



(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)



1-0048551

(51)^{2020.01} C03C 21/00; H05K 7/14; C03C 3/087

(13) B

(21) 1-2021-01876

(22) 11/09/2019

(86) PCT/US2019/050619 11/09/2019

(87) WO 2020/056006 19/03/2020

(30) 62/729,735 11/09/2018 US

(45) 25/07/2025 448

(43) 26/07/2021 400A

(73) CORNING INCORPORATED (US)

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

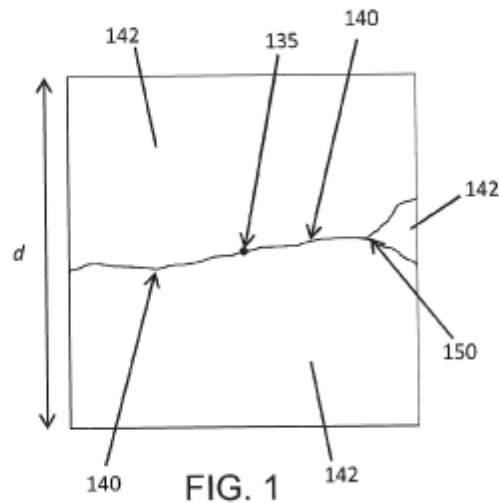
(72) GUO, Xiaojun (CN); HUNT, Jennifer Lynn (US); LEZZI, Peter Joseph (US);
ROUSSEV, Rostislav Vatchev (BG); SMITH, Charlene Marie (US); STEWART,
Ross Johnson (US).

(74) Công ty Luật TNHH T&G (TGVN)

(54) VẬT PHẨM TRÊN CƠ SỞ THỦY TINH CÓ ĐỘ BỀN CHỐNG NÚT VỢ ĐƯỢC
CẢI THIỆN, SẢN PHẨM ĐIỆN TỬ TIÊU DÙNG CHỨA VẬT PHẨM TRÊN CƠ
SỞ THỦY TINH NÀY VÀ PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT VẬT PHẨM NÀY

(21) 1-2021-01876

(57) Sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có độ bền chống nứt vỡ được cải thiện. Độ bền chống nứt vỡ được cải thiện được thể hiện bởi mối quan hệ giữa các đặc tính do hợp phần thủy tinh và biên dạng ứng suất của vật phẩm gốc thủy tinh. Sáng chế còn đề cập đến sản phẩm điện tử tiêu dùng bao gồm vật phẩm trên cơ sở thủy tinh.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Nhìn chung, sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh thích hợp để sử dụng làm thủy tinh che phủ cho 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 với thủy tinh che phủ, có thể bị hỏng khi va chạm với bề mặt cứng. Trong nhiều thiết bị này, thủy tinh che phủ có chức năng như phần che cho bộ phận hiển thị, và có thể tích hợp chức năng cảm ứng, sao cho việc sử dụng thiết bị bị tác động tiêu cực khi thủy tinh che phủ bị hư hỏng.

Có hai phương thức hư hỏng chính của thủy tinh che phủ khi thiết bị cầm tay liên quan bị rơi xuống bề mặt cứng. Một trong hai phương thức này là hư hỏng 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 vỡ 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 hỏng 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 tổn thương 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. Ngoài ra, vật phẩm thủy tinh được trao đổi ion có thể có trạng thái nứt vỡ không mong muốn tạo nên số lượng lớn các mảnh và/hoặc các mảnh mang điện do năng lượng được tích trữ trong thủy tinh.

Các nhà chế tạo thủy tinh và các 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 hỏng do tiếp xúc với vật cứng. Các giải pháp bao gồm các lớp phủ lên thủy tinh che phủ đến các mép vát để ngăn không cho thủy tinh che phủ va đập với bề mặt cứng một cách trực tiếp khi thiết bị rơi trên 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 mong muốn rằng các thiết bị cầm tay càng mỏng càng tốt. Do đó, ngoài độ bền, cũng mong muốn rằng thủy tinh được sử dụng làm thủy tinh che phủ trong các thiết bị cầm tay được chế tạo càng mỏng càng tốt. Vì thế, ngoài việc tăng độ bền cho thủy tinh che phủ, cũng mong muốn rằng thủy tinh có các đặc điểm cơ học cho phép nó được tạo thành bằng các quy trình mà có thể chế tạo vật phẩm thủy tinh mỏng, như tấm thủy tinh mỏng.

Do đó, cần có nhu cầu đối với thủy tinh có thể được gia cường, như bằng cách trao đổi ion, và không tạo ra số lượng lớn các mảnh khi bị nứt vỡ.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Theo khía cạnh (1), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh bao gồm: bề mặt thứ nhất; bề mặt thứ hai; và biên dạng ứng suất có vùng chịu nén thứ nhất kéo dài từ bề mặt thứ nhất đến độ sâu chịu nén thứ nhất DOC_1 , vùng chịu nén thứ hai kéo dài từ bề mặt thứ hai đến độ sâu chịu nén thứ hai DOC_2 , và vùng kéo dài từ DOC_1 đến DOC_2 . Vùng kéo có hệ số ứng suất kéo K_T lớn hơn hoặc bằng $1,31 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$ và nhỏ hơn $1,8 \cdot K_{IC}$, trong đó K_{IC} là độ bền chống nứt vỡ của nền trên cơ sở thủy tinh có hợp phần giống với tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh.

Theo khía cạnh (2), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh (1), trong đó K_T lớn hơn hoặc bằng $1,41 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$.

Theo khía cạnh (3), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh (1) hoặc (2), trong đó K_T lớn hơn hoặc bằng $2,0 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$.

Theo khía cạnh (4), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (1) đến (3), trong đó K_T nhỏ hơn hoặc bằng $1,781 \cdot K_{IC}$.

Theo khía cạnh (5), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (1) đến (4), trong đó K_{IC} lớn hơn hoặc bằng $0,67 \text{ MPa} \cdot \sqrt{m}$.

Theo khía cạnh (6), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (1) đến (5), trong đó K_{IC} lớn hơn hoặc bằng $1,3 \text{ MPa}\cdot\sqrt{\text{m}}$.

Theo khía cạnh (7), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (1) đến (6), bao gồm nhôm silicat kiềm.

Theo khía cạnh (8), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (1) đến (7), trong đó $DOC_1 = DOC_2$, như được đo lần lượt từ bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai.

Theo khía cạnh (9), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (1) đến (8), trong đó vật phẩm trên cơ sở thủy tinh là không dễ vỡ.

Theo khía cạnh (10), sáng chế đề cập đến sản phẩm điện tử tiêu dùng. Sản phẩm điện tử tiêu dùng, bao gồm: hộp vỏ bao gồm bề mặt trước, bề mặt sau và các bề mặt bên; các thành phần điện nằm ít nhất một phần trong hộp vỏ, các thành phần điện bao gồm ít nhất là bộ phận điều khiển, bộ nhớ, bộ phận hiển thị, bộ phận hiển thị nằm ở hoặc liền kề với bề mặt trước của hộp vỏ; và nền che phủ được bố trí bên trên bộ phận hiển thị. Một phần của ít nhất một trong số hộp vỏ hoặc nền che phủ bao gồm vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (9).

Theo khía cạnh (11), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh. vật phẩm trên cơ sở thủy tinh: bề mặt; và biên dạng ứng suất có vùng chịu nén kéo dài từ bề mặt đến độ sâu chịu nén DOC, và vùng kéo. Vùng kéo có hệ số ứng suất kéo K_T lớn hơn hoặc bằng $1,31 \text{ MPa}\cdot\sqrt{\text{m}}$ và nhỏ hơn hoặc bằng $K_T^{giới hạn}$, trong đó $K_T^{giới hạn}$ được xác định bởi:

$$K_T^{giới hạn} = 1,716 \cdot K_{IC} \sqrt{1 + 2,263 \frac{DOC}{t}}$$

trong đó K_{IC} là độ bền chống nứt vỡ của nền trên cơ sở thủy tinh có cùng hợp phần là tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh, và t là độ dày của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh.

Theo khía cạnh (12), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh (11), trong đó K_T lớn hơn hoặc bằng $1,41 \text{ MPa}\cdot\sqrt{\text{m}}$.

Theo khía cạnh (13), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh (11) hoặc (12), trong đó K_T lớn hơn hoặc bằng $2,0 \text{ MPa}\cdot\sqrt{\text{m}}$.

Theo khía cạnh (14), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (11) đến (13), trong đó $\frac{DOC}{t}$ lớn hơn 0,12.

Theo khía cạnh (15), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (11) đến (14), trong đó $\frac{DOC}{t}$ lớn hơn 0,18.

Theo khía cạnh (16), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (11) đến (15), trong đó K_{IC} lớn hơn hoặc bằng $0,67 \text{ MPa} \cdot \sqrt{\text{m}}$.

Theo khía cạnh (17), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (11) đến (16), trong đó K_{IC} lớn hơn hoặc bằng $1,3 \text{ MPa} \cdot \sqrt{\text{m}}$.

Theo khía cạnh (18), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (11) đến (17), bao gồm nhôm silicat kiềm.

Theo khía cạnh (19), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (11) đến (18), trong đó vật phẩm trên cơ sở thủy tinh là không dễ vỡ.

Theo khía cạnh (20), sáng chế đề cập đến sản phẩm điện tử tiêu dùng. Sản phẩm điện tử tiêu dùng, bao gồm: hộp vỏ bao gồm bề mặt trước, bề mặt sau và các bề mặt bên; các thành phần điện nằm ít nhất một phần trong hộp vỏ, các thành phần điện bao gồm ít nhất là bộ phận điều khiển, bộ nhớ, bộ phận hiển thị, bộ phận hiển thị nằm ở hoặc liền kề với bề mặt trước của hộp vỏ; và nền che phủ được bố trí bên trên bộ phận hiển thị. Một phần của ít nhất một trong số hộp vỏ hoặc nền che phủ bao gồm vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (11) đến (19).

Theo khía cạnh (21), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh, bao gồm: bề mặt thứ nhất; bề mặt thứ hai; và biên dạng ứng suất có vùng chịu nén thứ nhất kéo dài từ bề mặt thứ nhất đến độ sâu chịu nén thứ nhất DOC_1 , vùng chịu nén thứ hai kéo dài từ bề mặt thứ hai đến độ sâu chịu nén thứ hai DOC_2 , và vùng kéo dài từ DOC_1 đến DOC_2 . Vùng kéo có hệ số ứng suất kéo K_T lớn hơn hoặc bằng $1,31 \text{ MPa} \cdot \sqrt{\text{m}}$ và nhỏ hơn hoặc bằng $K_T^{giới hạn}$, trong đó $K_T^{giới hạn}$ được xác định bởi:

$$K_T^{giới hạn} = 2,504 \cdot K_{IC} \sqrt{1 - 0,531 \frac{|DOC_1 - DOC_2|}{t}}$$

trong đó K_{IC} là độ bền chống nứt vỡ của nền trên cơ sở thủy tinh có hợp phần giống như

tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh, t là độ dày của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh, và DOC_1 và DOC_2 được đo từ bề mặt thứ nhất.

Theo khía cạnh (22), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh (21), trong đó K_T lớn hơn hoặc bằng $1,41 \text{ MPa} \cdot \sqrt{(\text{m})}$.

Theo khía cạnh (23), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh (21) hoặc (22), trong đó K_T lớn hơn hoặc bằng $2,0 \text{ MPa} \cdot \sqrt{(\text{m})}$.

Theo khía cạnh (24), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (21) đến (23), trong đó K_T nhỏ hơn hoặc bằng $0,95 \cdot K_T^{\text{giới hạn}}$.

Theo khía cạnh (25), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (21) đến (24), trong đó K_T nhỏ hơn hoặc bằng $0,85 \cdot K_T^{\text{giới hạn}}$.

Theo khía cạnh (26), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (21) đến (25), trong đó K_{IC} lớn hơn hoặc bằng $0,67 \text{ MPa} \cdot \sqrt{(\text{m})}$.

Theo khía cạnh (27), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (21) đến (26), trong đó K_{IC} lớn hơn hoặc bằng $1,3 \text{ MPa} \cdot \sqrt{(\text{m})}$.

Theo khía cạnh (28), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (21) đến (27), bao gồm nhôm silicat kiềm.

Theo khía cạnh (29), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (21) đến (28), trong đó $DOC_1 = t \cdot DOC_2$.

Theo khía cạnh (30), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (21) đến (29), trong đó vật phẩm trên cơ sở thủy tinh là không dễ vỡ.

Theo khía cạnh (31), sáng chế đề cập đến sản phẩm điện tử tiêu dùng. Sản phẩm điện tử tiêu dùng, bao gồm: hộp vỏ bao gồm bề mặt trước, bề mặt sau và các bề mặt bên; các thành phần điện nằm ít nhất một phần trong vỏ, các thành phần điện bao gồm ít nhất là bộ phận điều khiển, bộ nhớ, bộ phận hiển thị, bộ phận hiển thị tại hoặc liền kề với bề mặt trước của vỏ; và vật nền che phủ được bố trí bên trên bộ phận hiển thị. Một phần của ít nhất một trong số hộp vỏ hoặc nền che phủ bao gồm vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (21) đến (30).

Theo khía cạnh (32), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh, bao gồm: bề mặt; và biên dạng ứng suất có vùng chịu nén kéo dài từ bề mặt đến độ sâu chịu nén DOC , và vùng kéo. Vùng chịu nén có hệ số ứng suất chịu nén K_{CS} ,

vùng kéo có hệ số ứng suất kéo K_T lớn hơn hoặc bằng $1,31 \text{ MPa}\cdot\sqrt{\text{m}}$, và:

$$\frac{K_T^2}{K_{1C}^2} + \frac{1}{28,5} \frac{K_{CS}^2}{K_{1C}^2} \leq 4,45$$

trong đó K_{1C} là độ bền chống nứt vỡ của nền trên cơ sở thủy tinh có hợp phần giống như tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh.

Theo khía cạnh (33), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh (32), trong đó:

$$\frac{K_T^2}{K_{1C}^2} + \frac{1}{28,5} \frac{K_{CS}^2}{K_{1C}^2} \leq 4,1.$$

Theo khía cạnh (34), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh (32) hoặc (33), trong đó:

$$\frac{K_T^2}{K_{1C}^2} + \frac{1}{28,5} \frac{K_{CS}^2}{K_{1C}^2} \leq 3,8.$$

Theo khía cạnh (35), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (32) đến (34), trong đó K_T lớn hơn hoặc bằng $1,41 \text{ MPa}\cdot\sqrt{\text{m}}$.

Theo khía cạnh (36), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (32) đến (35), trong đó K_T lớn hơn hoặc bằng $2,0 \text{ MPa}\cdot\sqrt{\text{m}}$.

Theo khía cạnh (37), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (32) đến (36), bao gồm nhôm silicat kiềm.

Theo khía cạnh (38), sáng chế đề cập đến vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh (32) đến (37), trong đó vật phẩm trên cơ sở thủy tinh là không dễ vỡ.

Theo khía cạnh (39), sáng chế đề cập đến sản phẩm điện tử tiêu dùng. Sản phẩm điện tử tiêu dùng, bao gồm: hộp vỏ bao gồm bề mặt trước, bề mặt sau và các bề mặt bên; các thành phần điện nằm ít nhất một phần trong vỏ, các thành phần điện bao gồm ít nhất là bộ phận điều khiển, bộ nhớ, bộ phận hiển thị, bộ phận hiển thị tại hoặc liền kề với bề mặt trước của vỏ; và vật nền che phủ được bố trí bên trên bộ phận hiển thị. Một phần của ít nhất một trong số hộp vỏ hoặc nền che phủ bao gồm vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (32) đến (38).

Các dấu hiệu và ưu điểm khác sẽ được nêu trong phần mô tả chi tiết dưới đây, và một phần là hiển nhiên đối với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực từ bản mô tả hoặc được

nhận diện bằng cách tiến hành các phương án được mô tả ở đây, bao gồm phần mô tả chi tiết tiếp đến là phần yêu cầu bảo hộ, cũng như các hình vẽ kèm theo.

Cần hiểu rằng cả phần mô tả chung nêu trên và phần mô tả chi tiết dưới đây mô tả các phương án khác nhau và được dự định đưa ra tổng quan hoặc khung để hiểu bản chất và đặc trưng của đối tượng được yêu cầu bảo hộ. Các hình vẽ kèm theo được bao hàm để đọc hiểu hơn nữa phương án 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 khác nhau được mô tả ở đây, và cùng với phần mô tả đóng vai trò giải thích các nguyên lý và các cách vận hành của đối tượng được yêu cầu bảo hộ.

Mô tả vắn tắt hình vẽ

FIG. 1 thể hiện mẫu không dễ vỡ sau thử nghiệm độ dễ vỡ;

FIG. 2 thể hiện mẫu dễ vỡ sau thử nghiệm độ dễ vỡ;

FIG. 3 là sự biểu diễn bằng sơ đồ đối với mẫu được sử dụng để xác định độ bền chống nứt vỡ K_{IC} và mặt cắt của nó,

FIG. 4 là hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện mặt cắt của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có các lớp ứng suất chịu nén trên các bề mặt của chúng theo các phương án được bộc lộ và đã được mô tả ở đây;

FIG. 5 là biểu đồ thể hiện các vết nứt/nhánh nứt là hàm của hệ số ứng suất kéo K_T đối với các hợp phần khác nhau;

FIG. 6 là biểu đồ thể hiện giá trị giới hạn dễ vỡ K_T đối với các hợp phần của FIG. 5 là hàm của độ bền chống nứt vỡ K_{IC} ;

FIG. 7 là biểu đồ thể hiện số lượng các mảnh sau khi nứt vỡ là hàm của K_T đối với các mẫu của hợp phần 2 có độ dày khác nhau và xử lý trao đổi ion;

FIG. 8 là biểu đồ thể hiện bình phương của K_T không dễ vỡ tối đa là hàm của DOC/t đối với các mẫu của hợp phần 2;

FIG. 9 là biểu đồ thể hiện dữ liệu từ FIG. 8 là hàm của BTZ/t ;

FIG. 10 là biểu đồ thể hiện dữ liệu từ các FIG. 7 và 8 sau khi kết hợp với dữ liệu về tích phân của ứng suất bình phương trong các vùng ứng suất chịu nén, trong đó K_T và K_{CS} lần lượt là các hệ số ứng suất kéo và chịu nén;

FIG. 11 là biểu đồ thể hiện dữ liệu từ các FIG. 7 và 8 sau khi kết hợp với dữ liệu về tích phân của ứng suất bình phương trong các vùng ứng suất chịu nén, trong đó K_{Tn} và K_{CSn} lần lượt là các hệ số ứng suất kéo và chịu nén, được chuẩn hóa thành độ bền chống nứt vỡ; FIG. 12A là hình chiếu bằng của thiết bị điện tử làm ví dụ tích hợp với vật phẩm bất kỳ trong số các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được bộc lộ ở đây; và FIG. 12B là hình vẽ phối cảnh của thiết bị điện tử làm ví dụ trên FIG. 12A.

Mô tả chi tiết sáng chế

Dưới đây, sẽ tham khảo chi tiết tới các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo các phương án nhau. Như được sử dụng ở đây, “trên cơ sở thủy tinh” để chỉ vật phẩm gồm thủy tinh, như hợp phần thủy tinh hoặc hợp phần gồm thủy tinh, trong đó gồm thủy tinh gồm một hoặc nhiều pha tinh thể và pha thủy tinh dư. Nói chung, “nền trên cơ sở thủy tinh” để chỉ vật phẩm trước khi trao đổi ion, và “vật phẩm trên cơ sở thủy tinh” để chỉ vật phẩm được trao đổi ion.

Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có đặc tính thả rơi được cải thiện đồng thời không có trạng thái nứt vỡ tạo ra số lượng lớn các mảnh. Chất lượng này tạo nên vật phẩm trên cơ sở thủy tinh đặc biệt thích hợp để sử dụng trong thiết bị điện tử, đặc biệt là thiết bị điện tử di động mà có thể dùng cho các trạng thái làm cho vật phẩm trên cơ sở thủy tinh bị nứt vỡ trong khi sử dụng. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh này bao gồm lớp ứng suất nén kéo dài từ bề mặt của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh đến độ sâu nén.

Hiệu quả của tổ hợp các đặc tính cụ thể góp phần làm cho hợp phần thủy tinh và các đặc tính có thể do biên dạng ứng suất của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể được xem xét tổng thể khi chọn vật phẩm trên cơ sở thủy tinh để sử dụng cho các thiết bị điện tử. Được đề cập một cách khác biệt, trạng thái của vật phẩm trao đổi ion trên cơ sở thủy tinh có thể là do các hệ số liên quan tới hợp phần của nền trên cơ sở thủy tinh được dùng để trao đổi ion để tạo ra vật phẩm trên cơ sở thủy tinh và cũng do các hệ số do biên dạng ứng suất tạo ra bởi quy trình trao đổi ion.

Do mức độ mà vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được gia cường hóa học, như bằng cách trao đổi ion, gia tăng theo vết nứt vỡ cả khi lớn hơn chống lại rủi ro là vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có trạng thái nứt vỡ không mong muốn mà tạo ra số lượng lớn các mảnh, nên đôi khi được dùng để chỉ độ dễ vỡ gia tăng. Trước đây, tiêu chuẩn để tránh được tính dễ vỡ ở thủy

tinh được gia cường được dựa trên giới hạn sức kéo trung tâm (central tension - CT) tối đa, năng lượng biến dạng lưu trữ (stored strain energy - SSE) hoặc hệ số ứng suất kéo (K_T) của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được gia cường. Tuy nhiên, các giới hạn này không được áp dụng phổ biến. Được mô tả ở đây là tiêu chuẩn mới để xác định tính dễ vỡ của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh, đặc biệt là vật phẩm có độ bền chống nứt vỡ và/hoặc độ sâu chịu nén lớn hơn tính theo độ dày so với vật phẩm trên cơ sở thủy tinh trước đây. Các tiêu chuẩn này được dựa trên mối quan hệ giữa các đặc tính của nền trên cơ sở thủy tinh được sử dụng để tạo ra vật phẩm trên cơ sở thủy tinh, như độ bền chống nứt vỡ và mô đun Young, và các đặc tính của biên dạng ứng suất, như độ sâu chịu nén và hệ số ứng suất kéo. Ngoài ra, các tiêu chuẩn này có thể được áp dụng mà không phá hủy vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo một số phương án, cho phép sử dụng các ứng dụng kiểm soát chất lượng.

