



(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)



1-0045043

(51)⁸ C03C 3/091; C03C 3/093

(13) B

(21) 1-2018-04086

(22) 13/02/2017

(86) PCT/US2017/017617 13/02/2017

(87) WO2017/146926 31/08/2017

(30) 62/298,246 22/02/2016 US

(45) 25/04/2025 445

(43) 26/11/2018 368A

(71) CORNING INCORPORATED (US)

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

(72) ELLISON, Adam James (US); GOMEZ, Sinue (US); KATO, Yoshiaki (JP).

(74) Công ty Luật TNHH T&G (TGVN)

(54) THỦY TINH VÀ VẬT PHẨM CHỨA THỦY TINH NÀY

(21) 1-2018-04086

(57) Sáng chế đề cập tới các thủy tinh bo nhôm silicat không kiềm thể hiện các tính chất vật lý và hóa học mong muốn để sử dụng làm các đế trong các thiết bị hiển thị tấm nền phẳng như các thiết bị hiển thị ma trận tinh thể lỏng chủ động (active matrix liquid crystal display - AMLCD) và các thiết bị hiển thị ma trận điốt phát sáng hữu cơ chủ động (active matrix organic light emitting diode display - AMOLED). Theo khía cạnh cụ thể trong các khía cạnh của sáng chế, thủy tinh này có độ ổn định kích thước tốt như là hàm của nhiệt độ. Ngoài ra, sáng chế cũng đề cập tới các vật phẩm chứa thủy tinh này.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Các phương án thực hiện của sáng chế này đề cập tới thủy tinh cho thiết bị hiển thị tinh thể lỏng và các thiết bị hiển thị thích hợp khác.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Việc sản xuất các thiết bị hiển thị tấm nền phẳng, ví dụ, các thiết bị thiên thị ma trận tinh thể lỏng chủ động (active matrix liquid crystal display device - AMLCD) và các thiết bị hiển thị điốt phát sáng hữu cơ ma trận chủ động (active matrix organic light emitting diode display - AMOLED), là rất phức tạp và các tính chất của thủy tinh để là đặc biệt quan trọng. Đầu tiên và trước nhất, các đế thủy tinh được sử dụng trong việc sản xuất các thiết bị AMLCD và AMOLED cần phải có các tính chất vật lý của chúng được điều khiển một cách chặt chẽ. Các quy trình rút tấm rút xuôi và, cụ thể là, quy trình dung hợp được mô tả trong Bằng sáng chế Mỹ số US No. 3,338,696 và 3,682,609, đều cho Dockerty, là có khả năng tạo các tấm thủy tinh có thể được sử dụng làm các đế mà không yêu cầu các hoạt động hoàn thiện sau khi tạo hình, như bọc hoặc đánh bóng.

Trong lĩnh vực hiển thị tinh thể lỏng, có nhiều phương pháp sản xuất các tranzito màng mỏng (thin film transistor - TFT) cần thiết cho các AMLCD. Theo lịch sử, những nhà sản xuất tấm nền đã tạo ra hoặc là các bộ phận hiển thị có độ phân giải thấp, lớn sử dụng các tranzito gốc silic vô định hình (a-Si), hoặc các bộ phận hiển thị có độ phân giải cao, nhỏ, sử dụng các tranzito gốc silic đa tinh (p-Si) và gốc màng mỏng oxit (Ox). Mặc dù đã có suy nghĩ rằng các TFT a-Si sẽ bị thay thế bởi các TFT p-Si, nhưng nhu cầu của người tiêu dùng về các bộ phận hiển thị có độ phân giải cao, lớn và giá thành hạ, và giá thành của việc sản xuất các thiết bị hiển thị kích cỡ lớn này với các TFT p-Si, đã thúc đẩy các nhà sản xuất AMLCD mở rộng việc sử dụng của họ đối với các TFT a-Si tới độ phân giải cao hơn và cao hơn nữa. Các việc tăng độ phân giải này làm cho các tiêu chuẩn trở nên hạn chế hơn cho đế thủy tinh được sử dụng trong quy trình sản xuất TFT. Trong suốt quá trình lắp ráp TFT a-Si, oxit hoặc p-Si

nhệt độ thấp, để thủy tinh được giữ tại nhiệt độ xử lý trải dài từ 350°C đến 450°C, trong khi tranzito màng mỏng được tạo ra. Tại các nhiệt độ này, hầu hết các đế thủy tinh AMLCD và AMOLED đều trải qua quy trình được gọi là việc nén. Việc nén, còn được đề cập như là độ ổn định nhiệt hoặc thay đổi kích thước, là thay đổi kích thước không đảo ngược được (co ngót) trong đế thủy tinh do các thay đổi trong nhiệt độ hư cấu của thủy tinh. "Nhiệt độ hư cấu" là khái niệm được sử dụng để chỉ thị trạng thái cấu trúc của thủy tinh. Thủy tinh được làm nguội nhanh chóng từ nhiệt độ cao được cho là có nhiệt độ hư cấu cao hơn do "bị đóng băng trong" cấu trúc nhiệt độ cao hơn. Thủy tinh được làm nguội chậm hơn, hoặc được ủ bằng cách giữ một thời gian gần điểm ủ của nó, được cho là có nhiệt độ hư cấu thấp hơn.

Độ lớn của việc nén phụ thuộc cả vào quy trình mà nhờ đó thủy tinh được tạo ra và các tính chất đàn hồi nhớt của thủy tinh. Trong quy trình nổi để sản xuất các sản phẩm tấm từ thủy tinh, tấm thủy tinh được làm nguội tương đối chậm từ phần nóng chảy, và do đó, "đóng băng vào" cấu trúc nhiệt độ thấp có thể so sánh được thành thủy tinh. Quy trình dung hợp, trái lại, tạo thành việc tối rất nhanh của tấm thủy tinh từ phần nóng chảy, và đóng băng trong cấu trúc nhiệt độ cao ở mức so sánh được. Kết quả là, thủy tinh được tạo ra bởi quy trình nổi có thể trải qua ít việc nén hơn khi so sánh với thủy tinh được tạo ra bởi quy trình dung hợp, do lực dẫn cho việc nén là khác biệt giữa nhiệt độ hư cấu và nhiệt độ xử lý mà thủy tinh phải chịu trong suốt việc nén. Do đó, mong muốn là để tối thiểu hóa mức nén trong đế thủy tinh được tạo ra bởi quy trình rút xuôi.

Có hai cách tiếp cận để tối thiểu hóa việc nén trong thủy tinh. Cách thứ nhất là xử lý trước thủy tinh để tạo nhiệt độ hư cấu tương tự như với nhiệt độ mà thủy tinh sẽ trải qua trong quá trình sản xuất TFT. Có nhiều khó khăn đối với cách tiếp cận này. Đầu tiên, nhiều bước gia nhiệt được áp dụng trong suốt quy trình sản xuất TFT tạo ra các nhiệt độ hư cấu khác nhau một chút trong thủy tinh không thể được bù một cách đầy đủ nhờ việc xử lý từ trước này. Thứ hai, độ ổn định nhiệt của thủy tinh trở nên được liên kết chặt chẽ tới các chi tiết của việc sản xuất TFT, vốn có thể có nghĩa là các việc xử lý sơ bộ khác nhau cho các người sử dụng cuối cùng khác nhau. Cuối cùng, việc xử lý sơ bộ tạo ra thêm các giá thành xử lý và cả độ phức tạp.

Một cách tiếp cận khác là làm chậm tốc độ biến dạng tại nhiệt độ xử lý bằng cách tăng độ nhớt của thủy tinh. Điều này có thể được hoàn thành bằng cách nâng điểm ủ của thủy tinh. Điểm ủ thể hiện nhiệt độ tương ứng với độ nhớt cố định cho thủy tinh, và do đó là việc tăng trong điểm ủ tương ứng với việc tăng độ nhớt tại nhiệt độ cố định. Tuy nhiên, thách thức với cách tiếp cận này là việc tạo ra thủy tinh có điểm ủ cao là vấn đề hiệu quả về kinh phí. Các thông số chính tác động tới giá thành bao gồm các khuyết tật và thời gian sống. Trong thiết bị làm nóng chảy bộ phận liên tục (continuous unit - CU) hiện đại, chứa bộ phận làm nóng chảy sơ bộ chịu lửa, bộ phận tinh chế kim loại quý và cuộn phân phối thủy tinh kim loại quý - được ghép nối tới máy rút dung hợp, bốn loại khuyết tật thường gặp là: (1) các phần chứa khí (các bóng bóng hoặc các bọt); (2) các phần chứa chất rắn từ các chất chịu lửa hoặc từ thất bại từ việc làm nóng chảy mẻ một cách phù hợp; (3) các khuyết tật kim loại chứa phần lớn là platin; và (4) các sản phẩm làm mờ tạo thành từ độ nhớt đường lỏng thấp hoặc việc làm mờ quá mức tại đầu cuối này hoặc đầu cuối kia của thiết bị tạo hình, lõi hoặc ống isopipe. Hợp phần thủy tinh có tác động không theo tỉ lệ lên tốc độ nóng chảy, và do đó là trên xu hướng tạo thành các khuyết tật dạng khí hoặc dạng rắn và trạng thái oxy hóa của thủy tinh tác động lên xu hướng tích hợp các khuyết tật platin. Việc làm mờ hóa của thủy tinh trên lõi tạo hình, hoặc ống isopipe, được giám sát tốt nhất bằng cách chọn các hợp phần với các độ nhớt đường lỏng cao.

Độ ổn định kích thước trong đế thủy tinh trong suốt quá trình sản xuất TFT cũng bị ảnh hưởng bởi độ biến dạng đàn hồi. Có hai lý do chính của sự biến dạng đàn hồi mà đế phải trải qua. Trong suốt quá trình dung hợp, biến dạng đàn hồi và do đó là ứng suất có thể được tạo ra trong tấm thủy tinh khi làm nguội thông qua các gradient nhiệt nhỏ. Các ứng suất này trải qua việc thư giãn ứng suất trong suốt quy trình sản xuất TFT tạo thành sự mất ổn định về kích thước. Sự mất ổn định này có thể được tối thiểu hóa, theo cùng một cách như việc nén, thông qua việc giảm trong tốc độ biến dạng tại nhiệt độ xử lý TFT bằng cách tăng điểm ủ của đế thủy tinh. Loại thứ hai của biến dạng đàn hồi liên quan tới ứng suất phải chịu trên đế khi tự bản thân tranzito được lắng đọng trên bề mặt thủy tinh. Biến dạng đàn hồi này được tối thiểu hóa bằng cách tăng suất Young của thủy tinh, sao cho ứng suất phải chịu trên bề mặt đế tạo ra lượng biến

dạng tối thiểu và làm giảm các thay đổi kích thước có thể nhìn thấy được trong tấm thủy tinh.

Bên cạnh các vấn đề với độ ổn định kích thước được đề cập tới ở trên, các nhà sản xuất AMLCD và AMOLED đang thấy cả nhu cầu về các kích thước hiển thị lớn hơn và cả các tính kinh tế của quy mô, thúc đẩy họ xử lý các mảnh thủy tinh được định cỡ lớn hơn, vượt quá 2 mét cho mỗi cạnh. Nó tạo ra nhiều khó khăn. Đầu tiên, đơn giản nhất là khối lượng của thủy tinh. Việc tăng khối lượng thủy tinh khi chuyển sang các mảnh thủy tinh được định cỡ lớn hơn có ảnh hưởng tới các bộ phận thao tác robot được sử dụng để di chuyển thủy tinh vào trong và qua các trạm xử lý. Ngoài ra, việc vồng đàn hồi, phụ thuộc vào khối lượng riêng của thủy tinh và suất Young, trở thành vấn đề với các kích cỡ tấm lớn hơn, tác động tới khả năng tải, thu hồi và cách ly thủy tinh trong các hộp đựng để vận chuyển thủy tinh giữa các trạm xử lý. Do đó, mong muốn là để nhận diện các thành phần làm giảm các vấn đề kết hợp với việc vồng xuống, bên cạnh việc tối thiểu hóa việc nén, thư giãn ứng suất và biến dạng đàn hồi, trong khi vẫn duy trì được các thuộc tính hạn chế khuyết tật được mô tả ở trên.

Các công bố đơn sáng chế Mỹ số US 2014/264356 A1, US 2009/294773 A1, US 2014/179510 A1 liên quan tới các hợp phần thủy tinh cho các tấm thủy tinh có thể được sử dụng trong các thiết bị hiển thị tinh thể lỏng ma trận chủ động.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Một số phương án thực hiện đề xuất các hợp phần, các thành phần, các vật phẩm, các thiết bị và các phương pháp để sản xuất các thủy tinh bo nhôm silicat không kiềm thể hiện các tính chất vật lý và hóa học mong muốn. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, các thủy tinh là thích hợp để sử dụng làm các đế trong các thiết bị hiển thị tấm nền phẳng như các thiết bị hiển thị ma trận tinh thể lỏng chủ động (active matrix liquid crystal display - AMLCD) và các thiết bị hiển thị ma trận điốt phát sáng hữu cơ chủ động (active matrix organic light emitting diode display - AMOLED). Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, các thủy tinh được tạo ra có các khối lượng riêng nhỏ hơn $2,55 \text{ g/cm}^3$ và độ ổn định kích thước tốt (tức là, độ nén thấp). Ngoài ra, một hoặc nhiều phương án thực hiện của các hợp phần được bộc lộ này có các điểm biến dạng

vượt quá 680 °C mà, khi được đưa vào lịch sử nhiệt của quy trình dung hợp, sẽ có độ ổn định nhiệt chấp nhận được cho các xử lý tranzito màng mỏng a-Si.

Cũng được đề cập tới ở đây là các thủy tinh về cơ bản là không có các kiềm, vốn sở hữu các điểm ủ cao và suất Young cao, do đó là độ ổn định kích thước (tức là, độ nén thấp, độ căng đàn hồi và việc thư giãn ứng suất) để sử dụng làm các đế mặt phẳng ứng TFT trong các quy trình TFT silic vô định hình và oxit. Thủy tinh điểm ủ cao có thể ngăn việc làm nhiễu loạn tấm nền do việc nén/co ngót hoặc việc thư giãn ứng suất trong quá trình xử lý nhiệt sau khi sản xuất thủy tinh. Các phương án thực hiện của thủy tinh theo sáng chế có suất đàn hồi cao và khối lượng riêng tương đối thấp, nhờ đó tăng mô đun riêng của thủy tinh và làm giảm một cách đáng kể rủi ro của độ võng xuống đàn hồi trong tấm thủy tinh. Ngoài ra, các thủy tinh theo sáng chế sở hữu độ nhót đường lỏng cao bất thường, và do đó rủi ro về việc mờ hóa tại các vị trí lạnh trong thiết bị tạo hình sẽ được giảm một cách đáng kể. Cần hiểu rằng mặc dù các nồng độ kiềm thấp thường được mong muốn nhưng thực tế có thể khó hoặc không thể sản xuất các thủy tinh hoàn toàn không có kiềm theo cách kinh tế. Các kiềm trong vấn đề này như là các chất tạp nhiễm trong các vật liệu thô, như là các thành phần phụ trong các chất chịu nhiệt, v.v. và có thể rất khó để loại bỏ một cách hoàn toàn. Do đó, các thủy tinh theo sáng chế được xem như là về cơ bản là không có kiềm nếu tổng nồng độ của các thành phần kiềm Li_2O , Na_2O , và K_2O nhỏ hơn khoảng 0,1 phần trăm mol (%mol).

Theo sáng chế này, thủy tinh được tạo ra chứa, theo phần trăm mol trên cơ sở oxit trong các khoảng giới hạn: SiO_2 67-70, Al_2O_3 11-13, B_2O_3 4-6, MgO 3-5,5, CaO 5,5-7, SrO 3-5, và BaO 0,09-<1, và $(\text{MgO}+\text{CaO}+\text{SrO}+\text{BaO})/\text{Al}_2\text{O}_3$ trong khoảng giới hạn từ 1 đến 1,18, trong đó, thủy tinh thể hiện điểm biến dạng > 700 °C, điểm ủ lớn hơn hoặc bằng với khoảng 750 °C, suất Young > 79 GPa, $T_{35kP} - T_{liq} > 65$ °C, khối lượng riêng < khoảng 2,55 g/cm³, CTE nhỏ hơn khoảng $36 \times 10^{-7}/^\circ\text{C}$.

Các dấu hiệu và ưu điểm bổ sung của sáng chế sẽ được bộc lộ trong phần mô tả chi tiết sau đây, và một phần sẽ trở nên rõ ràng đối với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực nhờ phần mô tả đó hoặc được nhận biết nhờ thực hiện các phương pháp

như được mô tả ở đây, bao gồm phần mô tả chi tiết sau đây, các điểm yêu cầu bảo hộ cũng như các hình vẽ kèm theo.

Cần hiểu là cả phần mô tả chung trên đây và phần mô tả chi tiết sau đây đều thể hiện các phương án khác nhau của sáng chế, và được dự định để cung cấp tổng quan hoặc kết cấu chung nhằm hiểu bản chất và đặc điểm của các điểm yêu cầu bảo hộ. Các hình vẽ kèm theo được bao gồm nhằm hiểu rõ hơn về sáng chế và được kết hợp vào và tạo thành một phần của bản mô tả này. Các hình vẽ minh họa các phương án khác nhau của sáng chế và cùng với phần mô tả đóng vai trò giải thích các nguyên lý và hoạt động của sáng chế.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Phần mô tả chi tiết sau đây có thể được hiểu rõ hơn khi được đọc cùng với các hình vẽ kèm theo.

Fig.1 là biểu diễn sơ lược của ống isopipe, là lõi tạo hình được sử dụng để tạo tấm chính xác trong quy trình rút dung hợp; và

Fig.2 hình cắt của ống isopipe của Fig.1 tại đường cắt 6.

Mô tả chi tiết sáng chế

Được mô tả ở đây là các thủy tinh về cơ bản là không có kiềm, có các khối lượng riêng nhỏ hơn $2,55 \text{ g/cm}^3$ và độ ổn định kích thước tốt (tức là, độ nén thấp, việc thu giãn ứng suất và độ căng đàn hồi được làm giảm). Ngoài ra, một hoặc nhiều phương án thực hiện của các hợp phần được bộc lộ này có các điểm biến dạng vượt quá 680°C mà, khi được đưa vào lịch sử nhiệt của quy trình dung hợp, sẽ có độ ổn định nhiệt chấp nhận được cho các xử lý tranzito màng mỏng a-Si. Các phương án thực hiện của sáng chế cũng đề cập tới các thủy tinh với các điểm ủ cao. Thủy tinh điểm ủ cao có thể ngăn việc làm nhiễu loạn tấm nền do việc nén/co ngót và việc thu giãn ứng suất trong quá trình xử lý nhiệt sau khi sản xuất thủy tinh. Cần hiểu rằng mặc dù các nồng độ kiềm thấp thường được mong muốn nhưng thực tế có thể khó hoặc không thể sản xuất các thủy tinh hoàn toàn không có kiềm theo cách kinh tế. Các kiềm trong vấn đề này như là các chất tạp nhiễm trong các vật liệu thô, như là các thành phần phụ trong các chất chịu nhiệt, v.v. và có thể rất khó để loại bỏ một cách hoàn toàn. Do đó, các thủy tinh

được bộc lộ được xem như là về cơ bản là không có kiềm nếu tổng nồng độ của các thành phần kiềm Li_2O , Na_2O , và K_2O nhỏ hơn khoảng 0,1 phần trăm khối lượng (%mol).

