



(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)



1-0041489

(51)^{2020.01} C03C 10/00; C03C 4/18

(13) B

(21) 1-2020-03666

(22) 30/11/2018

(86) PCT/US2018/063207 30/11/2018

(87) WO2019/108876 06/06/2019

(30) 62/592,844 30/11/2017 US

(45) 25/10/2024 439

(43) 25/09/2020 390

(73) CORNING INCORPORATED (US)

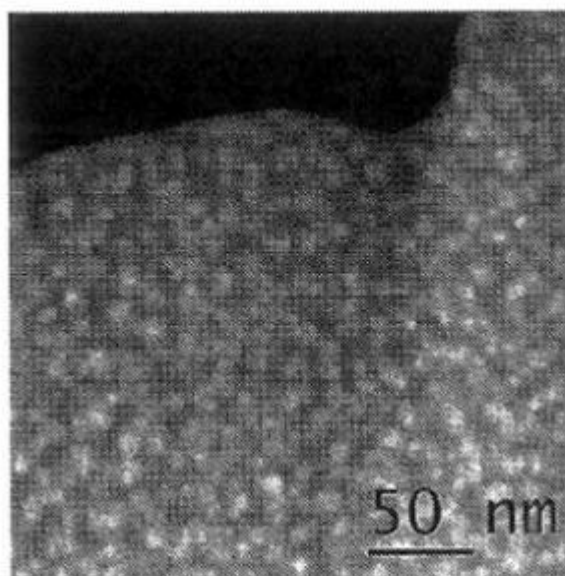
1 Riverfront Plaza, Corning, New York 14831, United States of America

(72) BEALL, George Halsey (US); FINKELDEY, John Philip (US); MITCHELL, Alexandra Lai Ching Kao Andrews (US); SMITH, Charlene Marie (US); TIETJE, Steven Alvin (US).

(74) Công ty Luật TNHH T&G (TGVN)

(54) GỐM THỦY TINH, PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT GỐM THỦY TINH VÀ SẢN PHẨM ĐIỆN TỬ DÂN DỤNG

(57) Sáng chế đề cập đến gốm thủy tinh ganit-spinel trong suốt. Gốm thủy tinh này bao gồm pha tinh thể thứ nhất bao gồm $(\text{Mg}_x\text{Zn}_{1-x})\text{Al}_2\text{O}_4$ trong đó x nhỏ hơn 1 và pha tinh thể thứ hai bao gồm ZrO_2 tứ giác. Gốm thủy tinh này có thể được trao đổi ion. Sáng chế cũng đề cập đến phương pháp sản xuất gốm thủy tinh này và sản phẩm điện tử dân dụng.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập chung đến chế phẩm gồm thủy tinh trong suốt. Cụ thể hơn, sáng chế đề cập đến gốm thủy tinh ganit-spinel trong suốt mà có thể được tạo hình thành kính che hoặc vỏ cho các thiết bị điện tử.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các thiết bị điện tử cầm tay, như điện thoại thông minh, máy tính bảng, và thiết bị đeo được (như, ví dụ, đồng hồ và thiết bị theo dõi tập luyện) 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 cầm tay như vậy cũng tiếp tục trở nên phức tạp hơn. Chẳng hạn, do các thiết bị điện tử cầm tay trở nên nhỏ hơn và mỏng hơn để đáp ứng nhu cầu của người tiêu dùng, các bộ phận che màn hiển thị và vỏ được sử dụng trong các thiết bị điện tử cầm tay 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 hỏng, để sử dụng trong các thiết bị điện tử cầm tay.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Theo khía cạnh (1), gốm thủy tinh được đề xuất. Gốm thủy tinh bao gồm: pha tinh thể thứ nhất bao gồm $(Mg_xZn_{1-x})Al_2O_4$ trong đó x nhỏ hơn 1; và pha tinh thể thứ hai bao gồm ZrO_2 tứ giác. Gốm thủy tinh trong suốt trong vùng nhìn thấy.

Theo khía cạnh (2), gốm thủy tinh theo khía cạnh (1) được đề xuất, còn bao gồm ít nhất một thành phần trong số Li_2O và Na_2O .

Theo khía cạnh (3), gốm thủy tinh theo khía cạnh (1) hoặc (2) được đề xuất, còn bao gồm Li_2O và Na_2O .

Theo khía cạnh (4), gốm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (3) được đề xuất, trong đó x lớn hơn 0.

Theo khía cạnh (5), gốm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (4) được đề xuất, còn bao gồm khoảng 35% mol đến khoảng 70% mol SiO_2 .

Theo khía cạnh (6), gốm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (5) được đề xuất, còn bao gồm: khoảng 35% mol đến khoảng 60% mol SiO_2 ;

lớn hơn khoảng 13% mol Al_2O_3 ; lớn hơn khoảng 8% mol ZnO ; 0% mol đến khoảng 8% mol MgO ; và lớn hơn 0% mol đến khoảng 10% mol ZrO_2 .

Theo khía cạnh (7), gồm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (6) được đề xuất, còn bao gồm: 0% mol đến khoảng 6% mol TiO_2 ; 0% mol đến khoảng 10% mol Na_2O ; 0% mol đến khoảng 8% mol Li_2O ; 0% mol đến khoảng 10% mol HfO_2 ; 0% mol đến khoảng 0,1% mol As_2O_5 ; và 0% mol đến khoảng 0,3% mol SnO_2 .

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 $\text{ZrO}_2 + \text{TiO}_2 + \text{HfO}_2 \geq$ khoảng 5% mol.

Theo khía cạnh (9), gồm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (8) được đề xuất, trong đó gồm thủy tinh này hầu như không chứa TiO_2 .

Theo khía cạnh (10), gồm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (9) được đề xuất, trong đó gồm thủy tinh này thể hiện độ kết tinh ít nhất khoảng 10% khối lượng.

Theo khía cạnh (11), gồm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (10) được đề xuất, trong đó gồm thủy tinh này có độ truyền qua ít nhất khoảng 90% trong vùng nhìn thấy.

Theo khía cạnh (12), gồm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (11) được đề xuất, trong đó gồm thủy tinh này gần như không màu.

Theo khía cạnh (13), gồm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (12) được đề xuất, trong đó pha tinh thể thứ nhất có kích thước tinh thể nhỏ hơn khoảng 10 nm.

Theo khía cạnh (14), gồm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (13) được đề xuất, còn bao gồm vùng ứng suất nén kéo dài từ bề mặt của gồm thủy tinh đến độ sâu nén.

Theo khía cạnh (15), gồm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (14) được đề xuất, trong đó gồm thủy tinh này có độ cứng ít nhất khoảng 9 GPa.

Theo khía cạnh (16), gồm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (15) được đề xuất, trong đó gồm thủy tinh này có mô đun Young ít nhất khoảng 98 GPa.

Theo khía cạnh (17), sản phẩm điện tử dân dụng được đề xuất. Sản phẩm điện tử dân dụng bao gồm: vỏ bao gồm mặt trước, mặt sau và các mặt bên; các linh kiện điện nằm ít nhất một phần trong vỏ, các linh kiện điện này bao gồm ít nhất là bộ điều khiển, bộ nhớ, và màn hiển thị, màn hiển thị nằm ở hoặc sát với mặt trước của vỏ; và lớp nền che được bố trí bên trên màn hiển thị này. Ít nhất một phần của ít nhất một trong số vỏ hoặc lớp nền che bao gồm gốm thủy tinh theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (1) đến (16).

Theo khía cạnh (18), phương pháp được đề xuất. Phương pháp này bao gồm: gốm hóa thủy tinh tiền thân để tạo ra gốm thủy tinh mà trong suốt trong vùng nhìn thấy. Gốm thủy tinh bao gồm: pha tinh thể thứ nhất bao gồm $(Mg_xZn_{1-x})Al_2O_4$, trong đó x nhỏ hơn 1; và pha tinh thể thứ hai bao gồm ZrO_2 tứ giác.

Theo khía cạnh (19), phương pháp theo khía cạnh (18) được đề xuất, còn bao gồm việc tạo nhân trong thủy tinh tiền thân trước khi gốm hóa.

Theo khía cạnh (20), phương pháp theo khía cạnh (19) được đề xuất, trong đó việc tạo nhân bao gồm xử lý nhiệt thủy tinh tiền thân ở nhiệt độ ít nhất khoảng $700^\circ C$ trong khoảng thời gian ít nhất khoảng 1 giờ.

Theo khía cạnh (21), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (18) đến (20) được đề xuất, trong đó việc gốm hóa bao gồm xử lý nhiệt thủy tinh tiền thân ở nhiệt độ ít nhất khoảng $750^\circ C$ trong khoảng thời gian ít nhất khoảng 30 phút.

Theo khía cạnh (22), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (18) đến (21) được đề xuất, còn bao gồm việc trao đổi ion gốm thủy tinh.

Theo khía cạnh (23), phương pháp theo khía cạnh (22) được đề xuất, trong đó việc trao đổi ion bao gồm cho gốm thủy tinh tiếp xúc với bể trao đổi ion hỗn hợp.

Theo khía cạnh (24), hợp phần thủy tinh được đề xuất. Hợp phần thủy tinh bao gồm: khoảng 35% mol đến khoảng 60% mol SiO_2 ; lớn hơn khoảng 13% mol Al_2O_3 ; lớn hơn khoảng 8% mol ZnO ; 0% mol đến khoảng 8% mol MgO ; và lớn hơn 0% mol đến khoảng 10% mol ZrO_2 .

Theo khía cạnh (25), hợp phần thủy tinh theo khía cạnh (24) được đề xuất, còn bao gồm: 0% mol đến khoảng 6% mol TiO_2 ; 0% mol đến khoảng 10% mol Na_2O ; 0% mol đến khoảng 8% mol Li_2O ; 0% mol đến khoảng 10% mol HfO_2 ; 0% mol đến khoảng 0,1% mol As_2O_5 ; và 0% mol đến khoảng 0,3% mol SnO_2 .

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 quan hoặc cốt lõi để hiểu bản chất và đặc điểm của đối tượng được yêu cầu bảo hộ. Các hình vẽ kèm theo được bao gồm để giúp hiểu thêm 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 khác nhau được mô tả trong bản mô tả này và, cùng với phần mô tả, có tác dụng giải thích các nguyên lý và cách vận hành của đối tượng được yêu cầu bảo hộ.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig. 1 mô tả dưới dạng giản đồ mặt cắt của gốm thủy tinh có các lớp ứng suất nén trên các bề mặt của nó theo các phương án được bộc lộ và được mô tả trong bản mô tả này;

Fig. 2A là hình chiếu bằng của thiết bị điện tử được nêu làm ví dụ tích hợp vật phẩm gốm thủy tinh bất kỳ trong số các vật phẩm gốm thủy tinh được bộc lộ trong bản mô tả này;

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

Fig. 3 là ảnh kính hiển vi điện tử xuyên hầm của gốm thủy tinh theo một phương án;

Fig. 4 là các đồ thị của (a) độ cứng và (b) môđun Young của các gốm thủy tinh khác nhau có các hàm lượng Na_2O khác nhau theo các phương án dưới dạng hàm của nồng độ $\text{ZnO}+\text{MgO}$ gộp;

Fig. 5 là đồ thị của nồng độ Na_2O và K_2O dưới dạng hàm của độ sâu dưới bề mặt của gốm thủy tinh được trao đổi ion theo một phương án;

Fig. 6 là đồ thị của độ chênh lệch phần trăm khối lượng của các gốm thủy tinh khác nhau có các hàm lượng kim loại kiềm khác nhau, theo các phương án, dưới dạng hàm của căn bậc hai của thời gian trong quá trình trao đổi ion;

Fig. 7 là đồ thị của độ truyền qua của các gốm thủy tinh, theo các phương án, và ví dụ thủy tinh so sánh dưới dạng hàm của bước sóng;

Fig. 8 là đồ thị Weibull của các kết quả thử nghiệm vòng trên vòng và vòng trên vòng mài mòn đối với gốm thủy tinh theo một phương án; và

Fig. 9 là hình vẽ mô tả dưới dạng giản đồ của thiết bị thử nghiệm vòng trên vòng.

Mô tả chi tiết sáng chế

Dưới đây sẽ mô tả chi tiết gốm thủy tinh ganit-spinel trong suốt theo các phương án khác nhau. Cụ thể là, gốm thủy tinh ganit-spinel trong suốt có độ cứng cao, và có thể được trao đổi ion. Do đó, gốm thủy tinh ganit-spinel trong suốt này thích hợp để sử dụng làm bộ phận che màn hiển thị và vỏ trong các thiết bị điện tử cầm tay.

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 thuật ngữ 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, 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 trong bản mô tả này, các mạo từ bất định (“a”, “an” trong bản mô tả tiếng Anh) và mạo từ xác định tương ứng (“the” trong bản mô tả tiếng Anh) 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 này và các hình vẽ có thể được sử dụng trong tổ hợp bất kỳ và tất cả các tổ 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 mol (% mol), 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% mol. 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 thứ nhất, pha tinh thể thứ hai, và pha thủy tinh dư. Pha tinh thể thứ nhất có thể là pha tinh thể chiếm ưu thế, được xác định trong bản mô tả này là pha tinh thể mà chiếm tỷ lệ lớn nhất của gốm thủy tinh theo khối lượng. Do đó, pha tinh thể thứ hai có thể có mặt theo phần trăm khối lượng của gốm thủy tinh mà nhỏ hơn phần trăm khối lượng của pha tinh thể thứ nhất. Theo một số phương án, gốm thủy tinh có thể bao gồm nhiều hơn hai pha tinh thể.

Theo các phương án, pha tinh thể thứ nhất bao gồm $(Mg_xZn_{1-x})Al_2O_4$, trong đó x nhỏ hơn 1. Pha tinh thể $(Mg_xZn_{1-x})Al_2O_4$ nói chung có thể được gọi là dung dịch rắn ganit-spinel, với quan niệm rằng trong đó x bằng không thì pha tinh thể là ganit nguyên chất. Theo các phương án, x có thể lớn hơn hoặc bằng 0, như lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,1, lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,2, lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,3, lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,4, lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,5, lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,6, lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,7, lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,8, hoặc lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,9. Theo các phương án, x có thể nhỏ hơn 1,0, như nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 0,9, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 0,8, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 0,7, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 0,6, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 0,5, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 0,4, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 0,3, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 0,2, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 0,1. 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, x có thể nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 0 đến nhỏ hơn 1,0, như nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,1 đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 0,9, lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,2 đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 0,8, lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,3 đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 0,7, hoặc lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,4 đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 0,6, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên.

Pha tinh thể thứ nhất có thể có kích thước tinh thể mà đủ nhỏ để ngăn ngừa sự giảm độ trong suốt của gốm thủy tinh. Các kích thước tinh thể lớn hơn có thể dẫn đến gốm thủy tinh đục. Theo các phương án, pha tinh thể thứ nhất có kích thước tinh thể nhỏ hơn khoảng 15 nm, như nhỏ hơn khoảng 14 nm, nhỏ hơn khoảng 13 nm, nhỏ hơn khoảng 12 nm, nhỏ hơn khoảng 11 nm, hoặc nhỏ hơn khoảng 10 nm. Kích thước tinh thể như được sử dụng trong bản mô tả này được xác định bằng cách phân tích nhiễu xạ bột tia X (x-ray diffraction - XRD) quá trình quét với 2θ từ 5 đến 80 độ, trừ khi có quy định khác. Kích thước tinh thể được ước tính bằng cách sử dụng hàm phương trình Scherrer có sẵn trong MDI Jade, gói phần mềm được dùng để nhận diện và phân tích định lượng pha.

Theo các phương án, pha tinh thể thứ hai bao gồm zircon dioxit (ZrO_2) tứ giác. Sự tạo thành của ZrO_2 tứ giác trong gốm thủy tinh đòi hỏi sự có mặt của ZrO_2 trong thủy tinh tiền thân. Không muốn bị giới hạn bởi lý thuyết cụ thể bất kỳ, tin tưởng rằng pha tinh thể ZrO_2 tứ giác kết tinh trước pha tinh thể $(Mg_xZn_{1-x})Al_2O_4$ trong quá trình gốm hóa, và có vai trò như vị trí tạo mầm đối với pha tinh thể $(Mg_xZn_{1-x})Al_2O_4$. Ngoài ra, không muốn bị giới hạn bởi lý thuyết cụ thể bất kỳ, tin tưởng rằng TiO_2 được bao gồm trong gốm thủy tinh phân chia vào trong pha ZrO_2 tứ giác, và có vai trò như chất tạo mầm đối với pha ZrO_2 tứ giác. Theo một số phương án, thành phần của thủy tinh tiền thân và các điều kiện gốm hóa có thể dẫn đến gốm thủy tinh mà bao gồm các pha tinh thể bổ sung ngoài các pha được mô tả trên đây.

Theo các phương án, tổng độ kết tinh của gốm thủy tinh đủ cao để thu được các đặc tính cơ học được tăng cường, như độ cứng, mô đun Young, và tính chống xước, nhưng đủ thấp sao cho độ trong suốt của gốm thủy tinh không bị giảm. 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 gốm thủy tinh. Theo các phương án, tổng độ kết tinh lớn hơn hoặc bằng khoảng 10% khối lượng, như lớn hơn hoặc bằng khoảng 15% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 20% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 25% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 30% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 35% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 40% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 45% khối lượng, hoặc lớn hơn hoặc bằng khoảng 50% khối lượng. Theo các phương án, tổng độ kết tinh nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 50% khối lượng, như nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 45% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 40% khối

lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 35% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 30% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 25% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 20% khối lượng, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 15% 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, tổng độ kết tinh của gốm thủy tinh nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 10% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 50% khối lượng, như nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 15% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 45% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng khoảng 20% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 40% khối lượng, hoặc lớn hơn hoặc bằng khoảng 25% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 35% khối lượng, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên. Tổng độ kết tinh của gốm thủy tinh được xác định thông qua phân tích định lượng Rietveld của dữ liệu XRD thu thập được như được mô tả trên đây. Phân tích Rietveld sử dụng phương pháp bình phương tối thiểu để làm mô hình dữ liệu XRD và sau đó, xác định nồng độ của các pha trong mẫu dựa trên các yếu tố mạng tinh thể và quy mô đã biết đối với các pha được nhận diện.