Như được sử dụng ở đây, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được coi là “không dễ vỡ” khi nó có ít nhất một trong số các điểm sau trong vùng thử nghiệm là kết quả của thử nghiệm độ dễ vỡ: (1) bốn mảnh hoặc ít hơn có kích thước lớn nhất là ít nhất 1 mm, và/hoặc (2) số lượng các vết nứt nhỏ hơn hoặc bằng 1,5 vết nứt /nhánh nứt. Các mảnh, vết nứt và nhánh nứt được tính dựa trên hình vuông 5 cm x 5 cm (5,08 cm x 5,08 cm) bất kỳ có tâm ở điểm va chạm. Do đó, thủy tinh được coi là không vỡ nếu nó đáp ứng một hoặc cả hai thử nghiệm (1) và (2) đối với bất kỳ kích thước 5 cm x 5 cm vuông có tâm ở điểm va chạm nơi vết vỡ được tạo ra theo quy trình được mô tả dưới đây. Trong thử nghiệm tính dễ vỡ, đầu dò va chạm được đưa đến tiếp xúc với thủy tinh, với độ sâu mà đầu dò va chạm mở rộng vào thủy tinh sẽ tăng lên trong các lần tiếp xúc liên tiếp. Mức tăng độ sâu từng bước của đầu dò va chạm cho phép vết rạn được tạo ra bởi đầu dò va chạm để đạt đến vùng kéo trong khi ngăn cản việc tác động của ngoại lực quá mức mà sẽ ngăn cản việc xác định chính xác trạng thái dễ vỡ của thủy tinh. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được đặt trên bề mặt thép như giá thẳng đứng chính xác MVN có sẵn do Newport Corporation cung cấp. Đầu dò va chạm là kim có đầu nhọn vonfram cacbua (có sẵn từ Fisher Scientific Industries, với nhãn hiệu TOSCO® và số định dạng của nhà sản xuất #13-378, có đầu nhọn hình nón-cầu 60 độ), có trọng lượng 40 g, và được nối với kẹp trên cơ cấu chuyển động bánh răng di chuyển đầu nhọn lên và xuống. Theo một phương án, độ sâu của đầu dò va chạm trong thủy tinh có thể tăng khoảng 5 μ m trong mỗi lần lặp, có đầu dò va chạm cần được lấy ra để khỏi tiếp xúc với thủy tinh giữa mỗi lần lặp. Diện tích kiểm tra là 5 cm x 5 cm vuông (5,08 cm x

5,08 cm) bất kỳ có tâm tại điểm tác động. FIG. 1 thể hiện kết quả thử nghiệm không dễ vỡ. Như được thể hiện trên FIG. 1, diện tích thử nghiệm là hình vuông có tâm tại điểm tác động 135, trong đó chiều dài của cạnh hình vuông d là 5 cm. Mẫu không dễ vỡ được thể hiện trên FIG. 1 gồm ba mảnh 142, và hai nhánh nứt 140 và một vết nứt 150. Do đó, mẫu không dễ vỡ được thể hiện trên FIG. 1 chứa ít hơn 4 mảnh có kích thước lớn nhất ít nhất 1 mm và số lượng các vết nứt nhỏ hơn hoặc bằng số lượng nhánh nứt (0,5 vết nứt /nhánh nứt). Như được sử dụng ở đây, nhánh nứt xuất phát ở điểm tác động, và mảnh được xem là nằm trong diện tích thử nghiệm nếu phần bất kỳ của mảnh kéo dài vào diện tích thử nghiệm. Trong khi các lớp phủ, các lớp kết dính, và các lớp tương tự có thể được sử dụng cùng với các vật phẩm thủy tinh gia cường được mô tả trong bản mô tả này, các cản trở bên ngoài như vậy không được sử dụng trong việc xác định tính dễ vỡ hoặc trạng thái dễ vỡ của các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh. Theo một số phương án, màng mỏng mà không ảnh hưởng đến trạng thái nứt vỡ của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể được đưa vào vật phẩm trên cơ sở thủy tinh trước thử nghiệm độ dễ vỡ để ngăn cản sự bắn các mảnh từ vật phẩm trên cơ sở thủy tinh, làm tăng độ an toàn cho người thực hiện thử nghiệm.

Mẫu dễ vỡ được minh họa trên FIG. 2. Mẫu dễ vỡ gồm 6 mảnh 142 có kích thước lớn nhất ít nhất 1 mm. Mẫu được minh họa trên FIG. 2 gồm 2 nhánh nứt 140 và 4 vết nứt 150, tạo ra nhiều vết nứt hơn so với các nhánh nứt (2 vết nứt/nhánh nứt). Do đó, mẫu được minh họa trên FIG. 2 không có bốn mảnh hoặc ít hơn hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 1,5 vết nứt/nhánh nứt. Trong khi đó các FIG. 1 và 2 gồm hai nhánh nứt 140 xuất phát ở điểm tác động 135, cần hiểu rằng nhiều hơn hai nhánh nứt có thể xuất phát ở điểm tác động, như ba hoặc nhiều nhánh nứt.

Trong thử nghiệm tính dễ vỡ được mô tả ở đây, sự va chạm được truyền đến bề mặt của vật phẩm thủy tinh với một lực vừa đủ để giải phóng năng lượng tích trữ bên trong có trong vật phẩm thủy tinh gia cường. Tức là, lực va chạm điểm là đủ để tạo ra ít nhất một vết nứt mới tại bề mặt của tấm thủy tinh được gia cường và kéo dài vết nứt qua vùng ứng suất nén CS (tức là, qua độ sâu chịu nén) vào vùng kéo trung tâm.

Do đó, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được mô tả ở đây là “không dễ vỡ” – tức là, chúng không có đặc tính dễ vỡ như được mô tả trên đây khi bị va chạm bởi đối tượng có mũi nhọn.

Trước đây, giới hạn dễ vỡ được áp dụng rộng rãi nhất theo kinh nghiệm đối với vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được gia cường hóa học được dựa trên năng lượng kéo biến dạng được lưu trữ trong vùng kéo của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được gia cường. Như được sử dụng ở đây, thuật ngữ năng lượng kéo biến dạng (TSE) thể hiện năng lượng được lưu trữ trong vùng kéo của đơn vị diện tích của tấm vật phẩm trên cơ sở thủy tinh (1 mét vuông). Giới hạn TSE được quan sát bằng khoảng 18 J/m^2 , trong đó mỗi kích thước trong số hai kích thước trực giao nhau x và y song song với bề mặt của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh đạt khoảng 9 J/m^2 . TSE/kích thước (x và y) được đưa ra bởi:

$$\text{TSE}_x = \frac{1 - \nu}{2E} \int_{\text{DOC}_1}^{\text{DOC}_2} \sigma_x^2(z) dz$$

$$\text{TSE}_y = \frac{1 - \nu}{2E} \int_{\text{DOC}_1}^{\text{DOC}_2} \sigma_y^2(z) dz$$

trong đó E là mô đun Young, ν là tỷ lệ Poisson, DOC_1 là độ sâu chịu nén thứ nhất, DOC_2 là độ sâu chịu nén thứ hai, z là vị trí theo hướng độ dày, và σ_x và σ_y là các hợp phần của tenxơ ứng suất trên mặt phẳng song song với vật phẩm trên cơ sở thủy tinh bề mặt, theo hướng của các trục x và y tương ứng xác định không gian 2 chiều của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh. Ở trong diện tích của tấm vật phẩm trên cơ sở thủy tinh, hai thành phần này có ứng suất trong mặt phẳng là xấp xỉ bằng nhau, chính vì thế mỗi hợp phần này mang năng lượng biến dạng gần bằng nhau, và giới hạn dễ vỡ đối với tổng năng lượng kéo biến dạng bằng 18 J/m^2 có thể được thay thế bằng giới hạn 9 J/m^2 đối với một thành phần có ứng suất trong mặt phẳng, ví dụ, σ_x .

Trong cách tiếp cận liên quan, giới hạn dễ vỡ được định nghĩa trước đây trong thuật ngữ đại lượng được gắn nhãn K_T , có các đơn vị của hệ số cường độ ứng suất, ví dụ, $\text{MPa}\sqrt{\text{m}}$. Như được sử dụng ở đây, đại lượng K_T là hệ số ứng suất kéo được đưa ra bởi đẳng thức:

$$K_T = \sqrt{\int_{\text{DOC}_1}^{\text{DOC}_2} \sigma^2(z) dz}$$

trong đó σ được thể hiện bởi một trong số các thành phần trong mặt phẳng (như thành phần trong mặt phẳng được cho là bằng nhau), và z là vị trí theo hướng độ dày. Để thu được giá

trị của K_T theo đơn vị của $MPa\sqrt{m}$, các giá trị ứng suất dưới tích phân cần tính theo MPa, đồng thời mức độ vị trí dày z cần tính theo m .

Patent Mỹ số 9,604,876 B2 bộc lộ Bảng 2 thể hiện các mẫu có K_T bằng $1,4 MPa\sqrt{m}$ và lớn hơn tạo ra số lượng lớn các mảnh khi bị nứt vỡ, trong khi đó các mẫu có K_T bằng $1,3 MPa\sqrt{m}$ hoặc nhỏ hơn không tạo ra sự nứt vỡ quá mức. Ở cùng thời điểm, sức kéo trung tâm tối đa (CT) bên trong vùng kéo là 74 MPa và 72 MPa đối với các ví dụ được phân mảnh lớn, và không vượt quá 68 MPa đối với tất cả các ví dụ khác. Cần lưu ý rằng trong hầu hết các trường hợp gia cường hóa học thông thường, CT nằm giữa độ dày của tấm thủy tinh. Các ví dụ này là gần như tương đồng với công bố của E. Bouyne và O. Gaume, “Fragmentation of thin chemically tempered glass plates”, Glass Technology 2002, 43C, pp. 300-302, trong đó mức độ phân mảnh lớn được thông báo với các giá trị tăng dần K_T , và tất cả các mẫu có K_T bằng $1,4 MPa\sqrt{m}$ hoặc lớn hơn tạo ra số lượng lớn các mảnh (ít nhất 5 mảnh có diện tích 5 cm x 5 cm vuông).

Như được sử dụng ở đây, “giới hạn dễ vỡ” thể hiện biên giữa các trạng thái trong đó vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có sự phân mảnh quá mức (dễ vỡ) và trong đó vật phẩm trên cơ sở thủy tinh không có sự phân mảnh quá mức (không dễ vỡ). Tình trạng ở giới hạn dễ vỡ có thể được biểu hiện ở thuật ngữ giá trị tới hạn (giới hạn dễ vỡ) của thông số sao cho năng lượng kéo biến dạng TSE hoặc hệ số ứng suất kéo K_T được thể hiện là có tương quan với mức độ phân mảnh. Tổng năng lượng kéo biến dạng (tính theo cả kích thước x và y của biến dạng) có liên quan tới hệ số kéo biến dạng K_T được đo đối với một thành phần ứng suất (x hoặc y) theo đẳng thức:

$$TSE = \frac{1 - \nu}{E} K_T^2$$

Khi thành phần ứng suất dọc theo x và y về cơ bản là khác nhau và có thể được đo, thì năng lượng kéo biến dạng được lưu trữ trong mỗi kích thước có thể được tính toán riêng rẽ như sau:

$$TSE_x = \frac{1 - \nu}{E} K_{T,x}^2$$

$$TSE_y = \frac{1 - \nu}{E} K_{T,y}^2$$

Giá trị giới hạn dễ vỡ của TSE và được mô tả ở đây K_T phụ thuộc vào ít nhất một phần đặc tính nguyên liệu, như độ bền chống nứt vỡ, của nền trên cơ sở thủy tinh được sử dụng để

tạo ra vật phẩm trên cơ sở thủy tinh, và vào các thông số của biên dạng ứng suất, như tỷ lệ giữa độ sâu chịu nén và độ dày, của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh. Được đề cập một cách khác biệt, giới hạn dễ vỡ được mô tả ở đây tính đến độ bền chống nứt vỡ mà không được xem là sự phân mảnh dễ vỡ trước đó.

Nhìn chung, các đặc tính được mô tả ở đây dùng để chỉ thủy tinh có hợp phần tương đương với hợp phần ở tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh phụ thuộc vào hợp phần của nền trên cơ sở thủy tinh mà được trao đổi ion để tạo ra vật phẩm trên cơ sở thủy tinh. Trên thực tế, hợp phần ở tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể được đo bằng cách kỹ thuật đã biết trong lĩnh vực này, và các giá trị độ bền chống nứt vỡ (K_{IC}) và mô đun Young (E) của các hợp phần thủy tinh có hợp phần đã được đo có thể được đo. Ngoài ra, tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh không bị ảnh hưởng hoặc bị ảnh hưởng không đáng kể bởi quá trình trao đổi ion, khiến cho hợp phần ở tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh về cơ bản giống hoặc giống như hợp phần của nền trên cơ sở thủy tinh. Vì lý do này, các giá trị K_{IC} và E trong số các giá trị khác, của hợp phần thủy tinh có hợp phần ở tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể được xác định bằng cách đo các đặc tính này của nền trên cơ sở thủy tinh trước khi xử lý trao đổi ion.

Các đặc điểm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh sẽ được thảo luận dưới đây. Những đặc điểm này có thể đạt được bằng cách thay đổi lượng thành phần trên cơ sở thủy tinh hoặc biên dạng ứng suất của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh.

Các hợp phần được sử dụng để tạo ra vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo các phương án có độ bền chống nứt vỡ cao (K_{IC}). Theo một số phương án, các hợp phần sử dụng để tạo ra vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có giá trị K_{IC} lớn hơn hoặc bằng $0,67 \text{ MPa}\sqrt{m}$, như lớn hơn hoặc bằng $0,68 \text{ MPa}\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $0,69 \text{ MPa}\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $0,70 \text{ MPa}\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $0,71 \text{ MPa}\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $0,72 \text{ MPa}\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $0,73 \text{ MPa}\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $0,74 \text{ MPa}\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $0,75 \text{ MPa}\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $0,76 \text{ MPa}\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $0,77 \text{ MPa}\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $0,78 \text{ MPa}\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $0,79 \text{ MPa m}^{0,5}$, lớn hơn hoặc bằng $0,80 \text{ MPa m}^{0,5}$, lớn hơn hoặc bằng $0,81 \text{ MPa}\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $0,82 \text{ MPa}\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $0,83 \text{ MPa}\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $0,84 \text{ MPa}\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $0,86 \text{ MPa}\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $0,87 \text{ MPa}\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $0,88 \text{ MPa}\sqrt{m}$, lớn hơn

hoặc bằng $0,89 \text{ MPa}\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $0,90 \text{ MPa}\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $0,91 \text{ MPa}\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $0,92 \text{ MPa}\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $0,93 \text{ MPa}\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $0,94 \text{ MPa}\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $0,95 \text{ MPa}\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $0,96 \text{ MPa}\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $0,97 \text{ MPa}\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $0,98 \text{ MPa}\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $0,99 \text{ MPa}\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $1,00 \text{ MPa}\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $1,01 \text{ MPa}\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $1,02 \text{ MPa}\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $1,03 \text{ MPa}\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $1,04 \text{ MPa}\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $1,05 \text{ MPa}\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $1,06 \text{ MPa}\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $1,07 \text{ MPa}\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $1,08 \text{ MPa}\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $1,09 \text{ MPa}\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $1,10 \text{ MPa}\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $1,11 \text{ MPa}\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $1,12 \text{ MPa}\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $1,13 \text{ MPa}\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $1,14 \text{ MPa}\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $1,15 \text{ MPa}\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $1,16 \text{ MPa}\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $1,17 \text{ MPa}\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $1,18 \text{ MPa}\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $1,19 \text{ MPa}\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $1,20 \text{ MPa}\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $1,21 \text{ MPa}\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $1,22 \text{ MPa}\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $1,23 \text{ MPa}\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $1,24 \text{ MPa}\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $1,25 \text{ MPa}\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $1,26 \text{ MPa}\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $1,27 \text{ MPa}\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $1,28 \text{ MPa}\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $1,29 \text{ MPa}\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $1,30 \text{ MPa}\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $1,31 \text{ MPa}\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $1,32 \text{ MPa}\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $1,33 \text{ MPa}\sqrt{m}$, hoặc lớn hơn hoặc bằng $1,34 \text{ MPa}\sqrt{m}$. Theo các phương án, các hợp phần sử dụng để tạo ra vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có giá trị K_{IC} lớn hơn hoặc bằng $0,67 \text{ MPa}\sqrt{m}$ đến nhỏ hơn hoặc bằng $1,34 \text{ MPa}\sqrt{m}$, như từ lớn hơn hoặc bằng $0,68 \text{ MPa}\sqrt{m}$ đến nhỏ hơn hoặc bằng $1,33 \text{ MPa}\sqrt{m}$, từ lớn hơn hoặc bằng $0,70 \text{ MPa}\sqrt{m}$ đến nhỏ hơn hoặc bằng $1,32 \text{ MPa}\sqrt{m}$, từ lớn hơn hoặc bằng $0,72 \text{ MPa}\sqrt{m}$ đến nhỏ hơn hoặc bằng $1,31 \text{ MPa}\sqrt{m}$, từ lớn hơn hoặc bằng $0,74 \text{ MPa}\sqrt{m}$ đến nhỏ hơn hoặc bằng $1,30 \text{ MPa}\sqrt{m}$, từ lớn hơn hoặc bằng $0,76 \text{ MPa}\sqrt{m}$ đến nhỏ hơn hoặc bằng $1,29 \text{ MPa}\sqrt{m}$, từ lớn hơn hoặc bằng $0,78 \text{ MPa}\sqrt{m}$ đến nhỏ hơn hoặc bằng $1,28 \text{ MPa}\sqrt{m}$, từ lớn hơn hoặc bằng $0,80 \text{ MPa}\sqrt{m}$ đến nhỏ hơn hoặc bằng $1,27 \text{ MPa}\sqrt{m}$, từ lớn hơn hoặc bằng $0,82 \text{ MPa}\sqrt{m}$ đến nhỏ hơn hoặc bằng $1,26 \text{ MPa}\sqrt{m}$, từ lớn hơn hoặc bằng $0,84 \text{ MPa}\sqrt{m}$ đến nhỏ hơn hoặc bằng $1,25 \text{ MPa}\sqrt{m}$, từ lớn hơn hoặc bằng $0,85 \text{ MPa}\sqrt{m}$ đến nhỏ hơn hoặc bằng $1,24 \text{ MPa}\sqrt{m}$, từ lớn hơn hoặc

bằng $0,86 \text{ MPa}\sqrt{m}$ đến nhỏ hơn hoặc bằng $1,23 \text{ MPa}\sqrt{m}$, từ lớn hơn hoặc bằng $0,87 \text{ MPa}\sqrt{m}$ đến nhỏ hơn hoặc bằng $1,22 \text{ MPa}\sqrt{m}$, từ lớn hơn hoặc bằng $0,88 \text{ MPa}\sqrt{m}$ đến nhỏ hơn hoặc bằng $1,21 \text{ MPa}\sqrt{m}$, từ lớn hơn hoặc bằng $0,89 \text{ MPa}\sqrt{m}$ đến nhỏ hơn hoặc bằng $1,20 \text{ MPa}\sqrt{m}$, từ lớn hơn hoặc bằng $0,90 \text{ MPa}\sqrt{m}$ đến nhỏ hơn hoặc bằng $1,19 \text{ MPa}\sqrt{m}$, từ lớn hơn hoặc bằng $0,91 \text{ MPa}\sqrt{m}$ đến nhỏ hơn hoặc bằng $1,18 \text{ MPa}\sqrt{m}$, từ lớn hơn hoặc bằng $0,92 \text{ MPa}\sqrt{m}$ đến nhỏ hơn hoặc bằng $1,17 \text{ MPa}\sqrt{m}$, từ lớn hơn hoặc bằng $0,93 \text{ MPa}\sqrt{m}$ đến nhỏ hơn hoặc bằng $1,16 \text{ MPa}\sqrt{m}$, từ lớn hơn hoặc bằng $0,94 \text{ MPa}\sqrt{m}$ đến nhỏ hơn hoặc bằng $1,15 \text{ MPa}\sqrt{m}$, từ lớn hơn hoặc bằng $0,95 \text{ MPa}\sqrt{m}$ đến nhỏ hơn hoặc bằng $1,14 \text{ MPa}\sqrt{m}$, từ lớn hơn hoặc bằng $0,96 \text{ MPa}\sqrt{m}$ đến nhỏ hơn hoặc bằng $1,13 \text{ MPa}\sqrt{m}$, từ lớn hơn hoặc bằng $0,97 \text{ MPa}\sqrt{m}$ đến nhỏ hơn hoặc bằng $1,12 \text{ MPa}\sqrt{m}$, từ lớn hơn hoặc bằng $0,98 \text{ MPa}\sqrt{m}$ đến nhỏ hơn hoặc bằng $1,11 \text{ MPa}\sqrt{m}$, từ lớn hơn hoặc bằng $0,99 \text{ MPa}\sqrt{m}$ đến nhỏ hơn hoặc bằng $1,10 \text{ MPa}\sqrt{m}$, từ lớn hơn hoặc bằng $1,00 \text{ MPa}\sqrt{m}$ đến nhỏ hơn hoặc bằng $1,09 \text{ MPa}\sqrt{m}$, từ lớn hơn hoặc bằng $1,01 \text{ MPa}\sqrt{m}$ đến nhỏ hơn hoặc bằng $1,08 \text{ MPa}\sqrt{m}$, từ lớn hơn hoặc bằng $1,02 \text{ MPa}\sqrt{m}$ đến nhỏ hơn hoặc bằng $1,07 \text{ MPa}\sqrt{m}$, từ lớn hơn hoặc bằng $1,03 \text{ MPa}\sqrt{m}$ đến nhỏ hơn hoặc bằng $1,06 \text{ MPa}\sqrt{m}$, từ lớn hơn hoặc bằng $1,04 \text{ MPa}\sqrt{m}$ đến nhỏ hơn hoặc bằng $1,05 \text{ MPa}\sqrt{m}$, và tất cả các khoảng và khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên. Theo một số phương án, các hợp phần sử dụng để tạo ra vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có giá trị K_{IC} lớn hơn hoặc bằng $0,90 \text{ MPa}\sqrt{m}$. Theo một số phương án, các hợp phần sử dụng để tạo ra vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có giá trị K_{IC} nhỏ hơn hoặc bằng $1,5 \text{ MPa}\sqrt{m}$.

