



(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)



1-0045113

(51)^{2020.01} C03C 3/097; C03C 21/00

(13) B

(21) 1-2020-07436

(22) 29/05/2019

(86) PCT/US2019/034322 29/05/2019

(87) WO 2019/232003 05/12/2019

(30) 62/678,569 31/05/2018 US

(45) 25/04/2025 445

(43) 25/03/2021 396A

(71) CORNING INCORPORATED (US)

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

(72) JIN, Yuhui (US); ORAM, Pascale (US); ROUSSEV, Rostislav Vatchev (BG).

(74) Công ty Luật TNHH T&G (TGVN)

(54) PHƯƠNG PHÁP TRAO ĐỔI ION NGƯỢC Ở VẬT PHẨM GỐC THỦY TINH
ĐƯỢC TRAO ĐỔI ION CHỨA LITHI

(21) 1-2020-07436

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp tái gia công vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion chứa lithi. Phương pháp này bao gồm quá trình trao đổi ion ngược để đưa vật phẩm gốc thủy tinh trở lại gần như hợp phần của thủy tinh mà vật phẩm gốc thủy tinh được tạo ra từ đó, trước khi được cho tiến hành trao đổi ion.

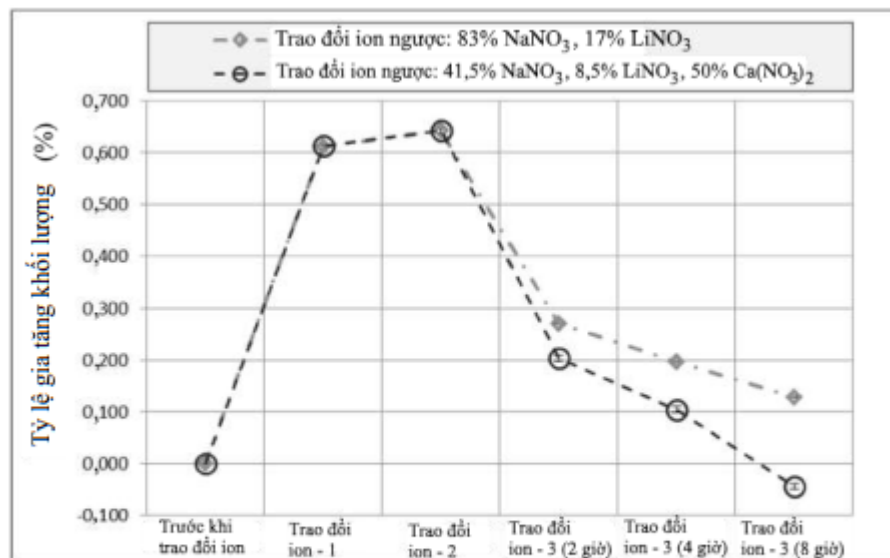


FIG. 6

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến quy trình làm đảo ngược quá trình trao đổi ion của vật phẩm gốc thủy tinh chứa lithi.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Vật phẩm gốc thủy tinh được sử dụng rộng rãi trong các thiết bị điện tử làm tấm phủ hoặc cửa sổ cho các thiết bị truyền thông và giải trí điện tử di động hoặc cầm tay, như điện thoại di động, điện thoại thông minh, máy tính bảng, các thiết bị quay video, các thiết bị đầu cuối thông tin, máy tính xách tay, và các thiết bị tương tự, cũng như trong các ứng dụng khác. Vì các vật phẩm gốc thủy tinh đang ngày càng được sử dụng rộng rãi hơn, nên điều quan trọng là cần phát triển các vật phẩm gốc thủy tinh gia cường có độ bền được cải thiện, nhất là khi phải chịu ứng suất kéo và/hoặc các vết rạn tương đối sâu do tiếp xúc với các bề mặt cứng và/hoặc nhọn.

Quá trình xử lý gia cường hóa học có thể khiến cho các vật phẩm gốc thủy tinh bị các khuyết tật bề mặt, như các vết cào xước hoặc biến dạng ứng suất không mong muốn. Đối với các lý do kinh tế, tốt hơn là tái gia công các vật phẩm gốc thủy tinh bị các khuyết tật như vậy để gia tăng hiệu suất của vật phẩm gốc thủy tinh gia cường với các đặc tính mong muốn. Tuy nhiên, việc loại bỏ vật liệu ra khỏi bề mặt của vật phẩm gốc thủy tinh gia cường đòi hỏi cần phải tái trao đổi ion vật liệu để đạt được các đặc điểm ứng suất nén bề mặt mong muốn, các thao tác này có thể gây ra những thay đổi về kích thước không mong muốn hoặc sự cong vênh vật phẩm gốc thủy tinh. Ngoài ra, bước tái trao đổi ion có thể gây ra sự khuếch tán bên trong không mong muốn của các ion được đưa vào trong quá trình gia cường hóa học và làm giảm ứng suất trong vật phẩm gốc thủy tinh. Do đó, nhu cầu cần có một quy trình làm gia tăng hiệu suất của các vật phẩm gia cường hóa học bằng cách cho phép tái gia công các vật phẩm gốc thủy tinh gia cường hóa học có biến dạng ứng suất hoặc các khuyết tật bề mặt không mong muốn sao cho vật phẩm gốc thủy tinh thu được thể hiện biến dạng ứng suất và ứng suất nén bề mặt mong muốn.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Theo khía cạnh (1), sáng chế đề cập đến phương pháp. Phương pháp này bao gồm: bước trao đổi ion ngược ở vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion trong môi trường trao đổi ion ngược để tạo ra vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion ngược. Môi trường trao đổi ion ngược chứa muối lithi và muối kim loại đa hóa trị không thể trao đổi ion.

Theo khía cạnh (2), phương pháp theo khía cạnh (1) được đề cập, trong đó muối lithi là lithi nitrat.

Theo khía cạnh (3), phương pháp theo khía cạnh (1) hoặc (2) được đề cập, trong đó muối kim loại đa hóa trị không thể trao đổi ion bao gồm ít nhất một trong số nitrat, sulfat, và clorua.

Theo khía cạnh (4), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh nêu trên được đề cập, trong đó muối kim loại đa hóa trị không thể trao đổi ion bao gồm ít nhất một trong số canxi nitrat, magie nitrat, và stronti nitrat.

Theo khía cạnh (5), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh nêu trên được đề cập, trong đó môi trường trao đổi ion ngược chứa muối kim loại đa hóa trị không thể trao đổi ion với lượng lớn hơn hoặc bằng 5% khối lượng.

Theo khía cạnh (6), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh nêu trên được đề cập, trong đó môi trường trao đổi ion ngược chứa muối kim loại đa hóa trị không thể trao đổi ion với lượng lớn hơn hoặc bằng 50% khối lượng.

Theo khía cạnh (7), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh nêu trên được đề cập, trong đó môi trường trao đổi ion ngược chứa muối kim loại đa hóa trị không thể trao đổi ion với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 80% khối lượng.

Theo khía cạnh (8), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh nêu trên được đề cập, trong đó môi trường trao đổi ion ngược còn chứa thêm muối natri.

Theo khía cạnh (9), phương pháp theo khía cạnh (8) được đề cập, trong đó tỷ lệ của muối lithi trên muối natri trong môi trường trao đổi ion ngược nằm trong khoảng

10% tỷ lệ của hàm lượng lithi oxit trên natri oxit ở trung tâm của vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion.

Theo khía cạnh (10), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh nêu trên được đề cập, trong đó môi trường trao đổi ion ngược là ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 340°C đến nhỏ hơn hoặc bằng 520°C .

Theo khía cạnh (11), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh nêu trên được đề cập, trong đó môi trường trao đổi ion ngược chứa kali nitrat với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 1% khối lượng.

Theo khía cạnh (12), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh nêu trên được đề cập, trong đó môi trường trao đổi ion ngược về cơ bản không chứa kali nitrat.

Theo khía cạnh (13), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh nêu trên được đề cập, trong đó quá trình trao đổi ion ngược trong môi trường trao đổi ion ngược kéo dài trong khoảng thời gian từ lớn hơn hoặc bằng 1 giờ đến nhỏ hơn hoặc bằng 48 giờ.

Theo khía cạnh (14), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh nêu trên được đề cập, trong đó vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion ngược chứa K_2O với lượng nằm trong khoảng 1% mol của hợp phần ở trung tâm của vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion ngược sau khi trao đổi ion ngược trong môi trường trao đổi ion ngược.

Theo khía cạnh (15), sáng chế đề cập đến phương pháp. Phương pháp này bao gồm: bước trao đổi ion ngược ở vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion trong môi trường trao đổi ion ngược thứ nhất; và bước trao đổi ion ngược ở vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion trong môi trường trao đổi ion ngược thứ hai để tạo ra vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion ngược. Môi trường trao đổi ion ngược thứ nhất chứa muối natri, và môi trường trao đổi ion ngược thứ hai chứa muối natri và muối lithi.

Theo khía cạnh (16), phương pháp theo khía cạnh (15) được đề cập, trong đó môi trường trao đổi ion ngược thứ hai còn chứa thêm muối kim loại đa hóa trị không thể trao đổi ion.

Theo khía cạnh (17), phương pháp theo khía cạnh (16) được đề cập, trong đó muối kim loại đa hóa trị không thể trao đổi ion bao gồm ít nhất một trong số nitrat, sulfat, và clorua.

Theo khía cạnh (18), phương pháp theo khía cạnh (16) hoặc (17) được đề cập, trong đó muối kim loại đa hóa trị không thể trao đổi ion bao gồm ít nhất một trong số canxi nitrat, magie nitrat, và stronti nitrat.

Theo khía cạnh (19), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (16) đến (18) được đề cập, trong đó môi trường trao đổi ion ngược thứ hai chứa muối kim loại đa hóa trị không thể trao đổi ion với lượng lớn hơn hoặc bằng 5% khối lượng.

Theo khía cạnh (20), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (15) đến (19) được đề cập, trong đó muối natri trong môi trường trao đổi ion ngược thứ nhất là natri nitrat.

Theo khía cạnh (21), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (15) đến (20) được đề cập, trong đó muối lithi trong môi trường trao đổi ion ngược thứ hai là lithi nitrat.

Theo khía cạnh (22), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (15) đến (21) được đề cập, trong đó muối natri trong môi trường trao đổi ion ngược thứ hai là natri nitrat.

Theo khía cạnh (23), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (15) đến (22) được đề cập, trong đó môi trường trao đổi ion ngược thứ nhất là ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 400°C đến nhỏ hơn hoặc bằng 420°C.

Theo khía cạnh (24), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (15) đến (23) được đề cập, trong đó quá trình trao đổi ion ngược trong môi trường trao đổi ion ngược thứ nhất kéo dài trong khoảng thời gian từ lớn hơn hoặc bằng 5 phút đến nhỏ hơn hoặc bằng 24 giờ.

Theo khía cạnh (25), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (15) đến (24) được đề cập, trong đó quá trình trao đổi ion ngược trong môi trường

trao đổi ion ngược thứ nhất kéo dài trong khoảng thời gian ít hơn một nửa tổng thời gian trao đổi ion trong các môi trường trao đổi ion ngược thứ nhất và thứ hai.

Theo khía cạnh (26), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (15) đến (25) được đề cập, trong đó quá trình trao đổi ion ngược trong môi trường trao đổi ion thứ hai là ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 380°C đến nhỏ hơn hoặc bằng 400°C .

Theo khía cạnh (27), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (15) đến (26) được đề cập, trong đó quá trình trao đổi ion ngược trong môi trường trao đổi ion ngược thứ hai kéo dài trong khoảng thời gian lớn hơn hoặc bằng một nửa tổng thời gian trao đổi ion trong các môi trường trao đổi ion ngược thứ nhất và thứ hai.

Theo khía cạnh (28), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (15) đến (27) được đề cập, trong đó vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion chứa K_2O với lượng nằm trong khoảng 4% mol của hợp phần ở trung tâm của vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion sau khi trao đổi ion ngược trong môi trường trao đổi ion ngược thứ nhất.

Theo khía cạnh (29), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (15) đến (28) được đề cập, trong đó vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion ngược chứa K_2O với lượng nằm trong khoảng 1% mol của hợp phần ở trung tâm của vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion ngược sau khi trao đổi ion ngược trong môi trường trao đổi ion ngược thứ hai.

Theo khía cạnh (30), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (15) đến (29) được đề cập, trong đó môi trường trao đổi ion ngược thứ nhất còn chứa thêm kali.

Theo khía cạnh (31), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (15) đến (30) được đề cập, trong đó môi trường trao đổi ion ngược thứ nhất còn chứa KNO_3 với lượng lớn hơn hoặc bằng 6% khối lượng.

Theo khía cạnh (32), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (15) đến (31) được đề cập, trong đó môi trường trao đổi ion ngược thứ nhất có tỷ lệ Na/Li lớn hơn tỷ lệ Na/Li của môi trường trao đổi ion ngược thứ hai.

Theo khía cạnh (33), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh nêu trên được đề cập, còn bao gồm bước loại bỏ khoảng từ 1 μm đến 10 μm ra khỏi bề mặt của vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion ngược.

Theo khía cạnh (34), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh nêu trên được đề cập, còn bao gồm bước tái trao đổi ion ở vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion ngược trong môi trường tái trao đổi ion để tạo ra vật phẩm gốc thủy tinh được tái trao đổi ion.

Theo khía cạnh (35), phương pháp theo khía cạnh (34) được đề cập, trong đó môi trường tái trao đổi ion chứa: NaNO_3 với lượng từ lớn hơn hoặc bằng 15% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 40% khối lượng; và KNO_3 với lượng từ lớn hơn hoặc bằng 60% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 85% khối lượng.

Theo khía cạnh (36), phương pháp theo khía cạnh (34) hoặc (35) được đề cập, trong đó quá trình tái trao đổi ion trong môi trường tái trao đổi ion kéo dài trong khoảng thời gian từ lớn hơn hoặc bằng 30 phút đến nhỏ hơn hoặc bằng 120 phút.

Theo khía cạnh (37), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (34) đến (36) được đề cập, trong đó môi trường tái trao đổi ion là ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 350°C đến nhỏ hơn hoặc bằng 420°C .

Theo khía cạnh (38), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (34) đến (37) được đề cập, còn bao gồm bước tái trao đổi ion ở vật phẩm gốc thủy tinh được tái trao đổi ion trong môi trường tái trao đổi ion thứ hai.

Theo khía cạnh (39), phương pháp theo khía cạnh (38) được đề cập, trong đó môi trường tái trao đổi ion thứ hai chứa: NaNO_3 với lượng từ lớn hơn hoặc bằng 3% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 15% khối lượng; và KNO_3 với lượng từ lớn hơn hoặc bằng 85% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 97% khối lượng.

Theo khía cạnh (40), phương pháp theo khía cạnh (38) hoặc (39) được đề cập, trong đó môi trường tái trao đổi ion thứ hai là ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 350°C đến nhỏ hơn hoặc bằng 420°C .

Theo khía cạnh (41), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (38) đến (40) được đề cập, trong đó quá trình tái trao đổi ion trong môi trường tái

trao đổi ion thứ hai kéo dài trong khoảng thời gian từ lớn hơn hoặc bằng 10 phút đến nhỏ hơn hoặc bằng 30 phút.

Theo khía cạnh (42), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh nêu trên được đề cập, còn bao gồm thêm bước trao đổi ion ở vật phẩm gốc thủy tinh trong môi trường trao đổi ion để tạo ra vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion.

Theo khía cạnh (43), phương pháp theo khía cạnh (42) được đề cập, trong đó môi trường trao đổi ion chứa: NaNO_3 với lượng từ lớn hơn hoặc bằng 15% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 40% khối lượng; và KNO_3 với lượng từ lớn hơn hoặc bằng 60% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 85% khối lượng.

Theo khía cạnh (44), phương pháp theo khía cạnh (42) hoặc (43) được đề cập, trong đó quá trình trao đổi ion trong môi trường trao đổi ion kéo dài trong khoảng thời gian từ lớn hơn hoặc bằng 30 phút đến nhỏ hơn hoặc bằng 120 phút.

Theo khía cạnh (45), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (42) đến (44) được đề cập, trong đó môi trường trao đổi ion là ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 350°C đến nhỏ hơn hoặc bằng 420°C .

Theo khía cạnh (46), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (42) đến (45) được đề cập, còn bao gồm thêm bước trao đổi ion ở vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion trong môi trường trao đổi ion thứ hai.

Theo khía cạnh (47), phương pháp theo khía cạnh (46) được đề cập, trong đó môi trường trao đổi ion thứ hai chứa: NaNO_3 với lượng từ lớn hơn hoặc bằng 3% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 15% khối lượng; và KNO_3 với lượng từ lớn hơn hoặc bằng 85% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 97% khối lượng.

Theo khía cạnh (48), phương pháp theo khía cạnh (46) hoặc (47) được đề cập, trong đó môi trường trao đổi ion thứ hai là ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 350°C đến nhỏ hơn hoặc bằng 420°C .