Gốm thủy tinh là trong suốt. Như được sử dụng trong bản mô tả này, gốm thủy tinh được coi là trong suốt khi thể hiện độ truyền qua ít nhất khoảng 80% trong vùng nhìn thấy (380 nm đến 760 nm). Độ truyền qua, như được sử dụng trong bản mô tả này chỉ tổng độ truyền qua, và được đo bằng 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, cho phép thu nhận ánh sáng tán xạ góc rộng. Dữ liệu tổng độ truyền qua được thu bằng đĩa phản xạ Spectralon tham chiếu bên trên cửa ra của thiết bị cầu. Phần trăm tổng độ truyền qua (%T) được tính tương đối so với phép đo cơ bản chùm mở. Theo các phương án, gốm thủy tinh thể hiện độ truyền qua trong vùng nhìn thấy lớn hơn hoặc bằng khoảng 80%, như lớn hơn hoặc bằng khoảng 81%, lớn hơn hoặc bằng khoảng 82%, lớn hơn hoặc bằng khoảng 83%, lớn hơn hoặc bằng khoảng 84%, lớn hơn hoặc bằng khoảng 85%, lớn hơn hoặc bằng khoảng 86%, lớn hơn hoặc bằng khoảng 87%, lớn hơn hoặc bằng khoảng 88%, lớn hơn hoặc bằng khoảng 89%, lớn hơn hoặc bằng khoảng 90%, hoặc hơn nữa.

Theo các phương án, gốm thủy tinh là không màu hoặc gần như không màu. Như được sử dụng trong bản mô tả này, gần như không màu chỉ không gian tọa độ màu sau:

$L^* > 90$, a^* từ -0,2 đến 0,2, và b^* từ -0,1 đến 0,6. Các tọa độ màu được đo bằng cách sử dụng máy đo quang phổ UV/Vis/NIR được cấu hình với thiết bị cầu tích hợp. Phép đo được thực hiện ở bước sóng nằm trong khoảng từ 380 nm đến 770 nm với khoảng cách 2 nm với thiết bị chiếu sáng D65, A, và F2 với người quan sát 10°. Các phương thức để xác định không gian màu trong hệ CIE được mô tả chi tiết hơn trong “Standard practice for computing the colors of objects by using the CIR system” (ASTM E308-08).

Theo các phương án, gốm thủy tinh có thể có độ cứng mà làm cho gốm thủy tinh này ít bị ảnh hưởng với hư hỏng, như bằng cách tạo ra tính chống xước tăng. Như được sử dụng trong bản mô tả này, độ cứng được đo bằng vật ấn lõm nano và được báo cáo theo GPa, trừ khi có chỉ dẫn khác. Phép đo bằng vật ấn lõm nano được thực hiện bằng cách sử dụng đầu Berkovich kim cương sử dụng phương pháp độ cứng liên tục như được thực hiện bằng vật ấn lõm nano Agilent G200. Phương pháp độ cứng liên tục sử dụng tín hiệu dịch chuyển hình sin nhỏ (biên độ 1 nm ở 45 Hz) được đặt thêm trên đầu khi nó được tải vào trong bề mặt mẫu kiểm tra, và tải trọng, độ sâu, và độ cứng tiếp xúc được xác định một cách liên tục. Không muốn bị giới hạn bởi lý thuyết cụ thể bất kỳ, độ cứng của gốm thủy tinh được cho là ít nhất một phần do độ cứng của các pha tinh thể ($Mg_xZn_{1-x}Al_2O_4$ và ZrO_2 tứ giác được chứa trong đó).

Theo các phương án, gốm thủy tinh có độ cứng lớn hơn hoặc bằng khoảng 9 GPa, như lớn hơn hoặc bằng khoảng 9,1 GPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 9,2 GPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 9,3 GPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 9,4 GPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 9,5 GPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 9,6 GPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 9,7 GPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 9,8 GPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 9,9 GPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 10,0 GPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 10,1 GPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 10,2 GPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 10,3 GPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 10,4 GPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 10,5 GPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 10,6 GPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 10,7 GPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 10,8 GPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 10,9 GPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 11,0 GPa, hoặc lớn hơn hoặc bằng khoảng 11,1 GPa. 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, gốm thủy tinh có độ cứng nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 9,0 GPa đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 11,2 GPa, như nằm trong khoảng lớn hơn hoặc bằng khoảng 9,1 GPa đến nhỏ

hơn hoặc bằng khoảng 11,1 GPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 9,2 GPa đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 11,0 GPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 9,3 GPa đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 10,9 GPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 9,4 GPa đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 10,8 GPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 9,5 GPa đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 10,7 GPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 9,6 GPa đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 10,6 GPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 9,7 GPa đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 10,5 GPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 9,8 GPa đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 10,4 GPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 9,9 GPa đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 10,3 GPa, hoặc lớn hơn hoặc bằng khoảng 10,0 GPa đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 10,2 GPa, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên.

Gốm thủy tinh theo các phương án có thể có môđun Young lớn hơn hoặc bằng khoảng 98,0 GPa, như lớn hơn hoặc bằng khoảng 99,0 GPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 100,0 GPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 101,0 GPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 102,0 GPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 103,0 GPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 104,0 GPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 105,0 GPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 106,0 GPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 107,0 GPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 108,0 GPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 109,0 GPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 110,0 GPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 111,0 GPa, lớn hơn hoặc bằng khoảng 112,0 GPa, hoặc lớn hơn hoặc bằng khoảng 113,0 GPa. 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, gốm thủy tinh có môđun Young nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 98,0 GPa đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 114,0 GPa, như nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 99,0 GPa đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 113,0 GPa, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 100,0 GPa đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 112,0 GPa, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 101,0 GPa đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 111,0 GPa, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 102,0 GPa đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 110,0 GPa, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 103,0 GPa đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 109,0 GPa, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 104,0 GPa đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 108,0 GPa, hoặc từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 105,0 GPa đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 107,0 GPa, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên. Các trị số môđun Young được trích dẫn trong bản mô tả này chỉ trị số như được đo bằng kỹ thuật quang phổ siêu âm cộng hưởng loại thông thường được nêu trong

ASTM E2001-13, có tiêu đề “Standard Guide for Resonant Ultrasound Spectroscopy for Defect Detection in Both Metallic and Non-metallic Parts,” và được báo cáo theo GPa, trừ khi có quy định khác.

Gốm thủy tinh có thể có điểm biến dạng và điểm ủ đủ cao để cho phép xử lý thêm gốm thủy tinh ở các nhiệt độ lên đến khoảng 800°C mà không ảnh hưởng bất lợi đến tính nguyên vẹn cấu trúc của gốm thủy tinh. Việc xử lý thêm này có thể bao gồm việc gia cường hóa học, như trao đổi ion. Các nhiệt độ xử lý tăng này có thể làm tăng hiệu quả của việc xử lý thêm, như bằng cách giảm thời gian cần thiết để xử lý thêm. Theo các phương án, điểm biến dạng có thể nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 900°C, như nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 700°C đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 900°C. Các điểm biến dạng này cho phép độ ổn định nhiệt được cải thiện và khoảng nhiệt độ tiềm năng lớn hơn để xử lý trao đổi ion. Nếu điểm biến dạng quá thấp, việc xử lý thêm của gốm thủy tinh có thể trở nên khó khăn. Nếu điểm biến dạng quá cao, việc sản xuất hợp phần thủy tinh tiên thân có thể trở nên khó khăn.

Thành phần của các gốm thủy tinh ganit-spinel trong suốt bây giờ sẽ được mô tả. 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, SiO₂, Al₂O₃, Li₂O, Na₂O và các thành phần tương tự) được đưa ra theo phần trăm mol (% mol) 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, SiO₂ là phần tử cấu thành lớn nhất. SiO₂ nguyên chất có CTE tương đối thấp và không chứa kiềm. Tuy nhiên, SiO₂ nguyên chất có điểm nóng chảy cao. Do đó, nếu nồng độ của SiO₂ trong gốm thủy tinh quá cao, khả năng tạo hình của hợp phần thủy tinh tiên thân được sử dụng để tạo ra gốm thủy tinh có thể bị giảm do nồng độ SiO₂ 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 tiên thân. Theo các phương án, hợp phần thủy tinh nói chung bao gồm SiO₂ với lượng lớn hơn hoặc bằng khoảng 35,0% mol, như lớn hơn hoặc bằng khoảng 40,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 45,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 50,0%

mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 55,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 60,0% mol, hoặc lớn hơn hoặc bằng khoảng 65,0% mol. Theo các phương án, hợp phần thủy tinh bao gồm SiO_2 với lượng nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 70,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 65,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 60,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 55,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 50,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 45,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 40,0% mol, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 35,0% mol. Cần hiểu rằng, theo các phương án, khoảng bất kỳ trong số các khoảng nêu trên có thể được kết hợp với khoảng bất kỳ khác. Theo các phương án, hợp phần thủy tinh bao gồm SiO_2 với lượng nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 35,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 70,0% mol, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 40,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 65,0% mol, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 45,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 60,0% mol, hoặc từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 50,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 55,0% mol, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên. Theo một hoặc nhiều phương án, hợp phần thủy tinh bao gồm SiO_2 với lượng nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 35,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 60,0% mol, 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 Al_2O_3 . Al_2O_3 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. Tuy nhiên, khi nồng độ của Al_2O_3 được làm cân bằng với nồng độ của SiO_2 và nồng độ của các oxit kiềm trong hợp phần thủy tinh, Al_2O_3 có thể làm giảm nhiệt độ đường pha lỏng của thủy tinh nóng chảy, nhờ đó tăng cường độ nhớt đường pha lỏng và cải thiện khả năng tương thích của hợp phần thủy tinh với các quy trình tạo hình nhất định, như quy trình tạo hình nung chảy. Al_2O_3 trong thủy tinh tiền thân cũng cung cấp nhôm cần thiết để tạo ra pha tinh thể ganit-spinel khi thủy tinh tiền thân được gốm hóa để tạo ra gốm thủy tinh. Theo các phương án, hợp phần thủy tinh nói chung bao gồm Al_2O_3 với nồng độ lớn hơn hoặc bằng khoảng 13,0% mol, như lớn hơn hoặc bằng khoảng 14,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 15,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 16,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 17,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 18,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 19,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 20,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 21,0% mol, lớn

hơn hoặc bằng khoảng 22,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 23,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 24,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 25,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 26,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 27,0% mol, hoặc lớn hơn hoặc bằng khoảng 28,0% mol. Theo các phương án, hợp phần thủy tinh bao gồm Al_2O_3 với lượng nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 30,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 29,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 28,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 27,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 26,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 27,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 26,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 25,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 24,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 23,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 22,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 21,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 20,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 19,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 18,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 17,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 16,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 15,0% mol, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 14,0% mol. Cần hiểu rằng, theo các phương án, khoảng bất kỳ trong số các khoảng nêu trên có thể được kết hợp với khoảng bất kỳ khác. Theo các phương án, hợp phần thủy tinh bao gồm Al_2O_3 với lượng nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 13,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 30,0% mol, như nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 14,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 29,0% mol, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 15,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 28,0% mol, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 16,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 27,0% mol, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 17,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 26,0% mol, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 18,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 25,0% mol, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 19,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 24,0% mol, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 20,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 23,0% mol, hoặc từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 21,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 22,0% mol, 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 ZnO . ZnO trong thủy tinh tiền thân cung cấp kẽm cần thiết để tạo ra pha tinh thể ganit-spinel khi thủy tinh tiền thân được gốm hóa để tạo ra gốm thủy tinh. Theo các phương án, hợp phần thủy tinh nói chung bao gồm ZnO với nồng độ lớn hơn hoặc bằng khoảng 8,0% mol, như lớn hơn hoặc bằng khoảng 9,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 10,0% mol, lớn hơn hoặc bằng

khoảng 11,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 12,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 13,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 14,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 15,0% mol, hoặc lớn hơn hoặc bằng khoảng 16,0% mol. Theo các phương án, hợp phần thủy tinh bao gồm ZnO với lượng nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 20,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 19,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 18,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 17,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 16,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 15,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 14,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 13,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 12,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 11,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 10,0% mol, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 9,0% mol. Cần hiểu rằng, theo các phương án, khoảng bất kỳ trong số các khoảng nêu trên có thể được kết hợp với khoảng bất kỳ khác. Theo các phương án, hợp phần thủy tinh bao gồm ZnO với lượng nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 8,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 20,0% mol, như nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 9,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 19,0% mol, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 10,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 18,0% mol, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 11,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 17,0% mol, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 12,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 16,0% mol, hoặc từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 13,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 15,0% mol, 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 MgO. MgO trong thủy tinh tiền thân cung cấp magie cần thiết để tạo ra dung dịch rắn spinel chứa pha tinh thể khi thủy tinh tiền thân được gốm hóa để tạo ra gốm thủy tinh. Theo các phương án, lượng MgO trong gốm thủy tinh lớn hơn hoặc bằng 0% mol, như lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 2,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 3,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 4,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 5,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 6,0% mol, hoặc lớn hơn hoặc bằng khoảng 7,0% mol. Theo các phương án, lượng MgO trong gốm thủy tinh nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 8,0% mol, như nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 7,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 6,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 5,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 4,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 3,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 2,0% mol, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 1,0%

mol. Cần hiểu rằng, theo các phương án, khoảng bất kỳ trong số các khoảng nêu trên có thể được kết hợp với khoảng bất kỳ khác. Theo các phương án, lượng MgO trong gốm thủy tinh nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 8,0% mol, như nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 7,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 2,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 6,0% mol, hoặc lớn hơn hoặc bằng khoảng 3,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 5,0% mol, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên. Theo các phương án, gốm thủy tinh hầu như không chứa hoặc không chứa MgO. Theo các phương án trong đó tỷ lệ giữa MgO và ZnO là quá cao trong gốm thủy tinh, thì độ trong suốt của gốm thủy tinh bị giảm.

Gốm thủy tinh theo các phương án có thể còn chứa các chất tạo mầm. Các chất tạo mầm cho phép gốm thủy tinh trong suốt bằng cách làm giảm kích thước tinh thể của pha tinh thể ganit-spinel. Theo một số phương án, các chất tạo mầm cho phép gốm thủy tinh được gốm hóa mà không cần bước tạo mầm riêng rẽ. Các chất tạo mầm có thể được chọn từ ZrO_2 , TiO_2 , và HfO_2 . Khi tổng lượng của các chất tạo mầm quá thấp (ví dụ, nhỏ hơn khoảng 5% mol), thì gốm thủy tinh đục trong vùng nhìn thấy do sự tạo mầm ít hiệu quả và kích thước tinh thể ganit-spinel tăng. Theo các phương án, tổng lượng của các chất tạo mầm trong gốm thủy tinh có thể là lượng lớn hơn hoặc bằng khoảng 5,0% mol, như lớn hơn hoặc bằng khoảng 6,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 7,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 8,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 9,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 10,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 11,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 12,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 13,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 14,0% mol, hoặc lớn hơn hoặc bằng khoảng 15,0% mol. Theo các phương án, tổng lượng của các chất tạo mầm trong gốm thủy tinh có thể là lượng nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 16,0% mol, như nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 15,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 14,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 13,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 12,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 11,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 10,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 9,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 8,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 7,0% mol, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 6,0% mol. Cần hiểu rằng, theo các phương án, khoảng bất kỳ trong số các khoảng nêu trên có thể được kết hợp với khoảng bất kỳ khác. Theo các phương án, tổng lượng của các chất tạo mầm trong gốm thủy tinh

có thể là lượng nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 5,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 16,0% mol, như lượng nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 6,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 15,0% mol, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 7,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 14,0% mol, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 8,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 13,0% mol, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 9,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 12,0% mol, hoặc từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 10,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 11,0% mol, 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 làm chất tạo mầm duy nhất. Ngoài vai trò làm chất tạo mầm, sự có mặt của ZrO_2 trong thủy tinh tiền thân tạo điều kiện thuận lợi cho sự kết tinh của ZrO_2 tứ giác trong quá trình gốm hóa. Việc sử dụng ZrO_2 làm chất tạo mầm duy nhất trong hợp phần thủy tinh tiền thân cho phép sản xuất gốm thủy tinh có hình thức không màu. Theo các phương án, lượng ZrO_2 trong gốm thủy tinh lớn hơn 0% mol, như lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 2,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 3,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 4,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 5,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 6,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 7,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 8,0% mol, hoặc lớn hơn hoặc bằng khoảng 9,0% mol. Cần hiểu rằng, theo các phương án, khoảng bất kỳ trong số các khoảng nêu trên có thể được kết hợp với khoảng bất kỳ khác. Theo các phương án, lượng ZrO_2 trong gốm thủy tinh nằm trong khoảng từ lớn hơn 0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 10,0% mol, như nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 9,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 2,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 8,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 3,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 7,0% mol, hoặc lớn hơn hoặc bằng khoảng 4,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 6,0% mol, 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 TiO_2 làm chất tạo mầm. TiO_2 là chất tạo mầm hiệu quả. Tuy nhiên, khi lượng TiO_2 trong thủy tinh tiền thân quá cao, gốm thủy tinh thu được có thể có hình thức có màu không mong muốn. Gốm thủy tinh mà chứa TiO_2 có thể có hình thức màu vàng hoặc nâu ngay cả khi trong suốt trong vùng nhìn thấy. Không muốn bị giới hạn bởi lý thuyết cụ thể bất kỳ, tin tưởng rằng sự khử

Ti^{4+} thành Ti^{3+} tạo ra hình thức có màu của gốm thủy tinh. Theo các phương án, lượng TiO_2 trong gốm thủy tinh lớn hơn hoặc bằng 0% mol, như lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 2,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 3,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 4,0% mol, hoặc lớn hơn hoặc bằng khoảng 5,0 mol. Theo các phương án, lượng TiO_2 trong gốm thủy tinh nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 6,0% mol, như nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 5,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 4,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 3,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 2,0% mol, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 1,0% mol. Cần hiểu rằng, theo các phương án, khoảng bất kỳ trong số các khoảng nêu trên có thể được kết hợp với khoảng bất kỳ khác. Theo các phương án, lượng TiO_2 trong gốm thủy tinh nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 6,0% mol, như nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 5,0% mol, hoặc lớn hơn hoặc bằng khoảng 2,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 4,0% mol, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên. Theo các phương án, gốm thủy tinh hầu như không chứa hoặc không chứa TiO_2 .