Theo sáng chế, các thủy tinh về cơ bản là không có kiềm có các điểm ủ lớn hơn hoặc bằng $750\text{ }^\circ\text{C}$. Hơn nữa, các thủy tinh về cơ bản là không có kiềm có các điểm ủ lớn hơn khoảng $700\text{ }^\circ\text{C}$. Theo các phương án thực hiện khác, các thủy tinh về cơ bản là không có kiềm có các điểm làm mềm lớn hơn khoảng $950\text{ }^\circ\text{C}$, lớn hơn $970\text{ }^\circ\text{C}$, lớn hơn $980\text{ }^\circ\text{C}$, hoặc lớn hơn $990\text{ }^\circ\text{C}$. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, nhiệt độ của thủy tinh được bộc lộ tại độ nhớt khoảng $20\text{ Pa}\cdot\text{s}$ (200 poise) (T_{200P}) là nhỏ hơn khoảng $1650\text{ }^\circ\text{C}$, nhỏ hơn khoảng $1625\text{ }^\circ\text{C}$, hoặc nhỏ hơn khoảng $1610\text{ }^\circ\text{C}$. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, nhiệt độ của thủy tinh được bộc lộ tại độ nhớt khoảng $3,5\text{ kPa}\cdot\text{s}$ (35.000 poise) (T_{35kP}) là nhỏ hơn khoảng $1300\text{ }^\circ\text{C}$, nhỏ hơn khoảng $1260\text{ }^\circ\text{C}$, hoặc nhỏ hơn khoảng $1250\text{ }^\circ\text{C}$. Nhiệt độ đường lỏng của thủy tinh (T_{liq}) là nhiệt độ cao nhất mà trên đó không có các pha tinh thể nào có thể đồng tồn tại trong cân bằng với thủy tinh. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, $T_{35kP} - T_{liq} > 65\text{ }^\circ\text{C}$, hoặc $T_{35kP} - T_{liq} > 70\text{ }^\circ\text{C}$. Quy trình nổi phân phối thủy tinh tại độ nhớt giữa 300 và $1000\text{ Pa}\cdot\text{s}$ (giữa 3000 và 10.000 poise). Nếu thủy tinh bị mờ tại điểm bất kỳ gần nhiệt độ tương ứng với độ nhớt này thì các sản phẩm làm mờ sẽ thể hiện trong sản phẩm được hoàn thiện. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, các thủy tinh thể hiện môđun riêng lớn hơn 31 , lớn hơn $31,5$, hoặc lớn hơn 32 . Môđun riêng của thủy tinh, được xác định như là E/ρ , (suất đàn hồi hoặc suất Young theo GPa được chia bởi khối lượng riêng theo g/cm^3) là chỉ thị của độ lớn của độ võng đàn hồi mà tấm thủy tinh sẽ trải qua trong quá trình xử lý. Vì lý do này mà các hợp phần thủy tinh với môđun riêng là 31 hoặc lớn hơn sẽ được ưu tiên. Cần hiểu rằng các thủy tinh được bộc lộ ở đây có thể thể hiện một hoặc nhiều tính chất được tạo ra ở trên. Do đó, các thủy tinh được bộc lộ có thể thể hiện một tính chất trong số các tính chất được bộc lộ ở trên, hai tính chất trong số các tính chất được bộc lộ ở trên, ba tính chất trong số các tính chất được bộc lộ ở trên, bốn tính chất trong số các tính chất được bộc lộ ở trên, năm tính chất trong số các tính chất được bộc lộ ở trên, sáu tính chất trong số các tính chất được bộc lộ ở

trên và/hoặc bày tính chất trong số các tính chất được bộc lộ ở trên, trong tổ hợp bất kỳ của các tính chất được bộc lộ này.

Theo sáng chế, thủy tinh về cơ bản là không chứa kiềm, làm ví dụ chứa theo phần trăm mol trên cơ sở oxit trong các khoảng giới hạn sau:

SiO_2 67-70

Al_2O_3 11-13

B_2O_3 4-6

MgO 3-5,5

CaO 5,5-7

SrO 3-5

BaO 0,09<1.

Phương án thực hiện bất kỳ trong số các phương án thực hiện nêu trên có thể chứa một hoặc nhiều tính chất trong các tính chất sau: $(\text{MgO}+\text{CaO}+\text{SrO}+\text{BaO})/\text{Al}_2\text{O}_3 \geq 1,05, \geq 1,08, \geq 1,10$, điểm ủ lớn hơn hoặc bằng với khoảng 750 °C, điểm biến dạng lớn hơn 700 °C, và/hoặc điểm làm mềm lớn hơn hoặc bằng với khoảng 950 °C, 970 °C, 980 °C, hoặc 990 °C. Phương án thực hiện bất kỳ trong số các phương án thực hiện này cũng có thể chứa một hoặc nhiều tính chất trong các tính chất sau: T_{200P} nhỏ hơn khoảng 1650 °C, 1625 °C, hoặc 1610 °C, T_{35kP} nhỏ hơn khoảng 1300 °C, 1260 °C, hoặc 1250 °C, $T_{35kP} - T_{liq} > 65$ °C, hoặc > 70 °C, và/hoặc môđun riêng lớn hơn 31, 31,5, hoặc 32. Phương án thực hiện bất kỳ trong số các phương án thực hiện này có thể còn chứa một hoặc nhiều tính chất trong các tính chất sau: khối lượng riêng nhỏ hơn hoặc bằng với 2,55 g/cm³, CTE nhỏ hơn khoảng $36 \times 10^{-7}/^\circ\text{C}$, suất Young lớn hơn 79 GPa, 80 GPa, hoặc 81 GPa.

Theo một số phương án thực hiện, thủy tinh được bộc lộ chứa tác nhân tinh thể hóa học. Các tác nhân tinh thể này bao gồm, nhưng không giới hạn ở, SnO_2 , As_2O_3 , Sb_2O_3 , F, Cl và Br, và trong đó các nồng độ của các tác nhân tinh thể hóa học này được giữ tại mức 0,5 mol% hoặc thấp hơn. Các tác nhân tinh thể hóa học có thể còn bao gồm CeO_2 , Fe_2O_3 , và các oxit của các kim loại chuyển tiếp khác, như MnO_2 . Các oxit này có thể tạo màu cho thủy tinh thông qua các việc hấp thụ ánh sáng nhìn thấy

trong trạng thái (các trạng thái) hóa trị cuối cùng của chúng trong thủy tinh, và do đó nồng độ của chúng được giữ một cách cụ thể tại mức 0,2 mol% hoặc thấp hơn.

Theo một số phương án thực hiện, các thủy tinh được bọc lộ được sản xuất thành các tấm thông qua quy trình dung hợp. Quy trình rút dung hợp tạo thành bề mặt thủy tinh ban sơ, được đánh bóng bằng lửa làm giảm nhiễu loạn trung gian bề mặt cho các mặt phẳng đáy TFT độ phân giải cao và các bộ lọc màu. Fig.1 là hình vẽ sơ lược của quy trình rút dung hợp tại vị trí của lõi tạo hình, hoặc ống isopipe, nó được gọi là vậy do thiết kế ống xoắn gradient của nó tạo ra dòng chảy giống (gọi là “iso”) tại tất cả các điểm dọc theo chiều dài của ống isopipe (từ trái sang phải). Fig.2 là hình cắt sơ lược của ống isopipe gần vị trí 6 trên Fig.1. Thủy tinh được đưa vào từ đầu vào 1, chảy dọc theo đáy của máng xoắn 2 được tạo thành bởi các thành đập tràn 3 tới đầu cuối nén 4. Thủy tinh tràn qua các thành đập tràn 4 trên cạnh này hoặc là cạnh kia của ống isopipe (xem Fig.2), và hai luồng thủy tinh nhập vào hoặc dung hợp tại đế 6. Các đường chuẩn gờ 7 tại đầu cuối này hoặc đầu cuối kia của ống isopipe có tác dụng làm nguội thủy tinh và tạo dải dài hơn tại gờ được gọi là hạt. Hạt được kéo xuống bởi các con lăn kéo, do đó cho phép hình thành tấm tại độ nhót cao. Bằng cách điều chỉnh tốc độ mà tại đó tấm được kéo khỏi ống isopipe, có thể sử dụng quy trình rút dung hợp để tạo ra khoảng giới hạn rộng của các độ dày tại tốc độ nóng chảy cố định.

Các quy trình rút tấm rút xuôi và, cụ thể là, quy trình dung hợp được mô tả trong Bằng sáng chế Mỹ số US No. 3,338,696 và 3,682,609 (cả hai đều cho Dockerty) có thể được sử dụng ở đây. Khi so sánh với các quy trình tạo hình khác, như quy trình nổi, quy trình dung hợp được ưu tiên hơn do nhiều lý do sau. Đầu tiên, các đế thủy tinh được tạo thành từ quy trình dung hợp không cần phải được đánh bóng. Việc đánh bóng hiện tại của đế thủy tinh là có khả năng tạo ra các đế thủy tinh có độ nhám bề mặt trung bình lớn hơn khoảng 0,5 nm (Ra), khi được đo bởi kính vi lực nguyên tử. Các đế thủy tinh được tạo ra bởi quy trình dung hợp có độ nhám bề mặt trung bình khi được đo bởi kính vi lực nguyên tử là nhỏ hơn 0,5 nm. Các đế cũng có ứng suất nội trung bình được đo bởi việc hãm quang học là nhỏ hơn hoặc bằng với 1.034 kPa (150 psi).

Theo một số phương án thực hiện, các thủy tinh được bọc lộ có thể được sản xuất thành dạng tấm sử dụng quy trình dung hợp. Mặc dù các thủy tinh được bọc lộ là tương thích với quy trình dung hợp, nhưng chúng cũng có thể được sản xuất thành các tấm hoặc mặt hàng khác qua các quy trình sản xuất ít khắt khe hơn. Các quy trình này bao gồm nhưng không giới hạn ở rút khe, nổi, cán, và các quy trình tạo hình tấm khác đã được người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này biết tới.

So với các phương pháp thay thế để tạo ra các tấm thủy tinh này, quy trình dung hợp, như được thảo luận ở trên là có khả năng tạo các tấm rất mỏng, rất phẳng, rất đồng đều với bề mặt ban sơ. Việc rút khe cũng tạo thành bề mặt ban sơ nhưng do thay đổi của hình dạng lỗ theo thời gian, có việc tích tụ các mảnh vụn dễ bay hơi tại giao diện lỗ-thủy tinh, và thách thức trong việc tạo lỗ để phân phối thủy tinh thực sự phẳng, nên độ đồng đều về kích thước và chất lượng bề mặt của thủy tinh được rút qua khe nói chung là kém hơn thủy tinh rút dung hợp. Quy trình nổi có khả năng tạo các tấm rất lớn, đồng đều, nhưng bề mặt về cơ bản là bị tranh chấp bởi tiếp xúc với bề nổi ở một mặt, và bởi việc bị phơi ra trước các sản phẩm ngưng tụ từ bề nổi ở mặt khác. Nó có nghĩa là thủy tinh nổi cần phải được đánh bóng để sử dụng trong các ứng dụng hiển thị có hiệu quả hoạt động cao.

Không giống như quy trình nổi, quy trình dung hợp tạo thành việc nguội nhanh của thủy tinh từ nhiệt độ cao. Việc làm nguội nhanh này tạo ra nhiệt độ hư cấu cao T_f . Nhiệt độ hư cấu có thể được coi như là thể hiện cho sự không thống nhất giữa trạng thái cấu trúc của thủy tinh và trạng thái mà nó sẽ mang, nếu được thư giãn đầy đủ tại nhiệt độ cần quan tâm. Hiện xem xét các hậu quả của việc gia nhiệt lại thủy tinh với nhiệt độ chuyển tiếp thủy tinh T_g tới nhiệt độ xử lý T_p sao cho $T_p < T_g \leq T_f$. Do $T_p < T_f$, nên trạng thái cấu trúc của thủy tinh là ra khỏi cân bằng tại T_p , và thủy tinh sẽ đồng thời thư giãn về phía trạng thái cấu trúc là trong cân bằng tại T_p . Tốc độ của việc thư giãn này định cỡ ngược với độ nhót hiệu dụng của thủy tinh tại T_p , sao cho độ nhót cao tạo thành tốc độ thư giãn thấp và độ nhót thấp tạo thành tốc độ thư giãn cao. Độ nhót hiệu dụng thay đổi ngược với nhiệt độ hư cấu của thủy tinh, sao cho nhiệt độ hư cấu thấp tạo thành độ nhót cao, và nhiệt độ hư cấu cao tạo thành độ nhót thấp so sánh được. Do đó, tốc độ của việc thư giãn tại T_p chia tỉ lệ một cách trực tiếp với nhiệt độ

hư cấu của thủy tinh. Quy trình tạo ra nhiệt độ hư cấu cao tạo thành tốc độ thư giãn cao một cách so sánh được khi thủy tinh được gia nhiệt tại T_p .

Một phần có nghĩa là để làm giảm tốc độ của việc thư giãn tại T_p là để tăng độ nhớt của thủy tinh tại nhiệt độ đó. Điểm ủ của thủy tinh thể hiện rằng nhiệt độ mà tại đó thủy tinh có độ nhớt $10^{12,2}$ Pa.s ($10^{13,2}$ poise). Khi nhiệt độ giảm bên dưới điểm ủ, độ nhớt của phần nóng chảy được làm siêu lạnh sẽ tăng. Tại nhiệt độ cố định bên dưới T_g , thủy tinh với điểm ủ cao hơn có độ nhớt cao hơn thủy tinh có điểm ủ thấp hơn. Do đó, để tăng độ nhớt của thủy tinh để tại T_p , có thể chọn để tăng điểm ủ của nó. Không may là, nó thường là trường hợp mà hợp phần thay đổi một cách cần thiết để tăng điểm ủ cũng làm tăng độ nhớt tại tất cả các nhiệt độ khác. Cụ thể, nhiệt độ hư cấu của thủy tinh được tạo thành bởi quy trình dung hợp tương ứng với độ nhớt khoảng 10^{10} - 10^{11} Pa.s (10^{11} - 10^{12} poise), sao cho việc tăng trọng điểm ủ cho thủy tinh tương thích dung hợp thường cũng tăng nhiệt độ hư cấu của nó. Với thủy tinh đã cho, nhiệt độ hư cấu cao hơn tạo thành độ nhớt thấp hơn tại nhiệt độ bên dưới T_g , và do đó tăng nhiệt độ hư cấu làm việc chống lại việc tăng độ nhớt, mà theo cách khác có thể thu được bằng cách tăng điểm ủ. Để xem thay đổi cơ bản trong tốc độ thư giãn tại T_p , nói chung là cần phải tạo các thay đổi tương đối lớn trong điểm ủ. Một khía cạnh của thủy tinh được bộc lộ này là nó có điểm ủ lớn hơn hoặc bằng với khoảng 750 °C. Không bị bó buộc vào lý thuyết vận hành cụ thể, có thể tin rằng các điểm ủ cao này tạo thành các tốc độ thấp chấp nhận được của việc thư giãn nhiệt trong suốt quá trình xử lý TFT nhiệt độ thấp, ví dụ các chu kỳ ủ nhiệt nhanh polysilicon nhiệt độ thấp thông thường.

Bên cạnh tác động của nó trên nhiệt độ hư cấu, việc tăng điểm ủ cũng làm tăng nhiệt độ qua suốt hệ thống làm nóng chảy và tạo hình, đặc biệt là các nhiệt độ trên ống isopipe. Ví dụ, thủy tinh Eagle XG® và thủy tinh Lotus™ (Corning Incorporated, Corning, NY) có các điểm ủ khác biệt bởi khoảng 50 °C, và nhiệt độ mà tại đó chúng được phân phối tới ống isopipe cũng khác biệt bởi khoảng 50 °C. Khi được giữ trong các chu kỳ thời gian mở rộng trên khoảng 1310 °C, chất chịu nhiệt zircon tạo thành ống isopipe thể hiện việc đảo vì nhiệt, có thể được tăng tốc bởi khối lượng của tự bản thân ống isopipe cộng với khối lượng của thủy tinh trên ống isopipe. Khía cạnh thứ hai của các thủy tinh làm ví dụ là các nhiệt độ phân phối của chúng nhỏ hơn hoặc bằng với

khoảng 1350 °C, hoặc 1345 °C, hoặc 1340 °C, hoặc 1335 °C, hoặc 1330 °C, hoặc 1325 °C, hoặc 1320 °C, hoặc 1315 °C hoặc 1310 °C. Các nhiệt độ phân phối này có thể cho phép các đợt sản xuất được mở rộng mà không cần phải thay thế ống isopipe hoặc mở rộng thời gian giữa các việct hay thế ống isopipe.

Trong các thử nghiệm sản xuất của thủy tinh với các điểm ủ cao và các nhiệt độ phân phối bên dưới 1350 °C và bên dưới 1310 °C, đã thấy rằng thủy tinh đã thể hiện xu hướng lớn hơn về phía làm mờ trên đáy của ống isopipe và đặc biệt là các đường chuẩn gờ so với các thủy tinh với các điểm ủ thấp hơn. Đo đạc cẩn thận của biên dạng nhiệt độ trên isopipe đã thể hiện rằng các nhiệt độ đường chuẩn gờ thấp hơn nhiều so với nhiệt độ đáy trung tâm so với phần được đoán trước và được tin là do tổn thất nhiệt bức xạ. Các đường chuẩn gờ thường được duy trì tại nhiệt độ bên dưới nhiệt độ để trung tâm để đảm bảo rằng thủy tinh là đủ nhớt khi nó rời khỏi để đặt tấm trong giữa các đường chuẩn gờ dưới lực căng, do đó duy trì được hình dạng phẳng. Do các đường chuẩn gờ được đặt tại hoặc là đầu cuối này hoặc là đầu cuối kia của ống isopipe, nên các đường chuẩn gờ là khó để gia nhiệt, và do đó khác biệt nhiệt độ giữa trung tâm của đáy và các đường chuẩn gờ có thể khác biệt 50 °C hoặc lớn hơn.

