



(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)



1-0044253

(51)^{2020.01} C03C 10/00; C03C 21/00; H05K 5/03; (13) B
C03C 4/02; C03C 4/18; H05K 5/00;
C03B 32/02; C03C 3/097

(21) 1-2021-03696

(22) 21/11/2019

(86) PCT/US2019/062521 21/11/2019

(87) WO 2020/112468 04/06/2020

(30) 62/773,590 30/11/2018 US

(45) 25/03/2025 444

(43) 27/09/2021 402A

(71) CORNING INCORPORATED (US)

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

(72) CLICK, Carol Ann (US); FU, Qiang (US); HUBERT, Mathieu Gerard Jacques (FR);
SMITH, Charlene Marie (US); WHITTIER, Alana Marie (US).

(74) Công ty Luật TNHH T&G (TGVN)

(54) GỐM THỦY TINH BETA-SPODUMEN LITHI SILICAT ĐEN, PHƯƠNG PHÁP
SẢN XUẤT GỐM THỦY TINH NÀY VÀ SẢN PHẨM ĐIỆN TỬ TIÊU DÙNG
CHỨA GỐM THỦY TINH NÀY

(21) 1-2021-03696

(57) Sáng chế đề cập đến gốm thủy tinh β -spodumen lithi disilicat đen. Gốm thủy tinh này chứa ít nhất một trong số magnetit, β -thạch anh, cristobalit, và lithi phosphat làm pha tinh thể phụ. Gốm thủy tinh này được đặc trưng bởi các tọa độ màu: L^* : 15,0 đến 35,0, a^* : -3,0 đến 3,0, và b^* : -5,0 đến 5,0. Gốm thủy tinh này có thể được trao đổi ion. Sáng chế cũng đề cập đến phương pháp sản xuất gốm thủy tinh và sản phẩm điện tử tiêu dùng chứa gốm thủy tinh này.

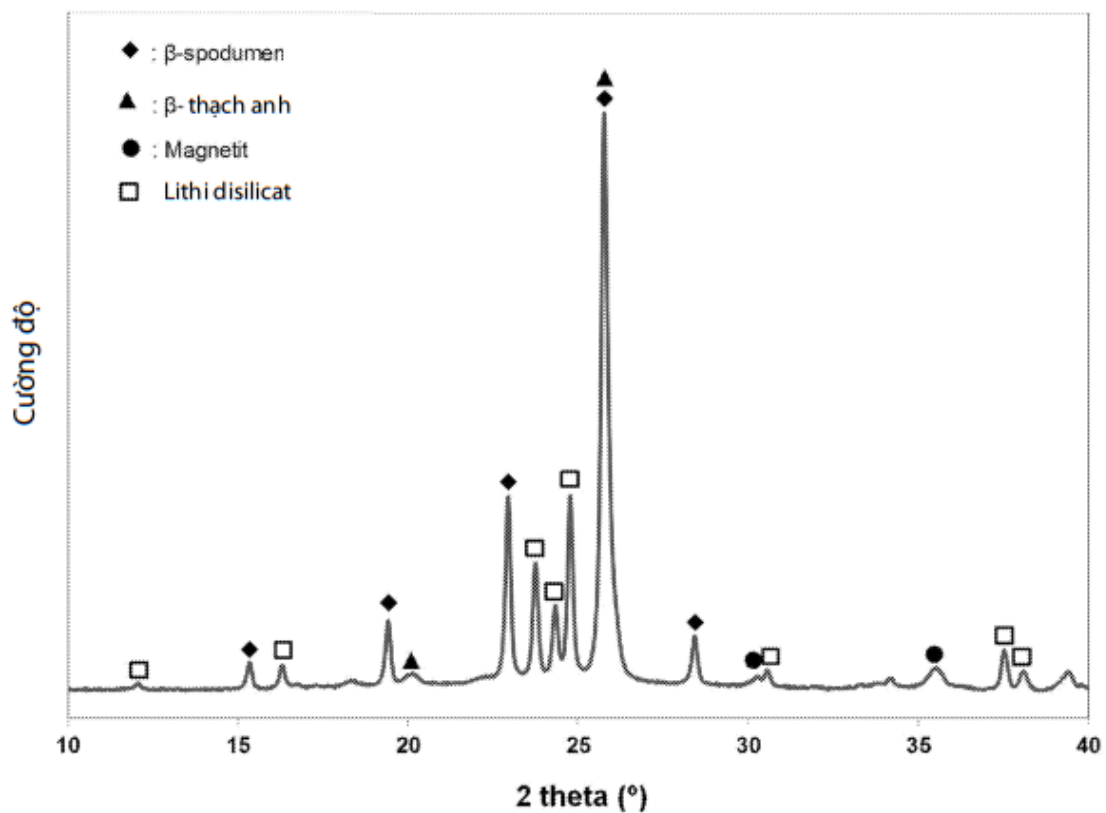


FIG. 3

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập chung đến chế phẩm gồm thủy tinh. Cụ thể hơn, sáng chế đề cập đến gốm thủy tinh β -spodumen lithi silicat đen mà có thể được chế tạo thành vỏ cho các thiết bị điện tử.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các thiết bị điện tử có thể mang theo, như, điện thoại thông minh, máy tính bảng, các thiết bị đeo được (như, ví dụ, đồng hồ và các thiết bị theo dõi tập luyện thể thao) tiếp tục trở nên nhỏ hơn và phức tạp hơn. Như vậy, các vật liệu mà thường được sử dụng trên ít nhất một bề mặt ngoài của các thiết bị điện tử có thể mang theo như vậy cũng tiếp tục trở nên phức tạp hơn. Chẳng hạn, do các thiết bị điện tử có thể mang theo trở nên nhỏ hơn và mỏng hơn để đáp ứng nhu cầu của người tiêu dùng, nên các vỏ được sử dụng trong các thiết bị điện tử có thể mang theo này cũng trở nên nhỏ hơn và mỏng hơn, dẫn đến các yêu cầu hiệu quả cao hơn đối với các vật liệu được sử dụng để tạo ra các thành phần này.

Do đó, tồn tại nhu cầu về các vật liệu mà thể hiện hiệu quả cao hơn, như tính chống hư hại, và hình thức bắt mắt để sử dụng trong các thiết bị điện tử có thể mang theo.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Theo khía cạnh (1), gốm thủy tinh được đề xuất. Gốm thủy tinh này bao gồm: pha tinh thể chính thứ nhất chứa lithi disilicat; pha tinh thể chính thứ hai chứa β -spodumen; và ít nhất một trong số magnetit, β -thạch anh, cristobalit, và lithi phosphat dưới dạng pha tinh thể phụ, trong đó gốm thủy tinh này được đặc trưng bởi các tọa độ màu sau: L^* : 15,0 đến 35,0; a^* : -3,0 đến 3,0; và b^* : -5,0 đến 5,0.

Theo khía cạnh (2), gốm thủy tinh theo khía cạnh (1) được đề xuất, trong đó pha tinh thể phụ bao gồm magnetit và β -thạch anh.

Theo khía cạnh (3), gồm thủy tinh theo khía cạnh (1) hoặc (2) được đề xuất, trong đó gồm thủy tinh có độ bền chống nứt vỡ (fracture toughness) từ lớn hơn hoặc bằng $0,9 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{0,5}$ đến nhỏ hơn hoặc bằng $2,0 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{0,5}$.

Theo khía cạnh (4), gồm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (3) được đề xuất, trong đó gồm thủy tinh có độ bền chống nứt vỡ từ lớn hơn hoặc bằng $1,0 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{0,5}$ đến nhỏ hơn hoặc bằng $1,5 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{0,5}$.

Theo khía cạnh (5), gồm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (4) được đề xuất, trong đó tâm của vật phẩm gồm thủy tinh chứa: 55,0% khối lượng đến 75,0% khối lượng SiO_2 ; 2,0% khối lượng đến 20,0% khối lượng Al_2O_3 ; 5,0% khối lượng đến 20,0% khối lượng Li_2O ; từ lớn hơn 0% khối lượng đến 5,0% khối lượng Na_2O ; 0,5% khối lượng đến 5,0% khối lượng TiO_2 ; 1,0% khối lượng đến 6,0% khối lượng P_2O_5 ; 0,5% khối lượng đến 10,0% khối lượng ZrO_2 ; 0,05% khối lượng đến 0,5% khối lượng $\text{SnO}+\text{SnO}_2$; và 0,1% khối lượng đến 5,0% khối lượng $\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$.

Theo khía cạnh (6), gồm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (5) được đề xuất, trong đó tâm của vật phẩm gồm thủy tinh chứa: 55,0% khối lượng đến 75,0% khối lượng SiO_2 ; 2,0% khối lượng đến 20,0% khối lượng Al_2O_3 ; 0% khối lượng đến 5,0% khối lượng B_2O_3 ; 5,0% khối lượng đến 20,0% khối lượng Li_2O ; 0% khối lượng đến 5,0% khối lượng Na_2O ; 0% khối lượng đến 4,0% khối lượng K_2O ; 0% khối lượng đến 8,0% khối lượng MgO ; 0% khối lượng đến 10,0% khối lượng ZnO ; 0,5% khối lượng đến 5,0% khối lượng TiO_2 ; 1,0% khối lượng đến 6,0% khối lượng P_2O_5 ; 0,5% khối lượng đến 10,0% khối lượng ZrO_2 ; 0% khối lượng đến 0,4% khối lượng CeO_2 ; 0,05% khối lượng đến 0,5% khối lượng $\text{SnO}+\text{SnO}_2$; 0,1% khối lượng đến 5,0% khối lượng $\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$; 0,1% khối lượng đến 5,0% khối lượng NiO ; 0,1% khối lượng đến 5,0% khối lượng Co_3O_4 ; 0% khối lượng đến 4,0% khối lượng $\text{MnO}+\text{MnO}_2+\text{Mn}_2\text{O}_3$; 0% khối lượng đến 2,0% khối lượng Cr_2O_3 ; 0% khối lượng đến 2,0% khối lượng CuO ; và 0% khối lượng đến 2,0% khối lượng V_2O_5 .

Theo khía cạnh (7), gồm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (6) được đề xuất, trong đó gồm thủy tinh này có độ kết tinh lớn hơn 50% khối lượng.

Theo khía cạnh (8), gồm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (7) được đề xuất, trong đó gồm thủy tinh này được trao đổi ion và bao gồm lớp ứng suất nén kéo dài từ bề mặt của gồm thủy tinh đến độ sâu nén.

Theo khía cạnh (9), gồm thủy tinh theo khía cạnh (8) được đề xuất, trong đó độ sâu nén là ít nhất $0,05t$, trong đó t là độ dày của gồm thủy tinh.

Theo khía cạnh (10), gồm thủy tinh theo khía cạnh (8) hoặc (9) được đề xuất, trong đó độ sâu nén ít nhất là $40\text{ }\mu\text{m}$.

Theo khía cạnh (11), sản phẩm điện tử tiêu dùng được đề xuất. Sản phẩm điện tử tiêu dùng này bao gồm: vỏ bao gồm bề mặt phía trước, bề mặt phía sau và các bề mặt bên; các thành phần điện ít nhất một phần nằm trong vỏ, các thành phần điện này bao gồm ít nhất là bộ điều khiển, bộ nhớ, và bộ phận hiển thị, bộ phận hiển thị nằm tại hoặc liền kề với bề mặt phía trước của vỏ; và thủy tinh che phủ được bố trí trên bộ phận hiển thị, trong đó ít nhất một phần của vỏ chứa gồm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (7).

Theo khía cạnh (12), sản phẩm điện tử tiêu dùng được đề xuất. Sản phẩm điện tử tiêu dùng này bao gồm: vỏ bao gồm bề mặt phía trước, bề mặt phía sau và các bề mặt bên; các thành phần điện ít nhất một phần nằm trong vỏ, các thành phần điện này bao gồm ít nhất là bộ điều khiển, bộ nhớ, và bộ phận hiển thị, bộ phận hiển thị nằm tại hoặc liền kề với bề mặt phía trước của vỏ; và thủy tinh che phủ được bố trí trên bộ phận hiển thị, trong đó ít nhất một phần của vỏ chứa gồm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (8) đến (10).

Theo khía cạnh (13), phương pháp được đề xuất. Phương pháp này bao gồm: gồm hóa vật phẩm trên cơ sở thủy tinh tiên thân để tạo ra gồm thủy tinh, trong đó gồm thủy tinh này chứa: pha tinh thể chính thứ nhất chứa lithi disilicat; pha tinh thể chính thứ hai chứa β -spodumen; và ít nhất một trong số magnetit, β -thạch anh, cristobalit, và lithi phosphat là pha tinh thể phụ, và gồm thủy tinh này được đặc trưng bởi các tọa độ màu sau: L^* : 15,0 đến 35,0; a^* : -3,0 đến 3,0; và b^* : -5,0 đến 5,0.

Theo khía cạnh (14), phương pháp theo khía cạnh (13) được đề xuất, trong đó việc gồm hóa diễn ra ở nhiệt độ từ lớn hơn hoặc bằng 500°C đến nhỏ hơn hoặc bằng 900°C .

Theo khía cạnh (15), phương pháp theo khía cạnh (13) hoặc (14) được đề xuất, trong đó việc gồm hóa diễn ra trong thời gian từ lớn hơn hoặc bằng 4 giờ đến nhỏ hơn hoặc bằng 16 giờ.

Theo khía cạnh (16), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (13) đến (15) được đề xuất, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước trao đổi ion gồm thủy tinh.

Theo khía cạnh (17), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (13) đến (16) được đề xuất, trong đó vật phẩm trên cơ sở thủy tinh tiền thân bao gồm: 55,0% khối lượng đến 75,0% khối lượng SiO_2 ; 2,0% khối lượng đến 20,0% khối lượng Al_2O_3 ; 5,0% khối lượng đến 20,0% khối lượng Li_2O ; từ lớn hơn 0% khối lượng đến 5,0% khối lượng Na_2O ; 0,5% khối lượng đến 5,0% khối lượng TiO_2 ; 1,0% khối lượng đến 6,0% khối lượng P_2O_5 ; 0,5% khối lượng đến 10,0% khối lượng ZrO_2 ; 0,05% khối lượng đến 0,5% khối lượng $\text{SnO}+\text{SnO}_2$; và 0,1% khối lượng đến 5,0% khối lượng $\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$.

Theo khía cạnh (18), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (13) đến (17) được đề xuất, trong đó vật phẩm trên cơ sở thủy tinh tiền thân bao gồm: 55,0% khối lượng đến 75,0% khối lượng SiO_2 ; 2,0% khối lượng đến 20,0% khối lượng Al_2O_3 ; 0% khối lượng đến 5,0% khối lượng B_2O_3 ; 5,0% khối lượng đến 20,0% khối lượng Li_2O ; 0% khối lượng đến 5,0% khối lượng Na_2O ; 0% khối lượng đến 4,0% khối lượng K_2O ; 0% khối lượng đến 8,0% khối lượng MgO ; 0% khối lượng đến 10,0% khối lượng ZnO ; 0,5% khối lượng đến 5,0% khối lượng TiO_2 ; 1,0% khối lượng đến 6,0% khối lượng P_2O_5 ; 0,5% khối lượng đến 10,0% khối lượng ZrO_2 ; 0% khối lượng đến 0,4% khối lượng CeO_2 ; 0,05% khối lượng đến 0,5% khối lượng $\text{SnO}+\text{SnO}_2$; 0,1% khối lượng đến 5,0% khối lượng $\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$; 0,1% khối lượng đến 5,0% khối lượng NiO ; 0,1% khối lượng đến 5,0% khối lượng Co_3O_4 ; 0% khối lượng đến 4,0% khối lượng $\text{MnO}+\text{MnO}_2+\text{Mn}_2\text{O}_3$; 0% khối lượng đến 2,0% khối lượng Cr_2O_3 ; 0% khối lượng đến 2,0% khối lượng CuO ; và 0% khối lượng đến 2,0% khối lượng V_2O_5 .

Theo khía cạnh (19), thủy tinh được đề xuất. Thủy tinh này bao gồm: 55,0% khối lượng đến 75,0% khối lượng SiO_2 ; 2,0% khối lượng đến 20,0% khối lượng Al_2O_3 ; 5,0% khối lượng đến 20,0% khối lượng Li_2O ; từ lớn hơn 0% khối lượng đến 5,0% khối lượng Na_2O ; 0,5% khối lượng đến 5,0% khối lượng TiO_2 ; 1,0% khối lượng đến 6,0% khối lượng P_2O_5 ; 0,5% khối lượng đến 10,0% khối lượng ZrO_2 ; 0,05% khối lượng đến 0,5% khối lượng $\text{SnO}+\text{SnO}_2$; và 0,1% khối lượng đến 5,0% khối lượng $\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$.

Theo khía cạnh (20), thủy tinh theo khía cạnh (19) được đề xuất, trong đó thủy tinh này còn chứa: 0% khối lượng đến 5,0% khối lượng B_2O_3 ; 0% khối lượng đến 4,0% khối lượng K_2O ; 0% khối lượng đến 8,0% khối lượng MgO ; 0% khối lượng đến 10,0% khối lượng ZnO ; 0% khối lượng đến 0,4% khối lượng CeO_2 ; 0% khối lượng đến 5,0% khối lượng NiO ; 0% khối lượng đến 5,0% khối lượng Co_3O_4 ; 0% khối lượng đến 4,0% khối lượng $\text{MnO}+\text{MnO}_2+\text{Mn}_2\text{O}_3$; 0% khối lượng đến 2,0% khối lượng Cr_2O_3 ; 0% khối lượng đến 2,0% khối lượng CuO ; và 0% khối lượng đến 2,0% khối lượng V_2O_5 .

Theo khía cạnh (21), thủy tinh theo khía cạnh (19) hoặc (20) được đề xuất, trong đó thủy tinh này còn chứa ít nhất một trong số: 0,1% khối lượng đến 5,0% khối lượng NiO ; và 0,1% khối lượng đến 5,0% khối lượng Co_3O_4 .

Các dấu hiệu bổ sung và các ưu điểm sẽ được nêu trong phần mô tả chi tiết sau đây, và phần nào sẽ trở nên rõ ràng với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này từ phần mô tả đó hoặc được thừa nhận bằng cách thực hiện các phương án được mô tả trong bản mô tả này, bao gồm phần mô tả chi tiết sau đây, yêu cầu bảo hộ, cũng như các hình vẽ kèm theo.

Cần hiểu rằng cả phần mô tả chung trên đây và phần mô tả chi tiết dưới đây mô tả các phương án khác nhau và được dự định để đưa ra cái nhìn tổng quát hoặc cốt lõi để hiểu bản chất và đặc điểm của đối tượng được yêu cầu bảo hộ. Các hình vẽ kèm theo được đưa vào để giúp hiểu rõ hơn về các phương án khác nhau và được kết hợp vào và cấu thành một phần của bản mô tả này. Các hình vẽ minh họa các phương án thực hiện khác nhau được mô tả ở đây, và cùng với phần mô tả có tác dụng để giải thích các nguyên tắc và cách vận hành của các đối tượng được yêu cầu bảo hộ.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

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

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

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

FIG. 3 là kết quả phân tích nhiễu xạ tia X của gốm thủy tinh theo một phương án;

FIG. 4 là ảnh kính hiển vi điện tử xuyên hầm (tunneling electron microscope) của gốm thủy tinh theo một phương án;

FIG. 5 là ảnh kính hiển vi điện tử xuyên hầm của gốm thủy tinh theo FIG. 4 ở độ phóng đại lớn hơn;

FIG. 6 là ảnh kính hiển vi điện tử xuyên hầm của FIG. 5 với ánh xạ nguyên tố làm nổi bật sắt;

FIG. 7 là ảnh kính hiển vi điện tử xuyên hầm của FIG. 5 với ánh xạ nguyên tố làm nổi bật niken;

FIG. 8 là ảnh kính hiển vi điện tử xuyên hầm của FIG. 5 với ánh xạ nguyên tố làm nổi bật titan;

FIG. 9 là ảnh kính hiển vi điện tử xuyên hầm của FIG. 5 với ánh xạ nguyên tố làm nổi bật coban;

FIG. 10 là ảnh kính hiển vi điện tử xuyên hầm của FIG. 5 với ánh xạ nguyên tố làm nổi bật silic;

FIG. 11 là ảnh kính hiển vi điện tử xuyên hầm của FIG. 5 với ánh xạ nguyên tố làm nổi bật nhôm;

FIG. 12 là ảnh kính hiển vi điện tử xuyên hầm của FIG. 5 với ánh xạ nguyên tố làm nổi bật ziriconi và phospho;

FIG. 13 là đồ thị Weibull của độ bền vòng trên vòng (Ring-on-Ring - RoR) đối với gốm thủy tinh theo một phương án trước khi xử lý trao đổi ion và sau khi xử lý trao đổi ion;

FIG. 14 là hình vẽ mô tả dưới dạng giản đồ của thiết bị thử nghiệm vòng trên vòng;

FIG. 15 là đồ thị nồng độ Na_2O theo %mol như được đo bằng đầu dò điện tử dưới dạng hàm số của độ sâu dưới bề mặt của gốm thủy tinh theo phương án được trao đổi ion trong các khoảng thời gian khác nhau; và

FIG. 16 là đồ thị của độ bền giữ lại (retained strength) dưới dạng hàm số của áp suất mài mòn của gốm thủy tinh được trao đổi ion theo một phương án.