Theo các phương án, gốm thủy tinh có thể chứa HfO_2 làm chất tạo mầm. Theo các phương án, lượng HfO_2 trong gốm thủy tinh lớn hơn hoặc bằng 0% mol, như lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 2,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 3,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 4,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 5,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 6,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 7,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 8,0% mol, hoặc lớn hơn hoặc bằng khoảng 9,0% mol. Theo các phương án, lượng HfO_2 trong gốm thủy tinh nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 10,0% mol, như nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 9,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 8,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 7,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 6,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 5,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 4,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 3,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 2,0% mol, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 1,0% mol. Cần hiểu rằng, theo các phương án, khoảng bất kỳ trong số các khoảng nêu trên có thể được kết hợp với khoảng bất kỳ khác. Theo các phương án, lượng HfO_2 trong gốm thủy tinh nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 10,0% mol, như nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 9,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 2,0% mol đến nhỏ

hơn hoặc bằng khoảng 8,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 3,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 7,0% mol, hoặc lớn hơn hoặc bằng khoảng 4,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 6,0% mol, 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 HfO_2 .

Gốm thủy tinh có thể chứa một hoặc nhiều oxit kim loại kiềm. Các oxit kim loại kiềm tạo thuận lợi cho việc gia cường hóa học của gốm thủy tinh, như thông qua quá trình trao đổi ion. Toàn bộ 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 R_2O có thể được biểu thị theo % mol. 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 Na_2O và K_2O , tổ hợp của Li_2O và K_2O , hoặc tổ hợp của Li_2O , Na_2O , và K_2O . Sự bao gồm của 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. Không muốn bị giới hạn bởi lý thuyết cụ thể bất kỳ, tin tưởng rằng các oxit kim loại kiềm tách vào trong pha thủy tinh dư của gốm thủy tinh khi gốm hóa.

Việc bổ sung lithi vào gốm thủy tinh cho phép quá trình trao đổi ion và làm giảm hơn nữa điểm hóa mềm của hợp phần thủy tinh tiên thân. Theo các phương án, hợp phần thủy tinh nói chung bao gồm Li_2O với lượng lớn hơn hoặc bằng 0,0% mol, như lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,5% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,5% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 2,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 2,5% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 3,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 3,5% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 4,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 4,5% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 5,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 5,5% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 6,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 6,5% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 7,0% mol, hoặc lớn hơn hoặc bằng khoảng 7,5% mol. Theo một số phương án, hợp phần thủy tinh bao gồm Li_2O với lượng nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 8,0% mol, như nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 7,5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 7,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 6,5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 6,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 5,5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 5,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 4,5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 4,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 3,5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng

khoảng 3,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 2,5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 2,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 1,5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 1,0% mol, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 0,5% mol. Cần hiểu rằng, theo các phương án, khoảng bất kỳ trong số các khoảng nêu trên có thể được kết hợp với khoảng bất kỳ khác. Theo các phương án, hợp phần thủy tinh bao gồm Li_2O với lượng nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 0,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 8,0% mol, như nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 7,5% mol, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 7,0% mol, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 6,5% mol, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 2,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 6,0% mol, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 2,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 5,5% mol, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 3,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 5,0% mol, hoặc từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 3,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 4,5% mol, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên.

Giống như Li_2O , Na_2O trợ giúp trong 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. Theo các phương án, hợp phần thủy tinh nói chung bao gồm Na_2O với lượng lớn hơn hoặc bằng 0,0% mol, như lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,5% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,5% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 2,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 2,5% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 3,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 3,5% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 4,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 4,5% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 5,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 5,5% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 6,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 6,5% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 7,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 7,5% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 8,0% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 8,5% mol, lớn hơn hoặc bằng khoảng 9,0% mol, hoặc lớn hơn hoặc bằng khoảng 9,5% mol. Theo một số phương án, hợp phần thủy tinh bao gồm Na_2O với lượng nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 10,0% mol, như nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 9,5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 9,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 8,5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 8,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 7,5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 7,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 6,5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 6,0% mol, nhỏ hơn

hoặc bằng khoảng 5,5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 5,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 4,5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 4,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 3,5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 3,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 2,5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 2,0% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 1,5% mol, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 1,0% mol, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 0,5% mol. Cần hiểu rằng, theo các phương án, khoảng bất kỳ trong số các khoảng nêu trên có thể được kết hợp với khoảng bất kỳ khác. Theo các phương án, hợp phần thủy tinh bao gồm Na_2O với lượng nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 0,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 10,0% mol, như nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 9,5% mol, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 9,0% mol, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 8,5% mol, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 2,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 8,0% mol, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 2,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 7,5% mol, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 3,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 7,0% mol, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 3,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 6,5% mol, từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 4,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 6,0% mol, hoặc từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 4,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 5,5% mol, 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 thêm BaO. Sự bao gồm của BaO trong gốm thủy tinh làm tăng chỉ số khúc xạ của pha thủy tinh dư trong gốm thủy tinh. BaO có thể được bổ sung vào thủy tinh nóng chảy cả dưới dạng cacbonat và nitrat để duy trì trạng thái oxy hóa của hệ trong khi nóng chảy, ngăn cản sự khử của Ti^{4+} thành Ti^{3+} khi TiO_2 có mặt trong hợp phần. BaO có thể có vai trò ngăn cản sự nhuộm màu không mong muốn của gốm thủy tinh do sự có mặt của TiO_2 .

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, thiếc oxit (SnO_2) và/hoặc arsen oxit. Theo các phương án, SnO_2 có thể có mặt trong hợp phần thủy tinh với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,3% mol, như nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 0,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,3% mol, lớn hơn hoặc bằng 0,1% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,2% mol, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên. Theo các phương án, arsen oxit có thể có mặt trong gốm thủy tinh với lượng nằm

trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 0,0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,1% mol, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên. Theo các phương án, arsen oxit cũng có thể tác động như chất tẩy trắng. 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.

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

Vật phẩm thủy tinh tiền thân có thể được đặc trưng bởi cách trong đó nó được tạo ra. Chẳng hạn, trong đó vật phẩm thủy tinh tiền thân có thể được đặc trưng là có thể tạo hình thả 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 mới nguyên. 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 mới nguyên mà có sự tiếp xúc tối thiểu có độ bền ban đầu cao hơn. Ngoài ra, các vật phẩm thủy tinh được kéo xuống có bề mặt rất phẳng, nhẵn mà có thể được sử dụng trong ứng dụng cuối của nó mà không cần việc mài và đánh bóng tốn kém.

Một số phương án về các vật phẩm thủy tinh tiền thân có thể được mô tả là có thể tạo hình nóng chảy được (tức là, có thể tạo hình được bằng cách sử dụng quy trình kéo nóng chảy). Quy trình nóng chảy sử dụng bể kéo mà có kênh để tiếp nhận vật liệu thô thủy tinh nóng chảy. Kênh này có các cửa tràn mà mở ở trên cùng dọc theo chiều dài của kênh trên cả hai bên của kênh. Khi kênh chứa đầy vật liệu nóng chảy, thủy tinh nóng chảy sẽ chảy tràn qua các cửa tràn. Do trọng lực, thủy tinh nóng chảy chảy xuống các bề mặt ngoài của bể kéo dưới dạng hai màng thủy tinh chảy. Các bề mặt ngoài này của bể kéo kéo dài xuống và vào phía trong sao cho chúng gặp nhau ở mép dưới bể kéo. Hai màng thủy tinh chảy gặp nhau ở mép này để hợp lại và tạo ra một vật phẩm thủy tinh chảy. Phương pháp kéo nóng chảy này có ưu điểm là, do hai màng thủy tinh chảy trên kênh hợp lại với nhau, không có bề mặt ngoài nào của vật phẩm thủy tinh thu được tiếp

xúc với bộ phận bất kỳ của thiết bị. Do đó, các đặc tính bề mặt của vật phẩm thủy tinh kéo nóng chảy không bị ảnh hưởng bởi sự tiếp xúc này.

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 qua khe. Quy trình kéo qua khe khác với phương pháp kéo nóng chảy. Trong các quy trình kéo qua khe, thủy tinh vật liệu thô nóng chảy được cấp vào bề kéo. Đáy của bề kéo có khe mở với vòi mà kéo dài chiều dài của khe. 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 tiền thân dưới các điều kiện thích hợp bất kỳ. Việc gốm hóa không nhất thiết bao gồm việc xử lý tạo mầm riêng rẽ nhằm mục đích tạo ra nhân tinh thể trong thủy tinh tiền thân. Khả năng tạo ra gốm thủy tinh trong suốt mà không có bước tạo mầm riêng rẽ làm giảm mức độ phức tạp của quy trình sản xuất, và giúp tiết kiệm năng lượng và thời gian. Theo một số phương án, sự bao gồm việc xử lý tạo mầm có thể cho phép kiểm soát thêm kích thước tinh thể được tạo ra.

Theo các phương án, việc gốm hóa xảy ra ở nhiệt độ lớn hơn hoặc bằng khoảng 750°C, như lớn hơn hoặc bằng khoảng 800°C, lớn hơn hoặc bằng khoảng 850°C, lớn hơn hoặc bằng khoảng 900°C, lớn hơn hoặc bằng khoảng 950°C, lớn hơn hoặc bằng khoảng 1000°C, lớn hơn hoặc bằng khoảng 1050°C, lớn hơn hoặc bằng khoảng 1100°C, hoặc hơn nữa. Theo các phương án, việc gốm hóa xảy ra ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 750°C đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 1100°C, như nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 800°C đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 1050°C, lớn hơn hoặc bằng khoảng 850°C đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 1000°C, hoặc lớn hơn hoặc bằng khoảng 900°C đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 950°C, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên.

Theo các phương án, việc gốm hóa kéo dài trong khoảng thời gian lớn hơn hoặc bằng khoảng 30 phút, như lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,0 giờ, 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, 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, lớn hơn hoặc bằng khoảng 15,5 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 16,0 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 16,5 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 17,0 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 17,5 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 18,0 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 18,5 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 19,0 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 19,5 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 20,0 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 20,5 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 21,0 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 21,5 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 22,0 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 22,5 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 23,0 giờ, hoặc lớn hơn hoặc bằng khoảng 23,5 giờ. Theo các phương án, việc gồm hóa kéo dài trong khoảng thời gian nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 30 phút đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 24,0 giờ, như lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,0 giờ đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 23,0 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,5 giờ đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 22,0 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 2,0 giờ đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 21,0 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 2,5 giờ đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 20,0 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 3,0 giờ đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 19,0 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 3,5 giờ đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 18,0 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 4,0 giờ đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 17,0 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 4,5 giờ đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 16,0 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 14,0 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 6,0 giờ đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 13,0 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 6,5 giờ đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 12,0 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 7,0 giờ đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 11,0 giờ, lớn hơn hoặc bằng khoảng 7,5 giờ đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 10,0 giờ, hoặc lớn hơn hoặc bằng khoảng 8,0 giờ đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 9,0 giờ, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên.

Theo các phương án bao gồm việc xử lý tạo mầm, việc xử lý tạo mầm xảy ra ở nhiệt độ lớn hơn hoặc bằng khoảng 700°C, như lớn hơn hoặc bằng khoảng 750°C, lớn hơn hoặc bằng khoảng 800°C, lớn hơn hoặc bằng khoảng 850°C, lớn hơn hoặc bằng khoảng 900°C, lớn hơn hoặc bằng khoảng 950°C, hoặc lớn hơn hoặc bằng khoảng 1000°C, hoặc hơn nữa. Theo các phương án, việc xử lý tạo mầm xảy ra ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 700°C đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 1000°C, như nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 750°C đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 950°C, hoặc lớn hơn hoặc bằng khoảng 800°C đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 900°C, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên.

Theo các phương án, việc xử lý tạo mầm kéo dài trong khoảng thời gian lớn hơn 0 phút, như lớn hơn hoặc bằng khoảng 30 phút, lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,0 giờ, 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, hoặc hơn nữa. Theo các phương án, việc gôm hóa kéo dài trong khoảng thời gian nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 30 phút đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 4,0 giờ, như nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,0 giờ đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 3,5 giờ, hoặc lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,5 giờ đến nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 3,0 giờ, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên.

Theo các phương án, gôm thủy tinh cũng được gia cường về mặt hóa học, như bằng cách trao đổi ion, tạo ra gôm thủy tinh có tính chống hư hỏng cho các ứng dụng như, nhưng không chỉ giới hạn ở, các bộ phận che màn hiển thị. Tham chiếu đến Fig. 1, gôm thủy tinh có vùng thứ nhất chịu ứng suất nén (ví dụ, các lớp nén thứ nhất và thứ hai **120**, **122** trên Fig. 1) kéo dài từ bề mặt đến độ sâu nén (depth of compression - DOC) của gôm 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 gôm thủy tinh. Như được sử dụng trong bản mô tả này, DOC chỉ độ sâu tại đó ứng suất trong gôm 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 quy ước thường được sử dụng trong lĩnh vực này, sự nén hoặc ứng suất nén được biểu thị dưới dạng ứng suất âm (< 0) và sự kéo hoặc ứng suất kéo được biểu thị dưới dạng ứng suất dương (> 0). Tuy nhiên, trong toàn bộ phần mô tả này, CS được biểu thị dưới dạng trị số dương hoặc trị số tuyệt đối—*tức là*, như được trích dẫn trong bản mô tả này, $CS = |CS|$. 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 với khoảng cách d từ bề mặt theo hàm. Tham chiếu lần nữa 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 tấm thủy tinh **100**. Ứng suất nén (bao gồm CS bề mặt) được đo bằng máy đo ứng suất bề mặt (surface stress meter - FSM) bằng cách sử dụng các dụng cụ có bán trên thị trường như FSM-6000, do Orihara Industrial Co., Ltd. (Nhật Bản) sản xuất. Các phép đo ứng suất bề mặt dựa vào việc đo chính xác hệ số quang ứng suất (stress optical coefficient - SOC), mà liên quan đến tính lưỡng chiết của thủy tinh. Còn SOC được đo theo Quy trình C (Phương pháp đĩa thủy tinh) được mô tả trong tiêu chuẩn ASTM C770-16, với tiêu đề “Standard Test Method for Measurement of Glass Stress-Optical Coefficient,” nội dung của nó được hợp nhất toàn bộ vào bản mô tả này bằng cách viện dẫn.

Ứng suất nén của cả hai vùng ứng suất nén (**120**, **122** trên Fig. 1) được làm cân bằng bằng sự kéo dự trữ trong vùng trung tâm (**130**) của thủy tinh. Các trị số ứng suất kéo trung tâm (CT) tối đa và DOC được đo bằng cách sử dụng kỹ thuật kính phân cực ánh sáng tán xạ (scattered light polariscope - SCALP) đã biết trong lĩnh vực này.

Các lớp ứng suất nén có thể được tạo ra trong thủy tinh bằng cách cho thủy tinh tiếp xúc với dung dịch trao đổi ion. Theo các phương án, dung dịch trao đổi ion có thể là muối nitrat nóng chảy. Theo một số phương án, dung dịch trao đổi ion có thể là KNO_3 nóng chảy, $NaNO_3$ nóng chảy, hoặc các tổ hợp của chúng. Theo các phương án nhất định, dung dịch trao đổi ion có thể 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 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 10% NaNO_3 nóng chảy, như nhiều hơn hoặc bằng khoảng 15% NaNO_3 nóng chảy, nhiều hơn hoặc bằng khoảng 20% NaNO_3 nóng chảy, 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 khác, 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, 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 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 nhúng 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 Hoa Kỳ số 2016/0102011, tài liệu đó 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 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, vẫn có thành phần của gốm thủy tinh vốn được tạo ra.

