



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

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

(11)



1-0048306

(51)^{2021.01} C03C 3/087; C03C 21/00

(13) B

(21) 1-2022-04055

(22) 11/12/2020

(86) PCT/IB2020/061827 11/12/2020

(87) WO 2021/117000 17/06/2021

(30) 62/947,817 13/12/2019 US; 2024883 12/02/2020 NL

(45) 25/07/2025 448

(43) 26/09/2022 414A

(73) CORNING INCORPORATED (US)

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

(72) LEZZI, Peter Joseph (US); ZHANG, Liying (US).

(74) Công ty Luật TNHH T&G (TGVN)

(54) VẬT PHẨM THỦY TINH NHÔM SILICAT KIỀM ĐƯỢC TRAO ĐỔI ION,
THIẾT BỊ ĐIỆN TỬ DÂN DỤNG CHỨA VẬT PHẨM THỦY TINH NÀY, VÀ
PHƯƠNG PHÁP GIA CƯỜNG VẬT PHẨM THỦY TINH

(21) 1-2022-04055

(57) Sáng chế đề cập đến các vật phẩm thủy tinh nhôm silicat kiềm được trao đổi ion có tỉ lệ của giá trị ứng suất nén đỉnh so với giá trị môđun Young là 14 hoặc cao hơn. Các vật phẩm thủy tinh có thể bao gồm Al_2O_3 % mol + RO % mol $\geq 18\%$ mol, trong đó RO % mol = MgO % mol + CaO % mol, và về cơ bản không chứa ZnO, SrO, BaO, B_2O_3 , P_2O_5 , Li_2O , và K_2O . Các vật phẩm thủy tinh có thể có giá trị ứng suất nén đỉnh nằm trong khoảng từ 850 MPa đến 1400 MPa. Các vật phẩm thủy tinh thích hợp cho các ứng dụng độ bền cao khác nhau, bao gồm các ứng dụng thủy tinh phủ mà trải qua các ứng suất uốn đáng kể khi sử dụng, ví dụ, các kính phủ cho màn hiển thị mềm dẻo. Sáng chế còn đề cập đến thiết bị điện tử dân dụng bao gồm vật phẩm thủy tinh này và phương pháp gia cường vật phẩm thủy tinh.

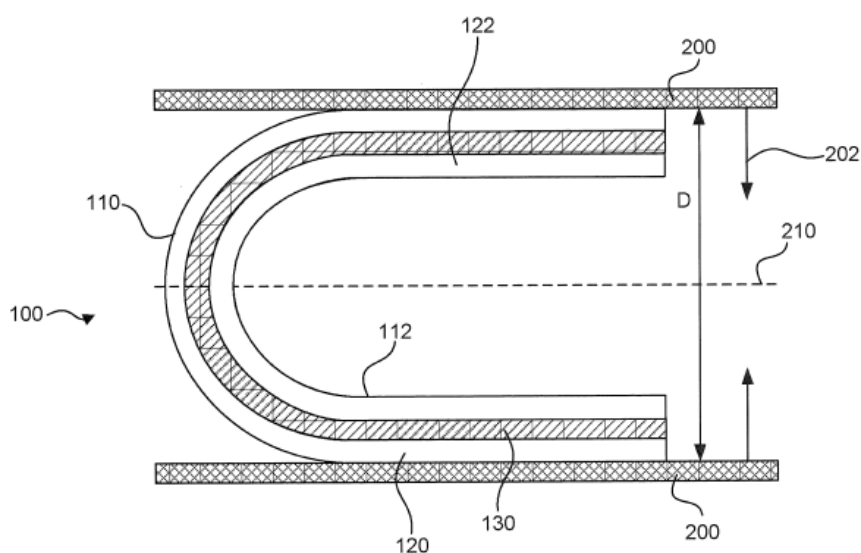


FIG. 2

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến các chế phẩm thủy tinh có khả năng trao đổi ion. Cụ thể là, các phương án được mô tả ở đây đề cập đến các chế phẩm thủy tinh có khả năng trao đổi ion để sử dụng trong nhiều ngành công nghiệp khác nhau, ví dụ, điện tử dân dụng, vận chuyển, kiến trúc, phòng thủ, dược phẩm, và bao gói. Cụ thể hơn nữa là, sáng chế đề cập đến các chế phẩm thủy tinh cho các ứng dụng thủy tinh bao phủ, ví dụ, thủy tinh bao phủ cho các màn hiển thị mềm dẻo.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Nhiều sản phẩm dân dụng, ví dụ như điện thoại thông minh, máy tính bảng, máy nghe nhạc cầm tay, máy tính cá nhân, và máy ảnh, tích hợp kính che, mà có thể có chức năng như các bộ phận che màn hiển thị, và có thể kết hợp chức năng chạm. Thường xuyên là, các thiết bị này bị người sử dụng làm rơi lên trên các bề mặt cứng, điều này có thể khiến làm hỏng kính che, và có thể tác động tiêu cực đến việc sử dụng thiết bị, ví dụ, chức năng chạm có thể bị tổn hại.

Các màn hiển thị gập được hoặc mềm dẻo cho các ứng dụng điện tử dân dụng có thể có lợi ích từ thủy tinh được trao đổi ion mỏng, mềm dẻo. Thủy tinh có thể được làm cho chống chịu tốt hơn với sự hư hỏng do uốn thông qua các quy trình trao đổi ion, mà liên quan đến việc gây ra các ứng suất nén trên bề mặt thủy tinh. Ứng suất nén được đưa vào sử dụng quy trình trao đổi ion đóng vai trò để, trong số các thứ khác, ngăn chặn các vết rạn nứt mà có thể gây ra lỗi của thủy tinh.

Do đó, hiện có nhu cầu liên tục đối với các chế phẩm thủy tinh có khả năng trao đổi ion có các tính chất cơ học mong muốn đối với sử dụng trong nhiều ứng dụng, bao gồm các ứng dụng thủy tinh bao phủ.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Sáng chế đề cập đến các chế phẩm thủy tinh có khả năng trao đổi ion có độ bền và độ mềm dẻo thích hợp cho nhiều ứng dụng khác nhau, ví dụ các ứng dụng thủy tinh bao phủ cho các thiết bị điện tử. Chế phẩm thủy tinh được bộc lộ ở đây có giá trị (Al_2O_3 % mol + RO % mol) lớn hơn hoặc bằng 18% mol. Các chế phẩm thủy tinh được thiết kế để tối đa hóa tỉ lệ giá trị ứng suất nén đỉnh so với giá trị môđun Young. Tỉ lệ cao, ví dụ tỉ lệ bằng 14 hoặc cao hơn, cho phép các chế phẩm thủy tinh chống lại sự hư hỏng trong sự kiện uốn. Còn nữa, độ bền được truyền cho các chế phẩm thủy tinh bởi quy trình trao đổi ion tạo cho chế phẩm thủy tinh có các tính chất cơ học mong muốn để chống lại sự nứt vỡ trong quá trình sử dụng.

Khía cạnh thứ nhất (1) của sáng chế là đề xuất vật phẩm thủy tinh nhôm silicat kiềm được trao đổi ion, vật phẩm thủy tinh này chứa: SiO_2 , 13,5% mol Al_2O_3 hoặc cao hơn, từ 1% mol đến 5% mol MgO , CaO , Na_2O , trong đó: Al_2O_3 % mol + RO % mol $\geq$ 18 % mol, RO % mol = MgO % mol + CaO % mol, và vật phẩm thủy tinh về cơ bản không chứa ZnO , SrO , BaO , B_2O_3 , P_2O_5 , Li_2O , và K_2O . Vật phẩm thủy tinh cũng có giá trị môđun Young được đo bằng GPa trước khi được trao đổi ion và lớp ứng suất nén kéo dài từ bề mặt của vật phẩm thủy tinh đến độ sâu nén, lớp ứng suất nén có giá trị ứng suất nén đỉnh được đo bằng MPa, trong đó tỉ lệ của giá trị ứng suất nén đỉnh so với giá trị môđun Young là 14 hoặc cao hơn.

Theo khía cạnh thứ hai (2), vật phẩm thủy tinh theo khía cạnh thứ nhất (1) được đề xuất và Al_2O_3 % mol + RO % mol $\geq$ 20% mol.

Theo khía cạnh thứ ba (3), vật phẩm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số khía cạnh thứ nhất (1) hoặc khía cạnh thứ hai (2) được đề xuất và $(\text{Na}_2\text{O}$ % mol + RO % mol - Al_2O_3 % mol) $\geq$ 0% mol.

Theo khía cạnh thứ tư (4), vật phẩm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (3) được đề xuất và $7\% \text{ mol} \geq (\text{Na}_2\text{O}$ % mol + RO % mol - Al_2O_3 % mol) $\geq$ 0% mol.

Theo khía cạnh thứ năm (5), vật phẩm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (4) được đề xuất và vật phẩm thủy tinh có độ nhót đường pha lỏng nằm trong khoảng từ 50 kP đến 500 kP, được đo trước khi được trao đổi ion.

Theo khía cạnh thứ sáu (6), vật phẩm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (5) được đề xuất và vật phẩm thủy tinh chứa từ 0,5% mol đến 2% mol CaO, và Al_2O_3 % mol + RO % mol $\geq 20\%$ mol.

Theo khía cạnh thứ bảy (7), vật phẩm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (6) được đề xuất và tỉ lệ của giá trị ứng suất nén đỉnh so với giá trị môđun Young là 15 hoặc cao hơn, và 18 hoặc nhỏ hơn.

Theo khía cạnh thứ tám (8), vật phẩm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (7) được đề xuất và giá trị môđun Young là nằm trong khoảng từ 70 MPa đến 80 MPa.

Theo khía cạnh thứ chín (9), vật phẩm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (8) được đề xuất và ứng suất nén đỉnh nằm trong khoảng từ 850 MPa đến 1400 MPa.

Theo khía cạnh thứ mười (10), vật phẩm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (9) được đề xuất và độ sâu nén nằm trong khoảng từ 5 micromet đến 40 micromet.

Theo khía cạnh mười một (11), vật phẩm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (9) được đề xuất và độ sâu nén nằm trong khoảng từ 5 micromet đến 20 micromet.

Theo khía cạnh mười hai (12), vật phẩm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (11) được đề xuất và độ sâu nén nằm trong khoảng từ 5% đến 20% độ dày của vật phẩm thủy tinh.

Theo khía cạnh mười ba (13), vật phẩm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (12) được đề xuất và ứng suất nén đỉnh nằm trong khoảng từ 1100 MPa đến 1350 MPa và độ sâu nén nằm trong khoảng từ 5 micromet đến 20 micromet.

Theo khía cạnh mười bốn (14), vật phẩm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (13) được đề xuất và vật phẩm thủy tinh chứa: 59% mol đến 66% mol SiO_2 , 13,5% mol đến 20% mol Al_2O_3 , 0,5% mol đến 2% mol CaO, và 15% mol đến 18% mol Na_2O .

Theo khía cạnh mười lăm (15), vật phẩm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (13) được đề xuất và vật phẩm thủy tinh chứa: 60% mol đến 65% mol SiO_2 , 16% mol đến 18% mol Al_2O_3 , 2% mol đến 4% mol MgO , 0,5% mol đến 2% mol CaO , và 15% mol đến 18% mol Na_2O .

Theo khía cạnh mười sáu (16), vật phẩm thủy tinh theo khía cạnh mười lăm (15) được đề xuất và Al_2O_3 % mol + RO % mol $\geq$ 20% mol.

Theo khía cạnh mười bảy (17), vật phẩm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (13) được đề xuất và vật phẩm thủy tinh chứa 16% mol Al_2O_3 hoặc cao hơn.

Theo khía cạnh mười tám (18), vật phẩm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (17) được đề xuất và $23\% \text{ mol} \geq \text{Al}_2\text{O}_3$ % mol + RO % mol $\geq$ 18% mol.

Theo khía cạnh mười chín (19), vật phẩm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (18) được đề xuất và $(\text{MgO} \% \text{ mol} / (\text{MgO} \% \text{ mol} + \text{CaO} \% \text{ mol})) \geq 0,5$.

Theo khía cạnh hai mươi (20), vật phẩm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (18) được đề xuất và $(\text{MgO} \% \text{ mol} / (\text{MgO} \% \text{ mol} + \text{CaO} \% \text{ mol})) \geq 0,55$.

Theo khía cạnh hai mươi một (21), vật phẩm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (20) được đề xuất và vật phẩm thủy tinh có độ dày là 4 milimet hoặc thấp hơn.

Theo khía cạnh hai mươi hai (22), vật phẩm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (20) được đề xuất và vật phẩm thủy tinh có độ dày nằm trong khoảng từ 15 micromet đến 200 micromet.

Khía cạnh hai mươi ba (23) của sáng chế đề xuất thiết bị điện tử bao gồm màn hiển thị điện tử và vật phẩm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (22) được bố trí ở trên màn hiển thị điện tử.

Theo khía cạnh hai mươi tư (24), thiết bị điện tử theo khía cạnh hai mươi ba (23) được đề xuất và thiết bị điện tử bao gồm vỏ chứa bao gồm mặt trước, mặt sau, và các

mặt bên; và các linh kiện điện ít nhất một phần ở bên trong vỏ chứa, các linh kiện điện bao gồm bộ điều khiển, bộ nhớ, và màn hiển thị điện tử nằm ở hoặc liền kề mặt trước của vỏ chứa, trong đó vật phẩm thủy tinh tạo thành ít nhất một phần của vỏ chứa.

Khía cạnh hai mươi lăm (25) của sáng chế đề xuất vật phẩm thủy tinh được trao đổi ion chứa: 59% mol đến 66% mol SiO_2 , 13,5% mol đến 20% mol Al_2O_3 , 1% mol đến 5% mol MgO , 0,5% mol đến 2% mol CaO , 15% mol đến 18% mol Na_2O , giá trị môđun Young được đo bằng GPa trước khi trao đổi ion vật phẩm thủy tinh, và lớp ứng suất nén kéo dài từ bề mặt của vật phẩm thủy tinh được trao đổi ion và có giá trị ứng suất nén đỉnh được đo bằng MPa, trong đó: $\text{Al}_2\text{O}_3 \text{ \% mol} + \text{RO \% mol} \geq 18\% \text{ mol}$, $\text{RO \% mol} = \text{MgO \% mol} + \text{CaO \% mol}$, vật phẩm thủy tinh về cơ bản không chứa ZnO , SrO , BaO , B_2O_3 , P_2O_5 , Li_2O , và K_2O , và tỉ lệ của giá trị ứng suất nén đỉnh so với giá trị môđun Young là 14 hoặc cao hơn, và 18 hoặc thấp hơn.

Theo khía cạnh hai mươi sáu (26), vật phẩm thủy tinh theo khía cạnh hai mươi lăm (25) được đề xuất và vật phẩm thủy tinh chứa: 60% mol đến 65% mol SiO_2 , 16% mol đến 18% mol Al_2O_3 , 2% mol đến 4% mol MgO , 0,5% mol đến 2% mol CaO , và 15% mol đến 18% mol Na_2O .

Theo khía cạnh hai mươi bảy (27), vật phẩm thủy tinh theo khía cạnh hai mươi lăm (25) hoặc khía cạnh hai mươi sáu (26) được đề xuất và vật phẩm thủy tinh có độ dày nằm trong khoảng từ 20 micromet đến 200 micromet.

Khía cạnh hai mươi tám (28) của sáng chế đề xuất phương pháp gia cường vật phẩm thủy tinh, phương pháp này bao gồm bước nhúng vật phẩm thủy tinh trong dung dịch trao đổi ion bao gồm 50% khối lượng muối kali hoặc cao hơn, vật phẩm thủy tinh này chứa: SiO_2 , 13,5% mol Al_2O_3 hoặc cao hơn, 1% mol đến 5% mol MgO , CaO , và

Na_2O , trong đó: $\text{Al}_2\text{O}_3 \text{ \% mol} + \text{RO \% mol} \geq 18\% \text{ mol}$, $\text{RO \% mol} = \text{MgO \% mol} + \text{CaO \% mol}$, và vật phẩm thủy tinh về cơ bản không chứa ZnO , SrO , BaO , B_2O_3 , P_2O_5 , Li_2O , và K_2O ; và trao đổi ion vật phẩm thủy tinh trong dung dịch trao đổi ion trong khoảng thời gian từ 1 giờ đến 24 giờ tại nhiệt độ nằm trong khoảng từ 350°C đến 480°C để đạt được lớp ứng suất nén kéo dài từ bề mặt của vật phẩm thủy tinh đến độ sâu nén và bao gồm giá trị ứng suất nén đỉnh nằm trong khoảng từ 850 MPa đến 1400 MPa.

Theo khía cạnh hai mươi chín (29), phương pháp theo khía cạnh hai mươi tám (28)

được đề xuất và độ sâu nén nằm trong khoảng từ 5 micromet đến 40 micromet.

Theo khía cạnh ba mươi (30), phương pháp theo khía cạnh hai mươi tám (28) được đề xuất và độ sâu nén nằm trong khoảng từ 5 micromet đến 20 micromet.

Theo khía cạnh ba mươi một (31), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (28) đến (30) được đề xuất và giá trị ứng suất nén đỉnh nằm trong khoảng từ 1100 MPa đến 1350 MPa và độ sâu nén nằm trong khoảng từ 5 micromet đến 20 micromet.

Theo khía cạnh ba mươi hai (32), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (28) đến (31) được đề xuất và khoảng thời gian nằm trong khoảng từ 1 giờ đến 8 giờ.

Theo khía cạnh ba mươi ba (33), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (28) đến (32) được đề xuất và vật phẩm thủy tinh có độ nhớt đường pha lỏng nằm trong khoảng từ 50 kP đến 500 kP được đo trước khi được nhúng trong dung dịch trao đổi ion.

Theo khía cạnh ba mươi tư (34), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (28) đến (33) được đề xuất và vật phẩm thủy tinh có giá trị môđun Young được đo bằng GPa trước khi được nhúng trong dung dịch trao đổi ion, và tỉ lệ của giá trị ứng suất nén đỉnh so với giá trị môđun Young là bằng 14 hoặc cao hơn, và bằng 18 hoặc nhỏ hơn.

Theo khía cạnh ba mươi lăm (35), phương pháp theo khía cạnh ba mươi tư (34) được đề xuất và tỉ lệ của giá trị ứng suất nén đỉnh so với giá trị môđun Young là bằng 15 hoặc cao hơn, và bằng 18 hoặc nhỏ hơn.

Theo khía cạnh ba mươi sáu (36), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (28) đến (35) được đề xuất và vật phẩm thủy tinh chứa: 59% mol đến 66% mol SiO_2 , 13,5% mol đến 20% mol Al_2O_3 , 0,5% mol đến 2% mol CaO , và 15% mol đến 18% mol Na_2O .

Theo khía cạnh ba mươi bảy (37), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (28) đến (35) được đề xuất và vật phẩm thủy tinh chứa: 60% mol đến 65% mol SiO_2 , 16% mol đến 18% mol Al_2O_3 , 2% mol đến 4% mol MgO , 0,5% mol đến 2% mol CaO , và 15% mol đến 18% mol Na_2O .

Theo khía cạnh ba mươi tám (38), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (28) đến (37) được đề xuất và $23\% \text{ mol} \geq \text{Al}_2\text{O}_3 \% \text{ mol} + \text{RO} \% \text{ mol} \geq 18\% \text{ mol}$.

Theo khía cạnh ba mươi chín (39), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (28) đến (38) được đề xuất và vật phẩm thủy tinh có độ dày bằng 4 milimet hoặc nhỏ hơn.

Theo khía cạnh bốn mươi (40), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (28) đến (38) được đề xuất và vật phẩm thủy tinh có độ dày nằm trong khoảng từ 15 micromet đến 200 micromet.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Các hình vẽ kèm theo được kết hợp ở đây, tạo thành một phần của bản mô tả và minh họa cho các phương án của sáng chế này. Cùng với phần mô tả, các hình vẽ còn dùng để giải thích các nguyên lý và cho phép người có kiến thức trung bình trong lĩnh vực liên quan tạo ra và sử dụng các phương án được bộc lộ. Các hình vẽ này được dự định để minh họa chứ không nhằm giới hạn sáng chế. Mặc dù việc bộc lộ thường được mô tả trong ngữ cảnh của các phương án này, nhưng cần hiểu rằng, nó không dự định giới hạn phạm vi bảo hộ của bộc lộ bởi các phương án cụ thể này. Trên các hình vẽ, các số tham chiếu giống nhau chỉ các phần tử giống nhau hoặc tương tự về chức năng.