Mô tả chi tiết sáng chế

Dưới đây sẽ mô tả chi tiết gốm thủy tinh β -spodumen lithi silicat đen theo các phương án khác nhau. Cụ thể là, gốm thủy tinh β -spodumen lithi silicat đen có hình thức bất mất, và thể hiện độ bền và độ bền chống nứt vỡ cao. Do đó, gốm thủy tinh β -spodumen lithi silicat đen phù hợp để sử dụng làm vỏ trong các thiết bị điện tử có thể mang theo.

Trong phần mô tả sau đây, các ký hiệu chỉ dẫn giống nhau biểu thị các bộ phận giống hoặc tương ứng trên một số hình được thể hiện trong phần hình vẽ. Cũng cần hiểu rằng, trừ khi có quy định khác, các thuật ngữ như “đỉnh”, “đáy”, “hướng ra ngoài”, “hướng vào trong”, và các từ tương tự là các từ dùng cho thuận tiện và không được hiểu là các thuật ngữ giới hạn. Bất cứ khi nào một nhóm được mô tả là bao gồm ít nhất một trong nhóm các phần tử hoặc các tổ hợp của chúng, thì cần hiểu rằng nhóm này có thể bao gồm một số bất kỳ các phần tử được trích dẫn đó, một cách riêng rẽ hoặc kết hợp với nhau. Trừ khi có quy định khác, khoảng trị số, khi được trích dẫn, bao gồm cả giới hạn trên và giới hạn dưới của khoảng này cũng như các khoảng bất kỳ giữa chúng. Như được sử dụng ở đây, các mạo từ không xác định số lượng có nghĩa là “ít nhất một” hoặc “một hoặc nhiều”, trừ khi có quy định khác. Cũng cần hiểu rằng, các dấu hiệu khác nhau

được bộc lộ trong bản mô tả và các hình vẽ có thể được sử dụng trong kết hợp bất kỳ và tất cả các kết hợp.

Trừ khi có quy định khác, tất cả các thành phần của thủy tinh được mô tả trong bản mô tả này được biểu thị theo phần trăm khối lượng (% khối lượng), và các phần tử cấu thành được đưa ra trên cơ sở oxit. Trừ khi có quy định khác, tất cả các nhiệt độ được biểu thị theo độ Celsius (°C).

Lưu ý rằng các thuật ngữ "hầu như" và "khoảng" có thể được sử dụng trong bản mô tả này để biểu thị mức độ không chắc chắn vốn có mà có thể được cho là do sự so sánh định lượng, trị số, phép đo, hoặc sự biểu thị khác bất kỳ. Các thuật ngữ này cũng được dùng trong bản mô tả này để biểu thị mức độ mà qua đó sự biểu thị định lượng có thể thay đổi so với tham chiếu được nêu mà không dẫn đến sự thay đổi về chức năng cơ bản của đối tượng đang bàn luận. Ví dụ, thủy tinh mà "hầu như không chứa K_2O " là loại trong đó K_2O không được bổ sung hoặc trộn theo một cách chủ động vào trong thủy tinh, nhưng có thể có mặt với các lượng rất nhỏ dưới dạng tạp chất, như với các lượng nhỏ hơn khoảng 0,01% khối lượng. Như được sử dụng trong bản mô tả này, khi thuật ngữ "khoảng" được sử dụng để thay đổi trị số, thì trị số chính xác cũng được bộc lộ.

Gốm thủy tinh chứa pha tinh thể chính thứ nhất, pha tinh thể chính thứ hai, và pha tinh thể phụ, và pha thủy tinh dư. Các pha tinh thể chính thứ nhất và thứ hai có mặt, độc lập với nhau, dưới dạng các phần gốm thủy tinh có khối lượng lớn hơn so với pha tinh thể phụ. Do đó, pha tinh thể phụ có mặt với nồng độ theo phần trăm khối lượng của gốm thủy tinh là nhỏ hơn phần trăm khối lượng của một trong pha tinh thể chính thứ nhất và pha tinh thể chính thứ hai.

Theo các phương án, pha tinh thể chính thứ nhất chứa lithi disilicat và pha tinh thể chính thứ hai chứa β -spodumen. Như được sử dụng trong bản mô tả này, β -spodumen có thể chỉ các dung dịch rắn β -spodumen. Không ràng buộc bởi lý thuyết cụ thể bất kỳ, các tinh thể lithi disilicat của gốm thủy tinh có thể liên kết với nhau để tạo ra độ bền vật thể và độ bền chống nứt vỡ gia tăng.

Theo một số phương án, gốm thủy tinh bao gồm pha tinh thể phụ chứa ít nhất một trong số magnetit, β -thạch anh, cristobalit, và lithi phosphat. Theo các phương án,

gồm thủy tinh chứa nhiều hơn một pha tinh thể phụ. Theo một số phương án, các pha tinh thể bổ sung có thể có mặt trong gồm thủy tinh.

Theo các phương án, tổng độ kết tinh của gồm thủy tinh là đủ cao để thu được các đặc tính cơ học được tăng cường, như độ cứng, môđun Young, và khả năng chống xước. Như được sử dụng trong bản mô tả này, tổng độ kết tinh được cung cấp theo % khối lượng và được dùng để chỉ tổng % khối lượng của tất cả các pha tinh thể có mặt trong gồm thủy tinh so với tổng khối lượng của mẫu được đo. Theo các phương án, tổng độ kết tinh lớn hơn hoặc bằng khoảng 50% khối lượng, như lớn hơn hoặc bằng khoảng 55% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 60% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 65% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 70% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 75% khối lượng, hoặc hơn nữa. Cần hiểu rằng, theo các phương án, khoảng bất kỳ trong số các khoảng nêu trên có thể được kết hợp với khoảng bất kỳ khác. Theo các phương án, tổng độ kết tinh của gồm thủy tinh nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 50% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 75% khối lượng, như nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 55% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 70% khối lượng, hoặc nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 60% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 65% khối lượng, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên. Tổng độ kết tinh của gồm thủy tinh được xác định thông qua phân tích định lượng Rietveld của các kết quả nhiễu xạ tia X (X-ray diffraction - XRD).

Gồm thủy tinh đục hoặc trong mờ. Theo các phương án, gồm thủy tinh thể hiện độ truyền qua nhỏ hơn khoảng 10% trong vùng nhìn thấy (380 nm đến 760 nm), như nhỏ hơn khoảng 9%, nhỏ hơn khoảng 8%, nhỏ hơn khoảng 7%, nhỏ hơn khoảng 6%, nhỏ hơn khoảng 5%, nhỏ hơn khoảng 4%, nhỏ hơn khoảng 3%, nhỏ hơn khoảng 2%, nhỏ hơn khoảng 1%, hoặc nhỏ hơn. Độ truyền qua như được sử dụng trong bản mô tả này chỉ tổng độ truyền qua, và được đo bằng cách sử dụng máy đo quang phổ Perkin Elmer Lambda 950 UV/Vis/NIR với thiết bị cầu tích hợp 150 mm. Các mẫu được gắn ở cửa vào của thiết bị cầu, mà cho phép thu nhận ánh sáng tán xạ góc rộng, và đĩa phản xạ Spectralon tham chiếu được bố trí bên trên cửa ra của thiết bị cầu. Tổng độ truyền qua được tạo ra liên quan đến số đo cơ bản chùm mờ. Cần hiểu rằng độ dày của gồm thủy tinh có thể tác động đến độ truyền qua. Ví dụ, các gồm thủy tinh dày hơn có thể có độ truyền qua thấp hơn.

Theo các phương án, gồm thủy tinh màu đen. Gốm thủy tinh có thể được đặc trưng bởi các tọa độ màu sau: L^* 15,0 đến 35,0, a^* -3,0 đến 3,0, và b^* -5,0 đến 5,0. Theo một số phương án, trị số L^* của gốm thủy tinh có thể từ 15,0 đến 35,0, như từ 16,0 đến 34,0, từ 17,0 đến 33,0, từ 18,0 đến 32,0, từ 19,0 đến 31,0, từ 20,0 đến 30,0, từ 26,0 đến 29,0, từ 27,0 đến 28,0, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số đã nêu. Theo một số phương án, trị số a^* của gốm thủy tinh có thể từ -3,0 đến 3,0, như từ -2,8 đến 2,8, từ -2,6 đến 2,6, từ -2,4 đến 2,4, từ -2,2 đến 2,2, từ -2,0 đến 2,0, từ -1,8 đến 1,8, từ -1,6 đến 1,6, từ -1,4 đến 1,4, từ -1,2 đến 1,2, từ -1,0 đến 1,0, từ -0,8 đến 0,8, từ -0,6 đến 0,6, từ -0,4 đến 0,4, từ -0,2 đến 0,2, 0, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số đã nêu. Theo một số phương án, trị số b^* của gốm thủy tinh có thể từ -5,0 đến 5,0, như từ -4,5 đến 4,5, từ -4,0 đến 4,0, từ -3,5 đến 3,5, từ -3,0 đến 3,0, từ -2,5 đến 2,5, từ -2,0 đến 2,0, từ -1,5 đến 1,5, từ -1,0 đến 1,0, từ -0,5 đến 0,5, 0, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số đã nêu. Như được sử dụng trong bản mô tả này, các tọa độ màu được đo bằng cách sử dụng thiết bị chiếu sáng X-rite Ci7 F02 dưới điều kiện SCI UVC theo chế độ phản xạ.

Theo các phương án, gốm thủy tinh có thể có độ bền chống nứt vỡ cao. Độ bền chống nứt vỡ cao đạt được ít nhất một phần do sự tập hợp pha tinh thể của gốm thủy tinh. Theo một số phương án, gốm thủy tinh có thể có độ bền chống nứt vỡ nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng $0,9 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{0.5}$ đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng $2,0 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{0.5}$, như nằm trong khoảng lớn hơn hoặc bằng khoảng $1,0 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{0.5}$ đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng $1,9 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{0.5}$, lớn hơn hoặc bằng khoảng $1,1 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{0.5}$ đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng $1,8 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{0.5}$, lớn hơn hoặc bằng khoảng $1,2 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{0.5}$ đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng $1,7 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{0.5}$, lớn hơn hoặc bằng khoảng $1,3 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{0.5}$ đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng $1,6 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{0.5}$, lớn hơn hoặc bằng khoảng $1,4 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{0.5}$ đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng $1,5 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{0.5}$, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên. Theo một số phương án, gốm thủy tinh có thể có độ bền chống nứt vỡ nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng $1,0 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{0.5}$ đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng $1,5 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{0.5}$. Độ bền chống nứt vỡ được đo bằng phương pháp thanh ngắn được cắt khắc hình chữ V (chevron notched short bar - CNSB), như được mô tả dưới đây.

Theo các phương án, gốm thủy tinh có thể có độ bền cao. Độ bền cao đạt được ít nhất một phần do sự tập hợp pha tinh thể của gốm thủy tinh. Theo một số phương án,

gốm thủy tinh có độ bền lớn hơn hoặc bằng khoảng 290 MPa, như lớn hơn hoặc bằng khoảng 300 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 310 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 320 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 330 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 340 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 350 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 360 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 370 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 380 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 390 MPa, hoặc hơn nữa. Theo các phương án, gốm thủy tinh có độ bền nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 290 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 400 MPa, như nằm trong khoảng lớn hơn hoặc bằng khoảng 300 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 390 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 310 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 380 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 320 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 370 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 330 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 360 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 340 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 350 MPa, và khoảng con bất kỳ và tất cả các khoảng con được tạo ra từ các điểm đầu mút này. Độ bền được dùng để chỉ độ bền như được đo bằng thử nghiệm vòng trên vòng được mô tả dưới đây.

Thành phần của gốm thủy tinh β -spodumen lithi silicat sẽ được mô tả dưới đây. Theo các phương án về gốm thủy tinh được mô tả trong bản mô tả này, nồng độ của các thành phần cấu thành (ví dụ, SiO_2 , Al_2O_3 , Li_2O , Na_2O và các thành phần tương tự) được đưa ra theo phần trăm khối lượng (% khối lượng) trên cơ sở oxit, trừ khi có quy định khác. Các thành phần của gốm thủy tinh theo các phương án được bàn luận một cách riêng rẽ dưới đây. Cần hiểu rằng khoảng bất kỳ trong số các khoảng được trích dẫn khác nhau của một 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 thành phần bất kỳ khác.

Theo các phương án về gốm thủy tinh được bộc lộ trong bản mô tả này, SiO_2 là phần tử cấu thành lớn nhất. SiO_2 có vai trò như chất tạo mạng sơ cấp và làm ổn định cấu trúc mạng. SiO_2 là cần thiết đối với sự hình thành của các pha tinh thể β -spodumen và lithi silicat mong muốn. Nếu hàm lượng SiO_2 quá thấp thì có thể không tạo thành các pha tinh thể β -spodumen và lithi silicat mong muốn. SiO_2 tinh khiết có CTE tương đối thấp và không chứa kiềm. Tuy nhiên, SiO_2 tinh khiết có điểm nóng chảy cao. Do đó, nếu nồng độ của SiO_2 trong gốm thủy tinh quá cao, khả năng tạo hình của thành phần thủy tinh tiền thân được sử dụng để tạo ra gốm thủy tinh có thể bị giảm do nồng độ SiO_2 cao hơn làm tăng mức độ khó của việc làm nóng chảy thủy tinh, mà điều này tác động

bất lợi đến khả năng tạo hình của thủy tinh tiền thân. Theo các phương án, hợp phần thủy tinh nói chung chứa SiO_2 với lượng lớn hơn hoặc bằng khoảng 55,0% khối lượng, như lớn hơn hoặc bằng khoảng 56,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 57,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 58,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 59,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 60,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 61,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 62,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 63,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 64,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 65,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 66,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 67,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 68,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 69,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 70,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 71,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 72,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 73,0% khối lượng, or lớn hơn hoặc bằng khoảng 74,0% khối lượng. Theo các phương án, hợp phần thủy tinh chứa SiO_2 với lượng nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 75,0% khối lượng, như nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 74,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 73,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 72,0% khối lượng, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 71,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 70,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 69,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 68,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 67,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 66,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 65,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 64,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 63,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 62,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 61,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 60,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 59,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 58,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 57,0% khối lượng, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 56,0% khối lượng. Cần hiểu rằng, theo các phương án, khoảng bất kỳ trong số các khoảng nêu trên có thể được kết hợp với khoảng bất kỳ khác. Theo các phương án, hợp phần thủy tinh chứa SiO_2 với lượng nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 55,0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 75,0% khối lượng, như nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 56,0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 74,0% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 57,0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 73,0% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 58,0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 72,0% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 59,0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng

khoảng 71,0% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 60,0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 70,0% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 61,0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 69,0% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 62,0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 68,0% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 63,0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 67,0% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 64,0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 66,0% khối lượng, hoặc khoảng 65,0% khối lượng, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên. Theo một số phương án, gốm thủy tinh chứa SiO_2 với lượng nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 65% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 75% khối lượng.

Gốm thủy tinh còn chứa Al_2O_3 . Việc chứa Al_2O_3 là cần thiết để tạo ra pha tinh thể β -spodumen, nhưng có thể làm tăng độ nhớt của hợp phần thủy tinh tiền thân được sử dụng để tạo ra gốm thủy tinh do sự phối trí tứ diện 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. Nếu hàm lượng Al_2O_3 quá thấp, sự tạo ra pha tinh thể β -spodumen có thể là khó khăn, và độ bền hóa học của gốm thủy tinh có thể bị giảm xuống. Tuy nhiên, nếu nồng độ Al_2O_3 được cân bằng với nồng độ SiO_2 và nồng độ của các oxit kiềm trong hợp phần thủy tinh, thì Al_2O_3 có thể làm giảm nhiệt độ đường pha lỏng (liquidus temperature) của thủy tinh nóng chảy, do đó làm tăng độ nhớt đường pha lỏng (liquidus viscosity) và cải thiện khả năng tương thích của hợp phần thủy tinh với các quá trình tạo hình nhất định. Nếu hàm lượng Al_2O_3 quá cao, lượng tinh thể lithi disilicat được tạo ra trong gốm thủy tinh có thể bị giảm một cách không mong muốn, ngăn cản sự tạo thành cấu trúc liên khóa (interlocking structure). Tương tự như SiO_2 , Al_2O_3 làm ổn định cấu trúc mạng. Theo các phương án, hợp phần thủy tinh nói chung chứa Al_2O_3 với nồng độ lớn hơn hoặc bằng khoảng 2,0% khối lượng, như lớn hơn hoặc bằng khoảng 3,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 4,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 5,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 6,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 7,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 8,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 9,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 10,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 11,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 12,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 13,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 14,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 15,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 16,0%

khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 17,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 18,0% khối lượng, hoặc lớn hơn hoặc bằng khoảng 19,0% khối lượng. Theo các phương án, hợp phần thủy tinh chứa Al_2O_3 với lượng nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 20,0% khối lượng, như nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 19,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 18,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 17,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 16,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 15,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 14,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 13,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 12,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 11,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 10,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 9,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 8,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 7,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 6,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 5,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 4,0% khối lượng, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 3,0% khối lượng. Cần hiểu rằng, theo các phương án, khoảng bất kỳ trong số các khoảng nêu trên có thể được kết hợp với khoảng bất kỳ khác. Theo các phương án khác, hợp phần thủy tinh chứa Al_2O_3 với lượng nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 2,0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 20,0% khối lượng, như nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 3,0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 19,0% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 4,0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 18,0% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 5,0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 17,0% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 6,0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 16,0% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 7,0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 15,0% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 8,0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 14,0% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 9,0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 13,0% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 10,0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 12,0% khối lượng, hoặc khoảng 11% khối lượng, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên. Theo các phương án, hợp phần thủy tinh chứa Al_2O_3 với lượng nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 7,0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 11,0% khối lượng.

Gốm thủy tinh theo các phương án có thể còn chứa B_2O_3 . Sự chứa B_2O_3 làm giảm nhiệt độ nóng chảy của hợp phần thủy tinh. Ngoài ra, sự tồn tại của B_2O_3 ở trạng thái phối trí tam phương mở ra cấu trúc của hợp phần thủy tinh, cho phép thủy tinh chịu được

mức độ nào đó của sự biến dạng trước khi sự tạo thành vết nứt xảy ra. Theo các phương án, hợp phần thủy tinh chứa B_2O_3 với lượng lớn hơn hoặc bằng 0% khối lượng, như lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 2,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 2,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 3,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 3,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 4,0% khối lượng, hoặc lớn hơn hoặc bằng khoảng 4,5% khối lượng. Theo các phương án, hợp phần thủy tinh chứa B_2O_3 với lượng nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 5,0% khối lượng, như nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 4,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 4,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 3,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 3,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 2,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 2,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 1,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 1,0% khối lượng, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 0,5% khối lượng. Cần hiểu rằng, theo các phương án, khoảng bất kỳ trong số các khoảng nêu trên có thể được kết hợp với khoảng bất kỳ khác. Theo các phương án, hợp phần thủy tinh chứa B_2O_3 với lượng nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 5,0% khối lượng, như nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,5% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 4,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 4,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,5% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 3,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 2,0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 3,0% khối lượng, hoặc khoảng 2,5% khối lượng, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên.

