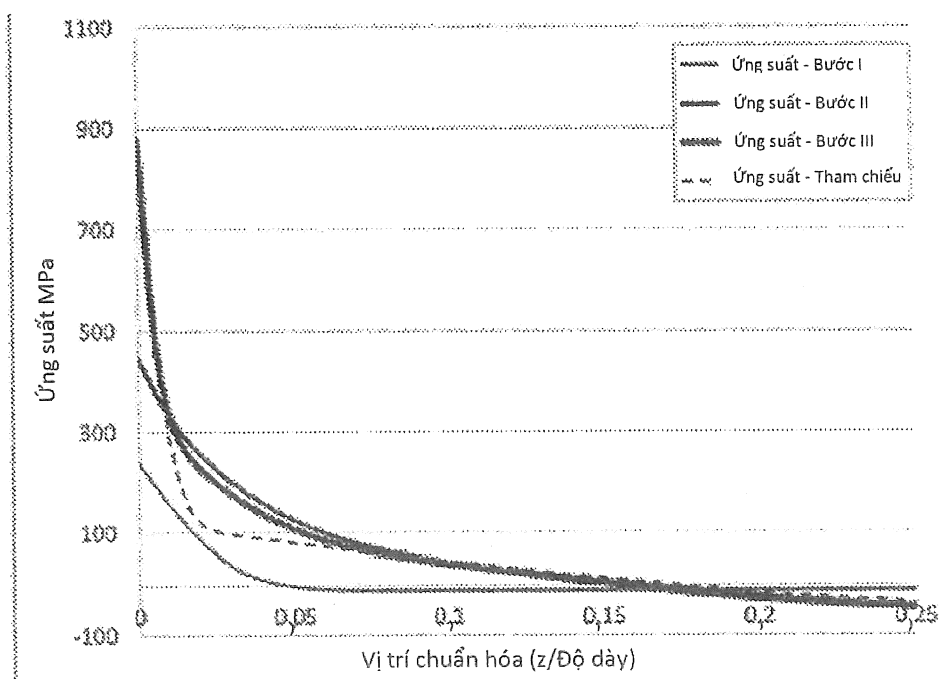


FIG. 14B

15/23

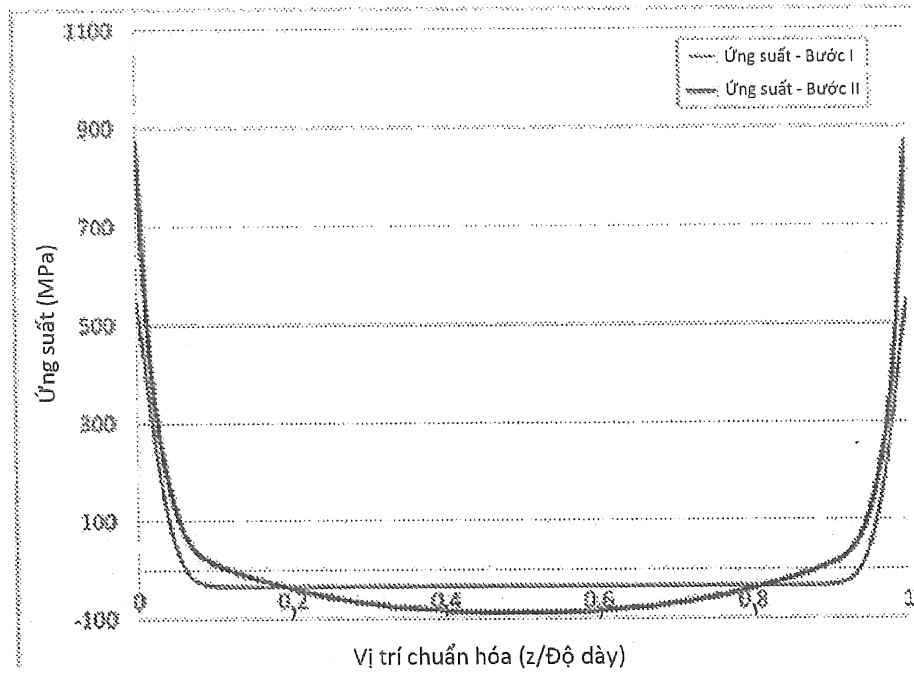


FIG. 15A

