



(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)



1-0045146

(51)^{2020.01} C03C 3/087; C03C 3/091; C03C 21/00 (13) B

(21) 1-2020-06174

(22) 28/03/2019

(86) PCT/US2019/024659 28/03/2019

(87) WO 2019/191480 03/10/2019

(30) 62/649,958 29/03/2018 US; 2020914 11/05/2018 NL

(45) 25/04/2025 445

(43) 25/02/2021 395A

(71) CORNING INCORPORATED (US)

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

(72) GUO, Xiaojun (CN); LEZZI, Peter Joseph (US); LUO, Jian (CN).

(74) Công ty Luật TNHH T&G (TGVN)

(54) VẬT PHẨM THỦY TINH CÓ ĐỘ BỀN CHỐNG NÚT VỢ CAO VÀ SẢN PHẨM
ĐIỆN TỬ TIÊU DÙNG BAO GỒM VẬT PHẨM THỦY TINH NÀY

(21) 1-2020-06174

(57) Sáng chế đề cập đến vật phẩm thủy tinh bao gồm: 50% mol đến 69% mol SiO_2 ; 12,5% mol đến 25% mol Al_2O_3 ; 0% mol đến 8% mol B_2O_3 ; lớn hơn 0% mol đến 4% mol CaO ; lớn hơn 0% mol đến 17,5% mol MgO ; 0,5% mol đến 8% mol Na_2O ; 0% mol đến 2,5% mol La_2O_3 ; và lớn hơn 8% mol đến 18% mol Li_2O , trong đó $(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{MgO})/\text{Al}_2\text{O}_3$ là từ 0,9 đến nhỏ hơn 1,3; và $\text{Al}_2\text{O}_3+\text{MgO}+\text{Li}_2\text{O}+\text{ZrO}_2+\text{La}_2\text{O}_3+\text{Y}_2\text{O}_3$ là từ lớn hơn 23% mol đến nhỏ hơn 50% mol. Vật phẩm thủy tinh này có thể được đặc trưng bởi ít nhất một trong những dấu hiệu sau đây: giá trị K_{1C} được đo bằng phương pháp thanh ngắn hình chữ V ít nhất là 0,75; và giá trị K_{1C} được đo bằng phương pháp xoắn kép ít nhất là 0,8. Vật phẩm thủy tinh này có thể được gia cường hóa học. Sáng chế còn đề cập đến sản phẩm điện tử tiêu dùng bao gồm vật phẩm thủy tinh này.

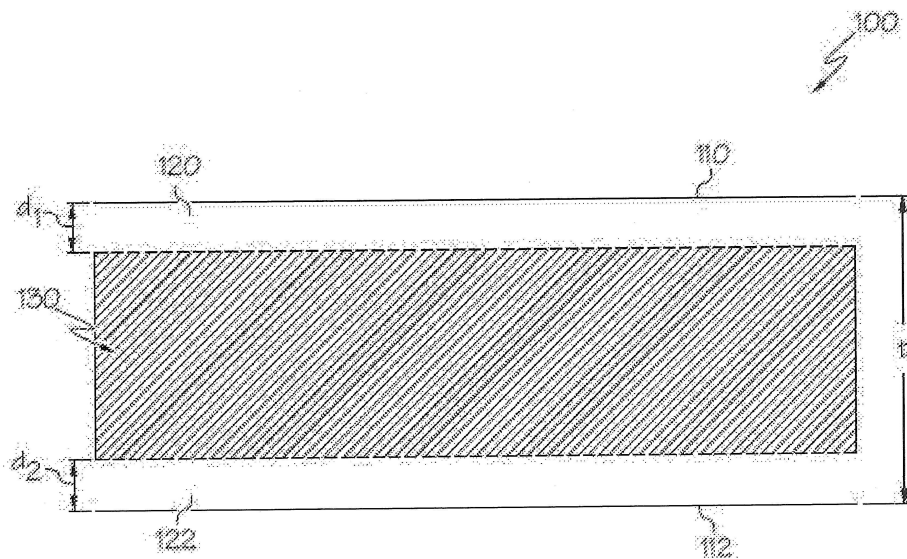


FIG. 1

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập chung tới các hợp phần thủy tinh thích hợp để sử dụng làm thủy tinh che phủ cho các thiết bị điện tử. Cụ thể hơn, sáng chế đề cập đến thủy tinh nhôm silicat chứa lithi mà có thể được chế tạo thành thủy tinh che phủ cho các thiết bị điện tử.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Bản chất di động của các thiết bị cầm tay, như điện thoại thông minh, máy tính bảng, máy nghe nhạc cầm tay, máy tính cá nhân và máy ảnh, khiến các thiết bị này đặc biệt dễ vô tình bị rơi trên bề mặt cứng, như mặt đất. Các thiết bị này thường tích hợp thủy tinh che phủ, có thể bị hỏng khi va chạm với bề mặt cứng. Trong nhiều thiết bị như vậy, thủy tinh che phủ thực hiện chức năng làm phân che bộ phận hiển thị, và có thể tích hợp chức năng cảm ứng, khiến cho việc sử dụng thiết bị này bị tác động tiêu cực khi thủy tinh che phủ bị hư hại.

Có hai phương thức hư hại chính của thủy tinh che phủ khi thiết bị cầm tay liên quan bị rơi xuống bề mặt cứng. Một trong các phương thức này là hư hại do uốn cong, mà gây ra bởi việc uốn cong thủy tinh khi thiết bị chịu tải trọng động do va chạm với bề mặt cứng. Một phương thức khác là hư hại do tiếp xúc với vật sắc, mà gây ra bởi sự hư hại của bề mặt thủy tinh. Việc tác động lên thủy tinh bằng các bề mặt cứng thô ráp, như nhựa đường, granit, v.v., có thể dẫn đến các phần lõm sắc trên bề mặt thủy tinh. Các phần lõm này trở thành vị trí hỏng trên bề mặt thủy tinh mà từ đó vết nứt có thể phát triển và lan truyền.

Thủy tinh có thể được chế tạo để có khả năng chống chịu tốt hơn với các hư hại uốn cong bằng kỹ thuật trao đổi ion, mà có sự tham gia của việc gây ra ứng suất nén trên bề mặt thủy tinh. Tuy nhiên, thủy tinh được trao đổi ion sẽ dễ bị hư hại khi tiếp xúc với vật sắc, do sự tập trung ứng suất cao gây ra bởi các phần lõm cục bộ trong thủy tinh từ việc tiếp xúc với vật sắc.

Các nhà chế tạo thủy tinh và nhà sản xuất thiết bị cầm tay liên tục nỗ lực để cải thiện khả năng chống chịu của các thiết bị cầm tay với hư hại do việc tiếp xúc với vật

sắc. Các giải pháp bao gồm từ lớp phủ trên thủy tinh che phủ đến các mép vát mà ngăn thủy tinh che phủ khỏi bị tác động trực tiếp của bề mặt cứng khi thiết bị này bị rơi xuống bề mặt cứng. Tuy nhiên, do những hạn chế về các yêu cầu thẩm mỹ và chức năng, nên rất khó để ngăn chặn hoàn toàn thủy tinh che phủ không chịu tác động của bề mặt cứng.

Cũng có mong muốn rằng các thiết bị cầm tay càng mỏng càng tốt. Theo đó, ngoài độ bền, cũng mong muốn rằng các thủy tinh sẽ được sử dụng làm thủy tinh che phủ trong các thiết bị cầm tay được chế tạo càng mỏng càng tốt. Do vậy, ngoài việc tăng cường độ bền của thủy tinh che phủ, cũng mong muốn rằng thủy tinh có các đặc tính cơ học mà cho phép nó sẽ được chế tạo bởi các quy trình có khả năng tạo ra các vật phẩm thủy tinh mỏng, như các tấm thủy tinh mỏng.

Theo đó, có nhu cầu về các thủy tinh mà có thể được gia cường, như nhờ sự trao đổi ion, và có các đặc tính cơ học mà cho phép chúng sẽ được tạo thành các vật phẩm thủy tinh mỏng.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Theo một phương án, vật phẩm thủy tinh được đề xuất. Vật phẩm thủy tinh này bao gồm: 50% mol đến 69% mol SiO_2 ; 12,5% mol đến 25% mol Al_2O_3 ; 0% mol đến 8% mol B_2O_3 ; lớn hơn 0% mol đến 4% mol CaO ; lớn hơn 0% mol đến 17,5% mol MgO ; 0,5% mol đến 8% mol Na_2O ; 0% mol đến 2,5% mol La_2O_3 ; và lớn hơn 8% mol đến 18% mol Li_2O . Hợp phần thủy tinh được đặc trưng bởi $(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{MgO})/\text{Al}_2\text{O}_3$ từ 0,9 đến nhỏ hơn 1,3; và $\text{Al}_2\text{O}_3+\text{MgO}+\text{Li}_2\text{O}+\text{ZrO}_2+\text{La}_2\text{O}_3+\text{Y}_2\text{O}_3$ từ lớn hơn 23% mol đến nhỏ hơn 50% mol.

Theo một phương án, vật phẩm thủy tinh được đề xuất. Hợp phần ở tâm của vật phẩm thủy tinh bao gồm: 50% mol đến 69% mol SiO_2 ; 12,5% mol đến 25% mol Al_2O_3 ; 0% mol đến 8% mol B_2O_3 ; lớn hơn 0% mol đến 4% mol CaO ; lớn hơn 0% mol đến 17,5% mol MgO ; 0,5% mol đến 8% mol Na_2O ; 0% mol đến 2,5% mol La_2O_3 ; và lớn hơn 8% mol đến 18% mol Li_2O , trong đó: $(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{MgO})/\text{Al}_2\text{O}_3$ là từ 0,9 đến nhỏ hơn 1,3, và $\text{Al}_2\text{O}_3+\text{MgO}+\text{Li}_2\text{O}+\text{ZrO}_2+\text{La}_2\text{O}_3+\text{Y}_2\text{O}_3$ là từ lớn hơn 23% mol đến nhỏ hơn 50% mol. Vật phẩm thủy tinh bao gồm vùng ứng suất nén kéo dài từ bề mặt của vật phẩm thủy tinh tới độ sâu nén.

Theo một phương án, vật phẩm thủy tinh được đề xuất. Thủy tinh này bao gồm: SiO_2 ; Al_2O_3 ; và Li_2O . Thủy tinh được đặc trưng bởi ít nhất một trong những dấu hiệu sau đây: giá trị K_{1C} được đo bằng phương pháp thanh ngắn hình chữ V ít nhất là 0,75; và giá trị K_{1C} được đo bằng phương pháp xoắn kép ít nhất là 0,8.

Theo khía cạnh (1), vật phẩm thủy tinh được đề xuất. Vật phẩm thủy tinh này bao gồm: 50% mol đến 69% mol SiO_2 ; 12,5% mol đến 25% mol Al_2O_3 ; 0% mol đến 8% mol B_2O_3 ; lớn hơn 0% mol đến 4% mol CaO ; lớn hơn 0% mol đến 17,5% mol MgO ; 0,5% mol đến 8% mol Na_2O ; 0% mol đến 2,5% mol La_2O_3 ; và lớn hơn 8% mol đến 18% mol Li_2O ; trong đó: $(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{MgO})/\text{Al}_2\text{O}_3$ là từ 0,9 đến nhỏ hơn 1,3; và $\text{Al}_2\text{O}_3+\text{MgO}+\text{Li}_2\text{O}+\text{ZrO}_2+\text{La}_2\text{O}_3+\text{Y}_2\text{O}_3$ là từ lớn hơn 23% mol đến nhỏ hơn 50% mol.

Theo khía cạnh (2), vật phẩm thủy tinh theo khía cạnh (1) được đề xuất, vật phẩm thủy tinh này bao gồm lớn hơn 8% mol đến 16% mol Li_2O .

Theo khía cạnh (3), vật phẩm thủy tinh theo khía cạnh (1) hoặc (2) được đề xuất, vật phẩm thủy tinh này bao gồm 0% mol đến 2% mol TiO_2 .

Theo khía cạnh (4), vật phẩm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (3) được đề xuất, vật phẩm thủy tinh này bao gồm 0% mol đến 2,5% mol ZrO_2 .

Theo khía cạnh (5), vật phẩm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (4) được đề xuất, vật phẩm thủy tinh này bao gồm 0% mol đến 1% mol SrO .

Theo khía cạnh (6), vật phẩm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (5) được đề xuất, vật phẩm thủy tinh này bao gồm 0% mol đến 2% mol Y_2O_3 .

Theo khía cạnh (7), vật phẩm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (6) được đề xuất, vật phẩm thủy tinh này còn bao gồm K_2O .

Theo khía cạnh (8), vật phẩm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (7) được đề xuất, trong đó $(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{MgO})/\text{Al}_2\text{O}_3$ là từ 0,9 đến 1,0.

Theo khía cạnh (9), vật phẩm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (8) được đề xuất, trong đó $\text{Al}_2\text{O}_3+\text{MgO}+\text{Li}_2\text{O}+\text{ZrO}_2+\text{La}_2\text{O}_3+\text{Y}_2\text{O}_3$ là từ 25% mol đến 46% mol.

Theo khía cạnh (10), vật phẩm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (9) được đề xuất, vật phẩm thủy tinh này bao gồm lớn hơn 0,5% mol đến 17,5% mol MgO.

Theo khía cạnh (11), vật phẩm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (10) được đề xuất, vật phẩm thủy tinh này bao gồm lớn hơn 0% mol đến 12% mol MgO.

Theo khía cạnh (12), vật phẩm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (11) được đề xuất, vật phẩm thủy tinh này bao gồm 14% mol đến 24% mol Al₂O₃.

Theo khía cạnh (13), vật phẩm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (12) được đề xuất, trong đó vật phẩm thủy tinh này hầu như không có P₂O₅.

Theo khía cạnh (14), vật phẩm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (13) được đề xuất, vật phẩm thủy tinh này bao gồm 0,5% mol đến 8% mol B₂O₃.

Theo khía cạnh (15), vật phẩm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (14) được đề xuất, trong đó thủy tinh này có thể tạo hình nóng chảy.

Theo khía cạnh (16), vật phẩm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (15) được đề xuất, trong đó vật phẩm thủy tinh được đặc trưng bởi ít nhất một trong những dấu hiệu sau đây: giá trị K_{1C} được đo bằng phương pháp thanh ngắn hình chữ V ít nhất là 0,75; và giá trị K_{1C} được đo bằng phương pháp xoắn kép ít nhất là 0,8.

Theo khía cạnh (17), vật phẩm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (16) được đề xuất, trong đó $5,631 + 0,148 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 + 0,142 \cdot \text{B}_2\text{O}_3 - 0,062 \cdot \text{CaO} - 0,188 \cdot \text{K}_2\text{O} + 0,030 \cdot \text{MgO} - 0,099 \cdot \text{Na}_2\text{O} - 0,043 \cdot \text{Li}_2\text{O} - 0,188 \cdot \text{P}_2\text{O}_5 + 0,020 \cdot \text{ZnO} - 0,062 \cdot \text{SrO} + 0,200 \cdot \text{ZrO}_2 \geq 6,5$, trong đó giá trị của mỗi thành phần tính theo % mol.

Theo khía cạnh (18), vật phẩm thủy tinh được đề xuất. Vật phẩm thủy tinh này bao gồm: hợp phần ở tâm của vật phẩm thủy tinh bao gồm: 50% mol đến 69% mol SiO₂; 12,5% mol đến 25% mol Al₂O₃; 0% mol đến 8% mol B₂O₃; lớn hơn 0% mol đến

4% mol CaO; lớn hơn 0% mol đến 17,5% mol MgO; 0,5% mol đến 8% mol Na₂O; 0% mol đến 2,5% mol La₂O₃; và lớn hơn 8% mol đến 18% mol Li₂O; trong đó: $(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{MgO})/\text{Al}_2\text{O}_3$ là từ 0,9 đến nhỏ hơn 1,3; $\text{Al}_2\text{O}_3+\text{MgO}+\text{Li}_2\text{O}+\text{ZrO}_2+\text{La}_2\text{O}_3+\text{Y}_2\text{O}_3$ là từ lớn hơn 23% mol đến nhỏ hơn 50% mol, vùng ứng suất nén kéo dài từ bề mặt của vật phẩm thủy tinh tới độ sâu nén.

Theo khía cạnh (19), vật phẩm thủy tinh theo khía cạnh (18) được đề xuất, trong đó vật phẩm thủy tinh này có ứng suất nén ít nhất là 400 MPa.

Theo khía cạnh (20), vật phẩm thủy tinh theo khía cạnh (18) hoặc (19) được đề xuất, trong đó độ sâu nén là ít nhất 20% độ dày của vật phẩm thủy tinh.

Theo khía cạnh (21), vật phẩm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (18) đến (20) được đề xuất, trong đó vật phẩm thủy tinh này có ứng suất kéo trung tâm tối đa nhỏ hơn 85 MPa.

Theo khía cạnh (22), vật phẩm thủy tinh được đề xuất. Vật phẩm thủy tinh này bao gồm: SiO₂; Al₂O₃; và Li₂O, trong đó thủy tinh được đặc trưng bởi ít nhất một trong những dấu hiệu sau đây: giá trị K_{1C} được đo bằng phương pháp thanh ngắn hình chữ V ít nhất là 0,75; và giá trị K_{1C} được đo bằng phương pháp xoắn kép ít nhất là 0,8.

Theo khía cạnh (23), vật phẩm thủy tinh theo khía cạnh (22) được đề xuất, còn bao gồm MgO.

Theo khía cạnh (24), vật phẩm thủy tinh theo khía cạnh (22) hoặc (23) được đề xuất, còn bao gồm CaO.

Theo khía cạnh (25), vật phẩm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (22) đến (24) được đề xuất, còn bao gồm TiO₂.

Theo khía cạnh (26), vật phẩm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (22) đến (25) được đề xuất, còn bao gồm ZrO₂.

Theo khía cạnh (27), vật phẩm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (22) đến (26) được đề xuất, còn bao gồm SrO.

Theo khía cạnh (28), vật phẩm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (22) đến (27) được đề xuất, còn bao gồm Y₂O₃.

Theo khía cạnh (29), vật phẩm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (22) đến (28) được đề xuất, còn bao gồm K_2O .

Theo khía cạnh (30), vật phẩm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (22) đến (29) được đề xuất, còn bao gồm Na_2O .

Theo khía cạnh (31), vật phẩm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (22) đến (30) được đề xuất, trong đó $(Li_2O+Na_2O+MgO)/Al_2O_3$ là từ 0,9 đến nhỏ hơn 1,3.

Theo khía cạnh (32), vật phẩm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (22) đến (31) được đề xuất, trong đó $Al_2O_3+MgO+Li_2O+ZrO_2+La_2O_3+Y_2O_3$ là từ lớn hơn 23% mol đến nhỏ hơn 50% mol.

Theo khía cạnh (33), vật phẩm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (22) đến (32) được đề xuất, còn bao gồm B_2O_3 .

Theo khía cạnh (34), vật phẩm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (22) đến (33) được đề xuất, trong đó thủy tinh có thể tạo hình nóng chảy.

Theo khía cạnh (35), vật phẩm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (22) đến (33) được đề xuất, trong đó $5,631 + 0,148 \cdot Al_2O_3 + 0,142 \cdot B_2O_3 - 0,062 \cdot CaO - 0,188 \cdot K_2O + 0,030 \cdot MgO - 0,099 \cdot Na_2O - 0,043 \cdot Li_2O - 0,188 \cdot P_2O_5 + 0,020 \cdot ZnO - 0,062 \cdot SrO + 0,200 \cdot ZrO_2 \geq 6,5$, trong đó giá trị của mỗi thành phần tính theo % mol.