Gốm thủy tinh theo các phương án còn chứa Li_2O . Việc bổ sung lithi vào gốm thủy tinh cho phép quá trình trao đổi ion và còn làm giảm điểm hóa mềm của hợp phần thủy tinh tiền thân. Li_2O cũng cung cấp lithi cần thiết cho sự tạo thành pha tinh thể β -spodumen và pha tinh thể lithi silicat khi thủy tinh tiền thân được gốm hóa để tạo ra gốm thủy tinh. Nếu hàm lượng Li_2O quá cao, việc tạo thành của thủy tinh tiền thân trở nên khó. Theo các phương án, hợp phần thủy tinh thường chứa Li_2O với lượng lớn hơn khoảng 5,0% khối lượng, như lớn hơn hoặc bằng khoảng 5,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 6,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 6,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 7,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 7,5% khối lượng, lớn

hơn hoặc bằng khoảng 8,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 8,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 9,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 9,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 10,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 10,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 11,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 11,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 12,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 12,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 13,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 13,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 14,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 14,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 15,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 15,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 16,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 16,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 17,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 17,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 18,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 18,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 19,0% khối lượng, hoặc lớn hơn hoặc bằng khoảng 19,5% khối lượng. Theo một số phương án, hợp phần thủy tinh chứa Li_2O với lượng nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 20,0% khối lượng, như nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 19,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 19,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 18,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 18,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 17,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 17,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 16,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 16,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 15,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 15,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 14,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 14,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 13,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 13,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 12,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 12,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 11,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 11,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 10,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 10,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 9,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 9,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 8,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 8,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 7,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 7,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 6,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 6,0% khối lượng, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 5,5% khối lượng. Cần hiểu rằng, theo các phương án, khoảng bất kỳ trong số các khoảng nêu trên có thể được kết hợp với khoảng bất kỳ khác. Theo các phương án, hợp phần thủy tinh chứa Li_2O với lượng từ lớn hơn

khoảng 5,0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 20,0% khối lượng, như từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 5,5% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 19,5% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 6,0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 19,0% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 6,5% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 18,5% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 7,0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 18,0% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 7,5% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 17,5% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 8,0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 17,0% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 8,5% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 16,5% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 9,0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 16,0% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 9,5% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 15,5% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 10,0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 15,0% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 10,5% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 14,5% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 11,0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 14,0% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 11,5% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 13,5% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 12,0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 13,0% khối lượng, khoảng 12,5% khối lượng, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số đã nêu. Theo một số phương án, hợp phần thủy tinh chứa Li_2O với lượng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 6,0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 11,0% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 7% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 20% khối lượng, hoặc từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 7% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 15% khối lượng.

Gốm thủy tinh có thể chứa một hoặc nhiều oxit kim loại kiềm ngoài Li_2O . Các oxit kim loại kiềm tạo thuận lợi hơn nữa việc gia cường hóa học của gốm thủy tinh, như thông qua quá trình trao đổi ion. Các oxit kim loại kiềm (ví dụ, Li_2O , Na_2O , và K_2O cũng như các oxit kim loại kiềm khác bao gồm Cs_2O và Rb_2O) trong gốm thủy tinh có thể được gọi là “ R_2O ”, và hàm lượng của R_2O có thể được biểu thị theo % khối lượng. Theo một số phương án, gốm thủy tinh có thể chứa hỗn hợp gồm các oxit kim loại kiềm, như tổ hợp của Li_2O và Na_2O , tổ hợp của Li_2O và K_2O , hoặc tổ hợp của Li_2O , Na_2O , và K_2O . Sự chứa hỗn hợp gồm các oxit kim loại kiềm trong gốm thủy tinh có thể dẫn đến sự trao đổi ion nhanh hơn và hiệu quả hơn.

Gốm thủy tinh có thể chứa Na_2O dưới dạng oxit kim loại kiềm bổ sung. Na_2O hỗ trợ khả năng trao đổi ion của gốm thủy tinh, và cũng làm giảm điểm nóng chảy của hợp phần thủy tinh tiền thân và cải thiện khả năng tạo hình của hợp phần thủy tinh tiền thân. Sự có mặt của Na_2O cũng rút ngắn độ dài của việc xử lý gốm hóa cần thiết. Tuy nhiên, nếu quá nhiều Na_2O được bổ sung vào hợp phần thủy tinh, CTE có thể quá cao. Na_2O cũng có thể làm giảm độ nhớt của thủy tinh dư trong gốm thủy tinh, điều này có thể làm giảm các vết nứt được tạo ra trong gốm thủy tinh trong khi xử lý gốm hóa. Theo các phương án, hợp phần thủy tinh nói chung chứa Na_2O với lượng lớn hơn hoặc bằng 0,0% khối lượng, như lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 2,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 2,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 3,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 3,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 4,0% khối lượng, hoặc lớn hơn hoặc bằng khoảng 4,5% khối lượng. Theo một số phương án, hợp phần thủy tinh chứa Na_2O với lượng nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 5,0% khối lượng, như nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 4,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 4,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 3,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 3,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 2,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 2,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 1,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 1,0% khối lượng, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 0,5% khối lượng. Cần hiểu rằng, theo các phương án, khoảng bất kỳ trong số các khoảng nêu trên có thể được kết hợp với khoảng bất kỳ khác. Theo các phương án, hợp phần thủy tinh chứa Na_2O với lượng từ lớn hơn hoặc bằng 0,0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 5,0% khối lượng, như từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,5% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 4,5% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 4,0% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,5 % khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 3,5% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 2,0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 3,0% khối lượng, hoặc khoảng 2,5% khối lượng, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số đã nêu.

Gốm thủy tinh có thể chứa K_2O dưới dạng oxit kim loại kiềm bổ sung. K_2O này có thể hỗ trợ khả năng trao đổi ion của gốm thủy tinh. Theo các phương án, hợp phần thủy tinh thường chứa K_2O với lượng lớn hơn hoặc bằng 0,0% khối lượng, như lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,0% khối lượng, lớn

hơn hoặc bằng khoảng 1,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 2,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 2,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 3,0% khối lượng, hoặc lớn hơn hoặc bằng khoảng 3,5% khối lượng. Theo một số phương án, hợp phần thủy tinh chứa K_2O với lượng nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 4,0% khối lượng, như nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 3,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 3,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 2,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 2,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 1,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 1,0% khối lượng, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 0,5% khối lượng. Cần hiểu rằng, theo các phương án, khoảng bất kỳ trong số các khoảng nêu trên có thể được kết hợp với khoảng bất kỳ khác. Theo các phương án, hợp phần thủy tinh chứa K_2O với lượng từ lớn hơn hoặc bằng 0,0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 4,0% khối lượng, như từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,5% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 3,5% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 3,0% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,5 % khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 2,5% khối lượng, hoặc khoảng 2,0% khối lượng, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số đã nêu.

Theo các phương án, gốm thủy tinh có thể chứa P_2O_5 . P_2O_5 có vai trò như chất tạo mầm để tạo ra sự tạo mầm khối. Nếu nồng độ P_2O_5 quá thấp, thủy tinh tiền thân có thể không kết tinh hoặc có thể trải qua sự kết tinh bề mặt không mong muốn. Nếu nồng độ P_2O_5 quá cao, sự hóa mờ của thủy tinh tiền thân khi làm lạnh trong khi tạo hình có thể khó kiểm soát. Sự có mặt của P_2O_5 trong gốm thủy tinh cũng có thể làm tăng độ khuếch tán của các ion kim loại trong gốm thủy tinh, điều này có thể làm tăng hiệu quả của việc trao đổi ion gốm thủy tinh. Theo các phương án, lượng P_2O_5 trong gốm thủy tinh có thể lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,0% khối lượng, như lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 2,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 2,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 3,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 3,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 4,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 4,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 5,0% khối lượng, hoặc lớn hơn hoặc bằng khoảng 5,5% khối lượng. Theo các phương án, lượng P_2O_5 trong gốm thủy tinh có thể nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 6,0% khối lượng, như nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 5,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 5,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 4,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 4,0% khối lượng, nhỏ

hơn hoặc bằng khoảng 3,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 3,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 2,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 2,0% khối lượng, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 1,5% khối lượng. Cần hiểu rằng, theo các phương án, khoảng bất kỳ trong số các khoảng nêu trên có thể được kết hợp với khoảng bất kỳ khác. Theo các phương án, hợp phần thủy tinh chứa P_2O_5 với lượng nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 6,0% khối lượng, như nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,5% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 5,5% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 2,0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 5,0% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 2,5% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 4,5% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 3,0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 4,0% khối lượng, hoặc khoảng 4,0% khối lượng, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên.

Theo các phương án, gốm thủy tinh có thể chứa ZrO_2 . ZrO_2 có vai trò như chất tạo mạng hoặc chất trung gian trong các hợp phần thủy tinh tiền thân. ZrO_2 làm tăng độ ổn định của các hợp phần thủy tinh bằng cách làm giảm sự hóa mờ của hợp phần thủy tinh trong khi tạo hình, và cũng làm giảm nhiệt độ đường pha lỏng. Việc bổ sung ZrO_2 cũng làm tăng độ bền hóa học của gốm thủy tinh, và làm tăng mô đun đàn hồi của thủy tinh dư. Theo các phương án, lượng ZrO_2 trong gốm thủy tinh là lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,5% khối lượng, như lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 2,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 2,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 3,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 3,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 4,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 4,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 5,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 5,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 6,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 6,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 7,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 7,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 8,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 8,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 9,0% khối lượng, hoặc lớn hơn hoặc bằng khoảng 9,5% khối lượng. Theo các phương án, lượng ZrO_2 trong gốm thủy tinh là nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 10,0% khối lượng, như nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 9,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 9,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 8,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng

khoảng 8,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 7,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 7,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 6,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 6,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 5,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 5,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 4,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 4,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 3,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 3,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 2,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 2,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 1,5% khối lượng, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 1,0% khối lượng. Cần hiểu rằng, theo các phương án, khoảng bất kỳ trong số các khoảng nêu trên có thể được kết hợp với khoảng bất kỳ khác. Theo các phương án, lượng ZrO_2 trong gốm thủy tinh là lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,5% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 10,0% khối lượng, như lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 9,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,5% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 9,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 2,0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 8,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 2,5% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 8,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 3,0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 7,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 3,5% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 7,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 4,0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 6,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 4,5% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 6,0% khối lượng, hoặc lớn hơn hoặc bằng khoảng 5,0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 5,5% khối lượng, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số đã nêu. Theo một số phương án, lượng ZrO_2 trong gốm thủy tinh nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 2,0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 4,0% khối lượng.

Gốm thủy tinh theo các phương án có thể còn chứa ZnO. ZnO cũng có vai trò như chất pha loãng, làm giảm chi phí sản xuất thủy tinh tiền thân. Trong gốm thủy tinh, ZnO có thể có mặt trong các tinh thể β -spodumen dưới dạng dung dịch rắn một phần. Theo các phương án, hợp phần thủy tinh nói chung chứa ZnO với nồng độ lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,0% khối lượng, như lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 2,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 2,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 3,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 3,5%

khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 4,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 4,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 5,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 5,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 6,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 6,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 7,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 7,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 8,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 8,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 9,0% khối lượng, hoặc lớn hơn hoặc bằng khoảng 9,5% khối lượng. Theo các phương án, hợp phần thủy tinh chứa ZnO với lượng nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 10,0% khối lượng, như nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 9,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 9,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 8,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 8,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 7,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 7,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 6,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 6,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 5,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 5,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 4,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 4,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 3,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 3,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 2,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 2,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 1,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 1,0% khối lượng, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 0,5% khối lượng. Cần hiểu rằng, theo các phương án, khoảng bất kỳ trong số các khoảng nêu trên có thể được kết hợp với khoảng bất kỳ khác. Theo các phương án, hợp phần thủy tinh chứa ZnO với lượng nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 10,0% khối lượng, như nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,5% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 9,5% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 9,0% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,5% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 8,5% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 2,0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 8,0% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 2,5% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 7,5% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 3,0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 7,0% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 3,5% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 6,5% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 4,0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 6,0% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 4,5% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 5,5% khối lượng, hoặc khoảng

5,0% khối lượng, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên. Theo các phương án, gốm thủy tinh có thể hầu như không chứa hoặc không chứa ZnO.

Gốm thủy tinh theo các phương án có thể còn chứa MgO. Sự có mặt của MgO trong thủy tinh có thể làm tăng môđun đàn hồi. MgO cũng có vai trò như chất pha loãng, làm giảm chi phí sản xuất của thủy tinh tiền thân. Trong gốm thủy tinh, MgO có thể có mặt trong các tinh thể β -spodumen dưới dạng dung dịch rắn một phần. Theo các phương án, lượng MgO trong gốm thủy tinh lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,0% khối lượng, như lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 2,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 2,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 3,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 3,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 4,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 4,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 5,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 5,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 6,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 6,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 7,0% khối lượng, hoặc lớn hơn hoặc bằng khoảng 7,5% khối lượng. Theo các phương án, lượng MgO trong gốm thủy tinh nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 8,0% khối lượng, như nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 7,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 7,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 6,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 6,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 5,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 5,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 4,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 4,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 3,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 3,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 2,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 2,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 1,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 1,0% khối lượng, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 0,5% khối lượng. Cần hiểu rằng, theo các phương án, khoảng bất kỳ trong số các khoảng nêu trên có thể được kết hợp với khoảng bất kỳ khác. Theo các phương án, lượng MgO trong gốm thủy tinh nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 8,0% khối lượng, như nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,5% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 7,5% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 7,0% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,5% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 6,5% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 2,0% khối lượng đến nhỏ hơn

hoặc bằng khoảng 6,0% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 2,5% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 5,5% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 3,0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 5,0% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 3,5% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 4,5% khối lượng, hoặc khoảng 4,0% khối lượng, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên.

Gốm thủy tinh theo các phương án có thể còn chứa TiO_2 . TiO_2 có thể có vai trò như chất tạo mầm và trong một số trường hợp có thể có vai trò như chất màu. Theo các phương án, thủy tinh có thể chứa TiO_2 với lượng lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,5% khối lượng, như lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 2,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 2,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 3,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 3,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 4,0% khối lượng, hoặc lớn hơn hoặc bằng khoảng 4,5% khối lượng. Theo các phương án, thủy tinh có thể chứa TiO_2 với lượng nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 5,0% khối lượng, như nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 4,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 4,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 3,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 3,0% khối lượng, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 2,5% khối lượng. Cần hiểu rằng, theo các phương án, khoảng bất kỳ trong số các khoảng nêu trên có thể được kết hợp với khoảng bất kỳ khác. Theo các phương án khác, thủy tinh có thể chứa TiO_2 với lượng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,5% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 5,0% khối lượng, như với lượng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 4,5% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,5% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 4,0% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 2,0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 3,5% khối lượng, hoặc từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 2,5% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 3,0% khối lượng, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số đã nêu.

Theo các phương án, gốm thủy tinh có thể tùy ý chứa một hoặc nhiều chất làm trong. Theo một số phương án, các chất làm trong có thể bao gồm, ví dụ, $\text{SnO}+\text{SnO}_2$ và/hoặc As_2O_3 . Theo các phương án, $\text{SnO}+\text{SnO}_2$ có thể có mặt trong hợp phần thủy tinh với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,5% khối lượng, như nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 0,05% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng

0,1% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,4% khối lượng, hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,2% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,3% khối lượng, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên. Theo các phương án, gốm thủy tinh có thể không chứa hoặc hầu như không chứa một hoặc cả hai chất trong số arsen và antimon.

Theo các phương án, gốm thủy tinh có thể chứa CeO_2 . CeO_2 có thể có mặt trong gốm thủy tinh với lượng từ lớn hơn hoặc bằng 0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 0,4% khối lượng, như từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,1% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 0,3% khối lượng, hoặc khoảng 0,2% khối lượng, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số đã nêu.

Gốm thủy tinh chứa các chất màu để tạo ra màu đen mong muốn và độ đục. Các chất màu có thể được chọn từ $\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$, NiO , Co_3O_4 , TiO_2 , $\text{MnO}+\text{MnO}_2+\text{Mn}_2\text{O}_3$, Cr_2O_3 , CuO , và/hoặc V_2O_5 . Theo một số phương án, gốm thủy tinh chứa hỗn hợp gồm $\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$, NiO , và Co_3O_4 , mà cho phép đạt được không gian màu mong muốn. Các chất màu có thể phân chia vào pha magnetit trong gốm thủy tinh.

Theo một số phương án, thủy tinh chứa FeO và/hoặc Fe_2O_3 sao cho $\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$ được chứa với lượng lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,1% khối lượng, như lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 2,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 3,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 4,0% khối lượng, hoặc lớn hơn hoặc bằng khoảng 4,5% khối lượng. Theo một số phương án, thủy tinh chứa $\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$ với lượng nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 5,0% khối lượng, như nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 4,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 4,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 3,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 3,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 2,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 2,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 1,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 1,0% khối lượng, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 0,5% khối lượng. Cần hiểu rằng, theo các phương án, khoảng bất kỳ trong số các khoảng nêu trên có thể được kết hợp với khoảng bất kỳ khác. Theo các phương án, thủy tinh có thể chứa $\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$ với lượng nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,1% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 5,0% khối lượng, như lượng nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,5% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 4,5% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng

1,0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 4,0% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,5% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 3,5% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 2,0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 3,0% khối lượng, hoặc khoảng 2,5% khối lượng, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên. Theo các phương án, thủy tinh có thể chứa $\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$ với lượng nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 4,0% khối lượng.

Theo một số phương án, thủy tinh chứa NiO với lượng lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,1% khối lượng, như lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 2,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 3,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 4,0% khối lượng, hoặc lớn hơn hoặc bằng khoảng 4,5% khối lượng. Theo một số phương án, thủy tinh chứa NiO với lượng nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 5,0% khối lượng, như nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 4,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 4,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 3,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 3,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 2,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 2,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 1,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 1,0% khối lượng, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 0,5% khối lượng. Cần hiểu rằng, theo các phương án, khoảng bất kỳ trong số các khoảng nêu trên có thể được kết hợp với khoảng bất kỳ khác. Theo các phương án, thủy tinh có thể chứa NiO với lượng nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,1% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 5,0% khối lượng, như lượng nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,5% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 4,5% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 4,0% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,5% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 3,5% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 2,0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 3,0% khối lượng, hoặc khoảng 2,5% khối lượng, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên. Theo các phương án, thủy tinh có thể chứa NiO với lượng nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,5% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 1,5% khối lượng.

Theo một số phương án, thủy tinh chứa Co_3O_4 với lượng lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,1% khối lượng, như lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 2,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 3,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 4,0% khối lượng, hoặc lớn hơn hoặc bằng khoảng 4,5% khối lượng. Theo một số phương án, thủy tinh chứa Co_3O_4 với lượng nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 5,0% khối lượng, như nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 4,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 4,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 3,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 3,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 2,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 2,0% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 1,5% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 1,0% khối lượng, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 0,5% khối lượng. Cần hiểu rằng, theo các phương án, khoảng bất kỳ trong số các khoảng nêu trên có thể được kết hợp với khoảng bất kỳ khác. Theo các phương án, thủy tinh có thể chứa Co_3O_4 với lượng nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,1% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 5,0% khối lượng, như lượng nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,5% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 4,5% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 4,0% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,5% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 3,5% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 2,0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 3,0% khối lượng, hoặc khoảng 2,5% khối lượng, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên. Theo các phương án, thủy tinh có thể chứa Co_3O_4 với lượng nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,1% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 0,4% khối lượng.

Theo các phương án, gốm thủy tinh có thể chứa MnO , MnO_2 , và/hoặc Mn_2O_3 sao cho $\text{MnO}+\text{MnO}_2+\text{Mn}_2\text{O}_3$ có thể được chứa trong gốm thủy tinh với lượng nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 4,0% khối lượng, như nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,5% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 3,5% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 3,0% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,5% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 2,5% khối lượng, hoặc khoảng 2,0% khối lượng, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên.

Theo các phương án, Cr_2O_3 có thể được chứa trong gốm thủy tinh với lượng nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 2,0% khối lượng, như nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,5% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 1,5% khối lượng, hoặc khoảng 1,0% khối lượng, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên.

Theo các phương án, CuO có thể được chứa trong gốm thủy tinh với lượng nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 2,0% khối lượng, như nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,5% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 1,5% khối lượng, hoặc khoảng 1,0% khối lượng, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên.

Theo các phương án, V_2O_5 có thể được chứa trong gốm thủy tinh với lượng nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 0% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 2,0% khối lượng, như nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,5% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 1,5% khối lượng, hoặc khoảng 1,0% khối lượng, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên.

Từ phần trên đây, gốm thủy tinh theo các phương án có thể được tạo ra từ các vật phẩm thủy tinh tiền thân mà được tạo ra bằng phương pháp thích hợp bất kỳ, như các quy trình tạo hình qua khe, tạo hình nổi, cán, các quy trình tạo hình nóng chảy, các quy trình đúc, v.v. Vật phẩm thủy tinh tiền thân có thể được đặc trưng bởi cách mà nó được tạo ra. Chẳng hạn, trong đó vật phẩm thủy tinh tiền thân có thể được đặc trưng là có thể tạo hình nổi được (tức là, được tạo ra bằng quy trình thả nổi), có thể kéo xuống được và, đặc biệt, có thể tạo hình nóng chảy được hoặc có thể kéo qua khe được (tức là, được tạo ra bằng quy trình kéo xuống như quy trình kéo nóng chảy hoặc quy trình kéo qua khe).