Như được sử dụng trong bản mô tả này, độ bền chống nứt vỡ K_{IC} được đo bằng phương pháp dầm Côngxon kép (double cantilever beam - DCB). Các giá trị K_{IC} được đo trên nền trên cơ sở thủy tinh trước khi được trao đổi ion để tạo ra vật phẩm trên cơ sở thủy tinh. Hình học của mẫu DCB được thể hiện trên Fig. 3 với các thông số quan trọng là chiều dài vết rạn a , tải trọng được áp dụng P , kích thước mặt cắt ngang w và $2h$, và độ dày của rãnh dẫn hướng vết rạn b . các mẫu được cắt theo hình chữ nhật có chiều rộng $2h = 1,25 \text{ cm}$ và độ dày nằm trong khoảng từ, $w = 0,3 \text{ mm}$ đến 1 mm , với tổng chiều dài của mẫu, không phải là kích thước quan trọng, nằm trong khoảng từ 5 cm đến 10 cm . Một lỗ được khoan ở cả hai đầu bằng mũi khoan kim cương để tạo phương tiện gắn mẫu vào giá giữ mẫu và

với tải trọng. “Rãnh dẫn hướng” vết rạn b được cắt theo chiều dài của mẫu trên cả hai mặt phẳng bằng cách sử dụng lưỡi cưa kẻ ô cắt lát có lưỡi bằng kim cương, để lại một “mạng lưới” vật liệu, xấp xỉ một nửa tổng độ dày của tấm (kích thước b trên Fig. 3), với chiều cao $180\text{ }\mu\text{m}$ tương ứng với độ dày của lưỡi. Dung sai kích thước có độ chính xác cao của lưỡi cưa kẻ ô cho phép giảm thiểu sự thay đổi giữa các mẫu. Lưỡi cưa kẻ ô cũng được sử dụng để cắt một vết rạn ban đầu có kích thước $a = 15\text{ mm}$. Kết quả của công đoạn cuối cùng này là tạo ra một nêm vật liệu rất mỏng gần đầu vết rạn (do độ cong của lưỡi) cho phép tạo vết rạn dễ dàng hơn trong mẫu. Các mẫu được gắn lên giá đỡ mẫu bằng kim loại bằng sợi dây thép ở lỗ dưới của mẫu. Các mẫu cũng được đỡ ở đầu đối diện để giữ mức mẫu trong điều kiện tải trọng thấp. Lò xo nối tiếp với cảm biến tải trọng (FUTEK, LSB200) được móc vào lỗ phía trên, sau đó được kéo dài ra, để dần dần tác dụng tải trọng, bằng cách sử dụng dây và máng trượt có độ chính xác cao. Vết nứt được theo dõi bằng kính hiển vi có độ phân giải $5\text{ }\mu\text{m}$ được gắn với máy ảnh kỹ thuật số và máy tính. Cường độ ứng suất được áp dụng, K_P , được tính toán sử dụng đẳng thức sau:

$$K_P = \left[\frac{P \cdot a}{(w \cdot b)^{0.5} h^{1.5}} \right] \left[3,47 + 2,32 \frac{h}{a} \right]$$

Đối với mỗi mẫu, vết nứt đầu tiên được bắt đầu ở đầu mút của mạng lưới, và sau đó vết nứt khởi đầu được phát triển từ từ dưới mức tới hạn cho đến khi tỷ lệ kích thước a/h lớn hơn 1,5, mà được yêu cầu trong phương trình nêu trên để tính toán chính xác cường độ ứng suất. Tại thời điểm này, chiều dài vết rạn, a , được đo và ghi lại bằng kính hiển vi du lịch có độ phân giải $5\text{ }\mu\text{m}$. Sau đó một giọt toluen được nhỏ vào rãnh nứt và tác động xáo trộn theo toàn bộ chiều dài của rãnh bằng lực mao dẫn, cố định vết rạn không di chuyển cho đến khi độ bền chống nứt vỡ đạt được. Tải trọng sau đó được tăng lên cho đến khi xảy ra nứt vỡ mẫu, và cường độ ứng suất tới hạn K_{IC} được tính từ tải trọng nứt vỡ và kích thước mẫu, với K_P tương đương với K_{IC} do phương pháp đo.

Mô đun Young (E) của hợp phần thủy tinh sử dụng để tạo ra vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có mối tương quan âm với đặc tính thả rơi của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh. Theo các phương án, các hợp phần được sử dụng để tạo ra vật phẩm trên cơ sở thủy tinh thể hiện mô đun Young (E) từ lớn hơn hoặc bằng 60 GPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 120 GPa , chẳng hạn từ lớn hơn hoặc bằng 62 GPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 115 GPa , từ lớn hơn hoặc bằng 64 GPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 113 GPa , từ lớn hơn hoặc bằng 66 GPa đến nhỏ hơn hoặc

bằng 112 GPa, từ lớn hơn hoặc bằng 68 GPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 111 GPa, từ lớn hơn hoặc bằng 70 GPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 110 GPa, từ lớn hơn hoặc bằng 72 GPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 109 GPa, từ lớn hơn hoặc bằng 74 GPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 108 GPa, từ lớn hơn hoặc bằng 76 GPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 107 GPa, từ lớn hơn hoặc bằng 78 GPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 106 GPa, từ lớn hơn hoặc bằng 80 GPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 105 GPa, từ lớn hơn hoặc bằng 82 GPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 104 GPa, từ lớn hơn hoặc bằng 84 GPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 103 GPa, từ lớn hơn hoặc bằng 86 GPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 102 GPa, từ lớn hơn hoặc bằng 88 GPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 101 GPa, từ lớn hơn hoặc bằng 90 GPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 100 GPa, từ lớn hơn hoặc bằng 91 GPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 99 GPa, từ lớn hơn hoặc bằng 92 GPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 98 GPa, từ lớn hơn hoặc bằng 93 GPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 97 GPa, từ lớn hơn hoặc bằng 94 GPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 96 GPa, hoặc bằng 95 GPa, và tất cả các khoảng và khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên. Theo các phương án, các hợp phần được sử dụng để tạo ra vật phẩm trên cơ sở thủy tinh thể hiện mô đun Young (E) từ lớn hơn hoặc bằng 80 GPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 120 GPa. Theo một số phương án, các hợp phần sử dụng để tạo ra vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể có mô đun Young (E) lớn hơn hoặc bằng 120 MPa. Giá trị mô đun Young nêu trong phần mô tả này dùng để chỉ giá trị được đo bằng kỹ thuật quang phổ siêu âm cộng hưởng theo loại chung được trình bày trong ASTM E2001-13, với tiêu đề tại liệu là “Standard Guide for Resonant Ultrasound Spectroscopy for Defect Detection in Both Metallic and Non-metallic Parts.”

Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể có độ dày thích hợp bất kỳ. Theo các phương án, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể có độ dày (t) từ lớn hơn hoặc bằng 0,2 mm đến nhỏ hơn hoặc bằng 2,0 mm, chẳng hạn từ lớn hơn hoặc bằng 0,3 mm đến nhỏ hơn hoặc bằng 1,0 mm, từ lớn hơn hoặc bằng 0,4 mm đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,9 mm, từ lớn hơn hoặc bằng 0,5 mm đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,8 mm, từ lớn hơn hoặc bằng 0,6 mm đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,7 mm, và tất cả các khoảng và khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên.

Các trị số hệ số Poisson được trích dẫn trong phần mô tả này đề cập tới trị số như được đo bởi kỹ thuật quang phổ kế cộng hưởng từ theo loại chung được nêu trong tiêu chuẩn ASTM E2001-13, có tiêu đề là “Standard Guide for Resonant Ultrasound Spectroscopy for Defect Detection in Both Metallic and Non-metallic Parts.”

Như được đề cập ở trên, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được gia cường, chẳng hạn bằng cách trao đổi ion, làm cho thủy tinh có khả năng chống hư hại đối với các ứng dụng như, nhưng không bị giới hạn ở, các vật phẩm cho phần che phủ bộ phận hiển thị hoặc hộp vỏ thiết bị điện tử. Tham chiếu tới FIG. 4, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có vùng thứ nhất chịu ứng suất chịu nén (ví dụ, lớp nén thứ nhất và thứ hai 120, 122 trên FIG. 4) kéo dài từ bề mặt đến độ sâu của lực nén (DOC) của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh và vùng thứ hai (ví dụ, vùng trung tâm 130 trên FIG. 4) chịu ứng suất kéo hoặc ứng suất kéo trung tâm (CT) kéo dài từ DOC vào trong vùng trung tâm hoặc vùng bên trong của thủy tinh. Như được sử dụng ở đây, DOC dùng để chỉ độ sâu mà tại đó ứng suất nằm trong vật phẩm trên cơ sở thủy tinh thay đổi từ ứng suất nén thành ứng suất kéo. Tại DOC, ứng suất chuyển từ ứng suất dương (nén) sang ứng suất âm (kéo) và do đó, thể hiện trị số ứng suất bằng 0.

Theo cách thông thường được sử dụng trong trạng thái kỹ thuật của sáng chế, việc nén 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 trị số dương hoặc trị số tuyệt đối— tức là, khi được nêu trong bản mô tả, $CS = |CS|$. Ứng suất nén (CS) có giá trị tối đa ở hoặc gần bề mặt của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh, và CS thay đổi với khoảng cách d từ bề mặt theo hàm. Tiếp tục tham chiếu đến hình vẽ trên FIG. 4, đoạn thứ nhất 120 kéo dài từ bề mặt thứ nhất 110 đến chiều sâu d_1 và đoạn thứ hai 122 kéo dài từ bề mặt thứ hai 112 đến chiều sâu d_2 . Cùng với nhau, các đoạn này xác định sự nén hoặc CS của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh 100. Ứng suất nén của cả hai bề mặt chính (110, 112 trên FIG. 4) được cân bằng bởi ứng suất kéo được lưu trữ trong vùng trung tâm (130) của thủy tinh. Theo một số phương án, $d_1 = d_2$ như được đo lần lượt từ bề mặt thứ nhất 110 và bề mặt thứ hai 112. Để thuận tiện, trong đó một DOC dùng để chỉ ở đây, biên dạng ứng suất được cho là đối xứng sao cho $DOC_1 = DOC_2$ được đo lần lượt từ bề mặt thứ nhất 110 và bề mặt thứ hai 112.

Biên dạng ứng suất của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được đo khác nhau dựa vào hợp phần của nền trên cơ sở thủy tinh sử dụng để tạo ra vật phẩm trên cơ sở thủy tinh. Phương pháp sử dụng đối với thủy tinh natri nhôm silicat là khác so với thủy tinh lithi nhôm silicat. Biên dạng ứng suất của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh tạo ra từ nền trên cơ sở thủy tinh natri nhôm silicat (SAS) được gia cường bằng cách trao đổi ion kali cho natri được đo từ biên dạng chỉ số khúc xạ đối với các sóng TM và TE thu được bằng cách sử dụng khai căn

biên dạng WKB ngược áp dụng cho các chiết suất hiệu dụng được đo của các chế độ truyền dẫn đối với các sóng TM và TE sử dụng kỹ thuật ghép nối lăng kính, ở 633 nm hoặc 595 nm. Biên dạng ứng suất được khai căn tới mức thấm K bằng cách từ hai biên dạng ứng suất và chia cho hệ số quang ứng suất. Sau đó, giả định được đưa ra sao cho trong vùng kéo biên dạng bắt đầu với hình parabol từ DOC đến chiều sâu d_c tại đó biên dạng được làm phẳng, sau khi lực kéo ổn định bằng biên dạng CT kéo dài qua độ dày giữa và tới cùng chiều sâu d_c trên mặt còn lại. Chiều sâu d_c được chọn dựa trên sự quan sát theo kinh nghiệm để bằng $1,15 \cdot DOL_K$ đối với hợp phần 2 không có K trong thủy tinh nền, và $1,4 \cdot DOL_K$ đối với các hợp phần 1 và 4 có lượng K đáng kể trong thủy tinh nền trước khi trao đổi ion, trong đó DOL_K dùng để chỉ “chiều sâu của lớp - kali” hoặc chiều sâu của lớp thấm kali là kết quả của quá trình trao đổi ion như được xác định đối với biên dạng trao đổi ion một bước bằng máy đo ứng suất ghép nối lăng kính FSM-6000, được sản xuất bởi Orihara Industrial Co., Ltd. (Japan). Với giả định này, tích phân qua độ dày của lực kéo trong vùng kéo là hàm đơn giản của CT khi độ dày t , DOC, và chiều sâu d_c là đã biết, và sau khi cho tích phân này bằng tích phân của ứng suất chịu nén được đo trên mặt còn lại của vùng kéo (để đảm bảo cân bằng lực), vùng kéo trung tâm CT được tìm thấy. Bằng cách biết đến giá trị CT, các giá trị K_T và TSE thu được từ hình dạng giả định của vùng kéo.

Biên dạng ứng suất của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh tạo ra từ nền trên cơ sở thủy tinh lithi nhôm silicat (LAS) trong đó biên dạng ứng suất có thành phần sâu tạo ra bằng cách trao đổi Na cho Li, và có thể có thành phần nông thu được bằng cách trao đổi K cho Li hoặc cho Na và Li, các giá trị TSE và K_T thu được bằng cách kết hợp đo CT sử dụng máy phân cực khuếch tán ánh sáng (SCALP) được định cỡ thích hợp tạo ra bởi GlassStress bằng cách đo DOC sử dụng máy phân cực khuếch tán ánh sáng (SLP-1000) phân biệt tạo ra bởi các thiết bị Orihara. Khi lớp nén lớn giàu K có mặt trên bề mặt, thì việc đo ứng suất nén bề mặt CS, chiều sâu đỉnh nhọn của lớp DOL_{sp} , và ứng suất điểm uốn CS_K ở DOL_{sp} sử dụng các phép đo ứng suất ghép nối lăng kính cũng được sử dụng.

Các phép đo ghép nối lăng kính sử dụng phương pháp trường gần khúc xạ (refracted near-field - RNF). Giá trị CT tối đa tạo ra bởi SCALP được sử dụng trong phương pháp RNF. Cụ thể, biên dạng ứng suất đo được bằng RNF là lực được cân bằng và hiệu chỉnh đến giá trị tối đa CT được tạo ra bởi phép đo SCALP. Phương pháp RNF được mô tả trong Patent Mỹ số 8,854,623, có tiêu đề “Systems and methods for measuring a profile characteristic

of glass sample”, được kết hợp toàn bộ vào đây bằng cách viện dẫn. 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 lường 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 khối tham chiếu 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.

Để cân bằng lực biên dạng ứng suất đo được bởi RNF biên dạng ứng suất được chuyển theo phương thẳng đứng cho tới khi tổng diện tích độ sâu ứng suất trong vùng chịu nén bằng diện tích trong vùng kéo. Khi biên dạng ứng suất đối xứng, làm cân bằng diện tích của vùng chịu nén gần nhất với khối tham chiếu với diện tích của một nửa vùng kéo mà cũng gần nhất với khối tham chiếu có thể được cân bằng để đạt độ chính xác hơn. Sau khi cân bằng lực, CT của biên dạng RNF đã được cân bằng lực được chia cho SCALP CT để tìm ra hệ số hiệu chỉnh (chia tỷ lệ). Sau đó, biên dạng được cân bằng lực được chia cho hệ số hiệu chỉnh để tạo ra lực được cân bằng và biên dạng ứng suất được hiệu chỉnh.

Việc phân bố đỉnh nhọn bề mặt K tới CT được tính toán bởi:

$$CT_{sp} = \frac{(CS - CS_K)DOL_{sp}}{t - DOL_K}$$

trong đó t là độ dày của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh. Đỉnh nhọn dùng để chỉ phần dốc đứng của biên dạng ứng suất nằm gần bề mặt giàu kali và có khả năng nén cao. Theo các phương án, DOL_{sp} có thể tương đương với DOL_K đối với vật phẩm trên cơ sở thủy tinh tạo ra từ nền cơ sở thủy tinh chứa lithi và ion được trao đổi với bề muối chứa kali. Việc phân phối thành phần sâu của biên dạng ứng suất tạo ra bởi quá trình trao đổi ion Na cho Li được tính toán bởi:

$$CT_{độ sâu} = CT - CT_{sp}$$

Độ sâu khuếch tán Na đối với các ví dụ quan tâm sử dụng thủy tinh LAS là tương đương với một nửa độ dày tấm thủy tinh, và hình dạng của biên dạng ứng suất trong vùng kéo có thể được xấp xỉ tương xứng với giá trị tuyệt đối của hình luật lũy thừa với hệ số lũy thừa p nằm trong khoảng 1,5-3 (trong đó $p=2$ có thể tương ứng với hình parabol). Với giả định này, giải pháp chính xác đối với tỷ lệ DOC/t đưa ra p , $CT_{\text{độ sâu}}$, và tổng CT được đo với SCALP là:

$$\frac{DOC}{t} = 0,5 \left\{ 1 - \left[\frac{CT}{(1+p)CT_{\text{độ sâu}}} \right]^{\frac{1}{p}} \right\}$$

Sau khi đo CT và DOC như được mô tả ở trên, đo độ dày bằng trắc vi kế, và $CT_{\text{độ sâu}}$ được tính toán, hệ số lũy thừa p thay đổi cho đến khi giá trị DOC/t đo được tương ứng với tỷ lệ tính toán được dựa vào công thức nêu trên. Giá trị p cố định này, cùng với CT và DOC , cho phép vùng kéo được xác định đầy đủ.

Bằng cách gán giá trị z_0 vào khoảng cách từ độ dày giữa của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh đến điểm tại đó lực nén thành lực kéo sao cho:

$$z_0 = 0,5t - DOC$$

Yếu tố ứng suất kéo (K_T) và TSE sau đó được tính toán là hàm của hệ số lũy thừa p bởi:

$$K_T(p) = 2pCT \sqrt{\frac{z_0}{2p^2 + 3p + 1}}$$

$$TSE(p) = \frac{1-\nu}{E} \frac{4p^2}{2p^2 + 3p + 1} z_0 CT^2$$

Để giảm sai số gây ra bởi đếm laze và các nguồn nhiễu khác, các giá trị CT và DOC đối với mỗi mẫu được tính trung bình qua ít nhất 20 lần đo, mỗi lần thu được từ một lần quét riêng rẽ thu được với vị trí mẫu dịch chuyển nhẹ trên thiết bị. Việc xác định vị trí của bề mặt mẫu đối với SLP-1000 được hiệu chỉnh bằng cách đo các mẫu thủy tinh SAS đối với DOC được xác định chính xác bằng phương pháp khai căn biên dạng ứng suất trên cơ sở IWKB.

Các phép đo ứng suất bề mặt dựa trên phép đo chính xác hệ số quang ứng suất (stress optical coefficient - SOC), hệ số này có liên quan đến lưỡng chiết quang của thủy tinh. SOC theo thứ tự được đo theo quy trình C (Phương pháp đĩa thủy tinh) được mô tả trong

Tiêu chuẩn ASTM C770-16, với tiêu đề “Standard Test Method for Measurement of Glass Stress-Optical Coefficient,” mà nội dung của nó được đưa vào đây bằng cách viện dẫn.

Theo một số phương án, giới hạn dễ vỡ đối với vật phẩm trên cơ sở thủy tinh về mặt hệ số ứng suất kéo K_T và năng lượng kéo biến dạng TSE là không hằng định, nhưng phụ thuộc vào độ bền chống nứt vỡ K_{IC} của thủy tinh. FIG. 5 thể hiện số lượng trung bình của các vết nứt/nhánh nứt là hàm của hệ số ứng suất kéo K_T đối với 3 hợp phần thủy tinh SAS khác nhau có độ bền chống nứt vỡ. Số lượng nhánh nứt thường là 2 hoặc 3, mỗi nhánh nứt xuất phát ở vị trí nứt vỡ ban đầu ở tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh 5 cm x 5 cm vuông. Đối với các thử nghiệm ở FIG. 5, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có độ dày 0,8mm. Các hợp phần trên FIG. 5 được thể hiện chi tiết ở Bảng 1 dưới đây. Giới hạn dễ vỡ nhằm mục đích thực hành được định nghĩa là giá trị tới hạn của K_T hoặc TSE nêu trên mà vật phẩm trên cơ sở thủy tinh dễ nứt vỡ. Đối với các hợp phần được thể hiện trên FIG. 5, giá trị tới hạn của 1,5 vết nứt/nhánh xuất hiện ở giá trị K_T là 1,18, 1,215, và 1,29, lần lượt đối với các hợp phần 1, 2, và 3.

Bảng 1

Thành phần	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO ₂	58,54	57,43	66,37	63,60	70,94	63,31	58,35	70,72	63,70
B ₂ O ₃			0,60		1,86	6,74	6,07		0,39
Al ₂ O ₃	15,30	16,10	10,29	25,67	12,83	15,20	17,81	4,28	16,18
Na ₂ O	16,51	17,05	13,80	10,81	2,36	4,30	1,73		8,10
K ₂ O	2,28		2,400				0,20		0,53
Li ₂ O				6,24	8,22	6,82	10,74	22,09	8,04
MgO	1,07	2,81	5,74		2,87	1,00	4,43		0,33
ZnO				1,16	0,83				
TiO ₂	0,004	0,003	0,003						0,010
CaO			0,59			1,55	0,57		
Fe ₂ O ₃					0,022		<0,02		0,020
ZrO ₂								1,97	
SnO ₂	0,10	0,07	0,21	0,04	0,06	0,05	0,08	0,08	0,05
SrO						1,02			
P ₂ O ₅	6,54	6,54		2,48				0,85	2,64
K _{IC} (MPa√m)	0,660	0,676	0,732	0,751	0,841	0,871	0,948	1,335	0,795
Vị trí Poisson	0,205	0,215	0,211	0,210	0,200	0,230	0,236	0,190	0,210
Mô đun Young (GPa)	63,9	66,0	72,9	76,3	80,0	76,7	83,0	101,0	77,3

Chế phẩm 8 là gốm thủy tinh trong suốt. Chế phẩm này được tạo ra bằng cách gốm hóa thể tiền thủy tinh.

Như được thể hiện ở các Bảng 2 và 3 dưới đây, các ví dụ trên FIG. 5 được tạo ra bằng cách sử dụng quá trình trao đổi ion một bước, với bề bản đầu gồm KNO_3 và lượng nhỏ NaNO_3 . Khoảng thời gian trao đổi ion được thay đổi theo khoảng được mô tả trong Bảng 2 để tạo ra các mẫu có các hệ số ứng suất kéo khác nhau và DOC/t . Ứng suất chịu nén thu được là khoảng 800 MPa đối với hợp phần 2, và từ 750 MPa đến 800 MPa đối với các hợp phần 1 và 3. DOC nằm trong khoảng từ 43 đến 60 μm . Vùng dốc của đường cong được thể hiện trên FIG. 5 bắt đầu ở DOC lớn hơn khoảng 53 μm đối với các hợp phần 1 và 3, và khoảng 47 μm đối với hợp phần 2. Tỷ lệ DOC/t ở chỗ bắt đầu vùng dốc của đường cong trên FIG. 5 nằm giữa 0,058 và 0,070 đối với tất cả các hợp phần.