Theo khía cạnh (36), sản phẩm điện tử tiêu dùng được đề xuất. Sản phẩm điện tử tiêu dùng bao gồm hộp vỏ có mặt trước, mặt sau và các mặt bên; các linh kiện điện được cung cấp ít nhất một phần bên trong hộp vỏ, các linh kiện điện bao gồm ít nhất bộ phận điều khiển, bộ nhớ, và bộ phận hiển thị, bộ phận hiển thị được bố trí tại hoặc liền kề với mặt trước của hộp vỏ; và thủy tinh che phủ được bố trí ở trên bộ phận hiển thị, trong đó ít nhất một phần của hộp vỏ hoặc một phần của thủy tinh che phủ bao gồm vật phẩm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh nêu trên.

Các dấu hiệu bổ sung và các ưu điểm sẽ được nêu trong phần mô tả chi tiết sau đây, và phần nào sẽ trở nên rõ ràng với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này từ phần mô tả đó hoặc được thừa nhận bằng cách thực hiện các phương án được

mô tả trong bản mô tả này, bao gồm phần mô tả chi tiết sau đây, yêu cầu bảo hộ, cũng như các hình vẽ kèm theo.

Cần hiểu rằng cả phần mô tả chung trên đây và phần mô tả chi tiết sau đây mô tả các phương án thực hiện khác nhau và có mục đích đưa ra mô tả tổng quan hoặc khuôn khổ để hiểu bản chất và đặc điểm của đối tượng được yêu cầu bảo hộ. Các hình vẽ kèm theo được bao hàm để đọc hiểu hơn nữa các phương án thực hiện khác nhau, và được kết hợp và đóng vai trò là một phần của bản mô tả này. Các hình vẽ minh họa các phương án thực hiện khác nhau được mô tả ở đây, và cùng với phần mô tả có tác dụng giải thích các nguyên lý và các cách vận hành của đối tượng được yêu cầu bảo hộ.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện mặt cắt của thủy tinh có các lớp ứng suất nén trên các bề mặt của chúng theo các phương án thực hiện được bộc lộ và đã được mô tả ở đây;

Fig.2A là hình chiếu bằng của thiết bị điện tử làm ví dụ tích hợp vật phẩm bất kỳ trong số các vật phẩm thủy tinh được bộc lộ ở đây;

Fig.2B là hình phối cảnh của thiết bị điện tử làm ví dụ của Fig.2A;

Fig.3 là biểu đồ ứng suất nén và độ sâu nén dưới dạng hàm của thời gian trao đổi ion đối với vật phẩm thủy tinh theo một phương án;

Fig.4 là biểu đồ ứng suất kéo trung tâm và mức độ tăng khối lượng dưới dạng hàm của thời gian trao đổi ion đối với vật phẩm thủy tinh theo một phương án;

Fig.5 là biểu đồ ứng suất dưới dạng hàm của độ sâu bên dưới bề mặt của vật phẩm thủy tinh được trao đổi ion theo các phương án;

Fig.6 là biểu đồ ứng suất dưới dạng hàm của độ sâu bên dưới bề mặt của vật phẩm thủy tinh được trao đổi ion theo các phương án; và

Fig.7 là hình chi tiết của một phần của Fig.6.

Mô tả chi tiết sáng chế

Dưới đây, sẽ tham khảo chi tiết tới các thủy tinh nhôm silicat kiềm theo các phương án thực hiện khác nhau. Các thủy tinh nhôm silicat chứa kiềm có khả năng

trao đổi ion tốt, và các quy trình gia cường hóa học đã được sử dụng để đạt được các tính chất độ bền cao độ cứng cao trong các thủy tinh nhôm silicat kiềm. Các thủy tinh nhôm silicat natri là thủy tinh có khả năng trao đổi ion cao với khả năng tạo hình và chất lượng của thủy tinh cao. Các thủy tinh nhôm silicat lithi là các thủy tinh có thể trao đổi ion cao với chất lượng thủy tinh cao. Việc thay thế Al_2O_3 vào trong mạng thủy tinh silicat làm tăng độ nội khuếch tán của các cation hóa trị một trong quá trình trao đổi ion. Bằng phương pháp gia cường hóa học trong bể muối nóng chảy (ví dụ, KNO_3 hoặc NaNO_3), các thủy tinh với độ bền cao, độ cứng cao, và khả năng chống chịu nứt vỡ ần lõm cao có thể đạt được. Các biên dạng ứng suất đạt được thông qua gia cường hóa học có thể có nhiều hình dạng khác nhau để tăng đặc tính thả rơi, độ bền, độ cứng và các thuộc tính khác của vật phẩm thủy tinh.

Do đó, các thủy tinh nhôm silicat kiềm với các tính chất vật lý, độ bền hóa học, và khả năng trao đổi ion tốt có thể thu hút chú ý trong việc sử dụng làm thủy tinh che phủ. Đặc biệt, thủy tinh nhôm silicat chứa lithi, mà có độ bền chống nứt cao hơn và khả năng trao đổi ion nhanh, được đề xuất ở đây. Thông qua các quá trình trao đổi ion khác nhau, ứng suất kéo trung tâm (central tension-CT), độ sâu nén (depth of compression-DOC) lớn hơn, và ứng suất nén (compressive stress-CS) cao có thể đạt được. Tuy nhiên, việc bổ sung lithi vào thủy tinh nhôm silicat kiềm có thể làm giảm điểm nóng chảy, điểm hóa mềm, của độ nhót đường lỏng của thủy tinh.

Quy trình chuốt để tạo thành vật phẩm thủy tinh, như, ví dụ, tấm thủy tinh, được mong muốn do chúng cho phép vật phẩm thủy tinh mỏng được tạo thành với ít khuyết điểm. Trước đây người ta cho rằng các hợp phần thủy tinh được yêu cầu có độ nhót đường lỏng khá cao - như độ nhót đường lỏng lớn hơn 1000 kP, lớn hơn 1100 kP, hoặc lớn hơn 1200 kP - để được tạo thành bằng quy trình chuốt, như, ví dụ, chuốt dung hợp hoặc chuốt qua khe. Tuy nhiên, các tiến triển trong các quy trình chuốt có thể cho phép các thủy tinh có các độ nhót đường lỏng thấp hơn được sử dụng trong các quy trình chuốt.

Theo các phương án của các hợp phần thủy tinh được mô tả ở đây, nồng độ của các thành phần hợp thành (ví dụ, SiO_2 , Al_2O_3 , Li_2O , và tương tự) được tính theo phần trăm mol (% mol) trên cơ sở oxit, trừ khi được chỉ ra theo cách khác. Các thành phần của hợp phần thủy tinh nhôm silicat kiềm theo các phương án được thảo luận cụ thể

dưới đây. Cần hiểu rằng khoảng giới hạn bất kỳ trong số các khoảng giới hạn được trích dẫn khác nhau của một thành phần có thể được kết hợp một cách riêng rẽ với khoảng giới hạn bất kỳ trong số các khoảng giới hạn được trích dẫn khác nhau cho thành phần bất kỳ khác. Như được sử dụng ở đây, số 0 đứng sau trong mỗi số được dự định thể hiện chữ số có ý 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.

Được mô tả ở đây là các hợp phần thủy tinh nhôm silicat lithi thể hiện độ bền chống nứt vỡ (K_{IC}) cao đồng thời thể hiện mức độ về khả năng sản xuất mà cho phép sản xuất hiệu quả các vật phẩm thủy tinh chứa các hợp phần này. Theo một số phương án, hợp phần thủy tinh nhôm silicat lithi được đặc trưng bởi ít nhất một trong số giá trị độ bền chống nứt vỡ K_{IC} được đo bằng phương pháp thanh ngắn hình chữ V ít nhất là 0,75 và giá trị độ bền chống nứt vỡ K_{IC} được đo bằng phương pháp xoắn kép ít nhất là 0,8. Không muốn bị ràng buộc bởi lý thuyết cụ thể bất kỳ, cho rằng độ bền chống nứt vỡ cao của thủy tinh nhôm silicat lithi được mô tả ở đây ít nhất một phần là do nồng độ của các thành phần cường độ trường cao có trong hợp phần thủy tinh.

Trong các phương án của các hợp phần thủy tinh nhôm silicat kiềm được bộc lộ ở đây, SiO_2 là thành phần cấu tạo lớn nhất và, như vậy, SiO_2 là thành phần cấu tạo chủ yếu của mạng thủy tinh được tạo thành từ hợp phần thủy tinh. SiO_2 nguyên chất có CTE tương đối thấp và không có kiềm. Tuy nhiên, SiO_2 nguyên chất có điểm nóng chảy cao. Theo đó, nếu nồng độ của SiO_2 trong hợp phần thủy tinh quá cao, thì khả năng tạo thành của hợp phần thủy tinh có thể bị giảm khi các nồng độ cao của SiO_2 làm tăng độ khó của việc làm nóng chảy thủy tinh, mà vốn, đến lượt nó gây tác động bất lợi lên khả năng hình thành của thủy tinh. Theo các phương án thực hiện, hợp phần thủy tinh thường bao gồm SiO_2 với lượng từ lớn hơn hoặc bằng 50,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 69,0% mol, và tất cả các khoảng và các khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên. Theo một số phương án, hợp phần thủy tinh bao gồm SiO_2 với các lượng lớn hơn hoặc bằng 51,0% mol, như lớn hơn hoặc bằng 52,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 53,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 54,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 55,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 56,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 57,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 58,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 59,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 60,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 61,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 62,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 63,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 64,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 65,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 66,0% mol,

lớn hơn hoặc bằng 67,0% mol, hoặc lớn hơn hoặc bằng 68,0% mol. Theo một số phương án, hợp phần thủy tinh bao gồm SiO_2 với các lượng nhỏ hơn hoặc bằng 68,0% mol, như nhỏ hơn hoặc bằng 67,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 66,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 65,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 64,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 63,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 62,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 61,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 60,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 59,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 58,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 57,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 56,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 55,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 54,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 53,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 52,0% mol, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 51,0% mol. Cần hiểu rằng, theo các phương án, khoảng bất kỳ trong số các khoảng nêu trên có thể được kết hợp với khoảng bất kỳ khác. Tuy nhiên, theo các phương án khác, hợp phần thủy tinh bao gồm SiO_2 với lượng từ lớn hơn hoặc bằng 51,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 68,0% mol, như từ lớn hơn hoặc bằng 52,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 67,0% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 53,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 66,0% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 54,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 65,0% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 55,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 64,0% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 56,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 63,0% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 57,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 62,0% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 58,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 61,0% mol, hoặc từ lớn hơn hoặc bằng 60,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 61,0% mol, và tất cả các khoảng và các khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên.

Hợp phần thủy tinh theo các phương án thực hiện còn có thể bao gồm Al_2O_3 . Al_2O_3 có thể làm thành phần tạo thành mạng lưới thủy tinh, tương tự như SiO_2 . Al_2O_3 có thể làm tăng độ nhớt của hợp phần thủy tinh do tọa độ tứ diện của nó trong phần nóng chảy thủy tinh được tạo thành từ hợp phần thủy tinh, làm giảm khả năng tạo hình của hợp phần thủy tinh khi lượng Al_2O_3 quá cao. Tuy nhiên, khi nồng độ của Al_2O_3 được làm cân bằng so với nồng độ của SiO_2 và nồng độ của các oxit kiềm trong hợp phần thủy tinh, Al_2O_3 có thể làm giảm nhiệt độ đường lỏng của thủy tinh nóng chảy, nhờ đó tăng cường độ nhớt đường lỏng và cải thiện khả năng tương thích của hợp phần thủy tinh với các quy trình tạo hình nhất định, như quy trình tạo hình nung chảy. Theo các phương án thực hiện, hợp phần thủy tinh nói chung bao gồm Al_2O_3 theo nồng độ từ lớn hơn hoặc bằng 12,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 25,0% mol, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các giá trị nêu trên. Theo một số phương án, hợp phần

thủy tinh bao gồm Al_2O_3 với các lượng lớn hơn hoặc bằng 13,0% mol, như lớn hơn hoặc bằng 13,5% mol, lớn hơn hoặc bằng 14,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 14,5% mol, lớn hơn hoặc bằng 15,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 15,5% mol, lớn hơn hoặc bằng 16,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 16,5% mol, lớn hơn hoặc bằng 17,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 17,5% mol, lớn hơn hoặc bằng 18,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 18,5% mol, lớn hơn hoặc bằng 19,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 19,5% mol, lớn hơn hoặc bằng 20,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 20,5% mol, lớn hơn hoặc bằng 21,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 21,5% mol, lớn hơn hoặc bằng 22,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 22,5% mol, lớn hơn hoặc bằng 23,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 23,5% mol, lớn hơn hoặc bằng 24,0% mol, hoặc lớn hơn hoặc bằng 24,5% mol. Theo một số phương án, hợp phần thủy tinh bao gồm Al_2O_3 với các lượng nhỏ hơn hoặc bằng 24,5% mol, như nhỏ hơn hoặc bằng 24,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 23,5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 23,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 22,5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 22,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 21,5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 21,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 20,5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 20,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 19,5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 19,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 18,5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 18,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 17,5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 17,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 16,5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 16,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 15,5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 15,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 14,5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 14,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 13,5% mol, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 13,0% mol. Cần hiểu rằng, theo các phương án, khoảng bất kỳ trong số các khoảng nêu trên có thể được kết hợp với khoảng bất kỳ khác. Tuy nhiên, theo các phương án khác, hợp phần thủy tinh bao gồm Al_2O_3 với lượng từ lớn hơn hoặc bằng 13,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 24,5% mol, như từ lớn hơn hoặc bằng 13,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 24,0% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 14,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 23,5% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 14,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 23,0% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 15,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 22,5% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 15,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 22,0% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 16,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 21,5% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 16,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 21,0% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 17,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 20,5% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 17,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 20,0% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 18,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 19,5% mol, hoặc từ lớn hơn hoặc bằng 18,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 19,0% mol, và tất

cả các khoảng và các khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên. Theo một số phương án, hợp phần thủy tinh bao gồm Al_2O_3 với lượng từ lớn hơn hoặc bằng 14,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 24,0% mol.

Tương tự, SiO_2 và Al_2O_3 , P_2O_5 có thể được bổ sung vào hợp phần thủy tinh làm chất tạo mạng, từ đó làm giảm khả năng nóng chảy và khả năng chế tạo của hợp phần thủy tinh. Do vậy, B_2O_3 có thể được bổ sung theo các lượng mà không làm giảm quá nhiều các đặc tính này. Theo các phương án thực hiện, hợp phần thủy tinh có thể bao gồm B_2O_3 với các lượng từ lớn hơn hoặc bằng 0% mol B_2O_3 đến nhỏ hơn hoặc bằng 8,0% mol B_2O_3 , và tất cả các khoảng giá trị và các khoảng giá trị con giữa các giá trị nêu trên. Theo một số phương án, hợp phần thủy tinh có thể bao gồm B_2O_3 với các lượng lớn hơn hoặc bằng 0,5% mol, như lớn hơn hoặc bằng 1,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 1,5% mol, lớn hơn hoặc bằng 2,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 2,5% mol, lớn hơn hoặc bằng 3,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 3,5% mol, lớn hơn hoặc bằng 4,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 4,5% mol, lớn hơn hoặc bằng 5,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 5,5% mol, lớn hơn hoặc bằng 6,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 6,5% mol, lớn hơn hoặc bằng 7,0% mol, hoặc lớn hơn hoặc bằng 7,5% mol. Theo các phương án thực hiện, hợp phần thủy tinh có thể bao gồm B_2O_3 với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 7,5% mol, như nhỏ hơn hoặc bằng 7,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 6,5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 6,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 5,5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 5,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 4,5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 4,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 3,5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 3,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 2,5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 2,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 1,5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 1,0% mol, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 0,5% mol. Cần hiểu rằng, trong các phương án thực hiện, khoảng giá trị bất kỳ trong số các khoảng giá trị nêu trên có thể được kết hợp với khoảng bất kỳ khác. Tuy nhiên, theo các phương án khác nữa, hợp phần thủy tinh bao gồm B_2O_3 với các lượng từ lớn hơn hoặc bằng 0,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 7,5% mol, như lớn hơn hoặc bằng 1,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 7,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 1,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 6,5% mol, lớn hơn hoặc bằng 2,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 6,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 2,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 5,5% mol, lớn hơn hoặc bằng 3,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 5,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 3,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 4,5% mol, hoặc lớn hơn hoặc bằng 5,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 7,0% mol, và tất cả các khoảng và các khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên.

Việc đưa Li_2O vào hợp phần thủy tinh cho phép kiểm soát quá trình trao đổi ion tốt hơn và làm giảm hơn nữa điểm hóa mềm của thủy tinh, do đó tăng khả năng sản xuất của thủy tinh. Theo các phương án thực hiện, hợp phần thủy tinh thường bao gồm Li_2O với lượng từ lớn hơn 8,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 18,0% mol, và tất cả các khoảng và các khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên. Theo một số phương án, hợp phần thủy tinh bao gồm Li_2O với các lượng lớn hơn hoặc bằng 8,5% mol, như lớn hơn hoặc bằng 8,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 8,5% mol, lớn hơn hoặc bằng 9,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 9,5% mol, lớn hơn hoặc bằng 10,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 10,5% mol, lớn hơn hoặc bằng 11,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 11,5% mol, lớn hơn hoặc bằng 12,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 12,5% mol, lớn hơn hoặc bằng 13,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 13,5% mol, lớn hơn hoặc bằng 14,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 14,5% mol, lớn hơn hoặc bằng 15,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 15,5% mol, lớn hơn hoặc bằng 16,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 16,5% mol, lớn hơn hoặc bằng 17,0% mol, hoặc lớn hơn hoặc bằng 17,5% mol. Theo một số phương án, hợp phần thủy tinh bao gồm Li_2O với các lượng nhỏ hơn hoặc bằng 17,5% mol, như nhỏ hơn hoặc bằng 17,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 16,5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 16,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 15,5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 15,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 14,5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 14,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 13,5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 13,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 12,5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 12,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 11,5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 11,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 10,5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 10,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 9,5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 9,0% mol, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 8,5% mol. Cần hiểu rằng, trong các phương án thực hiện, khoảng giá trị bất kỳ trong số các khoảng giá trị nêu trên có thể được kết hợp với khoảng bất kỳ khác. Tuy nhiên, theo các phương án khác nữa, hợp phần thủy tinh bao gồm Li_2O với lượng từ lớn hơn hoặc bằng 8,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 17,5% mol, như từ lớn hơn hoặc bằng 9,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 17,0% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 9,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 16,5% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 10,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 16,0% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 10,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 15,5% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 11,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 15,0% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 11,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 14,5% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 12,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 14,0% mol, hoặc từ lớn hơn hoặc bằng 12,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 13,5% mol, và tất cả các khoảng và các khoảng con nằm

giữa các giá trị nêu trên. Theo một số phương án, hợp phần thủy tinh bao gồm Li_2O với lượng từ lớn hơn 8,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 16,0% mol.

Theo các phương án thực hiện, hợp phần thủy tinh cũng có thể bao gồm các oxit kim loại kiềm khác với Li_2O , như Na_2O . Na_2O hỗ trợ về khả năng trao đổi ion của hợp phần thủy tinh, và cũng cải thiện khả năng chế tạo, và nhờ đó cải thiện khả năng sản xuất của hợp phần thủy tinh. Tuy nhiên, nếu quá nhiều Na_2O được bổ sung cho hợp phần thủy tinh, thì CTE có thể là quá thấp, và điểm nóng chảy có thể là quá cao. Theo các phương án thực hiện, hợp phần thủy tinh thường bao gồm Na_2O với lượng từ lớn hơn hoặc bằng 0,5% mol Na_2O đến nhỏ hơn hoặc bằng 8,0% mol Na_2O , và tất cả các khoảng và các khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên. Theo một số phương án, hợp phần thủy tinh bao gồm Na_2O với các lượng lớn hơn hoặc bằng 1,0% mol, như lớn hơn hoặc bằng 1,5% mol, lớn hơn hoặc bằng 2,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 2,5% mol, lớn hơn hoặc bằng 3,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 3,5% mol, lớn hơn hoặc bằng 4,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 4,5% mol, lớn hơn hoặc bằng 5,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 5,5% mol, lớn hơn hoặc bằng 6,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 6,5% mol, lớn hơn hoặc bằng 7,0% mol, hoặc lớn hơn hoặc bằng 7,5% mol. Theo một số phương án, hợp phần thủy tinh bao gồm Na_2O với các lượng nhỏ hơn hoặc bằng 7,5% mol, như nhỏ hơn hoặc bằng 7,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 6,5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 6,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 5,5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 5,0% mol, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 4,5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 4,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 3,5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 3,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 2,5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 2,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 1,5% mol, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 1,0% mol. Cần hiểu rằng, trong các phương án thực hiện, khoảng giá trị bất kỳ trong số các khoảng giá trị nêu trên có thể được kết hợp với khoảng bất kỳ khác. Tuy nhiên, theo các phương án khác nữa, hợp phần thủy tinh bao gồm Na_2O với lượng từ lớn hơn hoặc bằng 1,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 7,5% mol, như từ lớn hơn hoặc bằng 1,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 7,0% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 2,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 6,5% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 2,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 6,0% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 3,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 5,5% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 3,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 5,0% mol, hoặc từ lớn hơn hoặc bằng 4,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 4,5% mol, và tất cả các khoảng và các khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên.