Một số phương án về các vật phẩm thủy tinh tiền thân được mô tả trong bản mô tả này có thể được tạo hình bằng quy trình kéo xuống. Các quy trình kéo xuống tạo ra các vật phẩm thủy tinh có độ dày đồng đều mà có các bề mặt tương đối nguyên sơ. Do độ bền uốn trung bình của vật phẩm thủy tinh được kiểm soát bởi lượng và kích thước của các khuyết tật bề mặt, bề mặt nguyên sơ mà có sự tiếp xúc tối thiểu sẽ có độ bền ban đầu cao hơn. Ngoài ra, các vật phẩm thủy tinh được kéo xuôi có bề mặt rất phẳng và

mịn có thể được sử dụng trong ứng dụng cuối cùng của nó mà không cần thêm việc mài và đánh bóng tốn kém.

Một số phương án về các vật phẩm thủy tinh tiên thân được mô tả trong bản mô tả này có thể được tạo hình bằng quy trình kéo qua khe. Quy trình kéo qua khe khác với phương pháp kéo nóng chảy. Trong quy trình kéo qua khe, thủy tinh nguyên liệu thô nóng chảy được cấp vào bể kéo. Đáy của bể kéo có khe mở với vòi mà kéo dài theo độ dài của khe này. Thủy tinh nóng chảy chảy qua khe/vòi và được kéo xuống dưới dưới dạng vật phẩm thủy tinh liên tục và vào trong vùng ủ.

Gốm thủy tinh có thể được tạo ra bằng cách gốm hóa thủy tinh tiên thân dưới các điều kiện thích hợp bất kỳ. Chu trình gốm hóa bao gồm bước tạo mầm và bước phát triển. Theo một số phương án, chu trình gốm hóa có thể bao gồm ba bước xử lý nhiệt riêng rẽ ở ba nhiệt độ riêng rẽ.

Theo các phương án, bước tạo mầm và bước phát triển (hoặc bước gốm hóa) diễn ra ở nhiệt độ lớn hơn hoặc bằng khoảng 500°C, như lớn hơn hoặc bằng khoảng 525°C, lớn hơn hoặc bằng khoảng 550°C, lớn hơn hoặc bằng khoảng 575°C, lớn hơn hoặc bằng khoảng 600°C, lớn hơn hoặc bằng khoảng 625°C, lớn hơn hoặc bằng khoảng 650°C, lớn hơn hoặc bằng khoảng 675°C, lớn hơn hoặc bằng khoảng 700°C, lớn hơn hoặc bằng khoảng 725°C, lớn hơn hoặc bằng khoảng 750°C, lớn hơn hoặc bằng khoảng 775°C, lớn hơn hoặc bằng khoảng 800°C, lớn hơn hoặc bằng khoảng 825°C, lớn hơn hoặc bằng khoảng 850°C, hoặc lớn hơn hoặc bằng khoảng 875°C. Theo các phương án, bước tạo mầm và bước phát triển diễn ra ở nhiệt độ từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 500°C đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 900°C, như lớn hơn hoặc bằng khoảng 525°C đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 875°C, lớn hơn hoặc bằng khoảng 550°C đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 850°C, lớn hơn hoặc bằng khoảng 575°C đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 825°C, lớn hơn hoặc bằng khoảng 600°C đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 800°C, lớn hơn hoặc bằng khoảng 625°C đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 775°C, lớn hơn hoặc bằng khoảng 650°C đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 750°C, lớn hơn hoặc bằng khoảng 675°C đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 725°C, hoặc khoảng 700°C, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số đã nêu.

Theo các phương án, các bước riêng rẽ của chu trình gồm hóa kéo dài trong khoảng thời gian lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,0 giờ, như lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,5 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 2,0 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 2,5 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 3,0 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 3,5 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 4,0 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 4,5 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 5,0 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 5,5 giờ, hoặc lớn hơn hoặc bằng khoảng 6,0 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 6,5 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 7,0 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 7,5 giờ, hoặc lớn hơn hoặc bằng khoảng 8,0 giờ. Theo các phương án, các bước riêng rẽ của chu trình gồm hóa kéo dài trong khoảng thời gian nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,0 giờ đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 8,0 giờ, như nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,5 giờ đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 7,5 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 2,0 giờ đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 7,0 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,5 giờ đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 6,5 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 2,0 giờ đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 6,0 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 2,5 giờ đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 5,5 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 3,0 giờ đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 5,0 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 3,5 giờ đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 4,5 giờ, hoặc khoảng 4,0 giờ, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên.

Theo các phương án, chu trình gồm hóa kéo dài trong tổng khoảng thời gian lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,0 giờ, như lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,5 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 2,0 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 2,5 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 3,0 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 3,5 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 4,0 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 4,5 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 5,0 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 5,5 giờ, hoặc lớn hơn hoặc bằng khoảng 6,0 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 6,5 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 7,0 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 7,5 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 8,0 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 8,5 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 9,0 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 9,5 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 10,0 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 10,5 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 11,0 giờ lớn hơn hoặc bằng khoảng 11,5 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 12,0 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 12,5 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 13,0 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 13,5 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 14,0 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 14,5 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 15,0 giờ, hoặc lớn hơn hoặc bằng khoảng 15,5 giờ. Theo các phương án, chu trình gồm hóa kéo dài trong tổng thời gian từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 4 giờ đến nhỏ hơn hoặc bằng

khoảng 16,0 giờ, như lớn hơn hoặc bằng khoảng 4,5 giờ đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 15,5 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 5,0 giờ đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 15,0 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 5,5 giờ đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 14,5 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 6,0 giờ đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 14,0 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 6,5 giờ đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 13,5 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 7,0 giờ đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 13,0 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 7,5 giờ đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 12,5 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 8,0 giờ đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 12,0 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 8,5 giờ đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 11,5 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 9,0 giờ đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 11,0 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 9,5 giờ đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 10,5 giờ, hoặc khoảng 10,0 giờ, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số đã nêu.

Theo các phương án, các vật phẩm thủy tinh tiền thân và/hoặc các vật phẩm được tạo mầm có thể được gia công để tạo ra bộ phận có hình dạng hình học gần như cuối cùng trước khi được gồm hóa. Việc gia công có thể bao gồm việc tạo hình của các khe, các lỗ, và các vùng với độ dày thay đổi. Theo các phương án, thủy tinh có thể có biên dạng mép được xử lý kỹ thuật và/hoặc hình dạng ba chiều.

Theo các phương án, gồm thủy tinh cũng được gia cường về mặt hóa học, như bằng cách trao đổi ion, tạo ra gồm thủy tinh mà có tính chống hư hại cho các ứng dụng như, nhưng không chỉ giới hạn ở, vỏ thiết bị điện tử. Quy trình gia cường hóa học có thể làm gia tăng độ bền, như độ bền vòng-trên-vòng, của vật phẩm gồm thủy tinh. Tham chiếu đến FIG. 1, gồm thủy tinh có vùng thứ nhất chịu ứng suất nén (ví dụ, các lớp ứng suất nén thứ nhất và thứ hai **120**, **122** trên FIG. 1) kéo dài từ bề mặt đến độ sâu nén (depth of compression - DOC) của gồm thủy tinh và vùng thứ hai (ví dụ, vùng trung tâm **130** trên FIG. 1) chịu ứng suất kéo hoặc ứng suất kéo trung tâm (central tension - CT) kéo dài từ DOC vào trong vùng trung tâm hoặc vùng bên trong của thủy tinh. Như được sử dụng trong bản mô tả này, DOC chỉ độ sâu tại đó ứng suất trong gồm thủy tinh thay đổi từ nén sang 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, sự nén hoặc ứng suất nén được biểu diễn như là ứng suất âm (< 0) và sự kéo 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 (compressive stress - CS) có thể có trị số tối đa tại bề mặt của thủy tinh, và CS có thể thay đổi theo khoảng cách d từ bề mặt theo hàm số. Tham chiếu tiếp đến FIG. 1, lớp nén thứ nhất **120** kéo dài từ bề mặt thứ nhất **110** đến độ sâu d_1 và lớp nén thứ hai **122** kéo dài từ bề mặt thứ hai **112** đến độ sâu d_2 . Cùng với nhau, các đoạn này xác định sự nén hoặc CS của gốm thủy tinh **100**.

Ứng suất nén của cả hai vùng ứng suất nén (**120**, **122** trên FIG. 1) được cân bằng bởi ứng suất kéo được lưu trữ trong vùng trung tâm (**130**) của gốm thủy tinh. Các trị số DOC có thể được tính gần đúng dựa trên biên dạng nồng độ của các được trao đổi ion vào trong các vật phẩm gốm thủy tinh trong khi xử lý trao đổi ion, như độ sâu dưới bề mặt của vật phẩm gốm thủy tinh tại đó nồng độ đo được trở nên gần như bằng nồng độ trong vật phẩm gốm thủy tinh trước khi xử lý trao đổi ion.

Không muốn bị ràng buộc bởi bất kỳ lý thuyết cụ thể nào, các ion lithi có trong pha thủy tinh dư và pha tinh thể β -spodumen có thể được trao đổi với (thay thế bằng) các ion natri và/hoặc kali từ dung dịch trao đổi ion trong quy trình trao đổi ion. Khả năng trao đổi ion của pha tinh thể β -spodumen làm nâng cao hiệu quả trao đổi ion của gốm thủy tinh để tạo ra lớp ứng suất nén. Tương tự, ion natri trong pha thủy tinh dư có thể được trao đổi với (được thay thế bằng) các ion kali từ dung dịch trao đổi ion trong quy trình trao đổi ion. Các ion lithi trong pha tinh thể lithi disilicat có thể được trao đổi ion thông qua cơ chế vô định hình hóa bề mặt.

Các lớp ứng suất nén có thể được tạo ra trong gốm thủy tinh bằng cách cho thủy tinh tiếp xúc với dung dịch trao đổi ion. Theo các phương án, dung dịch trao đổi ion có thể chứa 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, $LiNO_3$ nóng chảy, hoặc các tổ hợp của chúng. Theo các phương án, dung dịch trao đổi ion có thể chứa ít hơn hoặc bằng khoảng 100% KNO_3 nóng chảy, như ít hơn hoặc bằng khoảng 95% KNO_3 nóng chảy, ít hơn hoặc bằng khoảng 90% KNO_3 nóng chảy, ít hơn hoặc bằng khoảng 85% KNO_3 nóng chảy, ít hơn hoặc bằng khoảng 80% KNO_3 nóng chảy, ít hơn hoặc bằng khoảng 75% KNO_3 nóng chảy, ít hơn hoặc bằng khoảng 70% KNO_3 nóng chảy, ít hơn hoặc bằng khoảng 65% KNO_3 nóng chảy, ít hơn hoặc bằng khoảng 60% KNO_3 nóng chảy, hoặc ít hơn. Theo các

phương án nhất định, dung dịch trao đổi ion có thể chứa nhiều hơn hoặc bằng khoảng 20% NaNO_3 nóng chảy, như nhiều hơn hoặc bằng khoảng 25% NaNO_3 nóng chảy, nhiều hơn hoặc bằng khoảng 30% NaNO_3 nóng chảy, nhiều hơn hoặc bằng khoảng 35% NaNO_3 nóng chảy, nhiều hơn hoặc bằng khoảng 40% NaNO_3 nóng chảy, hoặc hơn nữa. Theo các phương án, dung dịch trao đổi ion có thể chứa 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 giữa các trị số nêu trên. Theo các phương án, dung dịch trao đổi ion có thể là bể muối nóng chảy chứa hỗn hợp gồm KNO_3 , NaNO_3 , và LiNO_3 . 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 các phương án, dung dịch trao đổi ion có thể chứa muối bạc, như bạc nitrat, để trao đổi các ion bạc vào gốm thủy tinh. Việc trao đổi ion bạc vào gốm thủy tinh có thể tạo ra vật phẩm gốm thủy tinh với các tính chất kháng vi sinh vật và/hoặc kháng khuẩn. Theo các phương án, dung dịch trao đổi ion có thể chứa axit silixic, như ít hơn hoặc bằng khoảng 1% khối lượng axit silixic.

Gốm thủy tinh có thể được tiếp xúc với dung dịch trao đổi ion bằng cách ngâm gốm thủy tinh vào trong bể chứa dung dịch trao đổi ion, phun dung dịch trao đổi ion lên trên gốm thủy tinh, hoặc nếu không áp dụng theo cách vật lý dung dịch trao đổi ion vào gốm thủy tinh. Khi tiếp xúc với gốm thủy tinh, dung dịch trao đổi ion có thể, theo các phương án, ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 400°C đến nhỏ hơn hoặc bằng 500°C , như nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 410°C đến nhỏ hơn hoặc bằng 490°C , từ lớn hơn hoặc bằng 420°C đến nhỏ hơn hoặc bằng 480°C , từ lớn hơn hoặc bằng 430°C đến nhỏ hơn hoặc bằng 470°C , hoặc từ lớn hơn hoặc bằng 440°C đến nhỏ hơn hoặc bằng 460°C , và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên. Theo các phương án, gốm thủy tinh có thể được tiếp xúc với dung dịch trao đổi ion trong khoảng thời gian nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 4 giờ đến nhỏ hơn hoặc bằng 48 giờ, như nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 8 giờ đến nhỏ hơn hoặc bằng 44 giờ, từ lớn hơn hoặc bằng 12 giờ đến nhỏ hơn hoặc bằng 40 giờ, từ lớn hơn hoặc bằng 16 giờ đến nhỏ hơn hoặc bằng 36 giờ, từ lớn hơn hoặc bằng 20 giờ đến nhỏ hơn hoặc

bằng 32 giờ, hoặc từ lớn hơn hoặc bằng 24 giờ đến nhỏ hơn hoặc bằng 28 giờ, và tất cả các khoảng và các khoảng 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 Mỹ số 2016/0102011, tài liệu này được kết hợp toàn bộ vào bản mô tả này bằng cách viện dẫn.

Sau khi quá trình trao đổi ion được thực hiện, cần hiểu rằng thành phần ở bề mặt của gốm thủy tinh có thể khác với thành phần của gốm thủy tinh vốn được tạo ra (*tức là* gốm thủy tinh trước khi nó trải qua quá trình trao đổi ion). Điều này là do một loại ion kim loại kiềm trong pha thủy tinh của gốm 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, thành phần của gốm thủy tinh tại hoặc gần trung tâm của độ sâu của vật phẩm thủy tinh sẽ, theo các phương án, bị ảnh hưởng ít nhất bởi việc xử lý trao đổi ion và có thể có thành phần gần như giống với hoặc giống với gốm thủy tinh vốn được tạo ra.

Theo các phương án, các vật phẩm gốm thủy tinh được trao đổi ion có thể có ứng suất nén bề mặt lớn hơn hoặc bằng khoảng 250 MPa, như lớn hơn hoặc bằng khoảng 260 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 270 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 280 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 290 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 300 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 310 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 320 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 330 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 340 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 350 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 360 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 370 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 380 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 390 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 400 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 410 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 420 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 430 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 440 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 450 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 460 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 470 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 480 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 490 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 500 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 510 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 520 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 530 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 540 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 550 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 560 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 570 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 580 MPa, lớn hơn hoặc

bằng khoảng 590 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 600 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 610 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 620 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 630 MPa, hoặc lớn hơn hoặc bằng khoảng 640 MPa. Theo các phương án, các vật phẩm gồm thủy tinh được trao đổi ion có thể có ứng suất nén bề mặt nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 250 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 650 MPa, như nằm trong khoảng lớn hơn hoặc bằng khoảng 260 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 640 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 270 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 630 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 280 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 620 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 290 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 610 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 300 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 600 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 310 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 590 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 320 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 580 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 330 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 570 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 340 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 560 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 350 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 550 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 360 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 540 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 370 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 530 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 380 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 520 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 390 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 510 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 400 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 500 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 410 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 490 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 420 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 480 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 430 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 470 MPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 440 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 460 MPa, hoặc khoảng 450 MPa, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên.

Theo các phương án, các vật phẩm gồm thủy tinh được trao đổi ion có thể có độ sâu của lớp ứng suất nén (độ sâu nén) lớn hơn hoặc bằng khoảng 400 μm , như lớn hơn hoặc bằng khoảng 410 μm , lớn hơn hoặc bằng khoảng 420 μm , lớn hơn hoặc bằng khoảng 430 μm , lớn hơn hoặc bằng khoảng 440 μm , lớn hơn hoặc bằng khoảng 450 μm , lớn hơn hoặc bằng khoảng 460 μm , lớn hơn hoặc bằng khoảng 470 μm , lớn hơn hoặc bằng khoảng 480 μm , lớn hơn hoặc bằng khoảng 490 μm , lớn hơn hoặc bằng khoảng 500 μm , hoặc hơn nữa. Theo các phương án, các vật phẩm gồm thủy tinh được trao đổi ion có thể có độ sâu nén lớn hơn hoặc bằng khoảng 40 μm , như lớn hơn hoặc bằng

khoảng 50 μm , lớn hơn hoặc bằng khoảng 60 μm , lớn hơn hoặc bằng khoảng 70 μm , lớn hơn hoặc bằng khoảng 80 μm , lớn hơn hoặc bằng khoảng 90 μm , lớn hơn hoặc bằng khoảng 100 μm , hoặc hơn nữa. Theo các phương án, độ sâu nén có thể nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 40 μm đến nhỏ hơn hoặc bằng 500 μm , như nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 50 μm đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 480 μm , từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 60 μm đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 460 μm , từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 70 μm đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 440 μm , từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 80 μm đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 420 μm , từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 90 μm đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 400 μm , từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 100 μm đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 380 μm , từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 120 μm đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 360 μm , từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 140 μm đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 340 μm , từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 160 μm đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 320 μm , từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 180 μm đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 300 μm , từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 200 μm đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 280 μm , từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 220 μm đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 260 μm , khoảng 240 μm , và khoảng con bất kỳ và tất cả các khoảng con được tạo ra từ các điểm đầu mút này.

Theo các phương án, các vật phẩm gồm thủy tinh được trao đổi ion có thể có độ sâu của lớp ứng suất nén (độ sâu nén) lớn hơn hoặc bằng khoảng $0,05t$ trong đó t là độ dày của vật phẩm gồm thủy tinh, như lớn hơn hoặc bằng khoảng $0,1t$, lớn hơn hoặc bằng khoảng $0,15t$, lớn hơn hoặc bằng khoảng $0,2t$, hoặc hơn nữa. Theo các phương án, các vật phẩm gồm thủy tinh có thể có độ sâu nén nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng $0,05t$ đến nhỏ hơn hoặc bằng $0,25t$ trong đó t là độ dày của vật phẩm gồm thủy tinh, như nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng $0,1t$ đến nhỏ hơn hoặc bằng $0,2t$, hoặc khoảng $0,05t$, và khoảng con bất kỳ và tất cả các khoảng con được tạo ra từ các điểm đầu mút này.

Theo các phương án, gốm thủy tinh được trao đổi ion có thể có độ bền cao. Theo một số phương án, gốm thủy tinh trao đổi ion có tải lượng đến hư hỏng trong thử nghiệm vòng trên vòng là lớn hơn hoặc bằng khoảng 100 kgf, như lớn hơn hoặc bằng khoảng 105 kgf, lớn hơn hoặc bằng khoảng 110 kgf, lớn hơn hoặc bằng khoảng 115 kgf, hoặc lớn hơn nữa. Thử nghiệm vòng trên vòng được mô tả dưới đây.

Các vật phẩm gồm thủy tinh có thể có độ bền vật thể cao và độ chịu mài mòn cao. Độ chịu mài mòn cao và độ bền cao có thể được đặc trưng bằng số đo độ bền giữ lại, được đo sau khi mài mòn các vật phẩm gồm thủy tinh. Độ bền giữ lại được đo theo quy trình thử nghiệm vòng trên vòng mài mòn như được mô tả dưới đây. Theo một số phương án, các vật phẩm gồm thủy tinh có thể có độ dày bằng 0,8 độ dày và độ bền giữ lại như được đo bằng tải lượng đến hư hỏng trong thử nghiệm vòng trên vòng mài mòn sau khi mài mòn 45 psi là lớn hơn hoặc bằng 60 kgf.