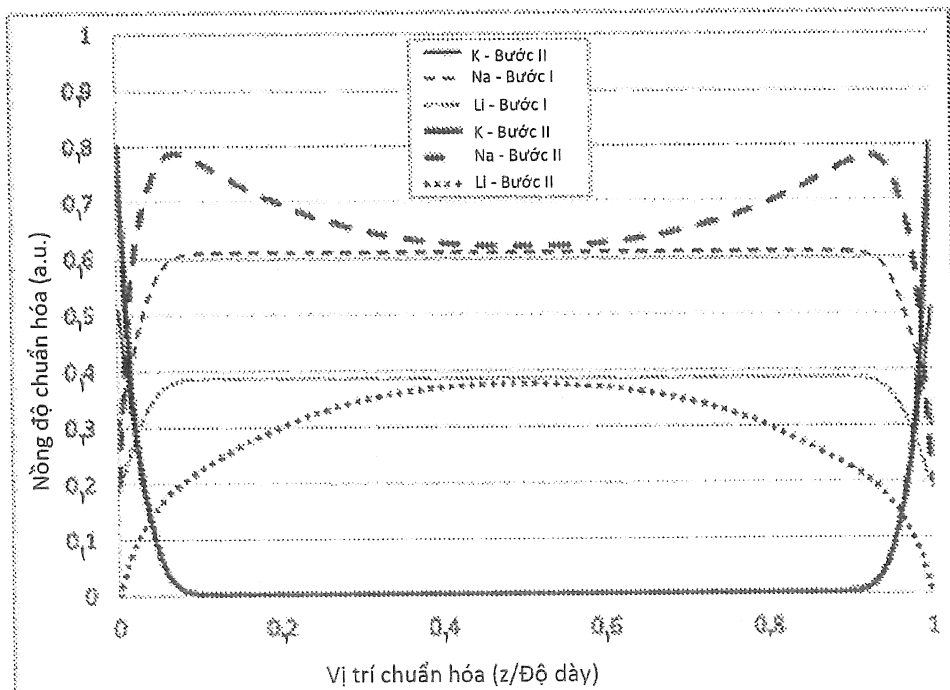


FIG. 15B

16/23

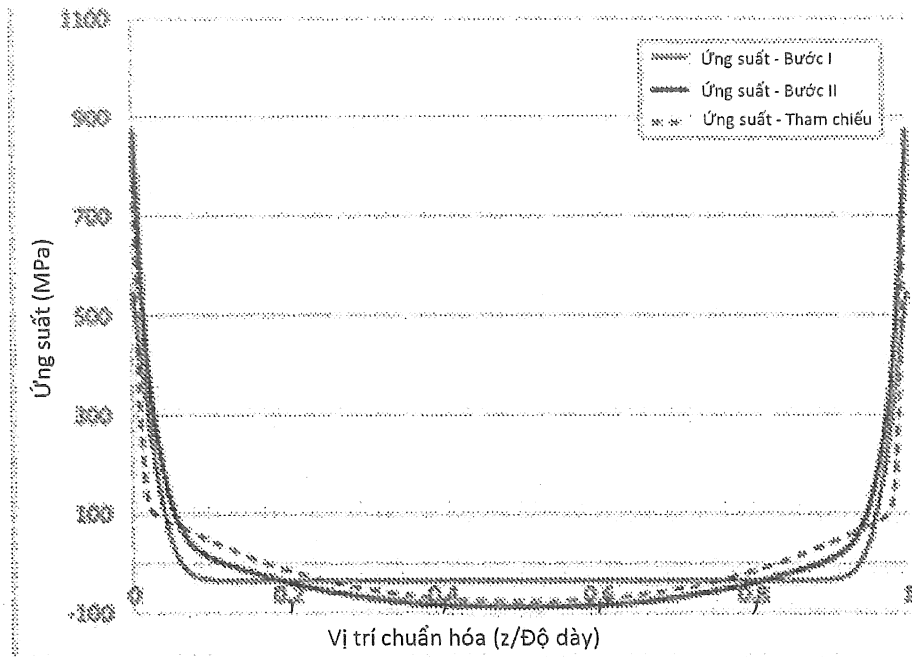


FIG. 16A