Theo khía cạnh (49), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ (46) đến (48) được đề cập, trong đó quá trình trao đổi ion trong môi trường trao đổi ion thứ hai kéo dài trong khoảng thời gian từ lớn hơn hoặc bằng 10 phút đến nhỏ hơn hoặc bằng 30 phút.

Theo khía cạnh (50), phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh nêu trên được đề cập, trong đó vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion chứa lithi.

Theo khía cạnh (51), vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion ngược được tạo ra theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh nêu trên được đề cập.

Các khía cạnh này và các khía cạnh khác, các ưu điểm, và các dấu hiệu nổi bật sẽ trở nên rõ ràng từ phần mô tả chi tiết dưới đây, các hình vẽ kết hợp, và các yêu cầu bảo hộ kèm theo.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig. 1 là mặt cắt ngang dưới dạng biểu đồ của vật phẩm gốc thủy tinh nhôm silicat kiềm gia cường theo một hoặc nhiều phương án;

Fig. 2 là lưu đồ về quy trình sản xuất vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion;

Fig. 3 là lưu đồ về quy trình tái gia công bao gồm quá trình trao đổi ion ngược;

Fig. 4 là hình chiếu bằng từ phía trước dưới dạng sơ đồ của sản phẩm điện tử tiêu dùng bao gồm một hoặc nhiều phương án về các vật phẩm gốc thủy tinh nhôm silicat kiềm được mô tả ở đây;

Fig. 5 là hình chiếu phối cảnh dưới dạng sơ đồ của sản phẩm điện tử tiêu dùng trên Fig. 4;

Fig. 6 là đồ thị về phần trăm khối lượng gia tăng dưới dạng một hàm của các xử lý trao đổi ion theo các phương án và các ví dụ so sánh;

Fig. 7 là đồ thị của nồng độ Na_2O dưới dạng một hàm về độ sâu sau quá trình trao đổi ion, sau quy trình tái gia công chuẩn và sau quy trình tái gia công bằng $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ theo một phương án;

Fig. 8 là đồ thị của nồng độ Li_2O dưới dạng một hàm về độ sâu sau quá trình trao đổi ion, sau quy trình tái gia công chuẩn và sau quy trình tái gia công bằng $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ theo một phương án; và

Fig. 9 là đồ thị của nồng độ K_2O dưới dạng một hàm về độ sâu sau quá trình trao đổi ion, sau quy trình tái gia công chuẩn và sau quy trình tái gia công bằng $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ theo một phương án.

Mô tả chi tiết sáng chế

Trong phần mô tả dưới đây, các ký tự viện dẫn giống nhau biểu thị các chi tiết giống nhau hoặc tương ứng trong toàn bộ các hình được thể hiện trên các hình vẽ. Cũng cần hiểu rằng, trừ khi có quy định khác, các thuật ngữ như “đỉnh,” “đáy,” “hướng ra ngoài,” “hướng vào trong,” và các thuật ngữ tương tự là các từ dùng cho thuận tiện và không được hiểu là các thuật ngữ giới hạn. Trừ khi có quy định khác, khoảng các trị số, khi được nêu, bao gồm cả các giới hạn trên và giới hạn dưới của khoảng này cũng như các khoảng bất kỳ giữa chúng. Như được sử dụng trong bản mô tả này, các mạo từ bất định (“a”, “an” trong bản mô tả tiếng Anh) và mạo từ xác định tương ứng (“the” trong bản mô tả tiếng Anh) có nghĩa là “ít nhất một” hoặc “một hoặc nhiều,” trừ khi có quy định khác. Cũng cần hiểu rằng các dấu hiệu khác nhau được bộc lộ trong bản mô tả này và các hình vẽ có thể được sử dụng trong tổ hợp bất kỳ và tất cả các tổ hợp.

Như được sử dụng ở đây, thuật ngữ “vật phẩm gốc thủy tinh” được sử dụng theo nghĩa rộng nhất của thuật ngữ này bao gồm bất kỳ vật thể nào được làm hoàn toàn hoặc một phần từ thủy tinh, bao gồm cả gốm thủy tinh. Trừ khi có quy định khác, tất cả các thành phần mô tả ở đây được biểu thị theo tỷ lệ phần trăm mol (mol%), và các thành phần cấu thành được cung cấp trên cơ sở oxit.

Trừ khi có quy định khác, tất cả nhiệt độ được biểu thị theo độ Celsius (°C). Như được sử dụng ở đây, thuật ngữ “độ nhót đường pha lỏng” để chỉ độ nhót của thủy tinh nóng chảy ở nhiệt độ đường pha lỏng, trong đó nhiệt độ đường pha lỏng để chỉ nhiệt độ mà tại đó, các tinh thể trước tiên xuất hiện khi thủy tinh nóng chảy lạnh xuống từ nhiệt độ nóng chảy, hoặc nhiệt độ mà tại đó, các tinh thể cuối cùng nóng chảy khi nhiệt độ được tăng lên từ nhiệt độ trong phòng.

Lưu ý rằng, các thuật ngữ “về cơ bản” và “khoảng” có thể được sử dụng ở đây để biểu thị mức độ không chắc chắn vốn có mà có thể là thuộc tính của sự so sánh định lượng, trị số, số đo hoặc sự biểu thị khác bất kỳ. Các thuật ngữ này cũng được sử dụng ở đây để biểu thị mức độ mà qua đó sự biểu thị định lượng có thể thay đổi so với tham chiếu được nêu mà không dẫn đến sự thay đổi về chức năng cơ sở của đối tượng tại vấn đề đó. Ví dụ, thủy tinh mà “về cơ bản không chứa K_2O ” là một thủy tinh trong đó,

K₂O không được bổ sung hoặc kết hợp một cách chủ động vào trong thủy tinh, nhưng có thể có mặt với các lượng rất nhỏ ở dạng tạp chất. Dự định rằng, khi trị số được bộc lộ ở đây sử dụng phần biến đổi “khoảng,” thì trị số chính xác cũng được bộc lộ.

Ứng suất nén (bao gồm cả ứng suất nén bề mặt) được đo bằng dụng cụ đo ứng suất bề mặt (FSM) bằng cách sử dụng các dụng cụ có sẵn trên thị trường như FSM-6000, được sản xuất bởi Orihara Industrial Co., Ltd. (Japan). Các số đo ứng suất bề mặt phụ thuộc vào phép đo chính xác của hệ số quang ứng suất (stress optical coefficient - SOC), vốn liên quan tới tính lưỡng chiết quang của thủy tinh. Sau đó, SOC được đo theo quy trình C (phương pháp đĩa thủy tinh) được mô tả trong tài liệu về tiêu chuẩn ASTM C770-16, với tiêu đề “Standard Test Method for Measurement of Glass Stress-Optical Coefficient,” toàn bộ nội dung của tài liệu nêu trên được kết hợp vào sáng chế này bằng cách viện dẫn. Các trị số ứng suất kéo hoặc ứng suất kéo trung tâm (CT) cực đại được đo bằng cách sử dụng phân cực kế ánh sáng tán xạ (scattered light polariscope-SCALP) đã biết trong lĩnh vực.

Như được sử dụng ở đây, độ sâu nén (DOC) nghĩa là độ sâu mà tại đó, ứng suất trong vật phẩm gốc thủy tinh nhôm silicat kiềm gia cường hóa học được mô tả ở đây thay đổi từ nén sang kéo. DOC có thể được đo bằng FSM hoặc phân cực nghiệm ánh sáng tán xạ (SCALP) tùy thuộc vào việc xử lý trao đổi ion. FSM được sử dụng để đo DOC tại chỗ ứng suất trong vật phẩm gốc thủy tinh được sinh ra bằng cách trao đổi các ion kali trong vật phẩm gốc thủy tinh. SCALP được sử dụng để đo DOC tại chỗ ứng suất được sinh ra bằng cách trao đổi các ion natri vào trong vật phẩm gốc thủy tinh. Tại chỗ ứng suất trong vật phẩm gốc thủy tinh được sinh ra bằng cách trao đổi cả ion kali và natri trong thủy tinh, DOC được đo bằng SCALP do tin rằng độ sâu trao đổi ion natri biểu thị DOC và độ sâu trao đổi các ion kali biểu thị sự thay đổi về độ lớn của ứng suất nén (nhưng không phải là sự thay đổi về ứng suất từ có khuynh hướng nén thành có khuynh hướng kéo); độ sâu trao đổi các ion kali trong các vật phẩm gốc thủy tinh này được đo bằng FSM.

Khi đề cập đến các hình vẽ nói chung, cần hiểu rằng những nội dung minh họa chỉ nhằm mục đích mô tả các phương án cụ thể và không được dự định để giới hạn sáng chế hoặc các yêu cầu bảo hộ kèm theo. Các hình vẽ không nhất thiết phải theo

một tỷ lệ, và các dấu hiệu cụ thể và các hình cụ thể của các hình vẽ này có thể được thể hiện theo cách phóng đại về tỷ lệ hoặc dưới dạng sơ đồ để rõ ràng và ngắn gọn.

Sáng chế này mô tả các phương pháp dùng cho vật phẩm gốc thủy tinh trao đổi ion ngược. Ví dụ, phương pháp trao đổi ion ngược có thể được sử dụng làm một phần của quá trình tái gia công vật phẩm gốc thủy tinh gia cường hóa học mà nó thể hiện khuyết tật trong sản xuất. Khuyết tật có thể bao gồm các khuyết tật bề mặt hoặc biên dạng ứng suất không mong muốn. Các khuyết tật bề mặt có thể là kết quả của việc xử lý trong quá trình sản xuất và có thể bao gồm các vết cào xước, vết lõm và vết rỗ. Biên dạng ứng suất không mong muốn có thể xuất phát từ các điều kiện trao đổi ion mà nằm ngoài thông số kỹ thuật.

Các khuyết tật bề mặt có thể được loại bỏ ra khỏi vật phẩm gốc thủy tinh gia cường hóa học bằng cách loại bỏ vật liệu ra khỏi bề mặt, như bằng cách mài nhẵn hoặc khắc ăn mòn. Việc loại bỏ nguyên liệu ra khỏi bề mặt của vật phẩm gốc thủy tinh cũng loại bỏ một phần vật phẩm gốc thủy tinh mà phần này chịu ứng suất nén. Do vậy, vật phẩm gốc thủy tinh cần phải được cho tiến hành trao đổi ion bổ sung để đạt được biên dạng ứng suất mong muốn sau khi loại bỏ nguyên liệu ra khỏi bề mặt. Việc trao đổi ion bổ sung có thể tác động âm tính lên độ bền và độ ổn định kích thước của vật phẩm gốc thủy tinh. Ví dụ, việc trao đổi ion bổ sung có thể tạo ra sự khuếch tán bên trong và sự giảm ứng suất trong vật phẩm gốc thủy tinh, cũng như dẫn đến sự phát triển phân mà nó khiến cho vật phẩm gốc thủy tinh nằm ngoài các dung sai kích thước mong muốn.

Các phương pháp được mô tả ở đây bao gồm cả bước trao đổi ion ngược dùng để đưa vật phẩm gốc thủy tinh gia cường hóa học trở lại gần với hợp phần của vật phẩm gốc thủy tinh trước khi trao đổi ion gia cường hóa học. Theo các phương án, bước trao đổi ion ngược sử dụng môi trường trao đổi ion ngược chứa muối lithi và muối kim loại đa hóa trị không thể trao đổi ion. Theo một số phương án, bước trao đổi ion ngược có thể sử dụng quy trình hai bước, trong đó môi trường trao đổi ion ngược thứ nhất chứa muối natri và môi trường trao đổi ion ngược thứ hai chứa muối natri và muối lithi. Sau quá trình trao đổi ion ngược, vật phẩm gốc thủy tinh có thể được xử lý tùy ý để loại bỏ nguyên liệu ra khỏi bề mặt trước khi tái trao đổi ion ở vật phẩm gốc

thủy tinh để tạo ra biên dạng ứng suất mong muốn. Vật phẩm gốc thủy tinh tái gia công có thể chứa đỉnh chỉ số cao bị che phủ mà đỉnh này tương ứng với biên dạng nồng độ K_2O có phần mà trong đó nồng độ K_2O gia tăng tới nồng độ K_2O cực đại tại chỗ, cho phép vật phẩm gốc thủy tinh tái gia công khác biệt với vật phẩm gốc thủy tinh không được tái gia công.

Một quy trình minh họa trong sản xuất vật phẩm gốc thủy tinh gia cường hóa học và xác định xem các phần có cần tái gia công hay không được minh họa trên Fig. 2. Như được thể hiện trên Fig. 2, quy trình sản xuất vật phẩm gốc thủy tinh có thể bao gồm bước cắt xước tấm gốc thủy tinh được tạo ra bằng quy trình nung chảy, cắt phoi các mép và/hoặc tạo thành các lỗ ở các phần thu được, tùy ý tạo hình 3-D các phần gia công và sau đó, mài nhẵn tùy ý các mép và bề mặt của các phần. Sau đó, các phần được gia cường hóa học trong quá trình trao đổi ion để tạo ra vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion. Sau đó, vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion tùy ý được mài nhẵn để loại bỏ dưới 1µm vật liệu từ mỗi phía của vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion trước khi kiểm tra vật phẩm gốc thủy tinh để xác định xem liệu chúng có đáp ứng các tiêu chuẩn sản xuất hay không. Các phần mà không đáp ứng các tiêu chuẩn mong muốn sau đó được xử lý dưới dạng tái gia công để gia tăng hiệu suất của quy trình sản xuất. Các phần có thể không đáp ứng các tiêu chuẩn sản xuất do nhiều lý do, như bao gồm các khuyết tật bề mặt hoặc có biên dạng ứng suất không mong muốn. Các khuyết tật bề mặt có thể được tạo ra là kết quả của việc xử lý trong các giai đoạn khác nhau của quy trình sản xuất. Sau khi kiểm tra, các phần mà không được ấn định tái gia công có thể có lớp phủ và/hoặc trang trí chống dấu vân tay được phủ lên. Sau đó, các phần được kiểm tra lại được xác định xem liệu chúng có đáp ứng các tiêu chuẩn sản xuất hay không, và các phần mà không đáp ứng các tiêu chuẩn sản xuất được xử lý dưới dạng tái gia công.

Fig. 3 minh họa phương pháp xử lý tái gia công làm ví dụ. Theo một số phương án, một hoặc nhiều bước thể hiện trên Fig. 3 không được thực hiện. Theo một số phương án, các bước bổ sung không được thể hiện trên Fig. 3 có thể được thực hiện như một phần của phương pháp xử lý tái gia công. Phương pháp xử lý tái gia công bao gồm bước trao đổi ion ngược ở vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion trong bể trao đổi ion ngược chứa muối lithi để tạo ra vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion

ngược. Nếu các vật phẩm được trao đổi ion bao gồm sự trang trí, thì sự trang trí có thể được loại bỏ trước quá trình trao đổi ion ngược. Theo một số phương án, các lớp phủ chống dấu vân tay (AF) không cần phải loại bỏ trước khi vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion được cho tiến hành trao đổi ion ngược. Các vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion ngược tùy ý có thể được cho tiến hành mài nhẵn cơ học hoặc khắc ăn mòn hóa học để loại bỏ nguyên liệu ra khỏi bề mặt của vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion ngược. Việc loại bỏ vật liệu ra khỏi bề mặt của vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion ngược cũng có thể loại bỏ cả các khuyết tật bề mặt. Sau đó, vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion ngược có thể được tái trao đổi ion trong bể tái trao đổi ion để tạo ra vật phẩm gốc thủy tinh được tái trao đổi ion. Sau đó, vật phẩm gốc thủy tinh được tái trao đổi ion được kiểm tra để xác định xem phần đó có nằm trong phạm vi các tiêu chuẩn sản xuất mong muốn hay không. Lớp phủ chống dấu vân tay và/hoặc trang trí sau đó có thể được phủ lên vật phẩm gốc thủy tinh được tái trao đổi ion trước lần kiểm tra cuối cùng để xác định xem phần này có nằm trong các tiêu chuẩn sản xuất tiêu chuẩn hay không.

Quá trình trao đổi ion ngược loại bỏ các ion ra khỏi vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion để đưa vật phẩm gốc thủy tinh trở lại gần với trạng thái trước khi trao đổi ion. Thành phần của môi trường trao đổi ion ngược được lựa chọn để loại bỏ các ion được bổ sung vào vật phẩm gốc thủy tinh trong quá trình trao đổi ion. Ví dụ, theo một số phương án, nhưng không bị giới hạn ở, khi vật phẩm gốc thủy tinh không được trao đổi ion chứa Li_2O và Na_2O , môi trường trao đổi ion ngược có thể chứa LiNO_3 và NaNO_3 , với các lượng tương đối của LiNO_3 và NaNO_3 được chọn sao cho sự gia tăng khối lượng cân bằng của vật phẩm gốc thủy tinh không được trao đổi ion trong môi trường trao đổi ion ngược là gần bằng 0 hoặc dương. Nếu hàm lượng LiNO_3 của môi trường trao đổi ion ngược quá cao, thì lượng dư LiO_2 có thể tích lũy ở bề mặt của vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion ngược, tạo ra sức căng bề mặt mà có thể tạo ra các vết nứt bề mặt ở vật phẩm gốc thủy tinh.