Trong khi không muốn bị bó buộc vào lý thuyết, có thể tin rằng xu hướng tăng về phía việc làm mờ trong quy trình dung hợp có thể được hiểu theo nghĩa của tổn thất nhiệt bức xạ như là hàm của nhiệt độ. Việc dung hợp về cơ bản là quy trình đẳng nhiệt, để thủy tinh đi ra khỏi đầu ra tại độ nhớt cụ thể và ra khỏi để tại độ nhớt cao hơn nhiều, nhưng các trị số thực tế của độ nhớt không phụ thuộc mạnh mẽ vào nhận diện của thủy tinh hoặc nhiệt độ của quy trình. Do đó, thủy tinh với điểm ủ cao hơn thường yêu cầu các nhiệt độ ống isopipe cao hơn nhiều so với thủy tinh có điểm ủ thấp hơn chỉ để phù hợp với các độ nhớt phân phối và đi ra. Một lần nữa, không bị bó buộc vào lý thuyết vận hành cụ thể bất kỳ nào, có thể tin rằng do tổn thất nhiệt bức xạ tăng với nhiệt độ và do các thủy tinh có điểm ủ cao thường được tạo thành tại các nhiệt độ cao hơn so với các thủy tinh có điểm ủ thấp hơn, nên khác biệt nhiệt độ giữa đế trung tâm và đường chuẩn gờ nói chung là tăng với điểm ủ của thủy tinh. Nó có thể có quan hệ trực tiếp tới xu hướng của thủy tinh để tạo thành các sản phẩm bị mờ trên ống isopipe hoặc các đường chuẩn gờ.

Nhiệt độ đường lòng của thủy tinh được xác định như là nhiệt độ cao nhất mà tại đó pha tinh thể sẽ xuất hiện nếu thủy tinh được giữ một cách vô hạn tại nhiệt độ đó. Độ nhớt đường lòng là độ nhớt của thủy tinh tại nhiệt độ đường lòng. Để loại bỏ hoàn toàn việc làm mờ trên ống isopipe, có thể hữu dụng cho độ nhớt đường lòng đủ cao để đảm bảo rằng thủy tinh không còn trên phần chịu nhiệt của ống isopipe hoặc vật liệu đường chuẩn gờ tại hoặc gần nhiệt độ đường lòng.

Trong thực tế, ít thủy tinh không có kiểm có độ nhớt đường lòng có độ lớn mong muốn. Kinh nghiệm với các thủy tinh để thích hợp cho các ứng dụng silic vô định hình (ví dụ, thủy tinh Eagle XG®) chỉ ra rằng các đường chuẩn gờ có thể được giữ liên tục tại các nhiệt độ lên tới 60 °C bên dưới nhiệt độ đường lòng của các thủy tinh không kiểm cụ thể. Trong khi hiểu rằng các thủy tinh với các điểm ủ cao hơn sẽ yêu cầu nhiệt độ tạo hình cao hơn, nhưng nó không thể thấy rằng các đường chuẩn gờ sẽ lạnh hơn nhiều so với nhiệt độ để trung tâm. Thước đo hữu dụng cho việc theo dõi tác động này là khác biệt giữa nhiệt độ phân phối lên trên ống isopipe và nhiệt độ đường lòng của thủy tinh, T_{liq} . Trong quy trình dung hợp, nói chung là mong muốn để phân phối thủy tinh tại khoảng 3,5 kPa.s (35.000 poise (T_{35kP})). Với nhiệt độ phân phối cụ thể, có thể là hữu dụng để làm cho $T_{35kP} - T_{liq}$ lớn nhất có thể, nhưng với để silic vô định hình như thủy tinh Eagle XG®, có thể thấy rằng các hoạt động sản xuất được mở rộng có thể được thực hiện nếu $T_{35kP} - T_{liq}$ là khoảng 80 °C hoặc lớn hơn. Khi nhiệt độ tăng, $T_{35kP} - T_{liq}$ cũng phải được tăng, sao cho với T_{35k} gần 1300 °C, nó có thể là hữu dụng để có $T_{35kP} - T_{liq}$ bằng với hoặc lớn hơn khoảng 100 °C. Trị số hữu dụng tối thiểu cho $T_{35kP} - T_{liq}$ thay đổi xấp xỉ tuyến tính với nhiệt độ từ khoảng 1200 °C đến khoảng 1320 °C, và có thể được biểu diễn theo quan hệ bên dưới:

$$\text{Tối thiểu } T_{35kP} - T_{liq} = 0,25T_{35k} - 225 \quad (1)$$

trong đó tất cả nhiệt độ tính theo °C. Do đó, một hoặc nhiều phương án thực hiện của các thủy tinh làm ví dụ có $T_{35kP} - T_{liq} > 65$ °C, hoặc $T_{35kP} - T_{liq} > 70$ °C.

Ngoài ra, quy trình tạo hình có thể yêu cầu thủy tinh với độ nhớt đường lòng cao. Nó là cần thiết để loại bỏ sản phẩm bị mờ tại các giao diện với thủy tinh và để tối thiểu các sản phẩm bị mờ, nhìn thấy được trong thủy tinh cuối cùng. Do đó, với thủy tinh đã cho là tương thích với việc dung hợp cho kích cỡ và độ dày tấm cụ thể, việc điều chỉnh

quy trình để sản xuất tấm rộng hơn hoặc tấm dày hơn nói chung là tạo thành trong các nhiệt độ thấp hơn tại đầu cuối này hoặc đầu cuối kia của ống isopipe. Một số phương án thực hiện có các độ nhớt đường lỏng cao hơn để tạo ra độ linh hoạt lớn hơn cho việc sản xuất thông qua quy trình dung hợp. Theo một số phương án thực hiện, độ nhớt đường lỏng là lớn hơn hoặc bằng với khoảng 15 kPa.s (150kP).

Trong các thử nghiệm, quan hệ giữa độ nhớt đường lỏng và các xu hướng mờ hóa sau trong quy trình dung hợp, các tác giả sáng chế đã bất ngờ tìm thấy rằng các nhiệt độ phân phối cao, như các nhiệt độ của các thủy tinh làm ví dụ, nói chung là yêu cầu các độ nhớt đường lỏng cao hơn cho việc sản xuất dài hạn hơn là trường hợp cho các thành phần để AMLCD thông thường với các điểm ủ thấp hơn. Dù không muốn bị ràng buộc bởi lý thuyết, nhưng có thể tin rằng nó là do các tốc độ hình thành tinh thể được tăng tốc khi nhiệt độ tăng. Việc dung hợp về cơ bản là quy trình đẳng nhớt, do vậy thủy tinh nhớt hơn tại một số nhiệt độ cố định có thể được tạo thành bằng việc dung hợp tại nhiệt độ cao hơn, hơn là so với thủy tinh ít nhớt. Trong khi một số mức độ của việc làm nguội quá mức (làm nguội bên dưới nhiệt độ đường lỏng) có thể được duy trì trong các chu kỳ mở rộng trong thủy tinh tại nhiệt độ thấp, các tốc độ hình thành tinh thể tăng với nhiệt độ, và do đó thủy tinh nhớt hơn hình thành lượng tương đương, không chấp nhận được của các sản phẩm làm mờ trong chu kỳ thời gian ngắn, hơn là so với các thủy tinh ít nhớt hơn. Phụ thuộc vào vị trí được hình thành, các sản phẩm làm mờ có thể tạo tranh chấp giữa độ ổn định tạo hình và việc tạo các khuyết tật nhìn thấy được cho thủy tinh cuối cùng.

Để được tạo thành bởi quy trình dung hợp, một hoặc nhiều phương án thực hiện của các hợp phần thủy tinh có độ nhớt đường lỏng lớn hơn hoặc bằng với khoảng 15 kPa.s (150.000 poise), hoặc 17,5 kPa.s (175.000 poise), hoặc 20 kPa.s (200.000 poise). Kết quả đáng ngạc nhiên là qua suốt khoảng giới hạn của các thủy tinh làm ví dụ, có thể thu được nhiệt độ đường lỏng đủ thấp, và độ nhớt đủ cao, sao cho độ nhớt đường lỏng của thủy tinh là cao bất thường khi so sánh với các hợp phần khác.

Trong các hợp phần thủy tinh được mô tả ở đây, SiO_2 có tác dụng như là thành phần cơ bản tạo nên thủy tinh. Theo các phương án thực hiện cụ thể, nồng độ SiO_2 có thể lớn hơn 60 phần trăm mol để tạo ra thủy tinh với khối lượng riêng và độ ổn định

hóa học thích hợp cho thủy tinh bộ phận hiển thị tấm phẳng (ví dụ, thủy tinh AMLCD hoặc AMOLED), và nhiệt độ đường lỏng (độ nhớt đường lỏng), cho phép thủy tinh được tạo thành bởi quy trình rút xuôi (ví dụ, quy trình dung hợp). Về giới hạn trên, nói chung, nồng độ SiO_2 có thể nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 80 phần trăm mol để cho phép các vật liệu theo mẻ được làm nóng chảy sử dụng các kỹ thuật làm nóng chảy, thể tích cao, thông thường, ví dụ, làm nóng chảy Joule trong bộ làm nóng chảy chịu lửa. Khi nồng độ của SiO_2 tăng, nhiệt độ 200 poise (nhiệt độ nóng chảy) nói chung là tăng lên. Trong các ứng dụng khác nhau, nồng độ SiO_2 được điều chỉnh sao cho thành phần thủy tinh có nhiệt độ nóng chảy nhỏ hơn hoặc bằng 1750°C . Theo một số phương án thực hiện, nồng độ SiO_2 là trong khoảng giới hạn từ khoảng 67 mol% và 70 mol%.

Al_2O_3 là một thành phần tạo thành thủy tinh khác được sử dụng để sản xuất các thủy tinh được mô tả ở đây. Nồng độ Al_2O_3 lớn hơn hoặc bằng với 10 phần trăm mol tạo ra thủy tinh với nhiệt độ đường lỏng thấp và độ nhớt cao, tạo thành độ nhớt đường lỏng cao. Việc sử dụng của ít nhất 10 phần trăm mol Al_2O_3 còn cải thiện điểm ủ và mô đun của thủy tinh. Độ lớn của tỉ lệ $(\text{MgO}+\text{CaO}+\text{SrO}+\text{BaO})/\text{Al}_2\text{O}_3$ là lớn hơn hoặc bằng với 1,0, nồng độ Al_2O_3 có thể bên dưới khoảng 15 phần trăm mol. Theo một số phương án thực hiện, nồng độ Al_2O_3 là ở trong khoảng giới hạn từ khoảng 11,0 đến khoảng 13,0 % mol trong khi vẫn duy trì tỉ lệ $(\text{MgO}+\text{CaO}+\text{SrO}+\text{BaO})/\text{Al}_2\text{O}_3$ lớn hơn hoặc bằng với khoảng 1,0.

Một số phương án thực hiện của sáng chế có mô đun lớn hơn khoảng 79 GPa, hoặc 80 GPa, hoặc 80,5 GPa, hoặc 81 GPa, hoặc 81,5 GPa, hoặc 82 GPa, hoặc 82,5 GPa, hoặc 83 GPa, hoặc 83,5 GPa, hoặc 84 GPa, hoặc 84,5 GPa hoặc 85 GPa. Theo cách phương án thực hiện khác nhau, vật phẩm thủy tinh nhôm silicat có suất Young trong khoảng giới hạn từ khoảng 81 GPa đến khoảng 88 GPa, hoặc trong khoảng giới hạn từ khoảng 81,5 GPa đến khoảng 85 GPa, hoặc trong khoảng giới hạn từ khoảng 82 GPa đến khoảng 84,5 GPa.

Khối lượng riêng của một số phương án thực hiện của các vật phẩm thủy tinh nhôm silicat nhỏ hơn khoảng $2,55 \text{ g/cm}^3$. Theo các phương án thực hiện khác nhau, khối lượng riêng là trong khoảng giới hạn từ khoảng $2,49 \text{ g/cm}^3$ đến khoảng $2,53 \text{ g/cm}^3$.

B_2O_3 là cả thành phần tạo thành thủy tinh và chất trợ dung giúp làm nóng chảy và hạ nhiệt độ nóng chảy. Nó có tác động đến cả nhiệt độ đường lỏng và độ nhớt. B_2O_3 tăng lên có thể được sử dụng để tăng độ nhớt đường lỏng của thủy tinh. Để đạt được các hiệu ứng này, các thành phần thủy tinh theo một hoặc nhiều phương án thực hiện có thể có các nồng độ B_2O_3 bằng hoặc lớn hơn 0,1 phần trăm mol. Như được đề cập trên đây về SiO_2 , độ bền thủy tinh rất quan trọng đối với các ứng dụng bộ hiển thị tấm phẳng. Độ bền có thể được kiểm soát đến mức độ nào đó bởi các nồng độ được nâng lên của các oxit kiềm thổ, và được giảm đáng kể bởi hàm lượng B_2O_3 được nâng lên. Điểm ủ giảm khi B_2O_3 tăng sao cho nó có thể là hữu dụng để giữ thành phần B_2O_3 tương đối thấp so với nồng độ thông thường của nó trong các đế silicon vô định hình. Do đó, theo một số phương án thực hiện, hợp phần thủy tinh có các nồng độ B_2O_3 là trong khoảng giới hạn từ khoảng 4,0 đến khoảng 6,0 mol%.

Các nồng độ Al_2O_3 và B_2O_3 có thể được chọn như là cặp để tăng điểm ủ, tăng mô đun, tăng độ bền, làm giảm khối lượng riêng, và làm giảm hệ số nở nhiệt (coefficient of thermal expansion - CTE), trong khi vẫn duy trì các tính chất làm nóng chảy và tạo hình của thủy tinh. Ví dụ, việc tăng B_2O_3 và tương ứng là giảm Al_2O_3 có thể hữu dụng trong việc thu khối lượng riêng và CTE thấp hơn, trong khi tăng Al_2O_3 và tương ứng là giảm B_2O_3 có thể hữu dụng trong việc tăng điểm ủ, mô đun, và độ bền, miễn là việc tăng của Al_2O_3 không làm giảm tỉ lệ $(MgO+CaO+SrO+BaO)/Al_2O_3$ bên dưới khoảng 1,0. Với các tỉ lệ $(MgO+CaO+SrO+BaO)/Al_2O_3$ bên dưới khoảng 1,0, có thể khó, hoặc thậm chí là không thể loại bỏ các phần chứa khí khỏi thủy tinh do việc nóng chảy ở giai đoạn sau đó của vật liệu thô silic. Hơn nữa, khi $(MgO+CaO+SrO+BaO)/Al_2O_3 \leq 1,05$, Mulit, là tinh thể nhôm silicat có thể xuất hiện như là pha lỏng. Khi Mulit có mặt trong pha lỏng, độ nhạy của hợp phần với đường lỏng tăng một cách đáng kể và các sản phẩm mờ hóa Mulit sẽ đồng thời phát triển rất nhanh và rất khó để loại bỏ nó khi đã thiết lập. Do đó, theo một số phương án thực hiện, hợp phần thủy tinh có tỉ lệ $(MgO+CaO+SrO+BaO)/Al_2O_3 \geq 1,0$ (hoặc lớn hơn hoặc bằng với khoảng 1,0). Theo các phương án thực hiện khác nhau, thủy tinh có $(MgO+CaO+SrO+BaO)/Al_2O_3 \geq 1,05$ (hoặc lớn hơn hoặc bằng với khoảng 1,05).

Theo một hoặc nhiều khía cạnh, các thủy tinh đề sử dụng trong các ứng dụng bộ phận hiển thị tấm phẳng (như các bộ phận hiển thị AMLCD và AMOLED) có các hệ số nở nhiệt (coefficient of thermal expansion - CTE) (22-300°C) trong khoảng giới hạn từ khoảng $28 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ đến khoảng $42 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$, hoặc trong khoảng giới hạn từ khoảng $30 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ đến khoảng $40 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$, hoặc trong khoảng giới hạn từ khoảng $32 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ đến khoảng $38 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$.

Ngoài các thành phần tạo thành thủy tinh (SiO_2 , Al_2O_3 , và B_2O_3), các thủy tinh được mô tả ở đây cũng bao gồm các oxit kiềm thổ. Theo một phương án, ít nhất ba oxit kiềm thổ là một phần của thành phần thủy tinh, ví dụ, MgO , CaO , và BaO , và, tùy chọn là SrO . Các oxit kiềm thổ cung cấp cho thủy tinh các tính chất khác nhau và quan trọng đối với việc làm nóng chảy, tinh chế, tạo hình, và việc sử dụng cuối cùng. Do đó, để cải thiện hiệu suất của thủy tinh trong các vấn đề này, nên theo một phương án, tỷ lệ $(\text{MgO} + \text{CaO} + \text{SrO} + \text{BaO}) / \text{Al}_2\text{O}_3$ là lớn hơn hoặc bằng khoảng 1,0. Khi tỷ lệ này tăng, độ nhớt có xu hướng tăng mạnh hơn so với nhiệt độ đường lỏng, và theo đó càng khó khăn để thu được các trị số cao thích hợp cho $T_{35k} - T_{liq}$. Theo đó, theo một phương án thực hiện khác, tỷ lệ $(\text{MgO} + \text{CaO} + \text{SrO} + \text{BaO}) / \text{Al}_2\text{O}_3$ nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 2. Theo một số phương án thực hiện, tỷ lệ $(\text{MgO} + \text{CaO} + \text{SrO} + \text{BaO}) / \text{Al}_2\text{O}_3$ nằm trong khoảng từ 1 đến khoảng 1,18.

Đối với các phương án thực hiện cụ thể của sáng chế, các oxit kiềm thổ có thể được xử lý như những gì có hiệu lực là thành phần cấu thành đơn. Điều này bởi vì tác động của chúng đến các tính chất nhớt đàn hồi, các nhiệt độ đường lỏng và các mối quan hệ pha đường lỏng là tương tự hơn về định tính đối với nhau hơn là chúng đối với các oxit tạo thành thủy tinh SiO_2 , Al_2O_3 và B_2O_3 . Tuy nhiên, các oxit kiềm thổ CaO , SrO và BaO có thể tạo thành các khoáng chất feldpat, đáng chú ý là anocit ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$) và xelsian ($\text{BaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$) và các dung dịch rắn mang stronti của chúng, nhưng MgO không tham gia vào các tinh thể này đến mức độ đáng kể. Do đó, khi tinh thể feldpat đã ở pha đường lỏng, sự thêm vào nhiều quá của MgO có thể đóng vai trò làm ổn định chất lỏng liên quan đến tinh thể và theo đó hạ nhiệt độ đường lỏng. Đồng thời, đặc trưng là đường cong độ nhớt trở nên dốc hơn, giảm các nhiệt độ nóng chảy trong khi có ít hoặc không có tác động đến các độ nhớt ở nhiệt độ thấp.