FIG. 1 minh họa mặt cắt ngang của vật phẩm thủy tinh có các vùng ứng suất nén theo một số phương án.

FIG. 2 minh họa hình chiếu cắt ngang của vật phẩm thủy tinh theo một số phương án sau khi uốn vật phẩm thủy tinh.

FIG. 3A là hình chiếu bằng của thiết bị điện tử làm ví dụ tích hợp vật phẩm thủy tinh theo vật phẩm thủy tinh bất kỳ được bộc lộ ở đây. FIG. 3B là hình phối cảnh của thiết bị điện tử làm ví dụ của FIG. 3A.

FIG. 4 là đồ thị của ứng suất nén so với độ sâu lớp đối với các chế phẩm thủy tinh làm ví dụ khác nhau.

FIG. 5 là đồ thị lập mô hình ứng suất được áp dụng cho vật phẩm thủy tinh trong

quá trình uốn tại các độ sâu khác nhau từ bề mặt của vật phẩm thủy tinh.

FIG. 6 là đồ thị lập mô hình khoảng cách tầm an toàn đối với thử nghiệm uốn dưới dạng hàm của độ dày thủy tinh đối với các chế phẩm thủy tinh làm ví dụ khác nhau.

Mô tả chi tiết sáng chế

Các ví dụ sau đây là để minh họa, chứ không giới hạn sáng chế. Các thay đổi và điều chỉnh thích hợp khác về các điều kiện và thông số thường gặp phải trong lĩnh vực và là rõ ràng đối với người có kiến thức trung bình trong lĩnh vực, nằm trong tinh thần và phạm vi bảo hộ của sáng chế.

Thủy tinh được mô tả ở đây là họ các thủy tinh nhôm silicat kiềm có khả năng trao đổi ion mà có thể được trao đổi ion để đạt được ứng suất nén đỉnh cao. Như được sử dụng ở đây, “có khả năng trao đổi ion” có nghĩa là chế phẩm thủy tinh, hoặc vật phẩm thủy tinh bao gồm chế phẩm, có khả năng trao đổi các cation thứ nhất được đặt tại hoặc gần bề mặt của nền với các cation thứ hai có cùng hóa trị. Các ion thứ nhất có thể là các ion của natri. Các ion thứ hai có thể là các ion của một trong số kali, rubidi, và xesi, với điều kiện là ion thứ hai có bán kính ion lớn hơn bán kính ion của ion thứ nhất. Ion thứ nhất có mặt trong nền gốc thủy tinh ở dạng oxit của chúng (ví dụ, Na_2O). Như được sử dụng ở đây, “thủy tinh được trao đổi ion” hoặc “thủy tinh được gia cường hóa học” nghĩa là thủy tinh được trải qua ít nhất một quy trình trao đổi ion mà trao đổi cation được đặt tại hoặc gần bề mặt của thủy tinh với các cation có cùng hóa trị.

Các chế phẩm thủy tinh được mô tả ở đây có thể được trao đổi ion để đạt được ứng suất nén đỉnh cao. Theo một số phương án, các thủy tinh được mô tả ở đây có thể được trao đổi ion để đạt được ứng suất nén đỉnh là khoảng 1000 MPa hoặc cao hơn, và lên đến khoảng 1400 MPa. Ứng suất nén đỉnh cao được truyền trong quá trình trao đổi ion có thể cung cấp độ bền cao cho thủy tinh có sự phân bố kích thước vết nứt nông, nhờ đó ngăn chặn sự hư hỏng trong quá trình uốn. Ứng suất nén đỉnh cao cho phép thủy tinh giữ lại lực nén thực và do đó, chứa vết nứt bề mặt khi thủy tinh bị uốn xung quanh bán kính nhỏ. Thủy tinh theo các phương án được mô tả ở đây có môđun Young thấp, mà dẫn đến các giá trị ứng suất uốn thấp hơn trong quá trình uốn, và do đó có thể ngăn ngừa sự hư hỏng trong sự kiện uốn.

Ngoài ra, chế phẩm thủy tinh được mô tả ở đây có tỉ lệ của giá trị ứng suất nén đỉnh so với giá trị môđun Young (giá trị ứng suất nén đỉnh / giá trị môđun Young, CS/E, trong đó CS tính bằng MPa và E tính bằng GPa) là 14 hoặc cao hơn qua khoảng độ sâu nén rộng đối với các vùng nén được tạo ra bởi quy trình trao đổi ion. Việc làm tăng tỉ lệ này là khó vì các ứng suất nén bề mặt được truyền trong quy trình trao đổi ion có thể có ảnh hưởng mạnh từ môđun Young trong đó môđun Young cao hơn là con đường phổ biến để cải thiện ứng suất nén. Tức là, môđun Young là số đo của độ cứng chắc của mạng lưới. Ví dụ: việc trao đổi ion K^+ vào vị trí Na^+ tạo ra ứng suất nén, nhưng vì mạng lưới trở nên cứng chắc hơn (vì bởi việc tăng môđun Young) thì ứng suất nén cao hơn. Do đó một cách phổ biến để thu được CS cao hơn là chỉ tăng môđun Young, nhưng những gì được thực hiện trong sáng chế này đó là tăng CS mà không làm tăng đáng kể môđun Young. Với tỉ lệ CS/E cao, các chế phẩm thủy tinh có thể vẫn giữ độ mềm dẻo thậm chí sau khi trao đổi ion. Các chế phẩm thủy tinh được mô tả ở đây có môđun Young đủ thấp trước khi trao đổi ion và giá trị của ứng suất nén mà có thể được truyền trong quá trình trao đổi ion đủ cao để đạt được tỉ lệ CS/E cao qua khoảng độ sâu nén rộng. Điều này dẫn đến các chế phẩm thủy tinh mềm dẻo và cũng chấp nhận các giá trị ứng suất nén bề mặt cao. Các chế phẩm thủy tinh có khả năng chấp nhận các ứng suất nén bề mặt cao ở các độ sâu nén lớn, ví dụ các độ sâu cao 50 micromet (micron và/hoặc μm), vì các chế phẩm này chịu được độ chùng ứng suất mà có thể xảy ra trong quá trình trao đổi ion. Sự chùng ứng suất, mà có thể rõ rệt hơn với nhiệt độ và thời gian tăng, có khuynh hướng xảy ra trong các quy trình trao đổi ion được thiết kế để truyền các độ sâu nén cao. Các đặc tính này của các chế phẩm thủy tinh được mô tả ở đây khiến cho chúng thích hợp cho nhiều ứng dụng công nghiệp khác nhau, bao gồm các ứng dụng thủy tinh bao phủ độ bền cao mà trải qua các ứng suất uốn đáng kể trong khi sử dụng, ví dụ, là thủy tinh bao phủ ở màn hiển thị mềm dẻo và có thể gập được.

Như được sử dụng ở đây, “ứng suất nén đỉnh” để chỉ giá trị ứng suất nén (CS) cao nhất đo được bên trong vùng ứng suất nén. Theo một số phương án, ứng suất nén đỉnh nằm tại bề mặt của thủy tinh. Theo các phương án khác, ứng suất nén đỉnh có thể xuất hiện tại độ sâu dưới bề mặt, tạo ra hình dạng ứng suất biên dạng nén có dạng “đỉnh vùi.” Trừ khi được chỉ định là khác, ứng suất nén (bao gồm CS bề mặt) được đo bằng máy đo ứng suất bề mặt (FSM) sử dụng các dụng cụ có bán sẵn, ví dụ FSM-6000, được sản xuất bởi Orihara Industrial Co., Ltd. (Nhật Bản). Các số đo ứng suất bề mặt phụ thuộc vào

phép đo chính xác hệ số quang ứng suất (SOC), vốn liên quan tới tính lưỡng chiết quang của thủy tinh. SOC theo thứ tự được đo theo Quy trình C (Phương pháp đĩa thủy tinh) được mô tả trong tiêu chuẩn ASTM C770-16, với tiêu đề “Standard Test Method for Measurement of Glass Stress-Optical Coefficient.”

Như được sử dụng ở đây, độ sâu nén (DOC) đề cập tới độ sâu mà tại đó ứng suất bên trong vật phẩm thủy tinh thay đổi từ nén thành kéo căng. Tại DOC, ứng suất đi qua từ ứng suất nén tới ứng suất kéo căng và do đó thể hiện giá trị ứng suất bằng không. Độ sâu nén và độ sâu của lớp có thể được đo bằng máy đo ứng suất bề mặt, ví dụ máy đo ứng suất bề mặt FSM-6000. Như được sử dụng ở đây, “độ sâu của lớp” (DOL) để chỉ độ sâu bên trong vật phẩm thủy tinh mà tại đó ion của oxit kim loại khuếch tán vào trong vật phẩm thủy tinh nơi mà nồng độ của ion đạt đến giá trị tối thiểu. Theo các phương án trong đó chỉ có kali được trao đổi ion vào trong vật phẩm thủy tinh, DOC có thể bằng DOL. Trừ khi được chỉ ra là khác ở đây, DOC và DOL là như nhau.

Các chế phẩm thủy tinh được mô tả ở đây cũng có thể được sản xuất với chi phí hợp lý. Các chế phẩm thủy tinh thể hiện nhiệt độ đường pha lỏng cao một cách thích hợp và các độ nhớt đường pha lỏng thấp một cách thích hợp đối với các kỹ thuật sản xuất nhất định, ví dụ sự kéo rút qua khe. Các tính chất nhiệt này có thể làm tăng độ dễ dàng sản xuất các vật phẩm thủy tinh được tạo ra từ các chế phẩm, mà có thể giảm chi phí. Các chế phẩm thủy tinh được mô tả trong bản mô tả này có, trong số những thứ khác, hàm lượng oxit nhôm, hàm lượng oxit magie, và giá trị đối với $\text{Na}_2\text{O} \% \text{ mol} + \text{RO} \% \text{ mol} \geq \text{Al}_2\text{O}_3 \% \text{ mol}$ mà hỗ trợ việc nóng chảy trong quá trình sản xuất. Theo một số phương án, các chế phẩm thủy tinh có thể có độ nhớt đường pha lỏng nằm trong khoảng từ 50 kP (kiloPoa) đến 500 kP.

Các chế phẩm thủy tinh được mô tả ở đây có thể cung cấp một hoặc nhiều lợi ích sau đây. (1) Các chế phẩm này không chứa lithi, nhưng có khả năng đạt được các giá trị ứng suất nén cao trong quá trình trao đổi ion (ví dụ, lên đến 1400 MPa) tại các độ sâu lớp (DOL) nhỏ và lên đến khoảng 1250 MPa thậm chí tại DOL cao hơn là khoảng 40 micron (micromet, μm). (2) Các chế phẩm này có môđun thấp, mà thúc đẩy các tỉ lệ CS/E cao hơn và cải thiện khả năng uốn đối với các ứng dụng có thể gấp mỏng. (3) Các nguyên liệu thô để tạo ra thủy tinh này là rẻ và sẵn có. (4) Các chế phẩm này có hàm lượng theo chất cải biến cao, mà cho phép nóng chảy dễ hơn. Hàm lượng “theo chất cải

biến” đối với chế phẩm thủy tinh nghĩa là giá trị đối với (R_2O % mol + RO % mol - Al_2O_3 % mol) là lớn hơn 0% mol, trong đó R_2O % mol là tổng % mol của tất cả các oxit kim loại kiềm trong chế phẩm và trong đó RO % mol là tổng % mol của tất cả các oxit kim loại kiềm thổ trong chế phẩm. (5) Các chế phẩm có nhiệt độ đường pha lỏng thấp, độ nhớt đường pha lỏng cao, và các pha đường pha lỏng phát triển chậm, mà tất cả đều có lợi cho sự tạo thành tấm.

Như được sử dụng ở đây, thuật ngữ “thủy tinh” có nghĩa là bao gồm vật liệu bất kỳ được tạo thành ít nhất một phần từ thủy tinh, bao gồm thủy tinh và gốm thủy tinh. “Gốm thủy tinh” bao gồm vật liệu được tạo ra thông qua quá trình kết tinh hóa thủy tinh có kiểm soát. Một hoặc nhiều chất tạo mầm, ví dụ, titan oxit (TiO_2), zircon oxit (ZrO_2), natri oxit (Na_2O), và phospho oxit (P_2O_5) có thể được bổ sung vào chế phẩm gốm thủy tinh để tạo thuận lợi cho sự kết tinh đồng nhất.

Đối với các chế phẩm thủy tinh được mô tả ở đây, nồng độ của các thành phần cấu thành (ví dụ, SiO_2 , Al_2O_3 , Na_2O , và các chất tương tự) được đưa ra theo phần trăm mol (% mol) trên cơ sở oxit, trừ khi có quy định khác. Các hợp phần của các chế phẩm thủy tinh theo các phương án được bàn luận một cách riêng rẽ dưới đây. Cần hiểu rằng khoảng bất kỳ trong số các khoảng được trích dẫn khác nhau của một hợp phần có thể được kết hợp một cách riêng rẽ với khoảng bất kỳ trong số các khoảng được trích dẫn khác nhau của hợp phần bất kỳ khác. Như được sử dụng ở đây, số 0 ở sau trong một số được dự tính là thể hiện chữ số có nghĩa đối với số đó. Ví dụ, số “1,0” bao gồm hai chữ số có nghĩa, và số “1,00” bao gồm ba chữ số có nghĩa. Như được sử dụng ở đây, chế phẩm được mô tả dưới dạng bao gồm oxit trong khoảng được xác định bởi 0% mol là giới hạn dưới có nghĩa là chế phẩm này bao gồm oxit ở lượng bất kỳ trên 0% mol (ví dụ, 0,01% mol hoặc 0,1% mol) và lên đến giới hạn trên của khoảng này.

SiO_2 có thể là thành phần cấu thành lớn nhất trong chế phẩm thủy tinh và, như vậy, là thành phần cấu thành chính của mạng lưới thủy tinh được tạo thành từ chế phẩm thủy tinh. SiO_2 nguyên chất có hệ số giãn nở vì nhiệt tương đối thấp (CTE – như được mô tả ở đây, tính chất này được đo tại nhiệt độ từ 0°C đến 300°C) và không chứa kiềm. Tuy nhiên, SiO_2 nguyên chất có điểm nóng chảy cao. Do đó, nếu nồng độ của SiO_2 trong chế phẩm thủy tinh quá cao, thì khả năng tạo thành chế phẩm thủy tinh có thể bị giảm khi các nồng độ SiO_2 cao làm tăng độ khó của việc làm nóng chảy thủy tinh, mà đến lượt

nó gây tác động bất lợi lên khả năng hình thành thủy tinh.

Theo một số phương án, chế phẩm thủy tinh có thể bao gồm SiO_2 với lượng từ 55% mol hoặc lớn hơn đến 70% mol hoặc nhỏ hơn, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các giá trị nêu trên. Theo một số phương án, chế phẩm thủy tinh có thể bao gồm SiO_2 với lượng là 56% mol hoặc lớn hơn, 57% mol hoặc lớn hơn, 58% mol hoặc lớn hơn, 59% mol hoặc lớn hơn, 60% mol hoặc lớn hơn, 61% mol hoặc lớn hơn, 62% mol hoặc lớn hơn, 63% mol hoặc lớn hơn, 64% mol hoặc lớn hơn, 65% mol hoặc lớn hơn, 66% mol hoặc lớn hơn, 67% mol hoặc lớn hơn, 68% mol hoặc lớn hơn, 69% mol hoặc lớn hơn, hoặc 70% mol. Theo một số phương án, chế phẩm thủy tinh có thể bao gồm SiO_2 với lượng là 69% mol hoặc thấp hơn, 68% mol hoặc thấp hơn, 67% mol hoặc thấp hơn, 66% mol hoặc thấp hơn, 65% mol hoặc thấp hơn, 64% mol hoặc thấp, 63% mol hoặc thấp hơn, 62% mol hoặc thấp hơn, 61% mol hoặc thấp hơn, 60% mol hoặc thấp hơn, 59% mol hoặc thấp hơn, 58% mol hoặc thấp hơn, 57% mol hoặc thấp hơn, 56% mol hoặc thấp hơn, hoặc 55% mol.

Khoảng SiO_2 bất kỳ ở trên có thể được kết hợp với khoảng bất kỳ khác. Ví dụ, theo một số phương án, chế phẩm thủy tinh có thể bao gồm SiO_2 với lượng là từ 55% mol đến 70% mol, 56% mol đến 69% mol, 57% mol đến 68% mol, 58% mol đến 67% mol, 59% mol đến 66% mol, 60% mol đến 65% mol, 61% mol đến 64% mol, hoặc 62% mol đến 63% mol, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các giá trị nêu trên có bất kỳ hai trong số các giá trị SiO_2 được liệt kê ở trên là các điểm đầu mút, bao gồm các điểm đầu mút. Theo một số phương án, chế phẩm thủy tinh có thể bao gồm SiO_2 nằm trong khoảng từ 59% mol đến 66% mol. Theo một số phương án, chế phẩm thủy tinh có thể bao gồm SiO_2 nằm trong khoảng từ 60% mol đến 65% mol.

Các chế phẩm thủy tinh được bộc lộ ở đây chứa Al_2O_3 . Việc bổ sung Al_2O_3 có thể có đóng vai trò như chất tạo mạng thủy tinh. Hơn nữa, khi nồng độ Al_2O_3 được làm cân bằng với nồng độ của SiO_2 và nồng độ của các oxit kiềm trong chế phẩm, có thể làm giảm nhiệt độ đường pha lỏng của thủy tinh nóng chảy, nhờ đó tăng cường độ nhớt đường pha lỏng.

Theo một số phương án, % mol của Al_2O_3 cộng với % mol của RO (Al_2O_3 % mol + RO % mol) trong chế phẩm có thể lớn hơn hoặc bằng 18% mol. Theo một số phương án, Al_2O_3 % mol + RO % mol có thể lớn hơn hoặc bằng 18% mol đến nhỏ hơn hoặc

bằng 23% mol (ví dụ, $23\% \text{ mol} \geq \text{Al}_2\text{O}_3 \% \text{ mol} + \text{RO} \% \text{ mol} \geq 18\% \text{ mol}$), bao gồm tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các giá trị đã nêu. Theo một số phương án, $\text{Al}_2\text{O}_3 \% \text{ mol} + \text{RO} \% \text{ mol}$ có thể lớn hơn hoặc bằng 19% mol, lớn hơn hoặc bằng 20% mol, lớn hơn hoặc bằng 21% mol, hoặc lớn hơn hoặc bằng 22% mol. Theo một số phương án, $\text{Al}_2\text{O}_3 \% \text{ mol} + \text{RO} \% \text{ mol}$ có thể nhỏ hơn hoặc bằng 22% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 21% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 20% mol, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 19% mol. Trong phương trình ở trên, $\text{RO} \% \text{ mol}$ bằng $\text{MgO} \% \text{ mol}$ cộng với $\text{CaO} \% \text{ mol}$.

Khoảng bất kỳ trong số các khoảng nêu trên có thể được kết hợp với khoảng bất kỳ khác. Ví dụ, theo một số phương án, $\text{Al}_2\text{O}_3 \% \text{ mol} + \text{RO} \% \text{ mol}$ có thể là từ 18% mol đến 23 % mol, 19% mol đến 22% mol, hoặc 20% mol đến 21% mol, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các giá trị nêu trên có hai giá trị bất kỳ trong số các giá trị được liệt kê ở trên làm điểm đầu mút, bao gồm các điểm đầu mút. Theo một số phương án, $\text{Al}_2\text{O}_3 \% \text{ mol} + \text{RO} \% \text{ mol}$ có thể là lớn hơn hoặc bằng 20% mol.