Tương tự với Na_2O , K_2O cũng làm tăng sự trao đổi ion và làm tăng DOC của lớp ứng suất nén. Tuy nhiên, việc bổ sung K_2O có thể làm cho CTE có thể quá thấp, và điểm nóng chảy có thể quá cao. Theo một số phương án, hợp phần thủy tinh có thể bao gồm K_2O . Theo các phương án thực hiện, hợp phần thủy tinh hầu như không có kali. Như được sử dụng ở đây, thuật ngữ “hầu như không có” có nghĩa là thành phần không được bổ sung làm thành phần của vật liệu dạng mẻ mặc dù thành phần có thể có mặt trong thủy tinh cuối cùng theo các lượng rất nhỏ dưới dạng tạp chất, như nhỏ hơn 0,01% mol. Theo các phương án khác, K_2O có thể có mặt trong hợp phần thủy tinh với các lượng nhỏ hơn 1% mol.

MgO làm giảm độ nhớt của thủy tinh, giúp tăng cường khả năng chế tạo và khả năng sản xuất của thủy tinh. Việc đưa MgO vào hợp phần thủy tinh cũng cải thiện điểm biến dạng và môđun Young của hợp phần thủy tinh, và cũng có thể cải thiện khả năng trao đổi ion của thủy tinh. Tuy nhiên, khi quá nhiều MgO được bổ sung vào hợp phần thủy tinh, mật độ và CTE của hợp phần thủy tinh tăng. Theo các phương án thực hiện, hợp phần thủy tinh thường bao gồm MgO với nồng độ từ lớn hơn 0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 17,5% mol, và tất cả các khoảng và các khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên. Theo một số phương án, hợp phần thủy tinh bao gồm MgO với các lượng lớn hơn hoặc bằng 0,5% mol, như lớn hơn hoặc bằng 1,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 1,5% mol, lớn hơn hoặc bằng 2,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 2,5% mol, lớn hơn hoặc bằng 3,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 3,5% mol, lớn hơn hoặc bằng 4,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 4,5% mol, lớn hơn hoặc bằng 5,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 5,5% mol, lớn hơn hoặc bằng 6,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 6,5% mol, lớn hơn hoặc bằng 7,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 7,5% mol, lớn hơn hoặc bằng 8,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 8,5% mol, lớn hơn hoặc bằng 9,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 9,5% mol, lớn hơn hoặc bằng 10,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 10,5% mol, lớn hơn hoặc bằng 11,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 11,5% mol, lớn hơn hoặc bằng 12,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 12,5% mol, lớn hơn hoặc bằng 13,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 13,5% mol, lớn hơn hoặc bằng 14,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 14,5% mol, lớn hơn hoặc bằng 15,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 15,5% mol, lớn hơn hoặc bằng 16,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 16,5% mol, hoặc lớn hơn hoặc bằng 17,0% mol. Theo một số phương án, hợp phần thủy tinh bao gồm MgO với các lượng nhỏ hơn hoặc bằng 17,0% mol, như nhỏ hơn hoặc bằng 16,5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 16,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 15,5% mol, nhỏ hơn

hoặc bằng 15,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 14,5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 14,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 13,5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 13,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 12,5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 12,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 11,5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 11,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 10,5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 10,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 9,5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 9,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 8,5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 8,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 7,5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 7,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 6,5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 6,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 5,5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 5,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 4,5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 4,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 3,5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 3,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 2,5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 2,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 1,5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 1,0% mol, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 0,5% mol. Cần hiểu rằng, theo các phương án, khoảng bất kỳ trong số các khoảng nêu trên có thể được kết hợp với khoảng bất kỳ khác. Tuy nhiên, theo các phương án khác, hợp phần thủy tinh bao gồm MgO với lượng từ lớn hơn hoặc bằng 0,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 17,0% mol, như từ lớn hơn hoặc bằng 1,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 16,5% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 1,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 16,0% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 2,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 15,5% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 2,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 15,0% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 3,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 14,5% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 3,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 14,0% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 4,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 13,5% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 4,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 13,0% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 5,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 12,5% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 5,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 12,0% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 6,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 11,5% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 6,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 11,0% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 7,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 10,5% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 7,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 10,0% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 8,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 9,5% mol, hoặc từ lớn hơn hoặc bằng 8,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 9,0% mol, và tất cả các khoảng và các khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên. Theo một số phương án, hợp phần thủy tinh bao gồm MgO với lượng từ lớn hơn 0,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 17,5% mol, hoặc từ lớn hơn 0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 12,0% mol.

CaO làm giảm độ nhớt của thủy tinh, mà tăng cường khả năng chế tạo, biến dạng và mô đun Young, và có thể cải thiện khả năng trao đổi ion. Tuy nhiên, khi

quá nhiều CaO được bổ sung vào hợp phần thủy tinh, thì khối lượng riêng và CTE của hợp phần thủy tinh tăng lên. Theo các phương án thực hiện, hợp phần thủy tinh thường bao gồm CaO với nồng độ từ lớn hơn 0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 4,0% mol, và tất cả các khoảng và các khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên. Theo một số phương án, hợp phần thủy tinh bao gồm CaO với các lượng lớn hơn hoặc bằng 0,5% mol, như lớn hơn hoặc bằng 1,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 1,5% mol, lớn hơn hoặc bằng 2,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 2,5% mol, lớn hơn hoặc bằng 3,0% mol, hoặc lớn hơn hoặc bằng 3,5% mol. Theo một số phương án, hợp phần thủy tinh bao gồm CaO với các lượng nhỏ hơn hoặc bằng 3,5% mol, như nhỏ hơn hoặc bằng 3,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 2,5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 2,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 1,5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 1,0% mol, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 0,5% mol. Cần hiểu rằng, theo các phương án, khoảng bất kỳ trong số các khoảng nêu trên có thể được kết hợp với khoảng bất kỳ khác. Tuy nhiên, theo các phương án khác, hợp phần thủy tinh bao gồm CaO với lượng từ lớn hơn hoặc bằng 0,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 3,5% mol, như từ lớn hơn hoặc bằng 1,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 3,0% mol, hoặc từ lớn hơn hoặc bằng 1,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 2,5% mol, và tất cả các khoảng và các khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên.

La_2O_3 làm tăng độ bền của thủy tinh, và cũng làm tăng môđun Young và độ cứng của thủy tinh. Tuy nhiên, khi quá nhiều La_2O_3 được bổ sung vào hợp phần thủy tinh, thủy tinh trở nên dễ bị hóa mờ và khả năng sản xuất của thủy tinh bị giảm. Theo các phương án thực hiện, hợp phần thủy tinh thường bao gồm La_2O_3 với nồng độ từ lớn hơn hoặc bằng 0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 2,5% mol, và tất cả các khoảng và các khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên. Theo một số phương án, hợp phần thủy tinh bao gồm La_2O_3 với các lượng lớn hơn hoặc bằng 0,5% mol, như lớn hơn hoặc bằng 1,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 1,5% mol, hoặc lớn hơn hoặc bằng 2,0% mol. Theo một số phương án, hợp phần thủy tinh bao gồm La_2O_3 với các lượng nhỏ hơn hoặc bằng 2,0% mol, như nhỏ hơn hoặc bằng 1,5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 1,0% mol, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 0,5% mol. Cần hiểu rằng, theo các phương án, khoảng bất kỳ trong số các khoảng nêu trên có thể được kết hợp với khoảng bất kỳ khác. Tuy nhiên, theo các phương án khác, hợp phần thủy tinh bao gồm La_2O_3 với lượng từ lớn hơn hoặc bằng 0,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 2,0% mol, như từ lớn hơn hoặc bằng 1,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 1,5% mol, và tất cả các khoảng và các khoảng con nằm giữa

các giá trị nêu trên. Theo một số phương án, hợp phần thủy tinh không có hoặc hầu như không có La_2O_3 .

Y_2O_3 còn làm tăng độ bền của thủy tinh, và cũng làm tăng môđun Young và độ cứng của thủy tinh. Tuy nhiên, khi quá nhiều Y_2O_3 được bổ sung vào hợp phần thủy tinh, thủy tinh trở nên dễ bị hóa mờ và khả năng sản xuất của thủy tinh bị giảm. Theo các phương án thực hiện, hợp phần thủy tinh bao gồm Y_2O_3 , như với nồng độ từ lớn hơn hoặc bằng 0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 2,0% mol, và tất cả các khoảng và các khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên. Theo một số phương án, hợp phần thủy tinh bao gồm Y_2O_3 với các lượng lớn hơn hoặc bằng 0,5% mol, như lớn hơn hoặc bằng 1,0% mol, hoặc lớn hơn hoặc bằng 1,5% mol. Theo một số phương án, hợp phần thủy tinh bao gồm Y_2O_3 với các lượng nhỏ hơn hoặc bằng 1,5% mol, như nhỏ hơn hoặc bằng 1,0% mol, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 0,5% mol. Cần hiểu rằng, theo các phương án, khoảng bất kỳ trong số các khoảng nêu trên có thể được kết hợp với khoảng bất kỳ khác. Tuy nhiên, theo các phương án khác, hợp phần thủy tinh bao gồm Y_2O_3 với lượng từ lớn hơn hoặc bằng 0,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 1,5% mol. Theo một số phương án, hợp phần thủy tinh không có hoặc hầu như không có Y_2O_3 .

TiO_2 cũng góp phần làm tăng độ bền của thủy tinh, đồng thời làm mềm thủy tinh. Tuy nhiên, khi quá nhiều TiO_2 được bổ sung vào hợp phần thủy tinh, thủy tinh trở nên dễ bị hóa mờ và có màu sắc không mong muốn. Theo các phương án thực hiện, hợp phần thủy tinh bao gồm TiO_2 , như với nồng độ từ lớn hơn hoặc bằng 0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 2,0% mol, và tất cả các khoảng và các khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên. Theo một số phương án, hợp phần thủy tinh bao gồm TiO_2 với các lượng lớn hơn hoặc bằng 0,5% mol, như lớn hơn hoặc bằng 1,0% mol, hoặc lớn hơn hoặc bằng 1,5% mol. Theo một số phương án, hợp phần thủy tinh bao gồm TiO_2 với các lượng nhỏ hơn hoặc bằng 1,5% mol, như nhỏ hơn hoặc bằng 1,0% mol, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 0,5% mol. Cần hiểu rằng, theo các phương án, khoảng bất kỳ trong số các khoảng nêu trên có thể được kết hợp với khoảng bất kỳ khác. Tuy nhiên, theo các phương án khác, hợp phần thủy tinh bao gồm TiO_2 với lượng từ lớn hơn hoặc bằng 0,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 1,5% mol. Theo một số phương án, hợp phần thủy tinh không có hoặc hầu như không có TiO_2 .

ZrO_2 góp phần vào độ cứng của thủy tinh. Tuy nhiên, khi quá nhiều ZrO_2 được bổ sung vào hợp phần thủy tinh, các tạp chất ziricon không mong muốn có thể được hình thành trong thủy tinh ít nhất một phần do độ hòa tan thấp của ZrO_2 trong thủy tinh. Theo các phương án thực hiện, hợp phần thủy tinh bao gồm ZrO_2 , như với nồng độ từ lớn hơn hoặc bằng 0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 2,5% mol, và tất cả các khoảng và các khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên. Theo một số phương án, hợp phần thủy tinh bao gồm ZrO_2 với các lượng lớn hơn hoặc bằng 0,5% mol, như lớn hơn hoặc bằng 1,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 1,5% mol, hoặc lớn hơn hoặc bằng 2,0% mol. Theo một số phương án, hợp phần thủy tinh bao gồm La_2O_3 với các lượng nhỏ hơn hoặc bằng 2,0% mol, như nhỏ hơn hoặc bằng 1,5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 1,0% mol, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 0,5% mol. Cần hiểu rằng, theo các phương án, khoảng bất kỳ trong số các khoảng nêu trên có thể được kết hợp với khoảng bất kỳ khác. Tuy nhiên, theo các phương án khác, hợp phần thủy tinh bao gồm ZrO_2 với lượng từ lớn hơn hoặc bằng 0,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 2,0% mol, như từ lớn hơn hoặc bằng 1,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 1,5% mol, và tất cả các khoảng và các khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên. Theo một số phương án, hợp phần thủy tinh không có hoặc hầu như không có ZrO_2 .

SrO làm giảm nhiệt độ đường lỏng của hợp phần thủy tinh được mô tả ở đây. Theo các phương án thực hiện, hợp phần thủy tinh có thể bao gồm SrO với các lượng từ lớn hơn hoặc bằng 0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 1,0% mol, như từ lớn hơn hoặc bằng 0,2% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,8% mol, hoặc từ lớn hơn hoặc bằng 0,4% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,6% mol, và tất cả các khoảng và các khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên. Theo một số phương án, hợp phần thủy tinh có thể bao gồm SrO với các lượng lớn hơn hoặc bằng 0,2% mol, như lớn hơn hoặc bằng 0,4% mol, lớn hơn hoặc bằng 0,6% mol, hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,8% mol. Theo một số phương án, hợp phần thủy tinh có thể bao gồm SrO với các lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,8% mol, như nhỏ hơn hoặc bằng 0,6% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 0,4% mol, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 0,2% mol. Theo một số phương án, hợp phần thủy tinh có thể không có hoặc hầu như không có SrO . Cần hiểu rằng, theo các phương án, khoảng bất kỳ trong số các khoảng nêu trên có thể được kết hợp với khoảng bất kỳ khác.

Theo các phương án thực hiện, hợp phần thủy tinh có thể không có hoặc hầu như không có P_2O_5 . Không mong muốn là, việc đưa P_2O_5 vào hợp phần thủy tinh có

thể làm giảm khả năng nóng chảy và khả năng chế tạo của hợp phần thủy tinh, do đó làm giảm khả năng sản xuất của hợp phần thủy tinh. Các hợp phần thủy tinh được dự định để gia cường trao đổi ion có thể bao gồm P_2O_5 để tăng cường tốc độ xử lý trao đổi ion, như bằng cách làm giảm thời gian xử lý trao đổi ion cần thiết để tạo ra ứng suất nén hoặc độ sâu nén mong muốn. Không cần thiết phải bao gồm P_2O_5 trong hợp phần thủy tinh được mô tả ở đây để đạt được hiệu suất trao đổi ion mong muốn. Vì lý do này, P_2O_5 có thể được loại trừ khỏi hợp phần thủy tinh để tránh tác động tiêu cực đến khả năng sản xuất của hợp phần thủy tinh trong khi vẫn duy trì hiệu suất trao đổi ion mong muốn. Theo một số phương án, hợp phần thủy tinh có thể bao gồm P_2O_5 , như với các lượng lớn hơn hoặc bằng 0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 5% mol.

Theo các phương án thực hiện, hợp phần thủy tinh có thể tùy ý bao gồm một hoặc nhiều tác nhân tinh chế. Theo một số phương án thực hiện, các tác nhân tinh chế có thể bao gồm, ví dụ, SnO_2 . Theo các phương án thực hiện này, SnO_2 có thể có mặt trong hợp phần thủy tinh với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,2% mol, như từ lớn hơn hoặc bằng 0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,1% mol, và tất cả các khoảng giá trị và các khoảng giá trị con giữa các giá trị nêu trên. Theo các phương án khác, SnO_2 có thể có mặt trong hợp phần thủy tinh với lượng từ lớn hơn hoặc bằng 0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,2% mol, hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,1% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,2% mol, và tất cả các khoảng và các khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên. Theo một số phương án, hợp phần thủy tinh có thể không có hoặc hầu như không có SnO_2 .

Theo các phương án thực hiện, hợp phần thủy tinh có thể hầu như không chứa một hoặc cả hai thành phần trong số arsen và antimon. Theo các phương án khác, hợp phần thủy tinh có thể không chứa một hoặc cả hai thành phần trong số arsen và antimon.

Ngoài các thành phần riêng lẻ ở trên, hợp phần thủy tinh theo các phương án được mô tả ở đây có thể được đặc trưng bởi nồng độ của các thành phần cường độ trường cao có trong đó. Các thành phần cường độ trường cao này góp phần vào độ bền của thủy tinh và cũng làm tăng độ cứng của thủy tinh. Như được sử dụng ở đây, thuật ngữ "thành phần cường độ trường cao" đề cập đến nhóm bao gồm Al_2O_3 , MgO , Li_2O , ZrO_2 , La_2O_3 , và Y_2O_3 . Nếu nồng độ của các thành phần cường độ trường cao trong thủy tinh quá thấp, độ bền của thủy tinh sẽ giảm không mong muốn và có thể không

đạt được độ bền chống nứt vỡ mong muốn. Ngoài ra, khi nồng độ của các thành phần cường độ trường cao trong thủy tinh quá cao, khả năng sản xuất của thủy tinh có thể bị giảm không mong muốn. Theo các phương án thực hiện, hợp phần thủy tinh có thể bao gồm $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} + \text{Li}_2\text{O} + \text{ZrO}_2 + \text{La}_2\text{O}_3 + \text{Y}_2\text{O}_3$ với nồng độ từ lớn hơn 23,0% mol đến nhỏ hơn 50,0% mol, và tất cả các khoảng và các khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên. Theo một số phương án, hợp phần thủy tinh có thể bao gồm $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} + \text{Li}_2\text{O} + \text{ZrO}_2 + \text{La}_2\text{O}_3 + \text{Y}_2\text{O}_3$ với nồng độ lớn hơn hoặc bằng 23,5% mol, như lớn hơn hoặc bằng 24,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 25,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 26,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 27,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 28,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 29,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 30,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 31,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 32,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 33,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 34,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 35,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 36,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 37,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 38,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 39,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 40,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 41,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 42,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 43,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 44,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 45,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 46,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 47,0% mol, lớn hơn hoặc bằng 48,0% mol, hoặc lớn hơn hoặc bằng 49,0% mol. Theo một số phương án, hợp phần thủy tinh có thể bao gồm $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} + \text{Li}_2\text{O} + \text{ZrO}_2 + \text{La}_2\text{O}_3 + \text{Y}_2\text{O}_3$ với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 49,5% mol, như nhỏ hơn hoặc bằng 49,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 48,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 47,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 46,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 45,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 44,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 43,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 42,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 41,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 40,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 39,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 38,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 37,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 36,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 35,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 34,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 33,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 32,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 31,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 30,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 29,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 28,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 27,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 26,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng 25,0% mol, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 24,0% mol. Cần hiểu rằng, theo các phương án, khoảng bất kỳ trong số các khoảng nêu trên có thể được kết hợp với khoảng bất kỳ khác. Tuy nhiên, theo các phương án khác, hợp phần thủy tinh bao gồm $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} + \text{Li}_2\text{O} + \text{ZrO}_2 + \text{La}_2\text{O}_3 + \text{Y}_2\text{O}_3$ với nồng độ từ lớn hơn hoặc bằng 23,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 49,5% mol, như

từ lớn hơn hoặc bằng 24,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 49,0% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 25,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 48,0% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 26,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 47,0% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 27,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 46,0% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 28,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 45,0% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 29,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 44,0% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 30,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 43,0% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 31,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 42,0% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 32,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 41,0% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 33,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 40,0% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 34,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 39,0% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 35,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 38,0% mol, hoặc từ lớn hơn hoặc bằng 36,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 37,0% mol, và tất cả các khoảng và các khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên. Theo một số phương án, hợp phần thủy tinh bao gồm $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} + \text{Li}_2\text{O} + \text{ZrO}_2 + \text{La}_2\text{O}_3 + \text{Y}_2\text{O}_3$ với nồng độ từ lớn hơn hoặc bằng 25,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 46,0% mol.