Các tác giả sáng chế đã thấy là sự bổ sung các lượng MgO nhỏ có thể giúp ích cho nhờ giảm nóng chảy nhờ giảm các nhiệt độ nóng chảy, sự tạo thành nhờ việc giảm các nhiệt độ đường lỏng và tăng độ nhớt đường lỏng, trong khi bảo toàn điểm ủ cao và do đó là độ nén thấp. Theo các phương án thực hiện khác nhau, hợp phần thủy tinh chứa MgO với lượng trong khoảng giới hạn khoảng 3,0 mol% đến khoảng 5,5 mol%.

Các tác giả sáng chế đã có phát hiện đáng ngạc nhiên rằng các thủy tinh với các trị số $T_{35k} - T_{liq}$ cao một cách thích hợp, thì tỉ lệ của MgO so với các kim loại kiềm thổ khác, $MgO/(MgO+CaO+SrO+BaO)$, sẽ nằm trong khoảng giới hạn tương đối hẹp. Như được chỉ ra ở trên, việc thêm vào của MgO có thể làm bất ổn định các khoáng feldpat, và do đó làm ổn định chất lỏng và làm giảm nhiệt độ đường lỏng. Tuy nhiên, khi MgO đạt tới mức cụ thể thì Mulit, $Al_6Si_2O_{13}$, có thể được ổn định, do đó tăng nhiệt độ đường lỏng và làm giảm độ nhớt đường lỏng. Ngoài ra, các nồng độ cao hơn của MgO có xu hướng làm giảm độ nhớt của chất lỏng, và do đó thậm chí nếu độ nhớt đường lỏng vẫn được giữ không đổi bằng cách thêm vào MgO, thì cuối cùng nó sẽ là trường hợp mà độ nhớt đường lỏng sẽ giảm. Do đó theo phương án thực hiện khác, $0,20 \leq MgO/(MgO+CaO+SrO+BaO) \leq 0,40$ hoặc theo một số phương án thực hiện khác, $0,22 \leq MgO/(MgO+CaO+SrO+BaO) \leq 0,37$. Nằm trong các khoảng giới hạn này, MgO có thể được thay đổi so với các thành phần tạo thành thủy tinh và các oxit kiềm thổ khác để tối đa trị số $T_{35k} - T_{liq}$ thống nhất với việc thu các tính chất mong muốn khác.

Không bị ràng buộc bởi lý thuyết hoạt động cụ thể bất kỳ nào, tin tưởng là canxi oxit có mặt trong thành phần thủy tinh có thể tạo các nhiệt độ đường lỏng thấp (các độ nhớt đường lỏng cao), các môđun và các điểm ủ cao, và của CTE trong các khoảng giới hạn mong muốn nhất cho các ứng dụng tấm phẳng, cụ thể là các ứng dụng AMOLED hoặc AMLCD. Nó cũng góp phần theo cách thuận lợi vào độ bền hóa học, và so với các oxit kiềm thổ khác, nó là vật liệu theo mẻ tương đối không đắt. Tuy nhiên, ở các nồng độ cao, CaO tăng khối lượng riêng và CTE. Hơn nữa, ở các nồng độ SiO_2 thấp thích đáng, CaO có thể làm ổn định anocit, theo đó giảm độ nhớt đường lỏng. Do đó, theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, nồng độ CaO có thể là lớn hơn

hoặc bằng với 2 phần trăm mol. Theo các phương án thực hiện khác, nồng độ CaO của hợp phần thủy tinh là trong khoảng giới hạn từ khoảng 5,5 mol% đến khoảng 7 mol%.

SrO và BaO có thể cả hai đều đóng góp vào các nhiệt độ đường lỏng thấp (các độ nhớt đường lỏng cao) và, do đó, các thủy tinh được mô tả ở đây sẽ thường chứa ít nhất cả hai oxit này. Tuy nhiên, việc chọn và nồng độ của các oxit này được lựa chọn để tránh sự tăng trong CTE và khối lượng riêng và việc giảm trong mô đun và điểm ủ. Các tỷ lệ tương đối của SrO và BaO có thể được cân bằng để sao cho thu được sự kết hợp thích hợp của các tính chất vật lý và độ nhớt đường lỏng sao cho thủy tinh có thể được tạo thành bởi quy trình rút xuôi. Theo các phương án thực hiện khác nhau, thủy tinh chứa SrO trong khoảng giới hạn từ khoảng 3 mol% đến khoảng 5 mol%. Theo một hoặc nhiều phương án thực hiện, thủy tinh chứa BaO trong khoảng giới hạn từ khoảng 0,09 tới nhỏ hơn khoảng 1,0 mol%.

Để tóm tắt lại các tác dụng/vai trò của các thành phần trung tâm của các thủy tinh theo sáng chế, SiO₂ là thành phần tạo thành cơ bản của thủy tinh. Al₂O₃ và B₂O₃ cũng là các thành phần tạo thành thủy tinh và có thể được chọn như là cặp với, ví dụ việc tăng trong B₂O₃ và việc giảm tương ứng trong Al₂O₃ đang được sử dụng để thu khối lượng riêng và CTE thấp hơn, trong khi việc tăng trong Al₂O₃ và việc giảm tương ứng trong B₂O₃ được sử dụng trong việc tăng điểm ủ, mô đun, và độ bền, miễn là việc tăng trong Al₂O₃ không làm giảm tỉ lệ RO/Al₂O₃ bên dưới khoảng 1,0, trong đó RO=□(MgO+CaO+SrO+BaO). Nếu tỉ lệ xuống quá thấp thì khả năng nóng chảy được bị tổn thương, tức là, nhiệt độ nóng chảy trở nên quá cao. B₂O₃ có thể được sử dụng để đưa nhiệt độ nóng chảy xuống, nhưng các mức B₂O₃ cao lại làm tổn thương điểm ủ.

Bên cạnh các cân nhắc khả năng nóng chảy và điểm ủ, với các ứng dụng AMLCD và AMOLED, CTE của thủy tinh nên là có thể tương thích được với phần tương ứng của silic. Để đạt được các trị số CTE này, các thủy tinh làm ví dụ có để điều khiển thành phần RO của thủy tinh. Với thành phần Al₂O₃ đã cho, việc điều khiển của thành phần RO sẽ tương ứng với việc điều khiển tỉ lệ RO/Al₂O₃. Trong thực tế, các thủy tinh có các CTE thích hợp được tạo ra nếu tỉ lệ RO/Al₂O₃ là bên dưới khoảng 1,6.

Trên tất cả các cân nhắc này, sẽ tốt hơn nếu các thủy tinh là tạo hình được bởi quy trình rút xuôi, ví dụ, quy trình dung hợp, nghĩa là độ nhớt đường lỏng của thủy

tinh cần phải tương đối cao. Các kiềm thổ độc lập đóng một vai trò quan trọng liên quan tới vấn đề này do chúng có thể làm bất ổn định các pha tinh thể có thể ở dạng khác. BaO và SrO thường là đặc biệt hiệu quả trong việc điều khiển độ nhót đường lỏng và được chứa trong các thủy tinh làm ví dụ vì ít nhất mục đích này. Như được minh họa trong các ví dụ được thể hiện bên dưới, các tổ hợp khác nhau của kiềm thổ sẽ tạo ra các thủy tinh có các độ nhót đường lỏng cao, với tổng các kiềm thổ thỏa mãn các ràng buộc tỉ lệ RO/Al₂O₃ cần để đạt được các nhiệt độ nóng chảy thấp, các điểm ủ cao, và các CTE thích hợp. Theo một số phương án thực hiện, độ nhót đường lỏng là lớn hơn hoặc bằng với khoảng 15 kPa.s (150kP).

Ngoài các thành phần trên đây, các thành phần thủy tinh được mô tả ở đây có thể bao gồm các oxit khác nhau khác để điều chỉnh các thuộc tính vật lý, làm nóng chảy, tinh chế, và tạo hình khác nhau của các thủy tinh. Các ví dụ về các oxit khác bao gồm, nhưng không giới hạn ở, TiO₂, MnO, Fe₂O₃, ZnO, Nb₂O₅, MoO₃, Ta₂O₅, WO₃, Y₂O₃, La₂O₃ và CeO₂ cũng như các oxit đất hiếm và các phosphat khác. Theo một phương án thực hiện, lượng của mỗi oxit trong số các oxit này có thể nhỏ hơn hoặc bằng 2,0 phần trăm mol, và tổng nồng độ kết hợp của chúng có thể nhỏ hơn hoặc bằng 5,0 phần trăm mol. Theo một số phương án thực hiện, hợp phần thủy tinh chứa ZnO với lượng trong khoảng giới hạn từ khoảng 0 đến khoảng 1,5 mol%, hoặc khoảng 0 đến khoảng 1,0 mol%. Các thành phần thủy tinh được mô tả ở đây cũng có thể bao gồm các chất nhiễm bẩn khác nhau được kết hợp với các vật liệu theo mẻ và/hoặc được đưa vào trong thủy tinh bởi thiết bị làm nóng chảy, tinh chế, và/hoặc thành hình, được sử dụng để sản xuất thủy tinh, cụ thể là Fe₂O₃ and ZrO₂. Các thủy tinh cũng có thể chứa SnO₂ hoặc là kết quả của sự làm nóng chảy Joule sử dụng các điện cực thiếc oxit và/hoặc thông qua sự phân mẻ của các vật liệu chứa thiếc, ví dụ, SnO₂, SnO, SnCO₃, SnC₂O₂, v.v..

Các hợp phần thủy tinh nói chung là không có kiềm; tuy nhiên, các thủy tinh có thể chứa một số chất nhiễm bẩn kiềm. Trong trường hợp của ứng dụng AMLCD và AMOLED, mong muốn để giữ các mức kiềm bên dưới 0,1 phần trăm mol để loại bỏ việc có tác động xấu lên hiệu quả hoạt động của tranzito màng mỏng (thin film transistor - TFT) qua việc phân tán của các ion kiềm từ thủy tinh vào trong silic của

TFT. Như được sử dụng ở đây, "thủy tinh không kiềm" là thủy tinh có tổng nồng độ kiềm nhỏ hơn hoặc bằng 0,1 phần trăm mol, trong đó tổng nồng độ kiềm là tổng của các nồng độ Na_2O , K_2O , và Li_2O . Theo một phương án thực hiện, tổng nồng độ kiềm là nhỏ hơn hoặc bằng với 0,1 phần trăm mol.

Như được thảo luận ở trên, các tỉ lệ $(\text{MgO}+\text{CaO}+\text{SrO}+\text{BaO})/\text{Al}_2\text{O}_3$ lớn hơn hoặc bằng với 1,0 cải thiện việc tinh chế, tức là, việc loại bỏ của các phần chứa khí khỏi các vật liệu theo mẻ được làm nóng chảy. Cải thiện này cho phép sử dụng các gói tinh chế thân thiện với môi trường hơn. Ví dụ, trên cơ sở oxit, các thành phần thủy tinh được mô tả ở đây có thể có một hoặc nhiều hoặc tất cả các đặc trưng trong số các đặc trưng về thành phần sau đây: (i) nồng độ As_2O_3 lớn nhất là 0,05 phần trăm mol; (ii) nồng độ Sb_2O_3 lớn nhất là 0,05 phần trăm mol; (iii) nồng độ SnO_2 lớn nhất là 0,25 phần trăm mol.

As_2O_3 cũng là tác nhân tinh chế nhiệt độ cao hiệu quả cho các thủy tinh AMLCD và AMOLED, và theo một số phương án thực hiện được mô tả ở đây, As_2O_3 được sử dụng cho việc tinh chế do các tính chất tinh chế vượt trội của nó. Tuy nhiên, As_2O_3 là độc và yêu cầu sự xử lý đặc biệt trong quy trình sản xuất thủy tinh. Do đó, theo các phương án nhất định, việc tinh chế được thực hiện mà không sử dụng các lượng đáng kể của As_2O_3 , nghĩa là, thủy tinh hoàn thiện có nhiều nhất là 0,05 phần trăm mol As_2O_3 . Theo một phương án, không có As_2O_3 nào được sử dụng theo cách có chủ đích trong việc tinh chế thủy tinh. Trong các trường hợp như vậy, đặc trưng là thủy tinh hoàn thiện sẽ có nhiều nhất là 0,005 phần trăm mol As_2O_3 như kết quả của việc các chất nhiễm bẩn có mặt trong các vật liệu theo mẻ và/hoặc thiết bị được sử dụng để làm nóng chảy các vật liệu theo mẻ.

Mặc dù không độc như As_2O_3 , nhưng Sb_2O_3 cũng độc và yêu cầu sự xử lý đặc biệt. Ngoài ra, Sb_2O_3 nặng khối lượng riêng, nặng CTE, và hạ điểm ủ khi so sánh với các thủy tinh sử dụng As_2O_3 hoặc SnO_2 làm tác nhân tinh chế. Do đó, theo các phương án thực hiện nhất định, việc tinh chế được thực hiện mà không sử dụng các lượng đáng kể của Sb_2O_3 , nghĩa là, thủy tinh hoàn thiện có nhiều nhất là 0,05 phần trăm mol Sb_2O_3 . Theo một phương án khác, không có Sb_2O_3 nào được sử dụng theo cách có chủ đích trong sự việc tinh chế thủy tinh. Trong các trường hợp như vậy, đặc trưng là thủy

tinh hoàn thiện sẽ có nhiều nhất là 0,005 phần trăm mol Sb_2O_3 như kết quả của việc các chất nhiễm bẩn có mặt trong các vật liệu theo mẻ và/hoặc thiết bị được sử dụng để làm nóng chảy các vật liệu theo mẻ.

So với việc tinh chế nhờ As_2O_3 và Sb_2O_3 , việc tinh chế nhờ thiếc (nghĩa là, việc tinh chế nhờ SnO_2) ít hiệu quả hơn, nhưng SnO_2 là vật liệu có mặt khắp nơi mà không có các tính chất độc hại đã biết. Ngoài ra, trong nhiều năm, SnO_2 đã là thành phần của các thủy tinh AMLCD và AMOLED thông qua sự sử dụng các điện cực thiếc oxit trong sự làm nóng chảy Joule của các vật liệu theo mẻ cho các thủy tinh như vậy. Sự có mặt của SnO_2 trong các thủy tinh AMLCD và AMOLED của bộ hiển thị không dẫn đến các ảnh hưởng tiêu cực đã biết bất kỳ khi sử dụng các thủy tinh này trong việc sản xuất các bộ hiển thị tinh thể lỏng. Tuy nhiên, các nồng độ cao của SnO_2 không được ưu tiên do điều này có thể dẫn đến sự tạo thành các khiếm khuyết tinh thể trong các thủy tinh AMLCD và AMOLED. Theo một phương án thực hiện, nồng độ của SnO_2 trong thủy tinh hoàn thiện là nhỏ hơn hoặc bằng với 0,25 phần trăm mol.

Việc tinh chế nhờ thiếc có thể được sử dụng riêng hoặc kết hợp với các kỹ thuật tinh chế khác nếu muốn. Ví dụ, việc tinh chế nhờ thiếc có thể được kết hợp với việc tinh chế nhờ halogenua, ví dụ, việc tinh chế nhờ brom. Các kết hợp khả thi có thể có khác bao gồm, nhưng không bị giới hạn vào, việc tinh chế nhờ thiếc cộng sulfat, sulfua, xeri oxit, tạo bọt khí cơ học, và/hoặc việc tinh chế chân không. Có dự tính là các kỹ thuật tinh chế khác có thể được sử dụng riêng. Theo các phương án thực hiện nhất định, sự duy trì tỷ lệ $(\text{MgO}+\text{CaO}+\text{SrO}+\text{BaO})/\text{Al}_2\text{O}_3$ và các nồng độ kiềm thổ riêng lẻ trong các khoảng được đề cập trên đây làm cho quy trình tinh chế dễ dàng thực hiện hơn và có hiệu quả hơn.

Các thủy tinh được mô tả ở đây có thể được sản xuất sử dụng các kỹ thuật khác nhau đã được biết tới trong tình trạng kỹ thuật của sáng chế. Theo một phương án thực hiện, các thủy tinh được tạo thành sử dụng quy trình rút xuôi như, ví dụ là, quy trình rút xuôi dung hợp. Theo một phương án thực hiện, phương pháp tạo ra tấm thủy tinh không có kiềm nhờ quy trình rút xuôi được mô tả chứa bước chọn, làm nóng chảy, và tinh chế các vật liệu mẻ sao cho thủy tinh tạo thành các tấm chứa SiO_2 , Al_2O_3 , B_2O_3 , MgO , CaO và BaO , và, trên cơ sở oxit, chứa: (i) Tỷ lệ $(\text{MgO}+\text{CaO}+\text{SrO}+\text{BaO})/\text{Al}_2\text{O}_3$

lớn hơn hoặc bằng với 1,0; (ii) thành phần MgO lớn hơn hoặc bằng với 3,0 phần trăm mol; (iii) thành phần CaO lớn hơn hoặc bằng với 4,0 phần trăm mol; và (iv) thành phần BaO lớn hơn hoặc bằng với 1,0 phần trăm mol, trong đó: (a) bước tinh chế được thực hiện mà không có việc sử dụng của các lượng đáng kể của asen (và, tùy chọn là, không có việc sử dụng của các lượng đáng kể của antimon); và (b) quần thể của 50 tấm thủy tinh liên tiếp được tạo ra bởi quy trình rút xuôi từ các vật liệu mẻ được làm nóng chảy và được tinh chế có mức chứa khí trung bình là nhỏ hơn 0,10 phần chứa khí/cm khối, trong đó mỗi tấm trong quần thể có thể tích ít nhất là 500 cm khối.

Theo một phương án thực hiện, tập hợp của 50 tấm thủy tinh liên tiếp được tạo ra bởi quy trình rút xuôi từ các vật liệu mẻ được làm nóng chảy và được tinh chế có mức chứa khí trung bình là nhỏ hơn 0,05 phần chứa khí/cm khối, trong đó mỗi tấm trong quần thể có thể tích ít nhất là 500 cm khối

Ví dụ

Các ví dụ sau được chỉ ra bên dưới để minh họa các phương án thực hiện làm ví dụ. Các ví dụ này không nhằm bao hàm tất cả các phương án theo sáng chế được đề xuất ở đây, đúng hơn là các ví dụ này để minh họa các phương pháp và các kết quả đại diện. Các ví dụ này không nhằm loại trừ các phương án tương đương và biến đổi của sáng chế mà người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này sẽ hiểu rõ.

Các nỗ lực đã được thực hiện nhằm đảm bảo độ chính xác của các số liệu (ví dụ, lượng, nhiệt độ, v.v.) nhưng vẫn phải tính đến một số sai số và độ lệch. Trừ khi có quy định khác, nhiệt độ được tính theo °C hoặc là ở nhiệt độ môi trường, và áp suất là ở hoặc gần với áp suất khí quyển. Bản thân các thành phần được đưa ra theo phần trăm khối lượng trên cơ sở oxit và đã được chuẩn hóa đến 100%. Có nhiều biến đổi và kết hợp của các điều kiện phản ứng, ví dụ, các nồng độ thành phần, nhiệt độ, áp suất và các khoảng và điều kiện phản ứng khác vốn có thể được sử dụng để tối ưu hóa độ tinh khiết của sản phẩm và hiệu suất thu được từ quy trình được mô tả. Để tối ưu hóa các điều kiện quy trình như vậy chỉ cần sự thử nghiệm hợp lý và thông thường.