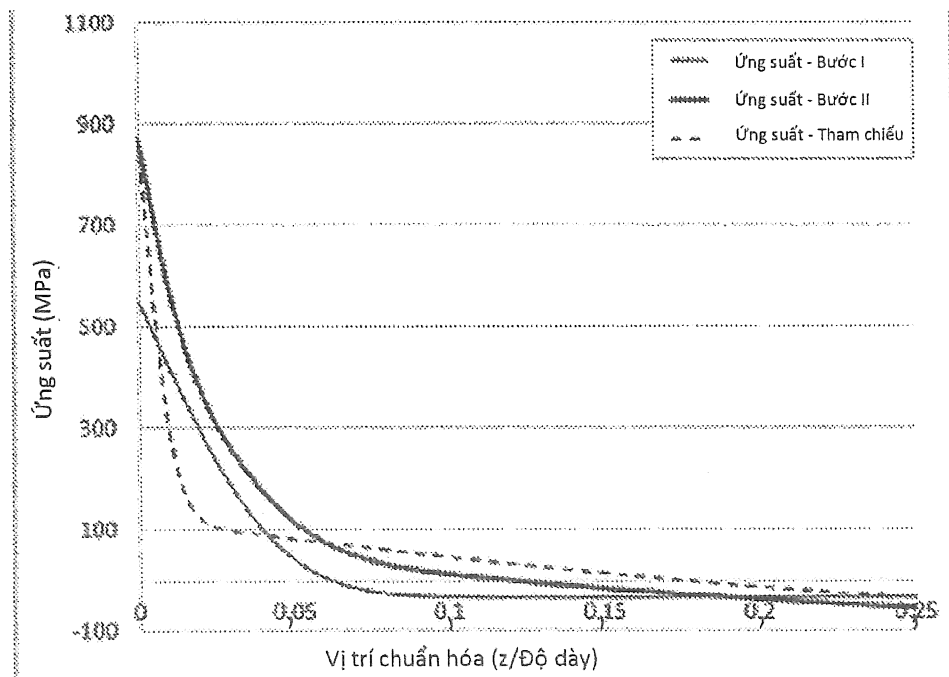


FIG. 16B

17/23

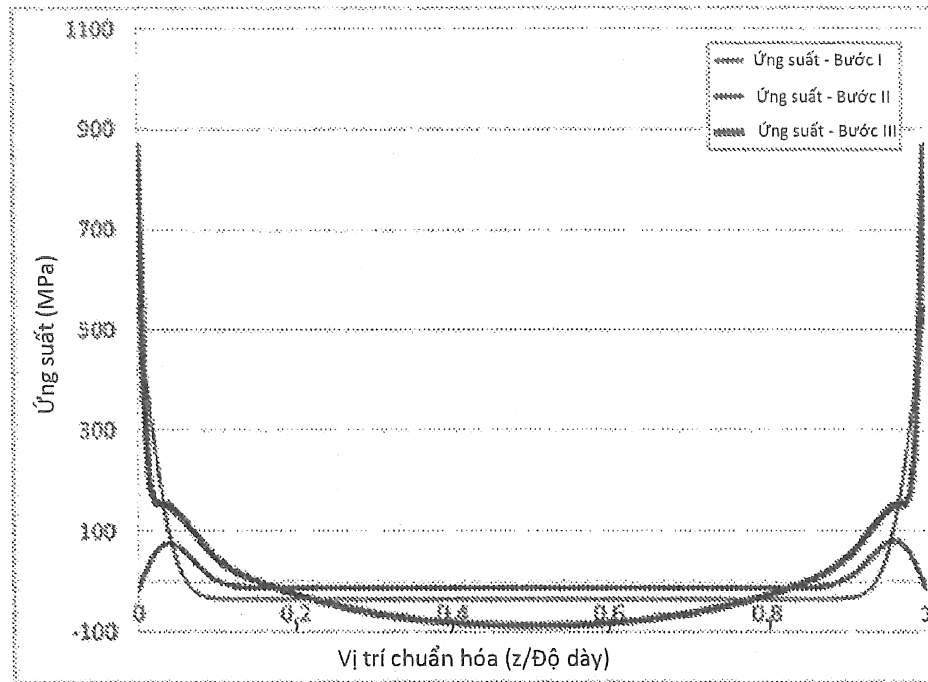


FIG. 17A