Bảng 2

Tình trạng IOX	Độ dày (mm)	Bước 1					Bước 2			
		NaNO_3 (%) (% trọng lượng)	KNO_3 (%) (% trọng lượng)	LiNO_3 (%) (% trọng lượng)	Nhiệt độ ($^{\circ}\text{C}$)	Thời gian (giờ)	NaNO_3 (%) (% trọng lượng)	KNO_3 (%) (% trọng lượng)	Nhiệt độ ($^{\circ}\text{C}$)	Thời gian (giờ)
1	0,8	≤ 1	99	0	390	2 đến 4				
2	0,8	1,5	98,5	0	420	2,7 đến 3,7				
3	0,8	≤ 1	99	0	390	6,5 đến 24				
4	0,8	85	15	0	380	3,75	9	91	380	0,6
5	0,9	85	15	0	380	4,5	9	91	380	0,6
6	1	85	15	0	380	5,5	9	91	380	0,6
7	0,8	9,5	91,5	0	430	4,25				
8	0,8	100	0	0	430	4,25				
9	0,9	100	0	0	400	16				
10	0,8	7	93	0	430	12				
11	0,8	7	93	0	430	12				
12	0,8	70	30	0,4	470	12	70	30	470	1,5
13	0,8	100	0	0	470	15				
14	0,8	75	25	0,6	390	3,75				

Tình trạng IOX 10 và 11 sử dụng cùng nồng độ muối và cùng thời gian trao đổi ion. Tuy nhiên, trạng thái 10 dùng phân bao dày đặc ($\geq 0,01 \text{ m}^2$ thủy tinh/kg muối) của các mẫu

thủy tinh trong khi đó trạng thái 11 dùng phần bao ít dày đặc hơn ($<0,005 \text{ m}^2$ thủy tinh/kg muối).

Bảng 3

Thành phần	Tình trạng IOX	K_T ($\text{MPa}\sqrt{m}$)	K_T^2 (MPa^2m)	TSE (J/m^2)	Đề vỡ	DOL _{đỉnh} nhọt (μm)	CS _{tối đa} -CS _K (MPa)	DOC (μm)
1	1	1,18	1,392	17,3	L			
2	2	1,215	1,476	17,6	L			
3	3	1,29	1,664	18	L			
4	4	1,164	1,354	14	N	9	700	155
4	5	1,255	1,574	16,3	N	10	700	172
4	6	1,387	1,925	19,9	L/Y	10	700	187
5	7	1,486	2,207	22,1	L/Y	8	540	166
6	8	1,57	2,465	24,8	N	5	1	171
6	9	1,757	3,085	31	Y	5	10	190
7	10	1,413	1,997	18,4	N	9	570	180
7	11	1,569	2,461	22,7	Y	9	570	180
8	12	2,152	4,632	37,1	N	3	100	155
8	13	2,598	6,75	54,1	Y	3	100	159
9	14	1,1516	2,298	23,5	L	11	200	150

Bảng 3 (tiếp theo)

Thành phần	Tình trạng IOX	CT (MPa)	CT _{đỉnh nhọn} (MPa)	CT _{độ sâu} (MPa)	P _{dự đoán}	K_T dự đoán ($\text{MPa}\sqrt{m}$)	K_{CS} dự đoán ($\text{MPa}\sqrt{m}$)
4	4	72	8	64	2	1,164	
4	5	72	7,9	64,1	2,1	1,255	
4	6	73	7,1	65,9	2,4	1,397	
5	7	97	5,5	91,5	1,8	1,486	2,34
6	8	101	0	101	1,95	1,57	1,966
6	9	105,5	0,1	105,4	2	1,757	2,22
7	10	107	6,5	100,5	1,25	1,413	2,194
7	11	117	6,5	110,5	1,3	1,569	2,34
8	12	125	0,4	124,6	2,6	2,152	3
8	13	155	0,4	154,6	2,4	2,598	3,51
9	14	86,5	2,8	83,7	2,7	1,516	

Bảng 3 (tiếp theo)

Thành phần	Tình trạng IOX	K_T/K_{IC}	$K_T^2 + \frac{K_{CS}^2}{28,5}$ (MPa ² m)
5	7	1,77	3,54
6	8	1,87	3,55
6	9	2,09	4,45
7	10	1,68	2,59
7	11	1,87	3,16
8	12	2,56	3,29
8	13	3,09	4,73

Trong đó “L” để chỉ mẫu ở giới hạn dễ vỡ, “N” để chỉ mẫu không dễ vỡ, “Y” để chỉ mẫu nứt vỡ, và “L/Y” để chỉ mẫu ở giới hạn hoặc đôi khi ít nứt vỡ.

Nhận thấy rằng giá trị giới hạn dễ vỡ K_T đối với các hợp phần 1, 2, và 3 của FIG. 5 là hàm của độ bền chống nứt vỡ K_{IC} được minh họa trên FIG. 6. Xu hướng tích hợp hồi quy qua gốc đưa ra tích hợp thích hợp đối với các kết quả thử nghiệm trên FIG. 6 khi xem xét độ lệch chuẩn thử nghiệm khi đo K_{IC} . Tích hợp hồi quy này chứng tỏ rằng giới hạn dễ vỡ về K_T là tỷ lệ với độ bền chống nứt vỡ K_{IC} , với hệ số tỷ lệ là 1,78 khi DOC/t khoảng 0,06, như trường hợp đối với các thử nghiệm trên FIG. 5. Với lý do này, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được gia cường được đề cập theo một số phương án có hệ số ứng suất kéo K_T vượt quá $1,3 \text{ MPa}\sqrt{m}$ nhưng không vượt quá giá trị $1,78 \cdot K_{IC}$. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh này có độ bền chống nứt vỡ lớn hơn so với vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có K_T dưới $1,3 \text{ MPa}\sqrt{m}$, trong khi duy trì được tính không dễ vỡ. Theo một số phương án, hệ số ứng suất kéo K_T vượt quá $1,4 \text{ MPa}\sqrt{m}$ và không vượt quá $1,78 \cdot K_{IC}$.

Theo một số phương án, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được đặc trưng bởi hệ số kéo biến dạng K_T vượt quá $1,4 \text{ MPa}\sqrt{m}$ và năng lượng kéo biến dạng không vượt quá giới hạn dễ vỡ đối với TSE được đưa ra bởi:

$$TSE^{giới hạn} = \frac{1 - \nu}{E} 3,17 \cdot K_{IC}^2$$

Bằng cách minh họa, giới hạn dễ vỡ về TSE có thể được đưa ra bởi:

$$\text{TSE}^{\text{giới hạn}} \left[\frac{J}{m^2} \right] = 37,5 \cdot K_{IC}^2$$

khi các giá trị về tỷ lệ Poisson và mô đun Young của hợp phần 2 được thay thế vào đẳng thức.

Theo các phương án, giới hạn dễ vỡ của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh về hệ số ứng suất kéo K_T hoặc năng lượng kéo biến dạng TSE phụ thuộc vào tỷ lệ DOC/t , hoặc, theo cách khác, vào tỷ lệ BTZ/t , ví dụ, bề rộng của vùng kéo chia cho độ dày của tấm. Theo cách khác, BTZ có thể được chỉ ra là $\text{DOC}_2 - \text{DOC}_1$. FIG. 7 thể hiện dữ liệu thử nghiệm sử dụng 6 độ dày khác nhau của hợp phần tấm thủy tinh 2 kích thước 5 cm x 5 cm vuông, được gia cường hóa học bằng cách trao đổi ion kéo dài trong bể có xấp xỉ 35% hoặc 37% NaNO_3 and 65% hoặc 63% KNO_3 trọng lượng, ở 450°C trong khoảng thời gian kéo dài từ khoảng 13 giờ đến 24,5 giờ. Trục nằm ngang của FIG. 7 thể hiện hệ số ứng suất kéo K_T thu được từ việc khai căn biên dạng ứng suất bởi phương pháp IWKB, trong khi đó trục thẳng đứng thể hiện logarit cơ số 2 của số lượng các mảnh đối với mỗi mẫu được nứt vỡ. Mẫu bị vỡ thành 5 mảnh hoặc nhiều hơn sẽ có logarit lớn hơn 2, và được xem là dễ nứt vỡ. Dữ liệu đối với tất cả các độ dày thường theo cùng một xu hướng, ngoại trừ một vài ngoại lai. Các ngoại lai này có thể là do các dương tính giả, ví dụ, khi mũi nhọn của công cụ gây nứt vỡ bị cùn hoặc mẫu bị vênh nhẹ, mỗi hệ số này có thể thúc đẩy việc đưa năng lượng tạo ra bên ngoài (điện thế hoặc động lực) bởi công cụ gây nứt vỡ vào mẫu. Dữ liệu được thể hiện trên FIG. 7 chỉ ra rằng giá trị tới hạn của hệ số K_T (và, tương ứng là TSE) về cơ bản không phụ thuộc vào độ dày. Hơn thế nữa, giá trị tới hạn K_T đối với các trạng thái gia cường được thể hiện trên FIG. 7 là cao hơn đáng kể so với hợp phần tương tự 2 thể hiện trên FIG. 5. Một sự khác biệt cơ bản giữa các mẫu được thể hiện trên FIG. 7 và các mẫu được thể hiện trên FIG. 5 là giá trị của tỷ lệ DOC/t . Các mẫu trên FIG. 5 thu được bằng cách trao đổi ion tương đối nông chủ yếu ở KNO_3 tạo ra biên dạng ứng suất với CS bề mặt lớn khoảng 800 MPa và DOC trung bình, sao cho tỷ lệ DOC/t là khoảng 0,058 đối với các phần của hợp phần 2 ở hoặc gần giới hạn dễ vỡ. Mặt khác, các mẫu được thể hiện trên FIG. 7 được gia cường bằng cách trao đổi ion sâu hơn đáng kể với CS bề mặt nhỏ hơn trong khoảng 240-320 MPa, và tỷ lệ DOC/t cao hơn đáng kể, nằm trong khoảng từ 0,13 đến 0,21, với tỷ lệ cao hơn thu được đối với các độ dày nhỏ hơn và ngược lại.

Đối với mỗi độ dày được thể hiện trên FIG. 7, năng lượng biến dạng kéo TSE và hệ số K_T được tăng lên bằng cách tăng thời gian trao đổi ion và tỷ lệ DOC/t . Trong khoảng K_T được thông báo, tỷ lệ DOC/t thay đổi trong khoảng tương đối hẹp đối với mỗi độ dày, 0,193-0,206 đối với $t=0,4$ mm, 0,161-0,179 đối với $t=0,5$ mm, 0,164-0,177 đối với $t=0,55$ mm, 0,143-0,161 đối với $t=0,6$ mm, 0,138-0,167 đối với $t=0,7$ mm, và 0,134-0,145 đối với $t=0,8$ mm. Các mẫu không dễ vỡ được quan sát ở các mức cao nhất sau $K_T - 1,379 MPa\sqrt{m}$ đối với $t=0,4$ mm, $1,37 MPa\sqrt{m}$ đối với $t=0,5$ mm, $1,375 MPa\sqrt{m}$ đối với $t=0,55$ mm, $1,36 MPa\sqrt{m}$ đối với $t=0,6$ mm, $1,37 MPa\sqrt{m}$ đối với $t=0,7$ mm, và $1,344 MPa\sqrt{m}$ đối với $t=0,8$ mm. Các mẫu dễ vỡ được tạo ra đối với mỗi độ dày ở các mức thấp nhất $K_T - 1,313 MPa\sqrt{m}$ đối với $t=0,4$ mm, $1,24 MPa\sqrt{m}$ đối với $t=0,5$ mm, $1,368 MPa\sqrt{m}$ đối với $t=0,55$ mm, $1,376 MPa\sqrt{m}$ đối với $t=0,6$ mm, $1,334 MPa\sqrt{m}$ đối với $t=0,7$ mm, và $1,296 MPa\sqrt{m}$ đối với $t=0,8$ mm. Nếu các điểm dữ liệu nằm trên xu hướng chung được gán là các dương tính giả và được bỏ qua, thì các mức thấp nhất K_T đối với các phân dễ nứt vỡ thành 8 mảnh hoặc nhiều hơn là: $1,366 MPa\sqrt{m}$ đối với $t=0,4$ mm, $1,355 MPa\sqrt{m}$ đối với $t=0,5$ mm, $1,368 MPa\sqrt{m}$ đối với $t=0,55$ mm, $1,376 MPa\sqrt{m}$ đối với $t=0,6$ mm, $1,357 MPa\sqrt{m}$ đối với $t=0,7$ mm, và $1,343 MPa\sqrt{m}$ đối với $t=0,8$ mm.

Các giá trị K_T của các FIG. 5 và 7 được lấy bình phương và được kết hợp với dữ liệu bổ sung đối với cùng một hợp phần thủy tinh 2 thu được đối với độ dày 0,4 mm và được minh họa bằng đồ thị trên FIG. 8. Dữ liệu bổ sung gồm ước lượng giới hạn dễ nứt vỡ thu được đối với tỷ lệ DOC/t rất lớn bằng cách xử lý nhiệt các mẫu dễ vỡ có tỷ lệ DOC/t lớn hơn 0,2 cho đến khi không quan sát thấy trạng thái nứt vỡ. Các mẫu này được tạo ra bằng cách trao đổi ion trong bể có 35% $NaNO_3$ và 65% KNO_3 ở $450^\circ C$ trong khoảng 14,4 đến 16,5 giờ, hoặc trong bể có 17% $NaNO_3$ và 83% KNO_3 , ở $430^\circ C$ trong 11,5 giờ sau đó là $450^\circ C$ trong 1,25 giờ. Các mẫu sau là dễ vỡ hơn, nhưng đạt tới giới hạn dễ vỡ sau khi xử lý nhiệt ở $400^\circ C$ trong 12 giờ. DOC được tăng lên khoảng $0,23t$ sau xử lý nhiệt. Các mẫu được trao đổi trong bể có hàm lượng Na cao hơn cần thời gian xử lý nhiệt ngắn hơn để quay lại trạng thái không dễ nứt vỡ so với trạng thái dễ nứt vỡ sau khi trao đổi ion, vì chúng có giá trị K_T thấp hơn sau khi trao đổi ion. Dữ liệu trên FIG. 8 đối với K_T^2 so với DOC/t rất thích hợp với mô hình hồi quy thực nghiệm cho phép phát triển tính phụ thuộc theo thực nghiệm

chính xác của giới hạn dễ nứt vỡ đối với K_T (và TSE) đối với tỷ lệ DOC/t . Cụ thể, đối với hợp phần 2, mô hình đưa ra:

$$K_T^2 \text{giới hạn} = 1,3447 + 3,0443 \frac{DOC}{t}$$

và:

$$K_T \text{giới hạn} = 1,16 \sqrt{1 + 2,263 \frac{DOC}{t}}$$

Dựa vào mối tương quan này, và tính đến độ bền chống nứt vỡ K_{IC} của hợp phần 2 là $0,767 \text{ MPa}\sqrt{m}$, mối tương quan chung theo thực nghiệm giữa giới hạn dễ nứt vỡ đối với K_T , độ bền chống nứt vỡ K_{IC} , và tỷ lệ DOC/t được tạo ra như sau:

$$K_T \text{giới hạn} = 1,716 \cdot K_{IC} \sqrt{1 + 2,263 \frac{DOC}{t}}$$

Theo một số phương án, mối tương quan chung theo thực nghiệm này đối với giới hạn dễ nứt vỡ K_T có thể được cải biến bởi hệ số tin cậy (CF) như sau:

$$K_T \text{giới hạn} = CF \cdot 1,716 \cdot K_{IC} \sqrt{1 + 2,263 \frac{DOC}{t}}$$

trong đó hệ số tin cậy (CF) có thể đưa ra giá trị nhỏ hơn 1, sao cho nằm trong khoảng từ 0,9 đến 0,95 khi tránh làm tạo ra các mảnh là rất quan trọng và độ chính xác giới hạn của thiết bị cho phép xác định K_T với độ chính xác chỉ một vài phần trăm. Hệ số tin cậy (CF) với giá trị gần bằng 1, như trong khoảng từ 0,95 đến 1, có thể là thích hợp khi đo với độ chính xác cao các thông số tới hạn của biên dạng ứng suất cho phép giá trị K_T cần thu được với độ chính xác bằng 1% hoặc nhỏ hơn.

Dựa vào mối tương quan giữa TSE và K_T , các giới hạn sau có thể được áp dụng tương đương với TSE:

$$\text{TSE}^{\text{giới hạn}} = \frac{1-\nu}{E} 2,94 (CF \cdot K_{IC})^2 \left(1 + 2,263 \frac{DOC}{t}\right)$$

Đối với hợp phần 2, tỷ lệ Poisson và mô đun Young có giá trị lần lượt là 0,22 và 66 GPa. Các giá trị này có thể được sử dụng để tạo ra giới hạn TSE chung được đưa ra như sau:

$$\text{TSE}^{\text{giới hạn}} \left(\frac{J}{m^2}\right) = 34,8 (CF \cdot K_{IC})^2 \left(1 + 2,263 \frac{DOC}{t}\right)$$

FIG. 9 thể hiện dữ liệu của FIG. 8, là hàm của BTZ/t tại DOC/t . Tích hợp hồi quy của giá trị giới hạn để vỡ K_T^2 là hàm của BTZ/t đối với dữ liệu của hợp phần 2 được tìm ra, được đưa ra bởi:

$$K_T^2 \text{ giới hạn} = 2,8664 - 1,5217 \frac{BTZ}{t}$$

và:

$$K_T \text{ giới hạn} = 1,693 \sqrt{1 - 0,531 \frac{BTZ}{t}}$$

Việc sử dụng BTZ cho phép mối tương quan này được áp dụng đối với vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có biên dạng ứng suất không đối xứng, như biên dạng ứng suất trong đó DOC_1 không bằng DOC_2 khi được đo lần lượt từ các bề mặt thứ nhất và thứ hai. Khi được biểu hiện về độ bền chống nứt vỡ, thì mối tương quan này là:

$$K_T \text{ giới hạn} = CF \cdot 2,504 \cdot K_{IC} \sqrt{1 - 0,531 \frac{BTZ}{t}} \approx CF \cdot 2,5 \cdot K_{IC} \sqrt{1 - 0,531 \frac{BTZ}{t}}$$

Hệ số tin cậy (CF) có thể nằm trong khoảng từ 0,85 đến 1, và có thể được áp dụng theo cách tương tự như được mô tả ở trên.

Giới hạn TSE liên quan được đưa ra bởi:

$$TSE \text{ giới hạn} = \frac{1 - \nu}{E} 6,27 (CF \cdot K_{IC})^2 \left(1 - 0,531 \frac{BTZ}{t}\right)$$

Ngoài ra, hệ số ứng suất chịu nén K_{CS} bằng căn bậc hai của ứng suất chịu nén được lấy tích phân trên vùng ứng suất chịu nén trên mặt của vùng ứng suất kéo, đối với mỗi thành phần của ứng suất, x hoặc y , như sau:

$$K_{CS,x} = \sqrt{\int_{CS_x > 0} \sigma_x^2(z) dz}$$

$$K_{CS,y} = \sqrt{\int_{CS_y > 0} \sigma_y^2(z) dz}$$

Hoặc nhìn chung, đối với các thành phần:

$$K_{CS} = \sqrt{\int_{CS>0} \sigma^2(z) dz}$$

Trong trường hợp biên dạng ứng suất có hai vùng chịu nén kéo dài trên một mặt của vùng kéo trung tâm, từ bề mặt thứ nhất ở $z=0$ đến độ sâu chịu nén thứ nhất DOC_1 , và lần lượt trên mặt thứ hai từ bề mặt thứ hai $z=t$ đến DOC_2 , hệ số ứng suất chịu nén thu được từ:

$$K_{CS} = \sqrt{\int_{z=0}^{DOC_1} \sigma^2(z) dz + \int_{t-DOC_2}^t \sigma^2(z) dz}$$

Đối với biên dạng ứng suất đối xứng, trong đó $DOC_1=DOC_2$ khi được đo lần lượt từ bề mặt thứ nhất và thứ hai, và với mức phân bố ứng suất đối xứng, hệ số ứng suất chịu nén được đưa ra bởi:

$$K_{CS} = \sqrt{2 \int_{z=0}^{DOC} \sigma^2(z) dz}$$

Giá trị năng lượng ứng suất chịu nén của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể được mô tả bởi:

$$CSE = \frac{1-\nu}{2E} (K_{CS,x}^2 + K_{CS,y}^2)$$

mà có thể được đơn giản hóa khi $K_{CS,x}=K_{CS,y}=K_{CS}$ thành:

$$CSE = \frac{1-\nu}{E} K_{CS}^2$$

Sự gia tăng rõ rệt giới hạn dễ vỡ về K_T không chỉ liên quan với tỷ lệ DOC/t , mà còn liên quan với độ lớn tương đối của TSE và CSE. Cụ thể, với sự gia tăng tỷ lệ DOC/t , TSE bao gồm phần lớn hơn của tổng năng lượng biến dạng ($TSE+CSE$) lưu trữ trong vật phẩm trên cơ sở thủy tinh là kết quả của việc gia cường hóa học. Bảng 4 và 5 bao gồm dữ liệu tóm tắt đối với các mẫu thu được với hợp phần 2 và các độ dày và biên dạng ứng suất khác nhau.