Các giá trị ($\text{Al}_2\text{O}_3 \% \text{ mol} + \text{RO} \% \text{ mol}$) được mô tả ở trên có lợi cho các chế phẩm thủy tinh được bộc lộ ở đây. Với các giá trị ($\text{Al}_2\text{O}_3 \% \text{ mol} + \text{RO} \% \text{ mol}$) như được mô tả trên đây, các chế phẩm thủy tinh có khả năng đạt được các ứng suất nén đỉnh cao qua khoảng độ sâu nén rộng như được thảo luận ở đây. Nếu ($\text{Al}_2\text{O}_3 \% \text{ mol} + \text{RO} \% \text{ mol}$) dưới 18% mol, thì các ứng suất trao đổi ion cao mong muốn có thể không được tạo thành. Nếu ($\text{Al}_2\text{O}_3 \% \text{ mol} + \text{RO} \% \text{ mol}$) cao hơn 23% mol, thì quy trình trao đổi ion có thể quá chậm và/hoặc môđun Young có thể cao một cách không mong muốn. Còn nữa, khả năng sản xuất của chế phẩm thủy tinh có thể bị ảnh hưởng vì giá trị cao hơn 23% mol.

Theo một số phương án, chế phẩm thủy tinh có thể bao gồm Al_2O_3 ở nồng độ 13% mol hoặc cao hơn đến 20% mol hoặc thấp hơn, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các giá trị đã nêu. Theo một số phương án, chế phẩm thủy tinh có thể bao gồm Al_2O_3 với lượng là 13% mol hoặc cao hơn, 13,5% mol hoặc cao hơn, 14% mol hoặc cao hơn, 14,5% mol hoặc cao hơn, 15% mol hoặc cao hơn, 15,5% mol hoặc cao hơn, 16% mol hoặc cao hơn, 16,5% mol hoặc cao hơn, 17% mol hoặc cao hơn, 17,5% mol hoặc cao hơn, 18% mol hoặc cao hơn, 18,5% mol hoặc cao hơn, 19% mol hoặc cao hơn, 19,5% mol hoặc cao hơn, hoặc 20% mol. Theo một số phương án, chế phẩm thủy tinh có thể bao gồm Al_2O_3 với lượng là 20% mol hoặc thấp hơn, 19,5% mol hoặc thấp hơn,

19% mol hoặc thấp hơn, 18,5% mol hoặc thấp hơn, 18% mol hoặc thấp hơn, 17,5% mol hoặc thấp hơn, 17% mol hoặc thấp hơn, 16,5% mol hoặc thấp hơn, 16% mol hoặc thấp hơn, 15,5% mol hoặc thấp hơn, 15% mol hoặc thấp hơn, 14,5% mol hoặc thấp hơn, 14% mol hoặc thấp hơn, 13,5% mol hoặc thấp hơn, hoặc 13% mol.

Khoảng bất kỳ trong số các khoảng Al_2O_3 ở trên có thể được kết hợp với khoảng bất kỳ khác. Ví dụ, theo một số phương án, chế phẩm thủy tinh có thể bao gồm Al_2O_3 với lượng là từ 13% mol đến 20% mol, 13,5% mol đến 19,5% mol, 14% mol đến 19% mol, 14,5% mol đến 18,5% mol, 15% mol đến 18% mol, 15,5% mol đến 17,5% mol, hoặc 16% mol đến 17% mol, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các giá trị đã nêu có hai giá trị bất kỳ trong số các giá trị Al_2O_3 được liệt kê ở trên làm điểm đầu mút, bao gồm các điểm đầu mút. Theo một số phương án, chế phẩm thủy tinh có thể bao gồm Al_2O_3 với lượng từ 13,5% mol đến 20% mol. Theo một số phương án, chế phẩm thủy tinh có thể bao gồm Al_2O_3 với lượng là 16% mol hoặc cao hơn. Theo một số phương án, chế phẩm thủy tinh có thể bao gồm Al_2O_3 với lượng là từ 16% mol đến 18% mol.

Các chế phẩm thủy tinh được mô tả ở đây bao gồm Na_2O . Na_2O có thể trợ giúp về khả năng trao đổi ion của chế phẩm thủy tinh, và cải thiện khả năng tạo hình, và nhờ đó khả năng sản xuất, của chế phẩm thủy tinh. Tuy nhiên, nếu quá nhiều Na_2O được bổ sung vào chế phẩm thủy tinh, thì CTE có thể quá thấp, và điểm nóng chảy có thể quá cao. Theo một số phương án, chế phẩm thủy tinh có thể bao gồm Na_2O ở nồng độ là 15% mol hoặc cao hơn đến 18% mol hoặc thấp hơn, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các giá trị đã nêu có hai giá trị bất kỳ trong số các giá trị được liệt kê ở trên làm điểm đầu mút, bao gồm các điểm đầu mút. Theo một số phương án, chế phẩm thủy tinh có thể bao gồm Na_2O với lượng là 15% mol hoặc cao hơn, 15,5% mol hoặc cao hơn, 16% mol hoặc cao hơn, 16,5% mol hoặc cao hơn, 17% mol hoặc cao hơn, 17,5% mol hoặc cao hơn, hoặc 18% mol. Theo một số phương án, chế phẩm thủy tinh có thể bao gồm Na_2O với lượng là 18% mol hoặc thấp hơn, 17,5% mol hoặc thấp hơn, 17% mol hoặc thấp hơn, 16,5% mol hoặc thấp hơn, 16% mol hoặc thấp hơn, 15,5% mol hoặc thấp hơn, hoặc 15% mol.

Khoảng bất kỳ trong số các khoảng Na_2O ở trên có thể được kết hợp với khoảng bất kỳ khác. Ví dụ, theo một số phương án, chế phẩm thủy tinh có thể bao gồm Na_2O với lượng từ 15,5% mol đến 17,5% mol, 16% mol đến 17% mol, hoặc 16,5% mol đến

17% mol, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các giá trị đã nêu có hai giá trị bất kỳ trong số các giá trị Na_2O được liệt kê ở trên làm điểm đầu mút, bao gồm các điểm đầu mút, bao gồm các điểm đầu mút.

Theo một số phương án, % mol của Na_2O + % mol của RO - % mol của Al_2O_3 (Na_2O % mol + RO % mol - Al_2O_3 % mol) đối với chế phẩm thủy tinh là lớn hơn hoặc bằng 0% mol. Theo một số phương án, Na_2O % mol + RO % mol - Al_2O_3 % mol có thể là lớn hơn hoặc bằng 0% mol và nhỏ hơn hoặc bằng 7% mol (ví dụ, $7\% \text{ mol} \geq (\text{Na}_2\text{O} \% \text{ mol} + \text{RO} \% \text{ mol} - \text{Al}_2\text{O}_3 \% \text{ mol}) \geq 0\% \text{ mol}$), bao gồm tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các giá trị đã nêu. Theo một số phương án, Na_2O % mol + RO % mol - Al_2O_3 % mol có thể là lớn hơn hoặc bằng 1% mol, lớn hơn hoặc bằng 2% mol, lớn hơn hoặc bằng 3% mol, lớn hơn hoặc bằng 4% mol, lớn hơn hoặc bằng 5% mol, hoặc lớn hơn hoặc bằng 6% mol. Theo một số phương án, Na_2O % mol + RO % mol - Al_2O_3 % mol có thể là nhỏ hơn hoặc bằng 7% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 6% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 4% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 3% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 2% mol, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 1% mol. Trong phương trình ở trên, RO % mol bằng MgO % mol cộng với CaO % mol.

Khoảng bất kỳ trong số các khoảng nêu trên có thể được kết hợp với khoảng bất kỳ khác. Ví dụ, theo một số phương án, Na_2O % mol + RO % mol - Al_2O_3 có thể là từ 1% mol đến 6% mol, 2% mol đến 5% mol, hoặc 3% mol đến 4% mol, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các giá trị đã nêu có hai giá trị bất kỳ trong số các giá trị được liệt kê ở trên là điểm đầu mút, bao gồm các điểm đầu mút.

Các giá trị (Na_2O % mol + RO % mol - Al_2O_3 % mol) được mô tả ở trên có lợi cho các chế phẩm thủy tinh được bộc lộ ở đây. Với các giá trị (Na_2O % mol + RO % mol - Al_2O_3 % mol) như được mô tả ở trên, các chế phẩm thủy tinh thể hiện các tính chất có lợi sau đây. Thứ nhất, việc điều chỉnh các giá trị (Na_2O % mol + RO % mol - Al_2O_3 % mol) như được mô tả ở trên cải thiện khả năng nóng chảy của các chế phẩm thủy tinh. Các giá trị (Na_2O % mol + RO % mol - Al_2O_3 % mol) tạo ra các tính chất nhiệt có lợi, ví dụ nhiệt độ đường pha lỏng và độ nhớt đường pha lỏng như được thảo luận ở đây, mà tạo ra sự dễ dàng cho việc sản xuất các vật phẩm thủy tinh được tạo ra từ các chế phẩm này. Nếu giá trị (Na_2O % mol + RO % mol - Al_2O_3 % mol) dưới 0% mol, khả năng nóng chảy của chế phẩm thủy tinh bị ảnh hưởng. Thứ hai, việc điều chỉnh các giá trị (Na_2O

% mol + RO % mol - Al_2O_3 % mol) như được mô tả ở trên đảm bảo khung trao đổi ion mà có thể tạo ra gradien chế phẩm mong muốn trong khi tránh được sự chùng ứng suất đáng kể với vật phẩm thủy tinh mà chống lại các ứng suất nén được truyền bởi quy trình trao đổi ion. Nếu giá trị (Na_2O % mol + RO % mol - Al_2O_3 % mol) dưới 7% mol, lượng chùng ứng suất nén đáng kể bên trong vật phẩm thủy tinh có thể xảy ra trong quá trình trao đổi ion. Sự chùng ứng suất này làm giảm ứng suất nén, và cụ thể là ứng suất nén đỉnh, được truyền trong quá trình trao đổi ion.

Các chế phẩm thủy tinh được mô tả ở đây bao gồm MgO. MgO có thể làm hạ độ nhớt của thủy tinh, điều này tăng cường khả năng tạo hình và khả năng sản xuất của thủy tinh. Việc bao gồm MgO trong chế phẩm thủy tinh cũng có thể cải thiện điểm biến dạng và môđun Young của chế phẩm thủy tinh cũng như khả năng trao đổi ion của thủy tinh. Tuy nhiên, nếu quá nhiều MgO được bổ sung vào chế phẩm thủy tinh, tỷ trọng và CTE của chế phẩm thủy tinh có thể tăng đến mức không mong muốn.

Theo một số phương án, chế phẩm thủy tinh có thể bao gồm MgO ở nồng độ từ 1% mol hoặc cao hơn đến 5% mol hoặc thấp hơn, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các giá trị đã nêu. Theo một số phương án, chế phẩm thủy tinh có thể bao gồm MgO với lượng là 1,5% mol hoặc cao hơn, 2% mol hoặc cao hơn, 2,5% mol hoặc cao hơn, 3% mol hoặc cao hơn, 3,5% mol hoặc cao hơn, 4% mol hoặc cao hơn, 4,5% mol hoặc cao hơn, hoặc 5% mol. Theo một số phương án, chế phẩm thủy tinh có thể bao gồm MgO với lượng là 4,5% mol hoặc thấp hơn, 4% mol hoặc thấp hơn, 3,5% mol hoặc thấp hơn, 3% mol hoặc thấp hơn, 2,5% mol hoặc thấp hơn, 2% mol hoặc thấp hơn, 1,5% mol hoặc thấp hơn, hoặc 1% mol.

Khoảng bất kỳ trong số các khoảng MgO ở trên có thể được kết hợp với khoảng bất kỳ khác. Ví dụ, theo một số phương án, chế phẩm thủy tinh có thể bao gồm MgO với lượng từ 1% mol đến 5% mol, 1,5% mol đến 4,5% mol, 2% mol đến 4% mol, 2,5% mol đến 3,5% mol, hoặc 2,5% mol đến 3% mol, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các giá trị đã nêu có hai giá trị bất kỳ trong số các giá trị MgO được liệt kê ở trên là các điểm đầu mút, bao gồm các điểm đầu mút. Theo một số phương án, chế phẩm thủy tinh có thể bao gồm MgO nằm trong khoảng từ 2% mol đến 4% mol.

Các chế phẩm thủy tinh được mô tả ở đây bao gồm CaO. CaO có thể làm hạ độ nhớt của thủy tinh, mà có thể tăng cường khả năng tạo thành, điểm biến dạng và môđun

Young, và có thể cải thiện khả năng trao đổi ion của thủy tinh. Tuy nhiên, nếu quá nhiều CaO được bổ sung vào chế phẩm thủy tinh, tỷ trọng và CTE của chế phẩm thủy tinh có thể tăng đến mức không mong muốn.

Theo một số phương án, chế phẩm thủy tinh có thể bao gồm CaO ở nồng độ từ 0,1% mol hoặc cao hơn đến 2,5% mol hoặc thấp hơn, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các giá trị đã nêu. Theo một số phương án, chế phẩm thủy tinh có thể bao gồm CaO với lượng là 0,5% mol hoặc cao hơn, 1% mol hoặc cao hơn, 1,5% mol hoặc cao hơn, 2% mol hoặc cao hơn, hoặc 2,5% mol. Theo một số phương án, chế phẩm thủy tinh có thể bao gồm CaO với lượng là 2,5% mol hoặc thấp hơn, 2% mol hoặc thấp hơn, 1,5% mol hoặc thấp hơn, 1% mol hoặc thấp hơn, 0,5% mol hoặc thấp hơn, hoặc 0,1% mol.

Khoảng bất kỳ trong số các khoảng nêu trên có thể được kết hợp với khoảng bất kỳ khác. Ví dụ, theo một số phương án, chế phẩm thủy tinh có thể bao gồm CaO với lượng từ 0,1 % mol đến 2,5% mol, 0,5% mol đến 2% mol, hoặc 1% mol đến 1,5% mol, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các giá trị đã nêu có hai giá trị bất kỳ trong số các giá trị CaO được liệt kê ở trên là các điểm đầu mút, bao gồm các điểm đầu mút. Theo một số phương án, chế phẩm thủy tinh có thể chứa CaO với lượng nằm trong khoảng từ 0,5% mol đến 2% mol.

Theo một số phương án, tỉ lệ của % mol đối với MgO so với % mol của MgO cộng % mol của CaO ($\text{MgO \% mol} / (\text{MgO \% mol} + \text{CaO \% mol})$) đối với chế phẩm thủy tinh có thể là 0,5 hoặc cao hơn. Theo một số phương án, $\text{MgO \% mol} / (\text{MgO \% mol} + \text{CaO \% mol})$ có thể lớn hơn hoặc bằng 0,5 và nhỏ hơn hoặc bằng 0,9 (ví dụ, $0,9 \geq (\text{MgO \% mol} / (\text{MgO \% mol} + \text{CaO \% mol})) \geq 0,5$), bao gồm tất cả các khoảng và các khoảng con ở giữa các giá trị đã nêu. Theo một số phương án, $\text{MgO \% mol} / (\text{MgO \% mol} + \text{CaO \% mol})$ có thể là lớn hơn hoặc bằng 0,55, lớn hơn hoặc bằng 0,6, lớn hơn hoặc bằng 0,65, lớn hơn hoặc bằng 0,7, lớn hơn hoặc bằng 0,75, lớn hơn hoặc bằng 0,8, lớn hơn hoặc bằng 0,85, hoặc bằng 0,9. Theo một số phương án, $\text{MgO \% mol} / (\text{MgO \% mol} + \text{CaO \% mol})$ có thể là nhỏ hơn hoặc bằng 0,9, nhỏ hơn hoặc bằng 0,85, nhỏ hơn hoặc bằng 0,8, nhỏ hơn hoặc bằng 0,75, nhỏ hơn hoặc bằng 0,7, nhỏ hơn hoặc bằng 0,65, nhỏ hơn hoặc bằng 0,6, nhỏ hơn hoặc bằng 0,55, hoặc bằng 0,5.

Khoảng bất kỳ trong số các khoảng nêu trên có thể được kết hợp với khoảng bất kỳ khác. Ví dụ, theo một số phương án, $\text{MgO \% mol} / (\text{MgO \% mol} + \text{CaO \% mol})$ có

thể là từ 0,5 đến 0,9, 0,55 đến 0,85, 0,6 đến 0,8, 0,65 đến 0,75, hoặc 0,65 đến 0,7, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các giá trị đã nêu có hai giá trị bất kỳ trong số các giá trị được liệt kê ở trên là các điểm đầu mút, bao gồm các điểm đầu mút.

Các chế phẩm thủy tinh được mô tả ở đây có thể không chứa hoặc về cơ bản không chứa một hoặc nhiều loại sau đây: ZnO, SrO, BaO, B₂O₃, P₂O₅, Li₂O, và K₂O. Theo một số phương án, chế phẩm thủy tinh có thể không chứa hoặc về cơ bản không chứa tất cả các loại sau đây: ZnO, SrO, BaO, B₂O₃, P₂O₅, Li₂O, và K₂O. Một số các oxit này có thể đắt và/hoặc nguồn cung hạn chế. Các oxit kiềm thổ có thể làm tăng môđun Young một cách không mong muốn và có thể làm chậm quá trình trao đổi ion. B₂O₃, P₂O₅, và K₂O có thể làm giảm lượng ứng suất nén được truyền trong quá trình trao đổi ion. Các vật phẩm thủy tinh được mô tả ở đây có thể đạt được các tính chất có lợi mà không cần các oxit này. Do đó, các oxit này có thể được loại trừ khỏi chế phẩm. Như được sử dụng ở đây, thuật ngữ “về cơ bản không chứa” có nghĩa là chế phẩm không được bổ sung vào dưới dạng thành phần của mẻ nguyên liệu mặc dù thành phần này có thể có mặt trong thủy tinh thành phẩm với các lượng rất nhỏ dưới dạng tạp chất. Kết quả của các nguyên liệu thô và/hoặc thiết bị được sử dụng để sản xuất chế phẩm thủy tinh theo sáng chế là các tạp chất hoặc các thành phần nhất định mà không được chủ định bổ sung vào, có thể có mặt trong chế phẩm thủy tinh cuối. Các nguyên liệu như vậy có mặt trong chế phẩm thủy tinh với các lượng nhỏ, được gọi là “các nguyên liệu tạp tán.” Chế phẩm mà “về cơ bản không chứa” một thành phần có nghĩa là thành phần này không được bổ sung một cách có chủ định vào chế phẩm, nhưng chế phẩm này có thể vẫn chứa thành phần này với lượng tạp tán hoặc lượng vi lượng. Chế phẩm mà “về cơ bản không chứa” oxit có nghĩa là oxit này có mặt ở lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,1% mol, ví dụ, từ 0% mol đến 0,1% mol. Như được sử dụng ở đây, chế phẩm thủy tinh mà “không chứa” một thành phần, được xác định là có nghĩa là thành phần này (ví dụ, oxit) không có mặt trong chế phẩm, thậm chí với lượng tạp tán hoặc lượng vi lượng.

Theo một số phương án, chế phẩm thủy tinh có thể tùy ý chứa một hoặc nhiều chất tinh chế. Theo một số phương án thực hiện, các chất tinh chế có thể bao gồm, ví dụ, SnO₂. Theo các phương án này, SnO₂ có thể có mặt trong chế phẩm thủy tinh với lượng là 2% mol hoặc thấp hơn, ví dụ từ 0% mol đến 2% mol, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các giá trị đã nêu. Theo một số phương án, SnO₂ có thể có mặt trong

chế phẩm thủy tinh với lượng là 0,1% mol đến 2% mol, 0,1% mol đến 1,5% mol, 0,1% mol đến 1% mol, hoặc 0,1% mol đến 0,5% mol.

Các tính chất vật lý của các chế phẩm thủy tinh được bộc lộ ở đây, và các vật phẩm thủy tinh được tạo ra từ các chế phẩm thủy tinh, được thảo luận dưới đây. Các đặc tính vật lý này có thể đạt được bằng cách điều chỉnh các lượng thành phần của chế phẩm thủy tinh, như sẽ được bàn luận chi tiết hơn dựa vào các ví dụ.