Các vật phẩm gốm thủy tinh được bộc lộ trong bản mô tả này có thể được kết hợp vào trong một vật phẩm khác như vật phẩm có màn hiển thị (hoặc các vật phẩm hiển thị) (ví dụ, các thiết bị điện tử dân dụng, bao gồm điện thoại di động, máy tính bảng, máy tính, hệ thống dẫn đường, và các thiết bị tương tự), các vật phẩm kiến trúc, các vật phẩm vận tải (ví dụ, ô tô, tàu, máy bay, tàu biển, v.v.), các vật phẩm gia dụng, hoặc vật phẩm bất kỳ mà yêu cầu độ trong suốt, tính chống xước, khả năng chịu mài mòn nào đó hoặc kết hợp của chúng. Vật phẩm được nêu làm ví dụ kết hợp vật phẩm gốm thủy tinh bất kỳ trong số các vật phẩm gốm thủy tinh được bộc lộ trong bản mô tả này được thể hiện trên các Fig. 2A và 2B. Cụ thể là, các Fig. 2A và 2B thể hiện thiết bị điện tử dân dụng 200 bao gồm vỏ 202 có mặt trước 204, mặt sau 206, và các mặt bên 208; các linh kiện điện (không được thể hiện trên hình vẽ) mà nằm ít nhất một phần bên trong hoặc hoàn toàn nằm trong vỏ và bao gồm ít nhất bộ điều khiển, bộ nhớ, và màn hiển thị 210 ở hoặc sát mặt trước của vỏ; và lớp nền che 212 ở hoặc bên trên mặt trước của vỏ sao cho nó ở bên trên màn hiển thị. Theo một số phương án, ít nhất một phần của ít nhất một trong số lớp nền che 212 và/hoặc vỏ 202 có thể bao gồm vật phẩm thủy tinh bất kỳ trong số các vật phẩm thủy tinh được bộc lộ trong bản mô tả này.

Ví dụ thực hiện sáng chế

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

Gốm thủy tinh có các thành phần được liệt kê trong bảng 1 dưới đây được tạo ra và được gốm hóa theo các lịch trình gốm hóa được chỉ định. Chi tiết về lịch trình gốm hóa được đưa ra trong bảng 2 dưới đây. Trong bảng 1, tất cả các thành phần được tính theo % mol, và các đặc tính khác nhau của hợp phần thủy tinh được đo theo các phương pháp được mô tả trong bản mô tả này.

Bảng 1

% mol	A	B	C	D	E	F	G	H
SiO ₂	66,2	54,2	55,0	54,1	53,8	53,7	53,8	46,8
Al ₂ O ₃	13,7	18,6	18,8	19,2	19,1	20,3	20,5	24,1
ZnO	8,6	11,3	10,0	10,4	10,5	10,7	10,3	10,3
MgO	4,6	6,3	5,7	5,9	5,8	5,9	5,9	5,8
BaO	1,0	1,4	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
TiO ₂	4,1	5,9	4,0	4,0	4,1	2,1	2,2	2,1
ZrO ₂	1,7	2,3	3,6	3,5	3,4	3,4	1,6	3,5
Na ₂ O	0,1	0,1	1,8	0,9	0,1	2,6	2,7	6,2
Li ₂ O				1,0	1,9			
HfO ₂							1,8	
As ₂ O ₅			0,02	0,03	0,03	0,03	0,05	0,03
SnO ₂								
Lịch trình gốm hóa	A	A	B	B	C	B	B	B
Tập hợp pha	T, G	T, G	T, G	T, G	T, G	T, G	T, G	T, G
Thủy tinh (% khối lượng)	74	60	63	62	66	61	57	51
Ganit (% khối lượng)	25	39	33	35	30	33	36	42
ZrO ₂ tứ giác	0,9	1,6	4,8	4,0	4,5	5,2	7,2	6,3

(% khối lượng)								
Khối lượng riêng (g/cm ³)	2,792	3,054		3,017			3,055	3,049
Độ cứng (GPa)	10,3	11,1	10,0	10,3	10,3	9,8		
Môđun Young (GPa)	98,3	113,1	108,1	111	111,1	106,2		105,8
Điểm ủ (°C)			906,4	877,5	855,8	890,8		
Điểm biến dạng (°C)			841,6	812,6	792,1	824,9		

Bảng 1 (tiếp theo)

% mol	I	J	K	L
SiO ₂	46,6	46,1	53,4	43,0
Al ₂ O ₃	24,0	23,9	21,2	28,5
ZnO	10,2	10,3	10,4	11,1
MgO	5,8	5,8	5,8	3,1
BaO	1,2	1,2	1,2	2,5
TiO ₂	2,1	2,1		
ZrO ₂	3,5	3,5	4,4	7,8
Na ₂ O	3,1	0,1	3,6	3,0
Li ₂ O	3,4	6,9		1,0
HfO ₂				
As ₂ O ₅	0,03	0,03	0,03	
SnO ₂				0,2
Lịch trình gồm hóa	B	B	D	D
Tập hợp pha	T, G, B		T, G	T, G
Thủy tinh (% thể tích)	47		60	
Ganit (% thể tích)	41		33	
ZrO ₂ tứ giác (% thể tích)	6,0		6,9	
Khối lượng riêng (g/cm ³)			3,019	

Sự tập hợp pha được xác định dựa trên phân tích nhiễu xạ tia X (x-ray diffraction - XRD). Lượng của các pha thủy tinh dư, ganit, và ZrO₂ tứ giác có mặt trong gốm thủy

ting, tính theo % khối lượng, được đo bằng cách sử dụng phân tích định lượng Rietveld. Các trị số khối lượng riêng chỉ trị số như được đo bằng phương pháp nổi theo ASTM C693-93(2013). Độ cứng được đo bằng vật ấn lõm nano, như được mô tả trên đây. Môđun Young được đo bằng kỹ thuật quang phổ siêu âm cộng hưởng loại thông thường được nêu trong ASTM E2001-13, có tiêu đề “Standard Guide for Resonant Ultrasound Spectroscopy for Defect Detection in Both Metallic and Non-metallic Parts.” Điểm ủ và điểm biến dạng được xác định bằng cách sử dụng phương pháp độ nhót uốn chùm theo ASTM C598-93(2013).

Bảng 2

Lịch trình gốm hóa	Các điều kiện
A	800°C trong 2 giờ 1000°C trong 4 giờ
B	1000°C trong 4 giờ
C	825°C trong 4 giờ
D	950°C trong 4 giờ
E	850°C trong 4 giờ
F	800°C trong 2 giờ 1050°C trong 4 giờ
G	800°C trong 2 giờ 950°C trong 4 giờ
H	800°C trong 4 giờ
I	900°C trong 4 giờ
J	800°C trong 2 giờ 1100°C trong 4 giờ
K	800°C trong 2 giờ 900°C trong 4 giờ
L	800°C trong 2 giờ 1000°C trong 4 giờ Làm mát chậm

N	Biến đổi chậm 1 950°C trong 4 giờ
O	Biến đổi chậm 1 850°C trong 4 giờ
P	895°C trong 4 giờ
Q	Biến đổi chậm 1 900°C trong 4 giờ
R	800°C trong 2 giờ 900°C trong 4 giờ Làm mát chậm
S	990°C trong 4 giờ
X	1050°C trong 4 giờ
Y	Biến đổi chậm 2 950°C trong 4 giờ
Z	Biến đổi chậm 1 1100°C trong 4 giờ
AA	Biến đổi chậm 1 950°C trong 2 giờ
AB	Biến đổi chậm 1 950°C trong 24 giờ

Trừ khi có chỉ dẫn khác, lịch trình gồm hóa bao gồm việc làm nóng thủy tinh tiền thân trong buồng đốt từ nhiệt độ trong phòng ở tốc độ biến đổi là 5°C/phút đến điều kiện xử lý được chỉ định, giữ trong thời gian được chỉ định, và sau đó, buồng đốt được cho làm mát xuống nhiệt độ môi trường. Khi lịch trình gồm hóa chỉ ra hai nhiệt độ và thời gian xử lý, thời gian và nhiệt độ xử lý thứ nhất tương ứng với việc xử lý tạo mầm và thời gian và nhiệt độ xử lý thứ hai tương ứng với việc xử lý gồm hóa, với tốc độ biến đổi giữa hai điều kiện xử lý là 5°C/phút. Lịch trình gồm hóa mà chỉ ra điều kiện biến đổi chậm 1 bao gồm việc làm nóng thủy tinh tiền thân trong buồng đốt từ nhiệt độ trong phòng ở tốc độ biến đổi là 5°C/phút đến 700°C và sau đó, ở tốc độ biến đổi là 1°C/phút đến điều kiện xử lý được chỉ định. Lịch trình gồm hóa mà chỉ ra điều kiện biến đổi chậm

2 bao gồm việc làm nóng thủy tinh tiền thân trong buồng đốt từ nhiệt độ trong phòng ở tốc độ biến đổi là $5^{\circ}\text{C}/\text{phút}$ đến 700°C và sau đó, ở tốc độ biến đổi là $0,5^{\circ}\text{C}/\text{phút}$ đến điều kiện xử lý được chỉ định. Lịch trình gồm hóa mà chỉ ra điều kiện làm mát chậm bao gồm việc làm giảm từ 1000°C đến 900°C trong khoảng thời gian 5 giờ, làm giảm từ 900°C đến 800°C trong khoảng thời gian 3 giờ và 10 phút, làm giảm từ 800°C đến 700°C trong khoảng thời gian 2 giờ, và làm giảm từ 700°C đến nhiệt độ trong phòng trong khoảng thời gian 15 phút.

Các pha được phát hiện trong quá trình xác định tập hợp pha được mô tả trong bảng 3 dưới đây.

Bảng 3

Pha	
T	ZrO ₂ tứ giác
G	ganit
B	β -spodumen
V	virgilit
Q	thạch anh
S	srilankit
C	cristobalit
R	rutil
M	Mg-Al-Ti-O
M2	Mg ₂ TiO ₄
P	petalit
B2	benitoit
B3	baddeleyit

Các thủy tinh tiền thân bổ sung có thành phần như được liệt kê trong bảng 4 dưới đây được tạo ra. Trong bảng 4, tất cả các thành phần được tính theo % mol, và các đặc tính được báo cáo là của hợp phần thủy tinh tiền thân.

Bảng 4

Phân tích được (% mol)	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	66,0	63,8	62,3	57,9	56,4	54,0	60,6	60,4
Al ₂ O ₃	13,7	14,4	15,3	17,0	17,8	18,6	16,2	16,0
ZnO	8,6	9,0	9,5	10,6	10,6	11,2	9,6	9,5
MgO	4,6	5,0	5,2	5,8	6,0	6,2	5,3	5,4
ZrO ₂	1,7	1,8	1,9	2,1	2,2	2,3	2,0	5,2
TiO ₂	4,1	4,6	4,3	4,9	5,4	5,9	4,8	1,9
Li ₂ O								
Na ₂ O								
K ₂ O								
BaO	1,0	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,1	1,2
As ₂ O ₅								
NO ₂	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
SnO ₂								
B ₂ O ₃								
CaO								
Ce ₂ O								
GeO ₂								
HfO ₂								
La ₂ O ₃								
MnO								
P ₂ O ₅								
NiO								
Co ₃ O ₄								
SrO								
Ta ₂ O ₅								
ZrO ₂ + TiO ₂	5,8	6,4	6,2	7,0	7,6	8,2	6,8	7,1

Bảng 4 (tiếp theo)

	1	2	3	4	5	6	7	8
Khối lượng riêng (g/cm ³)	2,706	2,745	2,794	2,871	2,923	2,938	2,864	2,887
Hệ số Poisson	0,235		0,244			0,258		
Môđun cắt (GPa)	37,51		38,47			40,82		
Môđun Young (GPa)	92,67		95,77			102,80		
Đường pha lỏng - Không khí (24 giờ, °C)	1410			1460		1470	1450	
Đường pha lỏng - bên trong (24 giờ, °C)	1405			1455		1470	1440	
Đường pha lỏng - Platin (24 giờ, °C)	1400			1450		1470	1440	
Đường pha lỏng - pha sơ cấp	Mulit			Mulit		Mulit	Mulit	
Đường pha lỏng - pha thứ cấp	Ganit			Ganit			Ganit	

Điểm ủ (°C)								
Điểm biến dạng (°C)								
RI @589,3								

Bảng 4 (tiếp theo)

Phân tích được (% mol)	9	10	11	12	13	14	15	16
SiO ₂	59,8	67,8	55,5	55,6	53,5	53,5	54,1	53,5
Al ₂ O ₃	16,1	12,9	17,9	18,0	19,3	19,4	18,8	20,5
ZnO	9,7	7,8	10,7	10,7	10,5	10,3	10,1	10,4
MgO	5,4	4,4	6,0	6,0	5,8	5,8	5,8	5,9
ZrO ₂	2,0	1,6	3,0	3,6	3,4	3,4	3,5	3,4
TiO ₂	5,2	4,2	5,0	4,4	4,1	4,2	4,1	2,2
Li ₂ O						1,0	1,9	
Na ₂ O					1,7	0,9	0,1	2,6
K ₂ O								
BaO	1,1	0,9	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
As ₂ O ₅		0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
NO ₂	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
SnO ₂	0,3							
B ₂ O ₃								
CaO								
Ce ₂ O								
GeO ₂								
HfO ₂								
La ₂ O ₃								
MnO								
P ₂ O ₅								
NiO								
Co ₃ O ₄								
SrO								
Ta ₂ O ₅								
ZrO ₂ + TiO ₂	7,2	5,8	8,0	7,9	7,5	7,5	7,6	5,6

Bảng 4 (tiếp theo)

	9	10	11	12	13	14	15	16
Khối lượng riêng (g/cm ³)	2,8	2,689	2,914	2,922	2,913	2,914	2,917	2,894
Hệ số Poisson		0,228			0,257	0,258	0,259	
Môđun cắt (GPa)		36,89			40,06	40,82	41,02	
Môđun Young (GPa)		90,67			100,73	102,59	103,28	
Đường pha lỏng - Không khí (24 giờ, °C)								
Đường pha lỏng - bên trong (24 giờ, °C)								
Đường pha lỏng - Platin (24 giờ, °C)								
Đường pha lỏng - pha sơ cấp								
Đường pha lỏng - pha thứ cấp								

Điểm ủ (°C)								
Điểm biến dạng (°C)								
RI @589,3								1,591

Bảng 4 (tiếp theo)

Phân tích được (% mol)	17	18	19	20	21	22	23	24
SiO ₂	51,9	52,0	51,9	50,2	50,1	50,0	53,9	54,1
Al ₂ O ₃	20,3	20,2	20,1	21,2	21,1	21,0	20,4	20,5
ZnO	10,3	10,2	10,2	10,2	10,2	10,1	10,4	16,1
MgO	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	
ZrO ₂	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,4	3,0	2,9
TiO ₂	4,2	4,1	4,1	4,2	4,1	4,1	2,2	2,2
Li ₂ O		1,5	2,9		2,0	3,9		
Na ₂ O	2,6	1,3	0,1	3,5	1,8	0,1	2,6	2,7
K ₂ O								
BaO	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
As ₂ O ₅	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
NO ₂	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
SnO ₂								
B ₂ O ₃								
CaO								
Ce ₂ O								
GeO ₂								
HfO ₂								
La ₂ O ₃								
MnO								
P ₂ O ₅								
NiO								
Co ₃ O ₄								
SrO								
Ta ₂ O ₅								
ZrO ₂ + TiO ₂	7,4	7,4	7,4	7,5	7,5	7,5	5,2	5,0

Bảng 4 (tiếp theo)

	17	18	19	20	21	22	23	24
Khối lượng riêng (g/cm ³)	2,921	2,916	2,923	2,942	2,932	2,934	2,880	2,953
Hệ số Poisson	0,259			0,234			0,254	0,258
Môđun cắt (GPa)	39,99			41,30			39,51	38,61
Môđun Young (GPa)	100,73			101,90			99,08	97,08
Đường pha lỏng - Không khí (24 giờ, °C)								
Đường pha lỏng - bên trong (24 giờ, °C)								
Đường pha lỏng - Platin (24 giờ, °C)								
Đường pha lỏng - pha sơ cấp								
Đường pha lỏng - pha thứ cấp								

Điểm ủ (°C)								
Điểm biến dạng (°C)								
RI @589,3	1,6042	1,6060	1,6094	1,6090	1,6127		1,5882	1,5929

Bảng 4 (tiếp theo)

Phân tích được (% mol)	25	26	27	28	29	30	31	32
SiO ₂	53,5	53,3	46,6	46,5	46,0	45,0	46,4	46,2
Al ₂ O ₃	20,4	20,1	24,1	24,0	24,0	24,9	24,1	24,0
ZnO	10,2	10,3	10,1	10,0	10,1	9,9	10,1	10,1
MgO	5,9	5,7	5,8	5,8	5,8	5,7	5,8	5,8
ZrO ₂	1,7	3,1	3,5	3,5	3,5	3,6	3,5	3,5
TiO ₂	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
Li ₂ O				3,4	6,9		1,1	2,0
Na ₂ O	2,7	2,6	6,2	3,1	0,1	7,1	5,2	4,6
K ₂ O								
BaO	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
As ₂ O ₅	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
NO ₂	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
SnO ₂								
B ₂ O ₃								
CaO								
Ce ₂ O								
GeO ₂								
HfO ₂	1,8							
La ₂ O ₃		1,0						
MnO								
P ₂ O ₅								
NiO								
Co ₃ O ₄								
SrO								
Ta ₂ O ₅								
ZrO ₂ + TiO ₂	3,9	5,3	5,7	5,6	5,6	5,8	5,7	5,7

Bảng 4 (tiếp theo)