Theo các phương án, quá trình trao đổi ion ngược được tiến hành trong một bước. Môi trường trao đổi ion ngược sử dụng trong trao đổi ion ngược một bước có thể chứa muối lithi và muối kim loại đa hóa trị không thể trao đổi ion. Môi trường trao đổi ion ngược có thể là bể muối nóng chảy, và sau đây sẽ được gọi là bể trao đổi ion

ngược cho đơn giản. Như được sử dụng ở đây, “muối kim loại đa hóa trị không thể trao đổi ion” để chỉ muối kim loại đa hóa trị mà muối này về cơ bản không trải qua sự trao đổi ion tại các điều kiện, thời gian và nhiệt độ hoạt động, của bể trao đổi ion. Về cơ bản không trao đổi ion được đặc trưng bởi độ sâu trao đổi dưới 1µm sau khi kết thúc sự tiếp xúc với bể. Nói theo cách khác, nồng độ của kim loại đa hóa trị là tương tự như nồng độ của kim loại đa hóa trị trong thành phần được sử dụng để tạo ra vật phẩm gốc thủy tinh trước khi trao đổi ion ở các độ sâu lớn hơn 1µm. Việc đưa muối kim loại đa hóa trị không thể trao đổi ion vào trong bể trao đổi ion ngược cho phép giảm thiểu tổng lượng muối lithi trong bể, trong khi duy trì được tỷ lệ của hàm lượng lithi trên các muối khác trong bể ở mức mong muốn. Ví dụ, nếu tỷ lệ mong muốn của NaNO_3 trên LiNO_3 trong bể trao đổi ion ngược là 4:1, bao gồm 50% khối lượng muối kim loại đa hóa trị không thể trao đổi ion trong bể cho phép tổng lượng của NaNO_3 và LiNO_3 được giảm xuống một nửa trong khi duy trì được tỷ lệ mong muốn.

Lượng NaNO_3 và LiNO_3 giảm trong bể sẽ làm giảm bớt chi phí của quá trình trao đổi ion ngược bằng cách làm giảm lượng các muối lithi cần thiết, những lượng muối này là tương đối đắt đỏ. Nồng độ các muối lithi giảm trong bể trao đổi ion ngược cũng làm giảm sự thất thoát lithi do kéo ra khi vật phẩm gốc thủy tinh được lấy ra khỏi bể trao đổi ion ngược, vì lượng kéo ra tương tự lấy lượng khử của muối lithi ra khỏi bể. Phần kéo ra đề cập đến muối nóng chảy mà nó dính vào vật phẩm gốc thủy tinh và các chi tiết cố định giữ vật phẩm gốc thủy tinh khi chúng được lấy ra khỏi bể muối nóng chảy. Ngoài ra, lượng LiNO_3 thấp hơn trong bể trao đổi ion ngược có thể làm giảm sự thoát khí nitơ oxit do sự phân hủy lithi nitrat ở nhiệt độ của bể trao đổi ion ngược, dẫn đến độ an toàn tăng lên.

Theo các phương án, muối kim loại đa hóa trị không thể trao đổi ion chứa trong bể trao đổi ion ngược có thể là muối kim loại đa hóa trị bất kỳ mà về cơ bản không trải qua quá trình trao đổi ion và hòa tan ở nhiệt độ hoạt động của bể. Các muối kim loại đa hóa trị không thể trao đổi ion có thể được chọn từ các nitrat, sulfat, và clorua. Kim loại trong muối kim loại đa hóa trị không thể trao đổi ion có thể được chọn từ canxi, kẽm, magie, thiếc, và đồng. Theo các phương án, muối kim loại đa hóa trị không thể trao đổi ion có thể bao gồm ít nhất một trong số canxi nitrat, magie nitrat, và stronti nitrat.

Bể trao đổi ion ngược có thể chứa muối kim loại đa hóa trị không thể trao đổi ion với lượng thích hợp bất kỳ. Theo các phương án, bể trao đổi ion ngược có thể chứa muối kim loại đa hóa trị không thể trao đổi ion với lượng lớn hơn hoặc bằng 5% khối lượng, như lớn hơn hoặc bằng 10% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng 15% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng 20% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng 25% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng 30% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng 35% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng 40% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng 45% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng 50% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng 55% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng 60% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng 65% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng 70% khối lượng, hoặc lớn hơn hoặc bằng 75% khối lượng. Theo các phương án, bể trao đổi ion ngược có thể chứa muối kim loại đa hóa trị không thể trao đổi ion với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 80% khối lượng, như nhỏ hơn hoặc bằng 75% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng 70% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng 65% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng 60% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng 55% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng 50% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng 45% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng 40% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng 35% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng 30% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng 25% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng 20% khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng 15% khối lượng, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 10% khối lượng. Theo các phương án, bể trao đổi ion ngược có thể chứa muối kim loại đa hóa trị không thể trao đổi ion trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 5% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 80% khối lượng, như từ lớn hơn hoặc bằng 10% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 75% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng 15% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 70% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng 20% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 65% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng 25% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 60% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng 30% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 55% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng 35% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 50% khối lượng, hoặc từ lớn hơn hoặc bằng 40% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 45% khối lượng, và khoảng bất kỳ và tất cả các khoảng phụ được tạo ra từ các điểm cuối nêu trên.

Theo các phương án, muối lithi trong bể trao đổi ion ngược có thể là lithi nitrat (LiNO_3). Theo các phương án, bể trao đổi ion ngược có thể chứa lượng thích hợp bất kỳ của muối lithi đủ để tạo ra mức độ trao đổi ion ngược mong muốn. Theo các

phương án, bể trao đổi ion ngược có thể chứa LiNO_3 trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 3% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 40% khối lượng, như từ lớn hơn hoặc bằng 3% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 33% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng 5% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 30% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng 10% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 25% khối lượng, hoặc từ lớn hơn hoặc bằng 15% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 20% khối lượng, và khoảng bất kỳ và tất cả các khoảng phụ được tạo ra bởi các điểm cuối nêu trên.

Theo các phương án, bể trao đổi ion ngược có thể còn chứa muối natri, như natri nitrat (NaNO_3). Bể trao đổi ion ngược có thể chứa NaNO_3 với lượng nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 30% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 95% khối lượng, như từ lớn hơn hoặc bằng 35% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 90% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng 40% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 85% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng 45% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 80% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng 50% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 75% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng 55% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 70% khối lượng, hoặc từ lớn hơn hoặc bằng 60% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 65% khối lượng, và khoảng bất kỳ và tất cả các khoảng phụ được tạo ra bởi các điểm cuối nêu trên.

Theo một số phương án, bể trao đổi ion ngược có thể chứa kali nitrat (KNO_3). KNO_3 trong bể trao đổi ion ngược có thể là kết quả của cùng bể trao đổi ion ngược được sử dụng cho nhiều chu trình trao đổi ion ngược, với và kali được loại bỏ ra khỏi vật phẩm gốc thủy tinh gây nhiễm độc bể trao đổi ion ngược. Bể trao đổi ion ngược có thể chứa KNO_3 với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 5% khối lượng, như nhỏ hơn hoặc bằng 1% khối lượng KNO_3 . Bể trao đổi ion ngược có thể về cơ bản không chứa hoặc chứa KNO_3 .

Thành phần của bể trao đổi ion ngược có thể được xác định dựa vào thành phần của vật phẩm gốc thủy tinh trước khi trao đổi ion. Thành phần thích hợp của bể trao đổi ion ngược có thể được xác định dựa vào hàm lượng Li_2O và Na_2O mong muốn trong vật phẩm gốc thủy tinh. Ví dụ, lượng muối lithi có thể được chọn sao cho tỷ lệ của muối lithi trên hàm lượng của muối natri trong bể trao đổi ion ngược về cơ bản giống như tỷ lệ của Li_2O trên Na_2O trong thành phần dựa vào thủy tinh trước khi trao

đổi ion. Theo các phương án, tỷ lệ của muối lithi trên muối natri trong bể trao đổi ion ngược có thể nằm trong khoảng 10% tỷ lệ của Li_2O trên Na_2O trong hợp phần dựa vào thủy tinh trước khi trao đổi ion, như trong khoảng 9%, trong khoảng 8%, trong khoảng 7%, trong khoảng 6%, trong khoảng 5%, trong khoảng 4%, trong khoảng 3%, trong khoảng 2%, hoặc trong khoảng 1%. Theo một số phương án, tỷ lệ của muối lithi trên muối natri trong bể trao đổi ion ngược là tương đương với tỷ lệ của Li_2O trên Na_2O trong hợp phần dựa vào thủy tinh trước khi trao đổi ion. Hợp phần ở phần trung tâm của vật phẩm gốc thủy tinh gia cường hóa học có thể được sử dụng làm hợp phần xấp xỉ của vật phẩm gốc thủy tinh trước khi trao đổi ion, như trong nhiều quy trình gia cường hóa học, trung tâm của vật phẩm gốc thủy tinh không trải qua sự trao đổi ion đáng kể.

Quá trình trao đổi ion ngược một bước có thể bao gồm quá trình trao đổi ion ngược của vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion trong bể trao đổi ion ngược trong khoảng thời gian thích hợp bất kỳ. Theo các phương án, quá trình trao đổi ion ngược có thể kéo dài trong thời gian nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 1 giờ đến nhỏ hơn hoặc bằng 48 giờ, như từ lớn hơn hoặc bằng 2 giờ đến nhỏ hơn hoặc bằng 24 giờ, từ lớn hơn hoặc bằng 3 giờ đến nhỏ hơn hoặc bằng 16 giờ, từ lớn hơn hoặc bằng 4 giờ đến nhỏ hơn hoặc bằng 14 giờ, từ lớn hơn hoặc bằng 6 giờ đến nhỏ hơn hoặc bằng 12 giờ, hoặc từ lớn hơn hoặc bằng 8 giờ đến nhỏ hơn hoặc bằng 10 giờ, và khoảng phụ bất kỳ và tất cả các khoảng phụ được tạo ra từ các điểm cuối nêu trên.

Bể trao đổi ion ngược có thể ở nhiệt độ thích hợp bất kỳ khi quá trình trao đổi ion ngược một bước của vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion được thực hiện. Theo các phương án, bể trao đổi ion ngược là ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 340°C đến nhỏ hơn hoặc bằng 520°C , như từ lớn hơn hoặc bằng 360°C đến nhỏ hơn hoặc bằng 500°C , từ lớn hơn hoặc bằng 380°C đến nhỏ hơn hoặc bằng 480°C , từ lớn hơn hoặc bằng 400°C đến nhỏ hơn hoặc bằng 460°C , hoặc từ lớn hơn hoặc bằng 420°C đến nhỏ hơn hoặc bằng 440°C , và khoảng phụ bất kỳ và tất cả các khoảng phụ được tạo ra từ các điểm cuối nêu trên.

Theo các phương án, vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion ngược được tạo ra bằng quá trình trao đổi ion ngược một bước có thể có hàm lượng K_2O nằm trong

khoảng 1mol% hoặc ít hơn của hợp phần ở trung tâm của vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion ngược. Hàm lượng K_2O này chỉ ra rằng, vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion ngược về cơ bản đã được phục hồi về hợp phần của vật phẩm gốc thủy tinh trước khi xử lý trao đổi ion.

Theo các phương án, quá trình trao đổi ion ngược được tiến hành trong quy trình hai bước. Quy trình hai bước bao gồm bước trao đổi ion ngược ở vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion trong môi trường trao đổi ion ngược thứ nhất, và sau đó là bước trao đổi ion ngược ở vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion trong môi trường trao đổi ion ngược thứ hai để tạo ra vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion ngược.

Môi trường trao đổi ion ngược thứ nhất chứa muối natri. Môi trường trao đổi ion ngược thứ nhất có thể là bể muối nóng chảy, và sau đây sẽ được gọi là bể trao đổi ion ngược thứ nhất cho đơn giản. Theo các phương án, muối natri có thể là natri nitrat. Theo các phương án, bể trao đổi ion ngược thứ nhất còn chứa muối kim loại đa hóa trị không thể trao đổi ion. Muối kim loại đa hóa trị không thể trao đổi ion có thể là muối bất kỳ trong số các muối với lượng bất kỳ được mô tả ở trên liên quan đến quá trình trao đổi ion ngược một bước.

Bể trao đổi ion ngược thứ nhất có thể còn chứa các muối trao đổi ion khác. Theo các phương án, bể trao đổi ion ngược thứ nhất có thể chứa kali, như ở dạng muối kali. Bể trao đổi ion ngược thứ nhất có thể chứa KNO_3 với lượng lớn hơn hoặc bằng 6% khối lượng, như lớn hơn hoặc bằng 7% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng 8% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng 9% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng 10% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng 15% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng 20% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng 25% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng 30% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng 35% khối lượng, lớn hơn hoặc bằng 40% khối lượng, hoặc lớn hơn hoặc bằng 45% khối lượng. Bể trao đổi ion ngược thứ nhất có thể chứa KNO_3 với lượng từ lớn hơn hoặc bằng 6% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 50% khối lượng, như từ lớn hơn hoặc bằng 7% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 45% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng 8% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 40% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng 9% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 35% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng 10% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 30% khối lượng, từ lớn hơn hoặc bằng 15% khối lượng đến nhỏ

hơn hoặc bằng 25% khối lượng, hoặc bằng 20% khối lượng, và khoảng phụ bất kỳ và tất cả các khoảng phụ được tạo ra từ các điểm cuối nêu trên. Việc sử dụng bể trao đổi ion ngược thứ nhất chứa kali cho phép tiếp tục sử dụng các bể mà chứa các lượng kali cao hơn, như do sự nhiễm độc trong quá trình sử dụng, trong quá trình trao đổi ion ngược thứ nhất. Ví dụ, các bể mà đã được sử dụng làm bể trao đổi ion ngược thứ hai nhưng đã đạt tới các mức nhiễm độc kali mà không còn phù hợp nữa để đạt được mức độ trao đổi ion ngược mong muốn có thể được sử dụng làm bể trao đổi ion ngược thứ nhất. Việc tái sử dụng các bể bị nhiễm độc kali như vậy sẽ làm giảm chi phí và phế thải trong quá trình trao đổi ion ngược.

Bể trao đổi ion ngược thứ nhất có thể còn chứa muối lithi. Theo các phương án, bể trao đổi ion ngược thứ nhất có tỷ lệ Na/Li lớn hơn tỷ lệ Na/Li của bể trao đổi ion ngược thứ hai.

Quá trình trao đổi ion ngược trong bể trao đổi ion ngược thứ nhất có thể được thực hiện trong khoảng thời gian thích hợp bất kỳ. Theo các phương án, quá trình trao đổi ion ngược trong bể trao đổi ion ngược thứ nhất có thể được thực hiện trong thời gian nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 5 phút đến nhỏ hơn hoặc bằng 24 giờ, như từ lớn hơn hoặc bằng 10 phút đến nhỏ hơn hoặc bằng 20 giờ, từ lớn hơn hoặc bằng 30 phút đến nhỏ hơn hoặc bằng 18 giờ, từ lớn hơn hoặc bằng 1 giờ đến nhỏ hơn hoặc bằng 16 giờ, từ lớn hơn hoặc bằng 2 giờ đến nhỏ hơn hoặc bằng 14 giờ, từ lớn hơn hoặc bằng 4 giờ đến nhỏ hơn hoặc bằng 12 giờ, từ lớn hơn hoặc bằng 6 giờ đến nhỏ hơn hoặc bằng 10 giờ, hoặc bằng 8 giờ, và khoảng phụ bất kỳ và tất cả các khoảng phụ được tạo ra từ các điểm cuối nêu trên. Theo các phương án, quá trình trao đổi ion ngược trong bể trao đổi ion ngược thứ nhất có thể được thực hiện trong khoảng thời gian ít hơn một nửa tổng thời gian trao đổi ion ngược trong các bể trao đổi ion ngược thứ nhất và thứ hai.

Quá trình trao đổi ion ngược trong bể trao đổi ion ngược thứ nhất có thể được thực hiện ở nhiệt độ thích hợp bất kỳ. Theo các phương án, quá trình trao đổi ion ngược trong bể trao đổi ion ngược thứ nhất có thể được thực hiện ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 400°C đến nhỏ hơn hoặc bằng 420°C, như từ lớn hơn hoặc bằng 405°C đến nhỏ hơn hoặc bằng 415°C, hoặc bằng 410°C, và khoảng bất kỳ

và tất cả các khoảng phụ được tạo ra từ các điểm cuối nêu trên. Theo các phương án, quá trình trao đổi ion ngược trong bể trao đổi ion ngược thứ nhất có thể được thực hiện ở nhiệt độ cao hơn nhiệt độ mà tại đó, quá trình trao đổi ion ngược trong bể trao đổi ion ngược thứ hai được thực hiện.