Theo một số phương án, môđun Young (E) của chế phẩm thủy tinh có thể là từ 70 gigapascal (GPa) hoặc cao hơn đến 80 GPa hoặc thấp hơn, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các giá trị đã nêu. Theo một số phương án, chế phẩm thủy tinh có thể có môđun Young từ 71 GPa hoặc cao hơn đến 79 GPa hoặc thấp hơn, 72 GPa hoặc cao hơn đến 78 GPa hoặc thấp hơn, 73 GPa hoặc cao hơn đến 77 GPa hoặc thấp hơn, 74 GPa hoặc cao hơn đến 76 GPa hoặc thấp hơn, hoặc 75 GPa hoặc cao hơn đến 76 GPa hoặc thấp hơn, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các giá trị đã nêu có hai giá trị bất kỳ trong số các giá trị môđun Young được liệt kê ở trên là các điểm đầu mút, bao gồm các điểm đầu mút. Ví dụ, theo một số phương án, chế phẩm thủy tinh có thể có môđun Young nằm trong khoảng từ 70 GPa đến 80 GPa, 71 GPa đến 79 GPa, 72 GPa đến 78 GPa, 73 GPa đến 77 GPa, 74 GPa đến 76 GPa, hoặc 75 GPa đến 76 GPa. Theo một số phương án, chế phẩm thủy tinh có thể có môđun Young nằm trong khoảng từ 70 GPa đến 75 GPa. Trừ khi được nêu cụ thể là khác, các giá trị môđun Young và các giá trị tỉ số Poisson được bộc lộ ở đây đề cập đến giá trị như được đo bằng kỹ thuật quang phổ siêu âm cộng hưởng thuộc loại thông thường được nêu trong ASTM E2001-13, có tiêu đề “Standard Guide for Resonant Ultrasound Spectroscopy for Defect Detection in Both Metallic and Non-metallic Parts.” Còn nữa, trừ khi được chỉ ra là khác, môđun Young và tỉ số Poisson của chế phẩm hoặc vật phẩm thủy tinh được đo trước khi chế phẩm hoặc vật phẩm này trải qua quy trình trao đổi ion bất kỳ, hoặc quy trình gia cường khác bất kỳ. Cụ thể, môđun Young và tỉ số Poisson của chế phẩm và vật phẩm thủy tinh được đo trước khi chế phẩm hoặc vật phẩm này được tiếp xúc với dung dịch trao đổi ion, ví dụ, trước khi được nhúng trong dung dịch trao đổi ion. Giá trị tỉ số Poisson (ν) được tính dựa trên giá trị môđun Young (E) và giá trị môđun cắt trượt (G) thu được từ thử nghiệm ASTM E2001-13 sử dụng công thức sau đây: $E = 2G(1+\nu)$.

Theo một số phương án, độ nhót đường pha lỏng của chế phẩm thủy tinh có thể là

50 kiloPoa (kP) hoặc cao hơn đến 500 kP hoặc thấp hơn, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các giá trị đã nêu. Theo một số phương án, chế phẩm thủy tinh có thể có độ nhót đường pha lỏng là từ 100 kP hoặc cao hơn đến 450 kP hoặc thấp hơn, 150 kP hoặc cao hơn đến 400 kP hoặc thấp hơn, 200 kP hoặc cao hơn đến 350 kP hoặc thấp hơn, hoặc 250 kP hoặc cao hơn đến 300 kP hoặc thấp hơn, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các giá trị đã nêu có hai giá trị bất kỳ trong số các giá trị độ nhót đường pha lỏng được liệt kê ở trên là các điểm đầu mút, bao gồm các điểm đầu mút. Ví dụ, theo một số phương án, chế phẩm thủy tinh có thể có độ nhót đường pha lỏng nằm trong khoảng từ 50 kP đến 500 kP, 100 kP đến 450 kP, 150 kP đến 400 kP, 200 kP đến 350 kP, hoặc 250 kP đến 300 kP.

Như được sử dụng ở đây, thuật ngữ “độ nhót đường pha lỏng” để chỉ độ nhót của thủy tinh nóng chảy ở nhiệt độ đường lỏng, trong đó thuật ngữ “nhiệt độ đường pha lỏng” để chỉ nhiệt độ mà tại đó, các tinh thể trước tiên xuất hiện khi thủy tinh nóng chảy nguội xuống từ nhiệt độ nóng chảy, hoặc nhiệt độ mà tại đó, các tinh thể cuối cùng nóng chảy khi nhiệt độ được tăng lên từ nhiệt độ phòng. Trừ khi có chỉ dẫn khác, giá trị độ nhót đường pha lỏng được bộc lộ trong sáng chế được xác định bằng phương pháp sau. Trước tiên, nhiệt độ đường pha lỏng của thủy tinh được đo theo tiêu chuẩn ASTM C829-81 (2015), với tiêu đề là “Standard Practice for Measurement of Liquidus Temperature of Glass by the Gradient Furnace Method”. Tiếp theo, độ nhót của thủy tinh ở nhiệt độ đường pha lỏng được đo tuân theo tiêu chuẩn ASTM C965-96(2012), với tiêu đề là “Standard Practice for Measuring Viscosity of Glass Above the Softening Point”. Trừ khi được chỉ ra là khác, độ nhót đường pha lỏng và nhiệt độ của chế phẩm hoặc vật phẩm thủy tinh được đo trước khi chế phẩm hoặc vật phẩm này trải qua quy trình trao đổi ion bất kỳ, hoặc quy trình gia cường khác bất kỳ. Cụ thể, độ nhót đường pha lỏng và nhiệt độ của chế phẩm hoặc vật phẩm thủy tinh được đo trước khi chế phẩm hoặc vật phẩm này được tiếp xúc với dung dịch trao đổi ion, ví dụ, trước khi được nhúng trong dung dịch trao đổi ion.

Từ các chế phẩm ở trên, các vật phẩm thủy tinh theo các phương án có thể được tạo thành bằng phương pháp thích hợp bất kỳ, ví dụ phương pháp tạo hình qua khe, tạo hình nổi, các quy trình cuộn, quy trình tạo hình dung hợp, v.v.. Chế phẩm thủy tinh và vật phẩm được tạo ra từ đó có thể được đặc trưng bởi cách trong đó nó có thể được tạo

thành. Ví dụ, chế phẩm thủy tinh có thể được đặc trưng là có thể được tạo hình nổi (tức là được tạo thành bằng quy trình nổi), có thể kéo rút xuôi, và cụ thể là, có thể tạo hình dung hợp hoặc có thể kéo rút qua khe (ví dụ, được tạo thành bằng quy trình kéo rút xuôi, ví dụ quy trình kéo rút dung hợp hoặc quy trình kéo rút qua khe).

Một số phương án của các vật phẩm thủy tinh được mô tả ở đây có thể được tạo thành bởi quy trình kéo rút xuôi. Các quy trình kéo rút xuôi tạo ra các vật phẩm thủy tinh có độ dày đồng đều mà có các bề mặt tương đối tinh khôi. Vì độ bền uốn trung bình của vật phẩm thủy tinh được kiểm soát bằng số lượng và kích cỡ các vết rạn trên bề mặt, nên bề mặt ban sơ có sự tiếp xúc tối thiểu sẽ có độ bền ban đầu cao hơn. Ngoài ra, các vật phẩm thủy tinh được kéo rút xuôi có bề mặt rất phẳng và mịn có thể được sử dụng trong ứng dụng cuối cùng của nó mà không cần thêm việc mài và đánh bóng tốn kém.

Một số phương án thực hiện của các vật phẩm thủy tinh có thể được mô tả là có thể tạo hình được bằng nung chảy (tức là, tạo hình được sử dụng các quy trình kéo rút nung chảy). Ví dụ, quy trình nung chảy sử dụng bể kéo rút có kênh để nhận vật liệu thô thủy tinh nóng chảy. Kênh này có các cửa tràn mở ở phần trên, dọc theo chiều dài kênh trên cả hai phía của kênh. Khi kênh nạp đầy vật liệu nóng chảy, thủy tinh nóng chảy sẽ tràn qua các cửa tràn. Nhờ trọng lực, thủy tinh nóng chảy chảy xuống các bề mặt bên ngoài của bể kéo rút dưới dạng hai màng thủy tinh chảy. Các bề mặt ngoài này của bể kéo rút kéo dài xuống dưới và hướng vào phía trong sao cho chúng gặp nhau ở mép dưới bể kéo rút. Hai màng thủy tinh chảy này gặp nhau ở cạnh này để dung hợp và tạo ra một vật phẩm thủy tinh chảy duy nhất. Phương pháp kéo rút nung chảy có ưu điểm ở chỗ, vì hai màng thủy tinh chảy tràn trên kênh nung chảy với nhau nên không có bề mặt ngoài nào của vật phẩm thủy tinh thu được sẽ tiếp xúc với phần bất kỳ của thiết bị. Do đó, các tính chất bề mặt của vật phẩm thủy tinh được kéo rút nung chảy không bị ảnh hưởng bởi sự tiếp xúc này.

Một số phương án thực hiện của các vật phẩm thủy tinh được mô tả ở đây có thể được tạo thành bởi quy trình kéo rút qua khe. Quy trình kéo rút qua khe khác với quy trình kéo rút nung chảy. Trong các quy trình kéo rút qua khe, vật liệu thủy tinh thô nóng chảy được cấp vào bể kéo rút. Đáy của bể kéo rút có khe mở với miệng kéo dài theo độ dài của khe này. Thủy tinh nóng chảy chảy qua khe và/hoặc vòi và được kéo rút xuống dưới dưới dạng vật phẩm thủy tinh liên tục và vào trong vùng ủ.

Các quy trình kéo rút để chế tạo các vật phẩm thủy tinh, ví dụ, các tấm thủy tinh, là điều mong muốn do chúng cho phép tạo ra vật phẩm thủy tinh mỏng với ít khiếm khuyết. Trước đó được cho rằng các chế phẩm thủy tinh được yêu cầu có độ nhót đường pha lỏng tương đối cao—ví dụ độ nhót đường pha lỏng lớn hơn 1000 kP, lớn hơn 1100 kP, hoặc lớn hơn 1200 kP—để được tạo thành bằng quy trình kéo rút, ví dụ, kéo rút nung chảy hoặc kéo rút qua khe. Tuy nhiên, các phát triển trong các quy trình kéo rút có thể cho phép thủy tinh có độ nhót pha lỏng thấp hơn được sử dụng trong các quy trình kéo rút.

Theo một hoặc nhiều phương án, các vật phẩm thủy tinh được mô tả ở đây có thể thể hiện vi cấu trúc vô định hình và có thể về cơ bản không chứa tinh thể hoặc mầm tinh thể. Nói cách khác, vật phẩm thủy tinh loại trừ vật liệu gồm thủy tinh theo một số phương án. Theo một số phương án, các vật phẩm thủy tinh được mô tả ở đây có thể bao gồm các vật liệu gồm thủy tinh.

Như được đề cập ở đây, các chế phẩm thủy tinh, và các vật phẩm được tạo ra từ các chế phẩm thủy tinh này, có thể được gia cường bằng quy trình trao đổi ion. Tham chiếu đến FIG. 1, vật phẩm thủy tinh 100 có thể có một hoặc nhiều vùng dưới ứng suất nén. Ví dụ, vật phẩm thủy tinh 100 có thể có vùng ứng suất nén thứ nhất 120 và/hoặc vùng ứng suất nén thứ hai 122, kéo dài từ các bề mặt ngoài của vật phẩm thủy tinh 100 (ví dụ, các bề mặt 110, 112) đến độ sâu nén (DOC, d_1 , d_2) và vùng thứ hai (ví dụ, vùng trung tâm 130) dưới ứng suất kéo căng hoặc CT kéo dài từ DOC vào trong vùng trung tâm hoặc vùng trong của vật phẩm thủy tinh 100. Các vùng ứng suất nén được trao đổi ion 120, 122 có nồng độ oxit kim loại mà khác nhau ở hai hoặc nhiều điểm xuyên suốt độ dày (t) của vật phẩm thủy tinh 100.

Theo cách thông thường được sử dụng trong tình trạng kỹ thuật của sáng chế, sự nén hoặc ứng suất nén (CS) được biểu diễn là ứng suất âm (< 0) và sự căng hoặc ứng suất căng kéo rút được biểu diễn là ứng suất dương (> 0). Tuy nhiên, trong toàn bộ phần mô tả này, CS được biểu thị bằng trị số dương hoặc trị số tuyệt đối – tức là, khi được nêu trong bản mô tả, $CS = |CS|$. CS có thể có tối đa tại bề mặt của thủy tinh, và thay đổi khoảng cách d từ bề mặt theo hàm. Tham chiếu lại đến FIG. 1, vùng ứng suất nén thứ nhất 120 kéo dài từ bề mặt thứ nhất 110 đến độ sâu d_1 và vùng ứng suất nén thứ hai 122 kéo dài từ bề mặt thứ hai 112 đến độ sâu d_2 . Các vùng ứng suất nén 120, 122 này

cùng nhau xác định vùng nén hoặc vùng CS của vật phẩm thủy tinh 100.

Theo một số phương án, ứng suất nén đỉnh của một hoặc nhiều vùng ứng suất nén của vật phẩm thủy tinh có thể là từ lớn hơn hoặc bằng 850 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 1400 megapascal (MPa), ví dụ từ lớn hơn hoặc bằng 900 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 1350 MPa, từ lớn hơn hoặc bằng 950 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 1300 MPa, từ lớn hơn hoặc bằng 1000 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 1250 MPa, từ lớn hơn hoặc bằng 1050 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 1200 MPa, hoặc từ lớn hơn hoặc bằng 1100 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 1150 MPa, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các giá trị đã nêu có hai giá trị bất kỳ trong số các giá trị được liệt kê ở trên là các điểm đầu mút, bao gồm các điểm đầu mút. Ví dụ, theo một số phương án, ứng suất nén đỉnh có thể nằm trong khoảng từ 850 MPa đến 1400 MPa, 900 MPa đến 1350 MPa, 950 MPa đến 1300 MPa, 1000 MPa đến 1250 MPa, 1050 MPa đến 1200 MPa, hoặc 1100 MPa đến 1150 MPa, hoặc nằm trong khoảng có hai giá trị bất kỳ trong số các giá trị này là các điểm đầu mút, bao gồm các điểm đầu mút. Theo một số phương án, ứng suất nén đỉnh của một hoặc nhiều vùng ứng suất nén của vật phẩm thủy tinh có thể nằm trong khoảng là từ 1100 MPa đến 1350 MPa.

Theo một số phương án, các vật phẩm thủy tinh tạo thành từ các chế phẩm thủy tinh có thể có tỉ lệ của giá trị ứng suất nén đỉnh đến giá trị môđun Young (giá trị ứng suất nén đỉnh / giá trị môđun Young, CS/E) là 14 hoặc cao hơn. Theo một số phương án, vật phẩm thủy tinh có thể có tỉ lệ của CS/E nằm trong khoảng từ 14 hoặc cao hơn đến 18 hoặc thấp hơn, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các giá trị đã nêu. Theo một số phương án, vật phẩm thủy tinh có thể có tỉ lệ CS/E là 15 hoặc cao hơn, 16 hoặc cao hơn, 17 hoặc cao hơn, hoặc 18. Theo một số phương án, vật phẩm thủy tinh có thể có tỉ lệ CS/E là 18 hoặc thấp hơn, 17 hoặc thấp hơn, 16 hoặc thấp hơn, 15 hoặc thấp hơn, hoặc 14. Khoảng bất kỳ trong số các khoảng CS/E ở trên có thể được kết hợp với khoảng bất kỳ khác. Ví dụ, theo một số phương án, tỉ lệ CS/E có thể là 14 đến 18, 15 đến 17, hoặc 15 đến 16, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các giá trị đã nêu có hai giá trị bất kỳ trong số các giá trị được liệt kê ở trên là các điểm đầu mút, bao gồm các điểm đầu mút. Theo một số phương án, vật phẩm thủy tinh có thể có tỉ lệ CS/E là 15 hoặc cao hơn.

Các tỉ lệ CS/E này, và các khoảng tỉ lệ CS/E, có thể đạt được tại ứng suất nén đỉnh

và /hoặc tại các độ sâu nén được mô tả ở đây. Ví dụ, theo một số phương án, vật phẩm thủy tinh có thể có tỉ lệ CS/E, hoặc khoảng tỉ lệ CS/E, như được mô tả ở trên với ứng suất nén đỉnh nằm trong khoảng từ 850 MPa đến 1400 MPa. Ví dụ khác là, vật phẩm thủy tinh có thể có tỉ lệ CS/E, hoặc khoảng tỉ lệ CS/E, như được mô tả ở trên với độ sâu nén nằm trong khoảng từ 5 micromet đến 40 micromet. Ví dụ khác là, vật phẩm thủy tinh có thể có tỉ lệ CS/E, hoặc khoảng tỉ lệ CS/E, như được mô tả ở trên với độ sâu nén nằm trong khoảng từ 5 micromet đến 20 micromet. Ví dụ khác là, vật phẩm thủy tinh có thể có tỉ lệ CS/E, hoặc khoảng tỉ lệ CS/E, như được mô tả ở trên với độ sâu nén nằm trong khoảng từ 5% đến 20% độ dày của vật phẩm thủy tinh. Ví dụ khác là, vật phẩm thủy tinh có thể có tỉ lệ CS/E, hoặc khoảng tỉ lệ CS/E, như được mô tả ở trên với ứng suất nén đỉnh nằm trong khoảng từ 1100 MPa đến 1350 MPa và độ sâu nén nằm trong khoảng từ 5 micromet đến 20 micromet. Ví dụ khác là, vật phẩm thủy tinh có thể có tỉ lệ CS/E, hoặc khoảng tỉ lệ CS/E, như được mô tả ở trên với ứng suất nén đỉnh nằm trong khoảng từ 850 MPa đến 1400 MPa và độ sâu nén nằm trong khoảng từ 5 micromet đến 40 micromet. Ví dụ khác là, vật phẩm thủy tinh có thể có tỉ lệ CS/E, hoặc khoảng tỉ lệ CS/E, như được mô tả ở trên với ứng suất nén đỉnh nằm trong khoảng từ 850 MPa đến 1400 MPa và độ sâu nén nằm trong khoảng từ 5 micromet đến 20 micromet.

Ứng suất nén đỉnh cao mà có thể đạt được bằng cách trao đổi ion đem lại khả năng uốn thủy tinh đến bán kính uốn chặt hơn (nghĩa là, nhỏ hơn) với độ dày thủy tinh đã cho. Ứng suất nén đỉnh cao cho phép thủy tinh giữ lại lực nén thực và do đó, chứa vết nứt bề mặt khi thủy tinh bị uốn xung quanh bán kính nhỏ. Các vết rạn nứt bề mặt gần không thể mở rộng thành hổng nếu chúng được chứa dưới áp lực nén thuần này, hoặc được đặt trong lớp nén bề mặt hiệu quả.

FIG. 2 minh họa việc uốn hai điểm của vật phẩm thủy tinh 100 giữa hai tấm 200 sử dụng lực uốn 202. Lực uốn 202 được áp dụng sử dụng thiết bị thử nghiệm uốn hai điểm trong đó hai tấm 200 được ép vào vật phẩm thủy tinh 100 trong suốt thử nghiệm uốn với lực không đổi, lực uốn 202. Nếu cần, chi tiết cố định liên quan đến thiết bị thử nghiệm đảm bảo rằng vật phẩm thủy tinh 100 được uốn một cách đối xứng so với đường gập 210 khi lực uốn 202 được áp dụng vào vật phẩm thủy tinh 100 thông qua các tấm 200. Các tấm 200 có thể được di chuyển đồng loạt với nhau cho đến khi khoảng cách tấm cụ thể đạt được. Như được sử dụng trong bản mô tả này, thuật ngữ “phá hủy” dưới

lực uốn cong được dùng để chỉ sự nứt vỡ, hư hỏng, bong lớp, lan truyền vết nứt, biến dạng vĩnh viễn, hoặc cơ chế khác mà làm cho vật phẩm không thích hợp cho mục đích được dự định của nó.

Trên FIG. 2, bề mặt 110 của vật phẩm thủy tinh 100 được trải qua ứng suất kéo căng từ việc uốn, mà làm cho DOC hiệu quả từ bề mặt để làm giảm từ DOC từ bề mặt 110 khi vật phẩm không được uốn, trong khi bề mặt 112 được trải qua ứng suất nén bổ sung từ việc uốn. DOC hiệu quả từ bề mặt 110 tăng với khoảng cách tấm tăng dần và giảm với khoảng cách tấm giảm dần (khi bề mặt 112 của vật phẩm 100 được uốn về phía chính nó như được thể hiện trên FIG. 2). Nói cách khác, DOC hiệu quả là DOC trong điều kiện không uốn trừ đi độ sâu hiệu quả từ ứng suất kéo căng được gây ra bởi việc uốn.