	25	26	27	28	29	30	31	32
Khối lượng riêng (g/cm ³)	2,94	2,962	2,91	2,926	0	2,921	2,918	2,918
Hệ số Poisson			0,259			0,259	0,257	0,261
Môđun cắt (GPa)			39,02			39,2	40,1	40,2
Môđun Young (GPa)			98,25			98,7	100,7	101,4
Đường pha lỏng - Không khí (24 giờ, °C)			>1490 C					
Đường pha lỏng - bên trong (24 giờ, °C)			>1490 C					
Đường pha lỏng - Platin (24 giờ, °C)			>1490 C					
Đường pha lỏng - pha sơ cấp			không thể xác định					
Đường pha lỏng - pha thứ cấp			không thể xác định					

Điểm ủ (°C)								
Điểm biến dạng (°C)								
RI @589,3			1,5935			1,5939	1,5961	1,5959

Bảng 4 (tiếp theo)

Phân tích được (% mol)	33	34	35	36	37	38	39	40
SiO ₂	46,3	54,0	53,2	53,8	53,8	53,4	53,5	52,4
Al ₂ O ₃	24,0	20,7	21,2	20,6	20,8	20,9	20,9	20,7
ZnO	10,1	10,4	10,3	10,4	10,4	10,1	10,1	10,0
MgO	5,8	6,0	5,8	5,9	5,9	5,7	5,7	5,7
ZrO ₂	3,5	2,6	4,4	3,2	3,2	4,7	4,6	4,3
TiO ₂	2,2	2,2		1,7	1,4			
Li ₂ O	2,6							
Na ₂ O	3,9	2,6	3,6	2,9	3,0	3,6	3,6	5,3
K ₂ O								
BaO	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
As ₂ O ₅	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1			0,1
NO ₂	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
SnO ₂						0,1	0,1	
B ₂ O ₃								
CaO								
Ce ₂ O								
GeO ₂								
HfO ₂								
La ₂ O ₃								
MnO								
P ₂ O ₅								
NiO								
Co ₃ O ₄								
SrO								
Ta ₂ O ₅								
ZrO ₂ + TiO ₂	5,7	4,8	4,4	4,8	4,6	4,7	4,6	4,3

Bảng 4 (tiếp theo)

	33	34	35	36	37	38	39	40
Khối lượng riêng (g/cm ³)	2,922	2,864	2,892	2,875	2,875	2,896	2,896	2,881
Hệ số Poisson	0,263	0,254	0,253	0,254	0,252	0,258	0,253	0,254
Môđun cắt (GPa)	40,7	39,2	39,2	39,2	39,2	39,2	39,3	38,3
Môđun Young (GPa)	102,9	98,2	98,3	98,2	98,1	98,7	98,5	96,1
Đường pha lỏng - Không khí (24 giờ, °C)								
Đường pha lỏng - bên trong (24 giờ, °C)								
Đường pha lỏng - Platin (24 giờ, °C)								
Đường pha lỏng - pha sơ cấp								
Đường pha lỏng - pha thứ cấp								

Điểm ủ (°C)								
Điểm biến dạng (°C)								
RI @589,3	1,5959	1,5851	1,5820	1,5850	1,5836	1,5819	1,5824	1,5779

Bảng 4 (tiếp theo)

Phân tích được (% mol)	41	42	43	44	45	46	47	48
SiO ₂	51,4	45,5	50,3	51,5	53,6	52,2	52,2	44,6
Al ₂ O ₃	20,3	24,8	22,5	21,0	20,1	20,5	20,6	25,2
ZnO	9,8	12,6	11,1	10,0	9,8	9,9	10,0	12,0
MgO	5,6	7,0	6,2	5,7	5,5	5,6	5,7	6,6
ZrO ₂	4,2	4,9	4,7	4,7	4,1	4,6	4,3	4,9
TiO ₂								
Li ₂ O					1,0		1,0	
Na ₂ O	7,1	3,6	3,6	5,4	4,3	5,6	4,6	5,2
K ₂ O								
BaO	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
As ₂ O ₅	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1
NO ₂	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
SnO ₂					0,1	0,1		
B ₂ O ₃								
CaO								
Ce ₂ O								
GeO ₂								
HfO ₂								
La ₂ O ₃								
MnO								
P ₂ O ₅								
NiO								
Co ₃ O ₄								
SrO								
Ta ₂ O ₅								
ZrO ₂ + TiO ₂	4,2	4,9	4,7	4,7	4,1	4,6	4,3	4,9

Bảng 4 (tiếp theo)

	41	42	43	44	45	46	47	48
Khối lượng riêng (g/cm ³)	2,869		3,015	2,898	2,867	2,898	2,867	2,982
Hệ số Poisson	0,252	0,26	0,269					
Môđun cắt (GPa)	37,2	40,2	41,3					
Môđun Young (GPa)	93,1	101,2	104,7					
Đường pha lỏng - Không khí (24 giờ, °C)								
Đường pha lỏng - bên trong (24 giờ, °C)								
Đường pha lỏng - Platin (24 giờ, °C)								
Đường pha lỏng - pha sơ cấp								
Đường pha lỏng - pha thứ cấp								

Điểm ủ (°C)		731,6						
Điểm biến dạng (°C)		689,9						
RI @589,3	1,5740	1,5919	1,60351					

Bảng 4 (tiếp theo)

Phân tích được (% mol)	49	50	51	52	53	54	55	56
SiO ₂	45,3	45,5	45,4	53,3	52,4	51,5	50,6	52,2
Al ₂ O ₃	24,8	24,6	24,6	21,0	20,5	20,5	19,9	20,6
ZnO	12,6	12,5	12,6	10,1	9,9	9,9	9,7	9,9
MgO	6,9	6,9	6,9	0,0	5,7	5,5	5,4	4,7
ZrO ₂	5,1	5,0	5,0	4,3	4,6	4,5	4,6	4,4
TiO ₂								
Li ₂ O								
Na ₂ O	3,6	3,6	3,6	3,8	3,7	3,7	3,6	3,7
K ₂ O								
BaO	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1
As ₂ O ₅	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
NO ₂	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
SnO ₂								
B ₂ O ₃						2,9	4,7	1,0
CaO				5,7	0,2			1,1
Ce ₂ O	0,1	0,2	0,3					
GeO ₂								
HfO ₂								
La ₂ O ₃								
MnO								
P ₂ O ₅					1,4			0,9
NiO								
Co ₃ O ₄								
SrO								
Ta ₂ O ₅								
ZrO ₂ + TiO ₂	5,1	5,0	5,0	4,3	4,6	4,5	4,6	4,4

Bảng 4 (tiếp theo)

	49	50	51	52	53	54	55	56
Khối lượng riêng (g/cm ³)				2,894	2,875	2,865	2,842	2,865
Hệ số Poisson				0,251	0,253	0,252	0,255	0,248
Môđun cắt (GPa)				38,3	38,5	38,3	37,5	38,2
Môđun Young (GPa)				95,9	96,4	95,8	94,2	95,3
Đường pha lỏng - Không khí (24 giờ, °C)								
Đường pha lỏng - bên trong (24 giờ, °C)				1480	1475		1470	
Đường pha lỏng - Platin (24 giờ, °C)				>1500	>1500		>1500	
Đường pha lỏng - pha sơ cấp								
Đường pha lỏng - pha thứ cấp								

Điểm ủ (°C)								
Điểm biến dạng (°C)								
RI @589,3				1,5830	1,5775	1,5786	1,5766	1,5774

Bảng 4 (tiếp theo)

Phân tích được (% mol)	57	58	59	60	61	62	63	64
SiO ₂	52,1	50,1	49,7	53,3	52,5	53,2	52,3	53,1
Al ₂ O ₃	20,3	19,5	19,6	21,2	21,0	21,2	20,9	21,3
ZnO	9,9	9,4	9,5	10,2	10,1	10,2	10,0	10,2
MgO	5,6	2,2	2,2	5,8	5,7	5,8	5,7	5,8
ZrO ₂	4,6	4,4	4,4	4,4	4,3	4,4	4,6	4,4
TiO ₂								
Li ₂ O			1,2					
Na ₂ O	3,7	3,6	3,6	3,8	3,8	3,8	3,9	3,9
K ₂ O		1,0						
BaO	1,2	1,1	1,1					
As ₂ O ₅	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
NO ₂	0,2	0,2	0,2					
SnO ₂								
B ₂ O ₃		3,8	4,0					
CaO		2,2	2,2			1,2	2,4	
Ce ₂ O								
GeO ₂								
HfO ₂								
La ₂ O ₃								
MnO								1,2
P ₂ O ₅	2,2	2,2	2,2					
NiO								
Co ₃ O ₄								
SrO				1,2	2,3			
Ta ₂ O ₅								
ZrO ₂ + TiO ₂	4,6	4,4	4,4	4,4	4,3	4,4	4,6	4,4

Bảng 4 (tiếp theo)

Phân tích được (% mol)	65	66	67	68	69	70	71	72
SiO ₂	53,3	54,3	53,7	53,5	53,1	53,15	53,2	53,8
Al ₂ O ₃	21,1	20,8	21,0	21,0	20,8	20,8	20,8	21
ZnO	10,2	9,9	10,0	10,1	15,5	15,5	15,5	10
MgO	5,8	5,8	5,8	5,8				5,7
ZrO ₂	4,6	2,5	4,5	4,5	5,2	5,2	5,2	5,3
TiO ₂								
Li ₂ O								
Na ₂ O	3,9	3,8	3,8	3,8	4,1	4,1	4,1	4,1
K ₂ O								
BaO					1,2	1,2	1,2	
As ₂ O ₅	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1			0,1
NO ₂								
SnO ₂						0,05		
B ₂ O ₃								
CaO								
Ce ₂ O								
GeO ₂	1,0							
HfO ₂								
La ₂ O ₃								
MnO								
P ₂ O ₅		2,7						
NiO			1,0					
Co ₃ O ₄				1,1				
SrO								
Ta ₂ O ₅								
ZrO ₂ + TiO ₂	4,6	2,5	4,5	4,5	5,2	5,2	5,2	5,3

Bảng 4 (tiếp theo)

Phân tích được (% mol)	73	74	75	76	77
SiO ₂	53,85	53,8	52	52,05	52,1
Al ₂ O ₃	21	21	21,4	21,4	21,4
ZnO	10	10	9,7	9,7	9,7
MgO	5,7	5,7	5,5	5,5	5,5
ZrO ₂	5,3	5,3	5,1	5,1	5,1
TiO ₂					
Li ₂ O			1	1	1
Na ₂ O	4,1	4,1	4	4	4
K ₂ O					
BaO			1,2	1,2	1,2
As ₂ O ₅			0,1	0,05	
NO ₂					
SnO ₂	0,05				
B ₂ O ₃					
CaO					
Ce ₂ O					
GeO ₂					
HfO ₂					
La ₂ O ₃					
MnO					
P ₂ O ₅					
NiO					
Co ₃ O ₄					
SrO					
Ta ₂ O ₅					
ZrO ₂ + TiO ₂	5,3	5,3	5,1	5,1	5,1

Hệ số Poisson được đo bằng kỹ thuật quang phổ siêu âm cộng hưởng loại thông thường được nêu trong ASTM E2001-13, có tiêu đề “Standard Guide for Resonant Ultrasound Spectroscopy for Defect Detection in Both Metallic and Non-metallic Parts.” Mô đun cắt được đo bằng kỹ thuật quang phổ siêu âm cộng hưởng loại thông thường được nêu trong ASTM E2001-13, có tiêu đề “Standard Guide for Resonant Ultrasound Spectroscopy for Defect Detection in Both Metallic and Non-metallic Parts.” 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” hoặc phương pháp truyền gradien. Các nhiệt độ đường pha lỏng không khí, bên trong, và platin chỉ vị trí của phép đo trong mẫu, với bên trong là ở trong của mẫu, không khí là mặt tiếp giáp không khí-mẫu, và platin là mặt tiếp giáp chén nung platin-mẫu. Trong một số trường hợp riêng biệt, nhiệt độ đường pha lỏng được xác định bằng cách kết tinh mẫu từ dịch nóng chảy, và quan sát nhiệt độ tại đó sự kết tinh bắt đầu. Chỉ số khúc xạ (refractive index - RI) của thủy tinh tiền thân được đo ở bước sóng là 589,3 nm.

Các gốm thủy tinh bổ sung được tạo ra bằng cách thay đổi lịch trình gốm hóa đối với các thành phần được báo cáo trên đây. Các đặc tính của các gốm thủy tinh thu được và các lịch trình gốm hóa mà tạo ra các gốm thủy tinh được báo cáo trong bảng 5 dưới đây. Ngoài ra, một số trong số các gốm thủy tinh được trao đổi ion, như được báo cáo trong bảng 5. Độ chênh lệch khối lượng riêng được báo cáo trong bảng 5 được dùng để chỉ mức độ thay đổi về khối lượng riêng của thủy tinh tiền thân khi tạo ra gốm thủy tinh.

Bảng 5

Thành phần	1	2	3	4	5	6	7	8
Lịch trình gồm hóa	L	L	L	L	L	L	L	L
Khối lượng riêng (g/cm ³)	2,792	2,828	2,872	2,955	3,014	3,054	2,93	2,984
Độ chênh lệch khối lượng riêng (%)	3,08	2,93	2,72	2,84	3,02	3,80	2,25	3,25
Pha 1	G	G	G	G	G	G	G	G
Kích thước tinh thể pha 1 (Å)	66	65	61	61	61	62	58	79
Pha 2	T							T
Kích thước tinh thể pha 2 (Å)								
Thủy tinh (% khối lượng)	74	73	70	66	64	60	68	65
Ganit (% khối lượng)	25,2	25,5	28,9	32	34	39	30	28
ZrO ₂ tứ giác (% khối lượng)	0,9	1,5	0,8	2,4	2,5	1,6	1,9	6,7
Các pha khác (% khối lượng)								
Độ cứng (GPa)	10,32		10,70			11,11		
Hệ số Poisson	0,189	0,197	0,2	0,199	0,209	0,203	0,188	0,199
Môđun cắt (GPa)	41,4	42,1	43,1	45,0	46,1	47,0	46,0	44,3
Môđun Young (GPa)	98,3	100,7	103,4	107,8	111,4	113,1	109,4	106,1
Độ cứng VHN/200 gam tải trọng	776	814	811	821	843	867	832	833

Độ lệch chuẩn	19,5	22,7	19,6	20,6	21,8	17,0	15,3	8,7
Ngưỡng làm xước (N)	2,85		3,5			4		
RI @ 589,3 nm	3		3,75			4,2		
Điểm ủ (°C)								
Điểm biến dạng (°C)								

Bảng 5 (tiếp theo)

Thành phần	9	10	13	14	15	16	17	18
Lịch trình gồm hóa	L	B	B	B	C	B	B	E
Khối lượng riêng (g/cm ³)	2,926	2,759		3,017			3,026	3,039
Độ chênh lệch khối lượng riêng (%)	3,35	2,54		3,41			3,47	4,05
Pha 1	G	G	G	G	G	G	G	G
Kích thước tinh thể pha 1 (Å)	61	78	71	67	63	75	84	68
Pha 2		T	T	T	T	T	T	T
Kích thước tinh thể pha 2 (Å)				88				
Thủy tinh (% khối lượng)	69	75	63	62	66	61	60	61
Ganit (% khối lượng)	29	24	32,6	35	30	33,4	34,9	35,6
ZrO ₂ tứ giác (% khối lượng)	2,2	1,2	4,8	4,0	4,5	5,2	4,7	3,2
Các pha khác (% khối lượng)								
Độ cứng (GPa)		10,08	9,96	10,28	10,28	9,83		
Hệ số Poisson	0,212	0,189	0,206	0,212	0,213	0,203	0,201	
Môđun cắt (GPa)	44,2	40,27	44,82	45,78	45,85	44,20	43,78	
Môđun Young (GPa)	107,1	95,70	108,11	111,01	111,14	106,25	105,97	
Độ cứng - VHN/200 gam tải trọng	830	714	726	750	749	719		

Độ lệch chuẩn	17,0	5,21	28,02	20,53	6,24	31,84		
Ngưỡng làm xước (N)								
RI @589,3							1,6074	
Điểm ủ (°C)		978,6	906,4	877,5	855,8	890,8	880,2	
Điểm biến dạng (°C)		910,7	841,6	812,6	792,1	824,9	814,2	

Bảng 5 (tiếp theo)

Thành phần	19	20	21	22	23	24	25	26
Lịch trình gốm hóa	E	B	E	E	B	B	B	B
Khối lượng riêng (g/cm ³)	3,04	3,04	3,053	3,061		3,076	3,055	3,078
Độ chênh lệch khối lượng riêng (%)	3,85	3,22	3,96	4,15		4,00	3,76	3,77
Pha 1	G	G	G	G	G	G	G	G
Kích thước tinh thể pha 1 (Å)	68	86	75	68	90	99	135	150
Pha 2	T	T	T	T, V	T	T	T	T
Kích thước tinh thể pha 2 (Å)						80	118	110
Thủy tinh (% khối lượng)	63	59	59		61	54	57	57
Ganit (% khối lượng)	34,3	36,3	36,8		35,2	41	36	38
ZrO ₂ tứ giác (% khối lượng)	2,9	5	3,8		4,3	5,1	7,2	5,2
Các pha khác (% khối lượng)								
Độ cứng (GPa)					9,61	9,68		
Hệ số Poisson		0,212			0,202	0,204		
Môđun cắt (GPa)		43,92			44,33	43,4		
Môđun Young (GPa)		106,46			106,593	104,4		
Độ cứng - VHN/200 gam tải trọng								