Các tính chất của thủy tinh được đưa ra ở trong Bảng 1 được xác định theo các kỹ thuật thông thường trong lĩnh vực thủy tinh. Do đó, hệ số tuyến tính của việc nở vì

nhật (coefficient of thermal expansion - CTE) qua khoảng giới hạn nhiệt độ 25-300 °C được biểu diễn theo nghĩa $\times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ và điểm ủ được biểu diễn theo °C. Chúng được xác định từ kỹ thuật kéo dài sợi (tương ứng là các tham khảo ASTM E228-85 và C336). Khối lượng riêng theo g/cm^3 được đo thông qua phương pháp Acsimet (ASTM C693). Nhiệt độ nóng chảy theo °C (được định nghĩa là nhiệt độ tại đó phần nóng chảy thủy tinh biểu hiện độ nhớt 20 Pa.s (200 poise)) được tính toán dùng phương trình Fulcher được khớp với dữ liệu độ nhớt ở nhiệt độ cao được đo thông qua phép đo độ nhớt dùng các xilanh quay (ASTM C965-81).

Nhiệt độ đường lỏng của thủy tinh theo °C được đo sử dụng phương pháp đường lỏng thuyền gradien chuẩn của ASTM C829-81. Điều này liên quan đến việc đặt các hạt thủy tinh được nghiền trong thuyền platin, đặt thuyền này vào trong lò có các nhiệt độ theo gradien, gia nhiệt thuyền này trong vùng nhiệt độ thích hợp trong 24 giờ, và xác định bằng kiểm tra nhờ kính hiển vi tại nhiệt độ cao nhất tại đó các tinh thể xuất hiện ở bên trong của thủy tinh. Cụ thể hơn, mẫu thủy tinh được lấy ra khỏi thuyền Pt dưới dạng một mảnh, và được kiểm tra bằng cách sử dụng phép hiển vi ánh sáng phân cực để nhận dạng vị trí và bản chất của các tinh thể đã được tạo thành đối với các mặt phân cách Pt và không khí, và ở bên trong của mẫu. Do gradien của lò là đã được biết rõ nên nhiệt độ so với vị trí có thể được ước lượng dễ, nằm trong khoảng 5-10 °C. Nhiệt độ mà tại đó các tinh thể có thể được quan sát trong phần bên trong của mẫu được lấy để đại diện cho đường lỏng của thủy tinh (cho khoảng thử nghiệm tương ứng). Đôi khi thử nghiệm được thực hiện ở thời gian dài hơn (ví dụ, 72 giờ), để quan sát các pha phát triển chậm hơn. Nhiệt độ tương ứng với 20 Pa.s (200 poise) và độ nhớt tại đường lỏng (theo poise) được xác định từ các xấp xỉ gói dữ liệu độ nhớt cao sử dụng phương trình Vogel-Fulcher-Tammann,

$$\log(\eta) = A + B/(T - T_0)$$

trong đó T là nhiệt độ và A, B và T_0 là các thông số điều chỉnh. Để xác định độ nhớt đường lỏng, nhiệt độ đường lỏng được sử dụng làm trị số cho T. Các trị số suất Young theo GPa được xác định sử dụng kỹ thuật quang phổ siêu âm cộng hưởng theo loại chung được chỉ ra trong ASTM E1875-00e1.

Như có thể được thấy trên bảng 1, các thủy tinh làm ví dụ có khối lượng riêng, CTE, điểm ủ và các trị số suất Young tạo nên các thủy tinh thích hợp cho các ứng dụng hiển thị, như các ứng dụng để AMLCD và AMOLED, và cụ thể hơn là các ứng dụng tranzitor màng mỏng oxit và polysilicon nhiệt độ thấp. Mặc dù không được thể hiện trên bảng 1, nhưng các thủy tinh có độ bền trong môi trường axit và bazơ là tương tự như với các thủy tinh thu được từ các đế AMLCD và AMOLED thương mại, và do đó là thích hợp cho các ứng dụng AMLCD và AMOLED. Các thủy tinh làm ví dụ có thể được tạo thành sử dụng các kỹ thuật rút xuôi, và đặc biệt là tương thích với quy trình dung hợp, thông qua tiêu chí nêu trên.

Các thủy tinh làm ví dụ trong bảng 1 được chuẩn bị sử dụng cát thương mại như silica, được nghiền sao cho 90% trọng lượng được cho qua rây lỗ 100 U.S. tiêu chuẩn. Nhôm oxit là nguồn nhôm oxit, pericla là nguồn cho MgO, đá vôi là nguồn cho CaO, stronti cacbonat, stronti nitrat hoặc hỗn hợp của chúng là nguồn cho SrO, bari cacbonat là nguồn cho BaO, và thiếc (IV) oxit là nguồn cho SnO₂. Các vật liệu thô được trộn kỹ, được nạp vào trong bình platin được treo trong lò được gia nhiệt bởi các thanh phát sáng silicon carbua, được làm nóng chảy và được khuấy trong một vài tiếng ở các nhiệt độ trong khoảng từ 1600 đến 1650°C để bảo đảm tính đồng nhất, và được phân phối qua lỗ ở đế của bình platin. Các bánh kết quả của thủy tinh được ủ ở hoặc gần điểm ủ, và tiếp đó được cho trải qua các phương pháp thử nghiệm khác nhau để xác định các thuộc tính vật lý, nhót và đường lỏng.

Các phương pháp này không phải là duy nhất, và các thủy tinh trong bảng 1 có thể được chuẩn bị sử dụng các phương pháp chuẩn mà người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này đã biết rõ. Các phương pháp như vậy bao gồm quy trình làm nóng chảy liên tục, như sẽ được thực hiện trong quy trình làm nóng chảy liên tục, trong đó bộ làm nóng chảy được sử dụng trong quy trình làm nóng chảy liên tục được gia nhiệt bởi khí, bởi điện năng, hoặc các kết hợp của chúng.

Các vật liệu thô thích hợp để tạo ra thủy tinh được bộc lộ bao gồm cát sẵn có trên thị trường như là các nguồn SiO₂; nhôm oxit, nhôm hydroxit, các dạng được hydrat hóa của nhôm oxit, và các nhôm silicat, các nitrate và các halogenua làm các nguồn Al₂O₃; axit boric, axit boric khan và oxide boric làm các nguồn B₂O₃; pericla, đolomit

(cũng là nguồn CaO), magiê oxit, magiê cacbonat, magiê hydroxit, và các dạng khác nhau của magiê silicat, các nhôm silicat, các nitrat và các halogenua làm các nguồn MgO; đá vôi, aragonit, đolomit (còn gọi là nguồn MgO), wolastonit, và các dạng khác nhau của canxi silicat, các nhôm silicat, các nitrat và các halogenua làm các nguồn CaO; và các oxit, các cacbonat, các nitrate và các halogenua của stronti và bari. Nếu hóa chất tinh chế được mong muốn, có thể bổ sung thiếc như là SnO_2 , như oxit được trộn lẫn với một thành phần thủy tinh chính khác (ví dụ, CaSnO_3), hoặc trong các điều kiện oxy hóa như SnO , thiếc oxalat, thiếc halogenua, hoặc các hợp chất khác của thiếc mà người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này đã biết.

Các thủy tinh trong bảng 1 chứa SnO_2 làm tác nhân tinh chế, nhưng các tác nhân tinh chế hóa học khác cũng có thể được áp dụng để thu thủy tinh đủ chất lượng cho các ứng dụng TFT. Ví dụ, các thủy tinh được bộc lộ này có thể áp dụng tổ hợp bất kỳ trong số các tổ hợp của As_2O_3 , Sb_2O_3 , CeO_2 , Fe_2O_3 , và halogenua như các việc bổ sung có chủ ý để tạo thuận tiện cho việc tinh chế, và thành phần bất kỳ trong số chúng có thể được sử dụng cùng với tác nhân tinh chế hóa học SnO_2 được thể hiện trên các ví dụ. Trong số chúng, As_2O_3 và Sb_2O_3 nói chung là được nhận biết như các vật liệu độc hại, chịu sự kiểm soát trong các dòng chất thải như có thể được tạo ra trong khi sản xuất thủy tinh hoặc trong xử lý các panen TFT. Do đó, có mong muốn giới hạn nồng độ của As_2O_3 và Sb_2O_3 theo cách riêng lẻ hoặc kết hợp là không lớn hơn 0,005 %mol.

Ngoài các nguyên tố được kết hợp theo cách có chủ ý vào các thủy tinh làm ví dụ, gần như tất cả các nguyên tố ổn định trong bảng tuần hoàn có mặt trong các thủy tinh ở mức độ nào đó, hoặc là qua các mức nhiễm bẩn thấp trong các vật liệu thô, qua sự ăn mòn ở nhiệt độ cao của chất chịu lửa và các kim loại quý trong quy trình sản xuất, hoặc là qua sự đưa vào có chủ ý ở các mức thấp để tinh chỉnh các thuộc tính của thủy tinh cuối cùng. Ví dụ, zirconi có thể được đưa vào như chất nhiễm bẩn thông qua phản ứng với chất chịu lửa giàu zirconi. Như ví dụ thêm nữa, platin và rodi có thể được đưa vào thông qua các phản ứng với các kim loại quý. Như ví dụ khác nữa, sắt có thể được đưa vào như phần tạp tán trong các vật liệu thô, hoặc được bổ sung theo cách có chủ ý để tăng cường kiểm soát phân chứa khí. Như ví dụ thêm nữa, mangan có thể được đưa vào để kiểm soát màu hoặc để tăng cường kiểm soát các phân chứa khí.

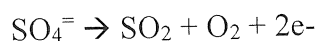
Theo ví dụ khác nữa, các kiềm có thể có mặt như là thành phần tạp tán tại các mức lên tới khoảng 0,1 mol% cho nồng độ được kết hợp của Li_2O , Na_2O và K_2O .

Hydro chắc chắn có mặt dưới dạng anion hydroxyl, OH^- , và sự có mặt của nó có thể được biết chắc thông qua các kỹ thuật phổ học hồng ngoại chuẩn. Các ion hydroxyl hòa tan, tác động đáng kể và phi tuyến đến điểm ủ của các thủy tinh được bọc lộ, và theo đó thu được điểm ủ mong muốn, có thể cần thiết để điều chỉnh các nồng độ của các thành phần oxit chính để sao cho bù được. Nồng độ ion hydroxyl có thể được kiểm soát đến phạm vi nào đó qua sự chọn lựa các vật liệu thô hoặc sự chọn lựa hệ thống làm nóng chảy. Ví dụ, axit boric là nguồn chính của các hydroxyl, và sự thay thế boric axit bằng boric oxit có thể là phương tiện hữu ích để kiểm soát nồng độ hydroxyl trong thủy tinh cuối cùng. Cùng suy luận áp dụng cho các vật liệu thô tiềm năng khác bao gồm các ion hydroxyl, hydrat, hoặc các hợp chất bao gồm các phân tử nước được hấp thụ vật lý hoặc được hấp thụ hóa học. Nếu các lò đốt được sử dụng trong quy trình làm nóng chảy, thì các ion hydroxyl cũng có thể được đưa vào qua các sản phẩm đốt cháy từ sự đốt cháy của khí tự nhiên và các hydrocacbon liên quan, và theo đó có thể có mong muốn dịch chuyển năng lượng được sử dụng trong khi làm nóng chảy từ các lò đốt đến các điện cực để bù. Theo cách khác, thay vào đó người ta có thể dùng quy trình lặp để điều chỉnh các thành phần oxit chính để sao cho bù tác động có hại của các ion hydroxyl hòa tan.

Lưu huỳnh thường có mặt trong khí tự nhiên, và cũng như vậy là thành phần tạp tán trong nhiều cacbonat, nitrat, halogenua, và các vật liệu thô oxit. Ở dạng của SO_2 , lưu huỳnh có thể là nguồn các phần chứa khí gây khó khăn. Xu hướng để tạo thành các khuyết tật giàu SO_2 có thể được quản lý đến độ đáng kể nhờ việc kiểm soát các mức lưu huỳnh trong các vật liệu thô, và nhờ kết hợp các mức thấp của các cation đa hóa trị được khử tương đối vào trong nền thủy tinh. Mặc dù không mong muốn bị ràng buộc vào lý thuyết, nhưng có vẻ là các phần chứa khí giàu SO_2 phát sinh chủ yếu thông qua sự khử của sulfat (SO_4^{2-}) được hòa tan trong thủy tinh. Các nồng độ bari được nâng lên của các thủy tinh được bọc lộ có vẻ làm tăng sự giữ lưu huỳnh trong thủy tinh ở các giai đoạn làm nóng chảy đầu, nhưng như được lưu ý trên đây, bari được yêu cầu để thu được nhiệt độ đường lỏng thấp, và do đó là $T_{35k}-T_{liq}$ cao và độ nhớt đường lỏng cao. Sự

kiểm soát theo cách có chủ ý các mức lưu huỳnh trong các vật liệu thô đến mức thấp là phương tiện hữu ích để khử lưu huỳnh hòa tan (có thể như sulfat) trong thủy tinh. Cụ thể, lưu huỳnh cụ thể là nhỏ hơn 200ppm theo trọng lượng trong các vật liệu theo mẻ, cụ thể hơn là nhỏ hơn 100ppm theo trọng lượng trong các vật liệu theo mẻ.

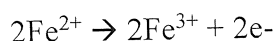
Các đa trị được khử cũng có thể được sử dụng để kiểm soát xu hướng của các thủy tinh được bọc lộ để tạo thành các bọt SO_2 . Mặc dù không mong muốn bị ràng buộc vào lý thuyết, nhưng các nguyên tố này hoạt động như các chất cho điện tử tiềm năng triệt lực điện động cho sự khử sulfat. Việc khử Sunphat có thể được viết theo bán phản ứng như



trong đó e^- là điện tử. “Hằng số cân bằng” cho bán phản ứng là

$$K_{\text{eq}} = [\text{SO}_2][\text{O}_2][\text{e}^-]^2 / [\text{SO}_4^-]$$

trong đó dấu ngoặc thể hiện các hoạt động hóa học. Lý tưởng là người ta sẽ ép phản ứng để sao cho tạo ra sulfat từ SO_2 , O_2 và 2e^- . Sự bổ sung các nitrat, peroxit, hoặc các vật liệu thô giàu oxy khác có thể giúp, nhưng cũng có thể hoạt động chống lại sự khử sulfat ở các trạng thái làm nóng chảy đầu, mà nó cũng có thể chống lại các lợi ích khi bổ sung chúng lúc ban đầu. SO_2 có độ hòa tan rất thấp trong hầu hết thủy tinh, và như vậy là không thực tế để bổ sung vào quy trình làm nóng chảy thủy tinh. Các electron có thể “được bổ sung” qua các đa trị được khử. Ví dụ, bán phản ứng cho điện tử thích hợp cho sắt II (Fe^{2+}) được biểu diễn là



“Hoạt động” này của các điện tử có thể ép phản ứng khử sunphat về bên trái, làm ổn định SO_4^- trong thủy tinh. Các đa trị được khử chứa, nhưng không giới hạn ở, Fe^{2+} , Mn^{2+} , Sn^{2+} , Sb^{3+} , As^{3+} , V^{3+} , Ti^{3+} , và các chất quen biết khác đối với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này. Trong mỗi trường hợp, có thể là quan trọng để giảm thiểu các nồng độ của các thành phần như vậy để sao cho tránh được tác động có hại lên màu của thủy tinh, hoặc trong trường hợp của As và Sb, để tránh bổ sung các thành phần này ở mức đủ cao để gây rắc rối cho sự quản lý chất thải trong quy trình của người dùng cuối.

Ngoài các thành phần oxit chính của các thủy tinh được bộc lộ, và các phần tử cấu thành phụ hoặc tạp tán được lưu ý trên đây, các halogenua có thể có mặt ở các mức khác nhau, hoặc là như các chất nhiễm bẩn được đưa vào qua sự chọn lựa các vật liệu thô, hoặc là như các thành phần có chủ ý được sử dụng để loại bỏ các phần chứa khí trong thủy tinh. Để làm chất tinh chế, các halogenua có thể được kết hợp ở mức khoảng 0,4 %mol hoặc nhỏ hơn, mặc dù nói chung là mong muốn sử dụng các lượng thấp hơn nếu có thể để tránh sự ăn mòn của thiết bị xử lý khí thải. Theo phương án thực hiện được ưu tiên, nồng độ của các nguyên tố halogenua riêng lẻ là dưới khoảng 200ppm theo khối lượng đối với mỗi halogenua riêng lẻ, hoặc dưới khoảng 800ppm theo khối lượng đối với tổng tất cả các nguyên tố halogenua.

Bên cạnh các thành phần oxit chính này, các thành phần phụ và tạp tán, các đa trị và các chất làm trong halogenua, có thể hữu ích để kết hợp các nồng độ thấp của các thành phần oxit không màu khác để đạt được các tính chất vật lý, quang học hoặc nhót đàn hồi mong muốn. Các oxit này bao gồm, nhưng không giới hạn ở, TiO_2 , ZrO_2 , HfO_2 , Nb_2O_5 , Ta_2O_5 , MoO_3 , WO_3 , ZnO , In_2O_3 , Ga_2O_3 , Bi_2O_3 , GeO_2 , PbO , SeO_3 , TeO_2 , Y_2O_3 , La_2O_3 , Gd_2O_3 , và các chất khác đã biết bởi người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này. Nhờ quy trình lặp lại của việc điều chỉnh các tỉ lệ tương đối của các thành phần oxit chính của các thủy tinh được bộc lộ mà các oxit không màu này có thể được thêm vào tới mức lên tới khoảng 2 mol% mà không có tác động không thể chấp nhận được cho điểm ủ, $T_{10k}-T_{liq}$ hoặc độ nhót đường lỏng.

Các ví dụ về các hợp phần thủy tinh theo một số phương án thực hiện được bộc lộ bên dưới trong các bảng 1 và 2. Các ví dụ 1-69 không nằm trong phạm vi bảo hộ của các yêu cầu bảo hộ và được đưa ra chỉ nhằm mục đích tham khảo.

