



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN) (11)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ



1-0048006

(51)^{2019.01} C03C 17/42; B32B 17/06; C03C 21/00; (13) B
B32B 15/04; C03C 17/00

(21) 1-2019-05869

(22) 23/03/2018

(86) PCT/US2018/023974 23/03/2018

(87) WO 2018/183105 04/10/2018

(30) 62/477,708 28/03/2017 US

(45) 25/06/2025 447

(43) 30/01/2020 382A

(73) CORNING INCORPORATED (US)

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

(72) BELLMAN, Robert Alan (US); HART, Shandon Dee (US); KIM, Jenny (US);
KOCH, Karl William III (US); PRICE, James Joseph (US); SHENOUDA, Hannah
(US).

(74) Công ty Luật TNHH T&G (TGVN)

(54) VẬT PHẨM TRÊN CƠ SỞ THỦY TINH CÓ MÀNG CỨNG VÀ CẤU TRÚC
COMPOSIT LÀM GIẢM RẠN NÚT ĐỂ GIỮ ĐƯỢC ĐỘ BỀN CỦA VẬT PHẨM
VÀ TÍNH CHỐNG XƯỚC

(21) 1-2019-05869

(57) Sáng chế đề cập đến vật phẩm bao gồm: lớp nền trên cơ sở thủy tinh bao gồm các bề mặt chính đối diện; composit làm giảm rạn nứt trên một trong số các bề mặt chính này, composit này bao gồm phần tử vô cơ và phần tử polyme; và màng cứng được bố trí trên composit làm giảm rạn nứt có môđun đàn hồi lớn hơn hoặc bằng môđun đàn hồi của lớp nền trên cơ sở thủy tinh. Composit làm giảm rạn nứt này khác biệt ở chỗ môđun đàn hồi lớn hơn 30 GPa. Ngoài ra, màng cứng này chứa ít nhất một trong số oxit chứa kim loại, oxynitrua chứa kim loại, nitrua chứa kim loại, cacbua chứa kim loại, polyme chứa silic, cacbon, chất bán dẫn, và các tổ hợp của chúng. Sáng chế còn đề cập đến sản phẩm điện tử dân dụng bao gồm vật phẩm này.

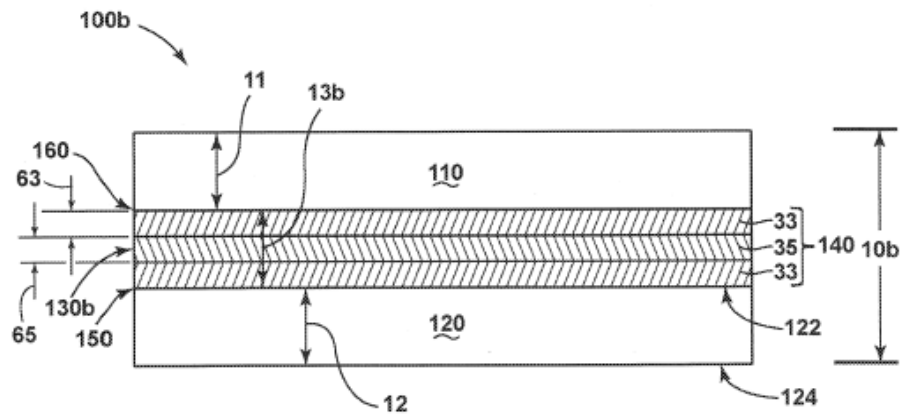


FIG. 1B

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến các vật phẩm với lớp nền trên cơ sở thủy tinh mà có màng chống xước được bố trí trên bề mặt của nó, và các ứng dụng thiết bị hiển thị của chúng.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các vật phẩm bao gồm lớp nền trên cơ sở thủy tinh, mà có thể được gia cường hoặc bền vững như được mô tả trong bản mô tả này, gần đây đã được phát hiện là sử dụng rộng rãi làm kính che bảo vệ cho màn hiển thị, đặc biệt là trong các ứng dụng màn hình cảm ứng, và có tiềm năng sử dụng chúng trong nhiều ứng dụng khác, ví dụ, cửa sổ ô tô hoặc kiến trúc, kính cho hệ thống quang điện và lớp nền trên cơ sở thủy tinh để sử dụng trong các ứng dụng thiết bị điện tử khác. Ngoài ra, các vật phẩm này thường được sử dụng trong các sản phẩm điện tử dân dụng để bảo vệ các thiết bị bên trong sản phẩm, để cung cấp giao diện người dùng để đưa vào và/hoặc hiển thị, và/hoặc nhiều chức năng khác. Các sản phẩm điện tử dân dụng này bao gồm các thiết bị di động, ví dụ, điện thoại thông minh, máy chơi nhạc mp3 và máy tính bảng.