Khi kết thúc quá trình trao đổi ion ngược trong bể trao đổi ion ngược thứ nhất, vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion có thể chứa K_2O với lượng nằm trong khoảng 4mol% của hợp phần của vật phẩm gốc thủy tinh trước khi trao đổi ion, như trong khoảng 3mol%, hoặc trong khoảng 2mol%. Hợp phần của vật phẩm gốc thủy tinh có thể được tính xấp xỉ theo hợp phần ở trung tâm của vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion sau khi trao đổi ion ngược trong bể trao đổi ion ngược thứ nhất. Ngoài ra, khi kết thúc quá trình trao đổi ion ngược trong bể trao đổi ion ngược thứ nhất, kali bổ sung vào vật phẩm gốc thủy tinh trong quá trình trao đổi ion có thể được giảm với lượng từ lớn hơn hoặc bằng 60% đến nhỏ hơn hoặc bằng 80%. Việc loại bỏ một phần kali đáng kể ra khỏi vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion trong bể trao đổi ion thứ nhất làm giảm tỷ lệ mà tại đó, bể trao đổi ion ngược thứ hai bị nhiễm độc bởi kali, làm tăng cường tuổi thọ hữu ích của bể trao đổi ion ngược thứ hai.

Bể trao đổi ion ngược thứ hai chứa muối natri và muối lithi. Môi trường trao đổi ion ngược thứ hai có thể là bể muối nóng chảy, và sau đây sẽ được gọi là bể trao đổi ion ngược thứ hai cho đơn giản. Theo các phương án, muối natri có thể là natri nitrat. Theo các phương án, muối lithi có thể là lithi nitrat. Theo các phương án, bể trao đổi ion ngược thứ hai còn chứa muối kim loại đa hóa trị không thể trao đổi ion. Muối kim loại đa hóa trị không thể trao đổi ion có thể là muối bất kỳ trong số các muối với lượng bất kỳ được mô tả ở trên liên quan đến quá trình trao đổi ion ngược một bước.

Quá trình trao đổi ion ngược trong bể trao đổi ion ngược thứ hai có thể được thực hiện trong khoảng thời gian thích hợp bất kỳ. Theo các phương án, quá trình trao đổi ion ngược trong bể trao đổi ion ngược thứ hai có thể được thực hiện trong khoảng thời gian lớn hơn hoặc bằng một nửa tổng thời gian trao đổi ion ngược trong các bể trao đổi ion ngược thứ nhất và thứ hai.

Quá trình trao đổi ion ngược trong bể trao đổi ion ngược thứ hai có thể được thực hiện ở nhiệt độ thích hợp bất kỳ. Theo các phương án, quá trình trao đổi ion ngược trong bể trao đổi ion ngược thứ hai có thể được thực hiện ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 380°C đến nhỏ hơn hoặc bằng 400°C , như từ lớn hơn hoặc bằng 385°C đến nhỏ hơn hoặc bằng 395°C , hoặc bằng 390°C , và khoảng bất kỳ và tất cả các khoảng phụ được tạo ra từ các điểm cuối nêu trên. Theo các phương án, quá trình trao đổi ion ngược trong bể trao đổi ion ngược thứ hai có thể được thực hiện ở nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ mà tại đó, quá trình trao đổi ion ngược trong bể trao đổi ion ngược thứ nhất được thực hiện. Nhiệt độ thấp hơn của bể trao đổi ion ngược thứ hai có thể làm giảm sự thoát khí nitơ oxit do sự phân hủy lithi nitrat ở nhiệt độ bể trao đổi ion ngược thứ hai, dẫn đến độ an toàn tăng lên.

Theo các phương án, vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion ngược tạo ra bởi quá trình trao đổi ion ngược trong bể trao đổi ion ngược thứ hai có thể có hàm lượng K_2O nằm trong khoảng 1mol% hoặc thấp hơn của hợp phần ở trung tâm của vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion ngược. Hàm lượng K_2O này chỉ ra rằng, vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion ngược về cơ bản đã được phục hồi về hợp phần của vật phẩm gốc thủy tinh trước khi xử lý trao đổi ion.

Vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion ngược tạo ra bởi quá trình trao đổi ion ngược bất kỳ được mô tả ở đây sau đó được cho xử lý mài nhẵn cơ học hoặc khắc ăn mòn hóa học để loại bỏ nguyên liệu ra khỏi bề mặt của vật phẩm gốc thủy tinh. Việc loại bỏ vật liệu này dùng để loại bỏ các khuyết tật bề mặt bất kỳ ra khỏi vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion ngược. Theo các phương án, lượng vật liệu được loại bỏ ra khỏi vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion ngược có thể nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng $1\text{ }\mu\text{m}$ đến nhỏ hơn hoặc bằng $10\text{ }\mu\text{m}$, như từ lớn hơn hoặc bằng $3\text{ }\mu\text{m}$ đến nhỏ hơn hoặc bằng $10\text{ }\mu\text{m}$, hoặc từ lớn hơn hoặc bằng $5\text{ }\mu\text{m}$ đến nhỏ hơn hoặc bằng $10\text{ }\mu\text{m}$, và khoảng bất kỳ và tất cả các khoảng phụ được tạo ra từ các điểm cuối nêu trên. Theo các phương án, quá trình loại bỏ vật liệu có thể là quá trình khắc ăn mòn hóa học, như quá trình khắc axit. Quá trình khắc axit có thể là quá trình khắc axit flohydric.

Vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion ngược tạo ra bởi quá trình trao đổi ion ngược bất kỳ được mô tả ở đây sau đó được tái trao đổi ion trong môi trường tái trao đổi ion để tạo ra vật phẩm gốc thủy tinh được tái trao đổi ion. Môi trường tái trao đổi ion có thể là bể muối nóng chảy, và sau đây sẽ được gọi là bể tái trao đổi ion cho đơn giản. Bể tái trao đổi ion có thể giống như bể trao đổi ion được sử dụng để tạo ra vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion. Tương tự, vật phẩm gốc thủy tinh được tái trao đổi ion có thể được cho tiến hành tái trao đổi ion lần thứ hai trong môi trường tái trao đổi ion thứ hai. Môi trường tái trao đổi ion thứ hai có thể là bể muối nóng chảy, và sau đây sẽ được gọi là bể tái trao đổi ion thứ hai cho đơn giản. Bể tái trao đổi ion thứ hai có thể giống như bể trao đổi ion thứ hai được sử dụng để tạo ra vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion.

Bể tái trao đổi ion thứ nhất có thể chứa hỗn hợp muối thích hợp bất kỳ. Ví dụ, bể tái trao đổi ion thứ nhất có thể chứa hỗn hợp của NaNO_3 và KNO_3 . Theo các phương án, bể tái trao đổi ion thứ nhất có thể chứa NaNO_3 với lượng nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 15% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 40% khối lượng, như từ lớn hơn hoặc bằng 20% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 35% khối lượng, hoặc từ lớn hơn hoặc bằng 25% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 30% khối lượng, và khoảng bất kỳ và tất cả các khoảng phụ được tạo ra từ các điểm cuối nêu trên. Theo các phương án, bể tái trao đổi ion thứ nhất có thể chứa KNO_3 với lượng nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 60% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 85% khối lượng, như từ lớn hơn hoặc bằng 65% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 80% khối lượng, hoặc từ lớn hơn hoặc bằng 70% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 75% khối lượng, và khoảng bất kỳ và tất cả các khoảng phụ được tạo ra từ các điểm cuối nêu trên.

Quá trình tái trao đổi ion trong bể tái trao đổi ion thứ nhất có thể được thực hiện trong khoảng thời gian thích hợp bất kỳ. Theo các phương án, quá trình tái trao đổi ion trong bể tái trao đổi ion thứ nhất được thực hiện trong thời gian nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 30 phút đến nhỏ hơn hoặc bằng 120 phút, như từ lớn hơn hoặc bằng 40 phút đến nhỏ hơn hoặc bằng 110 phút, từ lớn hơn hoặc bằng 50 phút đến nhỏ hơn hoặc bằng 100 phút, từ lớn hơn hoặc bằng 60 phút đến nhỏ hơn hoặc bằng 90 phút,

hoặc từ lớn hơn hoặc bằng 70 phút đến nhỏ hơn hoặc bằng 80 phút, và khoảng phụ bất kỳ và tất cả các khoảng phụ được tạo ra từ các điểm cuối nêu trên.

Quá trình tái trao đổi ion trong bể tái trao đổi ion thứ nhất có thể được thực hiện ở nhiệt độ thích hợp bất kỳ. Theo các phương án, quá trình tái trao đổi ion trong bể tái trao đổi ion thứ nhất được thực hiện ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 350°C đến nhỏ hơn hoặc bằng 420°C, như từ lớn hơn hoặc bằng 360°C đến nhỏ hơn hoặc bằng 410°C, từ lớn hơn hoặc bằng 370°C đến nhỏ hơn hoặc bằng 400°C, hoặc từ lớn hơn hoặc bằng 380°C đến nhỏ hơn hoặc bằng 390°C, và khoảng phụ bất kỳ và tất cả các khoảng phụ được tạo ra từ các điểm cuối nêu trên.

Bể tái trao đổi ion thứ hai có thể chứa hỗn hợp muối thích hợp bất kỳ. Ví dụ, bể tái trao đổi ion thứ hai có thể chứa hỗn hợp của NaNO_3 và KNO_3 . Theo các phương án, bể tái trao đổi ion thứ hai có thể chứa NaNO_3 với lượng nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 3% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 15% khối lượng, như từ lớn hơn hoặc bằng 4% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 10% khối lượng, hoặc từ lớn hơn hoặc bằng 5% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 9% khối lượng, và khoảng bất kỳ và tất cả các khoảng phụ được tạo ra từ các điểm cuối nêu trên. Theo các phương án, bể tái trao đổi ion thứ hai có thể chứa KNO_3 với lượng nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 85% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 97% khối lượng, như từ lớn hơn hoặc bằng 90% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 95% khối lượng, hoặc từ lớn hơn hoặc bằng 91% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 94% khối lượng, và khoảng bất kỳ và tất cả các khoảng phụ được tạo ra từ các điểm cuối nêu trên.

Quá trình tái trao đổi ion trong bể tái trao đổi ion thứ hai có thể được thực hiện trong khoảng thời gian thích hợp bất kỳ. Theo các phương án, quá trình tái trao đổi ion trong bể tái trao đổi ion thứ hai được thực hiện trong thời gian nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 10 phút đến nhỏ hơn hoặc bằng 30 phút, như từ lớn hơn hoặc bằng 12 phút đến nhỏ hơn hoặc bằng 28 phút, từ lớn hơn hoặc bằng 14 phút đến nhỏ hơn hoặc bằng 26 phút, từ lớn hơn hoặc bằng 16 phút đến nhỏ hơn hoặc bằng 24 phút, từ lớn hơn hoặc bằng 18 phút đến nhỏ hơn hoặc bằng 22 phút, hoặc bằng 20 phút, và khoảng phụ bất kỳ và tất cả các khoảng phụ được tạo ra từ các điểm cuối nêu trên.

Quá trình tái trao đổi ion trong bể tái trao đổi ion thứ hai có thể được thực hiện ở nhiệt độ thích hợp bất kỳ. Theo các phương án, quá trình tái trao đổi ion trong bể tái trao đổi ion thứ hai được thực hiện ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 350°C đến nhỏ hơn hoặc bằng 420°C , như từ lớn hơn hoặc bằng 360°C đến nhỏ hơn hoặc bằng 410°C , từ lớn hơn hoặc bằng 370°C đến nhỏ hơn hoặc bằng 400°C , hoặc từ lớn hơn hoặc bằng 380°C đến nhỏ hơn hoặc bằng 390°C , và khoảng phụ bất kỳ và tất cả các khoảng phụ được tạo ra từ các điểm cuối nêu trên.

Theo một hoặc nhiều phương án, vật phẩm gốc thủy tinh có vi cấu trúc đồng nhất (tức là, thủy tinh không bị tách pha). Theo một hoặc nhiều phương án, vật phẩm gốc thủy tinh là vô định hình. Như được sử dụng ở đây, “vô định hình” khi được sử dụng để mô tả vật phẩm gốc thủy tinh nghĩa là về cơ bản không chứa các mầm tinh thể hoặc các pha tinh thể (tức là, chứa ít hơn 1% thể tích các mầm tinh thể hoặc các pha tinh thể). Theo một số phương án, vật phẩm gốc thủy tinh có thể bao gồm gồm thủy tinh (tức là, chứa một hoặc nhiều pha tinh thể).

Vật phẩm gốc thủy tinh được mô tả ở đây có thể được tạo ra từ các hợp phần thủy tinh mà chúng có thể tạo hình nung chảy. Theo một hoặc nhiều phương án, hợp phần thủy tinh tạo hình nung chảy có thể có độ nhớt đường pha lỏng cao hơn khoảng 200 kilopascal (kPa) và theo một số phương án, có độ nhớt đường pha lỏng ít nhất khoảng 600 kPa. Theo một số phương án, các vật phẩm gốc thủy tinh và hợp phần này tương thích với ống isopipe ziricon: độ nhớt mà tại đó thủy tinh phá vỡ ống isopipe ziricon để tạo ra các khuyết tật ziricon là nhỏ hơn 35 kPa. Các hợp phần thủy tinh được chọn nằm trong khoảng các hợp phần được mô tả ở đây có thể có độ nhớt phân hóa ziricon là lớn hơn 35 kPa. Trong các trường hợp này, ống isopipe nhôm oxit có thể được sử dụng để nung chảy tạo ra các vật phẩm gốc thủy tinh này.

Vật phẩm gốc thủy tinh được mô tả ở đây có thể được tạo ra từ hợp phần thủy tinh thích hợp bất kỳ. Theo các phương án, vật phẩm gốc thủy tinh có thể được tạo ra từ hợp phần thủy tinh nhôm silicat kiềm. Theo các phương án, vật phẩm gốc thủy tinh chứa hoặc chủ yếu chứa SiO_2 với lượng lớn hơn hoặc bằng 58% mol, P_2O_5 với lượng từ lớn hơn hoặc bằng 0,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 3% mol, Al_2O_3 , Na_2O , và Li_2O với lượng lớn hơn hoặc bằng 11% mol. Theo các phương án, vật phẩm gốc thủy tinh

chứa hoặc chủ yếu chứa SiO_2 với lượng từ lớn hơn hoặc bằng 58% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 65% mol; Al_2O_3 với lượng từ lớn hơn hoặc bằng 11% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 20% mol; P_2O_5 với lượng từ lớn hơn hoặc bằng 0,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 3% mol; Na_2O với lượng từ lớn hơn hoặc bằng 6% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 18% mol; Li_2O với lượng từ lớn hơn hoặc bằng 0,1% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 10% mol; MgO với lượng từ lớn hơn hoặc bằng 0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 6% mol; và ZnO với lượng từ lớn hơn hoặc bằng 0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 6% mol. Theo các phương án, thủy tinh gồm hoặc chủ yếu gồm SiO_2 với lượng từ lớn hơn hoặc bằng 63% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 65% mol; Al_2O_3 với lượng từ lớn hơn hoặc bằng 11% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 19% mol; P_2O_5 với lượng từ lớn hơn hoặc bằng 1% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 3% mol; Na_2O với lượng từ lớn hơn hoặc bằng 9% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 20% mol; Li_2O với lượng từ lớn hơn hoặc bằng 2% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 10% mol; MgO với lượng từ lớn hơn hoặc bằng 0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 6% mol; và ZnO với lượng từ lớn hơn hoặc bằng 0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 6% mol.