Theo các phương án thực hiện, mối quan hệ giữa $(\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{MgO})/\text{Al}_2\text{O}_3$ là từ lớn hơn hoặc bằng 0,90 đến nhỏ hơn 1,30, trong đó mỗi nồng độ thành phần tính theo % mol. Mối quan hệ này duy trì khả năng nóng chảy của hợp phần thủy tinh, cho phép cải thiện khả năng sản xuất. Trong mối quan hệ này, nồng độ Al_2O_3 của hợp phần thủy tinh được cân bằng với các thành phần cải thiện khả năng sản xuất của thủy tinh. Al_2O_3 là một trong những chất đóng góp mạnh nhất vào độ bền của thủy tinh nhưng cũng làm giảm khả năng sản xuất của thủy tinh. Bằng cách làm cân bằng ảnh hưởng của Al_2O_3 so với tổng hàm lượng $\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{MgO}$, mỗi chất trong số đó cải thiện khả năng sản xuất của thủy tinh, hợp phần thủy tinh tạo ra độ bền chống nứt vỡ cao và khả năng sản xuất mong muốn. Theo một số phương án, tỷ lệ của $(\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{MgO})/\text{Al}_2\text{O}_3$ lớn hơn hoặc bằng 0,95, như lớn hơn hoặc bằng 1,00, lớn hơn hoặc bằng 1,05, lớn hơn hoặc bằng 1,10, lớn hơn hoặc bằng 1,15, lớn hơn hoặc bằng 1,20, hoặc lớn hơn hoặc bằng 1,25. Theo một số phương án, tỷ lệ của $(\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{MgO})/\text{Al}_2\text{O}_3$ nhỏ hơn hoặc bằng 1,25, như nhỏ hơn hoặc bằng 1,20, nhỏ hơn hoặc bằng 1,15, nhỏ hơn hoặc bằng 1,10, nhỏ hơn hoặc bằng 1,05, nhỏ hơn hoặc bằng 1,00, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 0,95. Cần hiểu rằng, trong các phương án thực hiện, khoảng giá trị bất kỳ trong số các khoảng giá trị nêu trên có thể được kết hợp với khoảng bất kỳ khác. Tuy nhiên, theo các phương án khác, tỷ lệ của

$(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{MgO})/\text{Al}_2\text{O}_3$ là từ lớn hơn hoặc bằng 0,95 đến nhỏ hơn hoặc bằng 1,25, như từ lớn hơn hoặc bằng 1,00 đến nhỏ hơn hoặc bằng 1,20, hoặc từ lớn hơn hoặc bằng 1,05 đến nhỏ hơn hoặc bằng 1,15, và tất cả các khoảng và các khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên. Theo một số phương án, tỷ lệ của $(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{MgO})/\text{Al}_2\text{O}_3$ là từ lớn hơn 0,90 đến nhỏ hơn hoặc bằng 1,00.

Theo các phương án thực hiện, thủy tinh được mô tả ở đây cũng có thể được đặc trưng bởi giá trị của công thức I, dưới đây:

Công thức I = $5,631 + 0,148 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 + 0,142 \cdot \text{B}_2\text{O}_3 - 0,062 \cdot \text{CaO} - 0,188 \cdot \text{K}_2\text{O} + 0,030 \cdot \text{MgO} - 0,099 \cdot \text{Na}_2\text{O} - 0,043 \cdot \text{Li}_2\text{O} - 0,188 \cdot \text{P}_2\text{O}_5 + 0,020 \cdot \text{ZnO} - 0,062 \cdot \text{SrO} + 0,200 \cdot \text{ZrO}_2$ trong đó lượng của mỗi thành phần tính theo % mol. Giá trị của công thức I tỷ lệ thuận với độ bền chống nứt vỡ. Theo các phương án thực hiện, thủy tinh được mô tả ở đây mà có độ bền chống nứt vỡ mong muốn có giá trị của công thức I lớn hơn hoặc bằng 6,5, như lớn hơn hoặc bằng 7,0, lớn hơn hoặc bằng 7,5, lớn hơn hoặc bằng 8,0, lớn hơn hoặc bằng 8,5, hoặc lớn hơn hoặc bằng 9,0. Theo các phương án thực hiện, thủy tinh có thể có giá trị của công thức I lớn hơn hoặc bằng 6,5 đến nhỏ hơn hoặc bằng 9,5, như lớn hơn hoặc bằng 7,0 đến nhỏ hơn hoặc bằng 9,0, lớn hơn hoặc bằng 7,5 đến nhỏ hơn hoặc bằng 8,5, bằng 8,0, hoặc bất kỳ và tất cả các khoảng giá trị con được tạo ra từ các điểm đầu mút bất kỳ này.

Các tính chất vật lý của các hợp phần thủy tinh nhôm silicat kiềm như được mô tả ở trên sẽ được thảo luận. Các tính chất vật lý này có thể đạt được bằng cách biến đổi các lượng thành phần của hợp phần thủy tinh nhôm silicat chứa kiềm, như sẽ được thảo luận chi tiết hơn với tham khảo tới các ví dụ.

Hợp phần thủy tinh theo các phương án có độ bền chống nứt vỡ cao. Không muốn bị ràng buộc bởi lý thuyết cụ thể bất kỳ, độ bền chống nứt vỡ cao có thể mang lại đặc tính thả rơi được cải thiện cho các hợp phần thủy tinh. Độ bền chống nứt vỡ đề cập đến giá trị K_{IC} , và được đo bằng phương pháp thanh ngắn được cắt khắc hình chữ V hoặc phương pháp xoắn kép. Phương pháp thanh ngắn được cắt khắc hình chữ V (chevron notched short bar-CNSB) được sử dụng để đo giá trị K_{IC} được mô tả trong tài liệu của Reddy, K.P.R. et al, "Fracture Toughness Measurement of Glass and Ceramic Materials Using Chevron-Notched Specimens," J. Am. Ceram. Soc., 71 [6], C-310-C-313 (1988) ngoại trừ Y_m^* được tính toán bằng cách sử dụng phương trình 5 của

Bubsey, R.T. et al., "Closed-Form Expressions for Crack-Mouth Displacement and Stress Intensity Factors for Chevron-Notched Short Bar and Short Rod Specimens Based on Experimental Compliance Measurements," NASA Technical Memorandum 83796, pp. 1-30 (October 1992). Phương pháp xoắn kép và cố định được sử dụng để đo giá trị K_{IC} được mô tả trong tài liệu của Shyam, A. và Lara-Curzio, E., "The double-torsion testing technique for determination of fracture toughness and slow crack growth of materials: A review," J. Mater. Sci., 41, pp. 4093-4104, (2006). Phương pháp đo độ xoắn kép thường tạo ra giá trị K_{IC} cao hơn một chút so với phương pháp thanh ngắn được cắt khắc hình chữ V. Ngoài ra, các giá trị K_{IC} được đo trên các vật phẩm thủy tinh không được gia cường, như đo giá trị K_{IC} trước khi trao đổi ion trên vật phẩm thủy tinh.

Theo một số phương án, hợp phần thủy tinh có giá trị K_{IC} được đo bằng phương pháp CNSB ít nhất là 0,75, như ít nhất là 0,76, ít nhất là 0,77, ít nhất là 0,78, ít nhất là 0,79, ít nhất là 0,80, ít nhất là 0,81, ít nhất là 0,82, ít nhất là 0,83, ít nhất là 0,84, ít nhất là 0,85, ít nhất là 0,86, ít nhất là 0,87, ít nhất là 0,88, ít nhất là 0,89, ít nhất là 0,90, ít nhất là 0,91, ít nhất là 0,92, ít nhất là 0,93 ít nhất là 0,94, ít nhất là 0,95, hoặc ít nhất là 0,96. Theo các phương án thực hiện, hợp phần thủy tinh có giá trị K_{IC} được đo bằng phương pháp CNSB từ lớn hơn hoặc bằng 0,75 đến nhỏ hơn hoặc bằng 1,00, như từ lớn hơn hoặc bằng 0,76 đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,99, từ lớn hơn hoặc bằng 0,77 đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,98, từ lớn hơn hoặc bằng 0,78 đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,97, từ lớn hơn hoặc bằng 0,79 đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,96, từ lớn hơn hoặc bằng 0,80 đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,95, từ lớn hơn hoặc bằng 0,81 đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,94, từ lớn hơn hoặc bằng 0,82 đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,93, từ lớn hơn hoặc bằng 0,83 đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,92, từ lớn hơn hoặc bằng 0,84 đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,91, từ lớn hơn hoặc bằng 0,85 đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,90, từ lớn hơn hoặc bằng 0,86 đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,89, hoặc từ lớn hơn hoặc bằng 0,87 đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,88, và tất cả các khoảng và các khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên.

Theo một số phương án, hợp phần thủy tinh có giá trị K_{IC} được đo bằng phương pháp xoắn kép ít nhất là 0,80, như ít nhất là 0,81, ít nhất là 0,82, ít nhất là 0,83, ít nhất là 0,84, ít nhất là 0,85, ít nhất là 0,86, ít nhất là 0,87, ít nhất là 0,88, ít nhất là 0,89, ít nhất là 0,90, ít nhất là 0,91, ít nhất là 0,92, ít nhất là 0,93 ít nhất là 0,94, ít nhất là 0,95, ít nhất là 0,96, ít nhất là 0,97, ít nhất là 0,98, ít nhất là 0,99, ít nhất là 1,00, ít nhất là

1,01, ít nhất là 1,02, ít nhất là 1,03, ít nhất là 1,04, ít nhất là 1,05, ít nhất là 1,06, ít nhất là 1,07, ít nhất là 1,08, ít nhất là 1,09, ít nhất là 1,10, ít nhất là 1,11, ít nhất là 1,12, ít nhất là 1,13, ít nhất là 1,14, hoặc ít nhất là 1,15. Theo các phương án thực hiện, hợp phần thủy tinh có giá trị K_{IC} được đo bằng phương pháp xoắn kép từ lớn hơn hoặc bằng 0,80 đến nhỏ hơn hoặc bằng 1,20, như từ lớn hơn hoặc bằng 0,81 đến nhỏ hơn hoặc bằng 1,19, từ lớn hơn hoặc bằng 0,82 đến nhỏ hơn hoặc bằng 1,18, từ lớn hơn hoặc bằng 0,83 đến nhỏ hơn hoặc bằng 1,17, từ lớn hơn hoặc bằng 0,84 đến nhỏ hơn hoặc bằng 1,16, từ lớn hơn hoặc bằng 0,85 đến nhỏ hơn hoặc bằng 1,15, từ lớn hơn hoặc bằng 0,86 đến nhỏ hơn hoặc bằng 1,14, từ lớn hơn hoặc bằng 0,87 đến nhỏ hơn hoặc bằng 1,13, từ lớn hơn hoặc bằng 0,88 đến nhỏ hơn hoặc bằng 1,12, từ lớn hơn hoặc bằng 0,89 đến nhỏ hơn hoặc bằng 1,11, từ lớn hơn hoặc bằng 0,90 đến nhỏ hơn hoặc bằng 1,10, từ lớn hơn hoặc bằng 0,91 đến nhỏ hơn hoặc bằng 1,09, từ lớn hơn hoặc bằng 0,92 đến nhỏ hơn hoặc bằng 1,08, từ lớn hơn hoặc bằng 0,93 đến nhỏ hơn hoặc bằng 1,07, từ lớn hơn hoặc bằng 0,94 đến nhỏ hơn hoặc bằng 1,06, từ lớn hơn hoặc bằng 0,95 đến nhỏ hơn hoặc bằng 1,05, từ lớn hơn hoặc bằng 0,96 đến nhỏ hơn hoặc bằng 1,04, từ lớn hơn hoặc bằng 0,97 đến nhỏ hơn hoặc bằng 1,03, từ lớn hơn hoặc bằng 0,98 đến nhỏ hơn hoặc bằng 1,02, từ lớn hơn hoặc bằng 0,99 đến nhỏ hơn hoặc bằng 1,01, và tất cả các khoảng và các khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên.

Theo các phương án, độ nhót đường lõng nhỏ hơn hoặc bằng 1000 kP, chẳng hạn nhỏ hơn hoặc bằng 800 kP, nhỏ hơn hoặc bằng 600 kP, nhỏ hơn hoặc bằng 400 kP, nhỏ hơn hoặc bằng 200 kP, nhỏ hơn hoặc bằng 100 kP, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 75 kP. Theo các phương án khác, độ nhót đường lõng lớn hơn hoặc bằng 20 kP, như lớn hơn hoặc bằng 40 kP, lớn hơn hoặc bằng 60 kP, lớn hơn hoặc bằng 80 kP, lớn hơn hoặc bằng 100 kP, lớn hơn hoặc bằng 120 kP, lớn hơn hoặc bằng 140 kP, hoặc lớn hơn hoặc bằng 160 kP. Cần hiểu rằng, theo các phương án, khoảng bất kỳ trong số các khoảng nêu trên có thể được kết hợp với khoảng bất kỳ khác. Tuy nhiên, theo các phương án khác nữa, độ nhót đường lõng là từ lớn hơn hoặc bằng 20 kP đến nhỏ hơn hoặc bằng 1000 kP, như lớn hơn hoặc bằng 40 kP đến nhỏ hơn hoặc bằng 900 kP, lớn hơn hoặc bằng 60 kP đến nhỏ hơn hoặc bằng 800 kP, hoặc lớn hơn hoặc bằng 80 kP đến nhỏ hơn hoặc bằng 700 kP, và tất cả các khoảng và các khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên. Độ nhót đường lõng được xác định bằng phương pháp sau. Trước tiên, nhiệt độ đường lõng của thủy tinh được đo tuân theo tiêu chuẩn ASTM C829-81

(2015), với tiêu đề tài liệu là “Standard Practice for Measurement of Liquidus Temperature of Glass by the Gradient Furnace Method”. Tiếp theo, độ nhớt của thủy tinh ở nhiệt độ đường lỏng được đo tuân theo tiêu chuẩn ASTM C965-96 (2012), với tiêu đề tài liệu là “Standard Practice for Measuring Viscosity of Glass Above the Softening Point”.

Việc bổ sung lithi vào hợp phần thủy tinh cũng ảnh hưởng đến môđun Young, môđun trượt (G), và tỷ lệ Poisson (ν) của hợp phần thủy tinh. Theo các phương án thực hiện, môđun Young (E) của hợp phần thủy tinh có thể là từ lớn hơn hoặc bằng 75 GPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 100 GPa, như từ lớn hơn hoặc bằng 76 GPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 99 GPa, từ lớn hơn hoặc bằng 77 GPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 98 GPa, từ lớn hơn hoặc bằng 78 GPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 97 GPa, từ lớn hơn hoặc bằng 79 GPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 96 GPa, từ lớn hơn hoặc bằng 80 GPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 95 GPa, từ lớn hơn hoặc bằng 81 GPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 94 GPa, từ lớn hơn hoặc bằng 82 GPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 93 GPa, từ lớn hơn hoặc bằng 83 GPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 92 GPa, từ lớn hơn hoặc bằng 84 GPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 91 GPa, từ lớn hơn hoặc bằng 85 GPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 90 GPa, từ lớn hơn hoặc bằng 86 GPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 89 GPa, hoặc từ lớn hơn hoặc bằng 87 GPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 88 GPa, và tất cả các khoảng và các khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên. Giá trị môđun Young nêu trong sáng chế này đề cập đến giá trị được đo bằng kỹ thuật quang phổ siêu âm cộng hưởng kiểu thông thường được trình bày trong ASTM E2001-13, với tiêu đề “Standard Guide for Resonant Ultrasound Spectroscopy for Defect Detection in Both Metallic and Non-metallic Parts.”

Theo một số phương án, hợp phần thủy tinh có thể có môđun trượt (G) từ lớn hơn hoặc bằng 30 GPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 40 GPa, chẳng hạn từ lớn hơn hoặc bằng 31 GPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 39 GPa, từ lớn hơn hoặc bằng 32 GPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 38 GPa, từ lớn hơn hoặc bằng 33 GPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 37 GPa, hoặc từ lớn hơn hoặc bằng 34 GPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 36 GPa, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các giá trị nêu trên. Các giá trị môđun cắt được trích dẫn trong bản mô tả này đề cập tới giá trị được đo bởi kỹ thuật quang phổ kế cộng hưởng từ theo loại chung được nêu trong tiêu chuẩn ASTM E2001-13, có tên là “Standard Guide for Resonant Ultrasound Spectroscopy for Defect Detection in Both Metallic and Non-metallic Parts.”

Theo một số phương án, hợp phần thủy tinh có thể có tỷ lệ Poisson (ν) từ lớn hơn hoặc bằng 0,20 đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,26, như từ lớn hơn hoặc bằng 0,21 đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,25, từ lớn hơn hoặc bằng 0,22 đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,24, khoảng 0,23, và tất cả các khoảng và các khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên. Các giá trị tỷ lệ Poisson được trích dẫn trong phần mô tả này đề cập tới giá trị như được đo bởi kỹ thuật quang phổ kế cộng hưởng từ theo loại chung được nêu trong tiêu chuẩn ASTM E2001-13, có tên là “Standard Guide for Resonant Ultrasound Spectroscopy for Defect Detection in Both Metallic and Non-metallic Parts.”

Từ các hợp phần nêu trên, vật phẩm thủy tinh theo các phương án có thể được tạo ra bằng phương pháp thích hợp bất kỳ, như tạo hình qua khe, tạo hình thả nổi, quy trình cán, quy trình tạo hình nóng chảy, v.v..

Hợp phần thủy tinh và các vật phẩm được tạo ra từ đó có thể được đặc trưng bởi cách thức mà nó được tạo ra. Chẳng hạn, hợp phần thủy tinh có thể được đặc trưng là có thể tạo ra bằng phương pháp nổi (tức là, được tạo ra bằng quy trình nổi), có thể được tạo ra bằng phương pháp chuốt xuôi và, cụ thể là có thể tạo ra bằng phương pháp nung chảy hoặc chuốt qua khe (tức là, được tạo ra bằng quy trình chuốt xuôi như quy trình nung-chuốt hoặc quy trình chuốt qua khe).

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 chuốt xuôi. Các quy trình chuốt 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 chuốt 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 bằng cách sử dụng các quy trình chuốt dung hợp). Ví dụ, quy trình nung chảy sử dụng bể chuốt có kênh nhận vật liệu thô thủy tinh nóng chảy. Kênh này có các cửa tràn mở ở phần trên, dọc theo chiều dài kênh trên cả hai phía của kênh. Khi kênh nạp đầy vật liệu nóng chảy, thủy tinh nóng chảy sẽ tràn qua các cửa tràn. Nhờ trọng lực, thủy tinh nóng chảy chảy xuống các

bề mặt bên ngoài của bể chuốt dưới dạng hai màng thủy tinh chảy. Các bề mặt bên ngoài này của bể chuốt kéo dài xuống dưới và hướng vào phía trong sao cho chúng gặp nhau ở mép dưới bể chuốt. Hai màng thủy tinh chảy này gặp nhau ở mép này để nung chảy và tạo ra một vật phẩm thủy tinh chảy duy nhất. Phương pháp chuốt dung hợp 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 chuốt dung hợp 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 chuốt qua khe. Quy trình chuốt qua khe khác với quy trình chuốt dung hợp. Trong các quy trình chuốt qua khe, vật liệu thủy tinh thô nóng chảy được cấp vào bể chuốt. Đáy của bể chuốt có khe mở với miệng kéo dài theo độ dài của khe này. Thủy tinh nóng chảy chảy qua khe/vòi và được chuốt xuôi xuống dưới dạng vật phẩm thủy tinh liên tục và chuyển vào vùng ủ.