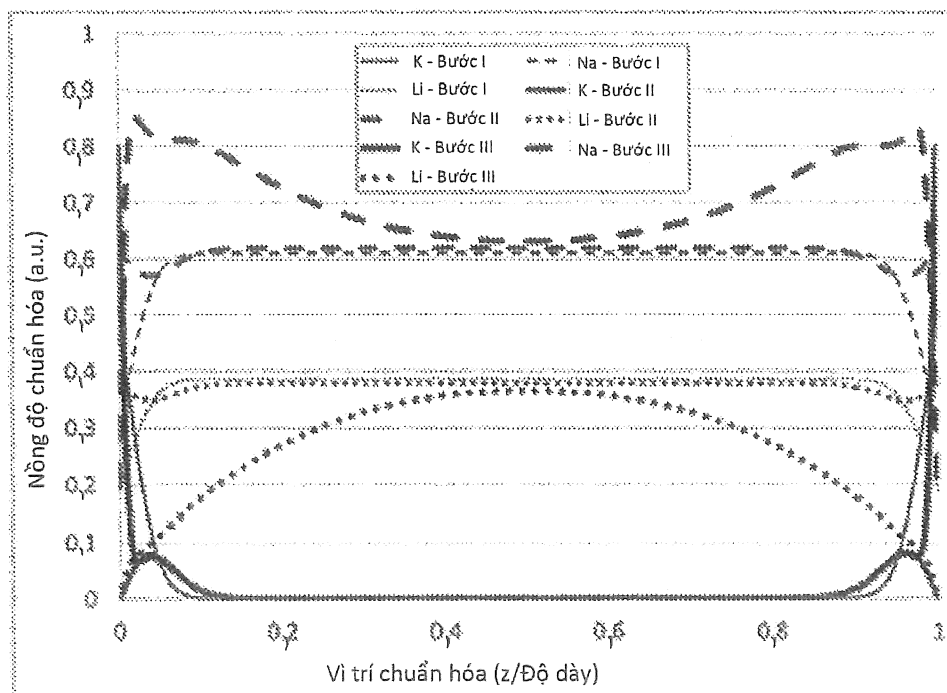


FIG. 17B

18/23

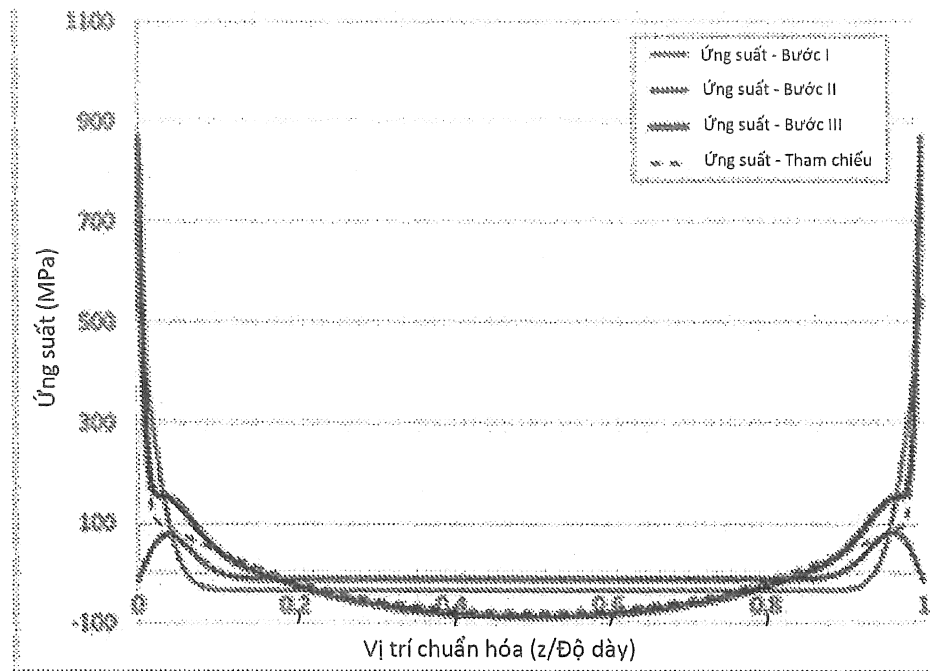


FIG. 18A