Theo một số phương án, vật phẩm thủy tinh 100 tránh được lỗi trong suốt thử nghiệm uốn hai điểm tĩnh khi được giữ ở giữa hai tấm 200 tại khoảng cách tấm (D) là 10 milimet (mm) hoặc thấp hơn trong 240 giờ tại 60°C và độ ẩm tương đối 93%. Ví dụ, theo một số phương án, vật phẩm thủy tinh 100 tránh được lỗi trong suốt thử nghiệm uốn hai điểm tĩnh khi được giữ ở giữa hai tấm trong 240 giờ tại 60°C và độ ẩm tương đối 93% đến khoảng cách tấm (D) là 10 mm đến 1 mm. Khoảng cách tấm (D) có thể là, ví dụ, 10 mm, 9 mm, 8 mm, 7 mm, 6 mm, 5 mm, 4 mm, 3 mm, 2 mm, hoặc 1 mm.

Ứng suất nén của cả hai vùng 120 và 122 được làm cân bằng bằng sự kéo căng dự trữ trong vùng trung tâm 130 của vật phẩm thủy tinh 100. Trừ khi được chỉ ra là khác, giá trị CT được báo cáo ở dạng giá trị CT tối đa. DOC có thể được đo bằng máy đo ứng suất bề mặt hoặc máy nghiệm phân cực ánh sáng tán xạ (scattered light polariscope - SCALP) phụ thuộc vào việc xử lý trao đổi ion và độ dày của vật phẩm đang được đo. Trong khi ứng suất ở nền được tạo ra bằng cách trao đổi ion kali ở nền, máy đo ứng suất bề mặt, ví dụ, FSM-6000 (Orihara Industrial Co., Ltd. (Nhật Bản)), được sử dụng để đo độ sâu nén. Trường hợp ứng suất được sinh ra bằng cách trao đổi các ion natri vào trong nền, và vật phẩm được đo dày hơn khoảng 400 micromet, SCALP được sử dụng để đo độ sâu nén và sự căng kéo trung tâm (CT) tối đa. Trong khi ứng suất ở nền được tạo ra bằng cách trao đổi cả ion kali và natri thành thủy tinh, và vật phẩm cần đo là dày hơn khoảng 400 micromet, độ sâu nén và CT được đo bởi SCALP. Không muốn bị ràng buộc bởi lý thuyết, độ sâu trao đổi của natri có thể chỉ ra độ sâu nén trong khi độ sâu

trao đổi của các ion kali có thể chỉ ra sự thay đổi về độ lớn của ứng suất nén (nhưng không thay đổi về ứng suất từ nén sang kéo). Như được sử dụng ở đây, “độ sâu của lớp” có nghĩa là độ sâu mà các ion đã trao đổi vào nền (ví dụ, natri, kali). Trong toàn bộ bản mô tả này, khi sự kéo căng trung tâm tối đa không thể được đo trực tiếp bằng SCALP (như khi vật phẩm được đo mỏng hơn khoảng 400 micromet), độ kéo căng trung tâm tối đa có thể được tính xấp xỉ bằng tích của ứng suất nén tối đa và độ sâu nén chia cho hiệu số giữa độ dày của nền và hai lần độ sâu nén, trong đó ứng suất nén và độ sâu nén được đo bằng FSM.

Khi độ dày của nền lớn hơn khoảng 400 micromet, phương pháp trường gần khúc xạ (refracted near-field - RNF) cũng có thể được sử dụng để thu được đại diện đồ họa của biên dạng ứng suất. Khi phương pháp RNF được sử dụng để thu được đại diện đồ họa của biên dạng ứng suất, giá trị CT tối đa được cung cấp bởi SCALP được sử dụng trong phương pháp RNF. Cụ thể, biên dạng ứng suất đo được bằng RNF là lực được cân bằng và hiệu chỉnh đến giá trị CT tối đa được cung cấp bởi phép đo SCALP. Phương pháp RNF được mô tả trong bằng sáng chế Mỹ số 8,854,623, có tiêu đề “Systems and methods for measuring a profile characteristic of a glass sample”, được kết hợp vào đây bằng cách viện dẫn toàn bộ. Cụ thể là, phương pháp RNF bao gồm việc đặt vật phẩm thủy tinh sát với khối tham chiếu, tạo ra chùm ánh sáng chuyển phân cực mà được chuyển giữa các trạng thái phân cực thẳng góc ở tốc độ từ 1 Hz đến 50 Hz, đo lượng công suất trong chùm ánh sáng chuyển phân cực và tạo ra tín hiệu tham chiếu chuyển phân cực, trong đó các lượng đo được của công suất trong mỗi trong số các trạng thái phân cực thẳng góc là trong phạm vi 50% của nhau. Phương pháp này còn bao gồm bước truyền chùm ánh sáng chuyển trạng thái phân cực qua mẫu thủy tinh và khối tham chiếu ở những độ sâu khác nhau vào mẫu thủy tinh, sau đó chuyển tiếp chùm ánh sáng chuyển trạng thái phân cực đã truyền vào bộ phát hiện quang tín hiệu bằng cách sử dụng hệ thống quang học chuyển tiếp, với bộ phát hiện quang tín hiệu sinh ra tín hiệu bộ phát hiện chuyển trạng thái phân cực. Phương pháp này cũng bao gồm bước chia tín hiệu của bộ phát hiện cho tín hiệu tham chiếu để tạo ra tín hiệu bộ phát hiện chuẩn hóa và xác định biên dạng đặc trưng cho mẫu thủy tinh từ tín hiệu bộ phát hiện đã chuẩn hóa.

Khi phép đo SCALP được thực hiện, nó được thực hiện bằng cách sử dụng máy nghiệm phân cực SCALP (ví dụ, SCALP-04 hoặc SCALP-05), có sẵn từ GlassStress

Ltd., Talinn, Estonia. Tốc độ mẫu SS và thời gian phơi sáng t_E chính xác cần thiết để làm giảm sự nhiễu của phép đo trong phân cực kể đến mức độ chấp nhận được khi đo mẫu để mô tả đặc điểm ít nhất một đặc trưng liên quan đến ứng suất phụ thuộc vào nhiều yếu tố. Các yếu tố này bao gồm các đặc điểm của thiết bị cảm biến hình ảnh (ví dụ, hệ số khuếch đại, tốc độ chụp hình ảnh (số khung/giây), kích thước điểm ảnh, các kỹ thuật trung bình điểm ảnh bên trong, v.v.), cũng như bản chất của (các) đặc điểm tán xạ không liên quan đến ứng suất (no-stress-related - NSR), cường độ của chùm sáng vào, số lượng các trạng thái phân cực được sử dụng, v.v.. Các yếu tố khác bao gồm bước sóng đo của chùm sáng từ nguồn laze và cường độ của chùm sáng được tán xạ. Các bước sóng đo làm ví dụ có thể bao gồm 640 nanomet (nm), 518 nm và 405 nm. Các thời gian phơi sáng làm ví dụ có thể nằm trong khoảng từ 0,05 mili giây đến 100 mili giây. Các tốc độ khung làm ví dụ có thể nằm trong khoảng từ 10 đến 200 khung trên mỗi giây. Các tính toán ví dụ của sự trễ quang có thể sử dụng từ hai đến hai trăm khung qua thời gian đo t_M là từ 0,1 giây đến 10 giây.

Theo một số phương án, vật phẩm thủy tinh có thể có CT tối đa từ lớn hơn hoặc bằng 20 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 400 megapascal (MPa), ví dụ từ lớn hơn hoặc bằng 50 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 350 MPa, từ lớn hơn hoặc bằng 75 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 300 MPa, từ lớn hơn hoặc bằng 100 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 250 MPa, hoặc từ lớn hơn hoặc bằng 150 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 200 MPa, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các giá trị đã nêu có hai giá trị bất kỳ trong số các giá trị được nêu ở trên là các điểm đầu mút, bao gồm các điểm đầu mút. Ví dụ, theo một số phương án, CT tối đa có thể nằm trong khoảng từ 20 MPa đến 400 MPa, 50 MPa đến 350 MPa, 75 MPa đến 300 MPa, 100 MPa đến 250 MPa, hoặc 150 MPa đến 200 MPa, hoặc nằm trong khoảng có hai giá trị bất kỳ trong số các giá trị này là các điểm đầu mút, bao gồm các điểm đầu mút.

Theo một số phương án, DOC của vùng 120 và/hoặc vùng 122 có thể nằm trong khoảng từ 5 micromet đến 50 micromet, bao gồm các khoảng con. Ví dụ, DOC có thể là 5 micromet, 10 micromet, 15 micromet, 20 micromet, 25 micromet, 30 micromet, 35 micromet, 40 micromet, 45 micromet, hoặc 50 micromet, hoặc nằm trong khoảng có hai giá trị bất kỳ trong số các giá trị này là các điểm đầu mút, bao gồm các điểm đầu mút này. Theo một số phương án, DOC của vùng 120 và/hoặc vùng 122 có thể nằm trong

khoảng 10 micromet đến 45 micromet, 15 micromet đến 40 micromet, 20 micromet đến 35 micromet, hoặc 25 micromet đến 30 micromet. Theo một số phương án, DOC có thể nằm trong khoảng từ 5 micromet đến 40 micromet. Theo một số phương án, DOC có thể nằm trong khoảng từ 5 micromet đến 20 micromet.

Theo một số phương án, DOC có thể được báo cáo là một phần của độ dày (t) của vật phẩm thủy tinh 100. Theo các phương án, các vật phẩm thủy tinh có thể có độ sâu nén (DOC) từ lớn hơn hoặc bằng 5% ($0,05t$) độ dày của vật phẩm thủy tinh đến nhỏ hơn hoặc bằng 20% ($0,20t$) độ dày của vật phẩm thủy tinh, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các giá trị đã nêu. Theo một số phương án, DOC có thể là từ 5% đến 20% độ dày của vật phẩm thủy tinh, từ 5% đến 10% độ dày của vật phẩm thủy tinh, hoặc từ 5% đến 15% độ dày của vật phẩm thủy tinh.

Độ dày (t) của vật phẩm thủy tinh 100 được đo giữa bề mặt 110 và bề mặt 112. Theo một số phương án, độ dày của vật phẩm thủy tinh 100 có thể là 4 milimet (mm) hoặc thấp hơn. Theo một số phương án, độ dày của vật phẩm thủy tinh 100 có thể nằm trong khoảng là 15 micromet đến 4 mm, bao gồm các khoảng con. Ví dụ, độ dày của vật phẩm thủy tinh 100 có thể là 15 micromet, 20 micromet, 30 micromet, 50 micromet, 75 micromet, 100 micromet, 150 micromet, 200 micromet, 250 micromet, 500 micromet, 1 mm, 1,5 mm, 2 mm, 2,5 mm, 3 mm, 3,5 mm, hoặc 4 mm, hoặc nằm trong khoảng có hai giá trị bất kỳ trong số các giá trị này là điểm đầu mút, bao gồm các điểm đầu mút. Theo một số phương án, độ dày của vật phẩm thủy tinh 100 có thể nằm trong khoảng từ 20 micromet đến 3,5 mm, 30 micromet đến 3 mm, 50 micromet đến 2,5 mm, 75 micromet đến 2 mm, 100 micromet đến 1,5 mm, 150 micromet đến 1 mm, 200 micromet đến 500 micromet, hoặc 200 micromet đến 250 micromet. Theo một số phương án, độ dày của vật phẩm thủy tinh 100 có thể nằm trong khoảng là từ 15 micromet đến 200 micromet. Theo một số phương án, độ dày của vật phẩm thủy tinh 100 có thể nằm trong khoảng là từ 15 micromet đến 100 micromet.

Các lớp ứng suất nén có thể được tạo thành trong vật phẩm thủy tinh bằng cách cho vật phẩm thủy tinh tiếp xúc với dung dịch trao đổi ion. Theo một số phương án, dung dịch trao đổi ion có thể bao gồm muối kali nóng chảy. Theo một số phương án, dung dịch trao đổi ion có thể bao gồm 50% khối lượng muối kali hoặc cao hơn, 60% khối lượng muối kali hoặc cao hơn, 70% khối lượng muối kali hoặc cao hơn, 80% khối

lượng muối kali hoặc cao hơn, 90% khối lượng muối kali hoặc cao hơn, hoặc 100% khối lượng muối kali, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các giá trị đã nêu. Theo một số phương án, dung dịch trao đổi ion có thể bao gồm từ 50% khối lượng đến 100% khối lượng muối kali, 60% khối lượng đến 100% khối lượng muối kali, 70% khối lượng đến 100% khối lượng muối kali, 80% khối lượng đến 100% khối lượng muối kali, hoặc 90% đến 100% khối lượng muối kali. Theo một số phương án, muối kali có thể là KNO_3 . Theo một số phương án, tất cả hoặc một phần của phần trăm khối lượng còn lại trong các dung dịch trao đổi ion có thể là muối nitrat nóng chảy, ví dụ, NaNO_3 .

Vật phẩm thủy tinh có thể được tiếp xúc với dung dịch trao đổi ion bằng cách nhúng vật phẩm thủy tinh được làm từ chế phẩm thủy tinh vào trong bể dung dịch trao đổi ion, phun dung dịch trao đổi ion lên trên vật phẩm thủy tinh được làm từ chế phẩm thủy tinh, hoặc theo cách khác áp dụng vật lý dung dịch trao đổi ion cho vật phẩm thủy tinh. Dựa vào sự tiếp xúc với vật phẩm thủy tinh, dung dịch trao đổi ion có thể, theo các phương án, là tại nhiệt độ từ lớn hơn hoặc bằng 350°C đến nhỏ hơn hoặc bằng 480°C và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các giá trị đã nêu. Theo một số phương án, nhiệt độ có thể là từ lớn hơn hoặc bằng 360°C đến nhỏ hơn hoặc bằng 470°C , từ lớn hơn hoặc bằng 370°C đến nhỏ hơn hoặc bằng 460°C , từ lớn hơn hoặc bằng 380°C đến nhỏ hơn hoặc bằng 450°C , từ lớn hơn hoặc bằng 390°C đến nhỏ hơn hoặc bằng 440°C , từ lớn hơn hoặc bằng 400°C đến nhỏ hơn hoặc bằng 430°C , hoặc từ lớn hơn hoặc bằng 410°C đến nhỏ hơn hoặc bằng 420°C , và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các giá trị đã nêu và có hai giá trị nhiệt độ bất kỳ trong số các giá trị nhiệt độ đã liệt kê ở trên là các điểm đầu mút, bao gồm các điểm đầu mút này. Theo một số phương án, nhiệt độ của dung dịch trao đổi ion có thể nằm trong khoảng từ 350°C đến 480°C , 360°C đến 470°C , 370°C đến 460°C , 380°C đến 450°C , 390°C đến 440°C , 400°C đến 430°C , hoặc 410°C đến 420°C .

Theo một số phương án, vật phẩm thủy tinh có thể được tiếp xúc với dung dịch trao đổi ion trong khoảng thời gian từ lớn hơn hoặc bằng 1 giờ đến nhỏ hơn hoặc bằng 24 giờ, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các giá trị đã nêu. Theo một số phương án, khoảng thời gian này có thể là từ lớn hơn hoặc bằng 2 giờ đến nhỏ hơn hoặc bằng 20 giờ, từ lớn hơn hoặc bằng 4 giờ đến nhỏ hơn hoặc bằng 16 giờ, từ lớn hơn hoặc bằng 6 giờ đến nhỏ hơn hoặc bằng 12 giờ, hoặc từ lớn hơn hoặc bằng 8 giờ đến nhỏ hơn

hoặc bằng 12 giờ, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các giá trị đã nêu và có hai giá trị thời gian bất kỳ trong số các giá trị thời gian được liệt kê ở trên là các điểm đầu mút, bao gồm các điểm đầu mút này. Theo một số phương án, vật phẩm thủy tinh có thể được tiếp xúc với dung dịch trao đổi ion trong khoảng thời gian 1 giờ đến 24 giờ, 2 giờ đến 20 giờ, 4 giờ đến 16 giờ, hoặc 8 giờ đến 12 giờ. Theo một số phương án, khoảng thời gian này có thể nằm trong khoảng từ 1 giờ đến 10 giờ, hoặc 2 giờ đến 8 giờ.

Sau khi quy trình trao đổi ion được thực hiện, cần hiểu rằng chế phẩm tại bề mặt của vật phẩm thủy tinh có thể khác với thành phần của vật phẩm thủy tinh vốn được tạo ra (ví dụ, vật phẩm thủy tinh trước khi nó trải qua quy trình trao đổi ion). Điều này là kết quả từ một loại ion kim loại kiềm trong thủy tinh được tạo thành, ví dụ, Na^+ , được thay thế bằng các ion kim loại kiềm lớn hơn, ví dụ K^+ . Tuy nhiên, chế phẩm thủy tinh tại hoặc gần trung tâm của độ sâu của vật phẩm thủy tinh sẽ, theo một số phương án, vẫn có thành phần của vật phẩm thủy tinh vốn được tạo ra. Trừ khi được nêu cụ thể là khác, các chế phẩm thủy tinh được bộc lộ trong đơn này là các chế phẩm của vật phẩm thủy tinh gần trung tâm của độ sâu của vật phẩm nơi mà các chế phẩm không bị ảnh hưởng (hoặc bị ảnh hưởng ít nhất) bởi quy trình trao đổi ion, tức là, thành phần của vật phẩm thủy tinh vốn được tạo thành.

Các vật phẩm thủy tinh được bộc lộ ở đây có thể được kết hợp vào vật phẩm khác, ví dụ vật phẩm có bộ phận hiển thị (hoặc vật phẩm hiển thị) (ví dụ, đồ điện tử tiêu dùng, bao gồm điện thoại di động, đồng hồ, máy tính bảng, máy vi tính, hệ thống định vị và các dạng tương tự), các vật phẩm kiến trúc, các vật phẩm giao thông (ví dụ, xe, tàu hỏa, máy bay, tàu biển, v.v.), các vật phẩm ứng dụng, hoặc vật phẩm bất kỳ có thể có lợi ích từ mức độ trong suốt, chịu xước, chịu ăn mòn nào đó hoặc tổ hợp của chúng. Vật phẩm làm ví dụ tích hợp vật phẩm bất kỳ trong số các vật phẩm thủy tinh được bộc lộ ở đây được thể hiện trên các FIG. 3A và 3B. Cụ thể là, các FIG. 3A và 3B thể hiện sản phẩm điện tử dân dụng 300 bao gồm vỏ chứa 302 có mặt trước 304, mặt sau 306, và các mặt bên 308. Các linh kiện điện tử nằm ít nhất một phần bên trong hoặc hoàn toàn trong vỏ bao gồm ít nhất là bộ điều khiển 320, bộ nhớ 322, và màn hiển thị 310 ở hoặc sát với mặt trước 306 của vỏ chứa 302. Bộ phận hiển thị 310 có thể là, ví dụ, bộ phận hiển thị điốt phát quang (light emitting diode - LED) hoặc bộ phận hiển thị điốt phát sáng hữu cơ (organic light emitting diode - OLED).

Nền che phủ 312 có thể được bố trí ở hoặc bên trên mặt trước 304 của vỏ chứa 302 sao cho nó được bố trí bên trên màn hiển thị 310. Nền che phủ 312 có thể bao gồm vật phẩm thủy tinh bất kỳ trong số các vật phẩm thủy tinh được bộc lộ trong bản mô tả này và có thể được gọi là “kính che.” Nền che phủ 312 có thể có tác dụng bảo vệ màn hiển thị 310 và các thành phần khác của sản phẩm điện tử dân dụng 300 (ví dụ, bộ điều khiển 320 và bộ nhớ 322) khỏi hư hỏng. Theo một số phương án, nền che phủ 312 có thể được gắn vào màn hiển thị 310 bằng chất kết dính. Theo một số phương án, nền che phủ 312 có thể xác định tất cả hoặc một phần của mặt trước 304 của vỏ chứa 302. Theo một số phương án, nền che phủ 312 có thể xác định mặt trước 304 của vỏ chứa 302 và tất cả hoặc một phần của các mặt bên 308 của vỏ chứa 302. Theo một số phương án, sản phẩm điện tử dân dụng 300 có thể bao gồm nền che xác định tất cả hoặc một phần của mặt sau 306 của vỏ chứa 302.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Các phương án thực hiện sẽ được làm rõ hơn bởi các ví dụ dưới đây. Cần hiểu rằng các ví dụ này không giới hạn ở các phương án thực hiện được mô tả ở trên.