Theo một hoặc nhiều phương án, vật phẩm thủy tinh được mô tả ở đây có thể thể hiện vi cấu trúc vô định hình và có thể hầu như 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.

Như được đề cập ở trên, theo các phương án thực hiện, các hợp phần thủy tinh nhôm silicat chứa kiềm có thể được gia cường, như bởi việc trao đổi ion, làm cho thủy tinh có khả năng chống lại phá hủy cho các ứng dụng như, nhưng không hạn chế ở, thủy tinh cho các phần che phủ thủy tinh. Tham chiếu đến Fig.1, thủy tinh có vùng thứ nhất chịu ứng suất nén (ví dụ, các lớp nén thứ nhất và thứ hai **120**, **122** trên Fig.1) kéo dài từ bề mặt đến độ sâu của lực nén (DOC) của thủy tinh và vùng thứ hai (ví dụ, vùng trung tâm **130** trên Fig.1) chịu ứng suất kéo hoặc ứng suất kéo trung tâm tối đa (CT) kéo dài từ DOC vào trong vùng trung tâm hoặc vùng bên trong của thủy tinh. Như được sử dụng ở đây, DOC đề cập tới độ sâu mà tại đó ứng suất nằm trong vật phẩm thủy tinh thay đổi từ nén thành kéo. Tại DOC, ứng suất vượt từ ứng suất dương (nén) tới ứng suất âm (kéo) và do đó thể hiện giá trị ứng suất bằng không.

Theo cách thông thường được sử dụng trong tình trạng kỹ thuật của sáng chế, việc nén hoặc ứng suất nén được biểu diễn như là ứng suất âm (< 0) và việc căng hoặc

ứng suất kéo được biểu diễn là ứng suất dương (> 0). Tuy nhiên, trong toàn bộ phần mô tả này, CS được biểu thị bằng giá trị dương hoặc giá trị tuyệt đối— tức là, khi được nêu trong bản mô tả, $CS = |CS|$. Ứng suất nén (CS) có giá trị tối đa tại bề mặt của thủy tinh, và CS thay đổi với khoảng cách d từ bề mặt theo một hàm số. Tham chiếu lại đến Fig.1, đoạn thứ nhất **120** kéo dài từ bề mặt thứ nhất **110** đến độ sâu d_1 và đoạn thứ hai **122** kéo dài từ bề mặt thứ hai **112** đến độ sâu d_2 . Cùng với nhau, các đoạn này xác định việc nén hoặc CS của thủy tinh **100**. Ứng suất nén (bao gồm CS bề mặt) được đo bằng dụng cụ đo ứng suất bề mặt (máy đo ứng suất bề mặt - FSM) sử dụng các thiết bị sẵn có trên thị trường như FSM-6000 do Orihara Industrial Co., Ltd. (Japan) sản xuất. Các số đo ứng suất bề mặt phụ thuộc vào phép đo chính xác của hệ số quang ứng suất (stress optical coefficient - SOC), vốn liên quan tới tính lưỡng chiết quang của thủy tinh. Để lược nó, SOC được đo theo Quy trình C (Phương pháp đĩa thủy tinh - Glass Disc Method) được mô tả trong tiêu chuẩn ASTM C770-16, với tiêu đề “Standard Test Method for Measurement of Glass Stress-Optical Coefficient,” nội dung của nó được hợp nhất toàn bộ vào bản mô tả này bằng cách viện dẫn.

Theo một số phương án, CS của vật phẩm thủy tinh này là từ lớn hơn hoặc bằng 400 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 800 MPa, như từ lớn hơn hoặc bằng 425 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 775 MPa, từ lớn hơn hoặc bằng 450 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 750 MPa, từ lớn hơn hoặc bằng 475 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 725 MPa, từ lớn hơn hoặc bằng 500 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 700 MPa, từ lớn hơn hoặc bằng 525 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 675 MPa, từ lớn hơn hoặc bằng 550 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 650 MPa, hoặc từ lớn hơn hoặc bằng 575 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 625 MPa, và tất cả các khoảng và các khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên.

Theo một hoặc nhiều phương án, các ion Na^+ và K^+ được trao đổi vào trong vật phẩm thủy tinh và các ion Na^+ khuếch tán vào độ sâu sâu hơn vào trong vật phẩm thủy tinh hơn các ion K^+ . Chiều sâu thẩm của các ion K^+ (“DOL kali”) được phân biệt với DOC do nó đại diện cho chiều sâu thẩm kali là kết quả của quá trình trao đổi ion. DOL kali thường nhỏ hơn DOC của các vật phẩm được mô tả ở đây. DOL kali được đo bằng cách sử dụng máy đo ứng suất bề mặt chẳng hạn máy đo ứng suất bề mặt FSM-6000 có bán trên thị trường, do Orihara Industrial Co., Ltd. (Japan) sản xuất, mà dựa trên việc đo chính xác hệ số ứng suất quang (SOC), như được mô tả ở trên với việc tham khảo việc đo CS. DOL kali của mỗi lớp trong số các lớp nén thứ nhất và thứ hai

120, 122 từ lớn hơn hoặc bằng 5 μm đến nhỏ hơn hoặc bằng 30 μm , chẳng hạn từ lớn hơn hoặc bằng 6 μm đến nhỏ hơn hoặc bằng 25 μm , từ lớn hơn hoặc bằng 7 μm đến nhỏ hơn hoặc bằng 20 μm , từ lớn hơn hoặc bằng 8 μm đến nhỏ hơn hoặc bằng 15 μm , hoặc từ lớn hơn hoặc bằng 9 μm đến nhỏ hơn hoặc bằng 10 μm , và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các giá trị nêu trên. Theo các phương án khác, DOL kali của mỗi lớp trong số lớp nén thứ nhất và thứ hai **120, 122** là từ lớn hơn hoặc bằng 6 μm đến nhỏ hơn hoặc bằng 30 μm , như từ lớn hơn hoặc bằng 10 μm đến nhỏ hơn hoặc bằng 30 μm , từ lớn hơn hoặc bằng 15 μm đến nhỏ hơn hoặc bằng 30 μm , từ lớn hơn hoặc bằng 20 μm đến nhỏ hơn hoặc bằng 30 μm , hoặc từ lớn hơn hoặc bằng 25 μm đến nhỏ hơn hoặc bằng 30 μm , và tất cả các khoảng và các khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên. Theo các phương án khác nữa, DOL kali của mỗi lớp trong số lớp nén thứ nhất và thứ hai **120, 122** là từ lớn hơn hoặc bằng 5 μm đến nhỏ hơn hoặc bằng 25 μm , như từ lớn hơn hoặc bằng 5 μm đến nhỏ hơn hoặc bằng 20 μm , từ lớn hơn hoặc bằng 5 μm đến nhỏ hơn hoặc bằng 15 μm , hoặc từ lớn hơn hoặc bằng 5 μm đến nhỏ hơn hoặc bằng 10 μm , và tất cả các khoảng và các khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên.

Ứng suất nén của cả hai bề mặt chính (**110, 112** trên Fig.1) được làm cân bằng bằng lực kéo căng dự trữ trong vùng trung tâm (**130**) của thủy tinh. Ứng suất kéo trung tâm tối đa (CT) và các giá trị DOC được đo nhờ sử dụng kỹ thuật nghiệm phân cực ánh sáng tán xạ (scattered light polariscope-SCALP) đã biết trong lĩnh vực kỹ thuật này. Phương pháp trường gần khúc xạ (Refracted near-field - RNF) hoặc SCALP có thể được sử dụng để đo biên dạng ứng suất. Khi phương pháp RNF được sử dụng để đo biên dạng ứng suất, giá trị CT tối đa được tạo ra bởi SCALP được sử dụng trong phương pháp RNF. Cụ thể là, biên dạng ứng suất được đo bởi RNF được cân bằng lực và được hiệu chỉnh đến giá trị CT tối đa được cấp 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 của glass sample”, được kết hợp ở đây bằng cách viện dẫn toàn bộ. Cụ thể là, phương pháp RNF bao gồm bước đặt vật phẩm thủy tinh liền kề với khối tham chiếu, tạo ra chùm ánh sáng chuyển phân cực mà được chuyển đổi giữa các phân cực trực giao ở tần số nằm trong khoảng 1 Hz và 50 Hz, bước 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 công suất được đo trong mỗi phân cực trong số

các phân cực trực giao bằng 50% của nhau. Phương pháp này còn bao gồm các bước truyền chùm ánh sáng chuyển phân cực qua mẫu thủy tinh và khôi mẫu cho các độ sâu khác nhau vào trong mẫu thủy tinh, sau đó chuyển tiếp chùm ánh sáng chuyển phân cực đã được truyền đến đầu dò quang tín hiệu nhờ sử dụng hệ thống quang chuyển tiếp, với đầu dò quang tín hiệu tạo ra tín hiệu dò chuyển 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.

Theo các phương án thực hiện, vật phẩm thủy tinh có thể có CT tối đa lớn hơn hoặc bằng 60 MPa, như lớn hơn hoặc bằng 70 MPa, lớn hơn hoặc bằng 80 MPa, lớn hơn hoặc bằng 90 MPa, lớn hơn hoặc bằng 100 MPa, lớn hơn hoặc bằng 110 MPa, lớn hơn hoặc bằng 120 MPa, lớn hơn hoặc bằng 130 MPa, lớn hơn hoặc bằng 140 MPa, hoặc lớn hơn hoặc bằng 150 MPa, và tất cả các khoảng và các khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên. Theo một số phương án, vật phẩm thủy tinh có thể có CT tối đa nhỏ hơn hoặc bằng 200 MPa, như nhỏ hơn hoặc bằng 190 MPa, nhỏ hơn hoặc bằng 180 MPa, nhỏ hơn hoặc bằng 170 MPa, nhỏ hơn hoặc bằng 160 MPa, nhỏ hơn hoặc bằng 150 MPa, nhỏ hơn hoặc bằng 140 MPa, nhỏ hơn hoặc bằng 130 MPa, nhỏ hơn hoặc bằng 120 MPa, nhỏ hơn hoặc bằng 110 MPa, nhỏ hơn hoặc bằng 100 MPa, nhỏ hơn hoặc bằng 90 MPa, nhỏ hơn hoặc bằng 85 MPa, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 80 MPa, và tất cả các khoảng và các khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên. Cần hiểu rằng, theo các phương án, khoảng bất kỳ trong số các khoảng nêu trên có thể được kết hợp với khoảng bất kỳ khác. Tuy nhiên, theo các phương án khác, vật phẩm thủy tinh có thể có CT tối đa từ lớn hơn hoặc bằng 60 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 200 MPa, như từ lớn hơn hoặc bằng 70 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 190 MPa, từ lớn hơn hoặc bằng 80 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 180 MPa, từ lớn hơn hoặc bằng 90 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 170 MPa, từ lớn hơn hoặc bằng 100 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 160 MPa, từ lớn hơn hoặc bằng 110 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 150 MPa, hoặc từ lớn hơn hoặc bằng 120 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 140 MPa, và tất cả các khoảng và các khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên.

Như đã nêu trên, DOC được đo bằng cách sử dụng kỹ thuật nghiệm phân cực ánh sáng tán xạ (SCALP) đã biết trong lĩnh vực kỹ thuật này. DOC được cung cấp trong một số phương án trong bản mô tả này là tỷ lệ của độ dày (t) của vật phẩm thủy

ting. Theo các phương án thực hiện, vật phẩm thủy tinh có thể có độ sâu nén (DOC) từ lớn hơn hoặc bằng 0,15t đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,25t, như từ lớn hơn hoặc bằng 0,18t đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,22t, hoặc từ lớn hơn hoặc bằng 0,19t đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,21t, và tất cả các khoảng và các khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên. Theo các phương án khác, vật phẩm thủy tinh có thể có DOC từ lớn hơn hoặc bằng 0,16 đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,2t, như từ lớn hơn hoặc bằng 0,17t đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,25t, từ lớn hơn hoặc bằng 0,18t đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,25t, từ lớn hơn hoặc bằng 0,19t đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,25t, từ lớn hơn hoặc bằng 0,20t đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,25t, từ lớn hơn hoặc bằng 0,21t đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,25t, từ lớn hơn hoặc bằng 0,22t đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,25t, từ lớn hơn hoặc bằng 0,23t đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,25t, hoặc từ lớn hơn hoặc bằng 0,24t đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,25t, và tất cả các khoảng và các khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên. Theo các phương án khác nữa, vật phẩm thủy tinh có thể có DOC từ lớn hơn hoặc bằng 0,15t đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,24t, như từ lớn hơn hoặc bằng 0,15t đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,23t, từ lớn hơn hoặc bằng 0,15t đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,22t, từ lớn hơn hoặc bằng 0,15t đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,21t, từ lớn hơn hoặc bằng 0,15t đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,20t, từ lớn hơn hoặc bằng 0,15t đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,19t, từ lớn hơn hoặc bằng 0,15t đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,18t, từ lớn hơn hoặc bằng 0,15t đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,17t, hoặc từ lớn hơn hoặc bằng 0,15t đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,16t, và tất cả các khoảng và các khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên. Theo một số phương án, vật phẩm thủy tinh có thể có DOC ít nhất là 0,20t.

Các lớp ứng suất nén có thể được tạo ra trong thủy tinh bằng cách cho thủy tinh tiếp xúc với dung dịch trao đổi ion. Theo các phương án thực hiện, dung dịch trao đổi ion có thể là muối nitrat nóng chảy. Theo một số phương án thực hiện, dung dịch trao đổi ion có thể là KNO_3 nóng chảy, NaNO_3 nóng chảy, hoặc các tổ hợp của chúng. Theo các phương án nhất định, dung dịch trao đổi ion có thể bao gồm nhỏ hơn khoảng 95% KNO_3 nóng chảy, như nhỏ hơn khoảng 90% KNO_3 nóng chảy, nhỏ hơn khoảng 80% KNO_3 nóng chảy, nhỏ hơn khoảng 70% KNO_3 nóng chảy, nhỏ hơn khoảng 60% KNO_3 nóng chảy, hoặc nhỏ hơn khoảng 50% KNO_3 nóng chảy. Theo các phương án nhất định, dung dịch trao đổi ion có thể bao gồm ít nhất khoảng 5% NaNO_3 nóng chảy, như ít nhất khoảng 10% NaNO_3 nóng chảy, ít nhất khoảng 20% NaNO_3 nóng chảy, ít nhất khoảng 30% NaNO_3 nóng chảy, hoặc ít nhất khoảng 40% NaNO_3 nóng chảy.

Theo các phương án khác, dung dịch trao đổi ion có thể bao gồm khoảng 95% KNO_3 nóng chảy và khoảng 5% NaNO_3 nóng chảy, khoảng 94% KNO_3 nóng chảy và khoảng 6% NaNO_3 nóng chảy, khoảng 93% KNO_3 nóng chảy và khoảng 7% NaNO_3 nóng chảy, khoảng 80% KNO_3 nóng chảy và khoảng 20% NaNO_3 nóng chảy, khoảng 75% KNO_3 nóng chảy và khoảng 25% NaNO_3 nóng chảy, khoảng 70% KNO_3 nóng chảy và khoảng 30% NaNO_3 nóng chảy, khoảng 65% KNO_3 nóng chảy và khoảng 35% NaNO_3 nóng chảy, hoặc khoảng 60% KNO_3 nóng chảy và khoảng 40% NaNO_3 nóng chảy, và tất cả các khoảng và các khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên. Theo các phương án, các muối natri và kali khác có thể được sử dụng trong dung dịch trao đổi ion, như, ví dụ, natri hoặc kali nitrit, phosphat, hoặc sulfat. Theo một số phương án, dung dịch trao đổi ion có thể bao gồm muối lithi, chẳng hạn LiNO_3 .

Hợp phần thủy tinh có thể được tiếp xúc với dung dịch trao đổi ion bằng cách nhúng vật phẩm thủy tinh được tạo thành từ hợp phần thủy tinh vào trong bể của dung dịch trao đổi ion, phun dung dịch trao đổi ion lên trên vật phẩm thủy tinh được tạo ra từ hợp phần thủy tinh, hoặc theo cách khác là áp dụng theo cách vật lý dung dịch trao đổi ion vào vật phẩm thủy tinh được tạo thành từ hợp phần thủy tinh. Khi tiếp xúc với hợp phần thủy tinh, dung dịch trao đổi ion có thể, theo các phương án thực hiện, ở nhiệt độ từ lớn hơn hoặc bằng 400 °C tới nhỏ hơn hoặc bằng 500 °C, như từ lớn hơn hoặc bằng 410 °C tới nhỏ hơn hoặc bằng 490 °C, từ lớn hơn hoặc bằng 420 °C tới nhỏ hơn hoặc bằng 480 °C, từ lớn hơn hoặc bằng 430 °C tới nhỏ hơn hoặc bằng 470 °C, hoặc từ lớn hơn hoặc bằng 440 °C tới nhỏ hơn hoặc bằng 460 °C, và tất cả các khoảng giới hạn và các khoảng giới hạn con giữa các giá trị nêu trên. Theo các phương án thực hiện, hợp phần thủy tinh có thể được tiếp xúc với dung dịch trao đổi ion trong khoảng thời gian từ lớn hơn hoặc bằng 4 giờ tới nhỏ hơn hoặc bằng 48 giờ, như từ lớn hơn hoặc bằng 8 giờ tới nhỏ hơn hoặc bằng 44 giờ, từ lớn hơn hoặc bằng 12 giờ tới nhỏ hơn hoặc bằng 40 giờ, từ lớn hơn hoặc bằng 16 giờ tới nhỏ hơn hoặc bằng 36 giờ, từ lớn hơn hoặc bằng 20 giờ tới nhỏ hơn hoặc bằng 32 giờ, hoặc từ lớn hơn hoặc bằng 24 giờ tới nhỏ hơn hoặc bằng 28 giờ, và tất cả các khoảng giới hạn và các khoảng giới hạn con giữa các giá trị nêu trên.

Quy trình trao đổi ion có thể được thực hiện trong dung dịch trao đổi ion dưới các điều kiện xử lý tạo ra biên dạng ứng suất nén được cải thiện như được bộc lộ, ví dụ, trong công bố đơn sáng chế Mỹ số 2016/0102011, vốn được kết hợp vào đây bằng

cách viện dẫn. Theo một số phương án, quy trình trao đổi ion có thể được chọn để tạo thành biên dạng ứng suất hình parabol trong các vật phẩm thủy tinh, như các biên dạng ứng suất được mô tả trong công bố đơn yêu cầu cấp patent Mỹ số 2016/0102014, được kết hợp vào đây bằng cách viện dẫn.

Sau khi quy trình trao đổi ion đã được thực hiện, cần phải hiểu rằng hợp phần tại bề mặt của vật phẩm thủy tinh có thể khác với hợp phần của vật phẩm thủy tinh khi vừa được tạo thành (*tức là*, vật phẩm thủy tinh trước khi nó trải qua quy trình trao đổi ion). Kết quả này là từ một loại của ion kim loại kiềm trong thủy tinh như được tạo thành, như, ví dụ Li^+ hoặc Na^+ , đang được thay thế với các ion kim loại kiềm lớn hơn, ví dụ Na^+ hoặc K^+ , theo cách tương ứng. Tuy nhiên, hợp phần thủy tinh tại hoặc gần tâm của độ sâu của vật phẩm thủy tinh sẽ, theo các phương án thực hiện, vẫn có hợp phần của vật phẩm thủy tinh như vừa được tạo thành.