Các vật phẩm gồm thủy tinh có thể có hình dạng hình học thích hợp bất kỳ. Theo các phương án, các vật phẩm gồm thủy tinh có thể có độ dày lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,4 mm, như lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,5 mm, lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,6 mm, lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,7 mm, lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,8 mm, lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,9 mm, lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,0 mm, lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,5 mm, lớn hơn hoặc bằng khoảng 2,0 mm, hoặc hơn nữa. Theo các phương án, các vật phẩm gồm thủy tinh có thể có độ dày nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,4 mm đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 2,0 mm, như nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,5 mm đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 1,5 mm, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,6 mm đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 1,0 mm, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,7 mm đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 0,9 mm, khoảng 0,8 mm, và khoảng con bất kỳ và tất cả các khoảng con được tạo ra từ các điểm đầu mút này. Theo các phương án, các vật phẩm gồm thủy tinh có độ dày nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,8 mm đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 1,0 mm.

Các vật phẩm gồm thủy tinh được bộc lộ trong bản mô tả này có thể được tích 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 tiêu dùng, 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 tính chống xước, khả năng chịu mài mòn nào đó hoặc kết hợp của chúng. Vật phẩm làm ví dụ tích hợp vật phẩm bất kỳ trong số các vật phẩm gồm thủy tinh được bộc lộ ở đây được thể hiện trên các FIG. 2A và 2B. Cụ thể là, các FIG. 2A và 2B thể hiện thiết bị điện tử tiêu dùng 200 bao gồm vỏ 202 có mặt trước 204, mặt sau 206, và các mặt bên 208; các thành phần điện (không được thể hiện) mà ít nhất

một phần ở bên trong hoặc toàn bộ ở bên trong vỏ và bao gồm ít nhất bộ phận điều khiển, bộ nhớ, và bộ phận hiển thị 210 tại hoặc liền kề với mặt trước của vỏ; và nền che phủ 212 tại hoặc trên mặt trước của vỏ sao cho nó ở trên bộ phận hiển thị. Theo một số phương án, ít nhất một phần của vỏ 202 có thể bao gồm vật phẩm gốm thủy tinh bất kỳ trong số các vật phẩm gốm thủy tinh được bộc lộ trong bản mô tả này.

Ví dụ thực hiện sáng chế

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

Gốm thủy tinh có các thành phần, tính theo % khối lượng, được liệt kê trong bảng 1 dưới đây được tạo ra và được gốm hóa. Mẫu có độ dày 0,8 mm. Chu trình gốm hóa bao gồm tốc độ tăng nhiệt là 5°C/phút từ nhiệt độ trong phòng đến nhiệt độ tạo mầm 625°C, giữ ở 625°C trong 4 giờ, tăng nhiệt độ lên đến 740°C ở tốc độ tăng nhiệt là 5°C/phút, và giữ ở 740°C trong 1 giờ. Các mẫu thu được trong bảng 1 thể hiện tập hợp pha bao gồm pha β -spodumen, lithi disilicat, β -thạch anh, và magnetit, và có hình thức bên ngoài màu đen.

Sau khi gốm hóa, các mẫu gốm thủy tinh được báo cáo trong bảng 1 được trao đổi ion trong 4 giờ trong bể muối nóng chảy chứa 60% khối lượng KNO_3 và 40% khối lượng NaNO_3 ở nhiệt độ 470°C.

Bảng 1

Oxit (% khối lượng)	1	2	3	4	5	6	7
SiO ₂	68,8	68,4	68,5	68,6	69,1	69,8	71,8
Al ₂ O ₃	8,1	8,1	8,1	8,1	8,2	8,2	8,5
Li ₂ O	9,1	9,3	9,4	9,4	9,4	9,5	9,7
Na ₂ O	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	2,0
ZrO ₂	3,4	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,6
P ₂ O ₅	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,4
TiO ₂	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,2	0,5
Fe ₂ O ₃	2,5	2,6	2,6	2,6	2,6	2,2	0,5
NiO	0,8	0,9	0,9	0,7	0	0,7	0,7
Co ₃ O ₄	0,2	0,13	0,0	0	0	0	0
SnO ₂	0,2	0,14	0,15	0,18	0,18	0,18	0,18
Các tọa độ màu	L*: 27,6 a*: -0,1 b*: -0,7						
K _{IC} (MPa.m ^{0,5})	1,1						
Nhiệt độ đường lỏng (°C)	1055					1035	1050
Pha đường lỏng	β - spodumen					β - spodumen	Lithiophosphat/ β -spodumen

Tập hợp pha của gốm thủy tinh được xác định bằng cách sử dụng phân tích nhiễu xạ tia X (X-ray diffraction - XRD) đối với các mẫu được gốm hóa. Hình thức của gốm thủy tinh là cảm nhận dựa trên sự quan sát của các mẫu. Các tọa độ màu phản xạ được đo bằng cách sử dụng thiết bị chiếu sáng X-rite Ci7 F02 dưới điều kiện SCI UVC. Nhiệt độ đường pha lỏng được đo theo ASTM C829-81 (2015), có tiêu đề “Standard Practice for Measurement of Liquidus Temperature of Glass by the Gradient Furnace Method” đối với thủy tinh tiên thân. Độ nhớt của thủy tinh ở nhiệt độ đường pha lỏng được đo theo ASTM C965-96(2012), có tiêu đề “Standard Practice for Measuring Viscosity of Glass Above the Softening Point” để xác định độ nhớt đường pha lỏng. Trị số độ bền chống nứt vỡ (K_{IC}) được đo bằng phương pháp thanh ngắn được cắt khắc hình chữ V (chevron notched short bar - CNSB) được bộc lộ trong Reddy, K.P.R. et al, “Fracture Toughness Measurement of Glass and Ceramic Materials Using Chevron-Notched Specimens,” J. Am. Ceram. Soc., 71 [6], C-310-C-313 (1988) ngoại trừ Y^*_m được tính toán sử dụng phương trình 5 của Bubsey, R.T. et al., “Closed-Form Expressions for Crack-Mouth Displacement and Stress Intensity Factors for Chevron-Notched Short Bar

and Short Rod Specimens Based on Experimental Compliance Measurements,” NASA Technical Memorandum 83796, pp. 1-30 (Tháng 10, 1992).

Kết quả phân tích nhiễu xạ tia X đối với mẫu 1 trong bảng 1 được thể hiện trên FIG. 3. Như được thể hiện trên FIG. 3, gốm thủy tinh đen của Mẫu 1 được đặc trưng bằng tập hợp pha bao gồm pha β -spodumen, lithi disilicat, β -thạch anh, và magnetit.

Kính hiển vi điện tử xuyên hầm (tunneling electron microscope - TEM) được sử dụng để phân tích mẫu 1 của bảng 1, như được thể hiện với các độ phóng đại khác nhau trên các FIG. 4 và 5. Hình ảnh TEM trên FIG. 5 được phân tích bằng cách sử dụng phép ánh xạ nguyên tố. Các hình ảnh được ánh xạ nguyên tố là như sau: FIG. 6 ánh xạ sắt, FIG. 7 ánh xạ niken, FIG. 8 ánh xạ titan, FIG. 9 ánh xạ coban, FIG. 10 ánh xạ silic, FIG. 11 ánh xạ nhôm, và FIG. 12 ánh xạ ziriconi và phospho.

Gốm thủy tinh có độ dày 0,8 mm và được sản xuất với thành phần và lịch trình gốm hóa của mẫu 1 trong bảng 1 và sau đó được trao đổi ion trong bể NaNO_3 ở nhiệt độ 470°C trong thời gian 3 giờ. Độ bền vòng trên vòng của mẫu được đo trước và sau khi xử lý trao đổi ion, như được mô tả dưới đây. Đồ thị Weibull của các kết quả của thử nghiệm vòng trên vòng được thể hiện trên FIG. 13. Như được thể hiện trên FIG. 13, việc xử lý trao đổi ion làm tăng đáng kể tải trọng đến hư hỏng của gốm thủy tinh.

Thử nghiệm vòng trên vòng (RoR) là phép đo độ bền bề mặt để kiểm tra các mẫu thủy tinh phẳng, và ASTM C1499-09(2013), có tiêu đề "Standard Test Method for Monotonic Equibiaxial Flexural Strength of Advanced Ceramics at Ambient Temperature," dùng làm cơ sở cho phương pháp luận của thử nghiệm RoR được mô tả trong bản mô tả này. Nội dung của ASTM C1499-09 được kết hợp toàn bộ vào bản mô tả này bằng cách viện dẫn. Trừ khi có quy định khác, mẫu kiểm tra không bị mài mòn trước khi thử nghiệm vòng trên vòng.

Đối với thử nghiệm RoR, mẫu như được thể hiện trên FIG. 14 được đặt giữa hai vòng đồng tâm có kích cỡ khác nhau để xác định độ bền uốn đẳng lượng trục (tức là, ứng suất tối đa mà vật liệu có thể chống đỡ khi được đưa vào quá trình uốn giữa hai vòng đồng tâm). Trong cấu hình RoR 400, vật phẩm gốm thủy tinh 410 được đỡ bằng vòng đỡ 420 có đường kính D2. Một lực F được tác động bằng máy cảm biến tải trọng

(không được thể hiện trên hình vẽ) lên bề mặt của vật phẩm gồm thủy tinh bằng vòng tải 430 có đường kính D1.

Tỷ lệ của các đường kính của vòng tải và vòng đỡ D1/D2 có thể nằm trong khoảng từ 0,2 đến 0,5. Theo một số phương án, D1/D2 là 0,5. Vòng tải 130 và vòng đỡ 120 cần được căn chỉnh đồng tâm đến mức trong khoảng 0,5% đường kính vòng đỡ D2. Máy cảm biến tải lượng được sử dụng để thử nghiệm cần phải chính xác đến mức nằm trong phạm vi $\pm 1\%$ ở tải lượng bất kỳ trong khoảng được chọn. Thử nghiệm được thực hiện ở nhiệt độ $23 \pm 2^\circ\text{C}$ và độ ẩm tương đối $40 \pm 10\%$.

Đối với thiết kế gá lắp, bán kính r của bề mặt nhô ra của vòng tải 430 ở trong khoảng giới hạn từ $h/2 \leq r \leq 3h/2$, trong đó h là độ dày của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh 410. Các vòng tải và đỡ 430, 420 được tạo thành từ thép được làm cứng với độ cứng $\text{HRC} > 40$. Các bộ gá lắp RoR có bán trên thị trường.

Cơ chế làm hỏng dự kiến đối với thử nghiệm RoR là quan sát sự nứt vỡ của vật phẩm gồm thủy tinh 410 xuất phát từ bề mặt 430a trong vòng tải 430. Sự hư hỏng mà xảy ra bên ngoài của vùng này – tức là giữa vòng tải 430 và vòng đỡ 420 – được bỏ qua khỏi việc phân tích dữ liệu. Tuy nhiên, do độ mỏng và độ bền cao của vật phẩm gồm thủy tinh 410, đôi khi quan sát thấy độ uốn lớn mà vượt quá $\frac{1}{2}$ độ dày h của mẫu kiểm tra. Do đó, không hiếm gặp trường hợp quan sát thấy tỷ lệ phần trăm hư hỏng cao xuất phát từ bên dưới vòng tải 430. Ứng suất không thể được tính một cách chính xác mà không có hiểu biết về sự phát triển của ứng suất cả bên trong và bên dưới vòng (thu được thông qua phân tích biến dạng kế) và nguồn gốc của sự hư hỏng trong mỗi mẫu kiểm tra. Do đó, việc thử nghiệm RoR tập trung vào tải lượng đỉnh tại thời điểm phá hủy như là đáp ứng đo được.

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

Gốm thủy tinh có độ dày 0,8 mm được sản xuất với thành phần và lịch trình gốm hóa của mẫu 1 trong bảng 1 và sau đó được trao đổi ion trong bể NaNO_3 ở nhiệt độ 470°C trong thời gian 4 giờ, 7 giờ, và 16 giờ. Nồng độ của Na_2O trong các gốm thủy tinh được trao đổi ion sau đó được đo bằng đầu dò điện tử để xác định biên dạng nồng độ Na_2O dưới dạng hàm số của độ sâu dưới bề mặt của gốm thủy tinh được trao đổi ion. Biên dạng nồng độ Na_2O đo được của các gốm thủy tinh được trao đổi ion được thể hiện trên FIG. 15.

Gốm thủy tinh có độ dày 0,8 mm và được sản xuất với thành phần và lịch trình gốm hóa của mẫu 1 trong bảng 1 và sau đó được trao đổi ion trong bể NaNO_3 ở nhiệt độ 470°C trong thời gian 3 giờ. Độ bền vòng trên vòng của mẫu được đo sau xử lý trao đổi ion và sau khi mài mòn bằng các hạt mài mòn ở các áp suất mài mòn khác nhau trong các khoảng thời gian mài mòn chuẩn hóa. Áp suất mài mòn được áp dụng là 0 psi (không mài mòn), 5 psi, 15 psi, 25 psi, và 45 psi. Việc mài mòn đã tạo các khuyết tật trên bề mặt của gốm thủy tinh. Độ bền giữ lại như được đo bằng tải lượng đến hư hỏng của các vật phẩm gốm thủy tinh được trao đổi ion được mài mòn dưới các áp suất mài mòn khác nhau trong thử nghiệm vòng trên vòng được thể hiện trên FIG. 16.

Tất cả các thành phần tạo thành, các mối quan hệ, và các tỷ lệ được mô tả trong bản mô tả này được đưa ra theo % khối lượng trừ khi có chỉ dẫn khác. 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 hay không được chỉ rõ trước hoặc sau khoảng được bộc lộ.

Người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này sẽ hiểu rõ rằng các cải biến và thay đổi khác nhau có thể được thực hiện đối với các phương án được mô tả trong bản mô tả này mà không vượt quá ý tưởng và phạm vi của đối tượng được yêu cầu bảo hộ. Do đó, dự định rằng bản mô tả này bao hàm các cải biến và thay đổi của các phương án khác nhau được mô tả trong bản mô tả này miễn là các cải biến và thay đổi này nằm trong phạm vi của yêu cầu bảo hộ kèm theo và các phương án tương đương của chúng.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Gốm thủy tinh, bao gồm:

pha tinh thể chính thứ nhất chứa lithi disilicat;
 pha tinh thể chính thứ hai chứa β -spodumen; và
 magnetit làm pha tinh thể phụ,
 trong đó gốm thủy tinh này được đặc trưng bởi các tọa độ màu dưới đây:

L^* : 15,0 đến 35,0;

a^* : -3,0 đến 3,0; và

b^* : -5,0 đến 5,0.

2. Gốm thủy tinh theo điểm 1, trong đó pha tinh thể phụ còn bao gồm β -thạch anh.3. Gốm thủy tinh theo điểm 1, trong đó gốm thủy tinh này có độ bền chống nứt vỡ từ lớn hơn hoặc bằng $0,9 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{0,5}$ đến nhỏ hơn hoặc bằng $2,0 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{0,5}$.

4. Gốm thủy tinh, bao gồm:

pha tinh thể chính thứ nhất chứa lithi disilicat;
 pha tinh thể chính thứ hai chứa β -spodumen; và
 ít nhất một trong số magnetit, β -thạch anh, cristobalit, và lithi phosphat làm pha tinh thể phụ,

trong đó gốm thủy tinh này được đặc trưng bởi các tọa độ màu dưới đây:

L^* : 15,0 đến 35,0;

a^* : -3,0 đến 3,0; và

b^* : -5,0 đến 5,0;

trong đó gốm thủy tinh này có độ bền chống nứt vỡ từ lớn hơn hoặc bằng $1,0 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{0,5}$ đến nhỏ hơn hoặc bằng $1,5 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{0,5}$.

5. Gốm thủy tinh theo điểm 1, trong đó tâm của vật phẩm gốm thủy tinh chứa:

55,0% khối lượng đến 75,0% khối lượng SiO_2 ;

2,0% khối lượng đến 20,0% khối lượng Al_2O_3 ;

5,0% khối lượng đến 20,0% khối lượng Li_2O ;

lớn hơn 0% khối lượng đến 5,0% khối lượng Na_2O ;

0,5% khối lượng đến 5,0% khối lượng TiO_2 ;

1,0% khối lượng đến 6,0% khối lượng P_2O_5 ;

0,5% khối lượng đến 10,0% khối lượng ZrO_2 ;
 0,05% khối lượng đến 0,5% khối lượng $SnO+SnO_2$; và
 0,1% khối lượng đến 5,0% khối lượng $FeO+Fe_2O_3$.

6. Gốm thủy tinh theo điểm 1, trong đó tâm của vật phẩm gốm thủy tinh chứa:

55,0% khối lượng đến 75,0% khối lượng SiO_2 ;
 2,0% khối lượng đến 20,0% khối lượng Al_2O_3 ;
 0% khối lượng đến 5,0% khối lượng B_2O_3 ;
 5,0% khối lượng đến 20,0% khối lượng Li_2O ;
 0% khối lượng đến 5,0% khối lượng Na_2O ;
 0% khối lượng đến 4,0% khối lượng K_2O ;
 0% khối lượng đến 8,0% khối lượng MgO ;
 0% khối lượng đến 10,0% khối lượng ZnO ;
 0,5% khối lượng đến 5,0% khối lượng TiO_2 ;
 1,0% khối lượng đến 6,0% khối lượng P_2O_5 ;
 0,5% khối lượng đến 10,0% khối lượng ZrO_2 ;
 0% khối lượng đến 0,4% khối lượng CeO_2 ;
 0,05% khối lượng đến 0,5% khối lượng $SnO+SnO_2$;
 0,1% khối lượng đến 5,0% khối lượng $FeO+Fe_2O_3$;
 0,1% khối lượng đến 5,0% khối lượng NiO ;
 0,1% khối lượng đến 5,0% khối lượng Co_3O_4 ;
 0% khối lượng đến 4,0% khối lượng $MnO+MnO_2+Mn_2O_3$;
 0% khối lượng đến 2,0% khối lượng Cr_2O_3 ;
 0% khối lượng đến 2,0% khối lượng CuO ; và
 0% khối lượng đến 2,0% khối lượng V_2O_5 .

7. Gốm thủy tinh theo điểm 1, trong đó gốm thủy tinh này có độ kết tinh lớn hơn 50% khối lượng.

8. Gốm thủy tinh theo điểm 1, trong đó gốm thủy tinh này được trao đổi ion và bao gồm lớp ứng suất nén kéo dài từ bề mặt của gốm thủy tinh đến độ sâu nén.

9. Gốm thủy tinh theo điểm 8, trong đó độ sâu nén ít nhất là $0,05t$, trong đó t là độ dày của gốm thủy tinh.

10. Gốm thủy tinh theo điểm 8, trong đó độ sâu nén ít nhất là $40\text{ }\mu\text{m}$.

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

vỏ bao gồm bề mặt phía trước, bề mặt phía sau và các bề mặt bên;
các thành phần điện ít nhất một phần nằm trong vỏ, các thành phần điện này bao gồm ít nhất là bộ điều khiển, bộ nhớ, và bộ phận hiển thị, bộ phận hiển thị nằm tại hoặc liền kề với bề mặt phía trước của vỏ; và
thủy tinh che phủ được bố trí trên bộ phận hiển thị,
trong đó ít nhất một phần của vỏ chứa gồm thủy tinh theo điểm 1.

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

vỏ bao gồm bề mặt phía trước, bề mặt phía sau và các bề mặt bên;
các thành phần điện ít nhất một phần nằm trong vỏ, các thành phần điện này bao gồm ít nhất là bộ điều khiển, bộ nhớ, và bộ phận hiển thị, bộ phận hiển thị nằm tại hoặc liền kề với bề mặt phía trước của vỏ; và
thủy tinh che phủ được bố trí trên bộ phận hiển thị,
trong đó ít nhất một phần của vỏ chứa gồm thủy tinh theo điểm 8.

13. Phương pháp sản xuất gốm thủy tinh, bao gồm:

gốm hóa vật phẩm trên cơ sở thủy tinh tiền thân để tạo ra gốm thủy tinh,
trong đó gốm thủy tinh này bao gồm:

pha tinh thể chính thứ nhất chứa lithi disilicat;
pha tinh thể chính thứ hai chứa β -spodumen; và
magnetit làm pha tinh thể phụ, và
gốm thủy tinh này được đặc trưng bởi các tọa độ màu dưới đây:
 L^* : 15,0 đến 35,0;
 a^* : -3,0 đến 3,0; và
 b^* : -5,0 đến 5,0.

14. Phương pháp theo điểm 13, trong đó việc gốm hóa xảy ra ở nhiệt độ từ lớn hơn hoặc bằng 500°C đến nhỏ hơn hoặc bằng 900°C.

15. Phương pháp theo điểm 13, trong đó việc gốm hóa xảy ra trong khoảng thời gian từ lớn hơn hoặc bằng 4 giờ đến nhỏ hơn hoặc bằng 16 giờ.