Bảng 1

% khối lượng	1	2	3	4	5	6	7
SiO_2	60,79	60,82	60,71	60,79	61,74	62,31	61,83
Al_2O_3	19,36	19,33	19,26	19,36	17,94	18,59	18,06
B_2O_3	6,10	5,67	5,56	6,10	5,68	5,60	5,92
MgO	2,46	3,26	2,80	2,46	2,08	1,92	2,02
CaO	5,27	5,21	5,48	5,27	5,43	4,96	5,28
SrO	5,60	5,33	5,78	5,60	6,73	6,12	6,50
BaO	0,06	0,06	0,05	0,06	0,08	0,20	0,07

SnO ₂	0,23	0,23	0,22	0,23	0,19	0,18	0,19
Fe ₂ O ₃	0,05	0,05	0,05	0,05	0,02	0,03	0,03
ZrO ₂	0,04	0,02	0,04	0,04	0,06	0,06	0,06
As ₂ O ₃	0	0	0	0	0	0	0
Sb ₂ O ₃	0	0	0	0	0	0	0
RO	17,27	13,86	14,11	13,39	14,32	13,2	13,87
% mol	1	2	3	4	5	6	7
SiO ₂	67,93	67,32	67,15	67,43	68,47	69,22	68,58
Al ₂ O ₃	12,51	12,52	12,56	12,62	11,72	12,17	11,8
B ₂ O ₃	4,55	5,19	5,31	5,82	5,44	5,37	5,67
MgO	4,7	5,22	4,62	4,03	3,43	3,18	3,34
CaO	6,25	6,14	6,49	6,31	6,45	5,9	6,27
SrO	3,9	3,46	3,71	3,63	4,33	3,94	4,18
BaO	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03	0,09	0,03
SnO ₂	0,09	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08
Fe ₂ O ₃	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01
ZrO ₂	0,03	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03
RO	14,88	14,85	14,84	13,99	14,24	13,11	13,82
Các tính chất	1	2	3	4	5	6	7
RO/Al ₂ O ₃	1,19	1,18	1,18	1,11	1,22	1,08	1,17
Điểm biến dạng (°C)	713	708	704	702	705	714	706
Điểm ủ (°C)	767	760	758	756	757	769	758
Điểm làm mềm (°C)	996	991	988	995	994	1007	995
CTE (10 ⁻⁷ /°C)	35	35,1	35,7	34,1	37,7	33,5	38,2
Khối lượng riêng (g/cm ³)	2,521	2,510	2,512	2,501	2,506	2,494	2,501
Suất Young (GPa)	81,8	81,6	81,1	79,8	79,1	79,0	78,9
Môđun riêng (GPa/g/cm ³)	32,4	32,5	32,3	31,9	31,6	31,7	31,6
T _{200P} (°C)	1610	1593	1596	1605	1623	1644	1627
T _{35kP} (°C)	1243	1233	1233	1239	1245	1260	1247
Đường pha lỏng 72h							
không khí		1175	1170	1175	vắng tới 1185	1195	vắng tới 1190
int	1200	1165	1160	1160	1160	1180	1165
Pt	1180	1150	1150	1140	1150	1170	1150
Pha	An	crist/an	Cris + An, vắng	Cris + An, vắng	crist/an	An/Crist	crist/an

			không khí (anor) tới 1240	không khí (anor) tới 1220			
Độ nhớt lỏng (P)	8,57E+04	1,63E+05	1,78E+05	1,94E+05	2,18E+05	2,14E+05	2,03E+05
$T_{35kP} - T_{liq}$	43	68	73	79	85	84	82

Bảng 2

% khối lượng	8	9	10	11	12	13	14
SiO ₂ (được phân tích)	58,89	59,09	59,35	59,78	60,11	60,29	59,6
Al ₂ O ₃	18,74	18,74	18,81	18,94	19,04	19,12	18,51
B ₂ O ₃	8	7,31	6,88	6,22	5,78	5,28	5,78
MgO	3,169	3,034	3,038	3,051	3,059	3,07	3,585
CaO	5,149	5,171	5,188	5,235	5,245	5,278	6,079
SrO	6,1	6,47	6,54	6,6	6,62	6,66	5,98
BaO	0,08	0,08	0,08	0,09	0,09	0,08	0,09
SnO ₂	0,15	0,15	0,149	0,148	0,148	0,148	0,149
Fe ₂ O ₃	0,054	0,053	0,054	0,053	0,053	0,055	0,053
ZrO ₂	0,013	0,009	0,008	0,008	0,008	0,007	0,007
As ₂ O ₃							
Sb ₂ O ₃							
%mol	8	9	10	11	12	13	14
SiO ₂	64,75	65,33	65,62	66,05	66,38	66,74	65,59
Al ₂ O ₃	12,22	12,24	12,29	12,37	12,43	12,48	11,98
B ₂ O ₃	7,64	6,99	6,58	5,95	5,53	5,05	5,48
MgO	5,23	5,01	5,02	5,04	5,05	5,07	5,87
CaO	6,11	6,14	6,16	6,22	6,23	6,26	7,15
SrO	3,92	4,16	4,2	4,24	4,25	4,28	3,81
BaO	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03	0,04
SnO ₂	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Fe ₂ O ₃	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
ZrO ₂	0,01	0	0	0	0	0	0
Các tính chất	8	9	10	11	12	13	14
RO/Al ₂ O ₃	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,40
RO-Al ₂ O ₃	3,07	3,10	3,12	3,17	3,14	3,16	4,89
RO / (Al ₂ O ₃ +B ₂ O ₃)	0,77	0,80	0,82	0,85	0,87	0,89	0,97
RO- Al ₂ O ₃ -B ₂ O ₃	-4,57	-3,89	-3,46	-2,78	-2,39	-1,89	-0,59
MgO/RO	0,34	0,33	0,33	0,33	0,33	0,32	0,35
CaO/RO	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,42
SrO/RO	0,26	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,23
(CaO+SrO) / Al ₂ O ₃	0,82	0,84	0,84	0,85	0,84	0,84	0,91
(CaO+SrO+BaO) / Al ₂ O ₃	0,82	0,84	0,85	0,85	0,85	0,85	0,92
CaO / (CaO+SrO)	0,61	0,60	0,59	0,59	0,59	0,59	0,65
tỷ trọng	2,505	2,513	2,517	2,523	2,526	2,531	2,531
dự đoán CTE	36	36,2	36,2	36,3	36,2	36,3	37,6
dự đoán ủ	729	736	740	747	752	757	742

Suất Young (dự đoán)	79,2	79,6	80,1	80,7	81,2	81,7	81,9
môđun riêng (dự đoán)	31,6	31,7	31,8	32	32,1	32,3	32,4
dự đoán 200p	1555	1566	1571	1579	1584	1590	1565
dự đoán 35kp	1194	1204	1208	1215	1221	1226	1201
dự đoán SOC	30,51	30,24	30,07	29,78	29,61	29,42	29,32
dự đoán đường lòng	1136	1152	1161	1174	1182	1192	1180
biến dạng	682	685	688	702	706	710	690
ủ	734	737	740	747	751,3	756	741
mềm	963,5	965,2	969,3	975,2	980,7	983,9	965,7
CTE	36,1	39,9	37,7	36	36,5	36,6	37,3
tỷ trọng	2,5057	2,5138	2,5178	2,5228	2,5251	2,532	2,5322
Tỷ lệ Poisson							
môđun trượt (Mpsi)							
Suất Young (Mpsi)							
Suất Young (GPa)							
Môđun riêng (GPa/khối lượng riêng)							
200p	1566	1567	1576	1595	1586	1595	1566
35kp	1203	1206	1210	1225	1222	1225	1204
Đường lòng 72 hr							
không khí	1125	1160	1165	1195	1175	1205	1155
nội	1120	1150	1155	1170	1170	1200	1150
Pt	1120	1120	1130	1150	1150	1180	1135
pha		An	An	An			
pha thứ hai							
độ nhót đường lòng 72 h (int)	0	120951	117209	116176	0	0	0
T35k-Tliq	83	56	55	55	52	25	54

Bảng 2 (tiếp tục)

% khối lượng	15	16	17	18	19	20	21
SiO ₂ (được phân tích)	60,12	60,58	59,87	59,8	60,38	60,8	60,2
Al ₂ O ₃	18,85	19,08	19,054	19,3	19,17	19,29	19,1
B ₂ O ₃	5,72	5,7	5,71	5,72	5,73	5,79	5,89
MgO	3,207	2,619	3,341	3,08	3,354	4,076	3,053

CaO	5,975	5,905	5,104	6,17	5,601	4,943	5,82
SrO	5,88	5,82	6,25	5,02	5,38	4,87	5,7
BaO	0,08	0,08	0,105	0,069	0,07	0,06	0,1
SnO ₂	0,149	0,149	0,152	0,16	0,149	0,151	0,151
Fe ₂ O ₃	0,055	0,054	0,055	0,052	0,057	0,057	0,058
ZrO ₂	0,008	0,007	0,039	0,051	0,048	0,049	0,048
As ₂ O ₃							
Sb ₂ O ₃							
%mol	15	16	17	18	19	20	21
SiO ₂	66,13	66,95	66,45	66,37	66,45	66,41	66,24
Al ₂ O ₃	12,24	12,43	12,4	12,52	12,43	12,44	12,43
B ₂ O ₃	5,44	5,44	5,44	5,43	5,44	5,47	5,61
MgO	5,27	4,32	5,5	5,05	5,5	6,65	5,02
CaO	7,05	7	6,04	7,28	6,6	5,8	6,88
SrO	3,76	3,73	4	3,2	3,43	3,09	3,65
BaO	0,03	0,03	0,05	0,03	0,03	0,03	0,04
SnO ₂	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Fe ₂ O ₃	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
ZrO ₂	0	0	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03
Các tính chất	15	16	17	18	19	20	21
RO/Al ₂ O ₃	1,31	1,21	1,25	1,24	1,25	1,25	1,25
RO-Al ₂ O ₃	3,87	2,65	3,19	3,04	3,13	3,13	3,16
RO / (Al ₂ O ₃ +B ₂ O ₃)	0,91	0,84	0,87	0,87	0,87	0,87	0,86

RO- Al ₂ O ₃ -B ₂ O ₃	-1,57	-2,79	-2,25	-2,39	-2,31	-2,34	-2,45
MgO/RO	0,33	0,29	0,35	0,33	0,35	0,43	0,32
CaO/RO	0,44	0,47	0,39	0,47	0,42	0,37	0,44
SrO/RO	0,23	0,25	0,26	0,21	0,22	0,20	0,23
(CaO+SrO) / Al ₂ O ₃	0,88	0,86	0,81	0,84	0,81	0,71	0,85
(CaO+SrO+BaO) / Al ₂ O ₃	0,89	0,87	0,81	0,84	0,81	0,72	0,85
CaO / (CaO+SrO)	0,65	0,65	0,60	0,69	0,66	0,65	0,65
tỷ trọng	2,525	2,515	2,522	2,513	2,514	2,506	2,518
dự đoán CTE	36,8	35,9	35,8	35,8	35,6	34,5	36,1
dự đoán ù	749	756	753	754	753	753	751
Suất Young (dự đoán)	81,6	80,9	81,5	81,7	81,7	82,3	81,3
môđun riêng (dự đoán)	32,3	32,2	32,3	32,5	32,5	32,8	32,3
dự đoán 200p	1577	1594	1584	1581	1582	1578	1580
dự đoán 35kp	1212	1228	1220	1217	1218	1215	1217
dự đoán SOC	29,47	29,74	29,64	29,59	29,67	29,8	29,65
dự đoán đường lỏng	1177	1177	1179	1177	1175	1179	1175
biến dạng	693	699	708	707	710	711	705
ù	746	752	753	752	754	756	751
mềm	972,5	984,3	980,9	981,7	983,1	977,9	978,1
CTE	37,2	36,4	35,7	35,6	35,9	34,6	36,1
tỷ trọng	2,5254	2,5125	2,5208	2,5108	2,5134	2,5051	2,517
Tỷ lệ Poisson			0,24				0,243
môđun trượt (GPa (Mpsi))			32,81 (4,759)				32,80 (4,757)

Suất Young (Mpsi)			11,804				11,831
Suất Young (GPa)			81,385				81,57187
Môđun riêng (GPa/khối lượng riêng)			32,285				32,40837
200p	1579	1595	1588	1578	1582	1581	1582
35kp	1213	1226	1222	1219	1218	1219	1218
Đường lỏng 72 hr							
không khí	1160	1175	1180	1210	1170/1145	1180/1165	1210
nội	1150	1165	1170	1190	1165/1140	1170/1160	1185
Pt	1140	1150	1140	1165	1140/1135	1160/1155	1165
pha			An + Cr	anocitit	1o anocitit / 2o cristobalit	1o coedierit / 2o cristobalit	anocitit
pha thứ hai							
độ nhót đường lỏng 72 h (int)	0	0	109631	64566			71743,94
T35k-Tliq	63	61	52	29	53	49	33

Bảng 2 (tiếp tục)

% khối lượng	22	23	24	25	26	27	28
SiO ₂ (được phân tích)	60,32	60,95	60,66	60,56	60,71	61,05	61,32
Al ₂ O ₃	19,17	19,38	19,44	19,64	19,37	19,56	19,72
B ₂ O ₃	5,75	5,7	5,71	5,87	5,59	5,78	5,89
MgO	3,378	3,934	2,963	2,807	2,993	3,022	2,966
CaO	6,048	5,553	6,327	6,31	6,397	6,666	6,942
SrO	4,58	4,19	4,78	4,76	4,5	3,87	2,93
BaO	0,06	0,06	0,07	0,06	0,06	0,05	0,04
SnO ₂	0,156	0,155	0,154	0,155	0,154	0,155	0,157
Fe ₂ O ₃	0,057	0,056	0,057	0,057	0,057	0,058	0,056
ZrO ₂	0,043	0	0,042	0,045	0,048	0,046	0,045
As ₂ O ₃							

Sb2O3							
%mol	22	23	24	25	26	27	28
SiO2	66,51	66,5	66,45	66,4	66,73	66,54	66,82
Al2O3	12,38	12,47	12,61	12,76	12,54	12,63	12,69
B2O3	5,44	5,37	5,42	5,59	5,3	5,47	5,55
MgO	5,52	6,4	4,86	4,61	4,9	4,94	4,83
CaO	7,1	6,5	7,46	7,45	7,53	7,83	8,12
SrO	2,91	2,65	3,05	3,04	2,87	2,46	1,86
BaO	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02
SnO2	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Fe2O3	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
ZrO2	0,02	0	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02
Các tính chất	22	23	24	25	26	27	28
RO/Al2O3	1,25	1,25	1,22	1,18	1,22	1,21	1,17
RO-Al2O3	3,18	3,11	2,79	2,37	2,79	2,62	2,14
RO / (Al2O3+B2O3)	0,87	0,87	0,85	0,82	0,86	0,84	0,81
RO- Al2O3-B2O3	-2,26	-2,26	-2,63	-3,22	-2,51	-2,85	-3,41
MgO/RO	0,36	0,41	0,32	0,31	0,32	0,32	0,33
CaO/RO	0,46	0,42	0,49	0,49	0,49	0,51	0,55
SrO/RO	0,19	0,17	0,20	0,20	0,19	0,16	0,13
(CaO+SrO) / Al2O3	0,81	0,73	0,83	0,82	0,83	0,81	0,79
(CaO+SrO+BaO) / Al2O3	0,81	0,74	0,84	0,82	0,83	0,82	0,79
CaO / (CaO+SrO)	0,71	0,71	0,71	0,71	0,72	0,76	0,81
tỷ trọng	2,506	2,502	2,51	2,507	2,506	2,499	2,486
dự đoán CTE	35,4	34,6	35,7	35,4	35,5	35,2	34,4
dự đoán ù	753	755	756	756	757	756	759
Suất Young (dự đoán)	81,8	82,5	81,6	81,4	81,7	81,8	81,7
môđun riêng (dự đoán)	32,6	33	32,5	32,5	32,6	32,7	32,9
dự đoán 200p	1581	1578	1582	1582	1586	1581	1585
dự đoán 35kp	1217	1215	1219	1220	1222	1218	1221
dự đoán SOC	29,7	29,74	29,6	29,69	29,63	29,7	29,89
dự đoán đường lông	1183	1189	1178	1176	1184	1185	1193
biến dạng	701	704	702	705	704	703	705
ù	753	755	754	757	756	755	758
mềm	979,4	981,9	984,1	986,6	984,2	986,4	988,3
CTE	32,4	34,8	35,2	35,6	36,2	36,2	34,7
tỷ trọng	2,5038	2,499	2,508	2,507	2,505	2,4952	2,471
Tỷ lệ Poisson		0,237					
môđun trượt (GPa (Mpsi))		33,17 (4,811)					

Suất Young (Mpsi)		11,901					
Suất Young (GPa)		82,05451					
Môđun riêng (GPa/khối lượng riêng)		32,83494					
200p	1585	1586	1595	1595	1587	1587	1593
35kp	1217	1217	1221	1225	1221	1220	1225
Đường lỏng 72 hr							
không khí	1175	1195	1210	1225	1210	1180	1190
nội	1170	1185	1185	1200	1175	1175	1180
Pt	1155	1160	1160	1170	1160	1150	1170
pha	Celsian + cristobalit	cristobalit	anocit	anocit	anocit	anocit + cristobalit	anocit + cristobalit
pha thứ hai							
độ nhót đường lỏng 72 h (int)	98634,86	69323,89	74560,81	58863,62	96239,69	92830,54	92496,67
T35k-Tliq	47	32	36	25	46	45	45

Bảng 2 (tiếp tục)

% khối lượng	29	30	31	32	33	34	35
SiO ₂ (được phân tích)	60,55	60,99	61,3	60,72	60,86	60,77	61,2
Al ₂ O ₃	19,48	19,45	19,35	19,38	19,4	19,2	18,96
B ₂ O ₃	5,86	5,82	5,8	5,75	5,73	5,75	5,71
MgO	2,989	3,384	3,29	3,407	3,348	3,218	3,112
CaO	6,315	5,855	5,66	5,073	4,769	5,978	6,163
SrO	4,79	4,43	4,29	5,66	5,88	5,06	4,76
BaO	0,07	0,07	0,067	0,09	0,09	0,07	0,06
SnO ₂	0,158	0,154	0,16	0,151	0,153	0,154	0,153
Fe ₂ O ₃	0,057	0,056	0,052	0,058	0,056	0,056	0,057
ZrO ₂	0,044	0,044	0,048	0	0,046	0,047	0,044
As ₂ O ₃							
Sb ₂ O ₃							
%mol	29	30	31	32	33	34	35
SiO ₂	66,23	66,54	67,13	66,58	66,81	66,41	66,83
Al ₂ O ₃	12,64	12,57	12,49	12,6	12,63	12,44	12,26
B ₂ O ₃	5,57	5,51	5,48	5,47	5,47	5,46	5,41
MgO	4,91	5,53	5,37	5,6	5,52	5,28	5,09
CaO	7,45	6,88	6,64	6	5,65	7,04	7,25
SrO	3,06	2,82	2,73	3,62	3,77	3,23	3,03
BaO	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03
SnO ₂	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07