Các vật phẩm được bộc lộ ở đây có thể được tích hợp vào trong vật phẩm khác như vật phẩm với bộ phận hiển thị (hoặc các vật phẩm hiển thị) (ví dụ, các thiết bị điện tử tiêu dùng, gồm các điện thoại di động, các máy tính bảng, các máy tính, các hệ thống định vị và 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 yêu cầu mức độ trong suốt, chịu cào 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 hình vẽ Fig.2A và Fig.2B. Cụ thể là, các Fig.2A và Fig.2B thể hiện thiết bị điện tử tiêu dùng 200 bao gồm hộp vỏ 202 có mặt trước 204, mặt sau 206, và các mặt bên 208; các thành phần điện (không được thể hiện) mà ít nhất một phần ở bên trong hoặc toàn bộ ở bên trong hộp vỏ và bao gồm ít nhất bộ phận điều khiển, bộ nhớ, và bộ phận hiển thị 210 tại hoặc liền kề với mặt trước của hộp vỏ; và để che phủ 212 tại hoặc trên mặt trước của hộp vỏ sao cho nó ở trên bộ phận hiển thị. Theo một số phương án thực hiện, để che phủ 212 có thể chứa vật phẩm bất kỳ trong các vật phẩm thủy tinh được bộc lộ ở đây.

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 hạn chế ở các phương án thực hiện được mô tả ở trên.

Các hợp phần 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. Trong Bảng 1, tất cả các thành phần đều tính bằng % mol, và độ bền chống nứt vỡ K_{IC} , tỷ lệ Poisson (ν), môđun Young (E), và môđun cắt (G) của các hợp phần thủy tinh được đo theo các phương pháp được mô tả trong sáng chế này. Giá trị của công thức I cho mỗi ví dụ cũng được báo cáo trong Bảng 1.

Bảng 1

Thành phần (% mol)	A	B	C	D	E	F
Al ₂ O ₃	20,20	20,10	18,93	18,70	15,63	15,91
B ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	5,26	5,30
CaO	0,07	3,95	0,03	0,03	1,54	1,51
K ₂ O	0,04	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01
MgO	6,87	5,89	0,03	0,03	2,48	2,44
Na ₂ O	3,49	3,49	4,34	5,60	2,89	2,85
SiO ₂	60,15	57,38	63,87	64,09	63,82	63,11
SnO ₂	0,03	0,03	0,02	0,02	0,05	0,05
La ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Li ₂ O	8,00	8,00	12,74	11,50	8,29	8,78
ZrO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SrO	1,03	1,02	0,00	0,00	0,00	0,00
Y ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
(Li ₂ O+Na ₂ O+MgO)/Al ₂ O ₃	0,91	0,86	0,90	0,92	0,87	0,88
Al ₂ O ₃ +MgO+La ₂ O ₃ +Y ₂ O ₃ +ZrO ₂	35,08	33,99	31,70	30,23	26,40	27,13
Công thức I	8,06	7,78	7,45	7,35	8,03	8,06
K _{1C} (CNSB)			0,788	0,777	0,794	0,829
K _{1C} (xoắn kép)						
Tỷ lệ Poisson			0,219	0,219	0,224	0,226
E (GPa)			84,33	83,44	79,92	80,27
G (GPa)			34,59	34,24	32,66	32,73

Bảng 1 – tiếp theo

Thành phần (% mol)	G	H	I	J	K	L
Al_2O_3	18,51	19,24	18,58	18,57	19,09	20,00
B_2O_3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CaO	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03
K_2O	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
MgO	0,02	0,03	2,94	5,87	0,02	0,02
Na_2O	6,87	6,79	3,89	0,93	4,41	4,36
SiO_2	64,53	64,00	64,50	64,61	63,58	62,84
SnO_2	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03
La_2O_3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Li_2O	9,95	9,84	9,95	9,91	12,77	12,67
ZrO_2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SrO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Y_2O_3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{MgO})/\text{Al}_2\text{O}_3$	0,91	0,87	0,90	0,90	0,90	0,85
$\text{Al}_2\text{O}_3+\text{MgO}+\text{La}_2\text{O}_3+\text{Y}_2\text{O}_3+\text{ZrO}_2$	28,48	29,11	31,47	34,34	31,88	32,69
Công thức I	7,26	7,38	7,65	8,03	7,47	7,61
K_{1C} (CNSB)	0,787	0,794	0,822	0,863		
K_{1C} (xoắn kép)						
Hệ số Poisson	0,213	0,217	0,221	0,226		
E (GPa)	82,68	83,58	86,68	90,26		
G (GPa)	34,11	34,31	35,48	36,79		

Bảng 1 – tiếp theo

Thành phần (% mol)	M	N	O	P	Q	R
Al_2O_3	19,00	19,01	24,52	23,84	23,26	22,68
B_2O_3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CaO	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03
K_2O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MgO	1,03	2,04	0,03	0,03	0,03	0,03
Na_2O	3,40	2,41	3,38	4,87	6,36	7,90
SiO_2	63,81	63,77	54,28	54,32	54,32	54,44
SnO_2	0,03	0,03	0,01	0,02	0,02	0,01
La_2O_3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Li_2O	12,65	12,65	17,71	16,85	15,94	14,86
ZrO_2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SrO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Y_2O_3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{MgO})/\text{Al}_2\text{O}_3$	0,90	0,90	0,86	0,91	0,96	1,00
$\text{Al}_2\text{O}_3+\text{MgO}+\text{La}_2\text{O}_3+\text{Y}_2\text{O}_3+\text{ZrO}_2$	32,68	33,70	42,26	40,72	39,23	37,57
Công thức I	7,59	7,72	8,16	7,95	7,76	7,57
K_{1C} (CNSB)						
K_{1C} (xoắn kép)						
Hệ số Poisson						
E (GPa)						
G (GPa)						

Bảng 1 – tiếp theo

Thành phần (% mol)	S	T	U	V	W	X
Al_2O_3	16,51	17,03	17,48	18,17	18,44	18,93
B_2O_3	5,44	5,42	5,42	5,41	5,35	5,35
CaO	1,54	1,54	1,53	1,56	1,53	1,53
K_2O	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
MgO	2,53	2,57	2,53	2,63	2,53	2,53
Na_2O	2,87	2,88	2,88	2,87	2,86	2,85
SiO_2	61,68	60,66	59,77	58,49	57,90	56,97
SnO_2	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06
La_2O_3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Li_2O	9,34	9,81	10,30	10,78	11,29	11,75
ZrO_2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SrO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Y_2O_3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{MgO})/\text{Al}_2\text{O}_3$	0,89	0,90	0,90	0,90	0,90	0,91
$\text{Al}_2\text{O}_3+\text{MgO}+\text{La}_2\text{O}_3+\text{Y}_2\text{O}_3+\text{ZrO}_2$	28,38	29,41	30,31	31,57	32,26	33,21
Công thức I	8,14	8,19	8,24	8,32	8,33	8,38
K_{IC} (CNSB)	0,798	0,826	0,788	0,785	0,817	0,817
K_{IC} (xoắn kép)						
Hệ số Poisson	0,222	0,227	0,23	0,226	0,23	0,23
E (GPa)	80,61	81,16	81,99	81,51	82,40	83,09
G (GPa)	33,00	33,07	33,35	33,21	33,49	33,76

Bảng 1 – tiếp theo

Thành phần (% mol)	Y	Z	AA	AB	AC	AD
Al_2O_3	23,97	19,99	23,98	23,97	22,17	22,15
B_2O_3	1,98	1,94	1,97	2,02	2,00	1,95
CaO	0,05	0,04	0,06	0,06	0,05	0,06
K_2O	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
MgO	5,84	1,97	9,73	11,65	7,96	9,80
Na_2O	1,86	1,88	1,87	1,86	1,86	1,87
SiO_2	50,32	58,20	50,35	50,33	53,89	54,05
SnO_2	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
La_2O_3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Li_2O	15,93	15,94	11,97	10,06	12,01	10,06
ZrO_2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SrO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Y_2O_3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{MgO})/\text{Al}_2\text{O}_3$	0,99	0,99	0,98	0,98	0,98	0,98
$\text{Al}_2\text{O}_3+\text{MgO}+\text{La}_2\text{O}_3+\text{Y}_2\text{O}_3+\text{ZrO}_2$	45,74	37,90	45,68	45,67	42,14	42,01
Công thức I	8,76	8,05	9,05	9,19	8,73	8,86
K_{1C} (CNSB)						
K_{1C} (xoắn kép)	1,150	1,000	1,020	1,010	1,010	1,040
Hệ số Poisson	0,238	0,226	0,243	0,244	0,235	0,24
E (GPa)	92,19	85,64	95,22	96,67	91,84	93,70
G (GPa)	37,21	34,93	38,31	38,86	37,21	37,76

Bảng 1 - tiếp theo

Thành phần (% mol)	AE	AF	AG	AH	AI	AJ
Al_2O_3	20,16	20,07	18,04	18,09	23,95	23,97
B_2O_3	1,99	2,04	1,94	2,00	3,93	3,92
CaO	0,05	0,05	0,04	0,05	0,06	0,06
K_2O	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
MgO	5,92	7,78	3,90	5,90	7,82	9,74
Na_2O	1,88	1,88	1,89	1,89	1,95	1,95
SiO_2	57,95	58,08	62,18	61,92	50,28	50,43
SnO_2	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
La_2O_3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Li_2O	11,99	10,04	11,96	10,08	11,95	9,87
ZrO_2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SrO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Y_2O_3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{MgO})/\text{Al}_2\text{O}_3$	0,98	0,98	0,98	0,99	0,91	0,90
$\text{Al}_2\text{O}_3+\text{MgO}+\text{La}_2\text{O}_3+\text{Y}_2\text{O}_3+\text{ZrO}_2$	38,07	37,88	33,90	34,07	43,71	43,59
Công thức I	8,37	8,50	7,99	8,14	9,26	9,41
$\text{K}_{1\text{C}}$ (CNSB)						
$\text{K}_{1\text{C}}$ (xoắn kép)	0,990	1,020	0,980	0,980	0,970	1,030
Hệ số Poisson	0,233	0,235	0,226	0,225	0,242	0,244
E (GPa)	88,88	90,47	85,99	86,88	92,12	93,84
G (GPa)	36,03	36,65	35,07	35,48	37,07	37,69

Bảng 1 – tiếp theo

Thành phần (% mol)	AK	AL	AM	AN	AO	AP
Al_2O_3	21,96	22,10	19,96	20,32	18,07	18,02
B_2O_3	3,91	3,92	3,84	3,97	3,84	3,90
CaO	0,05	0,05	0,04	0,05	0,04	0,04
K_2O	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
MgO	5,89	7,87	3,91	6,05	1,98	3,92
Na_2O	1,97	1,96	1,96	1,95	1,96	1,95
SiO_2	54,20	54,08	58,27	57,65	62,14	62,22
SnO_2	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
La_2O_3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Li_2O	11,96	9,95	11,93	9,95	11,90	9,89
ZrO_2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SrO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Y_2O_3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{MgO})/\text{Al}_2\text{O}_3$	0,90	0,90	0,89	0,88	0,88	0,87
$\text{Al}_2\text{O}_3+\text{MgO}+\text{La}_2\text{O}_3+\text{Y}_2\text{O}_3+\text{ZrO}_2$	39,82	39,92	35,81	36,32	31,95	31,82
Công thức I	8,90	9,07	8,54	8,76	8,20	8,35
K_{1C} (CNSB)						
K_{1C} (xoắn kép)	0,990	1,010	1,020	1,030	0,970	0,830
Hệ số Poisson	0,237	0,241	0,231	0,232	0,22	0,227
E (GPa)	88,95	90,88	85,71	87,37	82,27	84,13
G (GPa)	35,97	36,59	34,79	35,48	33,69	34,24

Bảng 1 – tiếp theo

Thành phần (% mol)	AQ	AR	AS	AT	AU	AV
Al_2O_3	15,92	21,65	21,98	20,06	19,53	18,05
B_2O_3	3,91	5,80	5,84	5,87	5,87	5,84
CaO	0,04	0,05	0,06	0,05	0,05	0,04
K_2O	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
MgO	1,97	7,62	9,75	5,89	7,51	3,93
Na_2O	1,86	1,85	1,83	1,85	1,86	1,86
SiO_2	66,11	50,99	50,46	54,21	55,08	58,23
SnO_2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
La_2O_3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Li_2O	10,10	11,94	9,98	11,98	10,01	11,95
ZrO_2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SrO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Y_2O_3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{MgO})/\text{Al}_2\text{O}_3$	0,87	0,99	0,98	0,98	0,99	0,98
$\text{Al}_2\text{O}_3+\text{MgO}+\text{La}_2\text{O}_3+\text{Y}_2\text{O}_3+\text{ZrO}_2$	27,99	41,21	41,71	37,93	37,05	33,92
Công thức I	7,98	9,19	9,39	8,91	8,96	8,55
K_{1C} (CNSB)	0,828	0,834	0,882	0,828	0,957	0,847
K_{1C} (xoắn kép)						
Hệ số Poisson	0,221	0,234	0,247	0,239	0,245	0,235
E (GPa)	81,03	88,47	91,15	85,92	87,92	83,16
G (GPa)	33,14	35,83	36,52	34,66	35,35	33,69

Bảng 1 – tiếp theo

Thành phần (% mol)	AW	AX	AY	AZ	BA	BB
Al_2O_3	18,08	16,00	15,99	14,01	22,10	22,25
B_2O_3	5,81	5,71	5,72	5,80	7,82	8,01
CaO	0,04	0,03	0,04	0,03	0,05	0,05
K_2O	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
MgO	5,87	1,97	3,89	1,95	5,88	7,92
Na_2O	1,85	1,84	1,85	1,85	1,82	1,85
SiO_2	58,30	62,44	62,53	66,29	50,33	49,82
SnO_2	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03	0,03
La_2O_3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Li_2O	9,94	11,90	9,90	10,01	11,94	10,03
ZrO_2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SrO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Y_2O_3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{MgO})/\text{Al}_2\text{O}_3$	0,98	0,98	0,98	0,99	0,89	0,89
$\text{Al}_2\text{O}_3+\text{MgO}+\text{La}_2\text{O}_3+\text{Y}_2\text{O}_3+\text{ZrO}_2$	33,90	29,87	29,78	25,97	39,92	40,20
Công thức I	8,69	8,17	8,31	7,97	9,49	9,68
K_{1C} (CNSB)	0,844	0,790	0,786			
K_{1C} (xoắn kép)						
Hệ số Poisson	0,232	0,226	0,224	0,216	0,245	0,246
E (GPa)	84,47	79,58	81,03	77,03	86,26	87,64
G (GPa)	34,31	32,45	33,07	31,69	34,66	35,14

Bảng 1 – tiếp theo

Thành phần (% mol)	BC	BD	BE	BF	BG	BH
Al_2O_3	20,10	19,69	18,05	18,10	16,07	14,00
B_2O_3	7,75	7,89	7,63	7,71	7,65	3,84
CaO	0,04	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03
K_2O	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
MgO	3,92	5,72	1,96	3,94	1,98	1,95
Na_2O	1,84	1,86	1,85	1,87	1,85	1,87
SiO_2	54,39	54,78	58,48	58,27	62,42	68,22
SnO_2	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
La_2O_3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Li_2O	11,90	9,95	11,95	10,01	9,95	10,04
ZrO_2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SrO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Y_2O_3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{MgO})/\text{Al}_2\text{O}_3$	0,88	0,89	0,87	0,87	0,86	0,99
$\text{Al}_2\text{O}_3+\text{MgO}+\text{La}_2\text{O}_3+\text{Y}_2\text{O}_3+\text{ZrO}_2$	35,92	35,36	31,96	32,05	28,00	25,98
Công thức I	9,13	9,22	8,74	8,90	8,54	7,68
K_{1C} (CNSB)						
K_{1C} (xoắn kép)						
Hệ số Poisson	0,236	0,242	0,23	0,244	0,218	0,228
E (GPa)	82,61	84,68	79,17	81,44	79,17	77,72
G (GPa)	33,42	34,11	32,18	32,73	32,52	31,63

Bảng 1 - tiếp theo

Thành phần (% mol)	BI	BJ	BK	BL	BM	BN
Al ₂ O ₃	19,43	18,66	19,22	18,04	18,11	18,15
B ₂ O ₃	7,91	7,97	8,03	6,05	5,99	6,01
CaO	0,07	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
K ₂ O	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MgO	4,35	3,93	3,94	4,41	4,94	5,44
Na ₂ O	1,90	1,91	1,91	1,92	1,92	1,93
SiO ₂	54,52	55,69	55,27	58,09	57,98	57,92
SnO ₂	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06
La ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Li ₂ O	11,70	11,71	11,51	11,36	10,92	10,4
ZrO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SrO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Y ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
(Li ₂ O+Na ₂ O+MgO)/Al ₂ O ₃	0,92	0,94	0,90	0,98	0,98	0,98
Al ₂ O ₃ +MgO+La ₂ O ₃ +Y ₂ O ₃ +ZrO ₂	35,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Công thức I	9,06	8,95	9,05	8,61	8,65	8,69
K _{1C} (CNSB)		0,816				
K _{1C} (xoắn kép)						
Hệ số Poisson						
E (GPa)		81,58	81,72	82,89	82,96	83,78
G (GPa)		32,93	32,93	33,55	33,69	33,90

Bảng 1 – tiếp theo

Thành phần (% mol)	BO	BP	BQ	BR	BS	BT
Al ₂ O ₃	17,58	17,1	16,61	18,86	19,37	17,80
B ₂ O ₃	5,92	5,91	5,94	5,98	5,88	6,00
CaO	0,04	0,04	0,04	2,33	2,36	0,57
K ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20
MgO	3,95	3,93	3,95	2,95	3,48	4,40
Na ₂ O	1,91	1,92	1,92	1,9	1,89	1,70
SiO ₂	59,17	60,12	61,06	56,61	55,69	58,54
SnO ₂	0,05	0,05	0,05	0,03	0,03	0,09
La ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Li ₂ O	11,34	10,89	10,4	11,3	11,26	10,70
ZrO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SrO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Y ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
(Li ₂ O+Na ₂ O+MgO)/Al ₂ O ₃	0,98	0,98	0,98	0,86	0,86	0,00
Al ₂ O ₃ +MgO+La ₂ O ₃ +Y ₂ O ₃ +ZrO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Công thức I	8,51	8,46	8,41	8,54	8,62	8,55
K _{1C} (CNSB)						
K _{1C} (xoắn kép)						
Hệ số Poisson						
E (GPa)	81,99	81,23	81,30			
G (GPa)	33,28	33,14	33,07			

Bảng 1 – tiếp theo

Thành phần (% mol)	BU	BV	BW	BX	BY	BZ
Al ₂ O ₃	18,10	17,93	17,10	16,01	18,02	17,94
B ₂ O ₃	6,25	6,26	6,25	6,25	6,25	6,25
CaO	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04
K ₂ O	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
MgO	4,06	3,01	4,07	4,00	3,01	2,01
Na ₂ O	2,02	2,01	2,00	2,02	2,01	2,00
SiO ₂	57,28	57,54	57,31	57,49	57,43	57,56
SnO ₂	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05
La ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Li ₂ O	11,21	11,21	12,19	12,20	12,20	12,20
ZrO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SrO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Y ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TiO ₂	0,97	1,92	0,97	1,92	0,97	1,93
(Li ₂ O+Na ₂ O+MgO)/Al ₂ O ₃	0,96	0,91	1,07	1,14	0,96	0,00
Al ₂ O ₃ +MgO+La ₂ O ₃ +Y ₂ O ₃ +ZrO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Công thức I	8,63	8,58	8,44	8,28	8,55	8,51
K _{1C} (CNSB)						
K _{1C} (xoắn kép)						
Hệ số Poisson	0,234	0,229	0,231		0,232	0,227
E (GPa)	82,70	81,80	82,10		81,70	80,70
G (GPa)	33,50	33,30	33,30		33,20	32,90

Bảng 1 – tiếp theo

Thành phần (% mol)	CA	CB	CC	CD	CE	CF
Al ₂ O ₃	18,17	18,16	17,20	16,13	18,03	18,16
B ₂ O ₃	6,20	6,16	6,01	6,08	6,10	6,20
CaO	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04
K ₂ O	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
MgO	4,10	3,04	4,09	4,06	2,99	2,06
Na ₂ O	2,01	2,01	2,01	2,03	2,02	2,02
SiO ₂	57,37	57,46	57,71	57,65	57,86	57,49
SnO ₂	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
La ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Li ₂ O	11,05	11,04	11,88	11,92	11,92	11,96
ZrO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SrO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Y ₂ O ₃	0,98	2,01	0,99	2,01	0,98	2,01
(Li ₂ O+Na ₂ O+MgO)/Al ₂ O ₃	0,94	0,89	1,05	1,12	0,94	0,00
Al ₂ O ₃ +MgO+La ₂ O ₃ +Y ₂ O ₃ +ZrO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Công thức I	8,64	8,61	8,44	8,28	8,54	8,54
K _{1C} (CNSB)						
K _{1C} (xoắn kép)						
Hệ số Poisson	0,232	0,231	0,232	0,236	0,234	0,233
E (GPa)	84,50	85,50	84,10	85,80	84,70	84,90
G (GPa)	34,30	34,80	34,10	34,70	34,30	34,40

Các vật phẩm thủy tinh có độ dày 0,8 mm được tạo thành với hợp phần của mẫu W. Vật phẩm thủy tinh này được trao đổi ion trong bể chứa 95% khối lượng KNO₃ và 5% khối lượng NaNO₃ ở nhiệt độ bể là 430°C trong 8 giờ, 10 giờ, 12 giờ và 12,5 giờ. Để thuận tiện cho việc thảo luận, các vật phẩm thủy tinh được gia cường này sẽ được gọi là vật phẩm thủy tinh W. Ứng suất nén (CS) và độ sâu kali của lớp (DOL kali) được đo như được mô tả ở đây và được thể hiện trên Fig.3. Ứng suất kéo trung tâm (CT) cũng được đo bằng cách sử dụng SCALP như được mô tả ở đây và độ tăng khối lượng do trao đổi ion được tính toán, kết quả được thể hiện trên Fig.4.