Bảng 4

Mẫu	Độ dày (mm)	Tình trạng IOX			CS (MPa)	DOL _K (μm)	DOC (μm)	CT (MPa)	Tích phân ứng suất (MPa. μm)	Lực kéo trung bình (MPa)	DOC /t	BTZ/t	I/t (MPa)
		Hàm lượng mề (% trọng lượng)	Nhiệt độ (°C)	Thời gian (giờ)									
A	0,4	37% NaNO ₃ 63% KNO ₃	450	16	239	160	82,6	116,2	195,20	82,8	0,2	0,6	48,7
B	0,5	35% NaNO ₃ 65% KNO ₃	450	14,5	294	144	85,5	96,2	23675,3	72	0,17	0,66	47,4
C	0,55	35% NaNO ₃ 65% KNO ₃	450	13,5	297	148	90,7	80,2	25298,8	68,6	0,166	0,668	46
D	0,6	35% NaNO ₃ 65% KNO ₃	450	15,75	304,5	147	93,4	73,1	26418	64,1	0,156	0,688	44,1
E	0,7	37% NaNO ₃ 63% KNO ₃	450	20	278,5	175	108,7	68,85	28990	59,7	0,155	0,69	41,2
F	0,8	37% NaNO ₃ 63% KNO ₃	450	23	298	173	113,2	54,3	31376	54,3	0,141	0,718	39
G	0,8	1,5% NaNO ₃ 98,5% KNO ₃	390	3	813	56	48	46,3	31944	45,5	0,059	0,882	40
H	0,4	17% NaNO ₃ 83% KNO ₃	430	11,5	160	172	91	119	19500	89,9	0,23	0,54	48,9
I	0,4	100% KNO ₃	390	1,3	930	36	29,2	67	22300	65,3	0,074	0,852	55,8

Bảng 5

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
K_T ($MPa\sqrt{m}$)	1,379	1,37	1,375	1,35	1,37	1,344	1,215	1,418	1,244
TSE (J/m^2)	22,5	22,2	22,3	21,5	22,2	21,3	17,4	23,8	18,3
K_T^2 (MPa^2m)	1,903	1,878	1,892	1,823	1,877	1,806	1,476	2,01	1,548
K_{CS}^2 (MPa^2m)	2,952	4,283	4,635	4,924	5,056	5,737	16,8	2,51	12,97
K_{Tn}^2 (MPa^2m)	4,163	4,109	4,139	3,988	4,107	3,953	3,23	4,398	3,388
K_{CSn}^2 (MPa^2m)	6,46	9,372	10,142	10,775	11,064	12,554	36,763	5,493	28,382
$K_T^2 + \frac{K_{CS}^2}{28,5}$ (MPa^2m)	2,006	2,028	2,054	1,995	2,054	2,008	2,066	2,098	2,003
$K_{Tn}^2 + \frac{K_{CSn}^2}{28,5}$ (MPa^2m)	4,39	4,438	4,495	4,366	4,495	4,393	4,52	4,591	4,384

TSE là tỷ lệ với K_T^2 , trong khi đó CSE là tỷ lệ với K_{CS}^2 . Đối với các thử nghiệm với hợp phần 2, đã xác định được rằng ở trạng thái giới hạn dễ vỡ, tổng cụ thể của các hệ số K_T và K_{CS} bình phương được chuẩn hóa thành độ bền chống nứt vỡ về cơ bản không bị thay đổi mà không kể tới tỷ lệ DOC/t . FIG. 10 chỉ ra rằng hợp phần thủy tinh 2 có tổng số K_T^2 và $K_{CS}^2/28,5$ là hằng định ở giới hạn dễ vỡ đối với khoảng tỷ lệ DOC/t được thử nghiệm:

$$K_T^2 + \frac{K_{CS}^2}{28,5} = 2,03 \pm 0,04 MPa^2m$$

Nó gồm các ví dụ không dễ vỡ có K_T nhỏ ở mức thấp $1,215 MPa\sqrt{m}$, và ở mức thấp $1,418 MPa\sqrt{m}$, và các ví dụ bổ sung ở $1,244 MPa\sqrt{m}$, $1,344 MPa\sqrt{m}$, $1,35 MPa\sqrt{m}$, $1,37 MPa\sqrt{m}$, $1,375 MPa\sqrt{m}$, và $1,379 MPa\sqrt{m}$. Do đó, theo các phương án, vật phẩm thủy tinh có K_T lớn hơn hoặc bằng $1,2 MPa\sqrt{m}$, cũng thỏa mãn trạng thái này.

$$K_T^2 + \frac{K_{CS}^2}{28,5} = 2,03 MPa^2m$$

Theo các phương án, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có K_T lớn hơn hoặc bằng $1,24 MPa\sqrt{m}$, $1,3 MPa\sqrt{m}$, $1,34 MPa\sqrt{m}$, $1,36 MPa\sqrt{m}$, $1,37 MPa\sqrt{m}$, $1,4 MPa\sqrt{m}$, hoặc $1,41 MPa\sqrt{m}$. Hơn nữa, theo một số phương án K_T không vượt quá $2,2K_{IC}$, $2,1K_{IC}$, $2,0K_{IC}$, $1,9K_{IC}$, $1,8K_{IC}$, hoặc $1,78K_{IC}$, trong đó K_{IC} là độ bền chống nứt vỡ của thủy tinh, hoặc hợp phần thủy tinh tại chỗ ở vị trí có lực kéo lớn nhất (thường là mặt phẳng giữa của tấm thủy tinh).

Liên quan tới độ bền chống nứt vỡ của hợp phần 2 là $0,676 MPa\sqrt{m}$, dữ liệu của FIG. 10 được thể hiện trên FIG. 11 trong đó sự phân bố trọng lượng của K_T^2 và K_{CS}^2 được chuẩn hóa thành bình phương của độ bền chống nứt vỡ. Sau đó để tránh tính dễ nứt vỡ:

$$K_T^2 + \frac{K_{CS}^2}{28,5} \leq 4,45K_{IC}^2$$

hoặc:

$$\frac{K_T^2}{K_{IC}^2} + \frac{1}{28,5} \frac{K_{CS}^2}{K_{IC}^2} \leq 4,45$$

Đối với giá trị được chuẩn hóa trong đó $K_{Tn}=K_T/K_{IC}$ và $K_{CSn}=K_{CS}/K_{IC}$ được thể hiện trên FIG. 11, trạng thái có thể còn được đơn giản hóa tiếp thành:

$$K_{Tn}^2 + \frac{K_{CSn}^2}{28,5} \leq 4,45$$

Theo các phương án, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có K_T lớn hơn hoặc bằng $1,31 MPa\sqrt{m}$, cũng thỏa mãn trạng thái:

$$K_T^2 + \frac{K_{CS}^2}{28,5} \leq 4,45K_{IC}^2$$

Nhiều tiêu chuẩn bảo toàn có thể cũng được áp dụng, như:

$$K_T^2 + \frac{K_{CS}^2}{28,5} \leq 4,1K_{IC}^2$$

hoặc:

$$K_T^2 + \frac{K_{CS}^2}{28,5} \leq 3,8K_{IC}^2$$

Theo các phương án, K_T lớn hơn hoặc bằng $1,2 MPa\sqrt{m}$, như lớn hơn hoặc bằng $1,24 MPa\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $1,3 MPa\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $1,31 MPa\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $1,34 MPa\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $1,36 MPa\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $1,37 MPa\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $1,4 MPa\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $1,41 MPa\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $1,43 MPa\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $1,44 MPa\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $1,45 MPa\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $1,46 MPa\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $1,47 MPa\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $1,48 MPa\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $1,49 MPa\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $1,50 MPa\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $1,51 MPa\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $1,52 MPa\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $1,53 MPa\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $1,54 MPa\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $1,55$

$MPa\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $1,56 MPa\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $1,57 MPa\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $1,58 MPa\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $1,59 MPa\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $1,60 MPa\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $1,7 MPa\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $1,8 MPa\sqrt{m}$, lớn hơn hoặc bằng $1,9 MPa\sqrt{m}$, hoặc lớn hơn hoặc bằng $2 MPa\sqrt{m}$. Theo một số phương án, K_T không vượt quá $2,2K_{IC}$, như nhỏ hơn hoặc bằng $2,1K_{IC}$, nhỏ hơn hoặc bằng $2,0K_{IC}$, nhỏ hơn hoặc bằng $1,9K_{IC}$, nhỏ hơn hoặc bằng $1,8K_{IC}$, nhỏ hơn hoặc bằng $1,78K_{IC}$, nhỏ hơn hoặc bằng $1,75K_{IC}$, nhỏ hơn hoặc bằng $1,7K_{IC}$, nhỏ hơn hoặc bằng $1,65K_{IC}$, hoặc nhỏ hơn.

Theo một số phương án, CS của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh là từ lớn hơn hoặc bằng 300 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 1300 MPa, chẳng hạn từ lớn hơn hoặc bằng 325 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 1250 MPa, từ lớn hơn hoặc bằng 350 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 1200 MPa, từ lớn hơn hoặc bằng 375 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 1150 MPa, từ lớn hơn hoặc bằng 400 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 1100 MPa, từ lớn hơn hoặc bằng 425 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 1050 MPa, từ lớn hơn hoặc bằng 450 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 1000 MPa, từ lớn hơn hoặc bằng 475 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 975 MPa, từ lớn hơn hoặc bằng 500 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 950 MPa, từ lớn hơn hoặc bằng 525 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 925 MPa, từ lớn hơn hoặc bằng 550 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 900 MPa, từ lớn hơn hoặc bằng 575 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 875 MPa, từ lớn hơn hoặc bằng 600 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 850 MPa, từ lớn hơn hoặc bằng 625 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 825 MPa, từ lớn hơn hoặc bằng 650 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 800 MPa, từ lớn hơn hoặc bằng 675 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 775 MPa, hoặc từ lớn hơn hoặc bằng 700 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 750 MPa, và tất cả các khoảng và khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên. Theo một số phương án, CS của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh lớn hơn hoặc bằng 100 MPa.

DOL_K thường nhỏ hơn DOC đối với các vật phẩm được mô tả ở đây. DOL_K của mỗi lớp trong số các lớp chịu nén thứ nhất và thứ hai 120, 122 từ lớn hơn hoặc bằng 5 μm đến nhỏ hơn hoặc bằng 30 μm , như 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 khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên. Theo các phương án khác, DOL_K mỗi lớp trong số các lớp chịu nén thứ nhất và thứ hai 120, 122 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 khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên. Theo các phương án khác nữa, DOL_K của mỗi lớp trong số các lớp chịu nén thứ nhất và thứ hai 120, 122 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 khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên.

Theo các phương án, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể có CT tối đa lớn hơn hoặc bằng 70 MPa, như lớn hơn hoặc bằng 75 MPa, lớn hơn hoặc bằng 80 MPa, lớn hơn hoặc bằng 85 MPa, lớn hơn hoặc bằng 90 MPa, lớn hơn hoặc bằng 95 MPa, lớn hơn hoặc bằng 100 MPa, lớn hơn hoặc bằng 105 MPa, lớn hơn hoặc bằng 110 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, lớn hơn hoặc bằng 150 MPa, lớn hơn hoặc bằng 155 MPa, hoặc more. Theo một số phương án, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể có CT tối đa nhỏ hơn hoặc bằng 400 MPa, như nhỏ hơn hoặc bằng 350 MPa, nhỏ hơn hoặc bằng 300 MPa, nhỏ hơn hoặc bằng 250 MPa, 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, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 100 MPa. 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 70 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 400 MPa, như từ lớn hơn hoặc bằng 90 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 350 MPa, từ lớn hơn hoặc bằng 110 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 200 MPa, từ lớn hơn hoặc bằng 120 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 180 MPa, từ lớn hơn hoặc bằng 130 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 160 MPa, hoặc từ lớn hơn hoặc bằng 140 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 150 MPa, và tất cả các khoảng và các khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên.

Theo các phương án, lực kéo trung tâm tối đa (CT) cũng được mô tả tham chiếu đến độ dày của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh. Theo các phương án, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể có CT tối đa nhỏ hơn hoặc bằng $360/\sqrt{t}$ MPa trong đó t tính theo mm, như nhỏ hơn

hoặc bằng $350/\sqrt{t}$ MPa, nhỏ hơn hoặc bằng $330/\sqrt{t}$ MPa, nhỏ hơn hoặc bằng $310/\sqrt{t}$ MPa, nhỏ hơn hoặc bằng $300/\sqrt{t}$ MPa, nhỏ hơn hoặc bằng $280/\sqrt{t}$ MPa, nhỏ hơn hoặc bằng $260/\sqrt{t}$ MPa, nhỏ hơn hoặc bằng $240/\sqrt{t}$ MPa, nhỏ hơn hoặc bằng $220/\sqrt{t}$ MPa, nhỏ hơn hoặc bằng $200/\sqrt{t}$ MPa, nhỏ hơn hoặc bằng $190/\sqrt{t}$ MPa, nhỏ hơn hoặc bằng $180/\sqrt{t}$ MPa, nhỏ hơn hoặc bằng $170/\sqrt{t}$ MPa, nhỏ hơn hoặc bằng $160/\sqrt{t}$ MPa, nhỏ hơn hoặc bằng $150/\sqrt{t}$ MPa, nhỏ hơn hoặc bằng $140/\sqrt{t}$ MPa, nhỏ hơn hoặc bằng $130/\sqrt{t}$ MPa, nhỏ hơn hoặc bằng $120/\sqrt{t}$ MPa, nhỏ hơn hoặc bằng $110/\sqrt{t}$ MPa, nhỏ hơn hoặc bằng $100/\sqrt{t}$ MPa, nhỏ hơn hoặc bằng $90/\sqrt{t}$ MPa, nhỏ hơn hoặc bằng $80/\sqrt{t}$ MPa, nhỏ hơn hoặc bằng $70/\sqrt{t}$ MPa, hoặc nhỏ hơn. Theo các phương án, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể có CT tối đa lớn hơn hoặc bằng $60/\sqrt{t}$ MPa trong đó t tính theo mm, như lớn hơn hoặc bằng $70/\sqrt{t}$ MPa, lớn hơn hoặc bằng $80/\sqrt{t}$ MPa, lớn hơn hoặc bằng $90/\sqrt{t}$ MPa, lớn hơn hoặc bằng $100/\sqrt{t}$ MPa, lớn hơn hoặc bằng $110/\sqrt{t}$ MPa, lớn hơn hoặc bằng $120/\sqrt{t}$ MPa, lớn hơn hoặc bằng $130/\sqrt{t}$ MPa, lớn hơn hoặc bằng $140/\sqrt{t}$ MPa, lớn hơn hoặc bằng $150/\sqrt{t}$ MPa, lớn hơn hoặc bằng $160/\sqrt{t}$ MPa, lớn hơn hoặc bằng $170/\sqrt{t}$ MPa, lớn hơn hoặc bằng $180/\sqrt{t}$ MPa, lớn hơn hoặc bằng $190/\sqrt{t}$ MPa, lớn hơn hoặc bằng $200/\sqrt{t}$ MPa, lớn hơn hoặc bằng $220/\sqrt{t}$ MPa, lớn hơn hoặc bằng $240/\sqrt{t}$ MPa, lớn hơn hoặc bằng $260/\sqrt{t}$ MPa, lớn hơn hoặc bằng $280/\sqrt{t}$ MPa, lớn hơn hoặc bằng $300/\sqrt{t}$ MPa, lớn hơn hoặc bằng $320/\sqrt{t}$ MPa, lớn hơn hoặc bằng $340/\sqrt{t}$ MPa, lớn hơn hoặc bằng $350/\sqrt{t}$ MPa, hoặc lớn hơn. Theo các phương án, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể có CT tối đa từ lớn hơn hoặc bằng $60/\sqrt{t}$ MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng $360/\sqrt{t}$ MPa trong đó t tính theo mm, như từ lớn hơn hoặc bằng $70/\sqrt{t}$ MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng $350/\sqrt{t}$ MPa, từ lớn hơn hoặc bằng $80/\sqrt{t}$ MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng $340/\sqrt{t}$ MPa, từ lớn hơn hoặc bằng $90/\sqrt{t}$ MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng $320/\sqrt{t}$ MPa, từ lớn hơn hoặc bằng $90/\sqrt{t}$ MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng $300/\sqrt{t}$ MPa, từ lớn hơn hoặc bằng $100/\sqrt{t}$ MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng $280/\sqrt{t}$ MPa, từ lớn hơn hoặc bằng $120/\sqrt{t}$ MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng $260/\sqrt{t}$ MPa, từ lớn hơn hoặc bằng $140/\sqrt{t}$ MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng $240/\sqrt{t}$ MPa, từ lớn hơn hoặc bằng $160/\sqrt{t}$ MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng $220/\sqrt{t}$ MPa, từ lớn hơn hoặc bằng $180/\sqrt{t}$ MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng $200/\sqrt{t}$ MPa, và tất cả các khoảng và khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên.

Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể có độ sâu nén (DOC) bất kỳ. Theo các phương án, DOC từ lớn hơn hoặc bằng 75 μm đến nhỏ hơn hoặc bằng 300 μm , chẳng hạn từ lớn hơn hoặc bằng 85 μm đến nhỏ hơn hoặc bằng 290 μm , từ lớn hơn hoặc bằng 95 μm đến nhỏ hơn hoặc bằng 280 μm , từ lớn hơn hoặc bằng 100 μm đến nhỏ hơn hoặc bằng 270 μm , từ lớn hơn hoặc bằng 110 μm đến nhỏ hơn hoặc bằng 260 μm , từ lớn hơn hoặc bằng 120 μm đến nhỏ hơn hoặc bằng 250 μm , từ lớn hơn hoặc bằng 130 μm đến nhỏ hơn hoặc bằng 240 μm , từ lớn hơn hoặc bằng 140 μm đến nhỏ hơn hoặc bằng 230 μm , từ lớn hơn hoặc bằng 150 μm đến nhỏ hơn hoặc bằng 220 μm , từ lớn hơn hoặc bằng 160 μm đến nhỏ hơn hoặc bằng 210 μm , từ lớn hơn hoặc bằng 170 μm đến nhỏ hơn hoặc bằng 200 μm , từ lớn hơn hoặc bằng 180 μm đến nhỏ hơn hoặc bằng 190 μm , và tất cả các khoảng và khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên.

DOC được cung cấp ở một số phương án ở đây làm phần của độ dày (t) của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh. Theo các phương án, vật phẩm thủy tinh có thể có độ sâu nén (DOC) từ lớn hơn hoặc bằng 0,15t đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,40t, chẳng hạn từ lớn hơn hoặc bằng 0,18t đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,38t, hoặc từ lớn hơn hoặc bằng 0,19t đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,36t, từ lớn hơn hoặc bằng 0,20t đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,34t, từ lớn hơn hoặc bằng 0,18t đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,32t, từ lớn hơn hoặc bằng 0,19t đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,30t, từ lớn hơn hoặc bằng 0,20t đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,29t, từ lớn hơn hoặc bằng 0,21t đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,28t, từ lớn hơn hoặc bằng 0,22t đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,27t, từ lớn hơn hoặc bằng 0,23t đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,26t, hoặc từ lớn hơn hoặc bằng 0,24t đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,25t, và tất cả các khoảng và khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên.

Theo các phương án, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể được đặc trưng bởi giá trị thích hợp bất kỳ DOC/t. Ví dụ, DOC/t có thể lớn hơn hoặc bằng 0,12, như lớn hơn hoặc bằng 0,13, lớn hơn hoặc bằng 0,14, lớn hơn hoặc bằng 0,15, lớn hơn hoặc bằng 0,16, lớn hơn hoặc bằng 0,17, lớn hơn hoặc bằng 0,18, lớn hơn hoặc bằng 0,19, lớn hơn hoặc bằng 0,20, lớn hơn hoặc bằng 0,21, lớn hơn hoặc bằng 0,22, lớn hơn hoặc bằng 0,23, hoặc lớn hơn.

Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể được tạo ra bằng cách cho nền trên cơ sở thủy tinh tiếp xúc với dung dịch trao đổi ion để tạo ra vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có lớp ứng suất nén kéo dài từ bề mặt của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh đến độ sâu nén. Quy trình trao đổi ion có thể được thực hiện trong các điều kiện đủ để tạo ra vật phẩm trên cơ sở thủy tinh

thỏa mãn giới hạn dễ vỡ bất kỳ được mô tả ở đây. Theo các phương án, dung dịch trao đổi ion có thể là muối nitrat nóng chảy. Theo một số phương án, 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 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, như LiNO_3 .

Nền trên cơ sở thủy tinh có thể được tiếp xúc với dung dịch trao đổi ion bằng cách nhúng nền trên cơ sở thủy tinh vào trong bể dung dịch trao đổi ion, phun dung dịch trao đổi ion lên trên nền trên cơ sở thủy tinh, hoặc theo cách khác đưa theo cách vật lý dung dịch trao đổi ion lên nền trên cơ sở thủy tinh. Khi tiếp xúc với nền trên cơ sở thủy tinh, dung dịch trao đổi ion có thể, theo các phương án, là ở nhiệt độ từ lớn hơn hoặc bằng 340°C đến nhỏ hơn hoặc bằng 500°C , chẳng hạn từ lớn hơn hoặc bằng 350°C đến nhỏ hơn hoặc bằng 490°C , từ lớn hơn hoặc bằng 360°C đến nhỏ hơn hoặc bằng 480°C , từ lớn hơn hoặc bằng 370°C đến nhỏ hơn hoặc bằng 470°C , từ lớn hơn hoặc bằng 380°C đến nhỏ hơn hoặc bằng 460°C , từ lớn hơn hoặc bằng 390°C đến nhỏ hơn hoặc bằng 450°C , từ lớn hơn hoặc bằng 400°C đến nhỏ hơn hoặc bằng 440°C , từ lớn hơn hoặc bằng 410°C đến nhỏ hơn hoặc bằng 430°C , bằng 420°C , và tất cả các khoảng và khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên.

Theo các phương án, hợp phần thủy tinh có thể được cho tiếp xúc với dung dịch trao đổi ion trong khoảng thời gian từ lớn hơn hoặc bằng 2 giờ tới nhỏ hơn hoặc bằng 48 giờ, như từ lớn hơn hoặc bằng 4 giờ tới nhỏ hơn hoặc bằng 44 giờ, từ lớn hơn hoặc bằng 8 giờ tới nhỏ hơn hoặc bằng 40 giờ, từ lớn hơn hoặc bằng 12 giờ tới nhỏ hơn hoặc bằng 36 giờ, từ lớn hơn hoặc bằng 16 giờ tới nhỏ hơn hoặc bằng 32 giờ, hoặc từ lớn hơn hoặc bằng 20 giờ tới nhỏ hơn hoặc bằng 28 giờ, bằng 24 giờ, và tất cả các khoảng giới hạn và các khoảng giới hạn con giữa các trị số nêu trên.

Quá trình trao đổi ion có thể được thực hiện trong dung dịch trao đổi ion dưới các điều kiện xử lý mà tạo ra biên dạng ứng suất nén được cải thiện như được bộc lộ, ví dụ, trong công bố đơn yêu cầu cấp patent Hoa Kỳ số 2016/0102011, tài liệu đó được kết hợp toàn bộ vào bản mô tả này 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 quá trình trao đổi ion được thực hiện, cần hiểu rằng hợp phần tại bề mặt của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh khác với hợp phần của nền trên cơ sở thủy tinh trước khi nó trải qua quá trình trao đổi ion. Điều này là do một loại ion kim loại kiềm trong thủy tinh vốn được tạo ra, như, ví dụ, Li^+ hoặc Na^+ , được thay thế bằng các ion kim loại kiềm lớn hơn, như, ví dụ, lần lượt là Na^+ hoặc K^+ . Tuy nhiên, theo các phương án, hợp phần thủy tinh ở hoặc gần tâm của chiều sâu của vật phẩm thủy tinh sẽ vẫn có hợp phần của nền trên cơ sở thủy tinh.

Nền trên cơ sở thủy tinh được trao đổi ion để tạo ra vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể có hợp phần thích hợp bất kỳ, chẳng hạn hợp phần nhôm silicat kiềm. Theo các phương án, nền trên cơ sở thủy tinh bao gồm SiO_2 , Al_2O_3 , B_2O_3 , và ít nhất một oxit kim loại kiềm. Ít nhất một oxit kim loại kiềm hỗ trợ việc trao đổi ion của nền trên cơ sở thủy tinh. Ví dụ, nền trên cơ sở thủy tinh có thể bao gồm Li_2O và/hoặc Na_2O hỗ trợ việc trao đổi của các ion Na^+ và K^+ vào trong nền trên cơ sở thủy tinh để tạo ra vật phẩm trên cơ sở thủy tinh. Như đã thảo luận ở trên, hợp phần của nền gốc thủy tinh có thể tương đương với hợp phần ở tâm của vật phẩm gốc thủy tinh.