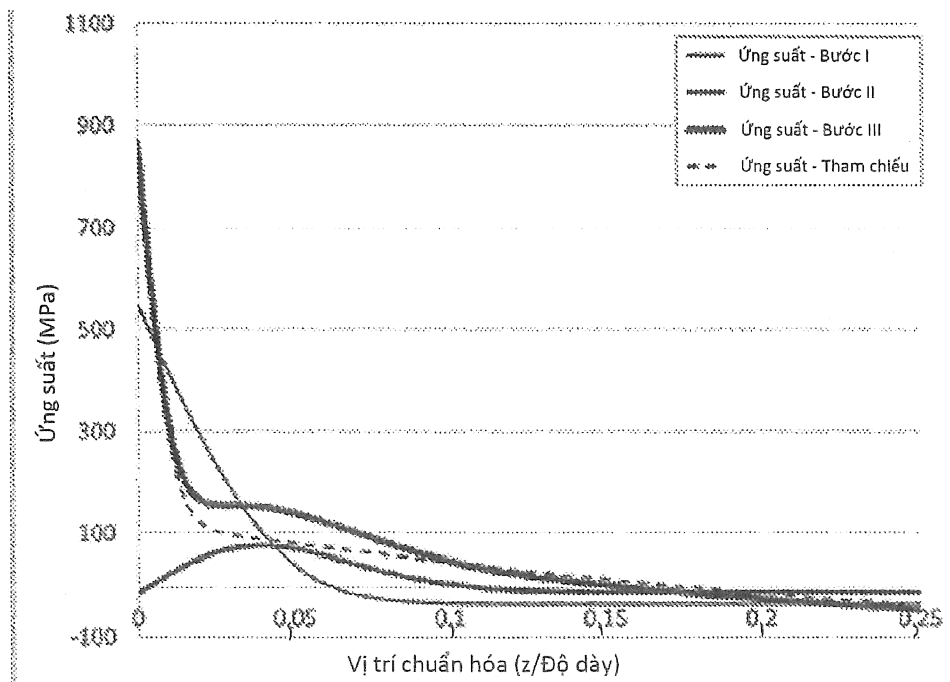


FIG. 18B

19/23

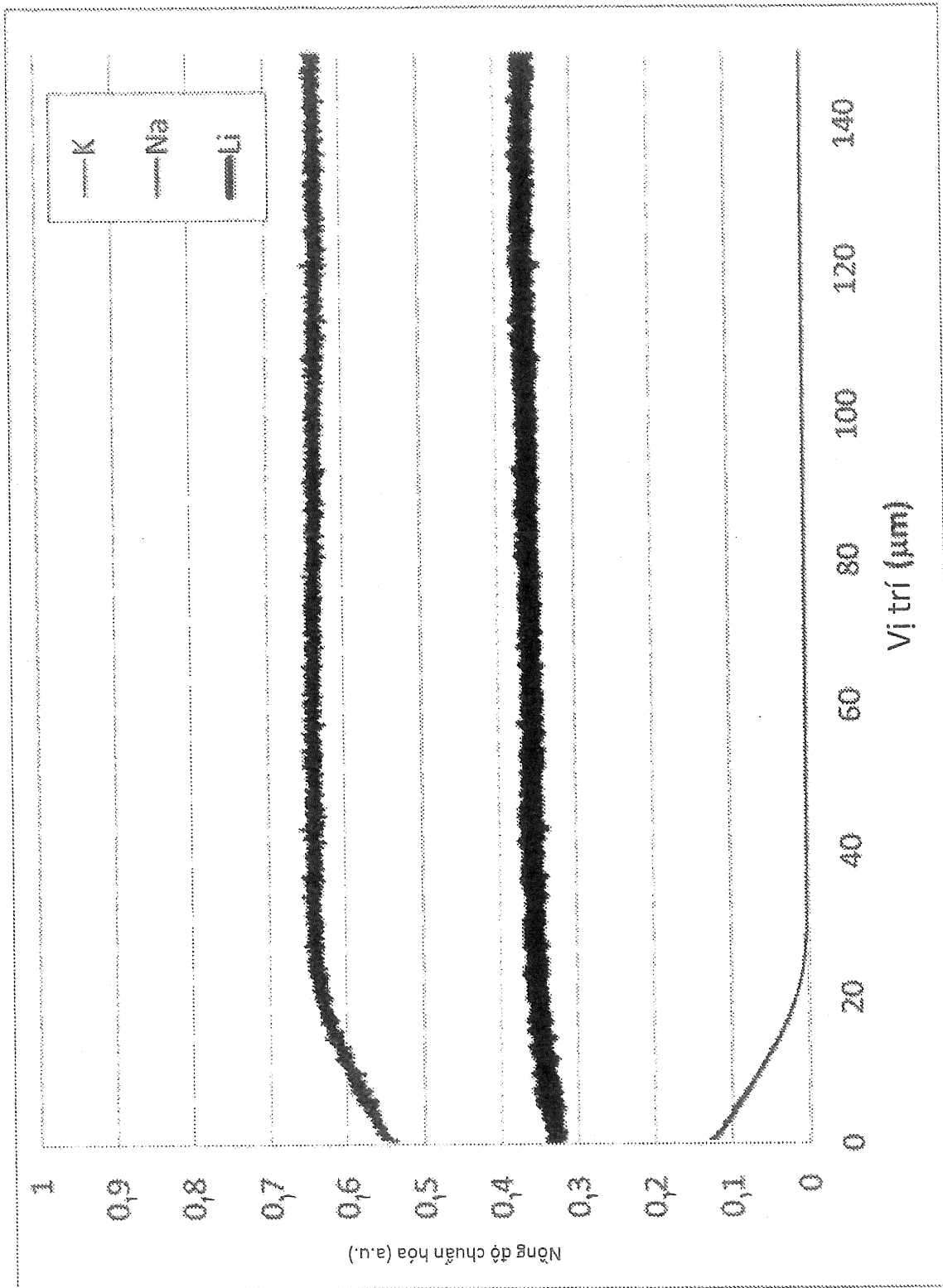


FIG. 19