Các vật phẩm thủy tinh có độ dày 0,8 mm được tạo thành với hợp phần của mẫu BI. Vật phẩm thủy tinh được trao đổi ion trong bể chứa 95% khối lượng KNO₃ và 5%

khối lượng NaNO_3 ở nhiệt độ bề 450°C trong 16 giờ. Để thuận tiện cho việc thảo luận, các vật phẩm thủy tinh được gia cường này sẽ được gọi là vật phẩm thủy tinh BI. Biên dạng ứng suất của vật phẩm thủy tinh BI được đo bằng SCALP như được mô tả ở đây và được thể hiện trên Fig.5. Biên dạng ứng suất của vật phẩm thủy tinh W được trao đổi ion trong 12,5 giờ được mô tả ở trên cũng được đo bằng SCALP và được thể hiện trên Fig.5. Trên Fig.5, ứng suất nén được thể hiện là giá trị âm, trái với quy ước được mô tả ở trên.

Vật phẩm thủy tinh so sánh có độ dày 0,8 mm được tạo ra với hợp phần sau: 70,94% mol SiO_2 , 1,86% mol B_2O_3 , 12,83% mol Al_2O_3 , 2,36% mol Na_2O , 8,22% mol Li_2O , 2,87% mol MgO , 0,83% mol ZnO , và 0,06% mol SnO_2 . Vật phẩm thủy tinh được trao đổi ion trong bể chứa 93,5% khối lượng KNO_3 và 6,5% khối lượng NaNO_3 ở nhiệt độ bề 430°C trong 4,5 giờ. Để thuận tiện cho việc thảo luận, các vật phẩm thủy tinh được gia cường này sẽ được gọi là vật phẩm so sánh 1. Biên dạng ứng suất của vật phẩm so sánh 1 được đo bằng SCALP như được mô tả ở đây. Các biên dạng ứng suất đo được của vật phẩm so sánh 1, vật phẩm thủy tinh W được trao đổi ion trong 12 giờ, và vật phẩm thủy tinh BI được trao đổi ion trong 16 giờ được thể hiện trên các hình vẽ Fig.6 và 7, với Fig.7 thể hiện chi tiết được phóng to trong vùng độ sâu 0 μm đến 200 μm . Như được thể hiện trên các hình vẽ Fig.3-7, các hợp phần thủy tinh được mô tả ở đây có khả năng được trao đổi ion để tạo ra biên dạng ứng suất mong muốn.

Tất cả các thành phần hợp phần, các mối tương quan, và các tỷ lệ được mô tả trong bản mô tả này được cung cấp theo đơn vị % mol, trừ khi có chỉ dẫn khác. Tất cả các khoảng giá trị được bộc lộ trong bản mô tả này bao gồm bất kỳ và tất cả các khoảng giá trị và các khoảng con được bao quanh bởi các khoảng giá trị được bộc lộ rộng cho dù có được mô tả tường minh trước hoặc sau phạm vi được bộc lộ hay không.

Người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật sẽ hiểu rõ rằng các biến thể và các thay đổi khác nhau có thể được thực hiện cho các phương án đã được mô tả ở đây mà không nằm ngoài ý tưởng và phạm vi của đối tượng được yêu cầu bảo hộ. Do vậy được dự tính rằng bản mô tả bao gồm cả các biến thể và các thay đổi của các phương án thực hiện khác nhau đã được mô tả ở đây miễn là các thay đổi và các biến

thẻ này nằm trong phạm vi của các điểm yêu cầu bảo hộ kèm theo và các phương án tương đương của chúng.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Vật phẩm thủy tinh bao gồm:

50% mol đến 69% mol SiO_2 ;
 12,5% mol đến 25% mol Al_2O_3 ;
 0% mol đến 8% mol B_2O_3 ;
 0,5% mol đến 4% mol CaO ;
 lớn hơn 0% mol đến 17,5% mol MgO ;
 0,5% mol đến 8% mol Na_2O ;
 0% mol đến 2,5% mol La_2O_3 ; và
 lớn hơn 8% mol đến 18% mol Li_2O ;

trong đó:

$(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{MgO})/\text{Al}_2\text{O}_3$ là từ 0,9 đến nhỏ hơn 1,3; và
 $\text{Al}_2\text{O}_3+\text{MgO}+\text{Li}_2\text{O}+\text{ZrO}_2+\text{La}_2\text{O}_3+\text{Y}_2\text{O}_3$ là từ lớn hơn 23% mol đến nhỏ hơn 50% mol.

2. Vật phẩm thủy tinh theo điểm 1, bao gồm lớn hơn 8% mol đến 16% mol Li_2O .

3. Vật phẩm thủy tinh theo điểm 1, còn bao gồm K_2O .

4. Vật phẩm thủy tinh theo điểm 1, bao gồm 0% mol đến 2% mol TiO_2 .

5. Vật phẩm thủy tinh theo điểm 1, bao gồm 0% mol đến 2,5% mol ZrO_2 .

6. Vật phẩm thủy tinh theo điểm 1, bao gồm 0% mol đến 1% mol SrO .

7. Vật phẩm thủy tinh theo điểm 1, bao gồm lớn hơn 0% mol đến 12% mol MgO .

8. Vật phẩm thủy tinh theo điểm 1, bao gồm lớn hơn 0,5% mol đến 17,5% mol MgO .

9. Vật phẩm thủy tinh theo điểm 1, bao gồm 14% mol đến 24% mol Al_2O_3 .

10. Vật phẩm thủy tinh theo điểm 1, bao gồm 0,5% mol đến 8% mol B_2O_3 .

11. Vật phẩm thủy tinh theo điểm 1, bao gồm 0% mol đến 2% mol Y_2O_3 .

12. Vật phẩm thủy tinh theo điểm 1, trong đó vật phẩm thủy tinh này hầu như không có P_2O_5 .

13. Vật phẩm thủy tinh theo điểm 1, trong đó $(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{MgO})/\text{Al}_2\text{O}_3$ là từ 0,9 đến 1,0.

14. Vật phẩm thủy tinh theo điểm 1, trong đó $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} + \text{Li}_2\text{O} + \text{ZrO}_2 + \text{La}_2\text{O}_3 + \text{Y}_2\text{O}_3$ là từ 25% mol đến 46% mol.

15. Vật phẩm thủy tinh theo điểm 1, trong đó $5,631 + 0,148 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 + 0,142 \cdot \text{B}_2\text{O}_3 - 0,062 \cdot \text{CaO} - 0,188 \cdot \text{K}_2\text{O} + 0,030 \cdot \text{MgO} - 0,099 \cdot \text{Na}_2\text{O} - 0,043 \cdot \text{Li}_2\text{O} - 0,188 \cdot \text{P}_2\text{O}_5 + 0,020 \cdot \text{ZnO} - 0,062 \cdot \text{SrO} + 0,200 \cdot \text{ZrO}_2 \geq 6,5$, trong đó giá trị của mỗi thành phần tính theo % mol.

16. Sản phẩm điện tử tiêu dùng bao gồm:

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

các linh kiện điện được cung cấp ít nhất một phần bên trong hộp vỏ, các linh kiện điện bao gồm ít nhất bộ phận điều khiển, bộ nhớ, và bộ phận hiển thị, bộ phận hiển thị được bố trí tại hoặc liền kề với mặt trước của hộp vỏ; và

thủy tinh che phủ được bố trí ở trên bộ phận hiển thị,

trong đó ít nhất một phần của hộp vỏ hoặc một phần của thủy tinh che phủ bao gồm vật phẩm thủy tinh theo điểm 15.

17. Vật phẩm thủy tinh theo điểm 1, trong đó vật phẩm thủy tinh này được đặc trưng bởi ít nhất một trong các dấu hiệu sau:

giá trị K_{1C} được đo bằng phương pháp thanh ngắn hình chữ V ít nhất là 0,75; và

giá trị K_{1C} được đo bằng phương pháp xoắn kép ít nhất là 0,8.

18. Vật phẩm thủy tinh theo điểm 1, trong đó thủy tinh này có thể tạo hình nóng chảy.

19. Vật phẩm thủy tinh bao gồm:

50% mol đến 69% mol SiO_2 ;

12,5% mol đến 25% mol Al_2O_3 ;

0% mol đến 8% mol B_2O_3 ;

lớn hơn 0% mol đến 4% mol CaO ;

lớn hơn 0% mol đến 17,5% mol MgO ;

0,5% mol đến 8% mol Na_2O ;

K_2O ;

0% mol đến 2,5% mol La_2O_3 ; và

lớn hơn 8% mol đến 18% mol Li_2O ;

trong đó:

$(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{MgO})/\text{Al}_2\text{O}_3$ là từ 0,9 đến nhỏ hơn 1,3; và

$\text{Al}_2\text{O}_3+\text{MgO}+\text{Li}_2\text{O}+\text{ZrO}_2+\text{La}_2\text{O}_3+\text{Y}_2\text{O}_3$ là từ lớn hơn 23% mol đến nhỏ hơn 50% mol.

20. Vật phẩm thủy tinh theo điểm 19, bao gồm lớn hơn 8% mol đến 16% mol Li_2O .

21. Vật phẩm thủy tinh theo điểm 19, bao gồm 0% mol đến 2% mol TiO_2 .

22. Vật phẩm thủy tinh theo điểm 19, bao gồm 0% mol đến 2,5% mol ZrO_2 .

23. Vật phẩm thủy tinh theo điểm 19, bao gồm 0% mol đến 1% mol SrO .

24. Vật phẩm thủy tinh theo điểm 19, bao gồm lớn hơn 0% mol đến 12% mol MgO .

25. Vật phẩm thủy tinh theo điểm 19, bao gồm lớn hơn 0,5% mol đến 17,5% mol MgO .

26. Vật phẩm thủy tinh theo điểm 19, bao gồm 14% mol đến 24% mol Al_2O_3 .

27. Vật phẩm thủy tinh theo điểm 19, bao gồm 0,5% mol đến 8% mol B_2O_3 .

28. Vật phẩm thủy tinh theo điểm 19, bao gồm 0% mol đến 2% mol Y_2O_3 .

29. Vật phẩm thủy tinh theo điểm 19, trong đó vật phẩm thủy tinh này hầu như không có P_2O_5 .

30. Vật phẩm thủy tinh theo điểm 19, trong đó $(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{MgO})/\text{Al}_2\text{O}_3$ là từ 0,9 đến 1,0.

31. Vật phẩm thủy tinh theo điểm 19, trong đó $\text{Al}_2\text{O}_3+\text{MgO}+\text{Li}_2\text{O}+\text{ZrO}_2+\text{La}_2\text{O}_3+\text{Y}_2\text{O}_3$ là từ 25% mol đến 46% mol.

32. Vật phẩm thủy tinh theo điểm 19, trong đó $5,631 + 0,148 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 + 0,142 \cdot \text{B}_2\text{O}_3 - 0,062 \cdot \text{CaO} - 0,188 \cdot \text{K}_2\text{O} + 0,030 \cdot \text{MgO} - 0,099 \cdot \text{Na}_2\text{O} - 0,043 \cdot \text{Li}_2\text{O} - 0,188 \cdot \text{P}_2\text{O}_5 + 0,020 \cdot \text{ZnO} - 0,062 \cdot \text{SrO} + 0,200 \cdot \text{ZrO}_2 \geq 6,5$, trong đó giá trị của mỗi thành phần tính theo % mol.

33. Vật phẩm thủy tinh theo điểm 19, trong đó vật phẩm thủy tinh này được đặc trưng bởi ít nhất một trong các dấu hiệu sau:

giá trị K_{1C} được đo bằng phương pháp thanh ngắn hình chữ V ít nhất là 0,75; và

giá trị K_{1C} được đo bằng phương pháp xoắn kép ít nhất là 0,8.

34. Vật phẩm thủy tinh bao gồm:

hợp phần ở tâm của vật phẩm thủy tinh này bao gồm:

50% mol đến 69% mol SiO_2 ;

12,5% mol đến 25% mol Al_2O_3 ;

0% mol đến 8% mol B_2O_3 ;

lớn hơn 0% mol đến 4% mol CaO ;

lớn hơn 0% mol đến 17,5% mol MgO ;

0,5% mol đến 8% mol Na_2O ;

0% mol đến 2,5% mol La_2O_3 ; và

lớn hơn 8% mol đến 18% mol Li_2O ;

trong đó:

$(\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{MgO})/\text{Al}_2\text{O}_3$ là từ 0,9 đến nhỏ hơn 1,3;

$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} + \text{Li}_2\text{O} + \text{ZrO}_2 + \text{La}_2\text{O}_3 + \text{Y}_2\text{O}_3$ là từ lớn hơn 23% mol đến nhỏ hơn

50% mol, và

hợp phần ở tâm của vật phẩm thủy tinh này bao gồm:

0,5% mol đến 4% mol CaO ; hoặc

K_2O ,

vùng ứng suất nén kéo dài từ bề mặt của vật phẩm thủy tinh tới độ sâu nén.