Theo các phương án của nền trên cơ sở thủy tinh được mô tả ở đây, nồng độ của các thành phần cấu thành (ví dụ, SiO_2 , Al_2O_3 , Li_2O , và loại tương tự) được nêu theo tỷ lệ phần trăm

mol (% mol) trên cơ sở oxit, trừ khi được quy định khác. Các hợp phần của nền trên cơ sở thủy tinh theo các phương án được thảo luận một cách riêng rẽ dưới đây. Cần hiểu rằng khoảng bất kỳ trong số các khoảng được trích dẫn khác nhau của một thành phần có thể được kết hợp một cách riêng rẽ với khoảng bất kỳ trong số các khoảng được trích dẫn khác nhau của hợp phần bất kỳ khác.

Theo các phương án của nền trên cơ sở thủy tinh được bộc lộ ở đây, SiO_2 là thành phần lớn nhất và, như vậy, SiO_2 là thành phần chủ yếu của mạng thủy tinh được tạo ra từ hợp phần thủy tinh. SiO_2 nguyên chất có CTE tương đối thấp và không chứa kiềm. Tuy nhiên, SiO_2 nguyên chất có điểm nấu chảy cao. Theo đó, nếu nồng độ của SiO_2 trong nền trên cơ sở thủy tinh quá cao, thì khả năng tạo thành 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, vốn, đến lượt nó gây tác động bất lợi lên khả năng tạo hình của thủy tinh. Theo các phương án, nền trên cơ sở thủy tinh thường chứa SiO_2 với lượng từ lớn hơn hoặc bằng 50,0 % mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 75,0 % mol, và tất cả các khoảng và khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên. Theo các phương án, nền trên cơ sở thủy tinh bao gồm SiO_2 với lượng từ lớn hơn hoặc bằng 51,0 % mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 74,0 % mol, như từ lớn hơn hoặc bằng 52,0 % mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 73,0 % mol, từ lớn hơn hoặc bằng 53,0 % mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 72,0 % mol, từ lớn hơn hoặc bằng 54,0 % mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 71,0 % mol, từ lớn hơn hoặc bằng 55,0 % mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 70,0 % mol, từ lớn hơn hoặc bằng 56,0 % mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 69,0 % mol, từ lớn hơn hoặc bằng 57,0 % mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 68,0 % mol, từ lớn hơn hoặc bằng 58,0 % mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 67,0 % mol, từ lớn hơn hoặc bằng 60,0 % mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 66,0 % mol, từ lớn hơn hoặc bằng 61,0 % mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 65,0 % mol, từ lớn hơn hoặc bằng 62,0 % mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 64,0 % mol, từ lớn hơn hoặc bằng 63,0 % mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 64,0 % mol, và tất cả các khoảng và khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên.

Nền trên cơ sở thủy tinh theo các phương án có thể còn chứa Al_2O_3 . Al_2O_3 có thể có tác dụng làm chất tạo mạng thủy tinh, tương tự như SiO_2 . Al_2O_3 có thể làm tăng độ nhớt của hợp phần thủy tinh do hệ tọa độ tứ cực của nó trong thủy tinh nóng chảy được tạo ra 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 với nồng độ của SiO_2 và

nồng độ của các oxit kiềm trong nền trên cơ sở thủy tinh, Al_2O_3 có thể làm giảm nhiệt độ đường pha lỏng của thủy tinh nóng chảy, nhờ đó tăng cường độ nhớt đường pha 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. Trong các phương án, nền trên cơ sở thủy tinh nói chung bao gồm Al_2O_3 theo nồng độ từ lớn hơn hoặc bằng 4 % mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 25,0 % mol, và tất cả các khoảng trị số và các khoảng trị số con giữa các giá trị nêu trên. Theo các phương án, nền trên cơ sở thủy tinh bao gồm Al_2O_3 với lượng từ lớn hơn hoặc bằng 5,0 % mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 24,5 % mol, như từ lớn hơn hoặc bằng 6 % mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 24,0 % mol, từ lớn hơn hoặc bằng 7 % mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 23,5 % mol, từ lớn hơn hoặc bằng 8 % mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 23,0 % mol, từ lớn hơn hoặc bằng 9 % mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 22,5 % mol, từ lớn hơn hoặc bằng 10 % mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 22,0 % mol, từ lớn hơn hoặc bằng 11 % mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 21,5 % mol, từ lớn hơn hoặc bằng 12 % mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 21,0 % mol, từ lớn hơn hoặc bằng 13 % mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 20,5 % mol, từ lớn hơn hoặc bằng 14 % mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 20,0 % mol, từ lớn hơn hoặc bằng 15 % mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 19,5 % mol, hoặc từ lớn hơn hoặc bằng 16 % mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 19,0 % mol, và tất cả các khoảng và khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên.

Tương tự, SiO_2 và Al_2O_3 , P_2O_5 có thể được bổ sung vào nền trên cơ sở thủy tinh làm chất tạo mạng, từ đó làm giảm khả năng nóng chảy và khả năng chế tạo của hợp phần thủy tinh. Vì thế, B_2O_3 có thể được bổ sung với lượng mà không làm giảm quá mức các đặc tính này. Theo các phương án, nền trên cơ sở thủy tinh có thể bao gồm B_2O_3 với 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 và khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên. Theo các phương án, nền trên cơ sở thủy tinh chứa B_2O_3 với lượng từ lớn hơn hoặc bằng 0,5 % mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 7,5 % mol, chẳng hạn 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, hoặc lớn hơn hoặc bằng 3,5 % mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 4,5 % mol, và tất cả các khoảng và khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên.

Việc kết hợp 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, nền trên cơ sở 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 các phương án, nền trên cơ sở thủy tinh chứa Li_2O với lượng từ lớn hơn hoặc bằng 8,5 % mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 17,5 % mol, chẳng hạn 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 khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên. Theo một số phương án, nền trên cơ sở thủy tinh có thể về cơ bản không chứa hoặc không chứa Li_2O .

Theo các phương án, nền trên cơ sở thủy tinh có thể bao gồm các oxit kim loại kiềm khác Li_2O hoặc ngoài Li_2O , như Na_2O . Na_2O hỗ trợ 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 vào nền trên cơ sở thủy tinh, thì CTE có thể quá thấp, và điểm nấu chảy có thể là quá cao. Theo các phương án, nền trên cơ sở thủy tinh thường chứa Na_2O với lượng từ lớn hơn hoặc bằng 0,5 % mol Na_2O đến nhỏ hơn hoặc bằng 20,0 % mol Na_2O , và tất cả các khoảng và khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên. Theo các phương án, nền trên cơ sở thủy tinh chứa Na_2O với lượng từ lớn hơn hoặc bằng 1,0 % mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 18 % mol, chẳng hạn từ lớn hơn hoặc bằng 1,5 % mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 16 % mol, từ lớn hơn hoặc bằng 2,0 % mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 14 % mol, từ lớn hơn hoặc bằng 2,5 % mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 12 % mol, từ lớn hơn hoặc bằng 3,0 % mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 10 % mol, từ lớn hơn hoặc bằng 3,5 % mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 8 % mol, hoặc từ lớn hơn hoặc bằng 4,0 % mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 6 % mol, và tất cả các khoảng và khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên. Theo một số phương án, nền trên cơ sở thủy tinh có thể về cơ bản không chứa hoặc không chứa Na_2O .

Giống như Na_2O , K_2O cũng làm tăng sự trao đổi ion và làm tăng DOC của lớp ứng suất chịu 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, nền trên cơ sở thủy tinh có thể chứa K_2O . Theo các phương án, hợp phần thủy tinh về cơ bản không chứa kali. Như được sử dụng trong tài liệu này, thuật ngữ “về cơ bản không chứa” nghĩa là hợp phần này không được thêm vào làm hợp phần của vật liệu dạng mẻ mặc dù hợp phần này có thể có trong thủy tinh cuối cùng với lượng rất nhỏ ở dạng tạp chất, như nhỏ hơn 0,1% mol. Theo các phương án khác, K_2O có thể có mặt trong nền trên cơ sở thủy tinh với 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 kết hợp MgO vào nền trên cơ sở thủy tinh cũng cải thiện điểm biến dạng và suất 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, nền trên cơ sở thủy tinh thường bao gồm MgO với nồng độ từ lớn hơn hoặc bằng 0 % mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 17,5 % mol, và tất cả các khoảng và khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên. Theo các phương án, nền trên cơ sở thủy tinh chứa MgO với lượng từ lớn hơn hoặc bằng 0,5 % mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 17,0 % mol, chẳng hạn 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 khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên.

CaO làm giảm độ nhớt của thủy tinh, vốn tăng cường khả năng chế tạo, đầm căng và suất Young, và có thể nâng cao khả năng trao đổi ion. Tuy nhiên, khi quá nhiều CaO được bổ sung vào nền trên cơ sở thủy tinh, thì mật độ và CTE của hợp phần thủy tinh tăng. Theo các phương án, nền trên cơ sở thủy tinh thường bao gồm CaO với nồng độ từ lớn hơn hoặc bằng 0 % mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 4,0 % mol, và tất cả các khoảng và khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên. Theo các phương án, nền trên cơ sở thủy tinh chứa CaO với lượng từ lớn hơn hoặc bằng 0,5 % mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 3,5 % mol, chẳng hạn 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 khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên.

TiO₂ cũng góp phần làm tăng độ bền của thủy tinh, đồng thời làm mềm thủy tinh. Tuy nhiên, khi quá nhiều TiO₂ được bổ sung vào hợp phần thủy tinh, thì thủy tinh trở nên dễ bị hóa mờ và có màu sắc không mong muốn. Theo các phương án, nền trên cơ sở thủy tinh chứa TiO₂, chẳng hạn với nồng độ từ lớn hơn hoặc bằng 0 % mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 2,0 % mol, và tất cả các khoảng và khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên. Theo các phương án, nền trên cơ sở thủy tinh chứa TiO₂ với lượng từ lớn hơn hoặc bằng 0,5 % mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 1,5 % mol. Theo một số phương án, nền trên cơ sở thủy tinh không chứa hoặc về cơ bản không chứa TiO₂.

ZrO₂ góp phần vào độ cứng của thủy tinh. Tuy nhiên, khi quá nhiều ZrO₂ 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 ZrO₂ trong thủy tinh. Theo các phương án, nền trên cơ sở thủy tinh chứa ZrO₂, chẳng hạn với nồng độ từ lớn hơn hoặc bằng 0 % mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 2,5 % mol, và tất cả các khoảng và khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên. Theo các phương án, nền trên cơ sở thủy tinh chứa ZrO₂ với lượng từ lớn hơn hoặc bằng 0,5 % mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 2,0 % mol, chẳng hạn từ lớn hơn hoặc bằng 1,0 % mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 1,5 % mol, và tất cả các khoảng và khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên. Theo một số phương án, nền trên cơ sở thủy tinh không chứa hoặc về cơ bản không chứa ZrO₂.

SrO làm giảm nhiệt độ pha lỏng của hợp phần thủy tinh được mô tả ở đây. Theo các phương án, nền trên cơ sở thủy tinh có thể bao gồm SrO với lượng từ lớn hơn hoặc bằng 0 % mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 2,0 % mol, như từ lớn hơn hoặc bằng 0,2 % mol đến nhỏ hơn hoặc

bằng 1,5 % mol, hoặc từ lớn hơn hoặc bằng 0,4 % mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 1,0 % mol, và tất cả các khoảng và khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên. Theo một số phương án, nền trên cơ sở thủy tinh có thể về cơ bản không chứa hoặc không chứa SrO.

Theo các phương án, nền trên cơ sở thủy tinh có thể tùy ý bao gồm một hoặc nhiều chất làm trong. Theo một số phương án, chất làm trong có thể bao gồm, ví dụ, SnO₂. Theo một số phương án, SnO₂ có thể có mặt trong nền trên cơ sở thủy tinh với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,2 % mol, chẳng hạn từ lớn hơn hoặc bằng 0 % mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,1 % mol, và tất cả các khoảng và khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên. Theo các phương án khác, SnO₂ có thể có mặt trong nền trên cơ sở 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 khoảng con nằm giữa các giá trị nêu trên. Theo một số phương án, nền trên cơ sở thủy tinh có thể về cơ bản không chứa hoặc không chứa SnO₂.

Theo các phương án, nền trên cơ sở thủy tinh có thể về cơ bản không chứa một hoặc cả hai trong số arsen và antimon. Theo các phương án khác, nền trên cơ sở thủy tinh có thể không chứa một trong số hoặc cả hai arsen và antimon.

Theo một hoặc nhiều phương án, các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh đã được mô tả ở đây có thể có vi cấu trúc vô định hình và về cơ bản có thể không có tinh thể. Nói cách khác, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có thể loại trừ vật liệu gốm thủy tinh theo một số phương án. Nền trên cơ sở thủy tinh có thể bao gồm gốm thủy tinh. Gốm thủy tinh có thể bao gồm cấu trúc tinh thể bất kỳ, như lithi silicat, beta-spodumen, hoặc cấu trúc tinh thể spinel. Gốm thủy tinh chứa nền trên cơ sở thủy tinh có thể được tạo ra bằng phương pháp bất kỳ, chẳng hạn gốm hóa tiền thủy tinh.

Nền trên cơ sở thủy tinh có thể được sản xuất bằng phương pháp thích hợp bất kỳ. Theo các phương án, nền trên cơ sở thủy tinh có thể được sản xuất bằng quy trình bao gồm các quy trình tạo hình qua khe, tạo hình thả nổi, quy trình cán, và tạo hình nung chảy. Các quy trình chuốt để tạo hình nền trên cơ sở thủy tinh, là quy trình mong muốn do chúng cho phép tạo ra vật phẩm thủy tinh mỏng với ít khiếm khuyết.

Nền trên cơ sở thủy tinh có thể được đặc trưng bởi cách thức tạo ra nó. Ví dụ, nền trên cơ sở 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 kéo nung chuốt hoặc quy trình chuốt qua khe).

Một số phương án của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được mô tả ở đây có thể được tạo ra bằng quy trình chuốt xuôi. Các quy trình chuốt xuôi tạo ra các nền dựa vào sở thủy tinh có độ dày đồng đều mà có các bề mặt tương đối nguyên sơ. Do độ bền uốn trung bình của nền trên cơ sở thủy tinh và vật phẩm trên cơ sở thủy tinh thu được có thể được kiểm soát bằng lượng và kích thước các vết rạn bề mặt, nên bề mặt nguyên sơ có sự tiếp xúc tối thiểu sẽ có độ bền ban đầu cao hơn. Ngoài ra, các nền trên cơ sở 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 tới việc mài và đánh bóng tốn kém.

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

Một số phương án của nền trên cơ sở thủy tinh được mô tả ở đây có thể được tạo thành bằng quy trình chuốt qua khe. Quy trình kéo qua khe khác với phương pháp nung kéo. 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 xuống dưới dạng nền trên cơ sở thủy tinh liên tục và vào trong vùng ủ.

Các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được bộc lộ trong bản mô tả này có thể được kết hợp vào trong một vật phẩm khác như vật phẩm có màn hiển thị (hoặc các vật phẩm hiển thị)

(ví dụ, các thiết bị điện tử dân dụng, bao gồm điện thoại di động, máy tính bảng, máy tính, hệ thống dẫn đường, và các thiết bị tương tự), các vật phẩm kiến trúc, các vật phẩm vận tải (ví dụ, ô tô, tàu, máy bay, tàu biển, v.v.), các vật phẩm gia dụng, hoặc vật phẩm bất kỳ mà yêu cầu độ trong suốt, tính chống xước, khả năng chịu mài mòn hoặc kết hợp của chúng. Vật phẩm làm ví dụ tích hợp vật phẩm bất kỳ trong số các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được bộc lộ ở đây được thể hiện trên các FIG. 12A và 12B. Cụ thể là, các Fig. 12A và 12B thể hiện thiết bị điện tử tiêu dùng 200 bao gồm hộp vỏ 202 có mặt trước 204, mặt sau 206, và các bề mặt bên 208; các thành phần điện tử (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 nằm ở hoặc liền kề với mặt trước của hộp vỏ; và nền che phủ 212 ở hoặc trên mặt trước của hộp vỏ sao cho nó ở trên bộ phận hiển thị. Nền che phủ 212 và/hoặc hộp vỏ có thể bao gồm vật phẩm bất kỳ trong số các vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được bộc lộ trong bản mô tả này.

Tất cả các khoảng được bộc lộ trong bản mô tả này bao gồm các khoảng và các khoảng con bất kỳ và tất cả các khoảng và các khoảng con được bao hàm bởi các khoảng được bộc lộ rộng dù có được chỉ rõ trước hoặc sau khoảng được bộc lộ hay không.

Người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực sẽ hiểu rằng các cải biến và các thay đổi khác nhau có thể được tạo ra cho các phương án được mô tả ở đây mà không tách khỏi tinh thần hoặc phạm vi của các đối tượng được yêu cầu bảo hộ. Do đó, bản mô tả này nhằm mục đích bao hàm cả các cải biến và các thay đổi của các phương án khác nhau được mô tả ở đây miễn là các cải biến và các thay đổi này nằm trong phạm vi bảo hộ của các yêu cầu bảo hộ kèm theo và các dạng tương đương của chúng.

YÊU CẦU BẢO HỘ

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

bề mặt thứ nhất;

bề mặt thứ hai; và

biên dạng ứng suất có vùng chịu nén thứ nhất kéo dài từ bề mặt thứ nhất đến độ sâu chịu nén thứ nhất DOC_1 , vùng chịu nén thứ hai kéo dài từ bề mặt thứ hai đến độ sâu chịu nén thứ hai DOC_2 , và vùng kéo kéo dài từ DOC_1 đến DOC_2 ,

trong đó vùng kéo có hệ số ứng suất kéo K_T lớn hơn hoặc bằng $1,31 \text{ MPa}\cdot\sqrt{(m)}$ và nhỏ hơn $1,8 \cdot K_{IC}$, trong đó K_{IC} là độ bền chống nứt vỡ của nền trên cơ sở thủy tinh có hợp phần giống như tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh.

2. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm 1, trong đó K_T lớn hơn hoặc bằng $1,41 \text{ MPa}\cdot\sqrt{(m)}$.

3. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm 1, trong đó K_T nhỏ hơn hoặc bằng $1,781 \cdot K_{IC}$.

4. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm 1, trong đó K_{IC} lớn hơn hoặc bằng $1,3 \text{ MPa}\cdot\sqrt{(m)}$.

5. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm 1, trong đó $DOC_1 = DOC_2$, như được đo lần lượt từ bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai.

6. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm 1, trong đó vật phẩm trên cơ sở thủy tinh là không dễ vỡ.

7. Sản phẩm điện tử tiêu dùng, bao gồm:

hộp vỏ bao gồm bề mặt trước, bề mặt sau và các bề mặt bên;

linh kiện điện ít nhất một phần nằm trong hộp vỏ, linh kiện điện này bao gồm ít nhất là bộ phận điều khiển, bộ nhớ, và bộ phận hiển thị, bộ phận hiển thị nằm ở hoặc liền kề với bề mặt trước của hộp vỏ; và

nền che phủ được bố trí trên bộ phận hiển thị,

trong đó một phần của ít nhất một trong số hộp vỏ hoặc nền che phủ bao gồm vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm 1.

8. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh:

bề mặt; và

biên dạng ứng suất có vùng chịu nén kéo dài từ bề mặt đến độ sâu chịu nén DOC, và vùng kéo,

trong đó vùng kéo có hệ số ứng suất kéo K_T lớn hơn hoặc bằng $1,31 \text{ MPa}\cdot\sqrt{\text{m}}$ và nhỏ hơn hoặc bằng $K_T^{\text{giới hạn}}$, trong đó $K_T^{\text{giới hạn}}$ được xác định bởi:

$$K_T^{\text{giới hạn}} = 1,716 \cdot K_{IC} \sqrt{1 + 2,263 \frac{DOC}{t}}$$

trong đó K_{IC} là độ bền chống nứt vỡ của nền trên cơ sở thủy tinh có hợp phần giống như tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh, và t là độ dày của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh.

9. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm 8, trong đó K_T lớn hơn hoặc bằng $1,41 \text{ MPa}\cdot\sqrt{\text{m}}$.
10. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm 8, trong đó $\frac{DOC}{t}$ lớn hơn 0,12.
11. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm 8, trong đó K_{IC} lớn hơn hoặc bằng $0,67 \text{ MPa}\cdot\sqrt{\text{m}}$.
12. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm 8, trong đó vật phẩm trên cơ sở thủy tinh là không dễ vỡ.
13. Sản phẩm điện tử tiêu dùng, bao gồm:

hộp vỏ bao gồm bề mặt trước, bề mặt sau và các bề mặt bên;

linh kiện điện ít nhất một phần nằm trong hộp vỏ, linh kiện điện này bao gồm ít nhất là bộ phận điều khiển, bộ nhớ, và bộ phận hiển thị, bộ phận hiển thị nằm ở hoặc liền kề với bề mặt trước của hộp vỏ; và

nền che phủ được bố trí trên bộ phận hiển thị,

trong đó một phần của ít nhất một trong số hộp vỏ hoặc nền che phủ bao gồm vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm 8.

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

bề mặt thứ nhất;

bề mặt thứ hai; và

biên dạng ứng suất có vùng chịu nén thứ nhất kéo dài từ bề mặt thứ nhất đến độ sâu chịu nén thứ nhất DOC_1 , vùng chịu nén thứ hai kéo dài từ bề mặt thứ hai đến độ sâu chịu nén thứ hai DOC_2 , và vùng kéo kéo dài từ DOC_1 đến DOC_2 ,

trong đó vùng kéo có hệ số ứng suất kéo K_T lớn hơn hoặc bằng $1,31 \text{ MPa}\cdot\sqrt{\text{m}}$ và nhỏ hơn hoặc bằng $K_T^{\text{giới hạn}}$, trong đó $K_T^{\text{giới hạn}}$ được xác định bởi:

$$K_T^{\text{giới hạn}} = 2,504 \cdot K_{IC} \sqrt{1 - 0,531 \frac{|\text{DOC}_1 - \text{DOC}_2|}{t}}$$

trong đó K_{IC} là độ bền chống nứt vỡ của nền trên cơ sở thủy tinh có hợp phần giống như tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh, t là độ dày của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh, và DOC_1 và DOC_2 được đo từ bề mặt thứ nhất.

15. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm 14, trong đó K_T lớn hơn hoặc bằng $1,41 \text{ MPa}\cdot\sqrt{\text{m}}$.
16. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm 14, trong đó K_T nhỏ hơn hoặc bằng $0,95 \cdot K_T^{\text{giới hạn}}$.
17. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm 14, trong đó K_{IC} lớn hơn hoặc bằng $0,67 \text{ MPa}\cdot\sqrt{\text{m}}$.
18. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm 14, trong đó $\text{DOC}_1 = t - \text{DOC}_2$.
19. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm 14, trong đó vật phẩm trên cơ sở thủy tinh là không dễ vỡ.
20. Sản phẩm điện tử tiêu dùng, bao gồm:
 - hộp vỏ bao gồm bề mặt trước, bề mặt sau và các bề mặt bên;
 - linh kiện điện ít nhất một phần nằm trong hộp vỏ, linh kiện điện này bao gồm ít nhất là bộ phận điều khiển, bộ nhớ, và bộ phận hiển thị, bộ phận hiển thị nằm ở hoặc liền kề với bề mặt trước của hộp vỏ; và
 - nền che phủ được bố trí trên bộ phận hiển thị,
 - trong đó một phần của ít nhất một trong số hộp vỏ hoặc nền che phủ bao gồm vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm 14.
21. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh, bao gồm:
 - bề mặt; và
 - biên dạng ứng suất có vùng chịu nén kéo dài từ bề mặt đến độ sâu chịu nén DOC , và vùng kéo,
 - trong đó vùng chịu nén có hệ số ứng suất chịu nén K_{CS} , vùng kéo có hệ số ứng suất kéo K_T lớn hơn hoặc bằng $1,31 \text{ MPa}\cdot\sqrt{\text{m}}$, và:

$$\frac{K_T^2}{K_{1C}^2} + \frac{1}{28,5} \frac{K_{CS}^2}{K_{1C}^2} \leq 4,45$$

trong đó K_{1C} là độ bền chống nứt vỡ của nền trên cơ sở thủy tinh có hợp phần giống như tâm của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh.

22. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm 21, trong đó:

$$\frac{K_T^2}{K_{1C}^2} + \frac{1}{28,5} \frac{K_{CS}^2}{K_{1C}^2} \leq 4,1.$$

23. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm 21, trong đó K_T lớn hơn hoặc bằng $1,41 \text{ MPa} \cdot \sqrt{\text{m}}$.

24. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm 21, trong đó vật phẩm trên cơ sở thủy tinh là không dễ vỡ.

25. Sản phẩm điện tử tiêu dùng, bao gồm:

hộp vỏ bao gồm bề mặt trước, bề mặt sau và các bề mặt bên;

linh kiện điện ít nhất một phần nằm trong hộp vỏ, linh kiện điện này bao gồm ít nhất là bộ phận điều khiển, bộ nhớ, và bộ phận hiển thị, bộ phận hiển thị nằm ở hoặc liền kề với bề mặt trước của hộp vỏ; và

nền che phủ được bố trí trên bộ phận hiển thị,

trong đó một phần của ít nhất một trong số hộp vỏ hoặc nền che phủ bao gồm vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm 21.

26. Phương pháp, bao gồm các bước:

cho nền trên cơ sở thủy tinh tiếp xúc với dung dịch trao đổi ion để tạo ra vật phẩm trên cơ sở thủy tinh;

trong đó vật phẩm trên cơ sở thủy tinh bao gồm:

bề mặt thứ nhất;

bề mặt thứ hai; và

biên dạng ứng suất có vùng chịu nén thứ nhất kéo dài từ bề mặt thứ nhất đến độ sâu chịu nén thứ nhất DOC_1 , vùng chịu nén thứ hai kéo dài từ bề mặt thứ hai đến độ sâu chịu nén thứ hai DOC_2 , và vùng kéo kéo dài từ DOC_1 đến DOC_2 ,

trong đó vùng kéo có hệ số ứng suất kéo K_T lớn hơn hoặc bằng $1,31 \text{ MPa} \cdot \sqrt{\text{m}}$ và nhỏ hơn $1,8 \cdot K_{1C}$, trong đó K_{1C} là độ bền chống nứt vỡ của nền trên cơ sở thủy tinh.

27. Phương pháp theo điểm 26, trong đó K_T lớn hơn hoặc bằng $1,41 \text{ MPa} \cdot \sqrt{\text{m}}$.
28. Phương pháp theo điểm 26, trong đó K_T nhỏ hơn hoặc bằng $1,781 \cdot K_{IC}$.
29. Phương pháp theo điểm 26, trong đó K_{IC} lớn hơn hoặc bằng $0,73 \text{ MPa} \cdot \sqrt{\text{m}}$.
30. Phương pháp theo điểm 26, trong đó $DOC_1 = DOC_2$, như được đo lần lượt từ bề mặt thứ nhất và bề mặt thứ hai.
31. Phương pháp theo điểm 26, trong đó vật phẩm trên cơ sở thủy tinh là không dễ vỡ.
32. Phương pháp, bao gồm các bước:

cho nền trên cơ sở thủy tinh tiếp xúc với dung dịch trao đổi ion để tạo ra vật phẩm trên cơ sở thủy tinh;

trong đó vật phẩm trên cơ sở thủy tinh bao gồm:

bề mặt; và

biên dạng ứng suất có vùng chịu nén kéo dài từ bề mặt đến độ sâu chịu nén DOC , và vùng kéo,

trong đó vùng kéo có hệ số ứng suất kéo K_T lớn hơn hoặc bằng $1,31 \text{ MPa} \cdot \sqrt{\text{m}}$ và nhỏ hơn hoặc bằng $K_T^{giới hạn}$, trong đó $K_T^{giới hạn}$ được xác định bởi:

$$K_T^{giới hạn} = 1,716 \cdot K_{IC} \sqrt{1 + 2,263 \frac{DOC}{t}}$$

trong đó K_{IC} là độ bền chống nứt vỡ của nền trên cơ sở thủy tinh và t là độ dày của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh.

33. Phương pháp theo điểm 32, trong đó K_T lớn hơn hoặc bằng $1,41 \text{ MPa} \cdot \sqrt{\text{m}}$.
34. Phương pháp theo điểm 32, trong đó $\frac{DOC}{t}$ lớn hơn 0,12.
35. Phương pháp theo điểm 32, trong đó K_{IC} lớn hơn hoặc bằng $0,67 \text{ MPa} \cdot \sqrt{\text{m}}$.
36. Phương pháp theo điểm 32, trong đó vật phẩm trên cơ sở thủy tinh là không dễ vỡ.
37. Phương pháp, bao gồm các bước:

cho nền trên cơ sở thủy tinh tiếp xúc với dung dịch trao đổi ion để tạo ra vật phẩm trên cơ sở thủy tinh;

trong đó vật phẩm trên cơ sở thủy tinh bao gồm:

bề mặt thứ nhất;

bề mặt thứ hai; và

biên dạng ứng suất có vùng chịu nén thứ nhất kéo dài từ bề mặt thứ nhất đến độ sâu chịu nén thứ nhất DOC_1 , vùng chịu nén thứ hai kéo dài từ bề mặt thứ hai đến độ sâu chịu nén thứ hai DOC_2 , và vùng kéo kéo dài từ DOC_1 đến DOC_2 ,

trong đó vùng kéo có hệ số ứng suất kéo K_T lớn hơn hoặc bằng $1,31 \text{ MPa}\cdot\sqrt{(m)}$ và nhỏ hơn hoặc bằng $K_T^{giới hạn}$, trong đó $K_T^{giới hạn}$ được xác định bởi:

$$K_T^{giới hạn} = 2,504 \cdot K_{IC} \sqrt{1 - 0,531 \frac{|DOC_1 - DOC_2|}{t}}$$

trong đó K_{IC} là độ bền chống nứt vỡ của nền trên cơ sở thủy tinh, t là độ dày của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh, và DOC_1 và DOC_2 được đo từ bề mặt thứ nhất.

38. Phương pháp theo điểm 37, trong đó K_T lớn hơn hoặc bằng $1,41 \text{ MPa}\cdot\sqrt{(m)}$.

39. Phương pháp theo điểm 37, trong đó K_T nhỏ hơn hoặc bằng $0,95 \cdot K_T^{giới hạn}$.

40. Phương pháp theo điểm 37, trong đó K_{IC} lớn hơn hoặc bằng $0,67 \text{ MPa}\cdot\sqrt{(m)}$.

41. Phương pháp theo điểm 37, trong đó $DOC_1 = t - DOC_2$.

42. Phương pháp theo điểm 37, trong đó vật phẩm trên cơ sở thủy tinh là không dễ vỡ.

43. Phương pháp, bao gồm các bước:

cho nền trên cơ sở thủy tinh tiếp xúc với dung dịch trao đổi ion để tạo ra vật phẩm trên cơ sở thủy tinh;

trong đó vật phẩm trên cơ sở thủy tinh bao gồm:

bề mặt; và

biên dạng ứng suất có vùng chịu nén kéo dài từ bề mặt đến độ sâu chịu nén DOC , và vùng kéo,

trong đó vùng chịu nén có hệ số ứng suất chịu nén K_{CS} , vùng kéo có hệ số ứng suất kéo K_T lớn hơn hoặc bằng $1,31 \text{ MPa}\cdot\sqrt{(m)}$, và:

$$\frac{K_T^2}{K_{IC}^2} + \frac{1}{28,5} \frac{K_{CS}^2}{K_{IC}^2} \leq 4,45$$

trong đó K_{IC} là độ bền chống nứt vỡ của nền trên cơ sở thủy tinh.

44. Phương pháp theo điểm 43, trong đó:

$$\frac{K_T^2}{K_{IC}^2} + \frac{1}{28,5} \frac{K_{CS}^2}{K_{IC}^2} \leq 4,1.$$

45. Phương pháp theo điểm 43, trong đó K_T lớn hơn hoặc bằng $1,41 \text{ MPa}\cdot\sqrt{(m)}$.

46. Phương pháp theo điểm 43, trong đó vật phẩm trên cơ sở thủy tinh là không dễ vỡ.

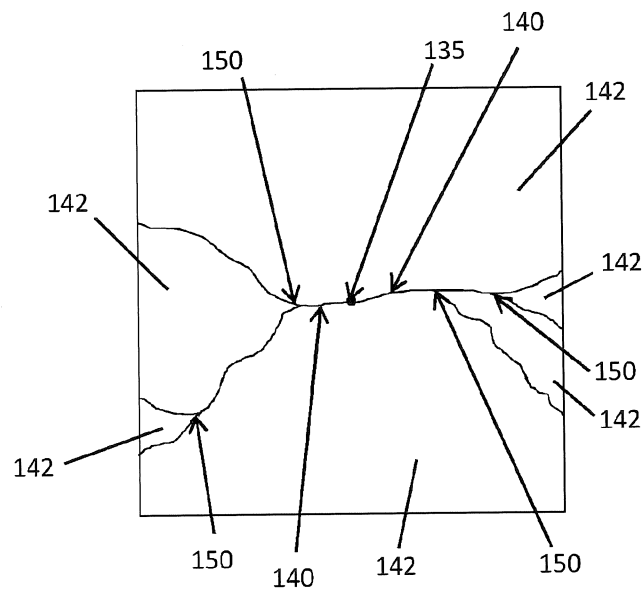
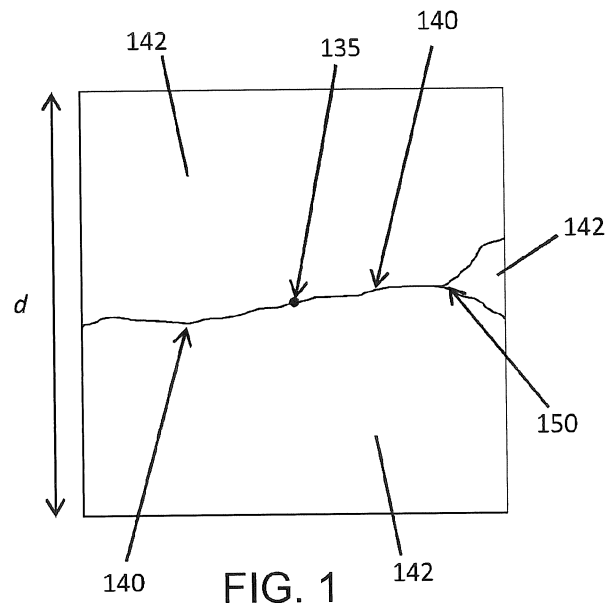