16. Phương pháp theo điểm 13, trong đó phương pháp này còn bao gồm việc trao đổi ion gốm thủy tinh.

17. Phương pháp theo điểm 13, trong đó vật phẩm trên cơ sở thủy tinh tiền thân chứa:

55,0% khối lượng đến 75,0% khối lượng SiO_2 ;
2,0% khối lượng đến 20,0% khối lượng Al_2O_3 ;
5,0% khối lượng đến 20,0% khối lượng Li_2O ;
lớn hơn 0% khối lượng đến 5,0% khối lượng Na_2O ;
0,5% khối lượng đến 5,0% khối lượng TiO_2 ;
1,0% khối lượng đến 6,0% khối lượng P_2O_5 ;
0,5% khối lượng đến 10,0% khối lượng ZrO_2 ;
0,05% khối lượng đến 0,5% khối lượng $\text{SnO}+\text{SnO}_2$; và
0,1% khối lượng đến 5,0% khối lượng $\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$.

18. Phương pháp theo điểm 13, trong đó vật phẩm trên cơ sở thủy tinh tiền thân chứa:

55,0% khối lượng đến 75,0% khối lượng SiO_2 ;
2,0% khối lượng đến 20,0% khối lượng Al_2O_3 ;
0% khối lượng đến 5,0% khối lượng B_2O_3 ;
5,0% khối lượng đến 20,0% khối lượng Li_2O ;
0% khối lượng đến 5,0% khối lượng Na_2O ;
0% khối lượng đến 4,0% khối lượng K_2O ;
0% khối lượng đến 8,0% khối lượng MgO ;
0% khối lượng đến 10,0% khối lượng ZnO ;
0,5% khối lượng đến 5,0% khối lượng TiO_2 ;
1,0% khối lượng đến 6,0% khối lượng P_2O_5 ;
0,5% khối lượng đến 10,0% khối lượng ZrO_2 ;
0% khối lượng đến 0,4% khối lượng CeO_2 ;
0,05% khối lượng đến 0,5% khối lượng $\text{SnO}+\text{SnO}_2$;
0,1% khối lượng đến 5,0% khối lượng $\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$;
0,1% khối lượng đến 5,0% khối lượng NiO ;
0,1% khối lượng đến 5,0% khối lượng Co_3O_4 ;
0% khối lượng đến 4,0% khối lượng $\text{MnO}+\text{MnO}_2+\text{Mn}_2\text{O}_3$;
0% khối lượng đến 2,0% khối lượng Cr_2O_3 ;
0% khối lượng đến 2,0% khối lượng CuO ; và
0% khối lượng đến 2,0% khối lượng V_2O_5 .

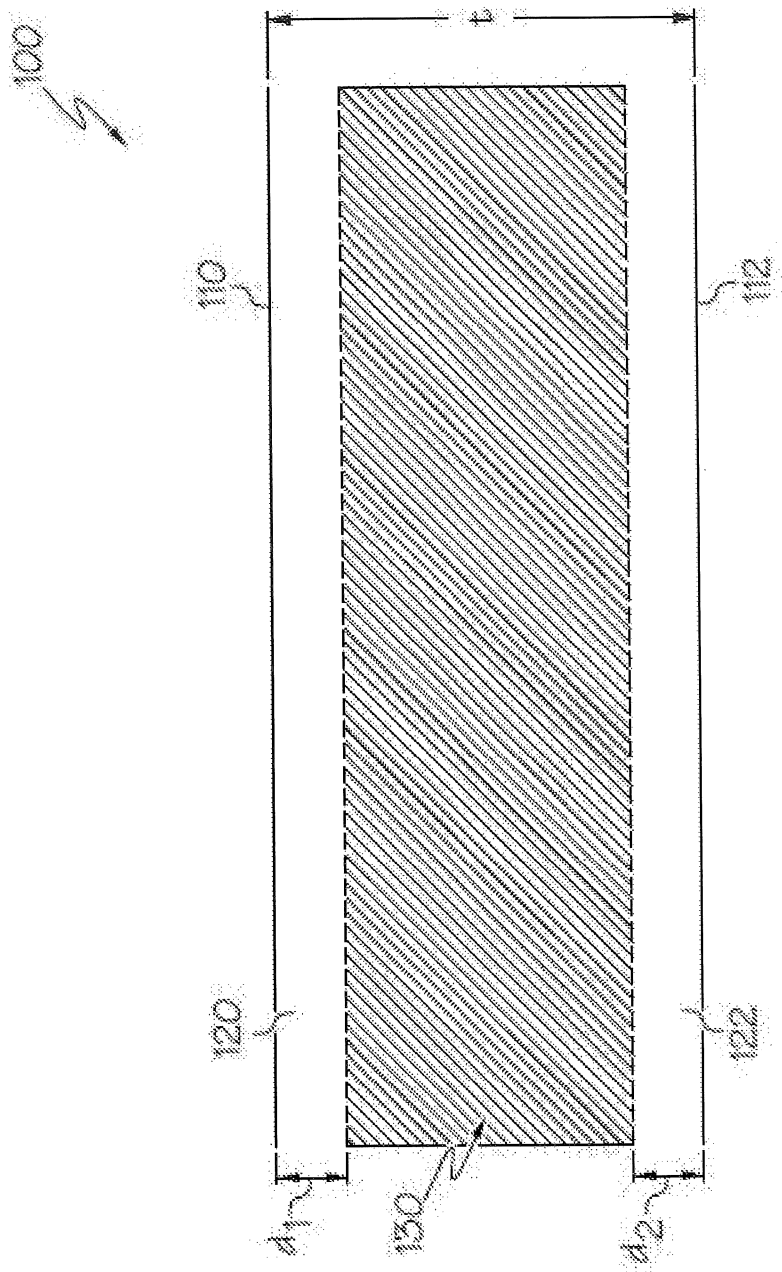


FIG. 1

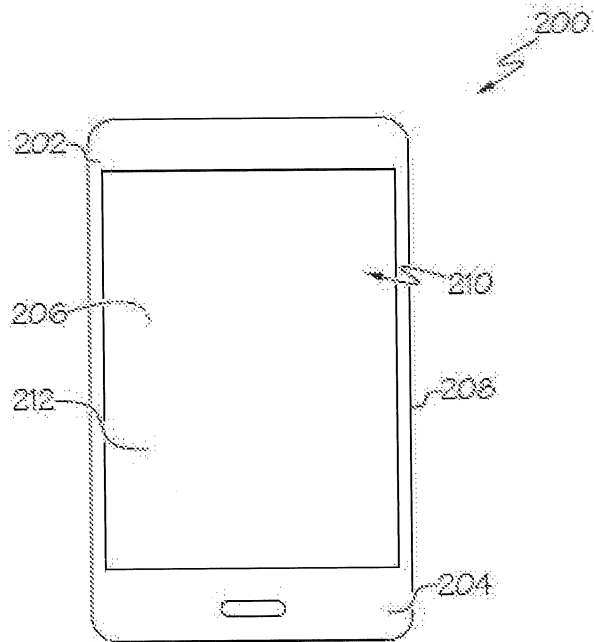


FIG. 2A

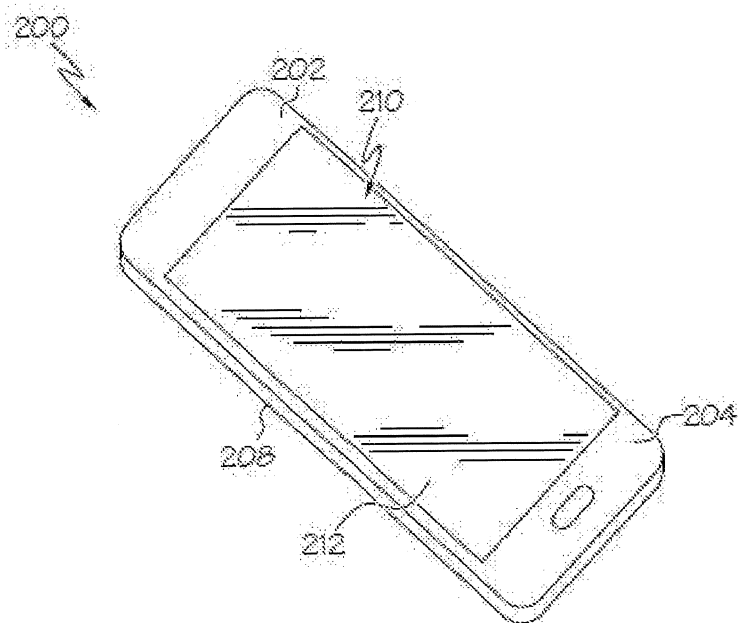


FIG. 2B

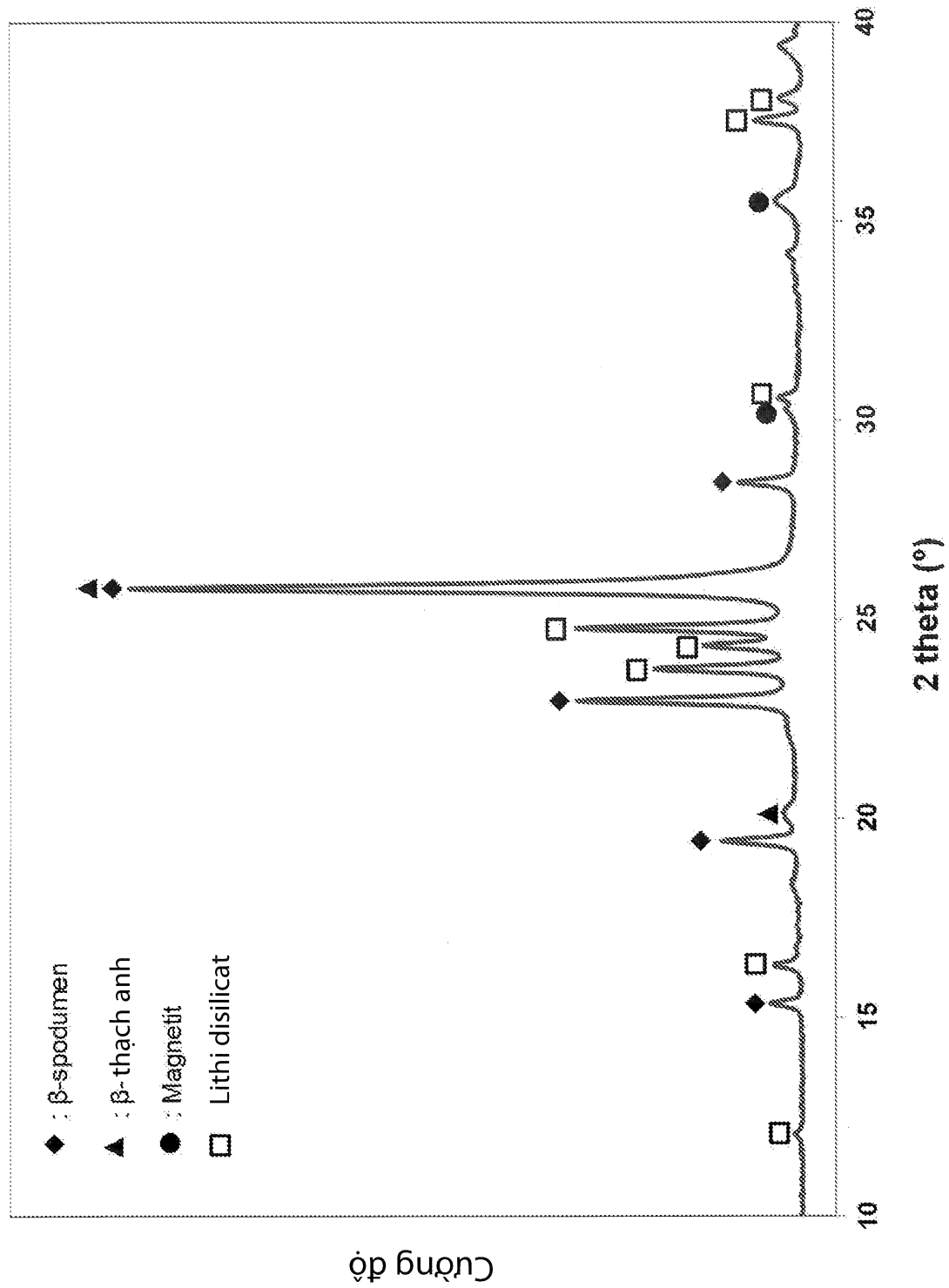
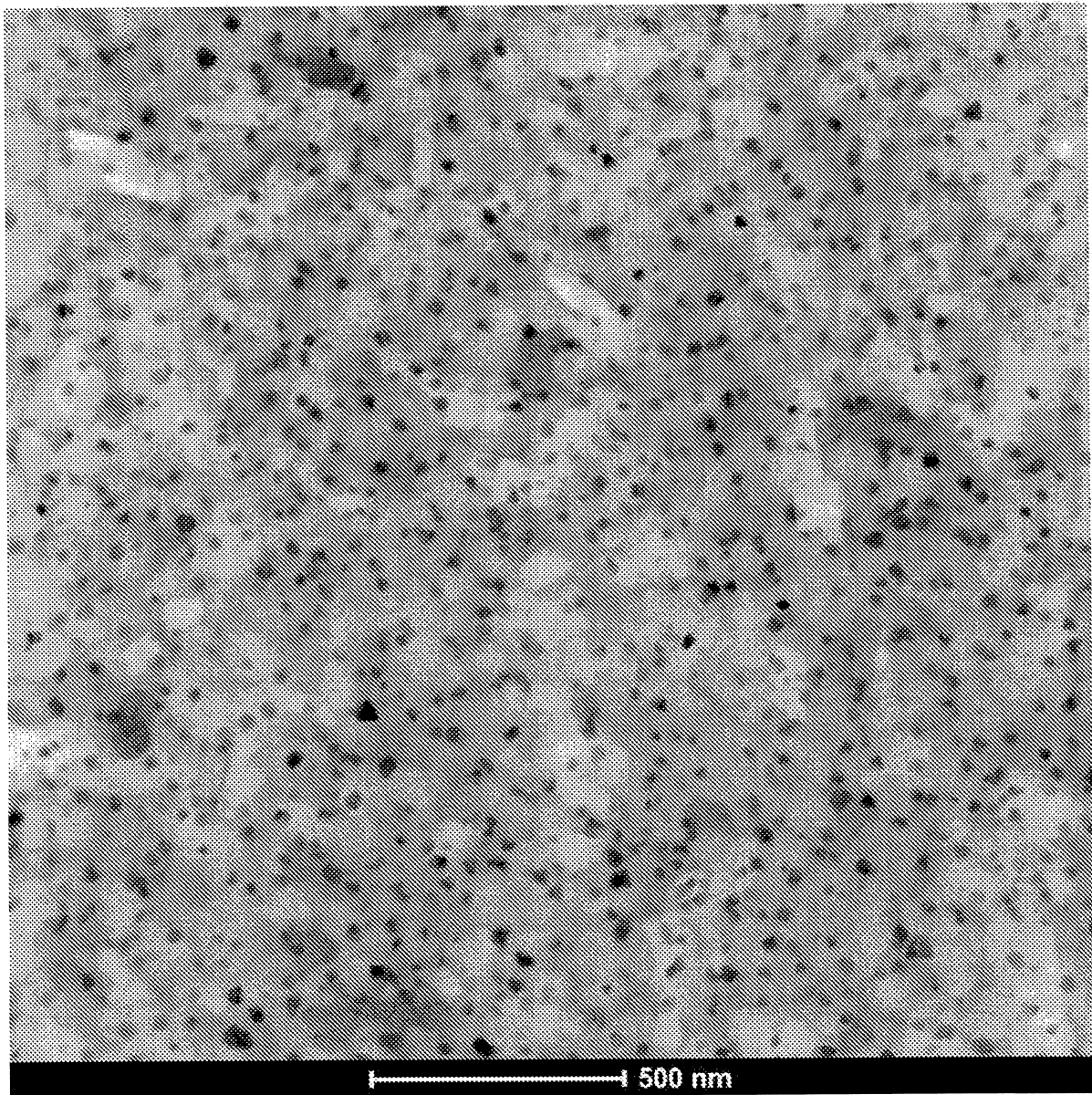
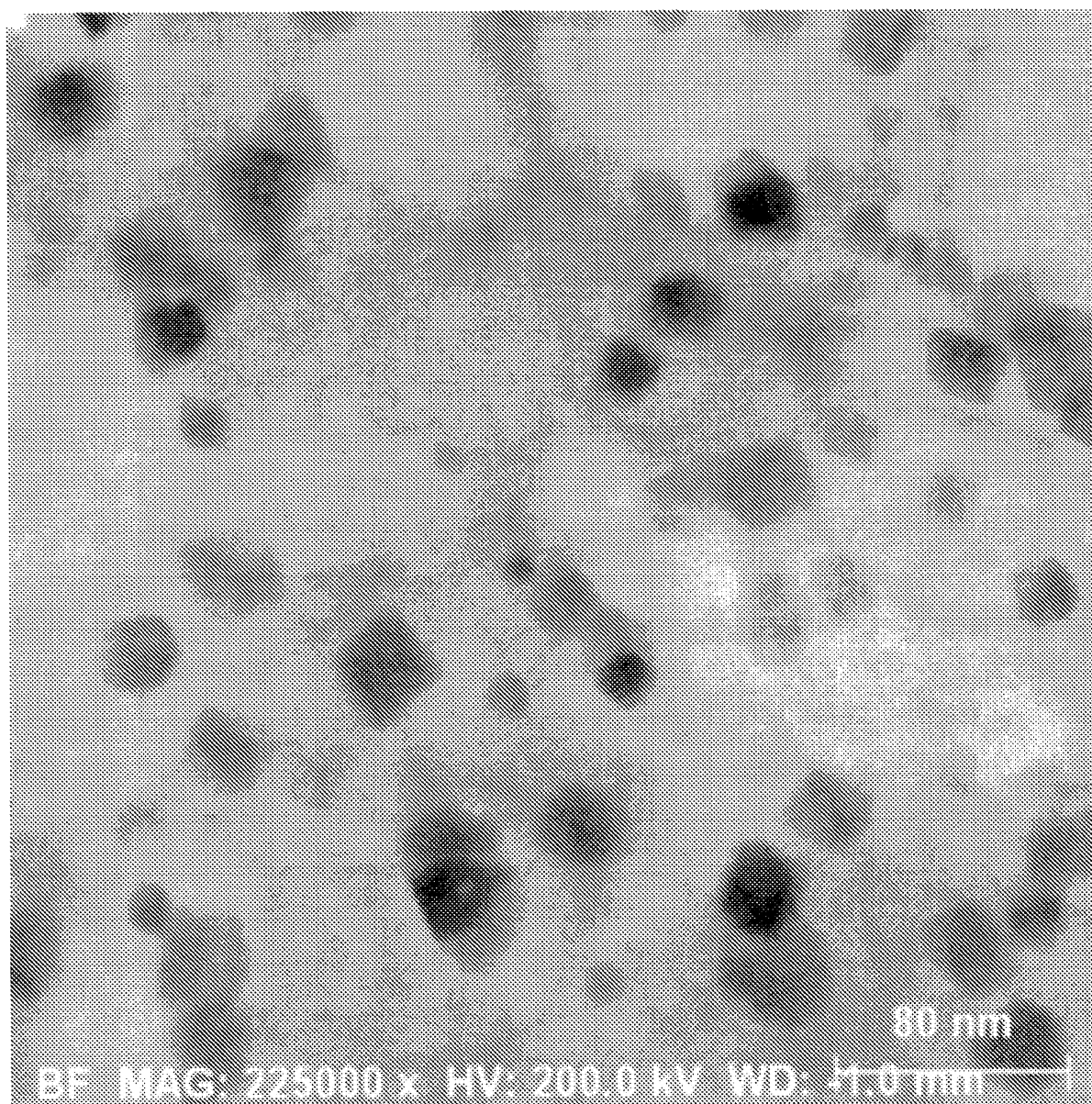
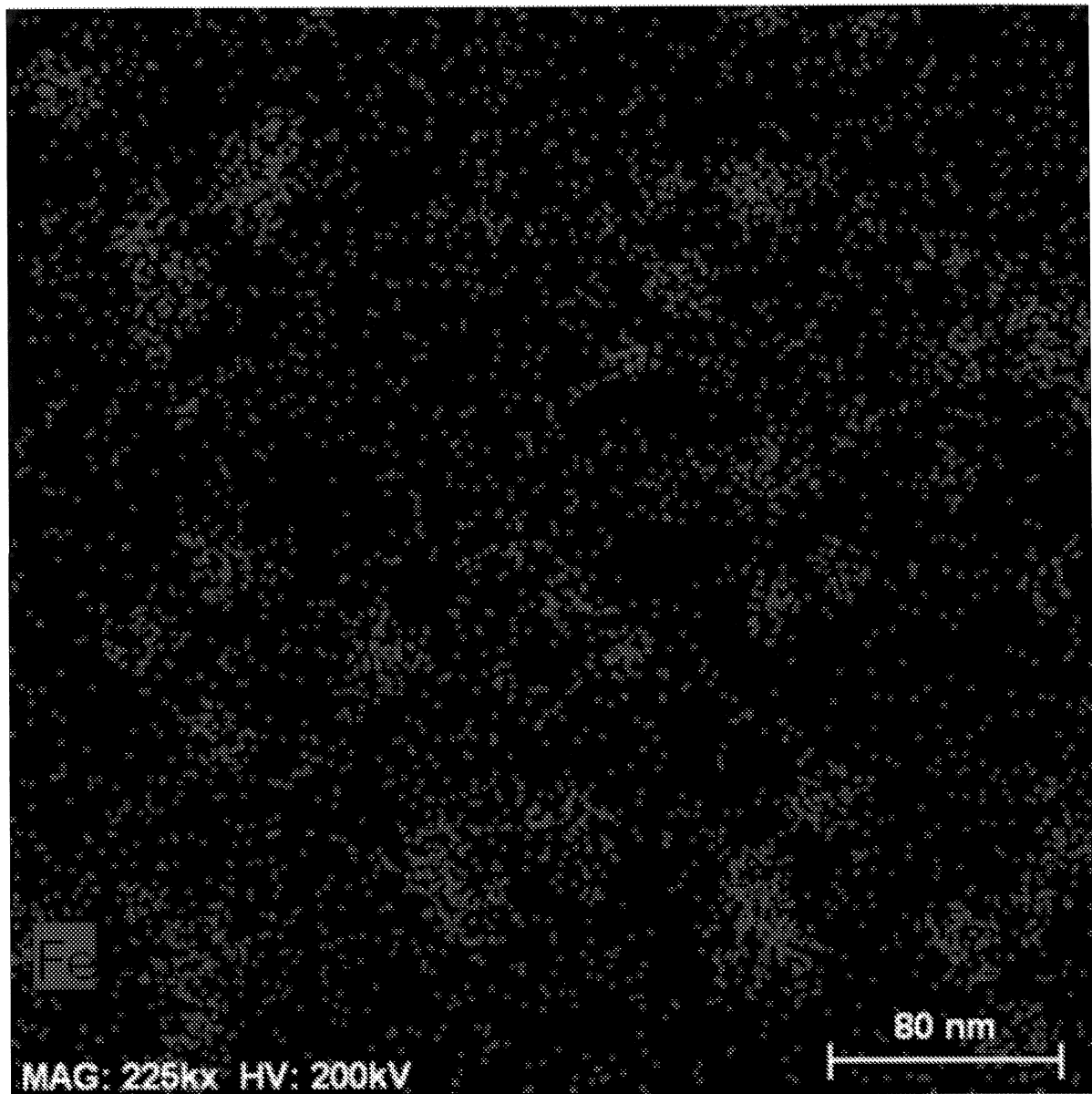
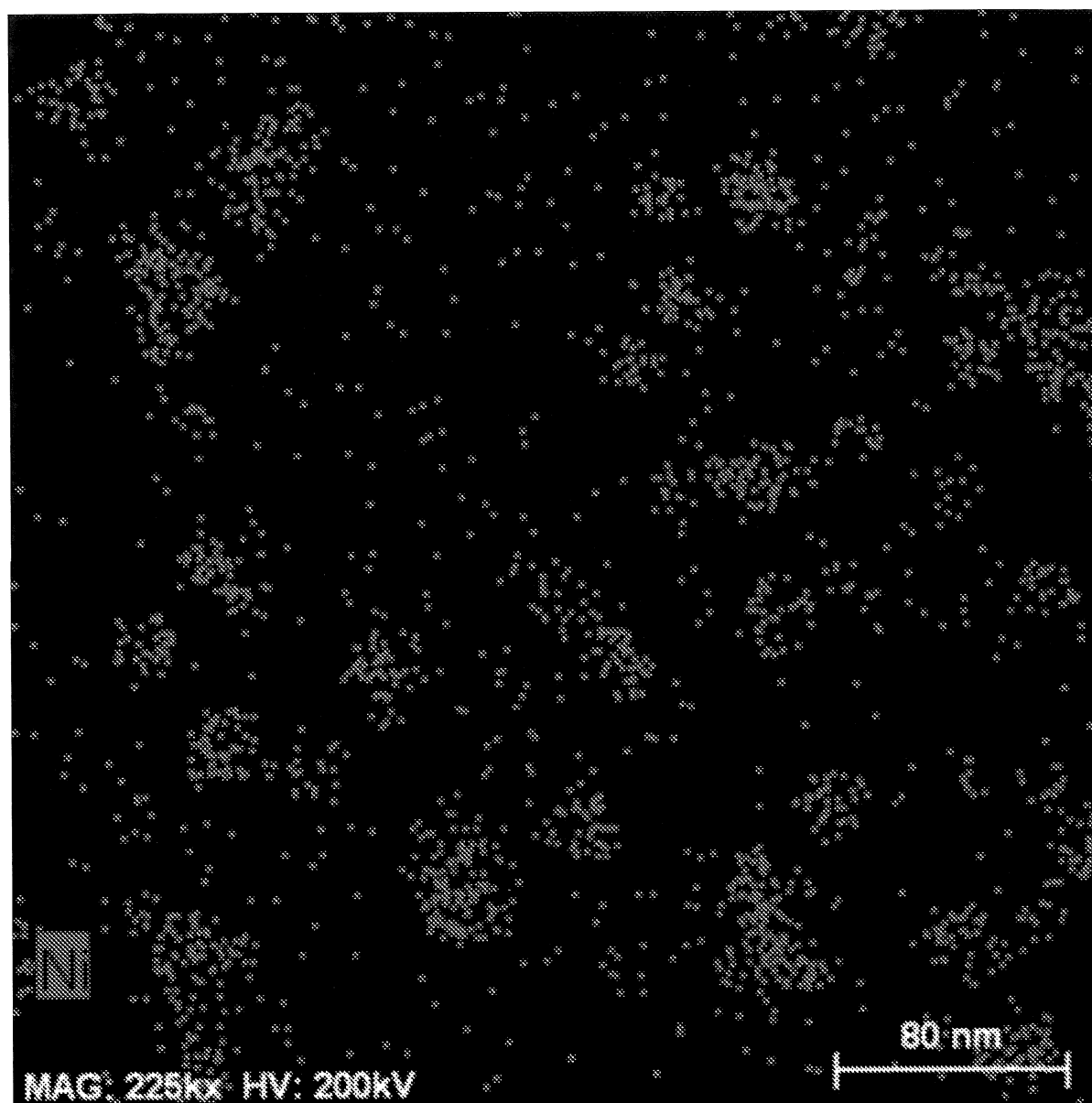