Độ lệch chuẩn								
Ngưỡng làm xước (N)								
RI @589,3		1,6104			1,5916	1,59645		
Điểm ủ (°C)						881,6		
Điểm biến dạng (°C)						809,6		

Bảng 5 (tiếp theo)

Thành phần	27	28	29	30	31	32	33	34
Lịch trình gồm hóa	B	B	B	B	B	B	B	D
Khối lượng riêng (g/cm ³)	3,049			3,056	3,051	3,054	3,054	2,987
Độ chênh lệch khối lượng riêng (%)	4,56			4,42	4,36	4,45	4,32	4,12
Pha 1	G	G		G	G	G	G	G
Kích thước tinh thể pha 1 (Å)	80	83		73	68	72	94	98
Pha 2	T	B, T		T	T	T	T	T
Kích thước tinh thể pha 2 (Å)	75	440, 123		69	38		81	
Thủy tinh (% khối lượng)	51	47		51	54	55	55	60
Ganit (% khối lượng)	42	41		43	40	39	39	37
ZrO ₂ tứ giác (% khối lượng)	6,3	6		6,7	5,9	5,8	5,8	3,4
Các pha khác (% khối lượng)		5,5						
Độ cứng (GPa)	9,32							
Hệ số Poisson	0,22							
Môđun cắt (GPa)	43,4							
Môđun Young (GPa)	105,8							
Độ cứng - VHN/200 gam tải trọng								

Độ lệch chuẩn								
Ngưỡng làm xước (N)								
RI @589,3	1,6015							
Điểm ủ (°C)	847,9							
Điểm biến dạng (°C)	786,2							

Bảng 5 (tiếp theo)

Thành phần	35	36	37	38	39	40	41	42
Lịch trình gồm hóa	D	D	D	D	D	D	D	D
Khối lượng riêng (g/cm ³)	3,019	2,996	2,993	3,014	3,014	2,996	2,988	
Độ chênh lệch khối lượng riêng (%)	4,21	4,04	3,94	3,92	3,92	3,84	3,98	
Pha 1	G	G	G	G	G	G	G	
Kích thước tinh thể pha 1 (Å)	85	83	93	91	98	107	149	
Pha 2	T	T	T	T	T	T	T	
Kích thước tinh thể pha 2 (Å)				55	90	80	191	
Thủy tinh (% khối lượng)	60	60	60	59	58	57	56	
Ganit (% khối lượng)	33	35	35	33	34	35	35	
ZrO ₂ tứ giác (% khối lượng)	6,9	4,6	4,6	7,5	7,7	7,9	8,8	
Các pha khác (% khối lượng)								
Độ cứng (GPa)								
Hệ số Poisson								
Môđun cắt (GPa)								
Môđun Young (GPa)								
Độ cứng - VHN/200 gam tải trọng								

Độ lệch chuẩn								
Ngưỡng làm xước (N)								
RI @589,3								
Điểm ủ (°C)								
Điểm biến dạng (°C)								

Bảng 5 (tiếp theo)

Thành phần	43	44	45	46	47	48	49	50
Lịch trình gốm hóa	D	N	N	N	N	N	N	N
Khối lượng riêng (g/cm ³)	3,191	3,026	2,981	3,026	2,981	3,162	3,203	
Độ chênh lệch khối lượng riêng (%)	5,52	4,23	3,82	4,23	3,82	5,69		
Pha 1	G	G	G			G	G	
Kích thước tinh thể pha 1 (Å)	93	83	105			49	70	
Pha 2	T	T	T			T	T	
Kích thước tinh thể pha 2 (Å)	86	136	85			90	50	
Thủy tinh (% khối lượng)	49	54	60			47	49	
Ganit (% khối lượng)	43	37	33			44	43	
ZrO ₂ tứ giác (% khối lượng)	8,3	8,8	7,2			8,3	8	
Các pha khác (% khối lượng)								
Độ cứng (GPa)								
Hệ số Poisson								
Môđun cắt (GPa)								
Môđun Young (GPa)								
Độ cứng - VHN/200 gam tải trọng								

Độ lệch chuẩn								
Ngưỡng làm xước (N)								
RI @589,3		1,5840	1,5858					
Điểm ủ (°C)								
Điểm biến dạng (°C)								

Bảng 5 (tiếp theo)

Thành phần	51	52	53	54	55	56	57	58
Lịch trình gồm hóa	N	N	N	N	N	N	O	O
Khối lượng riêng (g/cm ³)		2,988	2,984	2,97	2,946	2,972	2,93	2,79
Độ chênh lệch khối lượng riêng (%)		3,15	3,65	3,54	3,53	3,60		
Pha 1		G	G	G	G	G		
Kích thước tinh thể pha 1 (Å)		97	104	102	115	102		
Pha 2		T	T	T	T	T		
Kích thước tinh thể pha 2 (Å)		91	68	93	95	69		
Thủy tinh (% khối lượng)		61	60	58	58	60	67	87
Ganit (% khối lượng)		31	32	34	34	33	26	4,0
ZrO ₂ tứ giác (% khối lượng)		7,9	7,5	7,7	8,1	7,5	7,9	9,2
Các pha khác (% khối lượng)								
Độ cứng (GPa)		9,30	9,43	9,53	9,08	9,51		
Hệ số Poisson		0,222	0,206	0,213	0,218	0,212		
Môđun cắt (GPa)		41,2	41,6	40,4	38,5	41,2		
Môđun Young (GPa)		100,5	100,5	98,0	93,9	99,7		
Độ cứng - VHN/200 gam tải trọng								

Độ lệch chuẩn								
Ngưỡng làm xước (N)								
RI @589,3		1,5860	1,5793	1,5811	1,5791	1,5796		
Điểm ủ (°C)								
Điểm biến dạng (°C)								

Bảng 5 (tiếp theo)

Thành phần	59	60	61	62	63	64	65
Lịch trình gốm hóa	O	N	N	N	N	N	N
Khối lượng riêng (g/cm ³)	2,805	2,995	3,021	2,981	2,996	2,998	2,986
Độ chênh lệch khối lượng riêng (%)							
Pha 1							
Kích thước tinh thể pha 1 (Å)							
Pha 2							
Kích thước tinh thể pha 2 (Å)							
Thủy tinh (% khối lượng)	92	62	59	60	59	59	61
Ganit (% khối lượng)		34	34	33	34	34	32
ZrO ₂ tứ giác (% khối lượng)	8,3	3,9	7,4	6,6	7,7	6,6	6,3
Các pha khác (% khối lượng)							
Độ cứng (GPa)							
Hệ số Poisson							
Môđun cắt (GPa)							

Môđun Young (GPa)							
Độ cứng - VHN/200 gam tải trọng							
Độ lệch chuẩn							
Ngưỡng làm xước (N)							
RI @589,3							
Điểm ủ (°C)							
Điểm biến dạng (°C)							

Bảng 5 (tiếp theo)

Thành phần	10	13	14	15	16
Lịch trình gốm hóa	B	B	B	C	B
Thành phần bể	50% KNO ₃ , 50% NaNO ₃	100% KNO ₃	100% NaNO ₃	100% NaNO ₃	100% KNO ₃
Nhiệt độ bể (°C)	430	430	430	430	430
Thời gian IOX (giờ)	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5

Bảng 5 (tiếp theo)

Thành phần	1	2	3	4	5	6	7	8
Lịch trình gốm hóa	F	F	F	F	F	F	F	F
Khối lượng riêng (g/cm ³)								
Độ chênh lệch khối lượng riêng (%)								
Pha 1	G	G	G	G	G	G	G	G
Kích thước tinh thể pha 1 (Å)	60	55	54	55	52	56	51	60
Pha 2								T
Kích thước tinh thể pha 2 (Å)								40
Thủy tinh (% khối lượng)								
Ganit (% khối lượng)								
ZrO ₂ tứ giác (% khối lượng)								
Baddeleyit (% khối lượng)								
MgTa ₂ O ₆ (% khối lượng)								
Độ cứng (GPa)								
Hệ số Poisson								
Môđun cắt (GPa)								

Môđun Young (GPa)								
RI @589,3								
Điểm ủ (°C)								
Điểm biến dạng (°C)								

Bảng 5 (tiếp theo)

Thành phần	9	10	11	12	13	14	15	16
Lịch trình gồm hóa	F	L	G	G	G	G	G	G
Khối lượng riêng (g/cm ³)								
Độ chênh lệch khối lượng riêng (%)								
Pha 1	G	G	G	G	G	G	G	G
Kích thước tinh thể pha 1 (Å)	52	70	66	63	63	68	74	67
Pha 2			T	T	T	T	T, V, B2, S	T
Kích thước tinh thể pha 2 (Å)					57	41	*,*,581,*	
Thủy tinh (% khối lượng)		76						
Ganit (% khối lượng)		22,8						
ZrO ₂ tứ giác (% khối lượng)		1,2						
Baddeleyit (% khối lượng)								
MgTa ₂ O ₆ (% khối lượng)								
Độ cứng (GPa)								
Hệ số Poisson								

Môđun cắt (GPa)								
Môđun Young (GPa)								
RI @589,3								
Điểm ủ (°C)								
Điểm biến dạng (°C)								

Bảng 5 (tiếp theo)

Thành phần	22	23	30	31	32	33	34	35
Lịch trình gôm hóa	H	I	P	P	P	P	P	P
Khối lượng riêng (g/cm ³)	3,056		3,066	3,064	3,066	3,067	2,988	3,016
Độ chênh lệch khối lượng riêng (%)	3,99						4,15	4,11
Pha 1	G	G					G	G
Kích thước tinh thể pha 1 (Å)	55	77					79	79
Pha 2	V	T					T	T
Kích thước tinh thể pha 2 (Å)							62	
Thủy tinh (% khối lượng)		62					59	59
Ganit (% khối lượng)		34,6					37	34
ZrO ₂ tứ giác (% khối lượng)		3,8					3,3	6,8
Baddeleyit (% khối lượng)								
MgTa ₂ O ₆ (% khối lượng)								
Độ cứng (GPa)								
Hệ số Poisson								
Môđun cắt (GPa)								

Môđun Young (GPa)								
RI @589,3								
Điểm ủ (°C)								
Điểm biến dạng (°C)								

Bảng 5 (tiếp theo)

Thành phần	36	37	38	39	40	41	42	43
Lịch trình gốm hóa	P	P	N	N	N	N	N	N
Khối lượng riêng (g/cm ³)	2,999	2,997						
Độ chênh lệch khối lượng riêng (%)	4,13	4,07						
Pha 1	G	G						
Kích thước tinh thể pha 1 (Å)	75	93						
Pha 2	T	T						
Kích thước tinh thể pha 2 (Å)	55	55						
Thủy tinh (% khối lượng)	60	60						
Ganit (% khối lượng)	35	35						
ZrO ₂ tứ giác (% khối lượng)	4,6	4,5						
Baddeleyit (% khối lượng)								
MgTa ₂ O ₆ (% khối lượng)								
Độ cứng (GPa)			10,21	10,18	9,70	9,14	10,61	11,06
Hệ số Poisson			0,206	0,211		0,257	0,227	0,219

Môđun cắt (GPa)			43,8	43,6		40,1	45,6	48,7
Môđun Young (GPa)			105,6	105,7		100,8	112,0	118,6
RI @589,3			1,586037	1,586772	1,584756	1,583014	1,598411	1,614588
Điểm ủ (°C)			873,5	872,9	816,5	759,7	897	939,3
Điểm biến dạng (°C)			810,2	806,9	754,1	703,3	833	880,9

Bảng 5 (tiếp theo)

Thành phần	44	45	46	47	52	53	54	55
Lịch trình gôm hóa	N	N	N	N	Q	Q	Q	Q
Khối lượng riêng (g/cm ³)					2,985	2,984	2,97	2,942
Độ chênh lệch khối lượng riêng (%)					3,05	3,65	3,54	3,40
Pha 1	G	G	G	G	G	G	G	G
Kích thước tinh thể pha 1 (Å)	80	95	91	99	85	102	79	121
Pha 2	T	T	T	T	T	T	T	T
Kích thước tinh thể pha 2 (Å)	120	100	98	101	58	55	76	56
Thủy tinh (% khối lượng)	54	60	56	58	62	60	59	59
Ganit (% khối lượng)	37	33	36	34	30	32	33	33
ZrO ₂ tứ giác (% khối lượng)	8,5	7,5	8,3	7,7	8,3	7,7	7,6	8,1
Baddeleyit (% khối lượng)								
MgTa ₂ O ₆ (% khối lượng)								
Độ cứng (GPa)			9,58	8,71				
Hệ số Poisson	0,209	0,217						
Môđun cắt (GPa)	41,9	43,0						

Môđun Young (GPa)	101,2	104,6						
RI @589,3								
Điểm ủ (°C)	797,2	766						
Điểm biến dạng (°C)	737,7	705,8						

Bảng 5 (tiếp theo)

Thành phần	56	57	58	59	60	61	62	63
Lịch trình gốm hóa	Q	N	N	N	N	N	N	N
Khối lượng riêng (g/cm ³)	2,972							
Độ chênh lệch khối lượng riêng (%)	3,60							
Pha 1	G							
Kích thước tinh thể pha 1 (Å)	95							
Pha 2	T							
Kích thước tinh thể pha 2 (Å)	109							
Thủy tinh (% khối lượng)	61	63	65	66				
Ganit (% khối lượng)	32	29	26	26				
ZrO ₂ tứ giác (% khối lượng)	7,4	7,9	7,5	7,1				
Baddeleyit (% khối lượng)			1,0	1,1				
MgTa ₂ O ₆ (% khối lượng)								
Độ cứng (GPa)								
Hệ số Poisson								
Môđun cắt (GPa)								

Môđun Young (GPa)								
RI @589,3								
Điểm ủ (°C)								
Điểm biến dạng (°C)								

Bảng 5 (tiếp theo)

Thành phần	64	65	66	67	68	69
Lịch trình gôm hóa	N	N	N	N	N	N
Khối lượng riêng (g/cm ³)			2,75	3,012	3,05	3,453
Độ chênh lệch khối lượng riêng (%)						
Pha 1						
Kích thước tinh thể pha 1 (Å)						
Pha 2						
Kích thước tinh thể pha 2 (Å)						
Thủy tinh (% khối lượng)			98	59	56	69
Ganit (% khối lượng)			1,9	35	38	17
ZrO ₂ tứ giác (% khối lượng)				6,5	6,5	
Baddeleyit (% khối lượng)						
MgTa ₂ O ₆ (% khối lượng)						13,42
Độ cứng (GPa)						
Hệ số Poisson						
Môđun cắt (GPa)						
Môđun Young (GPa)						

RI @589,3						
Điểm ủ (°C)						
Điểm biến dạng (°C)						

Bảng 5 (tiếp theo)

Thành phần	1	2	3	4	5	6	7	8
Lịch trình gốm hóa	J	J	J	J	J	J	J	J
Khối lượng riêng (g/cm ³)								
Độ chênh lệch khối lượng riêng (%)								
Pha 1	G	G	G	G	G	G	G	G
Kích thước tinh thể pha 1 (Å)	394	390	390	410	575	645	396	370
Pha 2	Q, S, C, R	Q, S, C, R	Q, S, R, M	Q, S, R, M	S, R, M	Q, S, C, R, M	S, C, R, M	T, Q, M2, C
Kích thước tinh thể pha 2 (Å)	>1000, 273, 480, vết	>1000, 213, 289, 415	675, 250, 390, 225	vết, 215, 370, 190	230, 450, vết	>1000, 420, 590, 670, vết	22, vết, 370, vết	220, >1000, 233, vết
Thủy tinh (% khối lượng)								
Ganit (% khối lượng)								
ZrO ₂ tứ giác (% khối lượng)								

Bảng 5 (tiếp theo)

Thành phần	9	11	12	13	14	15	16	23
Lịch trình gốm hóa	J	R	R	R	R	R	R	H
Khối lượng riêng (g/cm ³)		3,027	3,038	3,032	3,027	3,030	3,012	2,948
Độ chênh lệch khối lượng riêng (%)		3,73	3,82	3,92	3,73	3,73	3,92	2,31
Pha 1	G	G	G	G	G	G	G	G
Kích thước tinh thể pha 1 (Å)	445	66	63	61	66	70	67	55
Pha 2	Q, S, C, R	T	T	T	T	T, P	T	
Kích thước tinh thể pha 2 (Å)	>1000, 325, vét, 400					*,700		
Thủy tinh (% khối lượng)								78
Ganit (% khối lượng)								17,7
ZrO ₂ tứ giác (% khối lượng)								4,8

Bảng 5 (tiếp theo)

Thành phần	35
Lịch trình gồm hóa	S
Khối lượng riêng (g/cm ³)	3,021
Độ chênh lệch khối lượng riêng (%)	4,27
Pha 1	G
Kích thước tinh thể pha 1 (Å)	85
Pha 2	T
Kích thước tinh thể pha 2 (Å)	55
Thủy tinh (% khối lượng)	60
Ganit (% khối lượng)	33
ZrO ₂ tứ giác (% khối lượng)	7,3

Bảng 5 (tiếp theo)

Thành phần	11	12	13	14	15	16	23	34
Lịch trình gốm hóa	K	K	K	K	K	K	I	I
Khối lượng riêng (g/cm ³)	3,026	3,033	3,03	3,025	3,026	3,012		2,985
Độ chênh lệch khối lượng riêng (%)	3,70	3,66	3,86	3,67	3,60	3,92		4,05
Pha 1	G	G	G	G	G	G	G	G
Kích thước tinh thể pha 1 (Å)	65	63	64	67	68	67	76	125
Pha 2	T	T	T	T	T, P	T	T	T
Kích thước tinh thể pha 2 (Å)					*, 900		54	107
Thủy tinh (% khối lượng)							60	60
Ganit (% khối lượng)							36	37
ZrO ₂ tứ giác (% khối lượng)							4,25	3,26