Fe ₂ O ₃	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
ZrO ₂	0,02	0,02	0,03	0	0,02	0,03	0,02
Các tính chất	29	30	31	32	33	34	35
RO/Al ₂ O ₃	1,22	1,21	1,18	1,21	1,18	1,25	1,25
RO-Al ₂ O ₃	2,81	2,69	2,28	2,66	2,35	3,14	3,14
RO / (Al ₂ O ₃ +B ₂ O ₃)	0,85	0,84	0,82	0,84	0,83	0,87	0,87
RO- Al ₂ O ₃ - B ₂ O ₃	-2,76	-2,82	-3,2	-2,81	-3,12	-2,32	-2,27
MgO/RO	0,32	0,36	0,36	0,37	0,37	0,34	0,33
CaO/RO	0,48	0,45	0,45	0,39	0,38	0,45	0,47
SrO/RO	0,20	0,19	0,19	0,24	0,25	0,21	0,20
(CaO+SrO) / Al ₂ O ₃	0,83	0,77	0,75	0,76	0,75	0,83	0,84
(CaO+SrO+BaO) / Al ₂ O ₃	0,83	0,77	0,75	0,77	0,75	0,83	0,84
CaO / (CaO+SrO)	0,71	0,71	0,71	0,62	0,60	0,69	0,71
tỷ trọng	2,51	2,502	2,494	2,514	2,513	2,512	2,506
dự đoán CTE	35,7	34,8	34,2	35	34,7	35,7	35,6
dự đoán ù	754	756	759	756	757	753	754
Suất Young (dự đoán)	81,6	81,8	81,6	81,7	81,5	81,7	81,5
môđun riêng (dự đoán)	32,5	32,7	32,7	32,5	32,4	32,5	32,5
dự đoán 200p	1578	1582	1593	1585	1590	1581	1588
dự đoán 35kp	1216	1219	1227	1222	1227	1217	1221
dự đoán SOC	29,62	29,79	30	29,74	29,84	29,64	29,76
dự đoán đường lồng	1176	1180	1185	1179	1181	1175	1184
biến dạng	704	703	706	706	705	700	700
ù	755	755	758	757	757	753	753
mềm	985	983,2	987,6	986,5	984,9	983,3	981,5
CTE	36,1	34,8	34,3	35,7	34	36	35,5
tỷ trọng	2,508	2,5013	2,498	2,5126	2,5131	2,5096	2,505
Tỷ lệ Poisson							
môđun trượt (GPa (Mpsi))							
Suất Young (Mpsi)							
Suất Young (GPa)							
Môđun riêng (GPa/khối lượng riêng)							
200p	1593	1590	1591	1599	1597	1589	1592
35kp	1220	1219	1225	1224	1227	1223	1224

Đường lỏng 72 hr							
không khí	1190	1170	1175	1180	1190	1185	1180
nội	1180	1170	1170	1170	1175	1165	1175
Pt	1160	1155	1160	1150	1160	1145	1150
pha	anocitit	anocitit + cristobalit	anocitit + cristobalit	các tinh thể dạng cristobalit + coedierit	các tinh thể dạng cristobalit + coedierit	cristobalit + anocitit	cristobalit
pha thứ hai							
độ nhớt đường lỏng 72 h (int)	83109,07	99911,1	115749,1	114019,5	107797,9	123487,5	101088,6
T35k-Tliq	40	49	55	54	52	58	49

Bảng 2 (tiếp tục)

% khối lượng	36	37	38	39	40	41	42
SiO ₂ (được phân tích)	61,07	61,16	61,02	61,14	61,14	60,95	60,84
Al ₂ O ₃	19,19	19,1	19,47	19,4	19,69	18,77	18,82
B ₂ O ₃	5,88	5,69	5,72	5,73	6,07	6,15	6,17
MgO	3,129	3,116	2,885	2,821	2,801	2,556	2,571
CaO	6,364	6,363	6,273	6,187	5,578	5,546	5,551
SrO	4,48	4,42	4,65	4,68	4,36	5,51	5,52
BaO	0,06	0,06	0,07	0,07	0	0,05	0,04
SnO ₂	0,154	0,155	0,154	0,155	0,15	0,148	0,15
Fe ₂ O ₃	0,057	0,056	0,057	0,057	0,056	0,057	0,057
ZrO ₂	0,044	0,042	0,046	0,047	0,046	0,064	0,064
As ₂ O ₃							
Sb ₂ O ₃							
%mol	36	37	38	39	40	41	42
SiO ₂	66,44	66,77	66,7	66,91	67,39	67,48	67,39
Al ₂ O ₃	12,4	12,34	12,63	12,59	12,77	12,22	12,25
B ₂ O ₃	5,57	5,38	5,43	5,44	5,77	5,86	5,88
MgO	5,12	5,09	4,73	4,63	4,6	4,21	4,23
CaO	7,48	7,47	7,4	7,3	6,58	6,56	6,57
SrO	2,85	2,81	2,97	2,99	2,78	3,53	3,54
BaO	0,03	0,03	0,03	0,03	0	0,02	0,02
SnO ₂	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Fe ₂ O ₃	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
ZrO ₂	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03
Các tính chất	36	37	38	39	40	41	42

RO/Al ₂ O ₃	1,25	1,25	1,20	1,19	1,09	1,17	1,17
RO-Al ₂ O ₃	3,08	3,06	2,50	2,36	1,19	2,10	2,11
RO / (Al ₂ O ₃ +B ₂ O ₃)	0,86	0,87	0,84	0,83	0,75	0,79	0,79
RO- Al ₂ O ₃ - B ₂ O ₃	-2,49	-2,32	-2,93	-3,08	-4,58	-3,76	-3,77
MgO/RO	0,33	0,33	0,31	0,31	0,33	0,29	0,29
CaO/RO	0,48	0,49	0,49	0,49	0,47	0,46	0,46
SrO/RO	0,18	0,18	0,20	0,20	0,20	0,25	0,25
(CaO+SrO) / Al ₂ O ₃	0,83	0,83	0,82	0,82	0,73	0,83	0,83
(CaO+SrO+BaO) / Al ₂ O ₃	0,84	0,84	0,82	0,82	0,73	0,83	0,83
CaO / (CaO+SrO)	0,72	0,73	0,71	0,71	0,70	0,65	0,65
tỷ trọng	2,505	2,503	2,506	2,503	2,488	2,498	2,499
dự đoán CTE	35,6	35,5	35,3	35,1	33,6	34,9	34,9
dự đoán ù	753	755	757	758	761	755	755
Suất Young (dự đoán)	81,5	81,6	81,5	81,3	80,8	80	80,1
môđun riêng (dự đoán)	32,5	32,6	32,5	32,5	32,5	32	32,1
dự đoán 200p	1580	1586	1587	1591	1599	1604	1603
dự đoán 35kp	1216	1220	1223	1226	1234	1234	1233
dự đoán SOC	29,73	29,73	29,7	29,79	30,25	30,27	30,25
dự đoán đường lông	1180	1186	1178	1178	1175	1167	1166
biến dạng	704	704	705	705	704	701	700
ù	755	755	757	757	757	754	753
mềm	985,2	985,7	986,4	987,3	990,9	985,5	986,3
CTE	35,7	36,1	35,8	35,4	33,9	34,5	34,6
tỷ trọng	2,502	2,501	2,5036	2,5027	2,486	2,498744	2,501356
Tỷ lệ Poisson						0,234	0,239
môđun trượt (GPa (Mpsi))						32,32 (4,688)	32,37 (4,695)
Suất Young (Mpsi)						11,572	11,638
Suất Young (GPa)						79,78613	80,24119
Môđun riêng (GPa/khối lượng riêng)						31,9305	32,07907
200p	1592	1596	1595	1601	1600	1600	1604
35kp	1223	1225	1224	1229	1233	1232	1233
Đường lông 72 hr							
không khí	1190	1185	1195	1200	1220	1180	1175
nội	1180	1180	1190	1185	1200	1165	1165

Pt	1150	1150	1160	1155	1160	1145	1140
pha	cristobalit + anocitit	cristobalit + anocitit	cristobalit + anocitit	cristobalit + anocitit	cristobalit + Mulit	cristobalit + anocitit	cristobalit + anocitit
pha thứ hai							
độ nhót đường lồng 72 h (int)	87524,31	91576,45	69910,47	88707,02	69863,45	149127,7	152147
T35k-Tliq	43	45	34	44	33	67	68

Bảng 2 (tiếp tục)

% khối lượng	43	44	45	46	47	48	49
SiO ₂ (được phân tích)	60,8	60,76	60,711	60,87	61,88	60,86	60,13
Al ₂ O ₃	19,31	19,24	19,264	19,02	18,99	19,55	19,05
B ₂ O ₃	6,08	5,94	5,56	5,79	7,34	7,43	6,71
MgO	2,438	2,604	2,802	3,048	2,655	2,741	2,631
CaO	5,311	5,361	5,479	5,44	6,787	7,005	5,353
SrO	5,65	5,69	5,783	5,48	1,97	2,05	5,67
BaO	0,05	0,05	0,047	0,04	0,02	0,01	0,05
SnO ₂	0,209	0,212	0,215	0,167	0,175	0,175	0,213
Fe ₂ O ₃	0,054	0,053	0,053	0,037	0,039	0,038	0,035
ZrO ₂	0,044	0,042	0,043	0,041	0,041	0,043	0,061
As ₂ O ₃							
Sb ₂ O ₃							
%mol	43	44	45	46	47	48	49
SiO ₂	67,43	67,29	67,15	67,09	67,36	66,4	66,66
Al ₂ O ₃	12,62	12,56	12,56	12,35	12,17	12,56	12,43
B ₂ O ₃	5,82	5,68	5,31	5,51	6,89	6,99	6,41
MgO	4,03	4,3	4,62	5,01	4,3	4,45	4,34
CaO	6,31	6,36	6,49	6,42	7,91	8,18	6,35
SrO	3,63	3,65	3,71	3,5	1,24	1,3	3,64
BaO	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0	0,02
SnO ₂	0,09	0,09	0,09	0,07	0,08	0,08	0,09
Fe ₂ O ₃	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01
ZrO ₂	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
Các tính chất	43	44	45	46	47	48	49
RO/Al ₂ O ₃	1,11	1,14	1,18	1,21	1,11	1,11	1,15
RO-Al ₂ O ₃	1,37	1,77	2,28	2,60	1,29	1,37	1,92
RO / (Al ₂ O ₃ +B ₂ O ₃)	0,76	0,79	0,83	0,84	0,71	0,71	0,76
RO- Al ₂ O ₃ -B ₂ O ₃	-4,45	-3,91	-3,03	-2,91	-5,6	-5,62	-4,49
MgO/RO	0,29	0,30	0,31	0,34	0,32	0,32	0,30
CaO/RO	0,45	0,44	0,44	0,43	0,59	0,59	0,44

SrO/RO	0,26	0,26	0,25	0,23	0,09	0,09	0,25
(CaO+SrO) / Al ₂ O ₃	0,79	0,80	0,81	0,80	0,75	0,75	0,80
(CaO+SrO+BaO) / Al ₂ O ₃	0,79	0,80	0,81	0,80	0,75	0,75	0,81
CaO / (CaO+SrO)	0,63	0,64	0,64	0,65	0,86	0,86	0,64
tỷ trọng	2,5	2,504	2,513	2,507	2,448	2,458	2,499
dự đoán CTE	34,4	34,7	35,2	35,1	32,9	33,4	34,9
dự đoán ù	760	759	760	756	750	748	750
Suất Young (dự đoán)	80,2	80,5	81,2	81,1	79,5	80	79,8
môđun riêng (dự đoán)	32,1	32,1	32,3	32,3	32,5	32,5	31,9
dự đoán 200p	1605	1602	1598	1594	1595	1578	1591
dự đoán 35kp	1238	1235	1232	1228	1224	1213	1225
dự đoán SOC	30,22	30,08	29,78	29,93	31,07	30,76	30,36
dự đoán đường lỏng	1166	1169	1179	1173	1186	1174	1155
biến dạng	702	706	704	699	698	697	702
ù	756	759	758	752	749	748	754
mềm	994,8	988,4	987,7	982,1	981,8	979,1	983,5
CTE	34,1	34,7	35,7	35,1	33,2	33,7	34,9
tỷ trọng	2,500631	2,506029	2,512237	2,508	2,448	2,457	2,502
Tỷ lệ Poisson	0,229	0,231	0,236	0,235	0,233	0,237	0,224
môđun trượt (GPa (Mpsi))	32,46 (4,708)	32,63 (4,733)	32,82 (4,76)	32,80 (4,757)	32,15 (4,663)	32,30 (4,685)	32,36 (4,693)
Suất Young (Mpsi)	11,571	11,655	11,768	11,75	11,501	11,589	11,49
Suất Young (GPa)	79,77924	80,3584	81,1375	81,0134	79,2966	79,90334	79,22076
Môđun riêng (GPa/khối lượng riêng)	31,90364	32,06603	32,29692	32,30199	32,3924	32,52069	31,66297
200p	1605	1599	1596	1589	1593	1580	1593
35kp	1239	1237	1233	1224	1224	1215	1228
Đường lỏng 72 hr không khí	1175	1185	1170	1190	1200	1200	1175
nội	1160	1170	1160	1180	1180	1185	1155
Pt	1140	1150	1150	1150	1160	1155	1140
pha	cristobalit + anoctit, văng không khí (anor) tới 1220	cristobalit + anoctit, văng không khí (anor) tới 1220	cristobalit + anoctit, văng không khí (anor) tới 1240	anoctit	cristobalit	cristobalit + Mulit	anoctit + cristobalit
pha thứ hai							
độ nhót đường lỏng 72 h (int)	199044,6	151378,2	174238,2	90955,1	89597,49	67118,68	174031,1
T35k-Tliq	79	67	73	44	44	30	73

Bảng 2 (tiếp tục)

% khối lượng	50	51	52	53	54	55	56
SiO ₂ (được phân tích)	60,44	60,74	61,12	61,41	61,79	62,25	62,55
Al ₂ O ₃	19,11	19,26	19,46	19,5	19,6	19,78	19,84
B ₂ O ₃	6,28	5,75	5,23	4,71	4,27	3,66	3,16
MgO	2,619	2,643	2,68	2,656	2,703	2,711	2,723
CaO	5,363	5,42	5,38	5,428	5,48	5,532	5,542
SrO	5,69	5,73	5,71	5,76	5,82	5,89	5,88
BaO	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05
SnO ₂	0,214	0,215	0,23	0,214	0,211	0,213	0,212
Fe ₂ O ₃	0,034	0,035	0,03	0,035	0,035	0,036	0,036
ZrO ₂	0,061	0,062	0,06	0,063	0,062	0,064	0,06
As ₂ O ₃							
Sb ₂ O ₃							
%mol	50	51	52	53	54	55	56
SiO ₂	67,03	67,31	67,66	68,11	68,29	68,63	69,07
Al ₂ O ₃	12,47	12,57	12,7	12,72	12,78	12,9	12,93
B ₂ O ₃	6	5,49	5	4,5	4,08	3,5	3,02
MgO	4,32	4,36	4,42	4,38	4,46	4,47	4,49
CaO	6,36	6,43	6,38	6,44	6,5	6,56	6,57
SrO	3,65	3,68	3,67	3,7	3,73	3,78	3,77
BaO	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02
SnO ₂	0,09	0,09	0,1	0,09	0,09	0,09	0,09
Fe ₂ O ₃	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
ZrO ₂	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Các tính chất	50	51	52	53	54	55	56
RO/Al ₂ O ₃	1,15	1,15	1,14	1,14	1,15	1,15	1,15
RO-Al ₂ O ₃	1,88	1,92	1,80	1,82	1,93	1,93	1,92
RO / (Al ₂ O ₃ +B ₂ O ₃)	0,78	0,80	0,82	0,84	0,87	0,90	0,93
RO- Al ₂ O ₃ -B ₂ O ₃	-4,12	-3,57	-3,2	-2,68	-2,15	-1,57	-1,1
MgO/RO	0,30	0,30	0,31	0,30	0,30	0,30	0,30
CaO/RO	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44
SrO/RO	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,26	0,25
(CaO+SrO) / Al ₂ O ₃	0,80	0,80	0,79	0,80	0,80	0,80	0,80
(CaO+SrO+BaO) / Al ₂ O ₃	0,80	0,81	0,79	0,80	0,80	0,80	0,80
CaO / (CaO+SrO)	0,64	0,64	0,63	0,64	0,64	0,63	0,64
tỷ trọng	2,502	2,507	2,511	2,515	2,52	2,527	2,529
dự đoán CTE	34,8	34,9	34,7	34,8	34,9	34,9	34,9
dự đoán α	755	760	766	771	775	781	787
Suất Young (dự đoán)	80,1	80,7	81,3	81,8	82,3	83	83,4
mô đun riêng (dự đoán)	32	32,2	32,4	32,5	32,7	32,8	33

dự đoán 200p	1597	1602	1608	1615	1618	1624	1631
dự đoán 35kp	1231	1235	1241	1248	1251	1257	1263
dự đoán SOC	30,21	29,96	29,75	29,57	29,35	29,07	28,9
dự đoán đường lỏng	1162	1174	1185	1194	1204	1217	1226
biến dạng	704	710	714	720	725	730	735
ủ	756	762	766	771	777	782	788
mềm	986,5	991,5	1000,5	1005,6	1008,7	1014	1022,5
CTE	35,1	34,9	35,2	34,7	35,4	34,9	35
tỷ trọng	2,505	2,507	2,514	2,517	2,521	2,528	2,529
Tỷ lệ Poisson	0,242	0,241	0,233	0,234	0,227	0,235	0,231
mô đun trượt (GPa (Mpsi))	32,55 (4,721)	32,73 (4,747)	33,31 (4,831)	33,13 (4,805)	33,12 (4,804)	33,66 (4,882)	33,88 (4,914)
Suất Young (Mpsi)	11,726	11,779	11,91	11,86	11,804	12,058	12,096
Suất Young (GPa)	80,84792	81,21335	82,11656	81,77182	81,38572	83,13698	83,39898
Mô đun riêng (GPa/khối lượng riêng)	32,27462	32,39463	32,66371	32,48781	32,28311	32,88647	32,97706
200p	1588	1599	1602	1613	1617	1624	1632
35kp	1224	1232	1237	1243	1250	1252	1259
Đường lỏng 72 hr							
không khí	1170	1180	1190	1215	1210	1230	1240
nội	1165	1170	1180	1185	1195	1215	1225
Pt	1140	1150	1160	1175	1180	1210	1220
pha	anocitit + Cristobalit	anocitit + cristobalit	anocitit	anocitit	anocitit	anocitit	anocitit
pha thứ hai							
độ nhớt đường lỏng 72 h (int)	128970,3	135681,9	117914,4	122199	115025,9	75109,91	69790,97
T35k-Tliq	59	62	57	58	55	37	34