Theo một hoặc nhiều phương án, vật phẩm gốc thủy tinh có thể được tạo ra từ hợp phần bao gồm tỷ lệ R_2O (mol%)/ Al_2O_3 (mol%) nhỏ hơn hoặc bằng 2, như nhỏ hơn hoặc bằng 1,8, nhỏ hơn hoặc bằng 1,6, nhỏ hơn hoặc bằng 1,5, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 1,4. Như được sử dụng ở đây, $\text{R}_2\text{O} = \text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$. Theo một hoặc nhiều phương án, vật phẩm gốc thủy tinh có thể được tạo ra từ hợp phần thủy tinh trong đó, tổng lượng của SiO_2 và P_2O_5 là lớn hơn 65% mol và nhỏ hơn 67% mol (tức là, $65\% \text{ mol} < \text{SiO}_2 (\text{mol}\%) + \text{P}_2\text{O}_5 (\text{mol}\%) < 67\% \text{ mol}$). Theo một hoặc nhiều phương án, vật phẩm gốc thủy tinh có thể được tạo ra từ hợp phần trong đó $\text{R}_2\text{O} (\text{mol}\%) + \text{R}'\text{O} (\text{mol}\%) - \text{Al}_2\text{O}_3 (\text{mol}\%) + \text{P}_2\text{O}_5 (\text{mol}\%)$ là lớn hơn hoặc bằng -3% mol (tức là, $\text{R}_2\text{O} (\text{mol}\%) + \text{R}'\text{O} (\text{mol}\%) - \text{Al}_2\text{O}_3 (\text{mol}\%) + \text{P}_2\text{O}_5 (\text{mol}\%) > -3\% \text{ mol}$). Như được sử dụng ở đây, $\text{R}'\text{O}$ là tổng lượng của các kim loại oxit hóa trị hai có mặt trong hợp phần. Theo một hoặc nhiều phương án, vật phẩm gốc thủy tinh có thể được tạo ra từ hợp phần trong đó $\text{R}_2\text{O} (\text{mol}\%) + \text{R}'\text{O} (\text{mol}\%) - \text{Al}_2\text{O}_3 (\text{mol}\%) + \text{P}_2\text{O}_5 (\text{mol}\%)$ là lớn hơn hoặc bằng -2,5% mol, như lớn hơn hoặc bằng -2% mol, lớn hơn hoặc bằng -1,5% mol, lớn hơn hoặc bằng -1% mol, lớn hơn hoặc bằng -0,5% mol, lớn hơn hoặc bằng 0% mol, lớn hơn hoặc bằng 0,5% mol, lớn hơn hoặc bằng 1% mol, lớn hơn hoặc bằng

1,5% mol, lớn hơn hoặc bằng 2% mol, lớn hơn hoặc bằng 2,5% mol, lớn hơn hoặc bằng 3% mol, lớn hơn hoặc bằng 3,5% mol, lớn hơn hoặc bằng 4% mol, lớn hơn hoặc bằng 4,5% mol, lớn hơn hoặc bằng 5% mol, lớn hơn hoặc bằng 5,5% mol, lớn hơn hoặc bằng 6% mol, lớn hơn hoặc bằng 6,5% mol, lớn hơn hoặc bằng 7% mol, lớn hơn hoặc bằng 7,5% mol, lớn hơn hoặc bằng 8% mol, lớn hơn hoặc bằng 8,5% mol, lớn hơn hoặc bằng 9% mol, hoặc lớn hơn hoặc bằng 9,5% mol.

Theo một hoặc nhiều phương án, vật phẩm gốc thủy tinh có thể được tạo ra từ hợp phần bao gồm ít nhất 0,5% mol P_2O_5 , Na_2O và Li_2O . Theo một số phương án, Li_2O (mol%)/ Na_2O (mol%) trong hợp phần thủy tinh được sử dụng để tạo ra vật phẩm gốc thủy tinh có thể nhỏ hơn 1. Ngoài ra, các thủy tinh này có thể không chứa B_2O_3 và K_2O . Vật phẩm gốc thủy tinh được mô tả ở đây có thể còn chứa ZnO , MgO , và SnO_2 .

Mỗi một trong số các thành phần oxit của các vật phẩm gốc thủy tinh nhôm silicat kiềm cơ bản (hoặc không được gia cường) và được gia cường (tức là, được gia cường hóa học bằng cách trao đổi ion) được mô tả ở đây dùng để thực hiện chức năng và/hoặc có ảnh hưởng lên khả năng sản xuất và các đặc tính vật lý của thủy tinh. Ví dụ, silic oxit (SiO_2) là thủy tinh chính tạo ra oxit, và tạo thành khung mạng lưới cho thủy tinh nóng chảy. SiO_2 tinh khiết có CTE thấp và không chứa kim loại kiềm. Tuy nhiên, do có nhiệt độ nóng chảy rất cao, SiO_2 tinh khiết không thích hợp cho quy trình kéo nóng chảy. Theo một hoặc nhiều phương án, vật phẩm gốc thủy tinh có thể được tạo ra từ hợp phần bao gồm SiO_2 với lượng nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 58% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 65% mol, như từ lớn hơn hoặc bằng 59% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 64% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 60% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 63% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 61% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 62% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 63,2% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 65% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 63,3% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 65% mol, hoặc khoảng phụ bất kỳ và tất cả các khoảng phụ được tạo ra từ các điểm cuối nêu trên.

Ngoài silic oxit, vật phẩm gốc thủy tinh được mô tả ở đây có thể được tạo ra từ các hợp phần bao gồm chất tạo hình mạng Al_2O_3 để đạt được sự tạo hình thủy tinh ổn định, CTE thấp, môđun Young thấp, môđun cắt thấp và dễ thuận lợi cho việc nóng chảy và tạo hình. Giống như SiO_2 , Al_2O_3 góp phần tạo nên độ cứng cho mạng lưới

thủy tinh. Nhôm oxit có thể tồn tại trong thủy tinh ở phối trí bốn hoặc năm lần, điều này làm tăng mật độ xếp kín của mạng lưới thủy tinh và do đó làm tăng ứng suất nén do gia cường hóa học. Theo một hoặc nhiều phương án, vật phẩm gốc thủy tinh có thể được tạo ra từ hợp phần bao gồm Al_2O_3 với lượng nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 11% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 20% mol, như từ lớn hơn hoặc bằng 12% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 19% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 13% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 18% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 14% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 17% mol, hoặc từ lớn hơn hoặc bằng 15% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 16% mol, và khoảng phụ bất kỳ và tất cả các khoảng phụ được tạo ra từ các điểm cuối nêu trên.

Phospho pentoxit (P_2O_5) là chất tạo hình mạng mà có thể được đưa vào các hợp phần sử dụng để tạo ra vật phẩm gốc thủy tinh được mô tả ở đây. P_2O_5 có cấu trúc gần như tứ diện trong mạng lưới thủy tinh; có nghĩa là, nó được phối trí với bốn nguyên tử oxy, nhưng chỉ có ba nguyên tử trong số các nguyên tử đó được liên kết với phần còn lại của mạng lưới. Nguyên tử oxy thứ tư là oxy cuối được liên kết hai mặt với cation phospho. Việc đưa P_2O_5 vào mạng lưới thủy tinh có tác dụng lớn trong việc làm giảm môđun Young và môđun đàn hồi ngang. Việc đưa P_2O_5 vào mạng lưới thủy tinh cũng làm giảm CTE nhiệt độ cao, làm tăng tốc độ tỏa rộng và hòa lẫn khi trao đổi ion, và cải tiến tính tương hợp của thủy tinh với các vật liệu chịu nhiệt zircon. Theo một hoặc nhiều phương án, vật phẩm gốc thủy tinh có thể được tạo ra từ hợp phần bao gồm P_2O_5 với lượng nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 0,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 5% mol, như từ lớn hơn hoặc bằng 0,6% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 5% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 0,8% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 5% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 1% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 5% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 1,2% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 5% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 1,4% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 5% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 1,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 5% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 1,6% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 5% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 1,8% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 5% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 2% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 5% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 0,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 3% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 0,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 2,8% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 0,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 2,6% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 0,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 2,5% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 0,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 2,4% mol, từ lớn

hơn hoặc bằng 0,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 2,2% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 0,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 2% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 2,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 5% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 2,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 4% mol, hoặc từ lớn hơn hoặc bằng 2,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 3% mol, và khoảng phụ bất kỳ và tất cả các khoảng phụ được tạo ra từ các điểm cuối nêu trên.

Vật phẩm gốc thủy tinh được mô tả ở đây có thể được tạo ra từ hợp phần mà về cơ bản không chứa hoặc chứa B_2O_3 , vì sự có mặt của nó có tác động xấu đến ứng suất nén khi thủy tinh được gia cường bằng cách trao đổi ion. Theo một số phương án, vật phẩm gốc thủy tinh có thể được tạo ra từ hợp phần bao gồm B_2O_3 với lượng từ lớn hơn hoặc bằng 0,1% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 10% mol; như từ lớn hơn hoặc bằng 0,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 9% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 1% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 8% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 2% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 7% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 3% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 6% mol, hoặc từ lớn hơn hoặc bằng 4% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 5% mol, và khoảng phụ bất kỳ và tất cả các khoảng phụ được tạo ra từ các điểm cuối nêu trên.

Oxit kiềm Na_2O được sử dụng để đạt được việc gia cường hóa học các vật phẩm gốc thủy tinh được mô tả ở đây bằng cách trao đổi ion. Vật phẩm gốc thủy tinh được mô tả ở đây có thể được tạo ra từ hợp phần bao gồm Na_2O , chất này tạo ra cation Na^+ để được trao đổi ion với các cation kali có mặt trong bể muối chứa, ví dụ, KNO_3 . Theo một số phương án, vật phẩm gốc thủy tinh được mô tả ở đây có thể được tạo ra từ hợp phần bao gồm Na_2O với lượng nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 4% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 20% mol, như từ lớn hơn hoặc bằng 4,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 19,5% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 19% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 5,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 18,5% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 6% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 18% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 6,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 17,5% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 7% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 17% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 7,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 16,5% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 8% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 16% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 8,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 15,5% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 9% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 15% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 9,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 14,5% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 10% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 14% mol, từ lớn hơn hoặc

bằng 10,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 13,5% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 11% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 13% mol, hoặc từ lớn hơn hoặc bằng 11,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 12,5% mol, và khoảng phụ bất kỳ và tất cả các khoảng phụ được tạo ra từ các điểm cuối nêu trên.

Vật phẩm gốc thủy tinh được mô tả ở đây được tạo ra từ các hợp phần chứa Li_2O . Theo một số phương án, vật phẩm gốc thủy tinh có thể được tạo ra từ hợp phần bao gồm Li_2O với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 13% mol, như nhỏ hơn hoặc bằng 10% mol. Theo một số phương án, vật phẩm gốc thủy tinh được tạo ra từ hợp phần bao gồm Li_2O với lượng nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 0,1% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 10% mol, như từ lớn hơn hoặc bằng 0,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 9,5% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 1% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 9% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 1,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 8,5% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 2% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 8% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 2,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 7,5% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 3% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 7% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 3,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 6,5% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 4% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 6% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 4,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 5,5% mol, hoặc từ lớn hơn hoặc bằng 4% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 8% mol, và khoảng phụ bất kỳ và tất cả các khoảng phụ được tạo ra từ các điểm cuối nêu trên.

Sự có mặt của kali oxit trong thủy tinh có tác động xấu đến khả năng đạt được các mức ứng suất nén bề mặt cao trong thủy tinh qua quá trình trao đổi ion. Vật phẩm gốc thủy tinh được mô tả ở đây, khi ban đầu được tạo ra trước khi trao đổi ion, có thể về cơ bản không chứa hoặc chứa K_2O . Theo các phương án, vật phẩm gốc thủy tinh có thể được tạo ra từ hợp phần bao gồm K_2O .

Theo một số phương án, vật phẩm gốc thủy tinh được mô tả ở đây có thể được tạo ra từ hợp phần bao gồm ZnO với lượng từ lớn hơn hoặc bằng 0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 6% mol, như từ lớn hơn hoặc bằng 0,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 5,5% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 1% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 5% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 1,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 4,5% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 2% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 4% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 2,5% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 3,5% mol, từ lớn hơn hoặc bằng 0,1% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 6% mol, từ lớn hơn

hoặc bằng 0,1% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 3% mol, và khoảng phụ bất kỳ và tất cả các khoảng phụ được tạo ra từ các điểm cuối nêu trên. Oxit hóa trị hai ZnO cải thiện tập tính nóng chảy của thủy tinh bằng cách làm giảm nhiệt độ tại độ nhớt 200 poa (nhiệt độ 200P).

Các oxit kiềm thổ như MgO và CaO, cũng có thể được bao gồm trong hợp phần được sử dụng để tạo ra vật phẩm gốc thủy tinh để đạt được sự tác động tương tự lên nhiệt độ 200P. Theo các phương án, vật phẩm gốc thủy tinh được mô tả ở đây có thể được tạo ra từ hợp phần bao gồm MgO với lượng từ lớn hơn hoặc bằng 0% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 6% mol, như lớn hơn hoặc bằng 0,02% mol đến nhỏ hơn hoặc bằng 6% mol. Các oxit kiềm thổ khác, như SrO và BaO, có thể cũng được bao gồm trong các hợp phần được sử dụng để tạo ra vật phẩm gốc thủy tinh được mô tả ở đây.

Theo một số phương án, vật phẩm gốc thủy tinh được mô tả ở đây có thể được tạo hình bằng các quy trình kéo xuôi đã biết trong lĩnh vực, như các quy trình kéo qua khe và kéo nóng chảy.

Quy trình kéo nóng chảy là công nghệ công nghiệp đã được sử dụng để sản xuất các tấm thủy tinh mỏng trên quy mô lớn. So với các công nghệ sản xuất thủy tinh phẳng khác, như quy trình nổi hoặc quy trình kéo qua khe, quy trình kéo nóng chảy tạo ra các tấm thủy tinh mỏng có độ phẳng và chất lượng bề mặt tốt hơn. Kết quả là, quy trình kéo nóng chảy đã trở thành kỹ thuật sản xuất chiếm ưu thế trong chế tạo các nền thủy tinh mỏng dùng cho các thiết bị hiển thị tinh thể lỏng, cũng như dùng cho thủy tinh phủ trong các thiết bị điện tử cá nhân, như máy tính xách tay (kiểu notebook), thiết bị giải trí, máy tính bảng, máy tính xách tay, điện thoại di động, và thiết bị tương tự.

Quy trình kéo nóng chảy bao gồm dòng thủy tinh nóng chảy trên máng được biết là “ống isopipe,” thông thường được làm từ ziricon hoặc vật liệu chịu nhiệt khác. Thủy tinh nóng chảy chảy tràn qua đỉnh của ống isopipe từ cả hai phía, hợp giao tại đáy ống isopipe để tạo ra tấm đơn trong đó chỉ phần bên trong của tấm cuối được tiếp xúc trực tiếp với ống isopipe. Do không có bề mặt hở nào của tấm thủy tinh cuối tiếp xúc với vật liệu ống isopipe trong quá trình kéo, nên cả hai bề mặt ngoài của thủy tinh

có chất lượng tốt không bị ảnh hưởng bởi quy trình này và không yêu cầu bước hoàn thiện sau đó.

Để có thể kéo nóng chảy, thành phần thủy tinh phải có độ nhót đường pha lỏng đủ cao (tức là, độ nhót của thủy tinh nóng chảy tại nhiệt độ đường pha lỏng). Theo một số phương án, các hợp phần được sử dụng để tạo ra vật phẩm gốc thủy tinh được mô tả ở đây có độ nhót đường pha lỏng ít nhất khoảng 200 kilopoa (kP) và theo các phương án khác, ít nhất khoảng 600 kP.

Sau khi vật phẩm gốc thủy tinh được tạo ra, vật phẩm này được gia cường hóa học. Việc trao đổi ion được sử dụng rộng rãi để gia cường hóa học cho thủy tinh. Trong một ví dụ cụ thể, các cation kiềm trong nguồn các cation này (ví dụ, bể muối nóng chảy) được trao đổi với các cation kiềm nhỏ hơn trong vật phẩm gốc thủy tinh để thu được lớp mà lớp này chịu ứng suất nén gần bề mặt của vật phẩm gốc thủy tinh. Lớp nén kéo dài từ bề mặt tới độ sâu nén (DOC) bên trong vật phẩm gốc thủy tinh. Trong vật phẩm gốc thủy tinh được mô tả ở đây, ví dụ, các ion kali từ nguồn cation được trao đổi cho các ion natri và lithi trong vật phẩm gốc thủy tinh trong quá trình trao đổi ion bằng cách ngâm vật phẩm gốc thủy tinh trong bể muối nóng chảy chứa muối kali, như nhưng không bị giới hạn ở, kali nitrat (KNO_3). Các muối kali khác mà có thể được sử dụng trong quá trình trao đổi ion bao gồm, nhưng không bị giới hạn ở, kali clorua (KCl), kali sulfat (K_2SO_4), và hỗn hợp của chúng. Các bể trao đổi ion được mô tả ở đây có thể chứa các ion kiềm khác kali và các muối tương ứng. Ví dụ, bể trao đổi ion có thể cũng chứa muối natri như natri nitrat (NaNO_3), natri sulfat, natri clorua, và hỗn hợp của chúng. Theo một hoặc nhiều phương án, hỗn hợp của hai muối khác nhau có thể được sử dụng. Ví dụ, vật phẩm gốc thủy tinh có thể được ngâm trong bể muối chứa KNO_3 và NaNO_3 . Theo một số phương án, nhiều hơn một bể có thể được sử dụng với việc nhúng thủy tinh trong một bể, tiếp đến là nhúng trong bể khác kế tiếp. Các bể có thể có thành phần, nhiệt độ, và/hoặc thời gian ngâm giống nhau hoặc khác nhau.