20/23

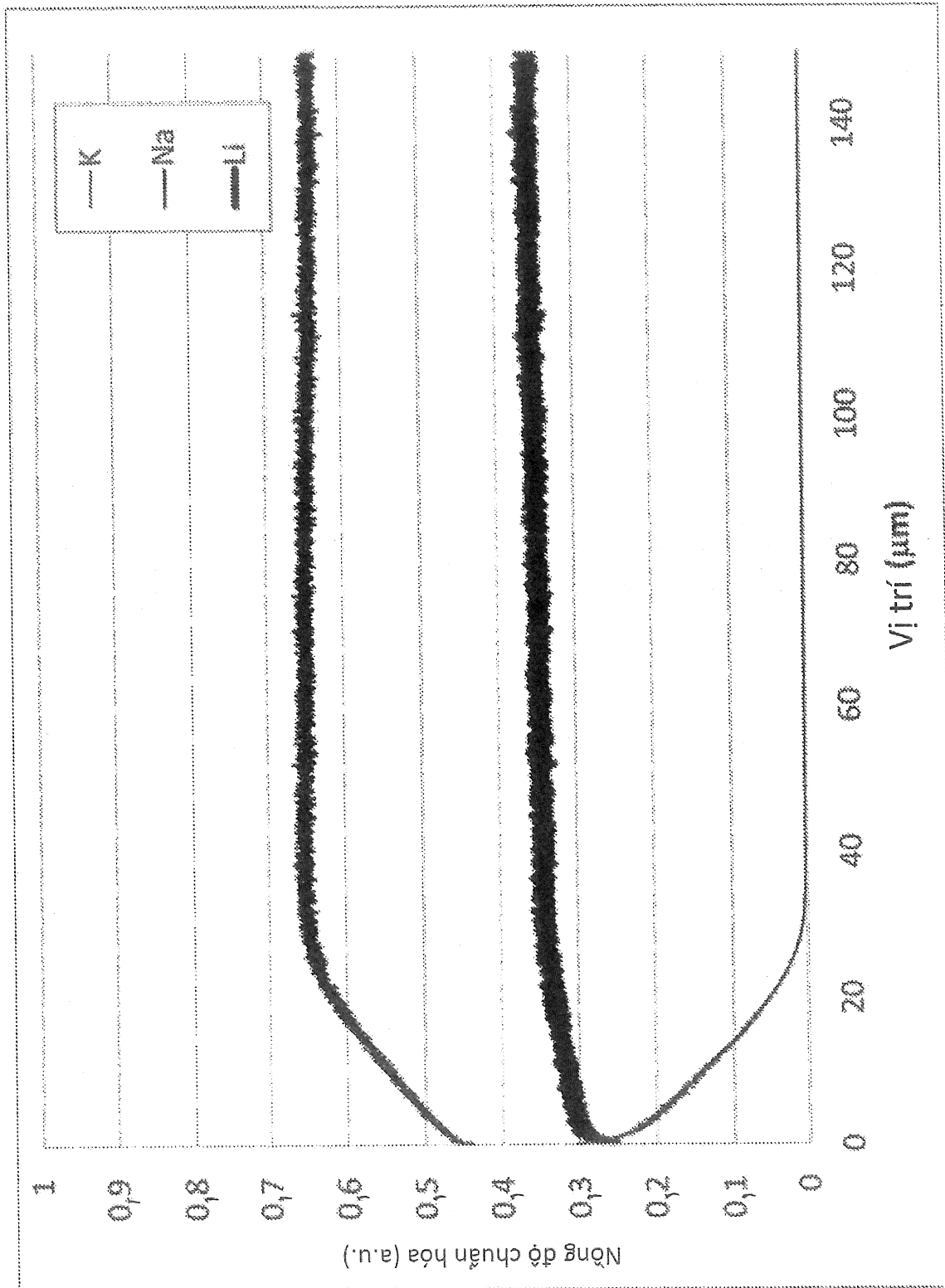


FIG. 20

21/23

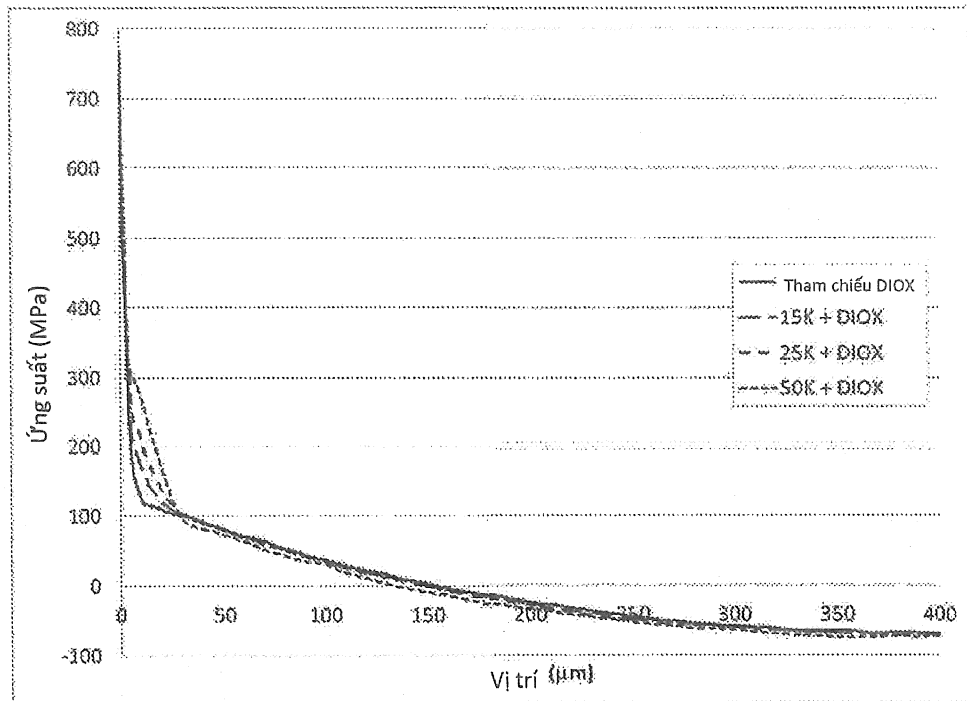


FIG. 21A