FIG. 2

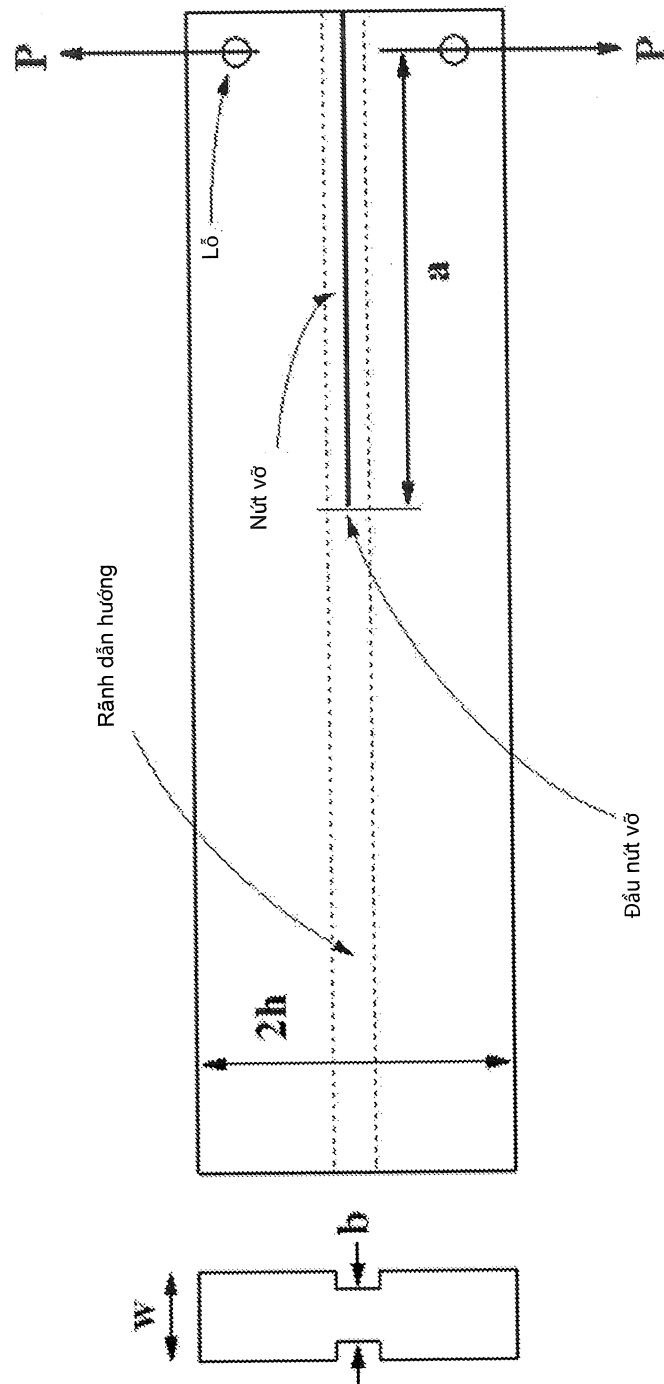


FIG. 3

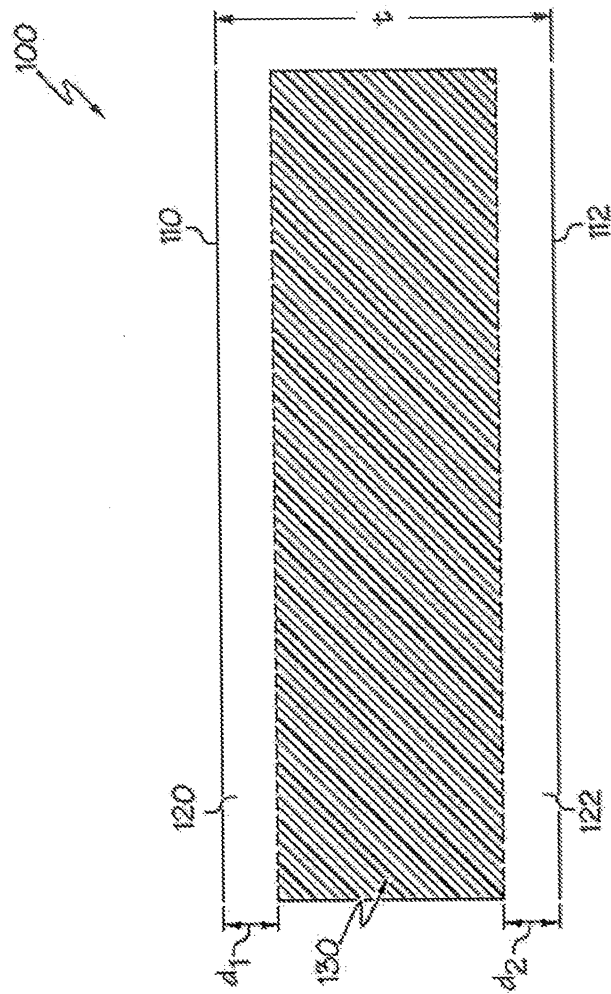


FIG. 4

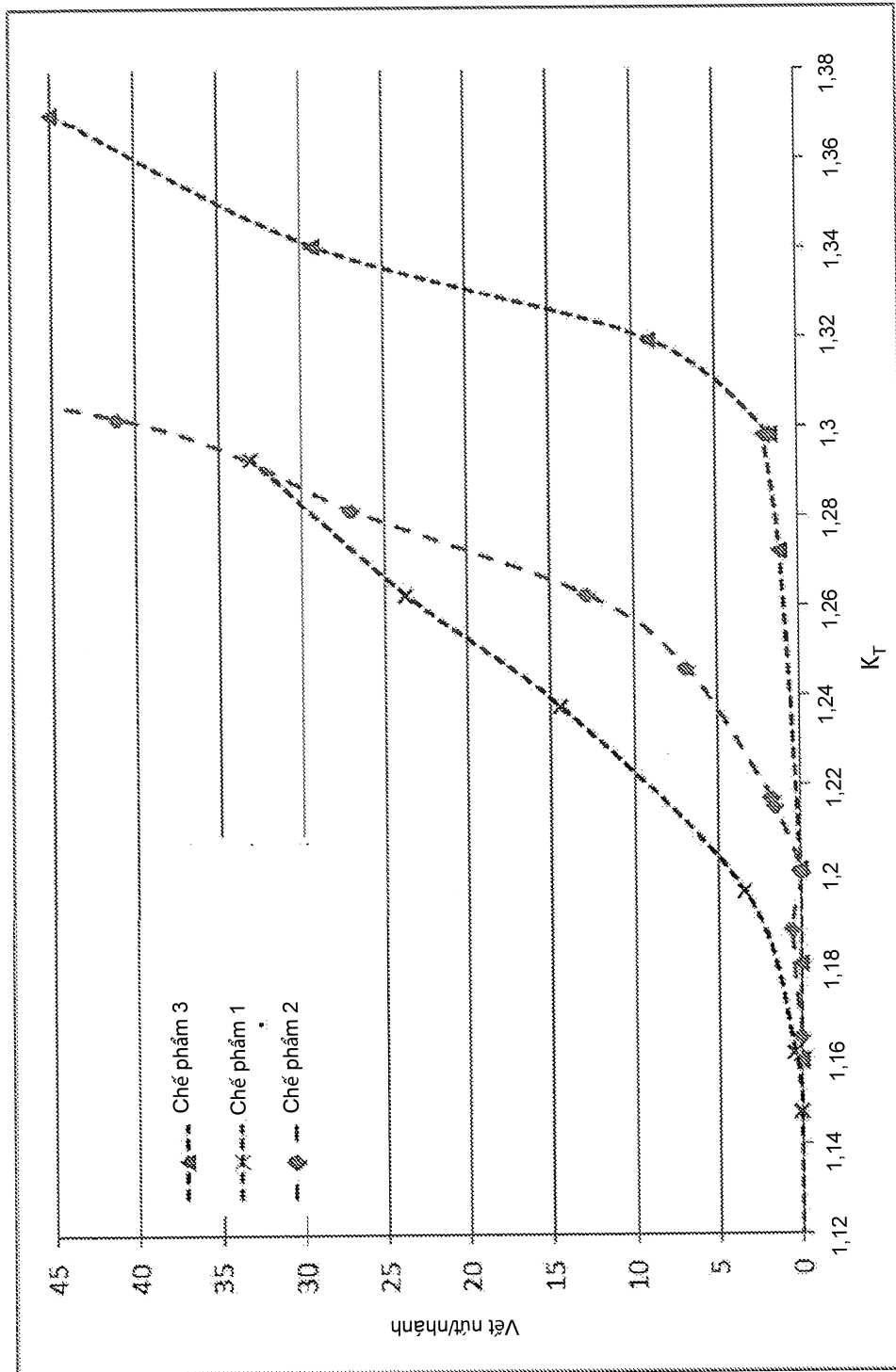


FIG. 5

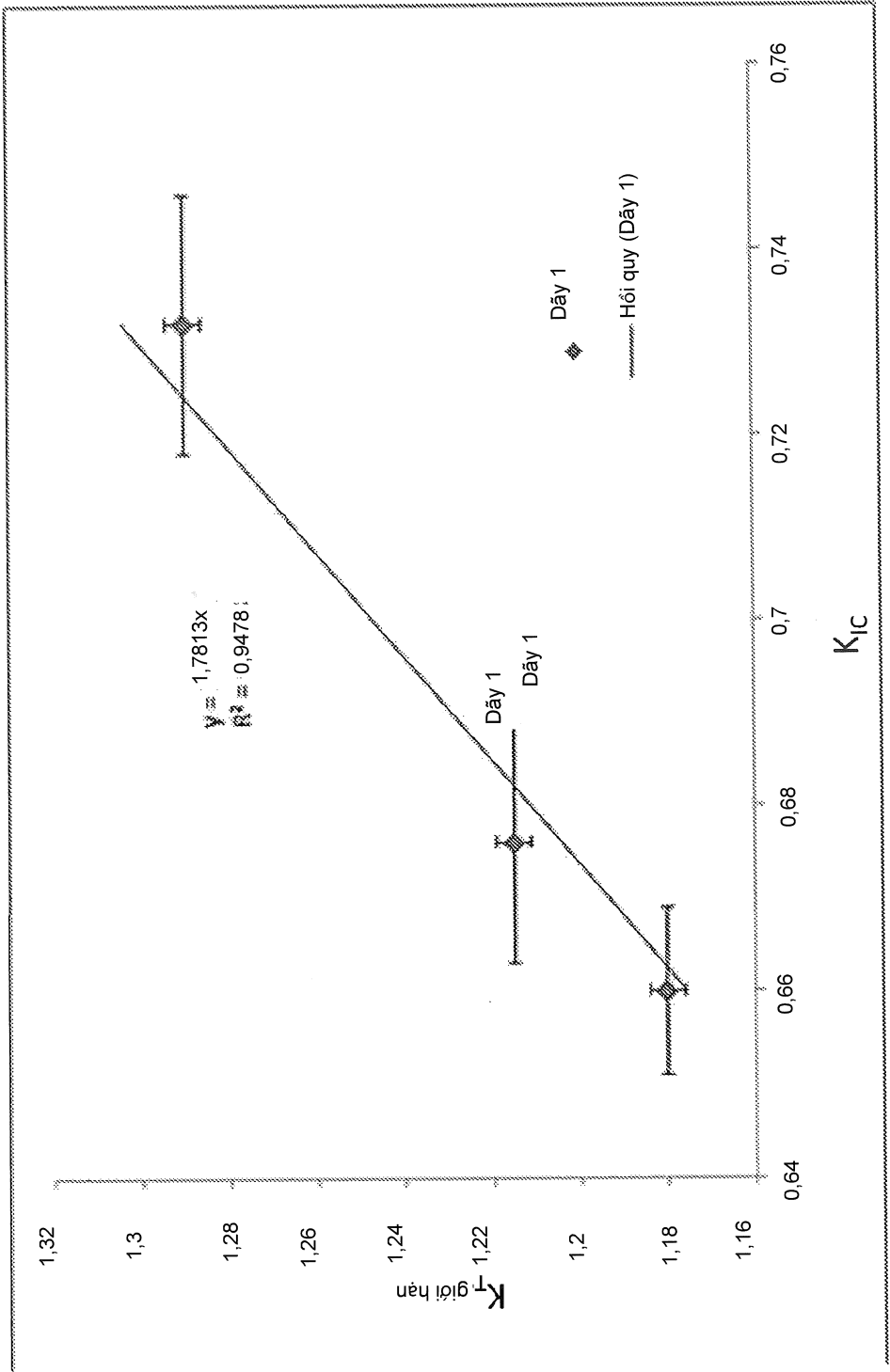


FIG. 6

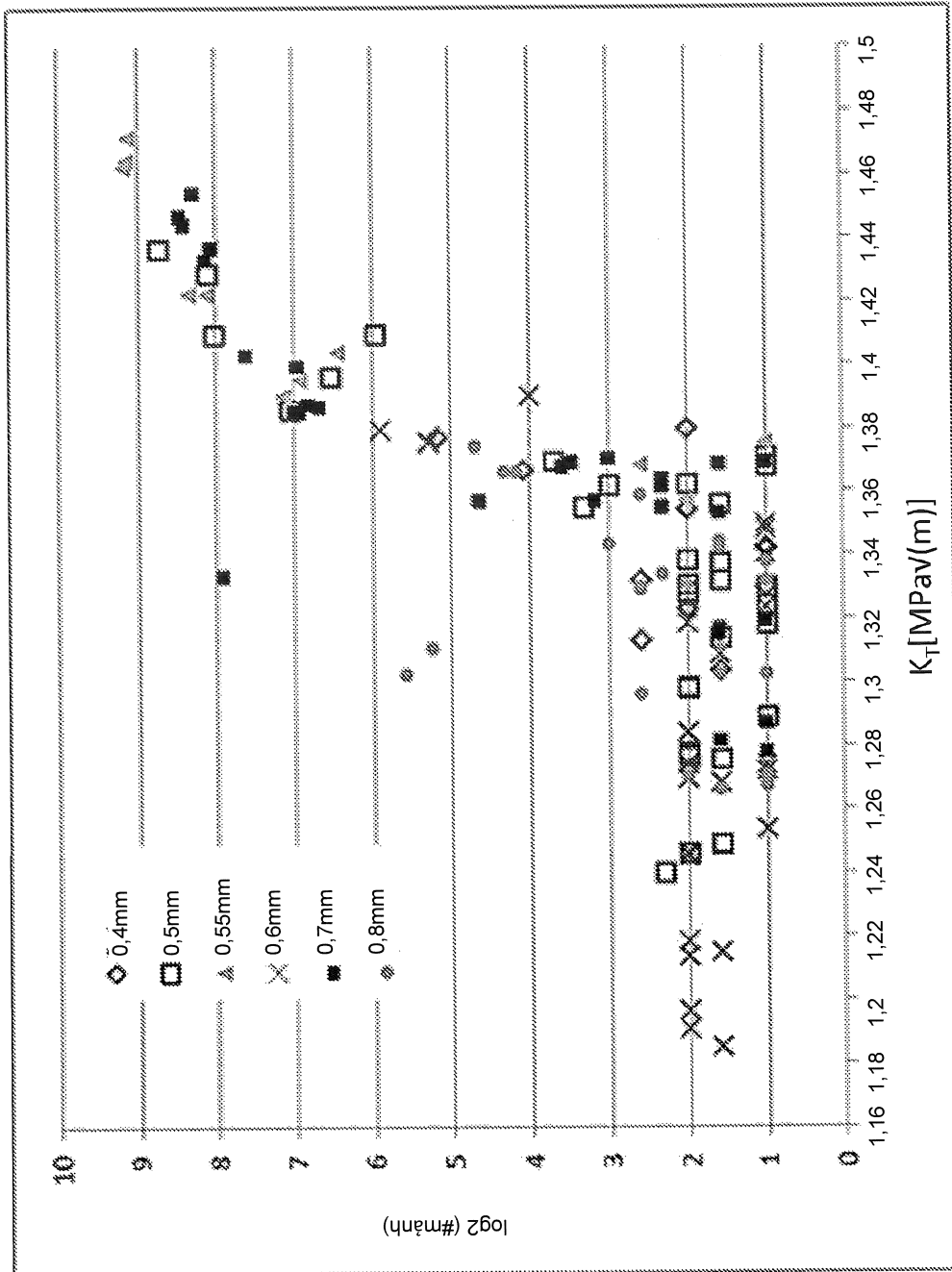


FIG. 7

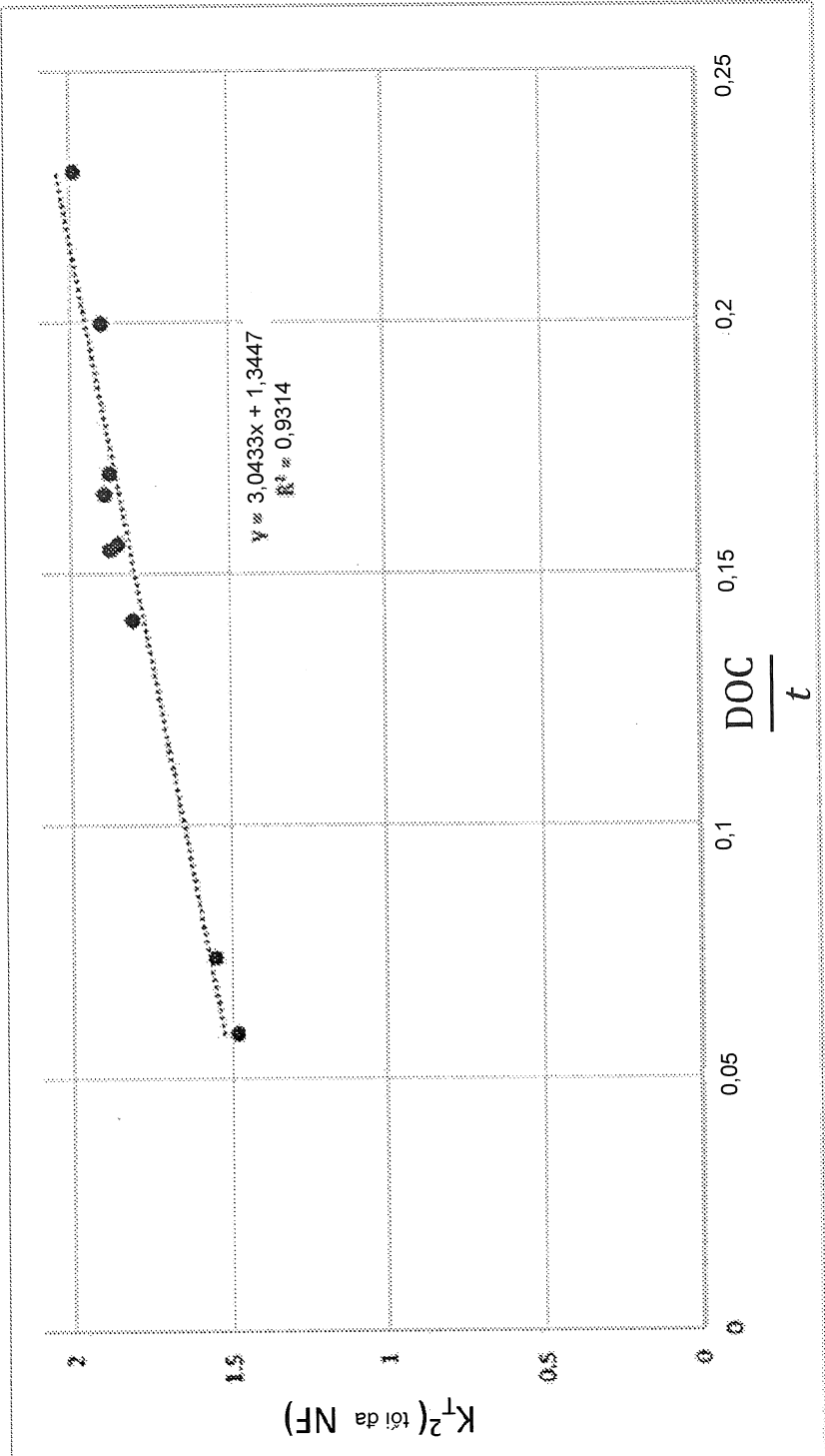


FIG. 8

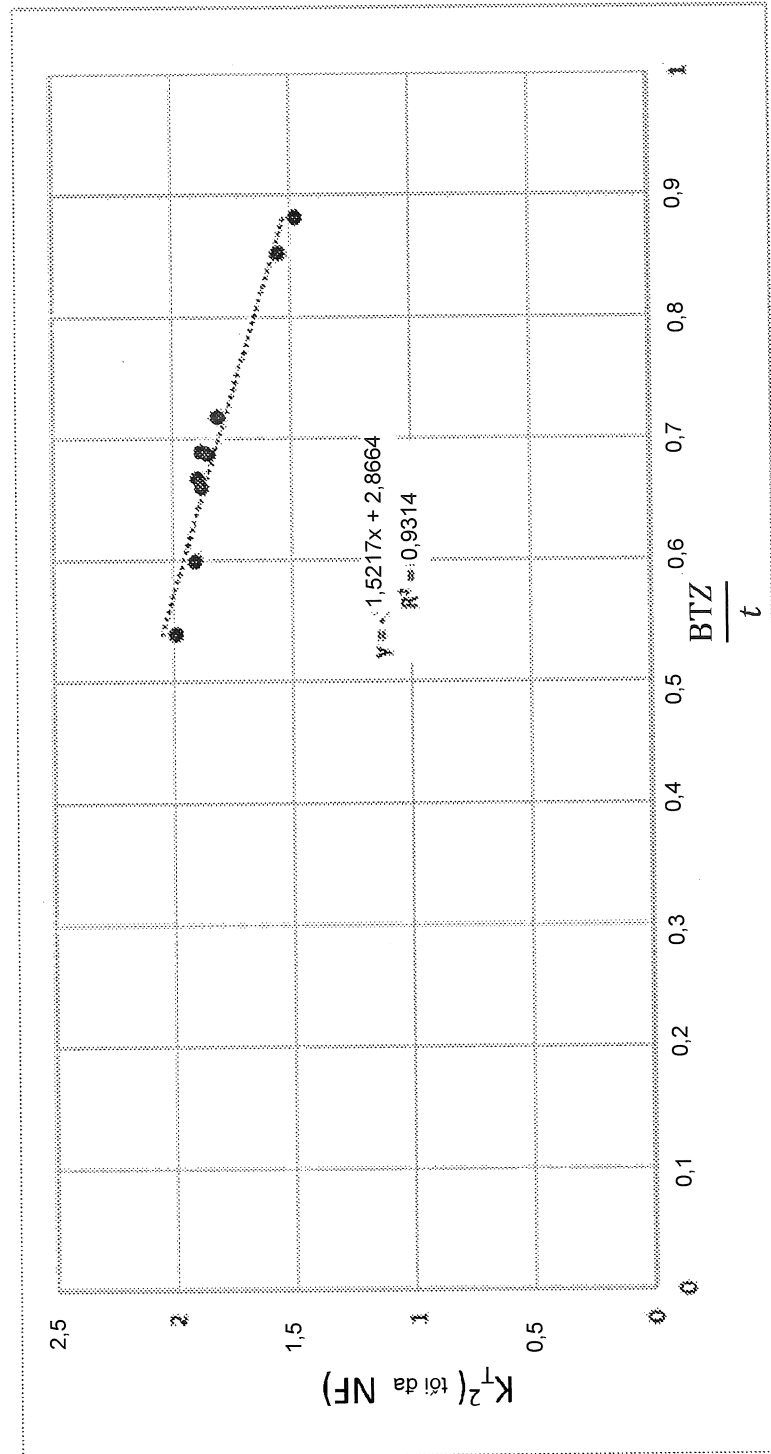


FIG. 9

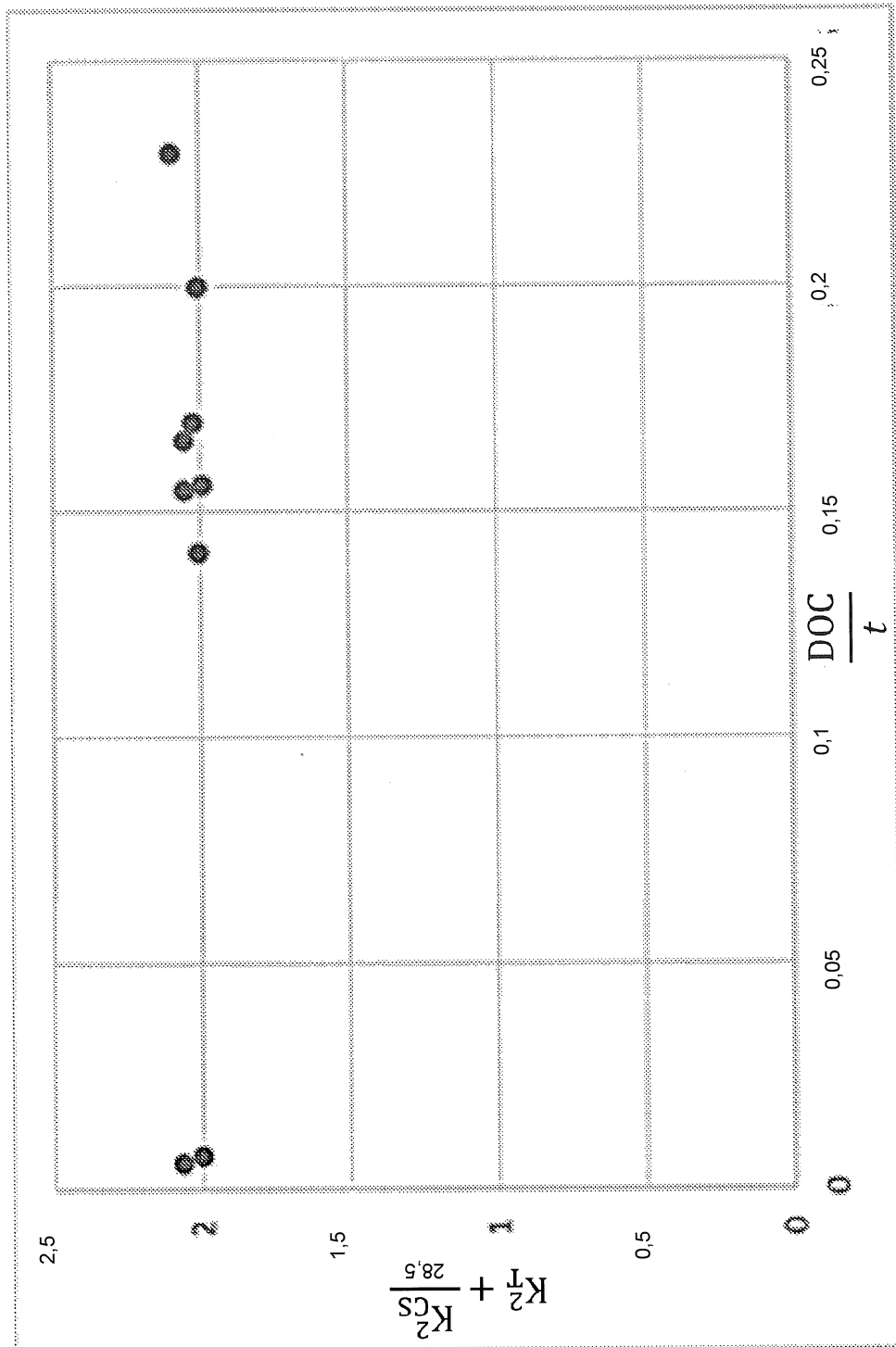


FIG. 10

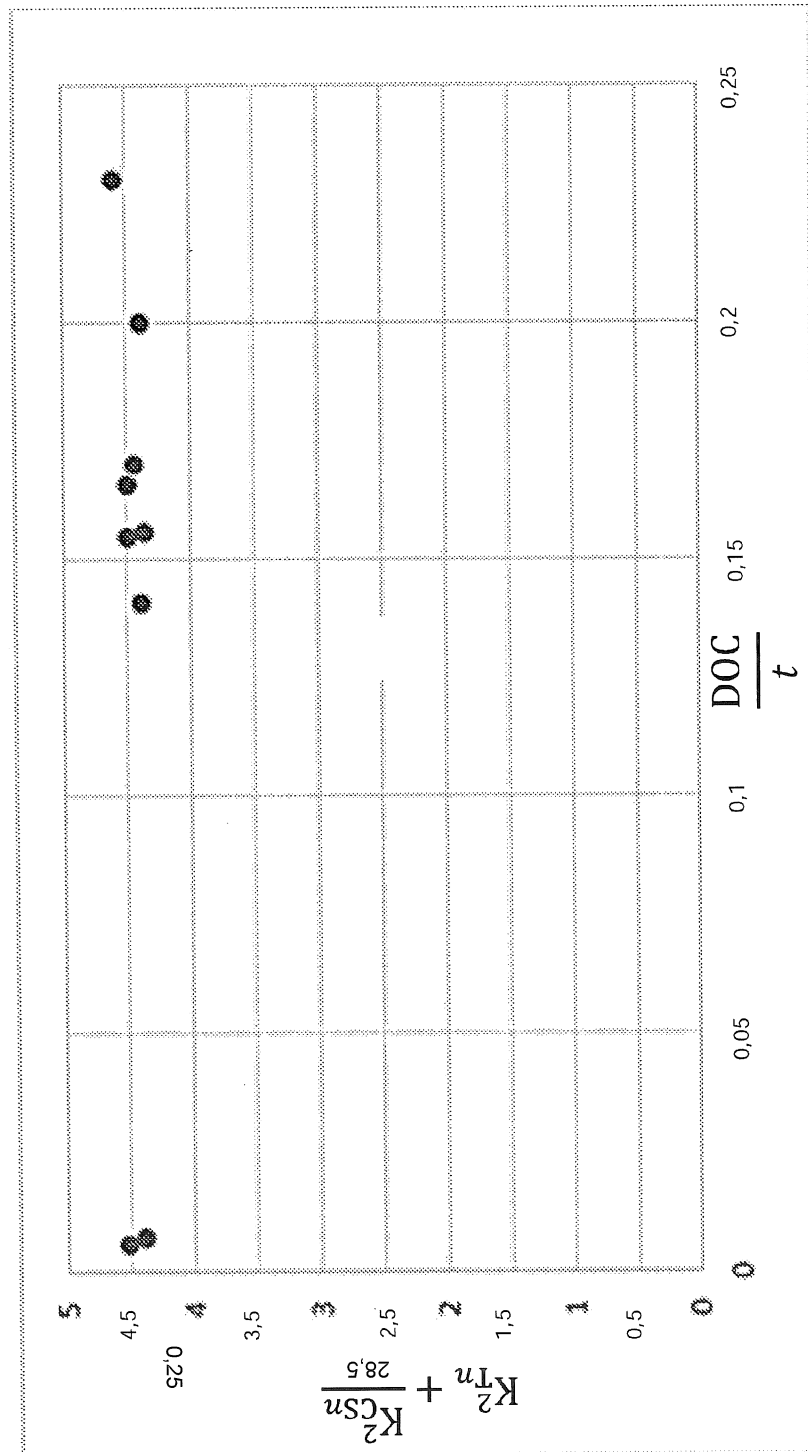


FIG. 11

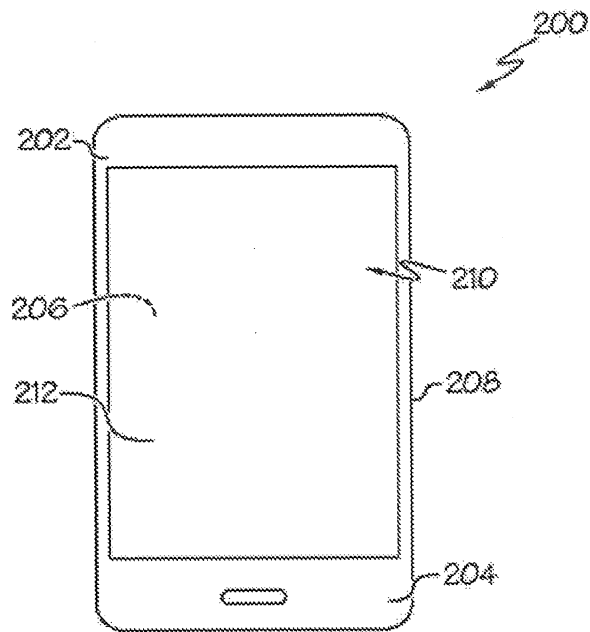


FIG. 12A

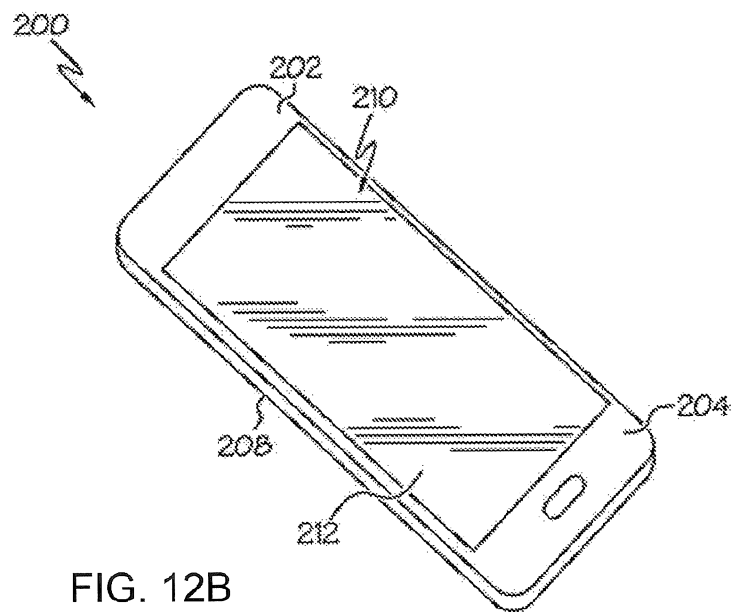


FIG. 12B