Theo các phương án, vật phẩm gốc thủy tinh được gia cường trong quá trình trao đổi ion hai bước sử dụng bể trao đổi ion thứ nhất và bể trao đổi ion thứ hai. Bể trao đổi ion thứ nhất có thể chứa hỗn hợp muối thích hợp bất kỳ. Ví dụ, bể trao đổi ion

thứ nhất có thể chứa hỗn hợp của NaNO_3 và KNO_3 . Theo các phương án, bể trao đổi ion thứ nhất có thể chứa NaNO_3 với lượng nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 15% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 40% khối lượng, như từ lớn hơn hoặc bằng 20% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 35% khối lượng, hoặc từ lớn hơn hoặc bằng 25% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 30% khối lượng, và khoảng bất kỳ và tất cả các khoảng phụ được tạo ra từ các điểm cuối nêu trên. Theo các phương án, bể trao đổi ion thứ nhất có thể chứa KNO_3 với lượng nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 60% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 85% khối lượng, như từ lớn hơn hoặc bằng 65% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 80% khối lượng, hoặc từ lớn hơn hoặc bằng 70% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 75% khối lượng, và khoảng bất kỳ và tất cả các khoảng phụ được tạo ra từ các điểm cuối nêu trên.

Quá trình trao đổi ion trong bể trao đổi ion thứ nhất có thể được thực hiện trong khoảng thời gian thích hợp bất kỳ. Theo các phương án, quá trình trao đổi ion trong bể trao đổi ion thứ nhất được thực hiện trong thời gian nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 30 phút đến nhỏ hơn hoặc bằng 120 phút, như từ lớn hơn hoặc bằng 40 phút đến nhỏ hơn hoặc bằng 110 phút, từ lớn hơn hoặc bằng 50 phút đến nhỏ hơn hoặc bằng 100 phút, từ lớn hơn hoặc bằng 60 phút đến nhỏ hơn hoặc bằng 90 phút, hoặc từ lớn hơn hoặc bằng 70 phút đến nhỏ hơn hoặc bằng 80 phút, và khoảng phụ bất kỳ và tất cả các khoảng phụ được tạo ra từ các điểm cuối nêu trên.

Quá trình trao đổi ion trong bể trao đổi ion thứ nhất có thể được thực hiện ở nhiệt độ thích hợp bất kỳ. Theo các phương án, quá trình trao đổi ion trong bể trao đổi ion thứ nhất được thực hiện ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 350°C đến nhỏ hơn hoặc bằng 420°C , như từ lớn hơn hoặc bằng 360°C đến nhỏ hơn hoặc bằng 410°C , từ lớn hơn hoặc bằng 370°C đến nhỏ hơn hoặc bằng 400°C , hoặc từ lớn hơn hoặc bằng 380°C đến nhỏ hơn hoặc bằng 390°C , và khoảng phụ bất kỳ và tất cả các khoảng phụ được tạo ra từ các điểm cuối nêu trên.

Bể trao đổi ion thứ hai có thể chứa hỗn hợp muối thích hợp bất kỳ. Ví dụ, bể trao đổi ion thứ hai có thể chứa hỗn hợp của NaNO_3 và KNO_3 . Theo các phương án, bể trao đổi ion thứ hai có thể chứa NaNO_3 với lượng nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 3% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 15% khối lượng, như từ lớn hơn hoặc

bằng 4% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 10% khối lượng, hoặc từ lớn hơn hoặc bằng 5% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 9% khối lượng, và khoảng bất kỳ và tất cả các khoảng phụ được tạo ra từ các điểm cuối nêu trên. Theo các phương án, bể trao đổi ion thứ hai có thể chứa KNO_3 với lượng nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 85% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 97% khối lượng, như từ lớn hơn hoặc bằng 90% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 95% khối lượng, hoặc từ lớn hơn hoặc bằng 91% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 94% khối lượng, và khoảng bất kỳ và tất cả các khoảng phụ được tạo ra từ các điểm cuối nêu trên.

Quá trình trao đổi ion trong bể trao đổi ion thứ hai có thể được thực hiện trong khoảng thời gian thích hợp bất kỳ. Theo các phương án, quá trình trao đổi ion trong bể trao đổi ion thứ hai được thực hiện trong thời gian nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 10 phút đến nhỏ hơn hoặc bằng 30 phút, như từ lớn hơn hoặc bằng 12 phút đến nhỏ hơn hoặc bằng 28 phút, từ lớn hơn hoặc bằng 14 phút đến nhỏ hơn hoặc bằng 26 phút, từ lớn hơn hoặc bằng 16 phút đến nhỏ hơn hoặc bằng 24 phút, từ lớn hơn hoặc bằng 18 phút đến nhỏ hơn hoặc bằng 22 phút, hoặc bằng 20 phút, và khoảng phụ bất kỳ và tất cả các khoảng phụ được tạo ra từ các điểm cuối nêu trên.

Quá trình trao đổi ion trong bể trao đổi ion thứ hai có thể được thực hiện ở nhiệt độ thích hợp bất kỳ. Theo các phương án, quá trình trao đổi ion trong bể trao đổi ion thứ hai được thực hiện ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 350°C đến nhỏ hơn hoặc bằng 420°C , như từ lớn hơn hoặc bằng 360°C đến nhỏ hơn hoặc bằng 410°C , từ lớn hơn hoặc bằng 370°C đến nhỏ hơn hoặc bằng 400°C , hoặc từ lớn hơn hoặc bằng 380°C đến nhỏ hơn hoặc bằng 390°C , và khoảng phụ bất kỳ và tất cả các khoảng phụ được tạo ra từ các điểm cuối nêu trên.

Trong khi phương án được thể hiện trên Fig. 1 mô tả vật phẩm gốc thủy tinh gia cường 100 là tấm hoặc phiến phẳng, vật phẩm gốc thủy tinh có thể có các cấu hình khác, như các hình dạng ba chiều hoặc cấu hình không phẳng. Vật phẩm gốc thủy tinh gia cường 100 có bề mặt thứ nhất 110 và bề mặt thứ hai 112 xác định độ dày t. Theo một hoặc nhiều phương án, (như phương án được thể hiện trên FIG. 1) vật phẩm gốc thủy tinh gia cường là tấm gồm có bề mặt thứ nhất 110 và đối diện bề mặt thứ hai 112 xác định độ dày t. Vật phẩm gốc thủy tinh gia cường 100 có lớp nén thứ nhất 120 kéo

dài từ bề mặt thứ nhất 110 tới độ sâu lớp d_1 vào trong khối vật phẩm gốc thủy tinh 100. Theo phương án được thể hiện trên Fig. 1, vật phẩm gốc thủy tinh gia cường 100 cũng có lớp nén thứ hai 122 kéo dài từ bề mặt thứ hai 112 tới độ sâu lớp thứ hai d_2 . Vật phẩm gốc thủy tinh cũng có vùng trung tâm 330 kéo dài từ d_1 đến d_2 . Vùng trung tâm 130 chịu ứng suất kéo hoặc ứng suất kéo trung tâm (CT), làm cân bằng hoặc làm mất tác dụng các ứng suất nén của các lớp 120 và 122. Độ sâu d_1 , d_2 của các lớp nén thứ nhất và thứ hai 120, 122 bảo vệ vật phẩm gốc thủy tinh gia cường 100 không bị lan truyền các vết rạn nứt được đưa vào bởi sự va chạm mạnh với các bề mặt thứ nhất và thứ hai 110, 112 của vật phẩm gốc thủy tinh gia cường 100, trong khi ứng suất nén làm giảm thiểu đến mức thấp nhất khả năng vết rạn nứt xuyên qua độ sâu d_1 , d_2 của các lớp nén thứ nhất và thứ hai 120, 122. DOC d_1 và DOC d_2 có thể bằng nhau hoặc khác nhau. Theo một số phương án, ít nhất một phần của vùng trung tâm (ví dụ, phần kéo dài từ DOC đến độ sâu bằng 0,5 lần độ dày của vật phẩm này) có thể không chứa K_2O (như được xác định ở đây).

DOC có thể được mô tả là một phần của độ dày t của vật phẩm gốc thủy tinh. Ví dụ, theo một hoặc nhiều phương án, DOC có thể lớn hơn hoặc bằng 0,1 t , như lớn hơn hoặc bằng 0,11 t , lớn hơn hoặc bằng 0,12 t , lớn hơn hoặc bằng 0,13 t , lớn hơn hoặc bằng 0,14 t , lớn hơn hoặc bằng 0,15 t , lớn hơn hoặc bằng 0,16 t , lớn hơn hoặc bằng 0,17 t , lớn hơn hoặc bằng 0,18 t , lớn hơn hoặc bằng 0,19 t , lớn hơn hoặc bằng 0,2 t , hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,21 t . Theo một số phương án, DOC có thể nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 0,08 t đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,25 t , như từ lớn hơn hoặc bằng 0,09 t đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,24 t , từ lớn hơn hoặc bằng 0,10 t đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,23 t , từ lớn hơn hoặc bằng 0,11 t đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,22 t , từ lớn hơn hoặc bằng 0,12 t đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,21 t , từ lớn hơn hoặc bằng 0,13 t đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,20 t , từ lớn hơn hoặc bằng 0,14 t đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,19 t , từ lớn hơn hoặc bằng 0,15 t đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,18 t , từ lớn hơn hoặc bằng 0,16 t đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,19 t , và khoảng phụ bất kỳ và tất cả các khoảng phụ được tạo ra từ các điểm cuối nêu trên. Theo một số phương án, DOC có thể nhỏ hơn hoặc bằng 20 μm . Theo một hoặc nhiều phương án, DOC có thể lớn hơn hoặc bằng 40 μm , như từ lớn hơn hoặc bằng 40 μm đến nhỏ hơn hoặc bằng 300 μm , từ lớn hơn hoặc bằng 50 μm đến nhỏ hơn hoặc bằng 280 μm , từ lớn hơn hoặc bằng 60 μm đến nhỏ hơn hoặc bằng 260 μm , từ lớn hơn

hoặc bằng 70 μm đến nhỏ hơn hoặc bằng 240 μm , từ lớn hơn hoặc bằng 80 μm đến nhỏ hơn hoặc bằng 220 μm , từ lớn hơn hoặc bằng 90 μm đến nhỏ hơn hoặc bằng 200 μm , từ lớn hơn hoặc bằng 100 μm đến nhỏ hơn hoặc bằng 190 μm , từ lớn hơn hoặc bằng 110 μm đến nhỏ hơn hoặc bằng 180 μm , từ lớn hơn hoặc bằng 120 μm đến nhỏ hơn hoặc bằng 170 μm , từ lớn hơn hoặc bằng 140 μm đến nhỏ hơn hoặc bằng 160 μm , hoặc từ lớn hơn hoặc bằng 150 μm đến nhỏ hơn hoặc bằng 300 μm , và khoảng phụ bất kỳ và tất cả các khoảng phụ được tạo ra từ các điểm cuối nêu trên.

Theo một hoặc nhiều phương án, vật phẩm gốc thủy tinh gia cường có thể có ứng suất nén tối đa (ứng suất nén này có thể được phát hiện tại bề mặt hoặc độ sâu bên trong vật phẩm gốc thủy tinh) lớn hơn hoặc bằng 400 MPa, như lớn hơn hoặc bằng 500 MPa, lớn hơn hoặc bằng 600 MPa, lớn hơn hoặc bằng 700 MPa, lớn hơn hoặc bằng 800 MPa, lớn hơn hoặc bằng 900 MPa, lớn hơn hoặc bằng 930 MPa, lớn hơn hoặc bằng 1000 MPa, hoặc lớn hơn hoặc bằng 1050 MPa.

Theo một hoặc nhiều phương án, vật phẩm gốc thủy tinh gia cường có thể có ứng suất kéo hoặc ứng suất kéo trung tâm tối đa (CT) lớn hơn hoặc bằng 40 MPa, như lớn hơn hoặc bằng 45 MPa, lớn hơn hoặc bằng 50 MPa, lớn hơn hoặc bằng 60 MPa, lớn hơn hoặc bằng 70 MPa, lớn hơn hoặc bằng 75 MPa, lớn hơn hoặc bằng 80 MPa hoặc lớn hơn hoặc bằng 85 MPa. Theo một số phương án, ứng suất kéo hoặc ứng suất kéo trung tâm tối đa (CT) có thể nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 40 MPa đến nhỏ hơn hoặc bằng 100 MPa.

Theo một số phương án, vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion có thể chứa các ion lớn, như bạc, đồng, xesi, hoặc rubidi. Hàm lượng các ion lớn này trong vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion có thể lên tới khoảng 5% mol, như tới khoảng 3% mol. Theo một số phương án, bể tái trao đổi ion có thể chứa muối có các ion lớn, sao cho các ion lớn được tái trao đổi ion vào trong vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion ngược như một phần của quy trình tái gia công.

Theo một số phương án, vật phẩm gốc thủy tinh được mô tả ở đây tạo ra một phần của sản phẩm điện tử tiêu dùng, như điện thoại cầm tay hoặc điện thoại thông minh, máy tính xách tay, máy tính bảng, hoặc thiết bị tương tự. Hình vẽ dạng sơ đồ của sản phẩm điện tử tiêu dùng (ví dụ, điện thoại thông minh) được thể hiện trên các

FIG. 4 và 5. Thiết bị điện tử tiêu dùng 500 gồm có vỏ 502 có mặt trước 504, mặt sau 506, và các mặt bên 508; các thành phần điện tử (không được thể hiện) mà ít nhất một phần nằm bên trong hoặc hoàn toàn nằm bên trong vỏ và bao gồm ít nhất bộ phận điều khiển, bộ nhớ, và bộ phận hiển thị 510 tại hoặc liền kề với mặt trước của vỏ; và nền phủ 512 tại hoặc ở trên mặt trước của vỏ sao cho nó phủ lên bộ phận hiển thị. Theo một số phương án, nền phủ 512 và hoặc vỏ có thể bao gồm vật phẩm bất kỳ trong số các vật phẩm gốc thủy tinh gia cường được bộc lộ ở đây.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Các phương án minh họa không giới hạn dưới đây được đề cập.

Các nền gốc thủy tinh được tạo ra bằng các hợp phần sau, trên cơ sở oxit: 63,60% mol SiO_2 , 15,67% mol Al_2O_3 , 10,81% mol Na_2O , 6,24% mol Li_2O , 1,16% mol ZnO , 2,48% mol P_2O_5 , và 0,04% mol SnO_2 . Các nền gốc thủy tinh có độ dày 0,7 mm, chiều rộng 44 mm, và chiều dài 60 mm. Các nền gốc thủy tinh được gia cường hóa học trong quá trình trao đổi ion hai bước để tạo ra vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion.

Trong bước trao đổi ion thứ nhất, các nền gốc thủy tinh được ngâm trong bể muối nóng chảy ở nhiệt độ 380°C trong 3 giờ và 10 phút. Bể trao đổi ion thứ nhất chứa 75% khối lượng NaNO_3 và 25% khối lượng KNO_3 .

Trong bước trao đổi ion thứ hai, các nền gốc thủy tinh được ngâm trong bể muối nóng chảy ở nhiệt độ 380°C trong 25 phút. Bể trao đổi ion thứ nhất chứa 9% khối lượng NaNO_3 và 91% khối lượng KNO_3 .

Vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion sau đó được cho tiến hành trao đổi ion ngược. Vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion được trao đổi ion ngược trong bể muối nóng chảy ở nhiệt độ 420°C trong 2 giờ, 4 giờ, và 8 giờ. Bể trao đổi ion ngược chứa 41,5% khối lượng NaNO_3 , 8,5% khối lượng LiNO_3 , và 50% khối lượng $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. Các ví dụ có thể cũng được đề cập ở dạng “tái gia công bằng $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ”.

Đối với các ví dụ so sánh, vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion được tiến hành trao đổi ion ngược trong bể muối nóng chảy ở nhiệt độ 420°C trong 2 giờ, 4 giờ, và 8 giờ. Bể trao đổi ion ngược đối chứng chứa 83% khối lượng NaNO_3 và 17% khối

lượng LiNO_3 . Các ví dụ so sánh có thể cũng được gọi là các ví dụ “tái gia công chuẩn”.

Sự gia tăng khối lượng trung bình, nồng độ kiềm ở độ sâu 30 μm dưới bề mặt, và độ sâu mà tại đó nồng độ kali đạt tới nồng độ của nền gốc thủy tinh trước khi được trao đổi ion của các ví dụ được đo sau mỗi bước trao đổi ion. Biện dạng độ sâu của các thành phần kiềm được đo bằng cách sử dụng phương pháp phổ phát xạ quang học phóng điện chớp sáng (glow discharge optical emission spectroscopy - GDOES), như được mô tả ở đây. Các trị số đo được thể hiện trong bảng 1 dưới đây.