Bảng 5 (tiếp theo)

Thành phần	35	36	37
Lịch trình gồm hóa	I	I	I
Khối lượng riêng (g/cm ³)	3,011	2,992	2,99
Độ chênh lệch khối lượng riêng (%)	3,95	3,91	3,85
Pha 1	G	G	G
Kích thước tinh thể pha 1 (Å)	84	85	103
Pha 2	T	T	T
Kích thước tinh thể pha 2 (Å)	48	57	75
Thủy tinh (% khối lượng)	59	60	60
Ganit (% khối lượng)	34	35	35
ZrO ₂ tứ giác (% khối lượng)	7,08	4,72	5,04

Bảng 5 (tiếp theo)

Thành phần	11	12	13	14	15	16	23	34
Lịch trình gốm hóa	I	I	I	I	I	I	D	D
Khối lượng riêng (g/cm ³)	3,028	3,035	3,029	3,026	3,023	3,012	2,988	2,979
Độ chênh lệch khối lượng riêng (%)	3,76	3,72	3,83	3,70	3,51	3,92	3,61	3,86
Pha 1	G	G	G	G	G	G	G	G
Kích thước tinh thể pha 1 (Å)	68	68	65	68	71	71	87	138
Pha 2	T	T	T	T	T, V, P	T	T	T
Kích thước tinh thể pha 2 (Å)					*, 330, 805		48	127
Thủy tinh (% khối lượng)							60	60
Ganit (% khối lượng)							36	37
ZrO ₂ tứ giác (% khối lượng)							4,5	3,9
Độ cứng (GPa)								
Hệ số Poisson								
Môđun cắt (GPa)								
Môđun Young (GPa)								

RI @589,3								
Điểm ủ (°C)								
Điểm biến dạng (°C)								
SOC (nm/mm/Mpa)								

Bảng 5 (tiếp theo)

Thành phần	35	36	37
Lịch trình gổm hóa	D	D	D
Khối lượng riêng (g/cm ³)	3,012	2,995	2,988
Độ chênh lệch khối lượng riêng (%)	3,98	4,01	3,78
Pha 1	G	G	G
Kích thước tinh thể pha 1 (Å)	96	98	108
Pha 2	T	T	T
Kích thước tinh thể pha 2 (Å)	94	52	78
Thủy tinh (% khối lượng)	59	60	59
Ganit (% khối lượng)	34	35	36
ZrO ₂ tứ giác (% khối lượng)	7,1	4,8	5,1
Độ cứng (GPa)	9,57		
Hệ số Poisson	0,211		
Môđun cắt (GPa)	43,6		
Môđun Young (GPa)	105,6		
RI @589,3	1,5859		

Điểm ủ (°C)	862,3		
Điểm biến dạng (°C)	793,4		
SOC (nm/mm/Mpa)	2,719		

Bảng 5 (tiếp theo)

Thành phần	10	11	12	13	14	15	16	23
Lịch trình gốm hóa	B	L	L	L	L	L	L	N
Khối lượng riêng (g/cm ³)		3,017	3,027	3,023	3,023	3,045	3,007	2,988
Độ chênh lệch khối lượng riêng (%)		3,41	3,47	3,64	3,61	4,20	3,76	3,61
Pha 1		G	G	G	G	G	G	G
Kích thước tinh thể pha 1 (Å)		72	71	70	82	90	61	77
Pha 2		T	T	T	T	T, V, B2, S	T	T
Kích thước tinh thể pha 2 (Å)		40	40	73	60	*, 420, 808, *	88	50
Thủy tinh (% khối lượng)								61
Ganit (% khối lượng)								35
ZrO ₂ tứ giác (% khối lượng)								4,5

Bảng 5 (tiếp theo)

Thành phần	35
Lịch trình gồm hóa	B
Khối lượng riêng (%)	3,01
Độ chênh lệch khối lượng riêng (%)	3,92
Pha 1	G
Kích thước tinh thể pha 1 (Å)	80
Pha 2	T
Kích thước tinh thể pha 2 (Å)	103
Thủy tinh (% khối lượng)	58
Ganit (% khối lượng)	34
ZrO ₂ tứ giác (% khối lượng)	7,1

Bảng 5 (tiếp theo)

Thành phần	23	34	35	36	37
Lịch trình gốm hóa	X	X	X	X	X
Khối lượng riêng (g/cm ³)	2,972	2,962	3,007	2,981	2,98
Độ chênh lệch khối lượng riêng (%)	3,10	3,31	3,82	3,56	3,52
Pha 1	G	G	G	G	G
Kích thước tinh thể pha 1 (Å)	135	170	99	106	136
Pha 2	T	T	T	T	T
Kích thước tinh thể pha 2 (Å)	153	192	132	112	114
Thủy tinh (% khối lượng)	60	60	57	59	60
Ganit (% khối lượng)	35	36	36	35	35
ZrO ₂ tứ giác (% khối lượng)	4,7	4,1	7,4	5,1	5,2

Bảng 5 (tiếp theo)

Thành phần	34	35	36	37	35	35
Lịch trình gốm hóa	N	N	N	N	N	Y
Khối lượng riêng (g/cm ³)	2,981	3,016	2,993	2,991	3,014	3,015
Độ chênh lệch khối lượng riêng (%)	3,92	4,11	3,94	3,88	4,05	4,08
Pha 1	G	G	G	G	G	G
Kích thước tinh thể pha 1 (Å)	94	79	60	74	87	76
Pha 2	T	T	T	T	T	T
Kích thước tinh thể pha 2 (Å)	47	76	54			
Thủy tinh (% khối lượng)	60	59	60	60	59	60
Ganit (% khối lượng)	36	34	35	35	34	33
ZrO ₂ tứ giác (% khối lượng)	3,7	6,9	4,7	4,6	7,3	6,8

Bảng 5 (tiếp theo)

Thành phần	35	35	35
Lịch trình gồm hóa	Z	AB	AA
Khối lượng riêng (g/cm ³)	3,011	3,015	3,013
Độ chênh lệch khối lượng riêng (%)	3,95	4,08	4,02
Pha 1	G	G	G
Kích thước tinh thể pha 1 (Å)	145		
Pha 2	B3, T	T	T
Kích thước tinh thể pha 2 (Å)	*, 266		
Thủy tinh (% khối lượng)	58	61	61
Ganit (% khối lượng)	34	33	32
ZrO ₂ tứ giác (% khối lượng)	7,6	6,8	7
Baddeleyit (% khối lượng)	0,9		

Các kích thước tinh thể được báo cáo theo ăngstrom. Trong đó “*” được biểu thị đối với kích thước tinh thể, kích thước tinh thể đối với pha liên quan không được xác định.

Độ cứng được đo bằng vật ấn lõm Vicker và tải trọng 200 gam. Độ lệch chuẩn đối với các phép đo cũng được báo cáo trong bảng 5.

Ngưỡng làm xước được đo bằng cách sử dụng đầu vật ấn lõm dạng nón cầu 30 μm ở vận tốc trượt là 10 μm /giây trong 100 giây trong môi trường toluen. Các giọt toluen được đặt bên dưới đầu vật ấn lõm và được cấp thêm trong quá trình làm xước để ngăn ngừa sự phát triển vết nứt chậm. Tải trọng tác động được thay đổi từ 1 N đến 5 N và sau đó, được tinh chỉnh tiếp giữa 3,5 N và 4,5 N ở mức tăng 1 N cho đến khi tải trọng ngưỡng đạt được để chuyển tiếp từ đáp ứng dễ uốn sang đáp ứng hư hỏng rạn nứt.

Fig. 3 là ảnh kính hiển vi điện tử xuyên hầm (tunneling electron microscope - TEM) của ví dụ F sau khi được gốm hóa ở 1000°C trong 4 giờ. Như được thể hiện trên ảnh này, các hạt tinh thể nhỏ được tạo ra trong toàn bộ mẫu. Các vùng tối nhất trên Fig. 3 tương ứng với pha thủy tinh dư, các vùng xám tương ứng với pha tinh thể dung dịch rắn ganit-spinel, và các vùng sáng nhất tương ứng với pha tinh thể ZrO_2 tứ giác chứa titan.

Fig. 4 báo cáo độ cứng và mô đun Young của các gốm thủy tinh dưới dạng hàm của nồng độ gộp của $\text{ZnO}+\text{MgO}$ trong gốm thủy tinh. Các gốm thủy tinh có nồng độ Na_2O khác nhau được báo cáo trên Fig. 4. Các gốm thủy tinh được báo cáo trên Fig. 4 là không được trao đổi ion.

Gốm thủy tinh của ví dụ F sau khi được gốm hóa ở 1000°C trong 4 giờ được trao đổi ion trong bể nóng chảy chứa 100% KNO_3 trong thời gian 19,5 giờ ở nhiệt độ 430°C. Nồng độ thu được của Na_2O và K_2O dưới dạng hàm của độ sâu dưới bề mặt của gốm thủy tinh được đo bằng thiết bị vi phân tích đầu dò điện tử (electron probe microanalyzer - EPMA), và được báo cáo trên Fig. 5.

Các gốm thủy tinh được tạo ra với các hàm lượng kim loại kiềm khác nhau, tương ứng với các ví dụ 13, 14, 15, 16, và 10, và sau đó, được trao đổi ion trong bể nóng chảy chứa 100% KNO_3 . Thời gian trao đổi ion được chuẩn hóa dưới dạng $\sqrt{t}$ nhằm mục đích so sánh như được thể hiện trên Fig. 6. Các nồng độ kim loại kiềm là như được thể hiện trên Fig. 6, và sự thay đổi về nồng độ (% khối lượng) dưới dạng hàm của căn bậc hai của thời gian ($\sqrt{t}$) tính theo giờ được đo đối với các gốm thủy tinh khác nhau. Như được thể hiện trên FIG. 6, các gốm thủy tinh chứa hỗn hợp gốm các oxit kim loại kiềm thể hiện sự trao đổi ion nhanh hơn.

Độ truyền qua của các gốm thủy tinh có các thành phần của các ví dụ 16, 17, 23, và 24 và được gốm hóa ở 1000°C trong 4 giờ được đo dưới dạng hàm của bước sóng. Mẫu thủy tinh so sánh có độ dày 1 mm và thành phần bao gồm: 67,37% mol SiO₂, 3,67% mol B₂O₃, 12,73% mol Al₂O₃, 13,77% mol Na₂O, 0,01% mol K₂O, 2,39% mol MgO, 0,01 Fe₂O₃, 0,01% mol ZrO₂, và 0,09% mol SnO₂ cũng được phân tích độ truyền qua. Fig. 7 minh họa độ truyền qua đo được của các gốm thủy tinh và mẫu thủy tinh so sánh.

Gốm thủy tinh có thành phần của ví dụ 35 được gốm hóa ở 950°C trong 4 giờ theo quy trình biến đổi chậm 1. Sau đó, gốm thủy tinh được đưa vào thử nghiệm vòng trên vòng và thử nghiệm vòng trên vòng mài mòn, với các kết quả được thể hiện dưới dạng đồ thị Weibull trên Fig. 8. Các điểm dữ liệu hình vuông là các kết quả vòng trên vòng mài mòn, và các điểm dữ liệu hình thoi là các kết quả vòng trên vòng.

Thử nghiệm vòng trên vòng mài mòn (abraded ring on ring - AROR) 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 AROR 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. Mẫu kiểm tra được mài mòn trước khi thử nghiệm vòng trên vòng bằng các hạt silic cacbua (SiC) 90 grit mà được phân phối vào mẫu thủy tinh ở 5 psi (34,47 kPa) bằng cách sử dụng phương pháp và thiết bị được mô tả trong Phụ lục A2, có tiêu đề "abrasion Procedures", của ASTM C158-02(2012), có tiêu đề "Standard Test Methods for Strength of Glass by Flexure (Determination of Modulus of Rupture). Nội dung của ASTM C158-02 và nội dung của Phụ lục 2 cụ thể được kết hợp toàn bộ vào bản mô tả này bằng cách viện dẫn.

Trước khi thử nghiệm vòng trên vòng, bề mặt của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được bị mài mòn như được mô tả trong ASTM C158-02, Phụ lục 2, để bình thường hóa và/hoặc kiểm soát điều kiện khiếm khuyết bề mặt của mẫu bằng cách sử dụng thiết bị được thể hiện trên Fig. A2.1 của ASTM C158-02. Vật liệu mài được phun cát lên trên bề mặt của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh ở áp suất không khí là 5 psi (34,47 kPa). Sau khi dòng không khí được thiết lập, 5 cm³ vật liệu mài được trút vào trong phễu và mẫu được phun cát trong 5 giây sau khi đưa vật liệu mài vào.

Đối với thử nghiệm AROR, mẫu có ít nhất một bề mặt được mài mòn như được thể hiện trên Fig. 9 được đặt giữa hai vòng đồng tâm có kích cỡ khác nhau để xác định độ bền uốn đẳng lưỡng 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 AROR 400, vật phẩm trên cơ sở thủy tinh được mài mòn 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 trên cơ sở 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. Các vòng tải và vòng đỡ 130, 120 cần được căn chỉnh một cách đồng tâm đến trong phạm vi 0,5% đường kính vòng đỡ D2. Máy cảm biến tải trọng được sử dụng để thử nghiệm cần phải chính xác đến trong phạm vi $\pm 1\%$ ở tải trọng bất kỳ trong khoảng được chọn. Việc thử nghiệm được thực hiện ở nhiệt độ $23 \pm 2^\circ\text{C}$ và độ ẩm tương đối là $40 \pm 10\%$.

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

Cơ chế phá hủy dự kiến đối với thử nghiệm AROR là quan sát sự nứt vỡ của vật phẩm trên cơ sở thủy tinh 410 xuất phát từ bề mặt 430a trong vòng tải 430. Sự phá hủy 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 trên cơ sở 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 phá hủy 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 phá hủy trong mỗi mẫu kiểm tra. Do đó, việc thử nghiệm AROR tập trung vào tải trọng đỉnh tại thời điểm phá hủy như là đáp ứng đo được.

Thử nghiệm vòng trên vòng được thực hiện theo cách giống như thử nghiệm AROR, ngoại trừ bước mài mòn trước thử nghiệm.

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 có kích thước nhất định không thể được dự đoán một cách chính xác, vì về bản chất, độ bền của thủy tinh là mang tính thống kê. Do đó, sự phân bố xác suất có thể được sử dụng làm đại diện thống kê của dữ liệu thu được.

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 % mol 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 được chỉ rõ trước hoặc sau khoảng được bộc lộ hay không.

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 nguyên lý 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 thứ nhất bao gồm $(\text{Mg}_x\text{Zn}_{1-x})\text{Al}_2\text{O}_4$ trong đó x nhỏ hơn 1; và
pha tinh thể thứ hai bao gồm ZrO_2 tứ giác,
trong đó gốm thủy tinh này trong suốt trong vùng nhìn thấy.
2. Gốm thủy tinh theo điểm 1, trong đó gốm thủy tinh này còn bao gồm ít nhất một thành phần trong số Li_2O và Na_2O .
3. Gốm thủy tinh theo điểm 1, trong đó gốm thủy tinh này còn bao gồm Li_2O và Na_2O .
4. Gốm thủy tinh theo điểm 1, trong đó x lớn hơn 0.
5. Gốm thủy tinh theo điểm 1, trong đó gốm thủy tinh này còn bao gồm SiO_2 với lượng nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 35% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 70% mol.
6. Gốm thủy tinh theo điểm 1, trong đó gốm thủy tinh này còn bao gồm:
 SiO_2 với lượng nằm trong khoảng từ 35% mol đến 60% mol;
 Al_2O_3 với lượng lớn hơn 13% mol;
 ZnO với lượng lớn hơn 8% mol;
 MgO với lượng nằm trong khoảng từ 0% mol đến 8% mol; và
 ZrO_2 với lượng nằm trong khoảng từ lớn hơn 0% mol đến 10% mol.
7. Gốm thủy tinh theo điểm 6, trong đó gốm thủy tinh này còn bao gồm:
 TiO_2 với lượng nằm trong khoảng từ 0% mol đến 6% mol;
 Na_2O với lượng nằm trong khoảng từ 0% mol đến 10% mol;
 Li_2O với lượng nằm trong khoảng từ 0% mol đến 8% mol;
 HfO_2 với lượng nằm trong khoảng từ 0% mol đến 10% mol;
 As_2O_5 với lượng nằm trong khoảng từ 0% mol đến 0,1% mol; và
 SnO_2 với lượng nằm trong khoảng từ 0% mol đến 0,3% mol.
8. Gốm thủy tinh theo điểm 1, trong đó $\text{ZrO}_2 + \text{TiO}_2 + \text{HfO}_2 \geq 5\%$ mol.
9. Gốm thủy tinh theo điểm 1, trong đó gốm thủy tinh này hầu như không chứa TiO_2 .
10. Gốm thủy tinh theo điểm 1, trong đó gốm thủy tinh này thể hiện độ kết tinh ít nhất là 10% khối lượng.