35. Vật phẩm thủy tinh theo điểm 34, trong đó vật phẩm thủy tinh này có ứng suất nén ít nhất là 400 MPa.

36. Vật phẩm thủy tinh theo điểm 34, trong đó độ sâu nén ít nhất là 20% độ dày của vật phẩm thủy tinh này.

37. Vật phẩm thủy tinh theo điểm 34, trong đó vật phẩm thủy tinh này có ứng suất kéo trung tâm tối đa nhỏ hơn 85 MPa.

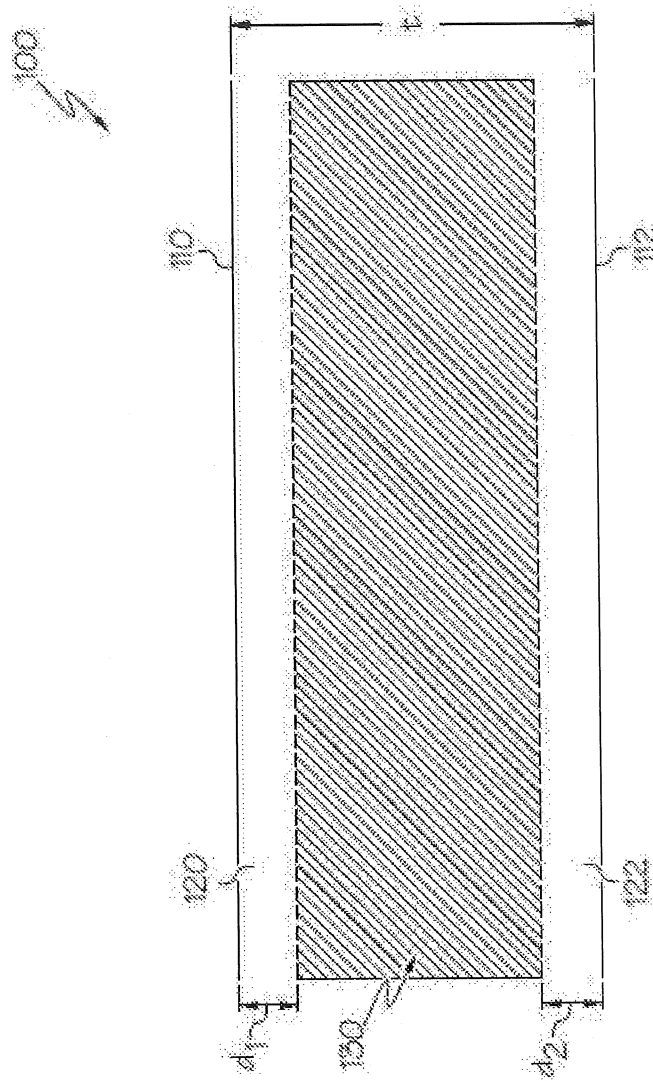


FIG. 1

2/7

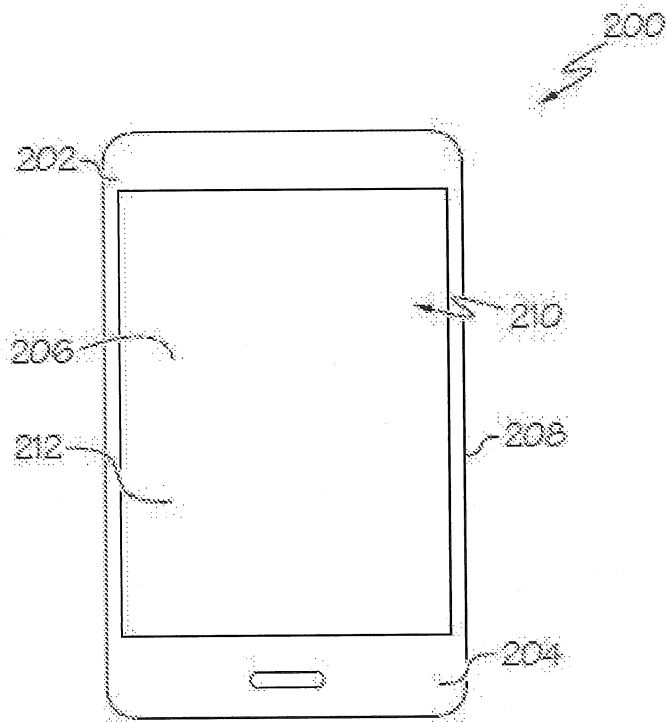


FIG. 2A

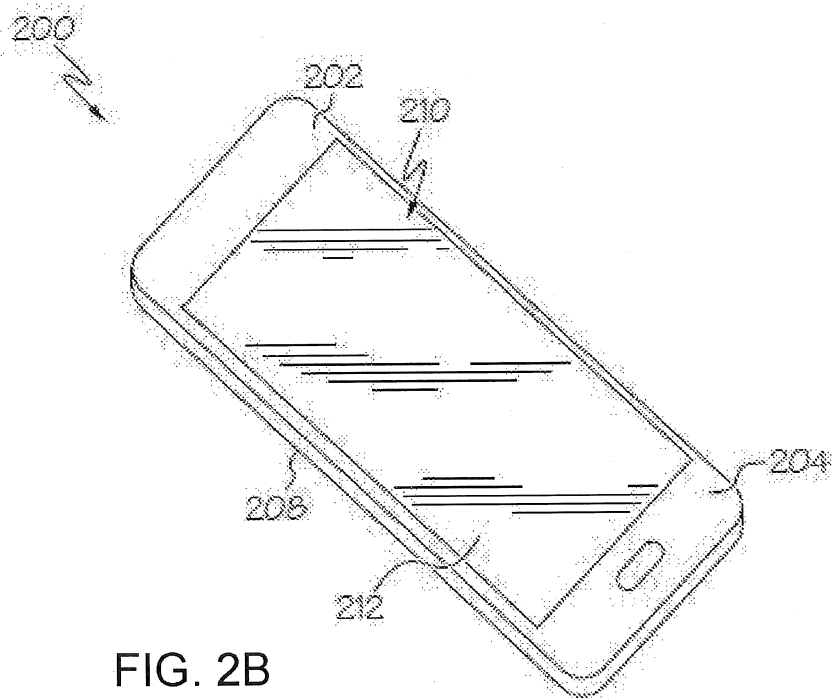


FIG. 2B

3/7

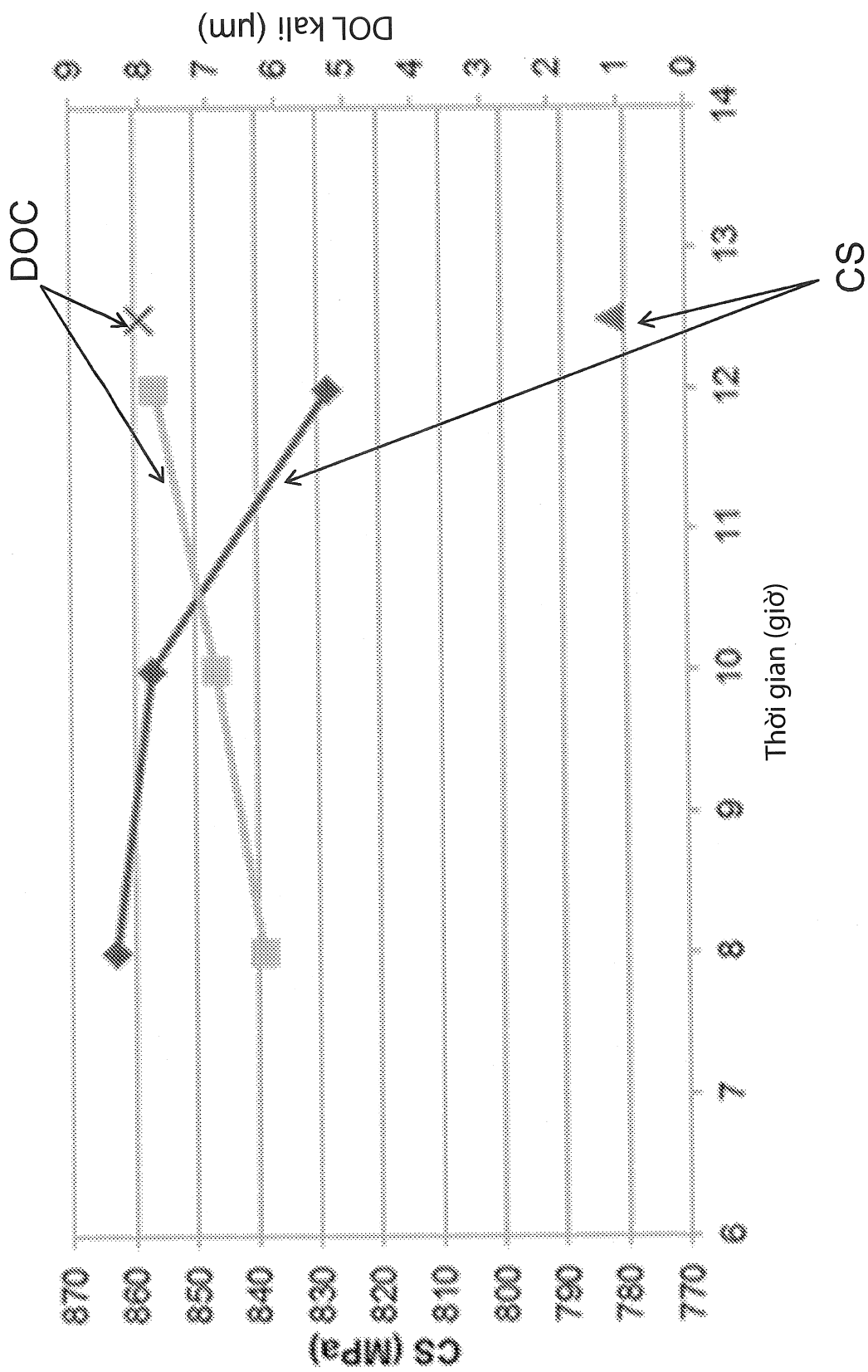


FIG. 3

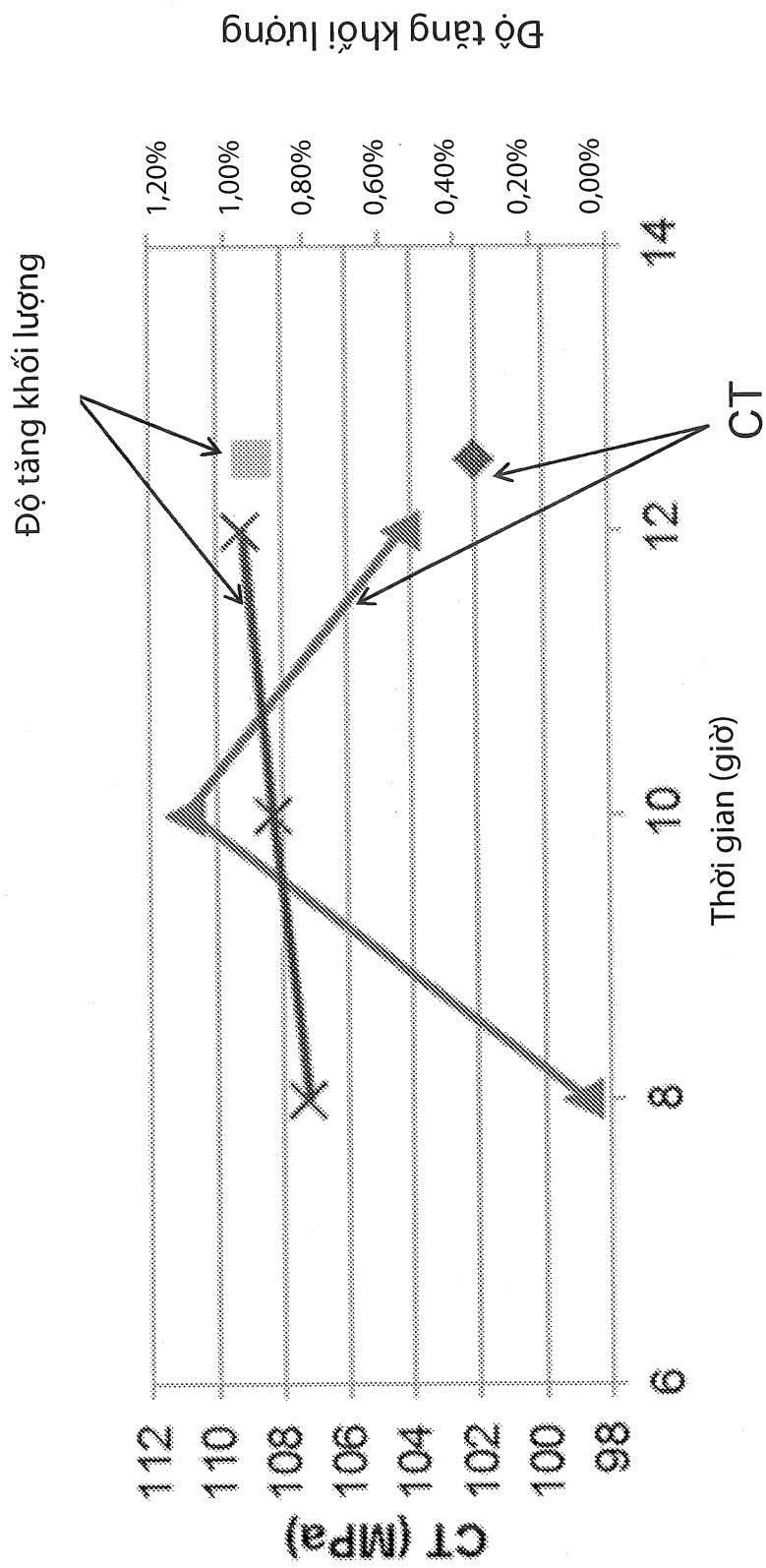


FIG. 4

5/7

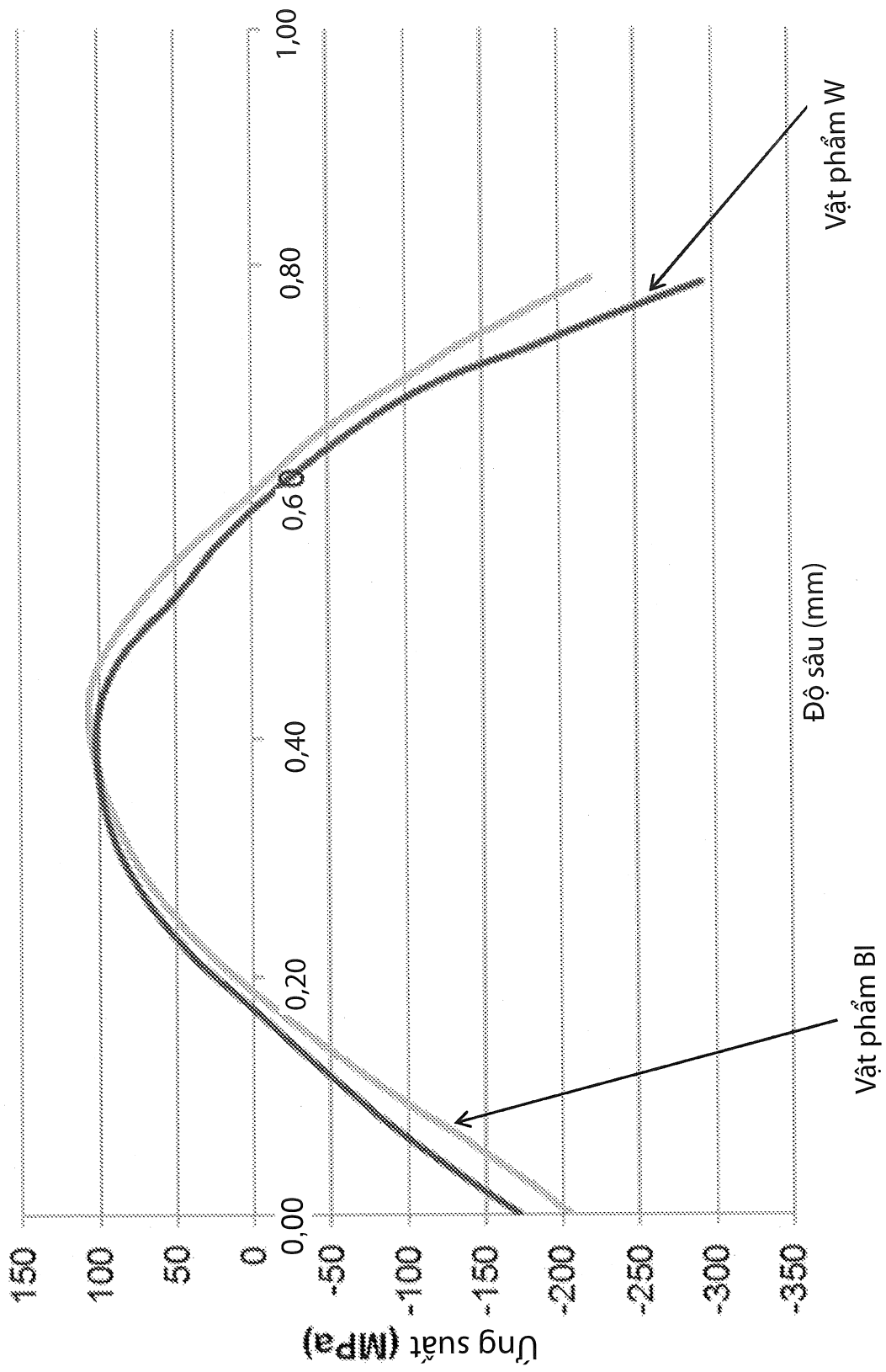


FIG. 5

6/7

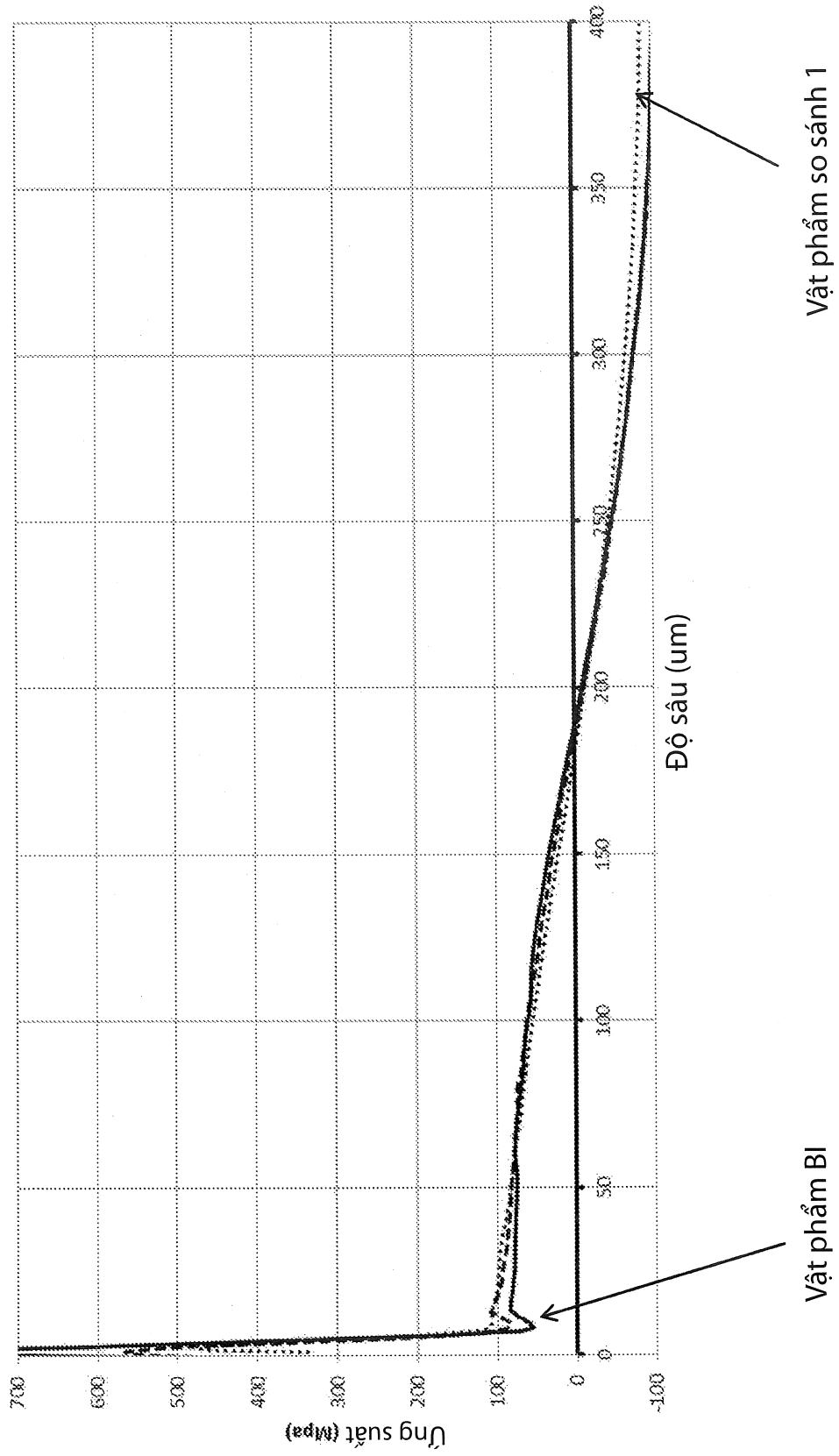


FIG. 6

7/7

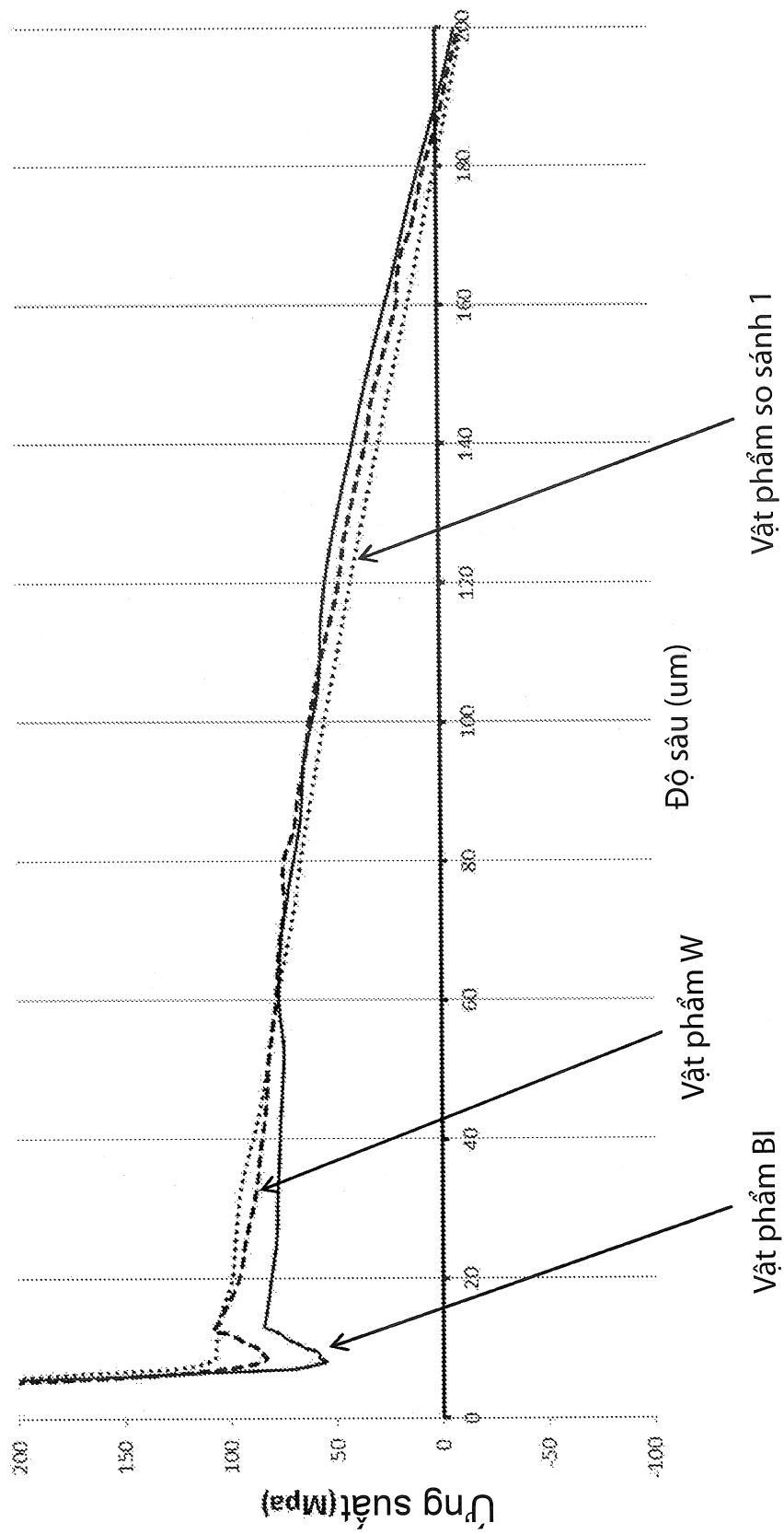


FIG. 7