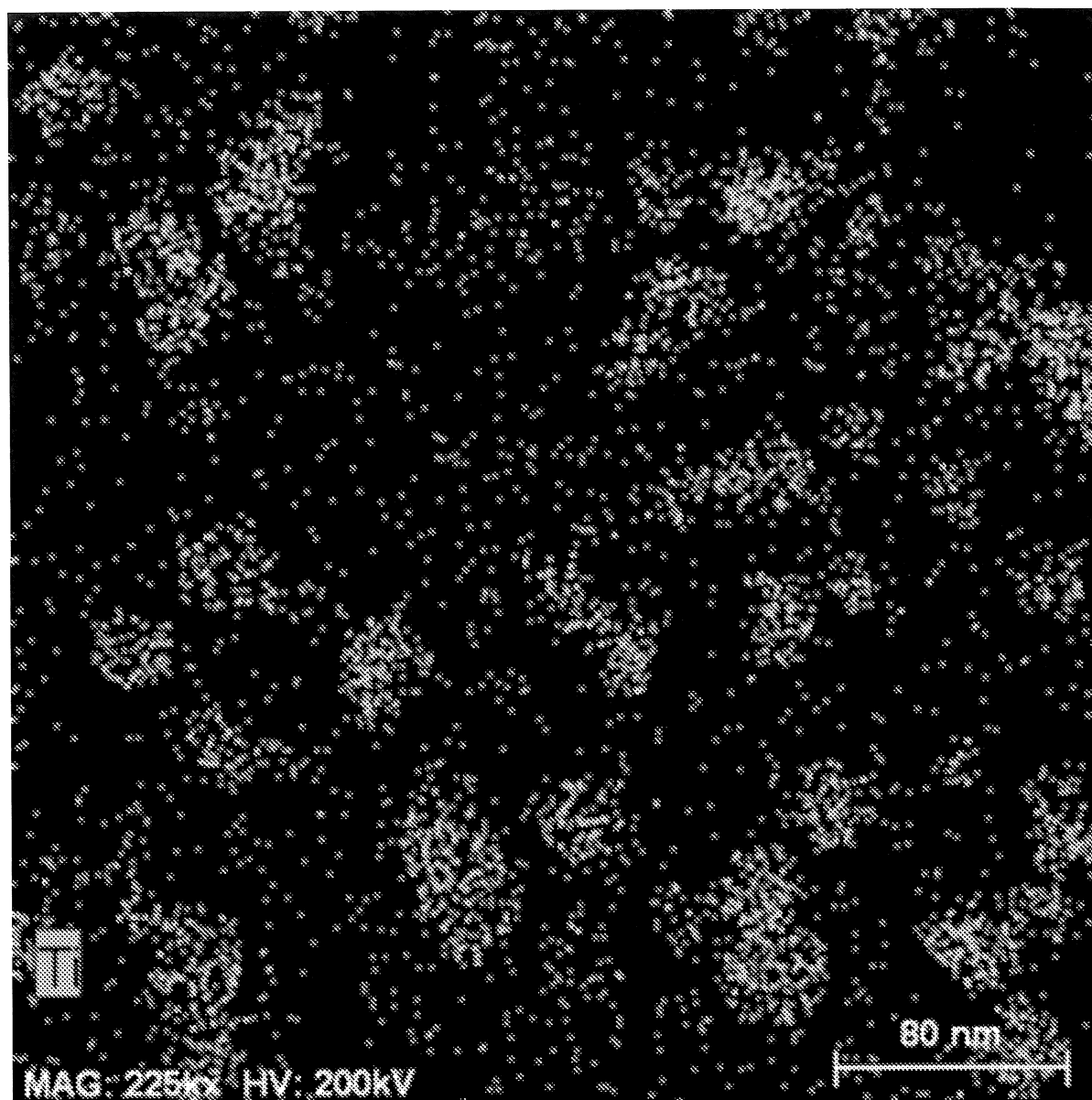
FIG. 3

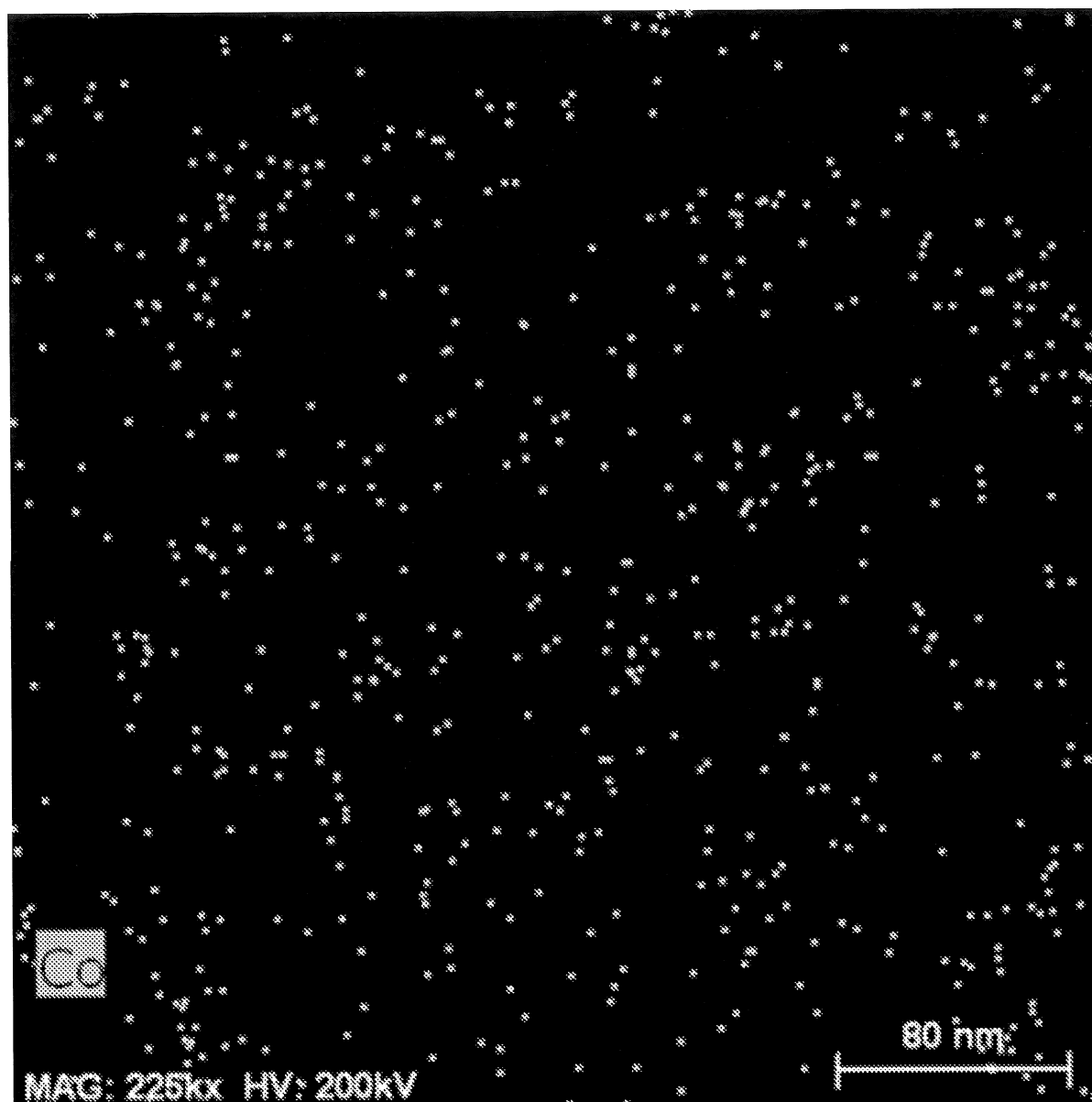
**FIG. 4**

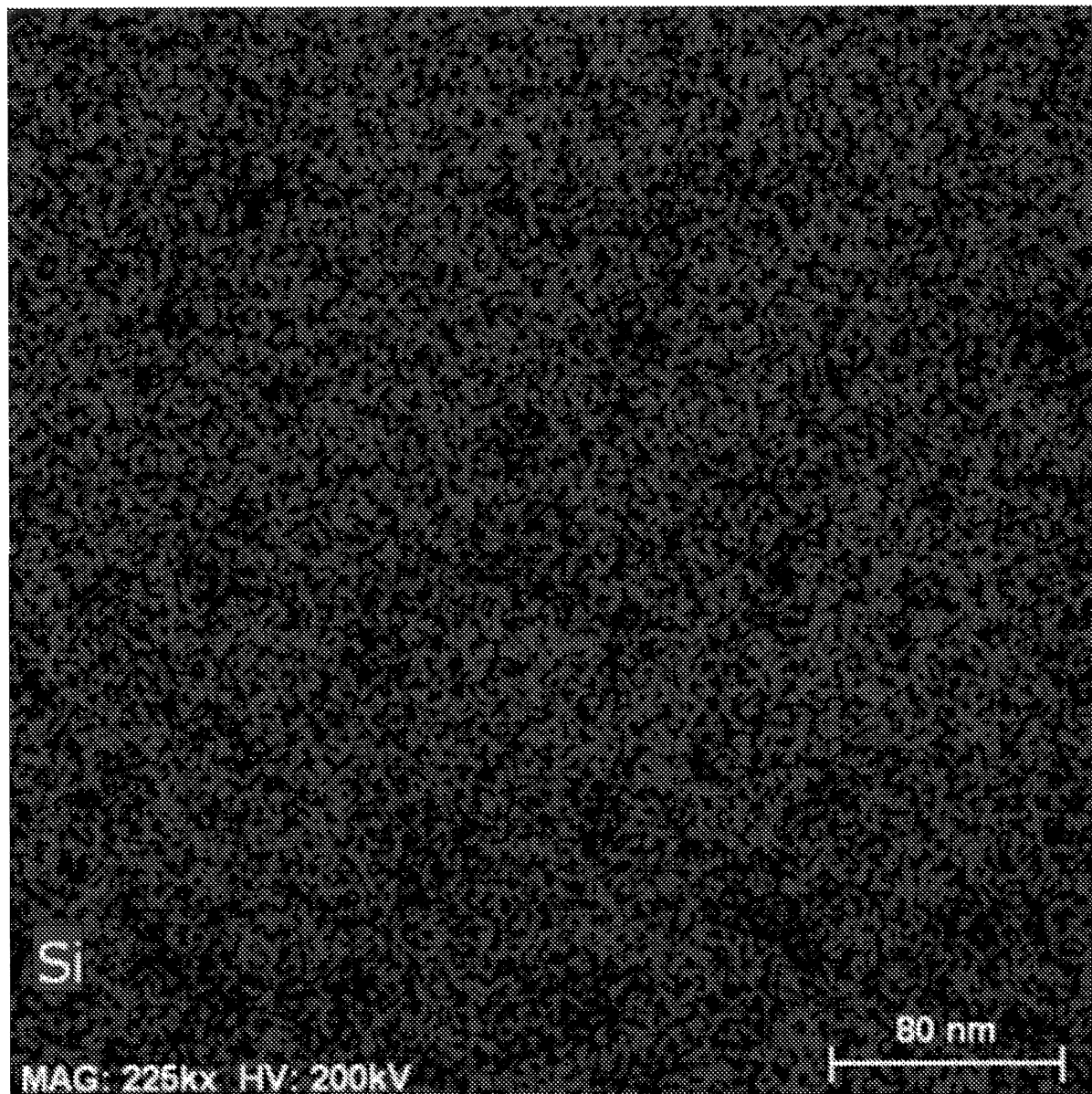
**FIG. 5**

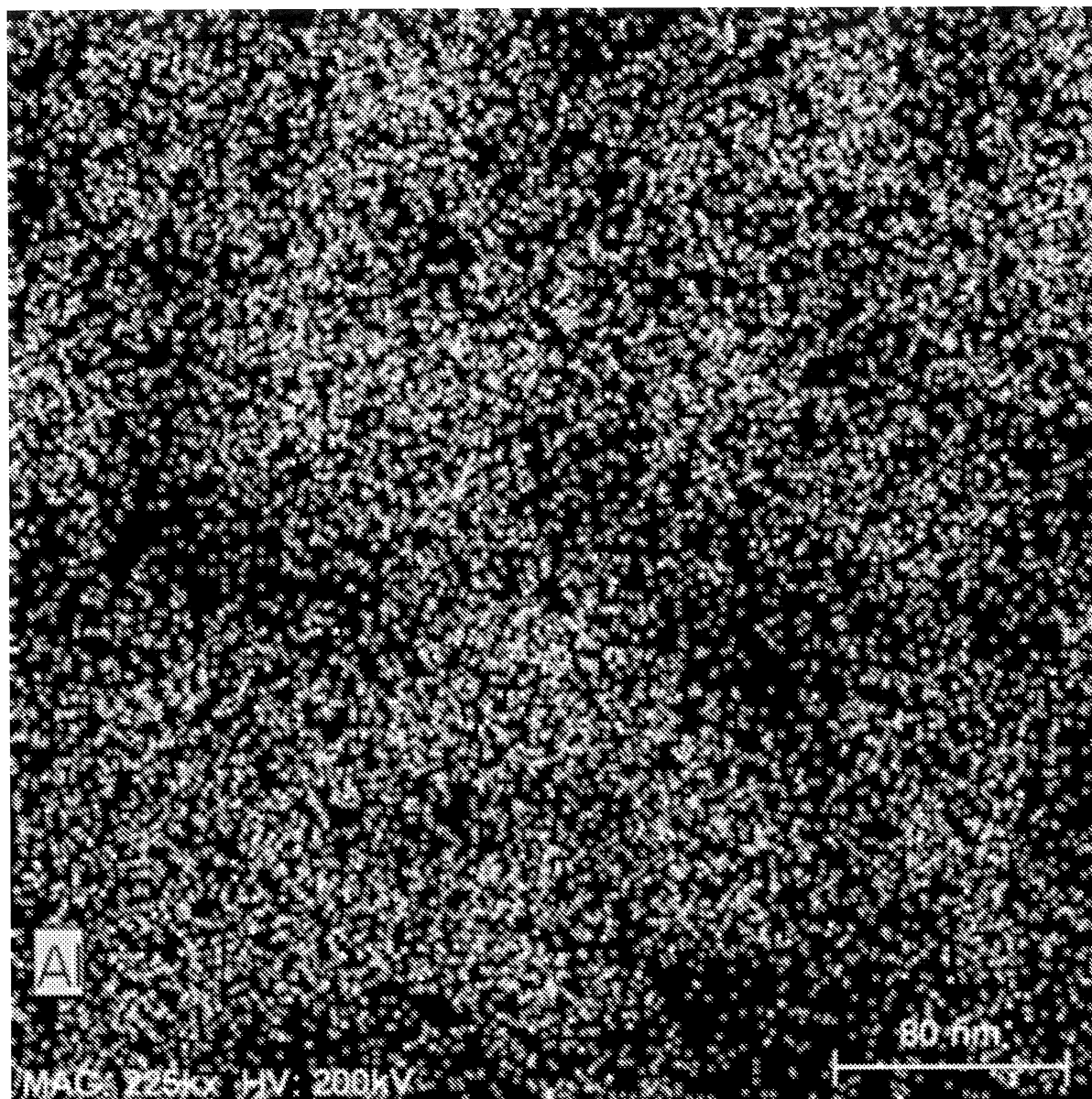
**FIG. 6**

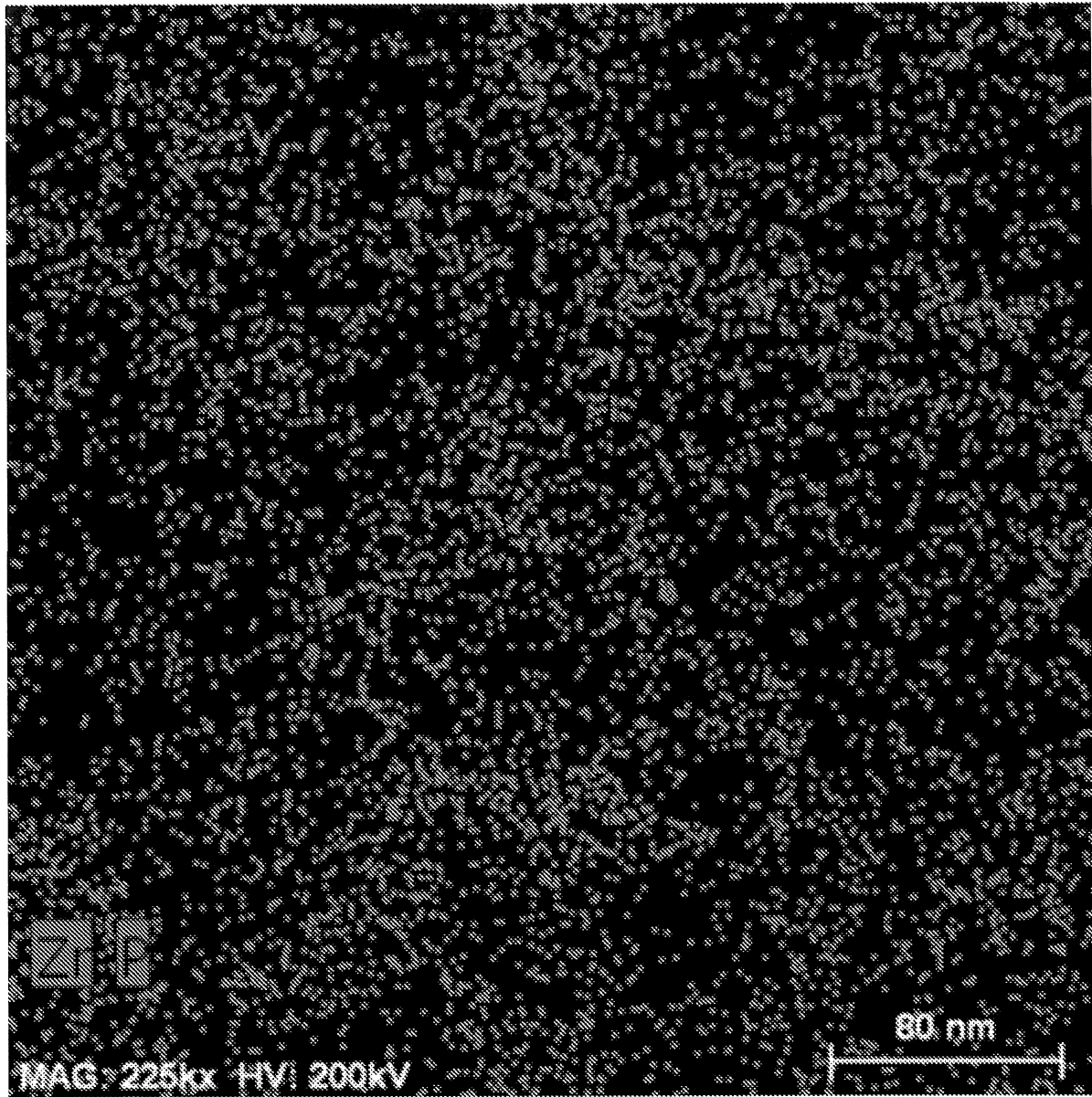
**FIG. 7**

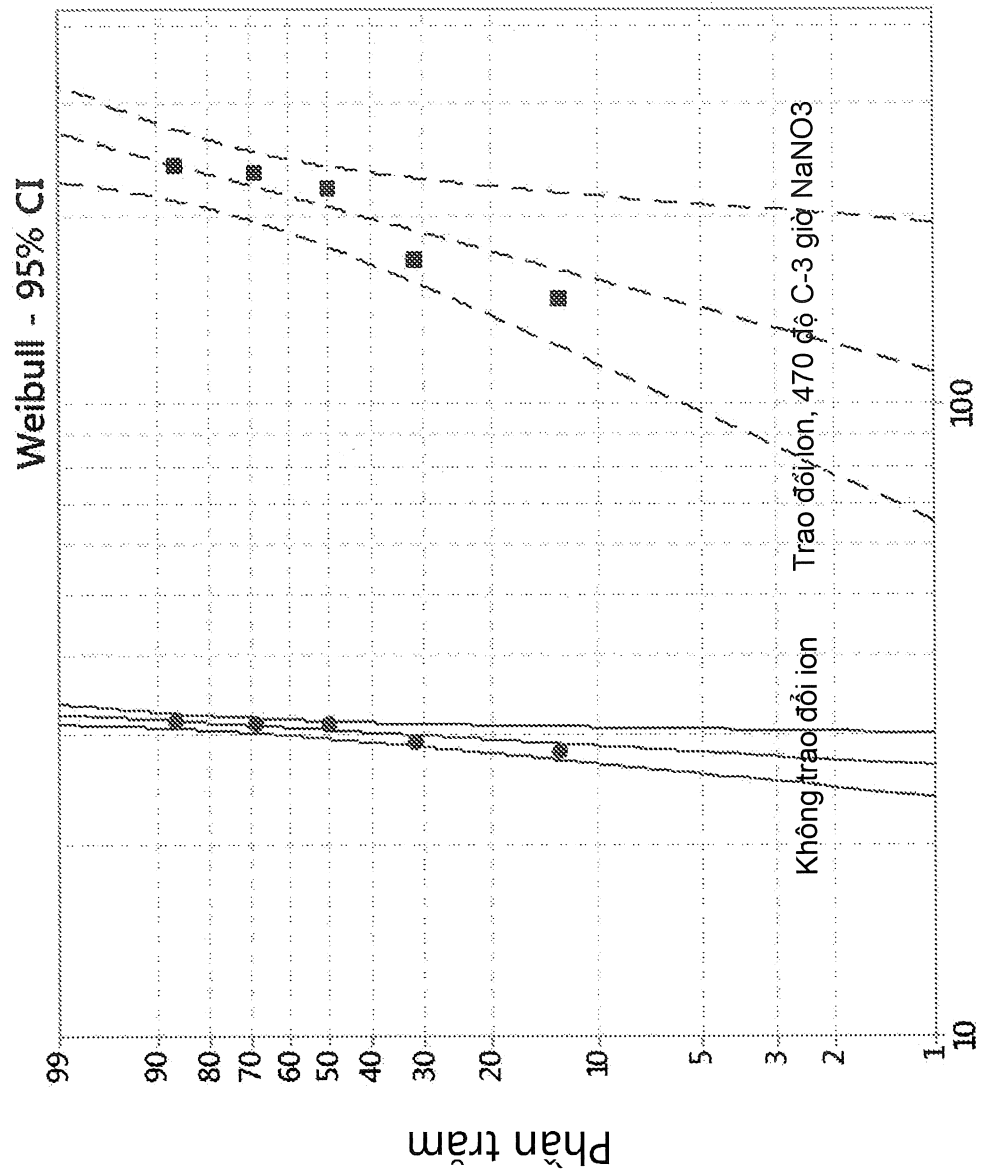