Các chế phẩm thủy tinh có các thành phần được liệt kê trong Bảng 1 bên dưới được chuẩn bị bởi các phương pháp tạo thành thủy tinh thông thường. Các chế phẩm 1–4 ở Bảng 1 là các chế phẩm thủy tinh theo các phương án của sáng chế. Chế phẩm A ở Bảng 1 là chế phẩm so sánh được tạo ra với các oxit tương tự. Trong Bảng 1, tất cả các thành phần được thể hiện ở % mol. Các giá trị SC và CT được báo cáo trong Bảng 1 được đo tại độ dày mẫu được báo cáo trong bảng này cho mỗi Chế phẩm.

Bảng 2 liệt kê các tính chất vật liệu của các chế phẩm trong Bảng 1. Các giá trị mô đun Young (E) được báo cáo trong Bảng 2 được đo theo các phương pháp được bộc lộ trong bản mô tả này. Tương tự, các giá trị mô đun cắt trượt được đo bằng kỹ thuật quang phổ siêu âm cộng hưởng thuộc loại chung được nêu trong ASTM E2001-13, có tiêu đề “Standard Guide for Resonant Ultrasound Spectroscopy for Defect Detection in Both Metallic and Non-metallic Parts.”

Các tính chất vật liệu bổ sung được liệt kê trong Bảng 2 bao gồm: tỉ trọng, trong đó các giá trị tỉ trọng được xác định bằng cách sử dụng phương pháp nổi của ASTM

C693-93(2013); nhiệt độ thấp (nằm trong khoảng từ 0°C đến 300°C) CTE được đo theo phần triệu (ppm) trên độ C (ppm/°C); các điểm biến dạng, tôi và hóa mềm, trong đó các điểm biến dạng được xác định bằng cách sử dụng pp độ nhót uốn chùm của ASTM C598-93(2013), các điểm tôi được xác định bằng cách sử dụng phương pháp kéo dài sợi của ASTM C336-71(2015), và các điểm làm mềm được xác định bằng cách sử dụng phương pháp kéo dài sợi của ASTM C338-93(2013); 10^{11} Poa, 35 kP, 200 kP, và các nhiệt độ đường pha lỏng, độ nhót đường pha lỏng, trong đó độ nhót đường pha lỏng được xác định như được thảo luận ở đây; và hệ số quang của ứng suất (SOC), có liên quan đến tính lưỡng chiết quang của thủy tinh. Trừ khi được quy định theo cách khác, SOC được đo theo Quy trình C (Phương pháp tấm thủy tinh) được mô tả trong tiêu chuẩn ASTM C770-16, với tiêu đề “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 sáng chế này. Trừ khi được nêu cụ thể là khác, các tính chất được liệt kê trong Bảng 2 được đo trước khi chế phẩm hoặc vật phẩm được cho qua quy trình trao đổi ion, hoặc quy trình gia cường khác bất kỳ. Các giá trị CTE được báo cáo trong Bảng 2 được đo bằng cách sử dụng kỹ thuật kéo dài sợi. Máy đo giãn nở được thiết lập theo ASTM E228 (“Standard Test Method for Linear Thermal Expansion of Solid Materials With a Push-Rod Dilatometer”). Đối với thử nghiệm kéo dài sợi, mẫu sợi của chế phẩm cụ thể được đặt trên máy đo giãn nở được chèn vào trong bể đá 0°C và sau đó là lò nung đẳng nhiệt 300°C để xác định hệ số giãn nở vì nhiệt tuyến tính trung bình qua khoảng nhiệt độ đó. Các mẫu sợi này được chuẩn bị bằng cách tạo khung.

Bảng 3 bao gồm các điều kiện và các tính chất trao đổi ion đối với các Chế phẩm 1–4 và Chế phẩm A của Bảng 1. Đối với các quy trình trao đổi ion được báo cáo trong Bảng 3, các mẫu của mỗi chế phẩm được nhúng trong bể muối nóng chảy bao gồm 100% khối lượng KNO_3 . Mỗi mẫu có chiều dài là 1 in, chiều rộng là 1 in, và chiều dày là 0,8 mm. Các giá trị CT tối đa được báo cáo trong Bảng 3 được tính xấp xỉ bằng tích của ứng suất nén tối đa và độ sâu nén chia cho sự chênh lệch giữa độ dày của nền và hai lần độ sâu nén, trong đó ứng suất nén và độ sâu nén được đo bằng FSM.

Bảng 1

%mol được phân tích	Chế phẩm 1	Chế phẩm 2	Chế phẩm 3	Chế phẩm 4	Chế phẩm A
SiO ₂	59,75	61,33	62,91	65,47	68,95
Al ₂ O ₃	19,11	17,37	16,27	13,82	10,27
P ₂ O ₅	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MgO	1,81	2,62	2,96	4,00	5,36
CaO	1,81	1,45	1,19	0,69	0,06
SrO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ZnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Li ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na ₂ O	17,39	17,10	16,53	15,87	15,20
K ₂ O	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
TiO ₂	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
SnO ₂	0,11	0,12	0,13	0,14	0,17
Fe ₂ O ₃	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
ZrO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tổng	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Al ₂ O ₃ + RO	22,73	21,43	20,41	18,51	15,69
(RO + Na ₂ O) - Al ₂ O ₃	1,90	3,80	4,41	6,74	10,35
MgO / (MgO+CaO)	0,50	0,64	0,71	0,85	0,99
CS/E với DOC ≈ 40 μm	17,07	16,68	16,21	15,15	13,09
Độ dày của mẫu (mm)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
CT với DOC ≈ 40 μm	___ MPa	___ MPa	___ MPa	___ MPa	___ MPa

Bảng 2

Tính chất	Chế phẩm 1	Chế phẩm 2	Chế phẩm 3	Chế phẩm 4	Chế phẩm A
Tỉ trọng	2,478	2,470	2,466	2,453	2,432
CTE (0-300°C) ppm/°C	8,36	8,45	8,32	8,22	8,14
Điểm biến dạng (Sự kéo dài sợi)	680,0	657,0	647,0	628,0	599,0
Điểm tới (Sự kéo dài sợi)	736,0	712,0	703,0	683,0	652,0
Điểm làm mềm	987,8	970,6	961,0	937,9	895,4

(Sự kéo dài sợi)					
10 ¹¹ Poa	825	802	794	772	740
Điểm biến dạng (BBV) (10 ¹⁴ ,68 P)	--	--	656	--	--
Điểm tới (BBV) (10 ¹³ ,18 P)	--	--	708,2	--	--
Điểm làm mềm (PPV) (10 ⁷ ,6 P)	--	959,4	954,9	--	--
Môđun Young (GPa)	74,7	74,1	73,7	72,7	71,3
Môđun cắt (GPa)	30,8	30,5	30,4	30,1	29,6
Hệ số Poát-xông	0,214	0,212	0,212	0,211	0,205
RI tại 589,3 nm	1,5108	1,5093	1,5076	1,5047	1,4994
Điểm đơn SOC (546,1nm)	2,920	2,942	2,960	2,973	2,970
Các thông số VFT từ HTV	0	0,2	0,4	0,6	
A	-3,859	-3,82	-3,112	-3,268	-2,148
B	8987,2	9376,5	8066,2	8670,8	6404,9
Đến	189,2	123,6	196,1	121,9	231,768
Nhiệt độ isokom (°C)					
200	1648	1655	1686	1679	1671
35000	1259	1245	1250	1232	1189
200000	1170	1152	1155	1134	1092
Đường pha lỏng (tàu gradien)					
khoảng thời gian (giờ)	24	24	24	24	24
Không khí (°C)	1240	1175	1125	1095	1020
bên trong (°C)	1235	1165	1125	1085	1010
Điểm (°C)	1235	1165	1125	1085	1010
pha sơ cấp	Nefelin	Nefelin	Nefelin	Foxtorit	Foxtorit
pha thứ cấp	--	--	--	--	--
pha tam cấp	--	--	--	--	--
độ nhớt đường pha lỏng (Bên trong) kP	54	153	373	543	1208

Bảng 3

410°C trong 100% KNO ₃	Chế phẩm 1	Chế phẩm 2	Chế phẩm 3	Chế phẩm 4	Chế phẩm A
Thời gian (giờ)	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
CS (MPa)	1288	1254	1221	1130	976
DOC (μm)	23,0	24,5	24,6	25,0	23,4
CS/E (MPa/GPa)	17,24	16,92	16,57	15,54	13,69
Độ dày của mẫu (mm)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
CT (MPa)	39	41	40	38	30
Thời gian (giờ)	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
CS (MPa)	1291	1246	1206	1103	954
DOC (μm)	32,6	33,3	34,8	35,1	32,6
CS/E (MPa/GPa)	17,28	16,82	16,36	15,17	13,38
Độ dày của mẫu (mm)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
CT (MPa)	57	57	57	53	42
Thời gian (giờ)	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
CS (MPa)	1275	1235	1195	1102	933
DOC (μm)	39,4	40,5	41,5	41,9	39,4
CS/E (MPa/GPa)	17,07	16,67	16,21	15,16	13,09
Độ dày của mẫu (mm)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
CT (MPa)	70	70	69	64	51
Thời gian (giờ)	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
CS (MPa)	1256	1222	1176	1080	916
DOC (μm)	45,9	47,2	48,4	48,3	45,7
CS/E (MPa/GPa)	16,81	16,5	15,96	14,86	12,85
Độ dày của mẫu (mm)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
CT	81	82	81	74	59

Như được thể hiện trong Bảng 3, tất cả các Chế phẩm 1–4 đều có thể đạt được tỉ lệ CS/E cao hơn tỉ lệ CS/E đối với Chế phẩm A, trong mỗi thời gian trao đổi ion. Đối với thời gian trao đổi ion là hai giờ, Chế phẩm A đạt được DOC là 23,4 micromet và tỉ

lệ CS/E là 13,69, trong khi các Chế phẩm 1–4 đạt được các DOC so sánh được và tỉ lệ CS/E cao hơn đáng kể. Mỗi chế phẩm trong số các Chế phẩm 1–4 đạt được DOC ít nhất là 23 micromet và tỉ lệ CS/E ít nhất là 15,53 (sự tăng ít nhất khoảng 13,4% so với Chế phẩm A). Đối với thời gian trao đổi ion là bốn giờ, Chế phẩm A đạt được DOC là 32,6 micromet và tỉ lệ CS/E là 13,38, trong khi các Chế phẩm 1–4 đạt được các DOC so sánh được và tỉ lệ CS/E cao hơn đáng kể. Mỗi chế phẩm trong số các Chế phẩm 1–4 đạt được DOC ít nhất là 32,6 micromet và tỉ lệ CS/E ít nhất là 15,16 (sự tăng ít nhất khoảng 13,3% so với Chế phẩm A). Đối với thời gian trao đổi ion là sáu giờ, Chế phẩm A đạt được DOC là 39,4 micromet và tỉ lệ CS/E là 13,09, trong khi các Chế phẩm 1–4 đạt được các DOL so sánh được và tỉ lệ CS/E cao hơn đáng kể. Mỗi chế phẩm trong số các Chế phẩm 1–4 đạt được DOC ít nhất là 39,4 micromet và tỉ lệ CS/E ít nhất là 15,15 (sự tăng ít nhất khoảng 15,7% so với Chế phẩm A). Đối với thời gian trao đổi ion là tám giờ, Chế phẩm A đạt được DOC là 45,7 micromet và tỉ lệ CS/E là 12,85, trong khi các Chế phẩm 1–4 đạt được các DOC so sánh được và tỉ lệ CS/E cao hơn đáng kể. Mỗi chế phẩm trong số các Chế phẩm 1–4 đạt được DOC ít nhất là 45,9 micromet và tỉ lệ CS/E ít nhất là 14,85 (sự tăng ít nhất khoảng 15,6% so với Chế phẩm A).

Đồ thị 400 trên FIG. 4 thể hiện các giá trị ứng suất nén so với các giá trị độ sâu của lớp đối với các Chế phẩm 1–4 và Chế phẩm A tại mỗi thời gian trao đổi ion trong Bảng 3. Các kết quả được báo cáo trong Bảng 3, và được lập đồ thị trong đồ thị 400, minh họa cách các chế phẩm thủy tinh theo các phương án được mô tả ở đây có thể làm tốt hơn các chế phẩm thủy tinh so sánh được đối với độ mềm dẻo và độ bền. Các chế phẩm thủy tinh theo các phương án được mô tả ở đây có thể đạt được các tỉ lệ CS/E cao hơn so với các chế phẩm thủy tinh so sánh được tại các thời gian trao đổi ion khác nhau. Và, khi thời gian trao đổi ion và/hoặc DOC tăng, thì tỉ lệ CS/E đối với các chế phẩm thủy tinh được mô tả ở đây thực tế tăng, trong khi tỉ lệ CS/E đối với các chế phẩm thủy tinh so sánh được có thể giảm khi nhiệt độ và thời gian trao đổi ion tăng.

Mô hình được sử dụng để minh họa cách các chế phẩm thủy tinh theo các phương án được mô tả, và các vật phẩm thủy tinh được tạo ra từ các chế phẩm này, có thể cung cấp các tính chất cơ học được cải thiện đối với các ứng dụng độ bền cao mà trải qua các ứng suất uốn đáng kể khi sử dụng, ví dụ, các ứng dụng thủy tinh phủ mềm dẻo. Bảng 4 dưới đây thể hiện các chế phẩm được lập mô hình, và các hệ số Poát-xông và mô đun

Young đối với mỗi chế phẩm. Chế phẩm B được lập mô hình ở dạng chế phẩm tham chiếu khác. Chế phẩm được lập mô hình ở dạng Chế phẩm B là 60,33% mol SiO₂, 19,17% mol Al₂O₃, 1,81% mol MgO, 1,72% mol CaO, 16,84% mol Na₂O, 0,01% mol K₂O, 0,01% mol TiO₂, 0,09% mol SnO₂, và 0,01% mol Fe₂O₃.

Bảng 4

	Chế phẩm A	Chế phẩm B	Chế phẩm 1	Chế phẩm 2	Chế phẩm 3
Hệ số Poát-xông	0,205	0,214	0,214	0,212	0,211
Môđun Young (GPa)	71,3	75,4	74,7	74,1	73,7

Mô hình dự đoán hiệu năng uốn của thủy tinh là hàm số của độ dày và khoảng cách tấm (còn được gọi là “khoảng cách của tấm (D)”) trong suốt thử nghiệm uốn. Mô hình này xem xét tính chất trao đổi ion hiện có trừ đi ứng suất uốn (đối với khoảng cách tấm bất kỳ đã cho) và sau đó tính cường độ ứng suất đối với sự rạn nứt bề mặt (ví dụ, vết nứt) ở chiều dài bất kỳ.

Ví dụ, đồ thị 500 trên FIG. 5 thể hiện sự uốn, trao đổi ion được lập mô hình, và tổng ứng suất tạo thành được áp dụng cho vật phẩm thủy tinh có độ dày 75 micromet bao gồm Chế phẩm A trong quá trình uốn tại các độ sâu khác nhau từ bề mặt của vật phẩm thủy tinh. Đối với đồ thị 500, ứng suất nén đỉnh được lập mô hình là 800 MPa, DOC được lập mô hình là 15,3 micromet, và khoảng cách tấm được lập mô hình là 9,4 mm. Ứng suất uốn được lập mô hình được áp dụng ở khoảng cách đĩa là 9,4 mm được thể hiện là đường nét liền trên đồ thị 500.

Đối với mô hình này, khoảng cách tấm “uốn an toàn” được xem xét đến là khi tổng ứng suất (“Resultant Stress Profile”) tại độ sâu của sự rạn nứt là bằng không, sao cho ứng uốn uốn-kéo căng tốt hơn là bù đối với sự nén được cảm ứng bởi sự trao đổi ion. Như được thể hiện trên đồ thị 500, “độ uốn an toàn” tại khoảng cách tấm là 9,4 mm đối với Chế phẩm A với các ứng suất được lập mô hình xảy ra khi kích thước rạn nứt là 1 micromet hoặc thấp hơn (độ sâu nhỏ nhất ở tại ứng suất trên trục Y là bằng không). Các

đồ thị tương tự được tạo ra cho mỗi chế phẩm và độ dày được thể hiện dưới đây trong Bảng 5A với các giá trị ứng suất nén đỉnh được báo cáo trong Bảng 5A theo MPa. Khoảng cách tấm “uốn an toàn” đối với độ dài rạn nứt 1 micromet đối với mỗi chế phẩm và độ dày được thể hiện trong Bảng 5A được báo cáo trong Bảng 6. Để xác định khoảng cách tấm an toàn được báo cáo trong Bảng 6, ứng suất uốn được lập mô hình là hàm số của khoảng cách tấm được lập mô hình (đường nét liền trong đồ thị 500) được tăng tới khoảng cách tá dẫn đến giá trị khoảng cách tấm “uốn an toàn” đối với mỗi vật phẩm được lập mô hình. Đồ thị 600 trên FIG. 6 vẽ biểu đồ các kết quả khoảng cách đĩa uốn an toàn trong Bảng 6 so với độ dày của vật phẩm thủy tinh. Bảng 5B báo cáo các giá trị căng kéo trung tâm tối đa được lập mô hình đối với mỗi vật phẩm được lập mô hình. Giá trị CT tối đa được báo cáo trong Bảng 5B được lấy xấp xỉ bằng tích của ứng suất nén tối đa và độ sâu nén chỉ cho sự chênh lệch giữa độ dày của vật phẩm và hai lần độ sâu nén.

Bảng 5A

Độ dày (μm)	DOC (μm)	Chế phẩm A	Chế phẩm B	Chế phẩm 1	Chế phẩm 2	Chế phẩm 3
35	7,1	750 MPa	970 MPa	990 MPa	960 MPa	940 MPa
50	9,8	750 MPa	970 MPa	990 MPa	960 MPa	940 MPa
75	15,3	800 MPa	1030 MPa	1060 MPa	1025 MPa	1000 MPa
100	16,2	830 MPa	1070 MPa	1100 MPa	1060 MPa	1040 MPa

Bảng 5B

Độ dày (μm)	DOC (μm)	Chế phẩm A	Chế phẩm B	Chế phẩm 1	Chế phẩm 2	Chế phẩm 3
35	7,1	256 MPa	331 MPa	338 MPa	328 MPa	321 MPa
50	9,8	242 MPa	313 MPa	319 MPa	309 MPa	303 MPa
75	15,3	276 MPa	355 MPa	365 MPa	353 MPa	345 MPa

Độ dày (μm)	DOC (μm)	Chế phẩm A	Chế phẩm B	Chế phẩm 1	Chế phẩm 2	Chế phẩm 3
100	16,2	199 MPa	256 MPa	264 MPa	254 MPa	249 MPa

Bảng 6

	Khoảng cách tấm an toàn (mm) giả thiết vết nứt 1 μm				
Độ dày (μm)	Chế phẩm A	Chế phẩm B	Chế phẩm 1	Chế phẩm 2	Chế phẩm 3
35	5,38	4,40	4,28	4,37	4,44
50	7,12	5,83	5,66	5,79	5,88
75	9,39	7,73	7,44	7,63	7,77
100	12,0	9,86	9,50	9,78	9,91
Độ nhót và nhiệt độ đường pha lỏng					
	1208 kP	69 kP	54 kP	153 kP	373 kP
	1010°C	1230°C	1235°C	1165°C	1125 C

Như được thể hiện trong Bảng 6, mô hình dự đoán rằng các Chế phẩm 1–3 có thể tránh lỗi hỏng với vết rạn nứt 1 micromet trong thử nghiệm uốn tại khoảng cách tấm nhỏ hơn đáng kể so với Chế phẩm A. Khoảng cách tấm nhỏ hơn nghĩa là các chế phẩm thủy tinh tốt hơn có thể tránh lỗi hỏng trong quá trình uốn. Tại độ dày là 35 micromet, các vật phẩm thủy tinh bao gồm các Chế phẩm 1–3 được lập mô hình khi đạt được khoảng cách tấm an toàn nhiều nhất là 4,44 mm, trong khi vật phẩm thủy tinh bao gồm Chế phẩm A được lập mô hình khi đạt được khoảng cách tấm an toàn là 5,38 mm. Tại độ dày là 50 micromet, các vật phẩm thủy tinh bao gồm các Chế phẩm 1–3 được lập mô hình khi đạt được khoảng cách tấm an toàn nhiều nhất là 5,88 mm, trong khi vật phẩm thủy tinh bao gồm Chế phẩm A được lập mô hình khi đạt được khoảng cách tấm an toàn là 7,12 mm. Tại độ dày là 75 micromet, các vật phẩm thủy tinh bao gồm các Chế phẩm 1–3 được lập mô hình khi đạt được khoảng cách tấm an toàn nhiều nhất là 7,77 mm, trong khi vật phẩm thủy tinh bao gồm Chế phẩm A được lập mô hình khi đạt được

khoảng cách tấm an toàn là 9,39 mm. Tại độ dày là 100 micromet, các vật phẩm thủy tinh bao gồm các Chế phẩm 1–3 được lập mô hình khi đạt được khoảng cách tấm an toàn nhiều nhất là 9,91 mm, trong khi vật phẩm thủy tinh bao gồm Chế phẩm A được lập mô hình khi đạt được khoảng cách tấm an toàn là 12,0 mm.