Bảng 2 (tiếp tục)

% khối lượng	57	58	59	60	61	62	63
SiO ₂ (được phân tích)	62,61	63,09	60,65	60,55	59,77	61,34	60,76
Al ₂ O ₃	18,47	18,37	19,25	19,17	19,63	18,75	19,19
B ₂ O ₃	5,02	4,16	5,62	5,52	5,63	5,4	5,52
MgO	2,746	2,085	3,25	2,67	3,34	2,54	2,83
CaO	4,737	6,254	4,97	5,71	5,82	5,33	5,88
SrO	6,05	5,98	5,77	5,75	5,28	6,11	5,18
BaO	0,05	0,06	0,07	0,07	0,06	0,07	0,05
SnO ₂	0,313	0,257	0,208	0,207	0,203	0,207	0,209
Fe ₂ O ₃	0,033	0,037	0,05	0,05	0,051	0,049	0,05
ZrO ₂	0,001		0,02	0,04	0,04	0,03	0,03
As ₂ O ₃							
Sb ₂ O ₃							
%mol	57	58	59	60	61	62	63

SiO ₂	69,03	69,27	67,06	67,22	66,01	68,03	67,24
Al ₂ O ₃	12,02	11,95	12,52	12,49	12,75	12,23	12,46
B ₂ O ₃	4,78	3,96	5,35	5,27	5,35	5,16	5,25
MgO	4,52	3,43	5,35	4,4	5,49	4,19	4,65
CaO	5,6	7,4	5,88	6,77	6,87	6,32	6,94
SrO	3,87	3,83	3,69	3,69	3,37	3,92	3,31
BaO	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02
SnO ₂	0,14	0,11	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
Fe ₂ O ₃	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
ZrO ₂	0	0	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
Các tính chất	57	58	59	60	61	62	63
RO/Al ₂ O ₃	1,16	1,23	1,19	1,19	1,23	1,18	1,20
RO-Al ₂ O ₃	1,99	2,74	2,43	2,40	3,01	2,23	2,46
RO / (Al ₂ O ₃ +B ₂ O ₃)	0,83	0,92	0,84	0,84	0,87	0,83	0,84
RO- Al ₂ O ₃ -B ₂ O ₃	-2,79	-1,22	-2,92	-2,87	-2,34	-2,93	-2,79
MgO/RO	0,32	0,23	0,36	0,30	0,35	0,29	0,31
CaO/RO	0,40	0,50	0,39	0,46	0,44	0,44	0,47
SrO/RO	0,28	0,26	0,25	0,25	0,21	0,27	0,22
(CaO+SrO) / Al ₂ O ₃	0,79	0,94	0,76	0,84	0,80	0,84	0,82
(CaO+SrO+BaO) / Al ₂ O ₃	0,79	0,94	0,77	0,84	0,81	0,84	0,82
CaO / (CaO+SrO)	0,59	0,66	0,61	0,65	0,67	0,62	0,68
tỷ trọng	2,502	2,516	2,511	2,513	2,519	2,509	2,507
dự đoán CTE	34,1	35,9	34,8	35,5	35,8	35,1	35,2
dự đoán ù	768	773	758	759	755	762	760
Suất Young (dự đoán)	80,7	81,2	81,5	81,1	82,1	80,6	81,3
môđun riêng (dự đoán)	32,3	32,3	32,5	32,3	32,6	32,1	32,4
dự đoán 200p	1632	1637	1594	1599	1574	1615	1598
dự đoán 35kp	1257	1259	1230	1233	1214	1244	1231
dự đoán SOC	30,16	29,52	29,84	29,75	29,43	29,97	29,78
dự đoán đường lòng	1195	1209	1178	1179	1186	1179	1180
biến dạng	711	719	706	709	704	709	707
ù	765	771	759	760	755	762	759
mềm	1006,7	1010,8	986	991,6	981,1	993,3	988,8
CTE	34	35,9	34,6	35,6	35,6	35,5	35,4
tỷ trọng	2,502	2,515	2,512	2,515	2,521	2,512	2,508
Tỷ lệ Poisson	0,223	0,226	0,234	0,235	0,234	0,233	0,243
môđun trượt (GPa (Mpsi))	33,03 (4,791)	33,09 (4,799)	32,87 (4,767)	32,77 (4,753)	33,18 (4,812)	32,70 (4,743)	32,84 (4,763)
Suất Young (Mpsi)	11,72	11,771	11,762	11,736	11,874	11,7	11,837
Suất Young (GPa)	80,80656	81,15819	81,09614	80,91687	81,86835	80,66866	81,61324
Môđun riêng (GPa/khối lượng riêng)	32,29678	32,26966	32,28349	32,17371	32,47455	32,11332	32,54117
200p	1637	1639	1588	1590	1567	1599	1589
35kp	1253	1259	1228	1236	1217	1243	1230

Đường lỏng 72 hr							
không khí	-	1220	1190	1190	1195	1190	1200
nội	1220	1220	1180	1185	1185	1180	1190
Pt	1200	1210	1160	1170	1170	1160	1175
pha	cristobalit: Vàng không khí với Cristob., lên tới 1240	anocitit	cristobalit	cristobalit	anocitit	anocitit	anocitit
pha thứ hai				anocitit		cristobalit	
độ nhớt đường lỏng 72 h (int)	68178,02	77873,11	97272,46	104315,3	69532,35	136418,1	81498
T35k-Tliq	33	39	48	51	32	63	40

Bảng 2 (tiếp tục)

% khối lượng	64	65	66	67	68	69
SiO ₂ (được phân tích)	60,57	60,83	60,46	60,48	60,59	60,36
Al ₂ O ₃	19,18	19,28	19,18	19,21	19,22	19,15
B ₂ O ₃	5,44	5,46	5,47	5,47	5,29	5,49
MgO	2,86	3,18	2,69	2,71	2,94	2,74
CaO	5,22	5,2	5,54	5,89	5,19	5,19
SrO	6,25	5,41	5,95	5,52	6,03	6,52
BaO	0,07	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07
SnO ₂	0,207	0,205	0,205	0,207	0,206	0,204
Fe ₂ O ₃	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
ZrO ₂	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
As ₂ O ₃						
Sb ₂ O ₃						
%mol	64	65	66	67	68	69
SiO ₂	67,2	67,32	67,29	67,17	67,41	67,17
Al ₂ O ₃	12,52	12,52	12,51	12,5	12,53	12,52
B ₂ O ₃	5,2	5,19	5,23	5,21	5,05	5,26
MgO	4,72	5,22	4,44	4,46	4,85	4,53
CaO	6,19	6,14	6,57	6,97	6,15	6,17
SrO	4,01	3,46	3,82	3,53	3,87	4,2
BaO	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
SnO ₂	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
Fe ₂ O ₃	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
ZrO ₂	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Các tính chất	64	65	66	67	68	69

RO/Al ₂ O ₃	1,19	1,18	1,19	1,20	1,19	1,19
RO-Al ₂ O ₃	2,43	2,33	2,35	2,49	2,37	2,41
RO / (Al ₂ O ₃ +B ₂ O ₃)	0,84	0,84	0,84	0,85	0,85	0,84
RO- Al ₂ O ₃ -B ₂ O ₃	-2,77	-2,86	-2,88	-2,72	-2,68	-2,85
MgO/RO	0,32	0,35	0,30	0,30	0,33	0,30
CaO/RO	0,41	0,41	0,44	0,47	0,41	0,41
SrO/RO	0,27	0,23	0,26	0,24	0,26	0,28
(CaO+SrO) / Al ₂ O ₃	0,81	0,77	0,83	0,84	0,80	0,83
(CaO+SrO+BaO) / Al ₂ O ₃	0,82	0,77	0,83	0,84	0,80	0,83
CaO / (CaO+SrO)	0,61	0,64	0,63	0,66	0,61	0,59
tỷ trọng	2,518	2,508	2,515	2,512	2,516	2,521
dự đoán CTE	35,4	34,6	35,4	35,5	35,1	35,6
dự đoán ù	760	761	760	760	762	759
Suất Young (dự đoán)	81,2	81,6	81,1	81,2	81,4	81
môđun riêng (dự đoán)	32,2	32,5	32,2	32,3	32,4	32,1
dự đoán 200p	1599	1599	1601	1598	1602	1600
dự đoán 35kp	1234	1233	1234	1231	1236	1234
dự đoán SOC	29,71	29,83	29,74	29,7	29,7	29,72
dự đoán đường lòng	1184	1179	1180	1180	1184	1186
biến dạng	708	708	707	707	707	707
ù	760	760	759	760	759	758
mềm	992,1	991	990,1	990,2	989,6	990,7
CTE	35,2	35,1	35,8	34,6	34,6	35,5
tỷ trọng	2,519	2,51	2,517	2,512	2,518	2,523
Tỷ lệ Poisson	0,236	0,237	0,232	0,237	0,24	0,233
môđun trượt (GPa (Mpsi))	32,79 (4,756)	33,00 (4,786)	32,76 (4,751)	32,77 (4,753)	32,82 (4,76)	32,76 (4,751)
Suất Young (Mpsi)	11,756	11,84	11,709	11,761	11,805	11,715
Suất Young (GPa)	81,05477	81,63393	80,73071	81,08924	81,39261	80,77208
Môđun riêng (GPa/khối lượng riêng)	32,17736	32,52348	32,07418	32,28075	32,32431	32,0143
200p	1601	1593	1594	1594	1592	1582
35kp	1236	1233	1230	1235	1229	1233
Đường lòng 72 hr						
không khí	1190	1175	1190	1190	1180	1190
nội	1180	1165	1175	1180	1170	1180
Pt	1160	1150	1160	1170	1150	1165
pha	anocitit	cristobalit	anocitit	anocitit	anocitit	anocitit
pha thứ hai	cristobalit	anocitit	Sơ cấp			cristobalit
độ nhót đường lòng 72 h (int)	116392,3	152728,1	113708,3	113653,4	126769,8	111997,5
T35k-Tliq	56	68	55	55	59	53

Cần hiểu rõ là các phương án được bộc lộ khác nhau có thể liên quan đến các dấu hiệu, phần tử hoặc bước cụ thể mà được mô tả liên quan đến phương án cụ thể đó.

Cũng cần hiểu rõ là dấu hiệu, phần tử hoặc bước cụ thể, mặc dù được mô tả liên quan đến một phương án cụ thể, nhưng có thể được hoán đổi hoặc được kết hợp với các phương án thay thế trong các kết hợp hoặc hoán vị không được minh họa khác nhau.

Cũng cần hiểu là, như được sử dụng ở đây, các thuật ngữ “một”, “cái”, hoặc “chiếc” có nghĩa là “ít nhất một” và không bị giới hạn vào “chỉ một” trừ khi được chỉ rõ ràng theo cách ngược lại. Theo đó, ví dụ, tham chiếu đến “vòng” bao gồm các ví dụ có hai hoặc nhiều hơn hai vòng như vậy trừ khi ngữ cảnh chỉ rõ theo cách khác. Tương tự, “nhiều” hoặc “mảng” nhằm để biểu thị “nhiều hơn một”. Như vậy, “nhiều giọt” bao gồm hai hoặc nhiều hơn hai giọt như vậy, như ba hoặc nhiều hơn ba giọt như vậy, v.v., và “mảng các vòng” bao gồm hai hoặc nhiều hơn hai giọt như vậy, như ba hoặc nhiều hơn ba vòng như vậy, v.v..

Các khoảng giới hạn có thể được biểu diễn trong bản mô tả này là từ “khoảng” một trị số cụ thể, và/hoặc đến “khoảng” một trị số cụ thể khác. Khi khoảng như vậy được biểu diễn, các ví dụ bao gồm từ một trị số cụ thể và/hoặc đến trị số cụ thể khác. Tương tự, khi các trị số được biểu diễn như các xấp xỉ, nhờ sử dụng “khoảng” ở trước, thì cần hiểu là trị số cụ thể tạo thành một khía cạnh khác. Cần hiểu thêm là các điểm cuối của mỗi khoảng giới hạn trong số các khoảng giới hạn là quan trọng, cả liên quan đến điểm cuối khác, và độc lập với điểm cuối khác.

Mặc dù các dấu hiệu, các phần tử hoặc các bước khác nhau của các phương án cụ thể có thể được bộc lộ sử dụng cụm từ chuyển tiếp “bao gồm”, nhưng cần hiểu rằng các phương án thay thế, bao gồm các phương án mà có thể được mô tả sử dụng các cụm từ chuyển tiếp “gồm có” hoặc “về cơ bản là gồm có” cũng được ngụ ý. Theo đó, ví dụ, các phương án thay thế được ngụ ý đối với thiết bị bao gồm A+B+C bao gồm các phương án trong đó thiết bị gồm có A+B+C và các phương án trong đó thiết bị về cơ bản là gồm có A+B+C.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Thủy tinh chứa, theo phần trăm mol, trên cơ sở oxit, trong các khoảng giới hạn:

SiO₂ 67-70,
Al₂O₃ 11-13,
B₂O₃ 4-6,
MgO 3-5,5,
CaO 5,5-7,
SrO 3-5,
BaO 0,09-1, và

(MgO+CaO+SrO+BaO)/Al₂O₃ trong khoảng giới hạn từ 1 đến 1,18

trong đó, thủy tinh thể hiện điểm biến dạng > 700 °C, điểm ủ lớn hơn hoặc bằng với khoảng 750 °C, suất Young > 79 GPa, $T_{35kP} - T_{liq} > 65$ °C, khối lượng riêng < khoảng 2,55 g/cm³, và CTE nhỏ hơn khoảng $36 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$.

2. Thủy tinh theo điểm 1, trong đó, thủy tinh có điểm làm mềm lớn hơn hoặc bằng với khoảng 950 °C, 970 °C, 980 °C, hoặc 990 °C.

3. Thủy tinh theo điểm 1, trong đó, thủy tinh có T_{200P} nhỏ hơn khoảng 1650 °C, 1625 °C, hoặc 1610 °C.

4. Thủy tinh theo điểm 1, trong đó, thủy tinh có T_{35kP} nhỏ hơn khoảng 1300 °C, 1260 °C, hoặc 1250 °C.

5. Thủy tinh theo điểm 1, trong đó, thủy tinh có mô đun riêng lớn hơn 31, 31,5, hoặc 32.

6. Thủy tinh theo điểm 1, trong đó, thủy tinh có suất Young lớn hơn hoặc bằng với 80 GPa, hoặc 81 GPa.

7. Vật phẩm chứa thủy tinh theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó, vật phẩm được tạo ra bởi quy trình tạo tấm rút xuôi.

8. Vật phẩm chứa thủy tinh theo theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó, vật phẩm được tạo ra bởi quy trình dung hợp.

9. Để hiển thị tình thể lỏng chứa thủy tinh theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên.

1/2

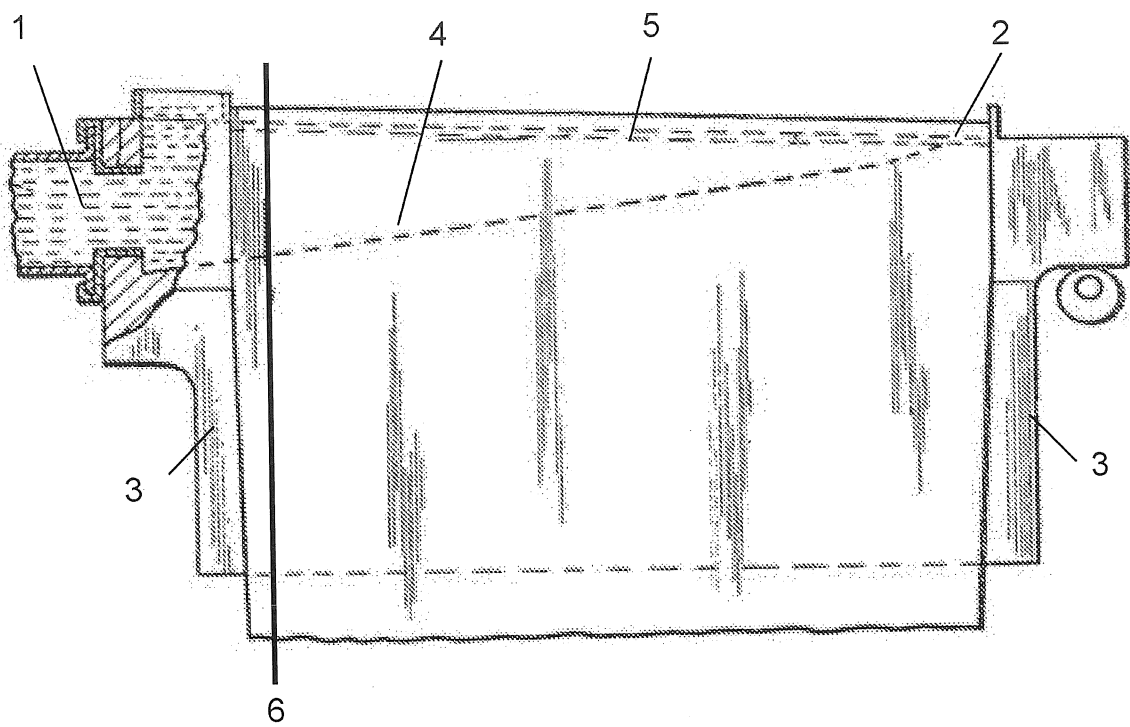
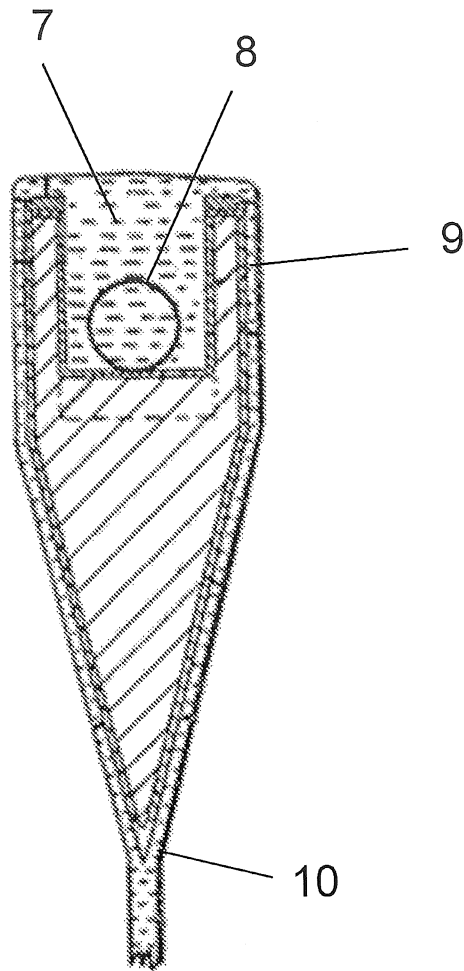


Fig.1

2/2

**Fig.2**