Bảng 1

	Ví dụ						Ví dụ so sánh					
	Sự gia tăng khối lượng trung bình (%)	Độ lệch chuẩn gia tăng khối lượng (%)	K_2O ở mức 30 μm (%) mol)	Na_2O ở mức 30 μm (%) mol)	Li_2O ở mức 30 μm (%) mol)	Độ sâu K_2O (μm)	Sự gia tăng khối lượng trung bình (%)	Độ lệch chuẩn gia tăng khối lượng (%)	K_2O ở mức 30 μm (mol%)	Na_2O ở mức 30 μm (mol%)	Li_2O ở mức 30 μm (mol%)	Độ sâu K_2O (μm)
Trước khi trao đổi ion	0	0	0	10,81	6,24	0	0	0	0	10,81	6,24	0
Trao đổi ion lần thứ nhất	0,612	0,003					0,613	0,006				
Trao đổi ion lần thứ hai	0,643	0,005	0,03	13,79	3,28	10,4	0,643	0,004	0,03	13,79	3,28	10,4
Trao đổi ion ngược 2 giờ	0,27	0,001	0,03	11,11	5,95	16,7	0,204	0,006	0,03	10,74	6,32	18
Trao đổi ion ngược 4 giờ	0,197	0,002	0,03	11,16	5,9	20,5	0,104	0,006	0,03	10,83	6,23	22,4
Trao đổi ion ngược 8 giờ	0,128	0,001	0,04	11,06	5,99	24,7	-0,044	0,006	0,05	10,37	6,68	27,3

Tỷ lệ gia tăng khối lượng đo được dưới dạng hàm của các xử lý trao đổi ion được thể hiện trên Fig. 6. Các biên dạng nồng độ Na_2O đo được dưới dạng hàm của độ sâu từ bề mặt được thể hiện trên Fig. 7. Các biên dạng nồng độ Li_2O đo được dưới dạng hàm của độ sâu từ bề mặt được thể hiện trên Fig. 8. Các biên dạng nồng độ K_2O đo được dưới dạng hàm của độ sâu từ bề mặt được thể hiện trên Fig. 9. Như được minh họa bởi các Fig. 6-9 và bảng 1, việc tái giá công theo các ví dụ $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ và các ví dụ tái gia công chuẩn thể hiện các đặc tính tương tự, cho thấy các quá trình trao đổi ion ngược được mô tả ở đây tạo ra các khả năng trao đổi ion ngược thỏa mãn.

Mặc dù các phương án điển hình đã được trình bày nhằm mục đích minh họa, nhưng phần mô tả ở trên không được xem là giới hạn đối với phạm vi mô tả hoặc các yêu cầu bảo hộ kèm theo. Do đó, các sửa đổi, điều chỉnh và các phương án khác có thể xuất hiện đối với người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực này mà không đi trệch khỏi tinh thần và phạm vi của phần mô tả hay các yêu cầu bảo hộ kèm theo.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp trao đổi ion ngược ở vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion chứa lithi bao gồm:

bước trao đổi ion ngược ở vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion chứa lithi trong môi trường trao đổi ion ngược để tạo ra vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion ngược,

trong đó, môi trường trao đổi ion ngược chứa muối lithi và muối kim loại đa hóa trị không thể trao đổi ion.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó muối lithi là lithi nitrat.

3. Phương pháp theo điểm 1 hoặc 2, trong đó muối kim loại đa hóa trị không thể trao đổi ion gồm ít nhất một trong số nitrat, sulfat, và clorua.

4. Phương pháp theo điểm 1 hoặc 2, trong đó muối kim loại đa hóa trị không thể trao đổi ion gồm ít nhất một trong số canxi nitrat, magie nitrat, và stronti nitrat.

5. Phương pháp theo điểm 1 hoặc 2, trong đó môi trường trao đổi ion ngược chứa muối kim loại đa hóa trị không thể trao đổi ion với lượng lớn hơn hoặc bằng 5% khối lượng.

6. Phương pháp theo điểm 1 hoặc 2, trong đó môi trường trao đổi ion ngược chứa muối kim loại đa hóa trị không thể trao đổi ion với lượng lớn hơn hoặc bằng 50% khối lượng.

7. Phương pháp theo điểm 1 hoặc 2, trong đó môi trường trao đổi ion ngược chứa muối kim loại đa hóa trị không thể trao đổi ion với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 80% khối lượng.

8. Phương pháp theo điểm 1 hoặc 2, trong đó môi trường trao đổi ion ngược còn chứa thêm muối natri.

9. Phương pháp theo điểm 8, trong đó tỷ lệ của muối lithi trên muối natri trong môi trường trao đổi ion ngược nằm trong khoảng 10% của tỷ lệ của hàm lượng lithi oxit trên natri oxit ở trung tâm của vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion chứa lithi.

10. Phương pháp theo điểm 1 hoặc 2, trong đó môi trường trao đổi ion ngược là ở nhiệt độ từ lớn hơn hoặc bằng 340°C đến nhỏ hơn hoặc bằng 520°C.

11. Phương pháp theo điểm 1 hoặc 2, trong đó môi trường trao đổi ion ngược chứa kali nitrat với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 1% khối lượng.
12. Phương pháp theo điểm 1 hoặc 2, trong đó môi trường trao đổi ion ngược về cơ bản không chứa kali nitrat.
13. Phương pháp theo điểm 1 hoặc 2, trong đó quá trình trao đổi ion ngược trong môi trường trao đổi ion ngược kéo dài trong khoảng thời gian từ lớn hơn hoặc bằng 1 giờ đến nhỏ hơn hoặc bằng 48 giờ.
14. Phương pháp theo điểm 1 hoặc 2, trong đó vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion ngược chứa K_2O với lượng nằm trong khoảng 1% mol của hợp phần ở trung tâm của vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion ngược sau khi trao đổi ion ngược trong môi trường trao đổi ion ngược.
15. Phương pháp theo điểm 1 hoặc 2, còn bao gồm thêm bước trao đổi ion ở vật phẩm gốc thủy tinh trong môi trường trao đổi ion để tạo ra vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion chứa lithi.
16. Phương pháp theo điểm 15, trong đó môi trường trao đổi ion chứa:
 $NaNO_3$ với lượng từ lớn hơn hoặc bằng 15% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 40% khối lượng; và
 KNO_3 với lượng từ lớn hơn hoặc bằng 60% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 85% khối lượng.
17. Phương pháp theo điểm 15, trong đó quá trình trao đổi ion trong môi trường trao đổi ion kéo dài trong khoảng thời gian từ lớn hơn hoặc bằng 30 phút đến nhỏ hơn hoặc bằng 120 phút.
18. Phương pháp theo điểm 15, trong đó môi trường trao đổi ion là ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng $350^{\circ}C$ đến nhỏ hơn hoặc bằng $420^{\circ}C$.
19. Phương pháp theo điểm 15, còn bao gồm thêm bước trao đổi ion ở vật phẩm gốc thủy tinh được trao đổi ion chứa lithi trong môi trường trao đổi ion thứ hai.

20. Phương pháp theo điểm 19, trong đó môi trường trao đổi ion thứ hai chứa:

NaNO_3 với lượng từ lớn hơn hoặc bằng 3% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 15% khối lượng; và

KNO_3 với lượng từ lớn hơn hoặc bằng 85% khối lượng đến nhỏ hơn hoặc bằng 97% khối lượng.

21. Phương pháp theo điểm 19, trong đó môi trường trao đổi ion thứ hai là ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 350°C đến nhỏ hơn hoặc bằng 420°C .

22. Phương pháp theo điểm 19, trong đó quá trình trao đổi ion trong môi trường trao đổi ion thứ hai kéo dài trong khoảng thời gian từ lớn hơn hoặc bằng 10 phút đến nhỏ hơn hoặc bằng 30 phút.