Mặc dù các phương án khác nhau đã được mô tả ở đây, nhưng chúng chỉ được thể hiện theo cách làm ví dụ và không làm hạn chế. Rõ ràng rằng các việc làm thích ứng và các điều chỉnh đều được dự tính là nằm trong phạm vi ý nghĩa và khoảng giới hạn của các phương án tương đương của các phương án đã được bộc lộ, dựa trên chỉ dẫn và hướng dẫn được thể hiện ở đây. Do đó, sẽ trở nên rõ ràng đối với người có kiến thức trung bình trong lĩnh vực rằng, những thay đổi khác nhau về dạng và chi tiết có thể được tiến hành đối với các phương án được bộc lộ ở đây mà không đi tách khỏi tinh thần và phạm vi bảo hộ của sáng chế này. Chi tiết của các phương án trình bày ở đây không nhất thiết phải loại trừ lẫn nhau, nhưng có thể được diễn giải để đáp ứng các tình huống khác nhau theo đánh giá của người có kiến thức trung bình trong lĩnh vực.

Các phương án của sáng chế này được mô tả chi tiết ở đây có tham chiếu đến các phương án của sáng chế như được minh họa trong các hình vẽ kèm theo, trong đó các số tham chiếu tương tự được sử dụng để chỉ các chi tiết giống nhau hoặc tương tự về chức năng. Các tham chiếu đến “một phương án,” “phương án,” “một số phương án,” “trong một số phương án xác định,” v.v., chỉ ra rằng, phương án mô tả có thể bao gồm dấu hiệu, cấu trúc hoặc đặc tính cụ thể, nhưng mọi phương án có thể không nhất thiết bao gồm dấu hiệu, cấu trúc hoặc đặc tính cụ thể này. Hơn nữa, các cụm từ này không nhất thiết phải đề cập tới cùng một phương án. Ngoài ra, khi dấu hiệu, cấu trúc, hoặc đặc tính cụ thể được mô tả liên quan tới phương án, thì cần xem là vẫn nằm trong hiểu biết của người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật tương ứng để tác động dấu hiệu, cấu trúc, hoặc đặc điểm này liên quan đến các phương án khác, dù được mô tả rõ ràng hay không.

Các ví dụ là để minh họa, mà không giới hạn, sáng chế. Các thay đổi và điều chỉnh thích hợp khác về các điều kiện và thông số thường gặp phải trong lĩnh vực và là rõ ràng đối với người có kiến thức trung bình trong lĩnh vực, nằm trong tinh thần và phạm vi bảo hộ của sáng chế.

Các danh từ chỉ số ít “một để mô tả chi tiết hoặc thành phần nghĩa là một hoặc

nhiều hơn một chi tiết hoặc thành phần có mặt. Mặc dù các mạo từ thường được sử dụng để biểu thị rằng danh từ được biến đổi này là danh từ số ít, như được sử dụng ở đây, các mạo từ cũng bao gồm cả nghĩa số nhiều, trừ khi được nêu cụ thể là khác. Tương tự, mạo từ xác định, như được sử dụng ở đây, còn biểu thị rằng danh từ được biến đổi có thể là danh từ số ít hoặc số nhiều, trừ khi có quy định khác trong trường hợp cụ thể.

Các thuật ngữ định về chiều được dùng ở đây - ví dụ, lên trên, xuống dưới, phải, trái, trước, sau, trên, dưới, vào bên trong, ra bên ngoài - đưa ra chỉ với sự tham khảo đến các hình vẽ như đã được vẽ và không nhằm để bao hàm sự định hướng tuyệt đối.

Như được sử dụng trong phần yêu cầu bảo hộ, “bao gồm” là cụm từ chuyển tiếp kết thúc mở. Danh sách các chi tiết sau câu chuyển tiếp “bao gồm” là danh sách không hạn chế, sao cho các chi tiết ngoài các chi tiết được kể ra cụ thể trong danh sách cũng có thể có mặt. Như được sử dụng trong yêu cầu bảo hộ, “chủ yếu bao gồm” hoặc “chủ yếu gồm” giới hạn thành phần của vật liệu ở các vật liệu cụ thể và các vật liệu mà không ảnh hưởng cốt yếu lên (các) đặc tính cơ bản và mới của vật liệu. Như được sử dụng trong yêu cầu bảo hộ, “bao gồm” hoặc “hoàn toàn gồm” giới hạn thành phần của vật liệu ở các vật liệu cụ thể và loại trừ vật liệu bất kỳ không được xác định cụ thể.

Khi khoảng của các giá trị bằng số được trích dẫn trong bản mô tả này, bao gồm các trị số trên và dưới, trừ khi có chỉ dẫn khác trong các tình huống cụ thể, khoảng được dự định kể cả các điểm đầu mút của chúng, và tất cả các số nguyên và các phân số nằm trong khoảng này. Phạm vi của yêu cầu bảo hộ không dự định chỉ giới hạn ở các giá trị cụ thể được kể ra khi xác định một khoảng. Hơn nữa, nếu lượng, nồng độ, hoặc trị số hoặc thông số khác được nêu dưới dạng một khoảng, một hoặc nhiều khoảng được ưu tiên hoặc một danh sách các trị số lớn hơn được ưu tiên và các trị số nhỏ hơn được ưu tiên, thì điều này được hiểu là bộc lộ một cách cụ thể tất cả các khoảng được tạo thành từ cặp trị số gồm giới hạn trên hoặc trị số được ưu tiên bất kỳ và giới hạn dưới hoặc trị số được ưu tiên bất kỳ, bất kể liệu các cặp này có được bộc lộ riêng rẽ hay không. Sau cùng, khi thuật ngữ “khoảng” được sử dụng để mô tả giá trị hoặc điểm đầu mút của khoảng, sáng chế cần được hiểu là bao gồm cả giá trị cụ thể hoặc điểm đầu mút được tham chiếu tới. Dù giá trị số hoặc điểm đầu mút của khoảng có viện dẫn “khoảng” hay không, thì giá trị số hoặc điểm đầu mút của khoảng vẫn dự định bao gồm hai phương án: một phương án được thay đổi bởi “khoảng” và một phương án không bị thay đổi bởi

“khoảng.”

Như được sử dụng ở đây, thuật ngữ “khoảng” có nghĩa là các lượng, kích thước, công thức, thông số, và các lượng và các đặc tính khác, là không chính xác và không nhất thiết phải chính xác, mà có thể là nhầm và/hoặc lớn hơn hoặc nhỏ hơn, theo ý muốn, để phản ánh các dung sai, các hệ số chuyển đổi, việc làm tròn, sai số phép đo và các dạng tương tự, và các yếu tố khác mà người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này đã biết.

Các thuật ngữ “về căn bản”, “gần như”, và các biến thể của chúng như được sử dụng trong bản mô tả này được dự định để lưu ý rằng dấu hiệu được mô tả là bằng hoặc xấp xỉ bằng trị số hoặc như được mô tả. Ví dụ, bề mặt “về cơ bản là phẳng” nhằm để biểu thị bề mặt phẳng hoặc xấp xỉ phẳng. Hơn nữa, “về cơ bản” được dự định để biểu thị rằng hai giá trị là bằng nhau hoặc xấp xỉ bằng nhau. Theo một số phương án, “gần như” có thể biểu thị các trị số nằm trong khoảng 10% của nhau, ví dụ, nằm trong khoảng 5% của nhau, hoặc nằm trong khoảng 2% của nhau.

(Các) phương án theo sáng chế đã được mô tả trên đây với sự hỗ trợ của các khối xây dựng chức năng minh họa cách thức thực hiện của các chức năng được quy định và các mối quan hệ của chúng. Các ranh giới của các khối xây dựng chức năng này được xác định tùy ý trong bản mô tả này để thuận tiện cho việc mô tả. Các ranh giới thay thế có thể được xác định miễn là các chức năng và các quan hệ cụ thể của chúng vẫn được thực hiện một cách thích hợp.

Cần hiểu rằng cách diễn đạt hoặc thuật ngữ được dùng ở đây là chỉ nhằm mục đích mô tả chứ không nhằm mục đích giới hạn. Độ rộng và phạm vi của sáng chế không bị giới hạn bởi phương án bất kỳ trong số các phương án ví dụ nêu trên, nhưng phải được xác định theo yêu cầu bảo hộ sau đây và các phương án tương đương của chúng.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Vật phẩm thủy tinh nhôm silicat kiềm được trao đổi ion, bao gồm:

lớn hơn 61% mol SiO_2 ;

13,5% mol Al_2O_3 hoặc lớn hơn;

từ 1% mol đến 5% mol MgO ;

CaO ;

Na_2O ,

trong đó Al_2O_3 % mol + RO % mol $\geq$ 18% mol, trong đó RO % mol = MgO % mol + CaO % mol, trong đó vật phẩm thủy tinh về cơ bản không chứa ZnO , SrO , BaO , B_2O_3 , P_2O_5 , Li_2O , và K_2O ;

giá trị môđun Young được đo bằng GPa trước khi được trao đổi ion; và

lớp ứng suất nén kéo dài từ bề mặt của vật phẩm thủy tinh đến độ sâu nén, lớp ứng suất nén bao gồm giá trị ứng suất nén đỉnh được đo bằng MPa,

trong đó tỉ lệ của giá trị ứng suất nén đỉnh so với giá trị môđun Young là bằng 14 hoặc lớn hơn.

2. Vật phẩm thủy tinh theo điểm 1 với một hoặc nhiều dấu hiệu sau đây:

- trong đó Al_2O_3 % mol + RO % mol $\geq$ 20% mol;

- trong đó $(\text{Na}_2\text{O}$ % mol + RO % mol - Al_2O_3 % mol) $\geq$ 0% mol;

- trong đó 7% mol $\geq (\text{Na}_2\text{O}$ % mol + RO % mol - Al_2O_3 % mol) $\geq$ 0% mol.

3. Vật phẩm thủy tinh theo điểm 1 hoặc điểm 2, trong đó vật phẩm thủy tinh này bao gồm lớn hơn hoặc bằng 62% mol SiO_2 , và/hoặc bao gồm nhỏ hơn 17% mol Al_2O_3 .

4. Vật phẩm thủy tinh theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên với một hoặc nhiều dấu hiệu sau đây:

- trong đó vật phẩm thủy tinh này có độ nhót đường pha lỏng nằm trong khoảng từ 50 kP đến 500 kP, được đo trước khi được trao đổi ion;

- trong đó vật phẩm thủy tinh bao gồm 0,5% mol đến 2% mol CaO , và trong đó Al_2O_3 % mol + RO % mol $\geq$ 20% mol;

- trong đó tỉ lệ của giá trị ứng suất nén đỉnh so với giá trị môđun Young là bằng 15 hoặc lớn hơn và 18 hoặc nhỏ hơn;

- trong đó giá trị môđun Young nằm trong khoảng từ 70 GPa đến 80 GPa;
- trong đó ứng suất nén đỉnh nằm trong khoảng từ 850 MPa đến 1400 MPa;
- trong đó độ sâu nén nằm trong khoảng từ 5 micromet đến 40 micromet;
- trong đó độ sâu nén nằm trong khoảng từ 5 micromet đến 20 micromet;
- trong đó độ sâu nén nằm trong khoảng từ 5% đến 20% độ dày của vật phẩm thủy tinh;
- trong đó ứng suất nén đỉnh nằm trong khoảng từ 1100 MPa đến 1350 MPa và độ sâu nén nằm trong khoảng từ 5 micromet đến 20 micromet.

5. Vật phẩm thủy tinh theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó vật phẩm thủy tinh này bao gồm:

- từ lớn hơn 61% mol đến 66% mol SiO_2 ;
- từ 13,5% mol đến 20% mol Al_2O_3 ;
- từ 0,5% mol đến 2% mol CaO ; và
- từ 15% mol đến 18% mol Na_2O .

6. Vật phẩm thủy tinh theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó vật phẩm thủy tinh này bao gồm:

- từ lớn hơn 61% mol đến 65% mol SiO_2 ;
- từ 16% mol đến 18% mol Al_2O_3 ;
- từ 2% mol đến 4% mol MgO ;
- từ 0,5% mol đến 2% mol CaO ; và
- từ 15% mol đến 18% mol Na_2O .

7. Vật phẩm thủy tinh theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên với một hoặc nhiều dấu hiệu sau đây:

- trong đó Al_2O_3 % mol + RO % mol $\geq 20\%$ mol;
- bao gồm 16% mol Al_2O_3 hoặc lớn hơn;
- trong đó $23\% \text{ mol} \geq \text{Al}_2\text{O}_3$ % mol + RO % mol $\geq 18\%$ mol;
- trong đó $(\text{MgO} \% \text{ mol} / (\text{MgO} \% \text{ mol} + \text{CaO} \% \text{ mol})) \geq 0,5$;
- trong đó $(\text{MgO} \% \text{ mol} / (\text{MgO} \% \text{ mol} + \text{CaO} \% \text{ mol})) \geq 0,55$;
- có độ dày là 4 milimet hoặc nhỏ hơn;

- có độ dày nằm trong khoảng từ 15 micromet đến 200 micromet.

8. Thiết bị điện tử, bao gồm

màn hiển thị điện tử; và

vật phẩm thủy tinh theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 7 nêu trên được đặt bên trên màn hiển thị điện tử, tốt hơn là còn bao gồm vỏ chứa bao gồm mặt trước, mặt sau và các mặt bên; và các linh kiện điện ít nhất một phần ở trong vỏ chứa, các linh kiện điện bao gồm bộ điều khiển, bộ nhớ, màn hiển thị điện tử, màn hiển thị điện tử này ở tại hoặc liền kề với mặt trước của vỏ chứa,

trong đó vật phẩm thủy tinh tạo thành ít nhất một phần của vỏ chứa.

9. Vật phẩm thủy tinh được trao đổi ion theo điểm 1, trong đó vật phẩm thủy tinh này bao gồm:

từ lớn hơn 61% mol đến 66% mol SiO_2 ;

từ 13,5% mol đến 20% mol Al_2O_3 ;

từ 1% mol đến 5% mol MgO ;

từ 0,5% mol đến 2% mol CaO ;

từ 15% mol đến 18% mol Na_2O ;

giá trị môđun Young được đo bằng GPa trước khi trao đổi ion vật phẩm thủy tinh; và

lớp ứng suất nén kéo dài từ bề mặt của vật phẩm thủy tinh được trao đổi ion và có giá trị ứng suất nén đỉnh được đo bằng MPa,

trong đó:

$\text{Al}_2\text{O}_3 \text{ \% mol} + \text{RO \% mol} \geq 18\% \text{ mol}$, tốt hơn là bao gồm nhỏ hơn 17% mol Al_2O_3 ,

$\text{RO \% mol} = \text{MgO \% mol} + \text{CaO \% mol}$,

vật phẩm thủy tinh về cơ bản không chứa ZnO , SrO , BaO , B_2O_3 , P_2O_5 , Li_2O , và K_2O , và

tỉ lệ của giá trị ứng suất nén đỉnh so với giá trị môđun Young là bằng 14 hoặc lớn hơn, và 18 hoặc nhỏ hơn.

10. Vật phẩm thủy tinh theo điểm 9, trong đó vật phẩm thủy tinh này bao gồm:

từ lớn hơn 61% mol đến 65% mol SiO_2 ;
 từ 16% mol đến 18% mol Al_2O_3 ;
 từ 2% mol đến 4% mol MgO ;
 từ 0,5% mol đến 2% mol CaO ; và
 từ 15% mol đến 18% mol Na_2O .

11. Vật phẩm thủy tinh theo điểm 9 hoặc 10, trong đó vật phẩm thủy tinh này có độ dày nằm trong khoảng từ 20 micromet đến 200 micromet, và/hoặc bao gồm lớn hơn hoặc bằng 62% mol SiO_2 .

12. Phương pháp gia cường vật phẩm thủy tinh, phương pháp này bao gồm các bước:
 nhúng vật phẩm thủy tinh trong dung dịch trao đổi ion chứa 50% khối lượng muối kali hoặc lớn hơn, vật phẩm thủy tinh này bao gồm:

lớn hơn 61% mol SiO_2 ;
 13,5% mol Al_2O_3 hoặc lớn hơn;
 từ 1% mol đến 5% mol MgO ;
 CaO ; và

Na_2O , trong đó Al_2O_3 % mol + RO % mol $\geq$ 18% mol, trong đó RO % mol = MgO % mol + CaO % mol, và trong đó vật phẩm thủy tinh về cơ bản không chứa ZnO , SrO , BaO , B_2O_3 , P_2O_5 , Li_2O , và K_2O ; và

trao đổi ion vật phẩm thủy tinh trong dung dịch trao đổi ion trong một khoảng thời gian nằm trong khoảng từ 1 giờ đến 24 giờ tại nhiệt độ nằm trong khoảng từ 350°C đến 480°C để đạt được lớp ứng suất nén kéo dài từ bề mặt của vật phẩm thủy tinh đến độ sâu nén và bao gồm giá trị ứng suất nén đỉnh nằm trong khoảng từ 850 MPa đến 1400 MPa.

13. Phương pháp theo điểm 12, với một hoặc nhiều dấu hiệu sau đây:

- trong đó vật phẩm thủy tinh có độ sâu nén nằm trong khoảng từ 5 micromet đến 40 micromet;
- trong đó vật phẩm thủy tinh có độ sâu nén nằm trong khoảng từ 5 micromet đến 20 micromet;

- trong đó vật phẩm thủy tinh có giá trị ứng suất nén đỉnh nằm trong khoảng từ 1100 MPa đến 1350 MPa và độ sâu nén nằm trong khoảng từ 5 micromet đến 20 micromet;
- trong đó khoảng thời gian trao đổi ion nằm trong khoảng từ 1 giờ đến 8 giờ;
- trong đó vật phẩm thủy tinh có độ nhót đường pha lỏng nằm trong khoảng từ 50 kP đến 500 kP được đo trước khi được nhúng trong dung dịch trao đổi ion;
- trong đó vật phẩm thủy tinh có giá trị môđun Young được đo bằng GPa trước khi được nhúng trong dung dịch trao đổi ion, và trong đó tỉ lệ của giá trị ứng suất nén đỉnh so với giá trị môđun Young là bằng 14 hoặc lớn hơn, và 18 hoặc nhỏ hơn;
- trong đó tỉ lệ của giá trị ứng suất nén đỉnh so với môđun Young là bằng 15 hoặc lớn hơn, và 18 hoặc nhỏ hơn; và
- vật phẩm thủy tinh bao gồm nhỏ hơn 17% mol Al_2O_3 .

14. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 12 đến 13, trong đó vật phẩm thủy tinh bao gồm:

- từ lớn hơn 61% mol đến 66% mol SiO_2 ;
- từ 13,5% mol đến 20% mol Al_2O_3 ;
- từ 0,5% mol đến 2% mol CaO ; và
- từ 15% mol đến 18% mol Na_2O ,

hoặc

- trong đó vật phẩm thủy tinh bao gồm:
- từ lớn hơn 61% mol đến 65% mol SiO_2 ;
- từ 16% mol đến 18% mol Al_2O_3 ;
- từ 2% mol đến 4% mol MgO ;
- từ 0,5% mol đến 2% mol CaO ; và
- từ 15% mol đến 18% mol Na_2O ,

15. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 12 đến 14 với một hoặc nhiều dấu hiệu sau đây:

trong đó $23\% \text{ mol} \geq \text{Al}_2\text{O}_3 \% \text{ mol} + \text{RO} \% \text{ mol} \geq 18\% \text{ mol}$;

- trong đó vật phẩm thủy tinh có độ dày là 4 milimet hoặc nhỏ hơn;

- trong đó vật phẩm thủy tinh có độ dày nằm trong khoảng từ 15 micromet đến 200 micromet; và
- vật phẩm thủy tinh bao gồm lớn hơn hoặc bằng 62% mol SiO_2 .