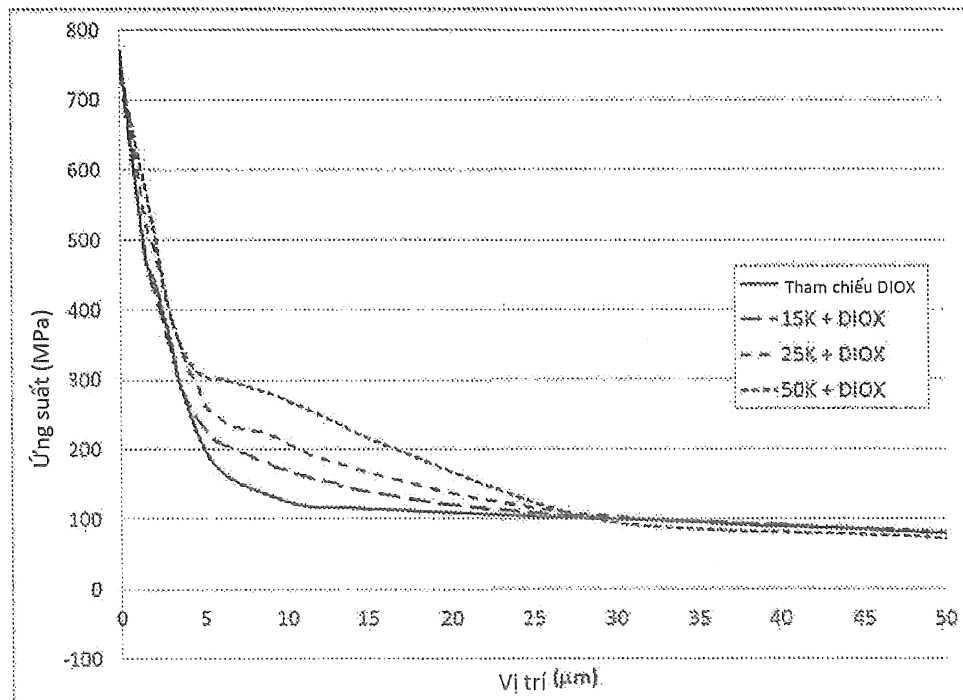


FIG. 21B

22/23

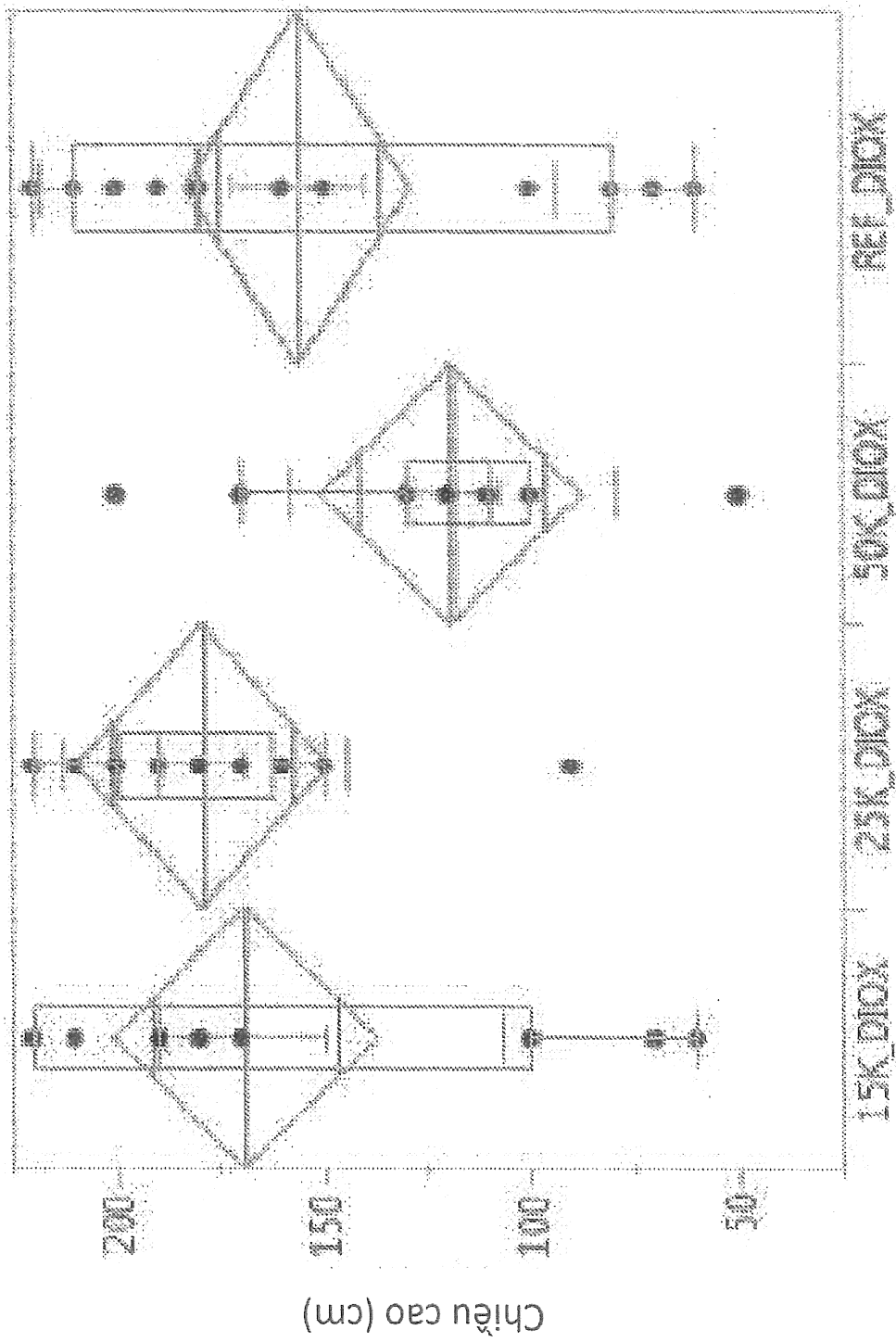


FIG. 22