11. Gốm thủy tinh theo điểm 1, trong đó gốm thủy tinh này có độ truyền qua ít nhất là 90% trong vùng nhìn thấy.
12. Gốm thủy tinh theo điểm 1, trong đó gốm thủy tinh này gần như không màu.
13. Gốm thủy tinh theo điểm 1, trong đó pha tinh thể thứ nhất có kích thước tinh thể nhỏ hơn 10 nm.
14. Gốm thủy tinh theo điểm 1, trong đó gốm thủy tinh này còn bao gồm vùng ứng suất nén kéo dài từ bề mặt của gốm thủy tinh đến độ sâu nén.
15. Gốm thủy tinh theo điểm 1, trong đó gốm thủy tinh này có độ cứng ít nhất là 9 GPa.
16. Gốm thủy tinh theo điểm 1, trong đó gốm thủy tinh này có môđun Young ít nhất là 98 GPa.
17. Gốm thủy tinh theo điểm 1, trong đó gốm thủy tinh này là không màu với $L^* > 90$, a^* từ -0,2 đến 0,2, và b^* từ -0,1 đến 0,6 với L^* , a^* và b^* mô tả không gian màu trong hệ CIE.
18. Sản phẩm điện tử dân dụng, bao gồm:
vỏ bao gồm mặt trước, mặt sau và các mặt bên;
các linh kiện điện nằm ít nhất một phần trong vỏ, các linh kiện điện này bao gồm ít nhất là bộ điều khiển, bộ nhớ, và màn hiển thị, màn hiển thị nằm ở hoặc sát với mặt trước của vỏ; và
lớp nền che được bố trí bên trên màn hiển thị,
trong đó ít nhất một phần của ít nhất một trong số vỏ hoặc lớp nền che bao gồm gốm thủy tinh theo điểm 1.
19. Phương pháp sản xuất gốm thủy tinh, bao gồm:
gốm hóa thủy tinh tiền thân để tạo ra gốm thủy tinh mà trong suốt trong vùng nhìn thấy,
trong đó gốm thủy tinh này bao gồm:
pha tinh thể thứ nhất bao gồm $(Mg_xZn_{1-x})Al_2O_4$, trong đó x nhỏ hơn 1; và
pha tinh thể thứ hai bao gồm ZrO_2 tứ giác.
20. Phương pháp theo điểm 19, trong đó phương pháp này còn bao gồm việc tạo nhân trong thủy tinh tiền thân trước khi gốm hóa.

21. Phương pháp theo điểm 20, trong đó việc tạo nhân bao gồm xử lý nhiệt thủy tinh tiền thân ở nhiệt độ ít nhất 700°C trong khoảng thời gian ít nhất 1 giờ.
22. Phương pháp theo điểm 19, trong đó việc gốm hóa bao gồm xử lý nhiệt thủy tinh tiền thân ở nhiệt độ ít nhất 750°C trong khoảng thời gian ít nhất 30 phút.
23. Phương pháp theo điểm 19, trong đó phương pháp này còn bao gồm việc trao đổi ion gốm thủy tinh.
24. Phương pháp theo điểm 23, trong đó việc trao đổi ion bao gồm cho gốm thủy tinh tiếp xúc với bể trao đổi ion hỗn hợp.
25. Phương pháp theo điểm 19, trong đó gốm thủy tinh này là không màu với $L^* > 90$, a^* từ -0,2 đến 0,2, và b^* từ -0,1 đến 0,6 với L^* , a^* và b^* mô tả không gian màu trong hệ CIE.

FIG. 1

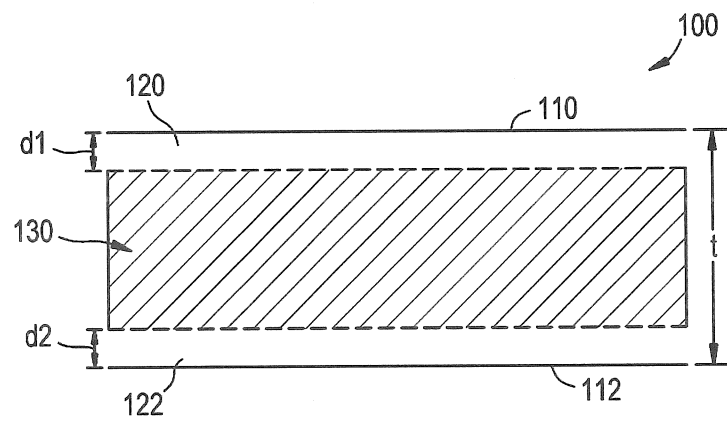


FIG. 2A

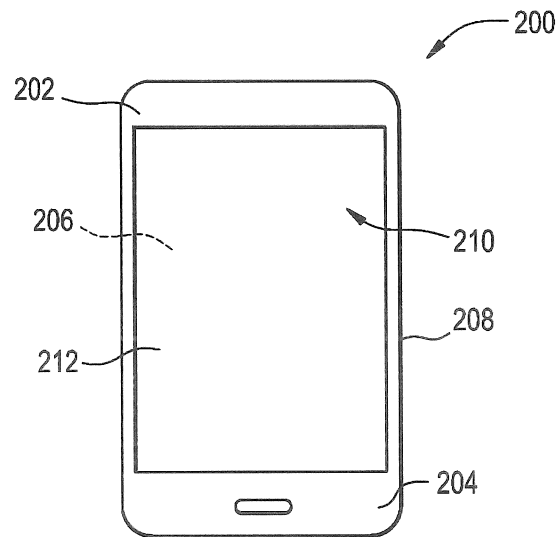


FIG. 2B

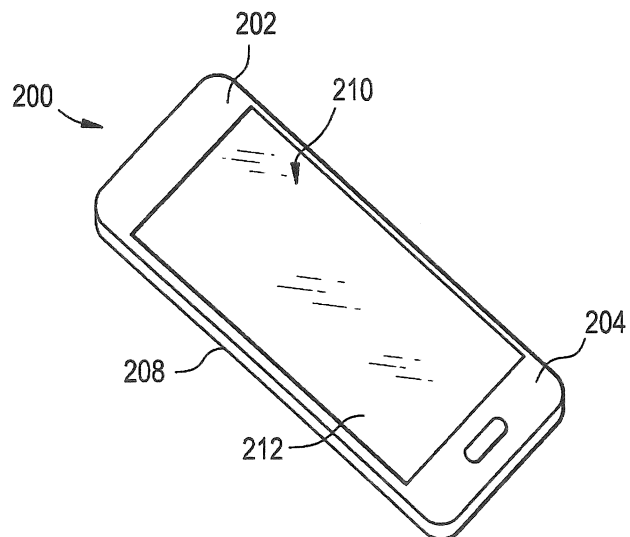


FIG. 3

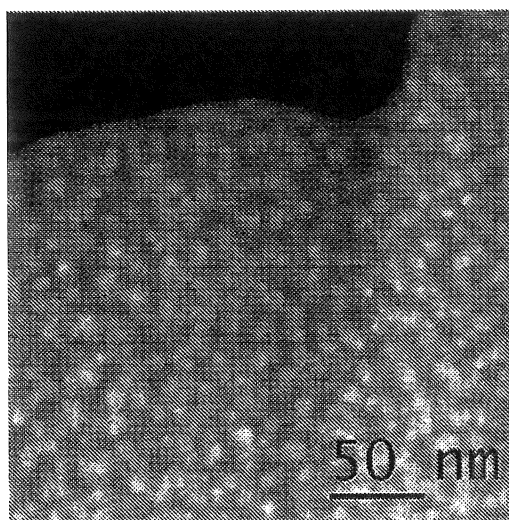


FIG. 4

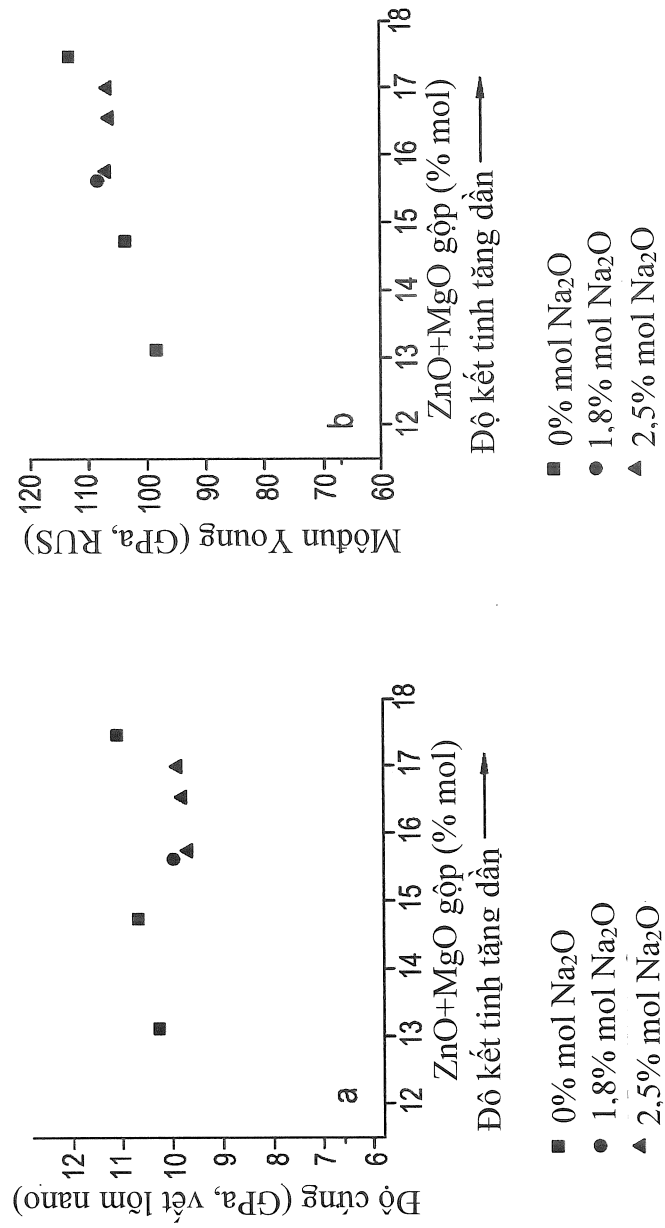


FIG. 5

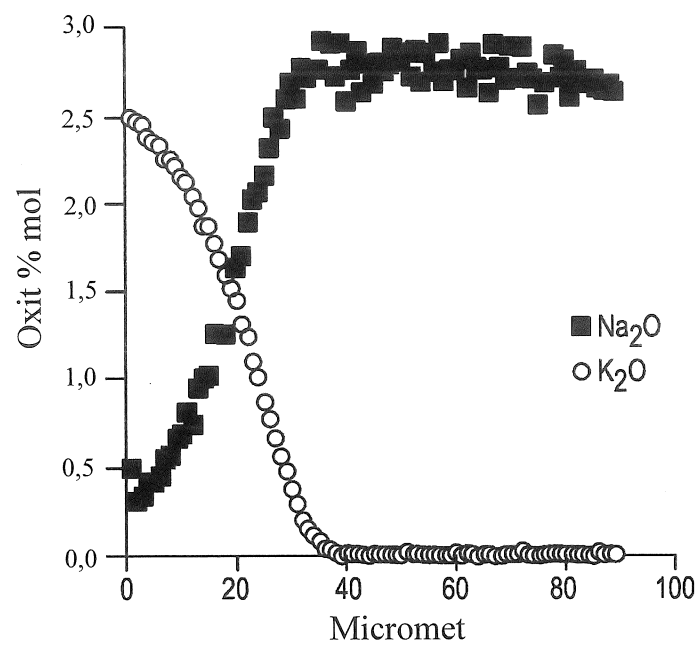


FIG. 6

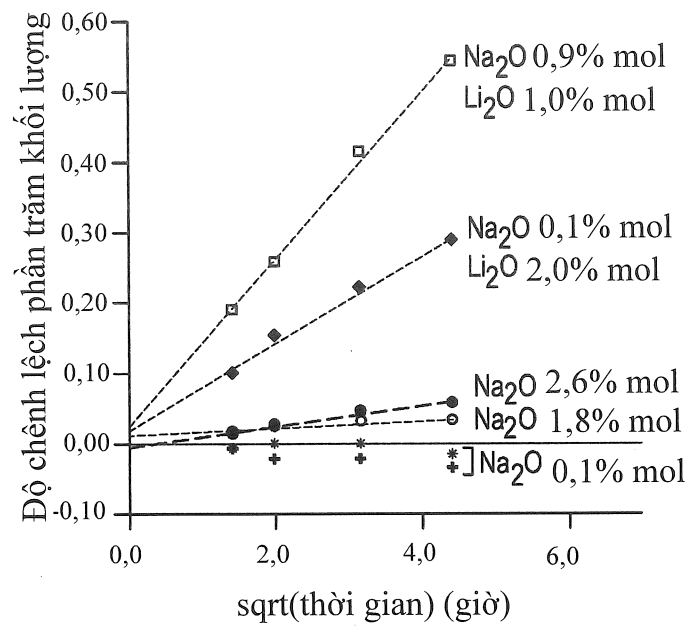


FIG. 7

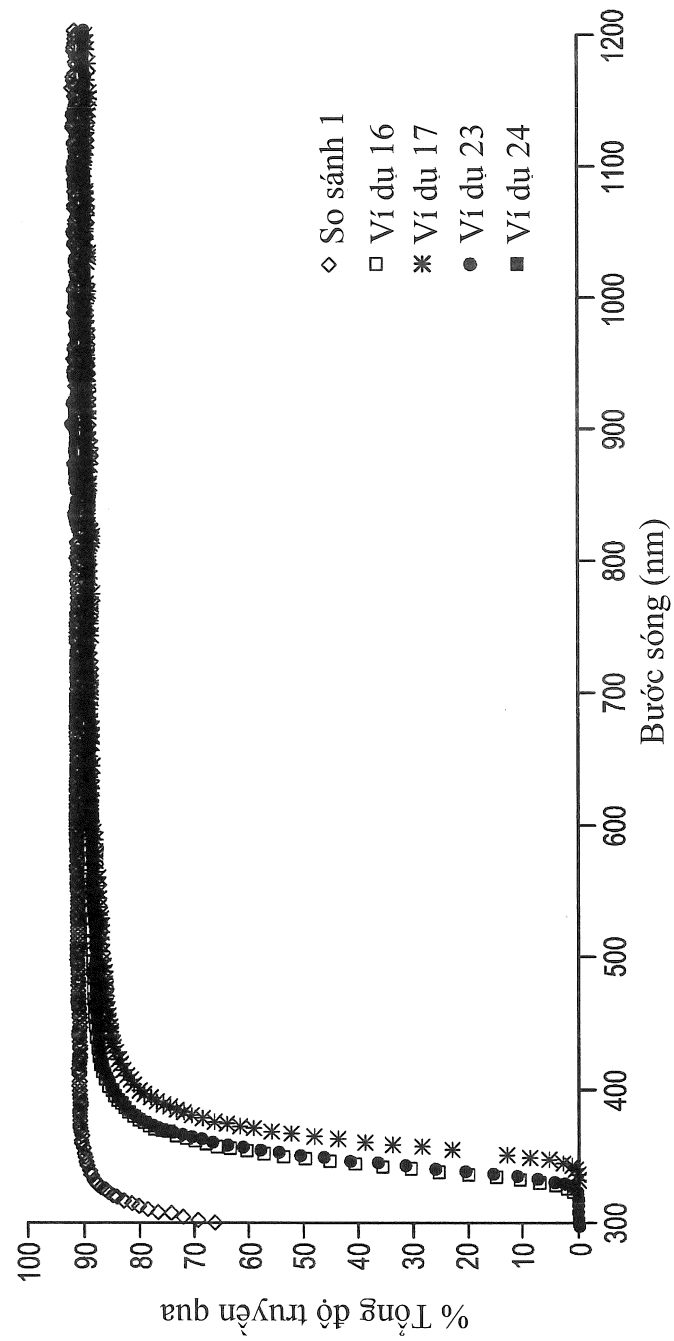


FIG. 8

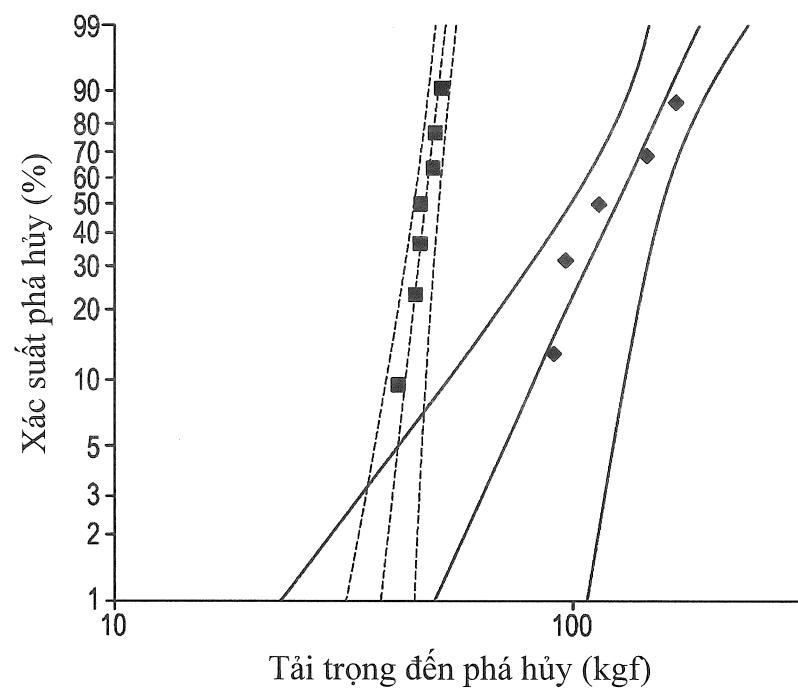


FIG. 9