1/6

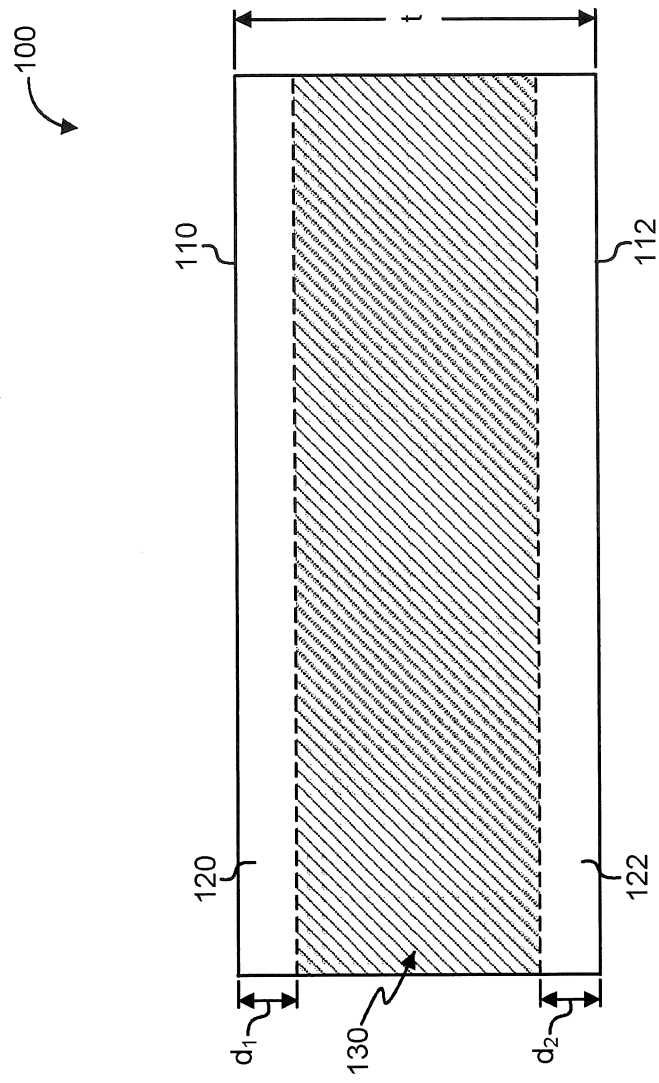


FIG. 1

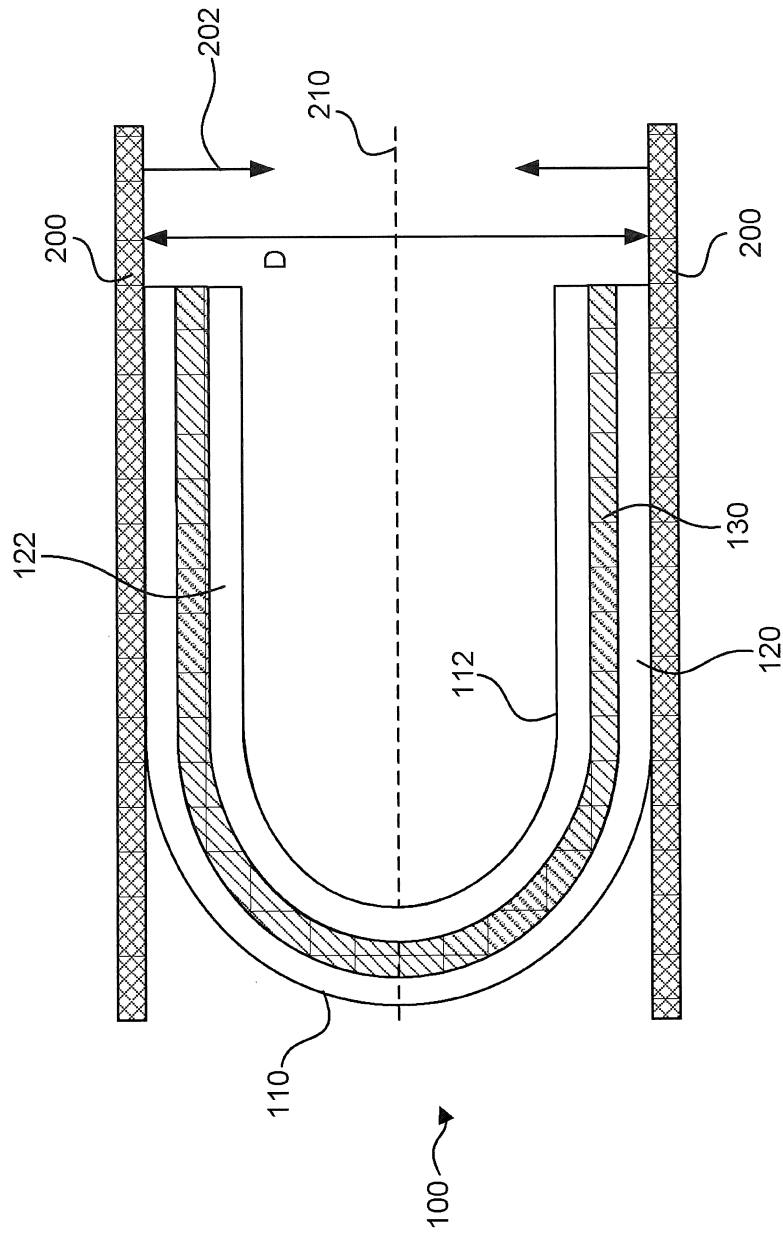


FIG. 2

3/6

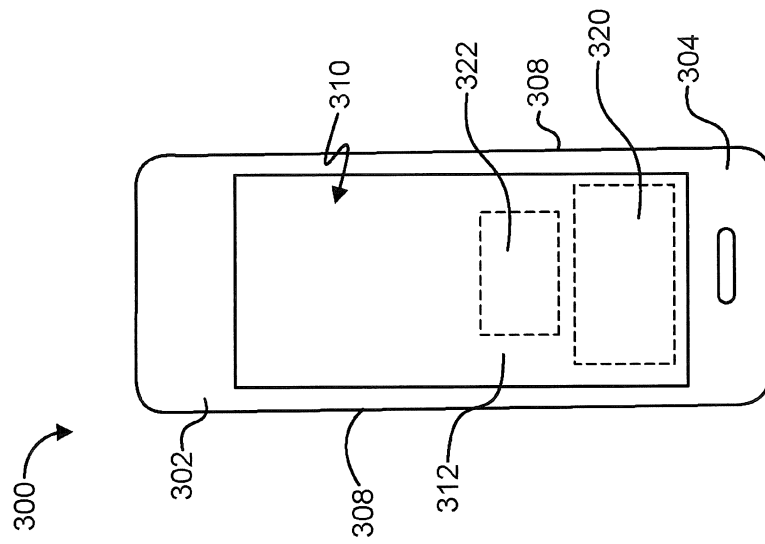


FIG. 3A

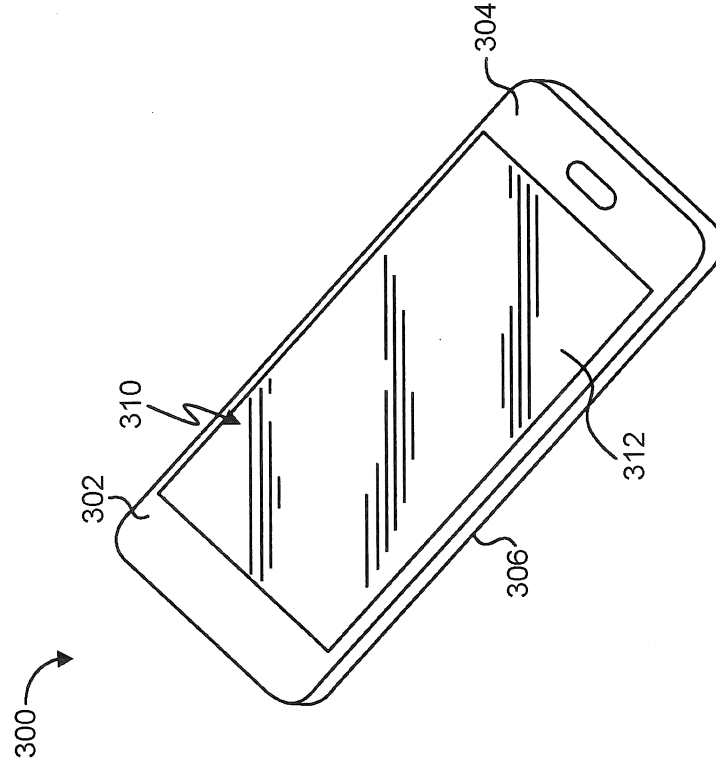


FIG. 3B

4/6

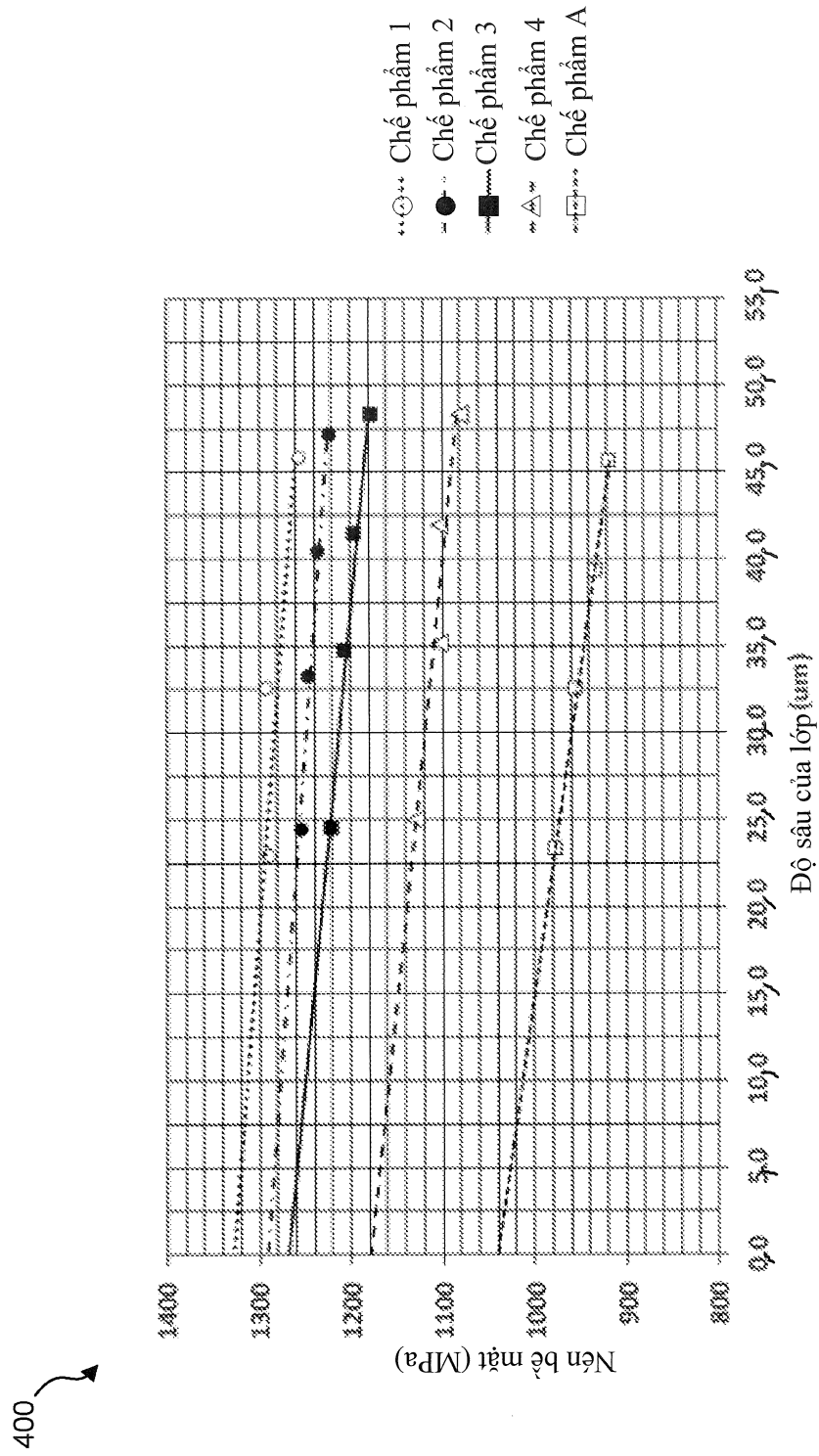


FIG. 4

5/6

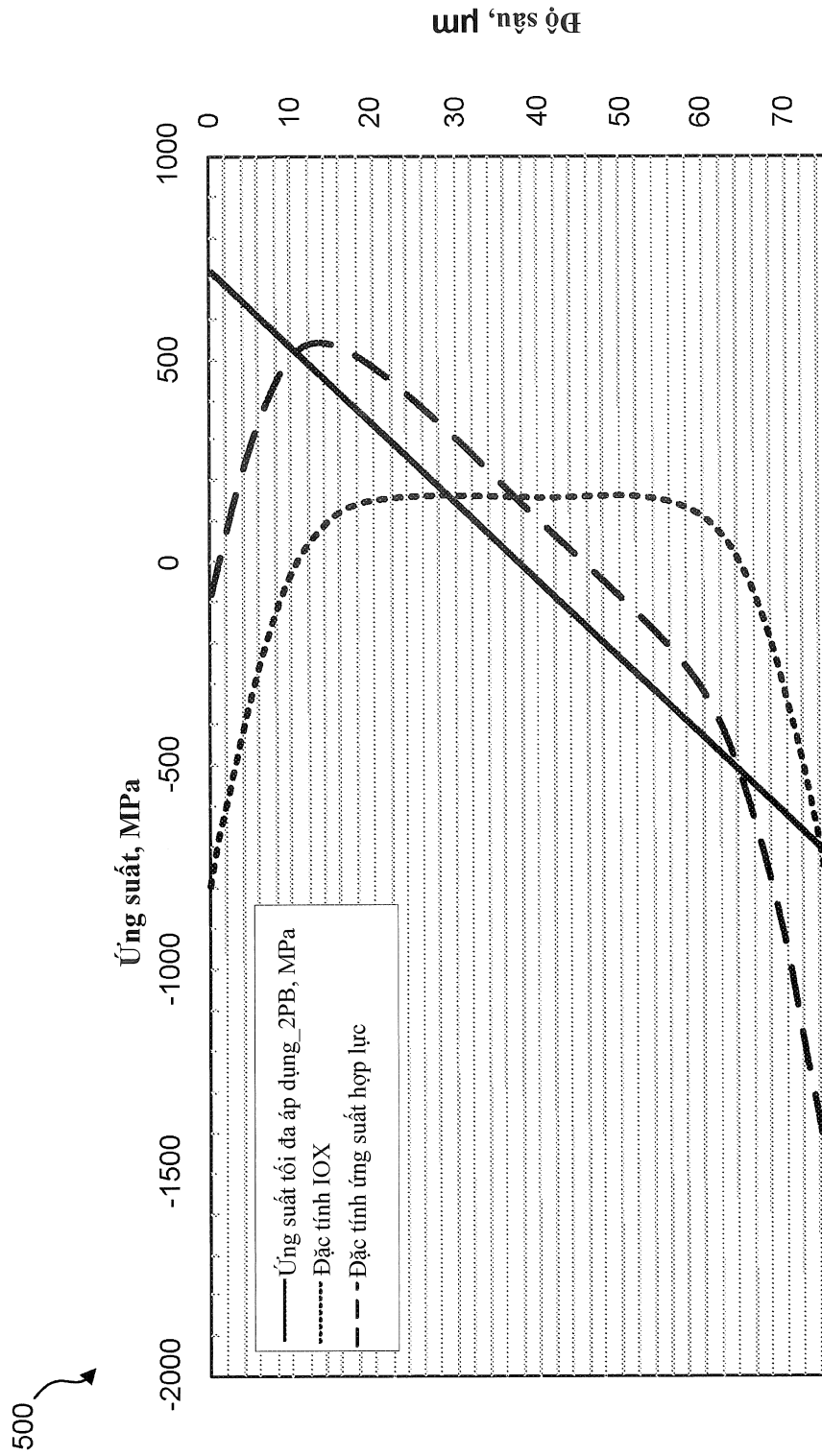


FIG. 5

6/6

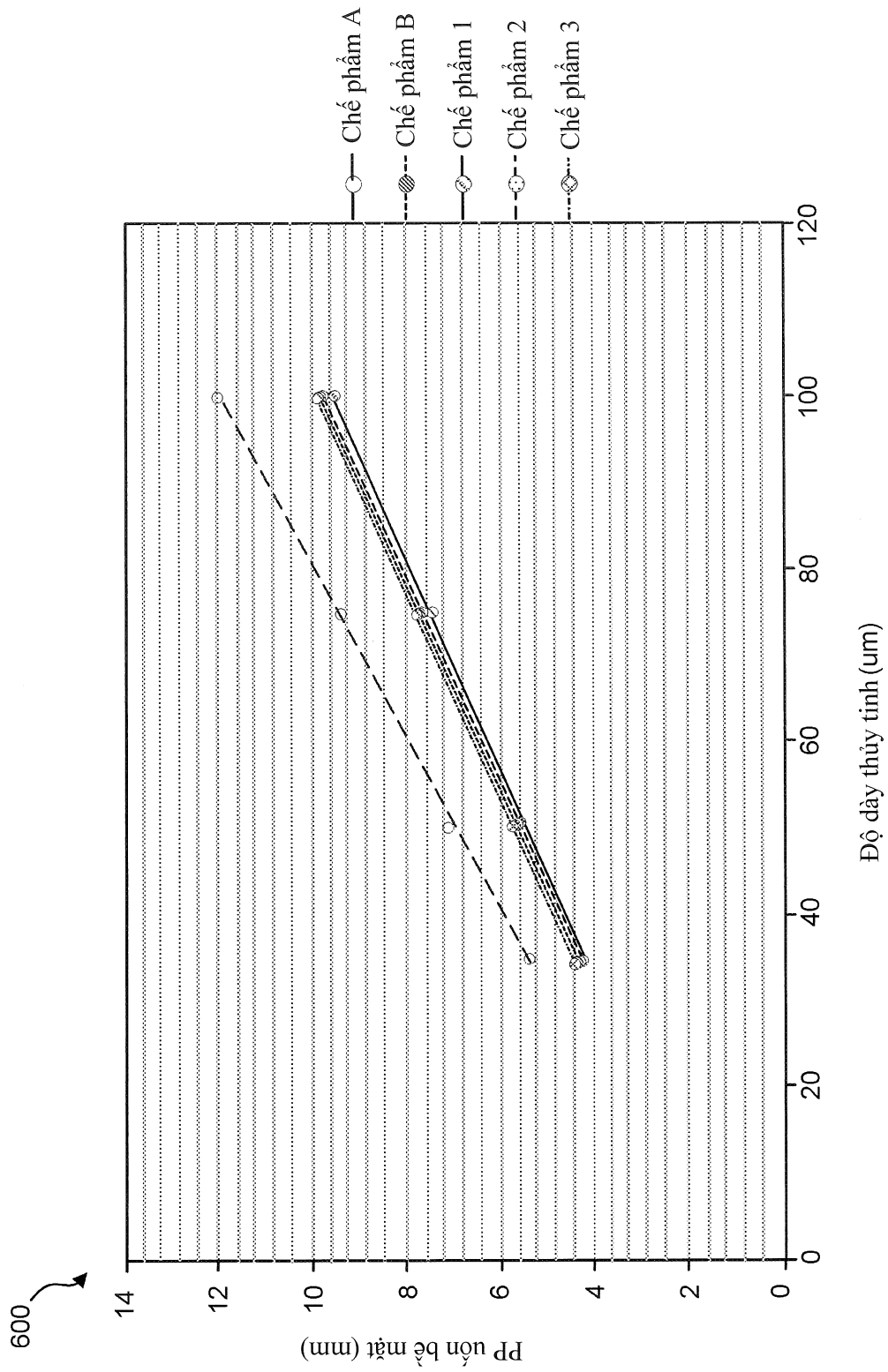


FIG. 6