23/23

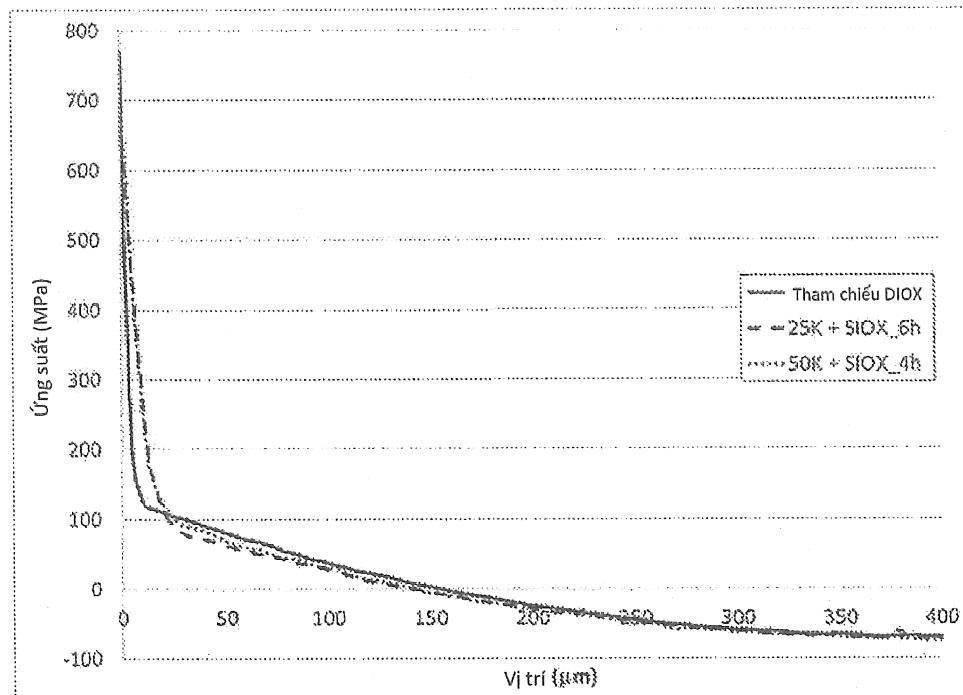


FIG. 23A

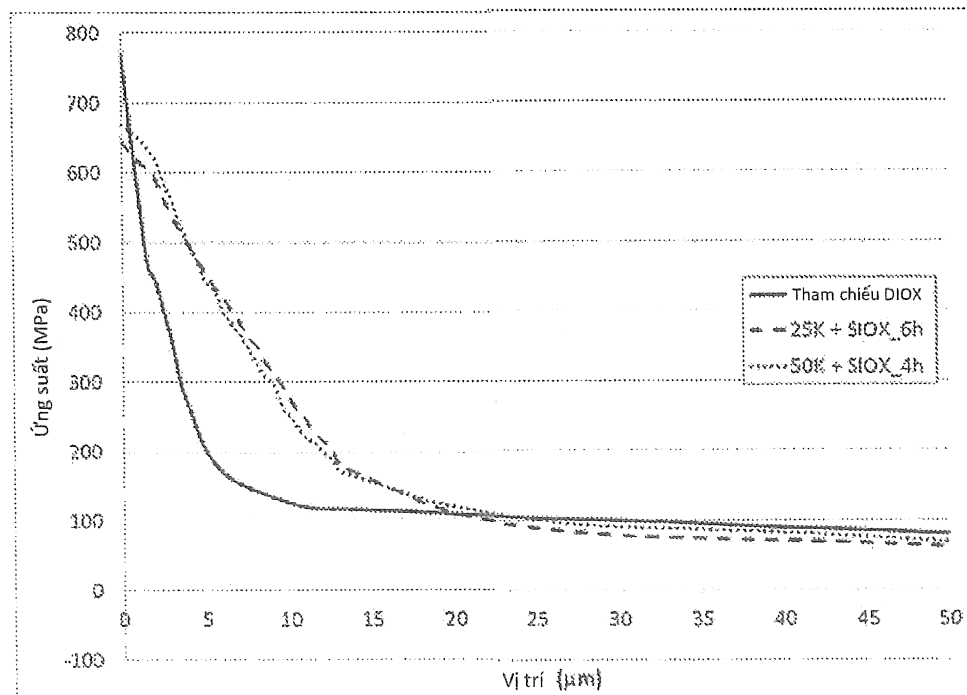


FIG. 23B