1/8

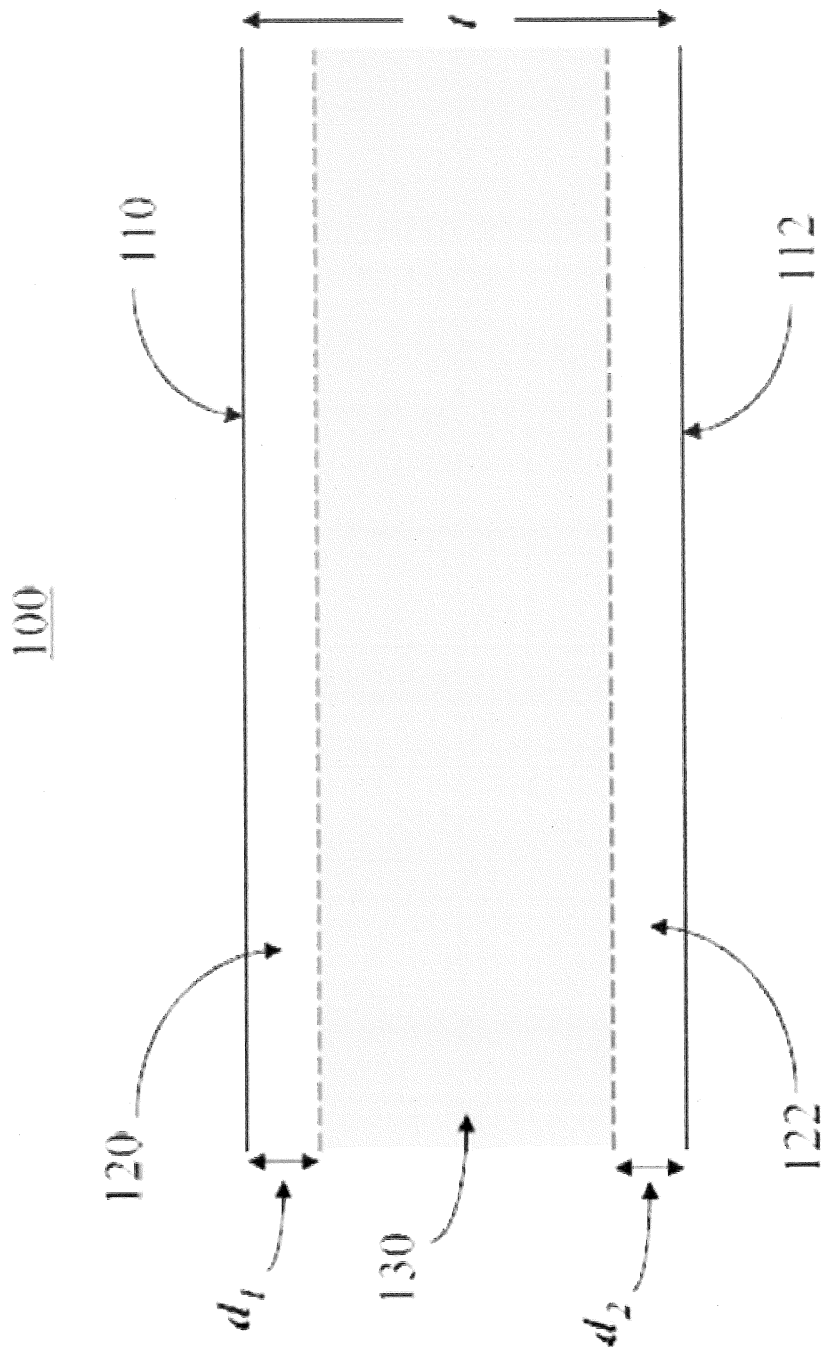


FIG. 1

2/8

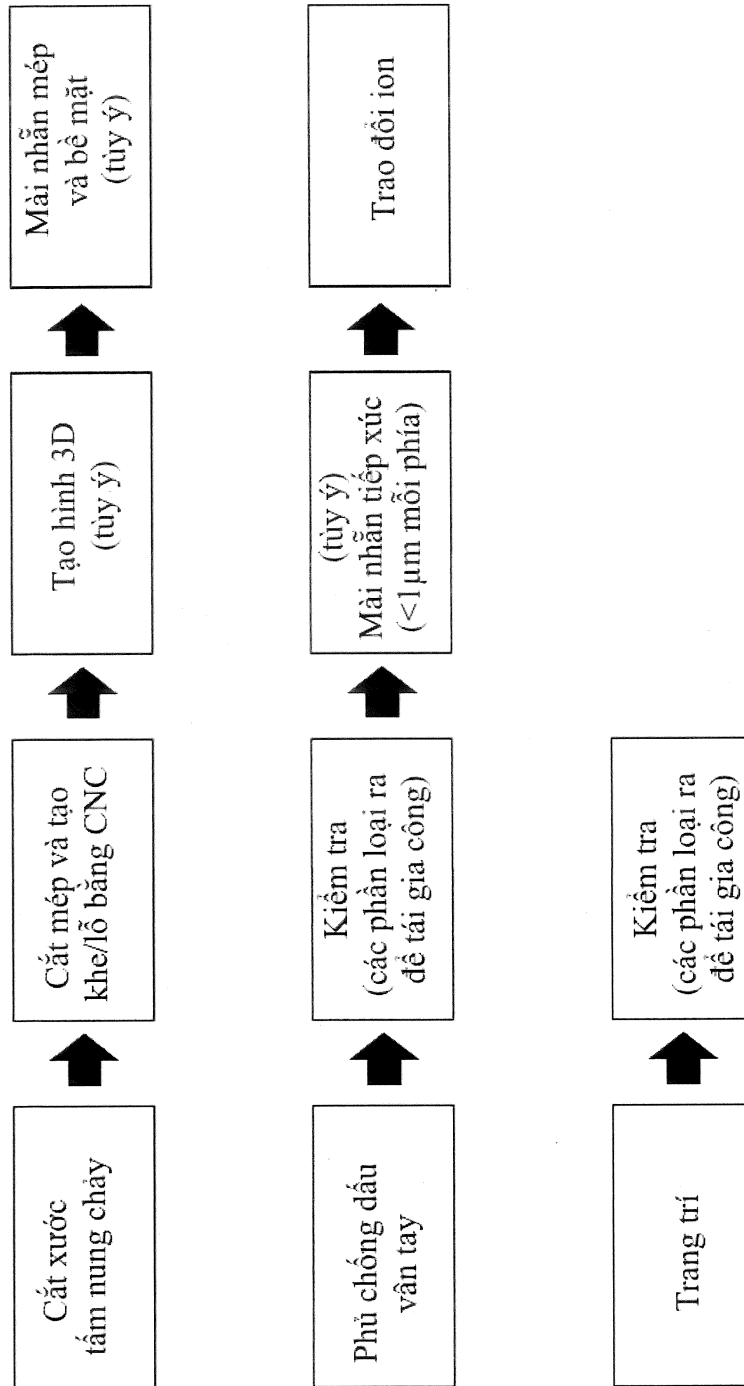


FIG. 2

3/8

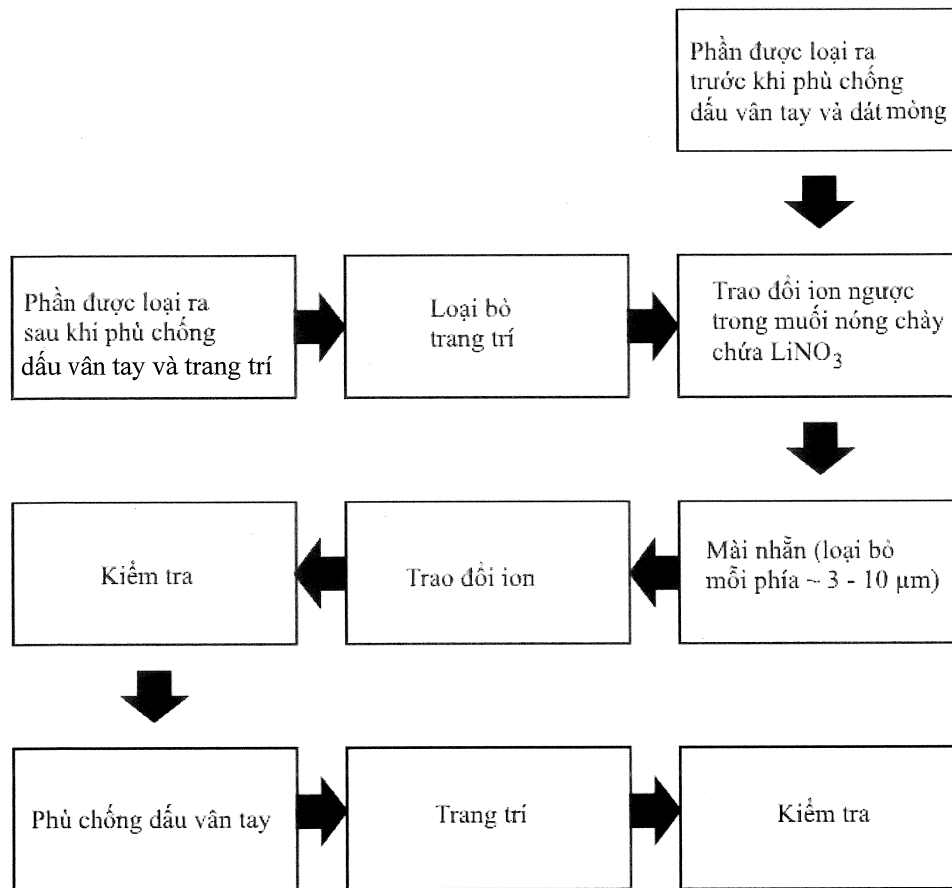


FIG. 3

4/8

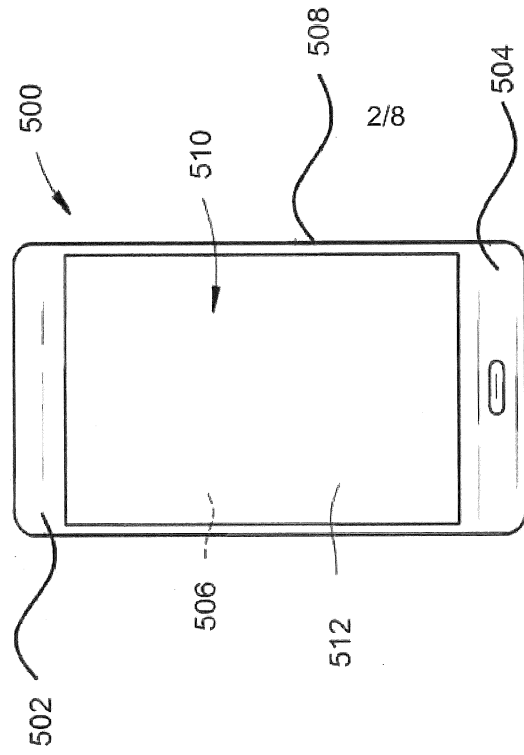


FIG. 4

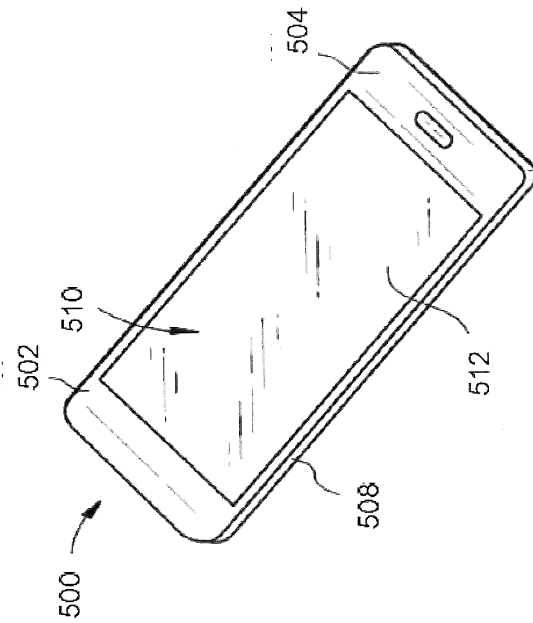


FIG. 5

5/8

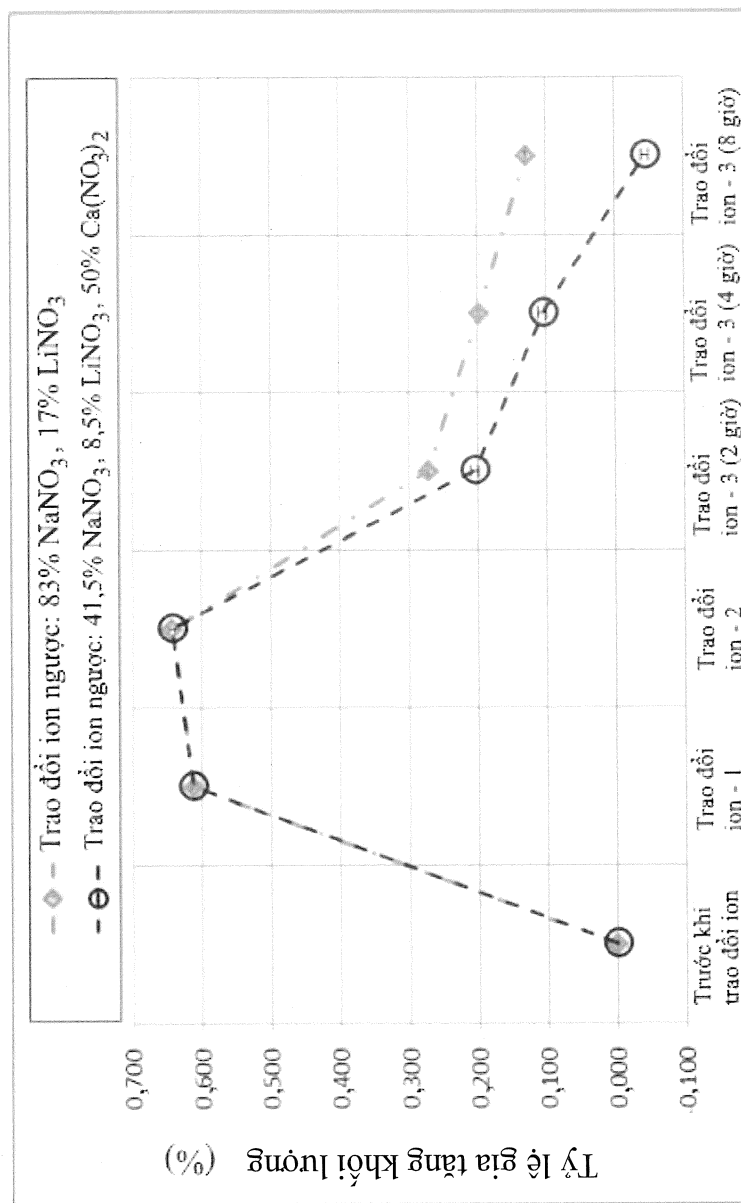


FIG. 6

6/8

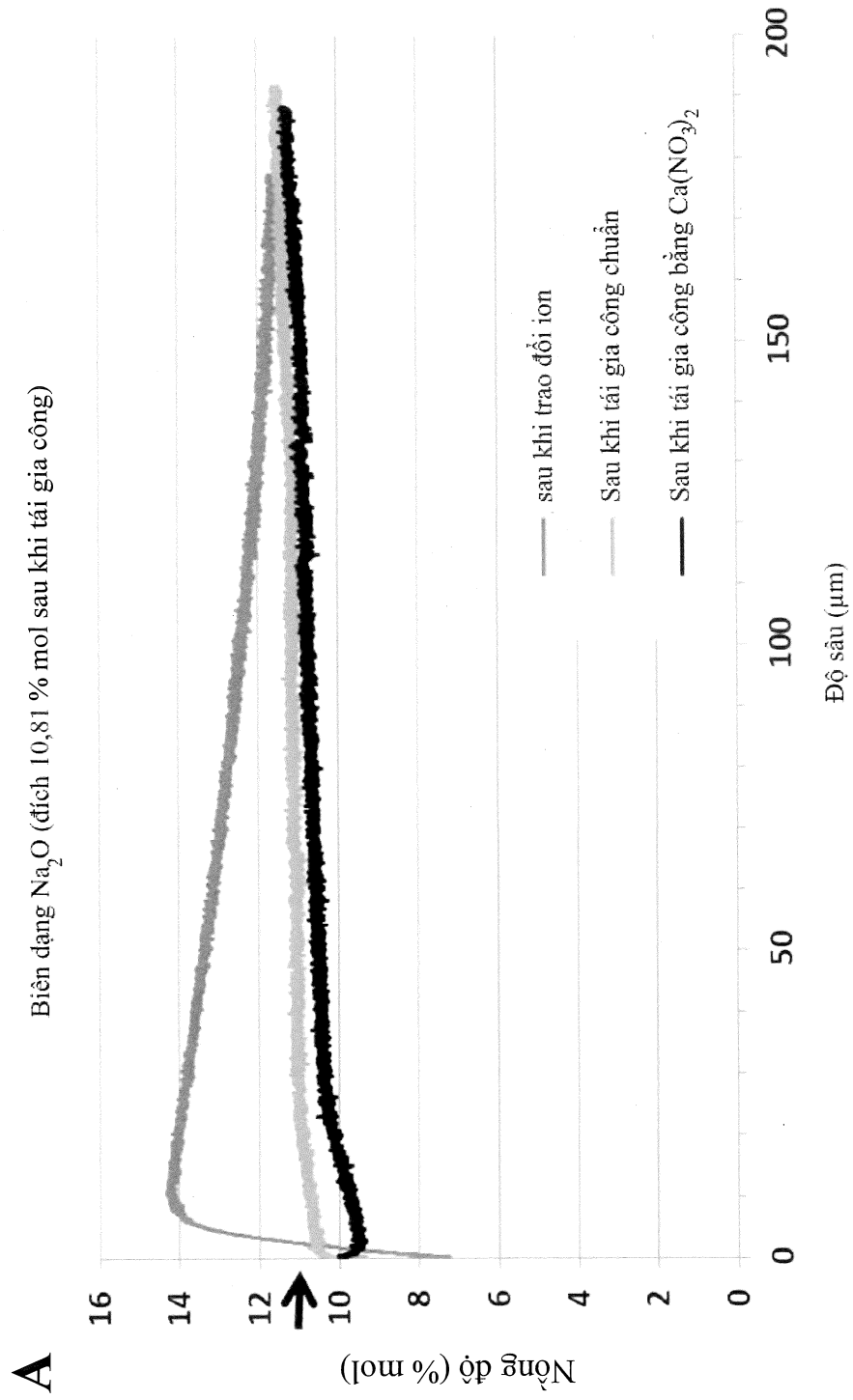


FIG. 7

7/8

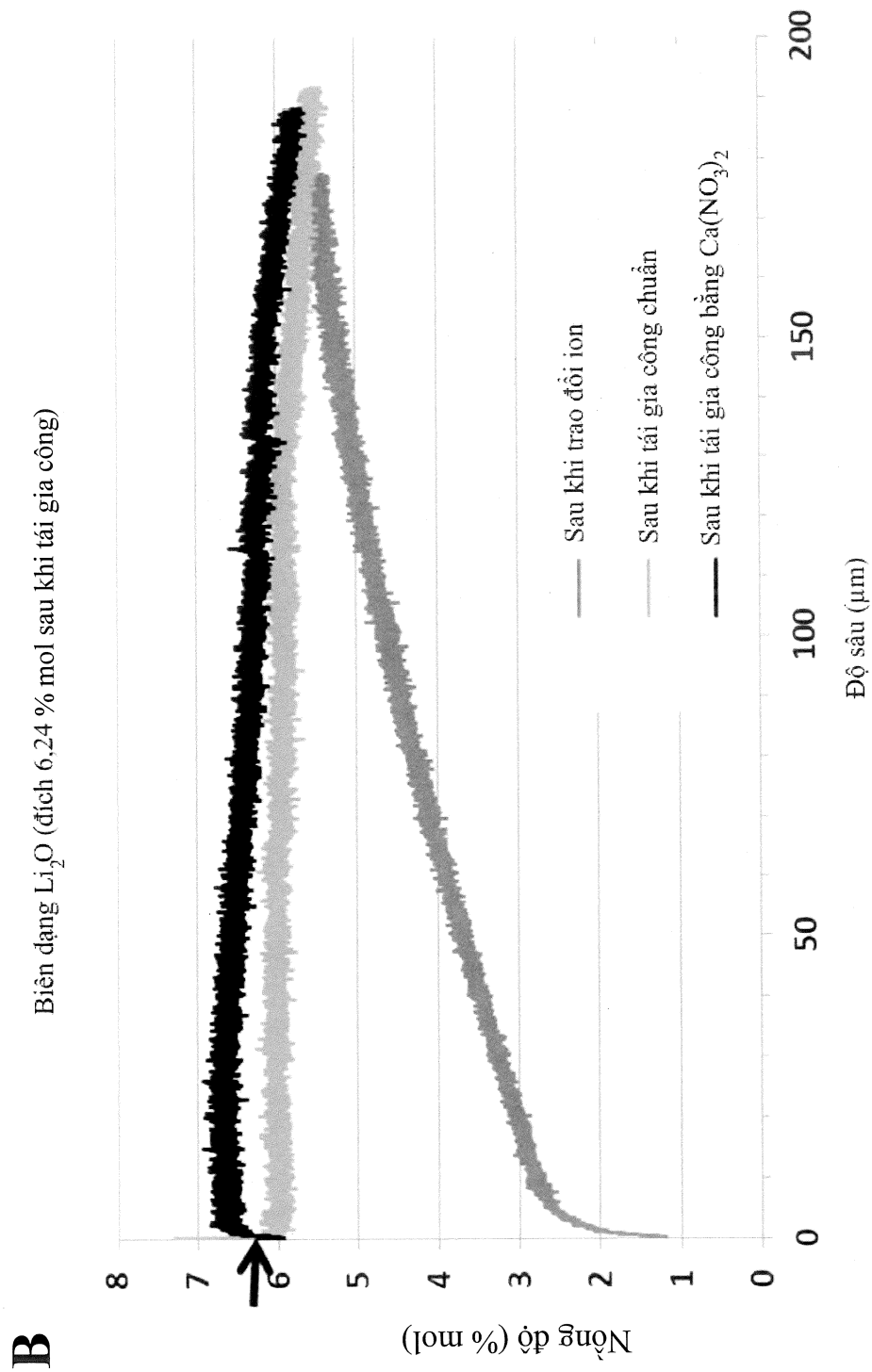


FIG. 8

8/8

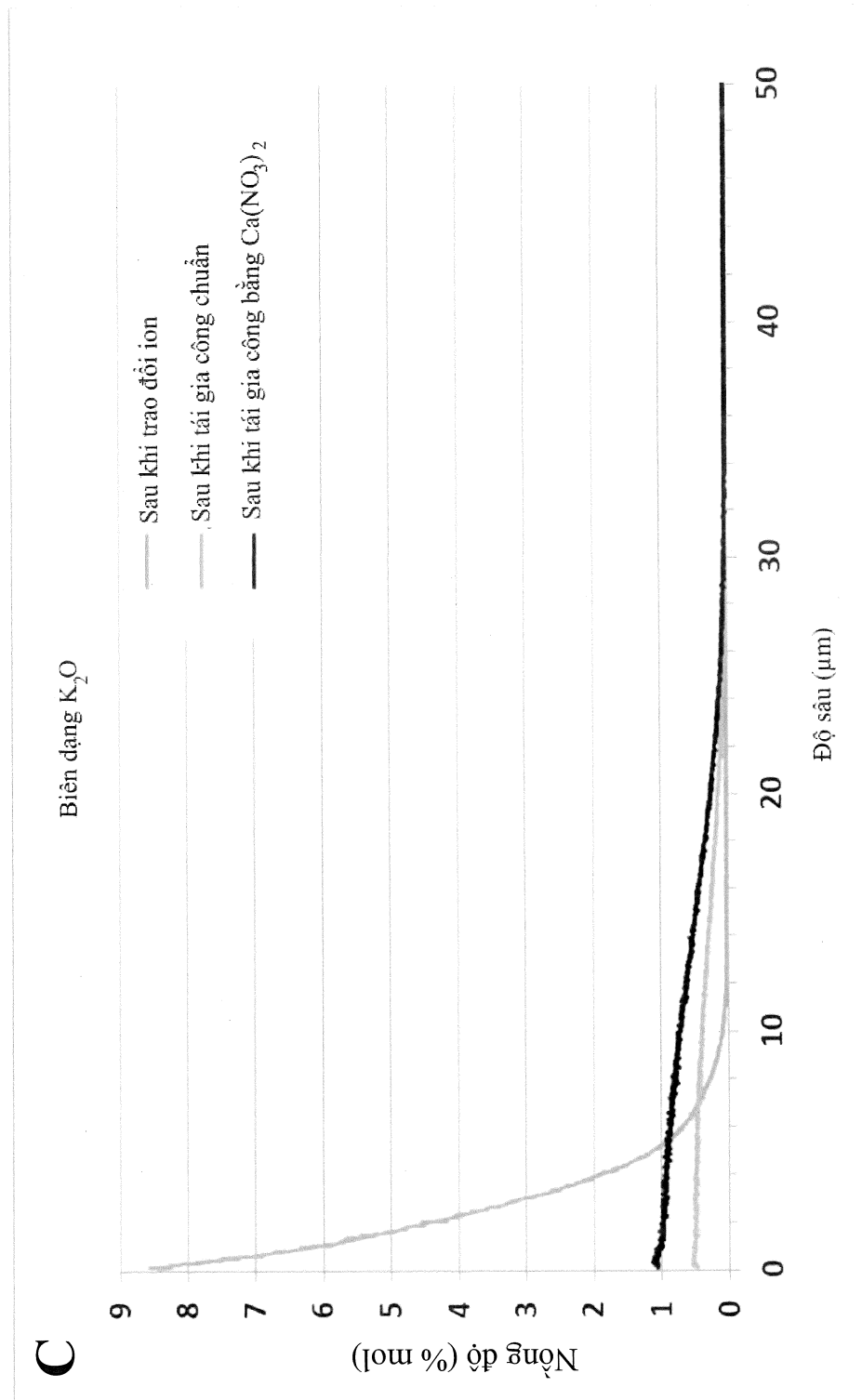


FIG. 9