**FIG. 8**

**FIG. 9**

**FIG. 10**

**FIG. 11**

**FIG. 12**



Tải lượng đến hư hỏng (kgf)

FIG. 13

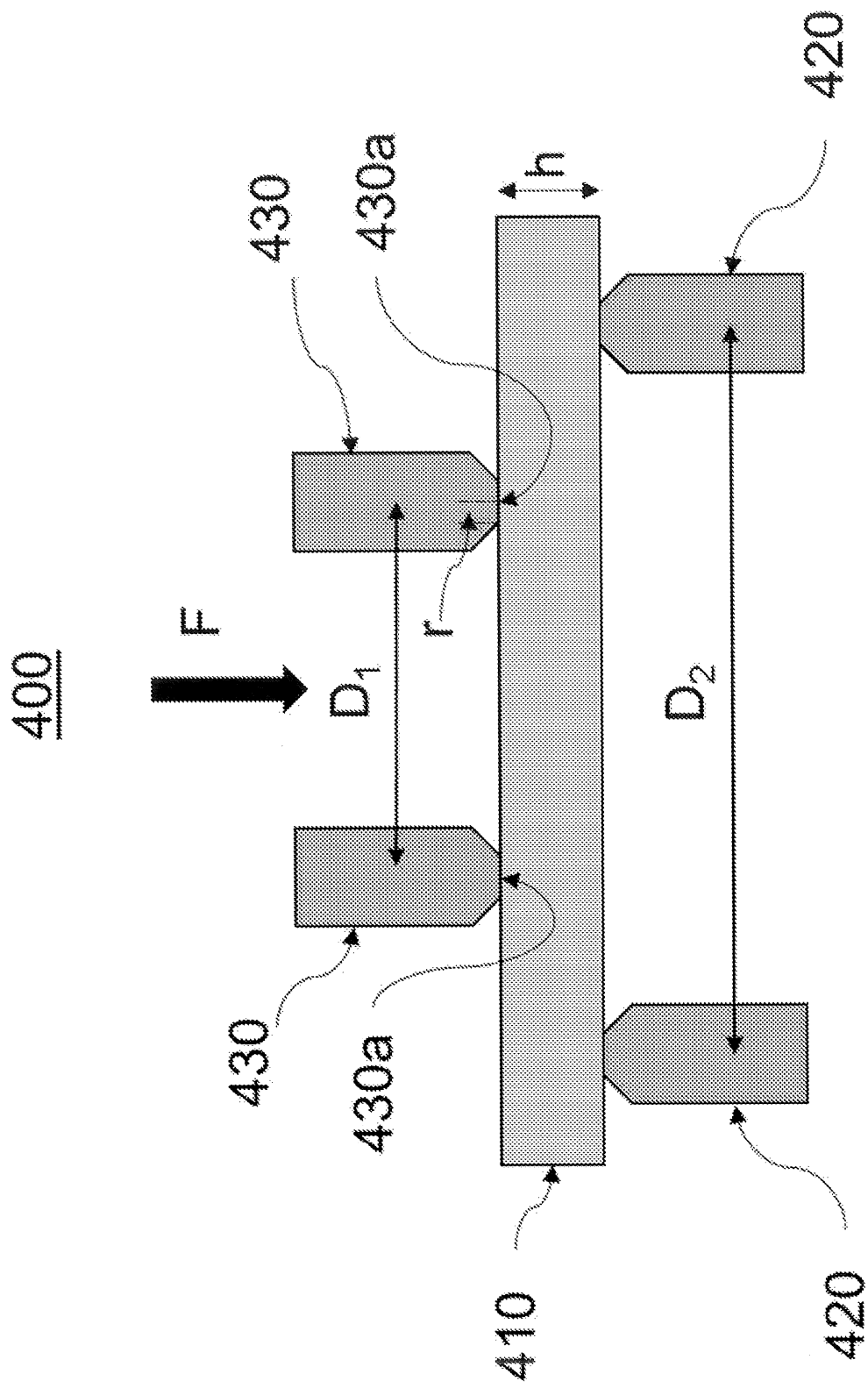


FIG. 14

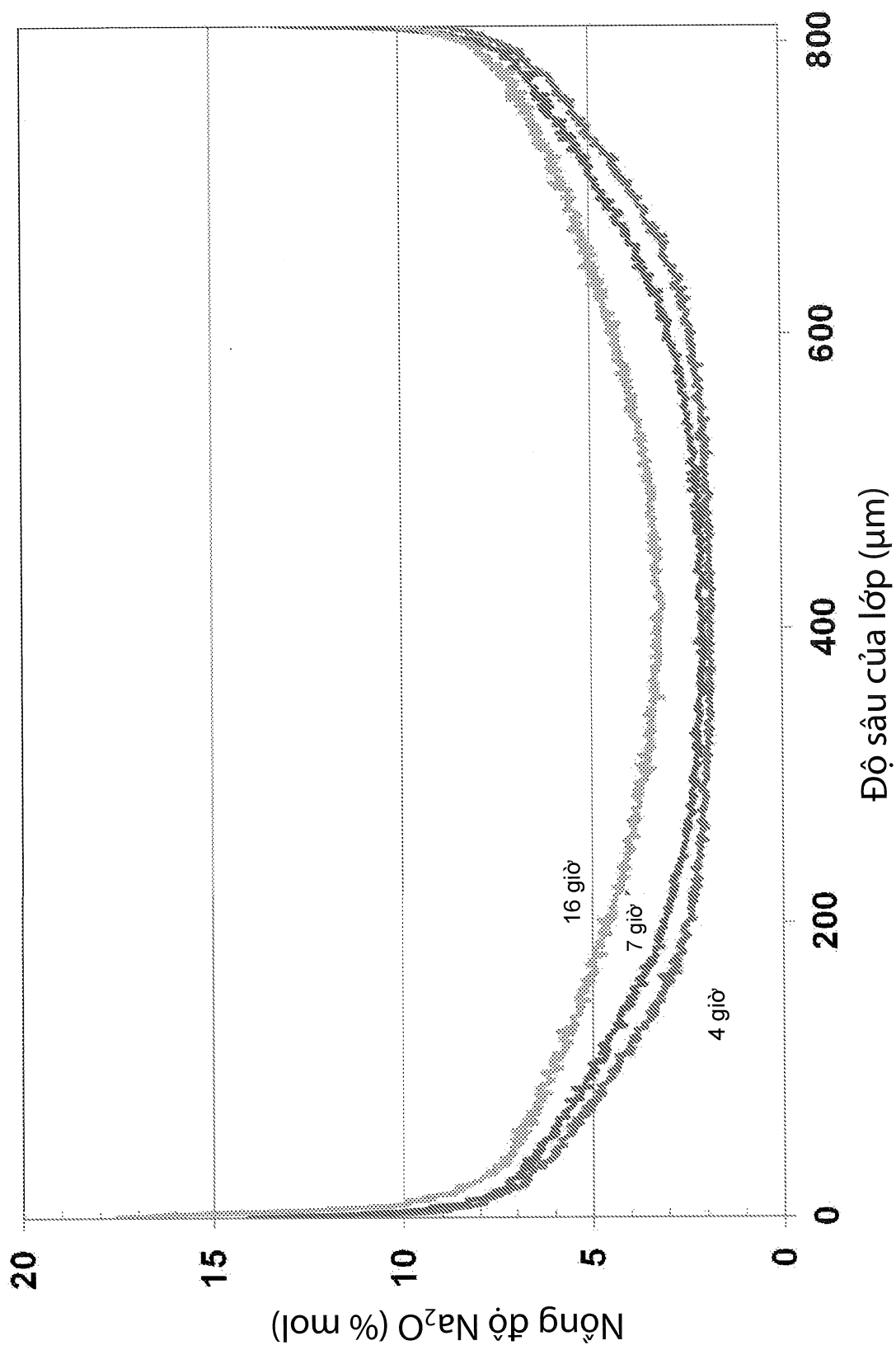
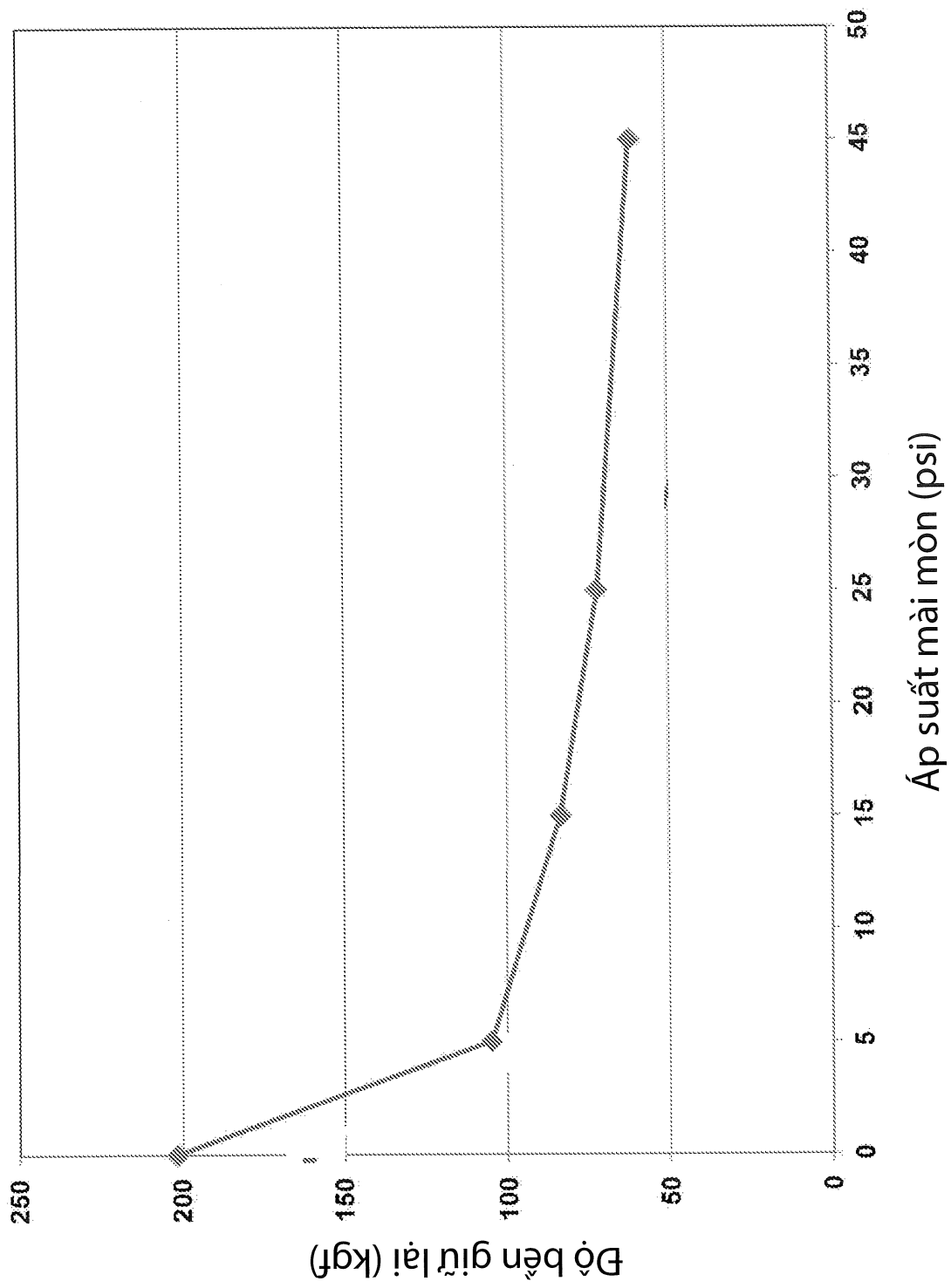


FIG. 15

**FIG. 16**