Tính chất quang học tốt là có lợi trong nhiều vật phẩm trong số các vật phẩm này xét về mặt độ truyền sáng lớn nhất và độ phản xạ nhỏ nhất khi các vật phẩm này được sử dụng trong lớp nền che và trong một số ứng dụng lớp nền vỏ bọc. Ngoài ra, trong các ứng dụng lớp nền che, mong muốn rằng màu sắc được thể hiện hoặc được nhận thấy, trong khi phản xạ và/hoặc truyền, không thay đổi đáng kể khi góc nhìn (hoặc góc chiếu sáng tới) thay đổi. Tức là, nếu màu sắc, độ phản xạ hoặc độ truyền thay đổi theo góc nhìn đến mức độ thấy rõ được, thì người dùng của sản phẩm lắp kính che sẽ nhận thấy sự thay đổi về màu sắc hoặc độ sáng của màn hiển thị, mà có thể giảm bớt chất lượng nhận thấy được của màn hiển thị. Trong số các thay đổi này, sự thay đổi về màu sắc thường đáng chú ý và không ưa thích nhất đối với người dùng.

Trong nhiều ứng dụng trong số các ứng dụng này, có thể có lợi khi gắn màng chống xước vào lớp nền trên cơ sở thủy tinh. Các màng chống xước như vậy cũng có thể bao gồm (các) màng và/hoặc (các) lớp chức năng khác được bố trí giữa màng chống xước bên ngoài và lớp nền. Như vậy, các màng chống xước được nêu làm ví dụ có thể bao gồm một hoặc nhiều lớp hoặc màng bằng các vật liệu sau: indi-thiếc-oxit (ITO) hoặc các oxit dẫn trong suốt khác (ví dụ, kẽm oxit được pha tạp nhôm và gali và thiếc oxit được pha tạp flo), các màng cứng thuộc các loại khác nhau (ví dụ, cacbon

giống kim cương, Al_2O_3 , AlN , AlO_xN_y , Si_3N_4 , SiO_xN_y , $\text{Si}_n\text{Al}_x\text{O}_y\text{N}_z$, TiN , TiC), các lớp phản xạ IR hoặc UV, các lớp dẫn hoặc bán dẫn, các lớp điện tử, các lớp tranzito màng mỏng, hoặc màng chống phản xạ (anti-reflection - AR) (ví dụ, các cấu trúc được tạo lớp SiO_2 , Nb_2O_5 và TiO_2). Các màng chống xước này, dù độc lập hoặc nhiều lớp, được mong muốn là có độ chống xước cao và thường cứng và/hoặc có mô đun đàn hồi cao, hoặc nếu không các đặc tính chức năng khác của chúng hoặc các đặc tính chức năng khác của lớp nền bên dưới chúng (ví dụ, các đặc tính cơ học, độ bền, độ dẫn điện, và/hoặc quang học) sẽ bị giảm. Trong phần lớn các trường hợp, các màng chống xước này là màng mỏng; do đó, nói chung chúng có độ dày nằm trong khoảng từ 0,005 μm đến 10 μm (ví dụ, nằm trong khoảng từ 5 nm đến 10.000 nm).

Khi màng chống xước được gắn vào bề mặt của lớp nền trên cơ sở thủy tinh, mà có thể được gia cường hoặc được mô tả là bền vững, thì độ bền uốn trung bình của lớp nền trên cơ sở thủy tinh có thể bị giảm, ví dụ, khi được đánh giá bằng cách sử dụng thử nghiệm độ bền vòng trên vòng. Trạng thái này được đo không phụ thuộc vào ảnh hưởng của nhiệt độ (tức là, trạng thái này không bị gây ra bởi sự phục hồi đáng kể hoặc có thể đo được của ứng suất nén bề mặt trong lớp nền trên cơ sở thủy tinh được gia cường do việc làm nóng bất kỳ). Sự giảm độ bền uốn trung bình rõ ràng cũng không phụ thuộc vào sự hư hại hoặc ăn mòn bề mặt thủy tinh bất kỳ từ quá trình xử lý, và rõ ràng là thuộc tính cơ học vốn có của vật phẩm, ngay cả khi các màng mỏng, chống xước có độ dày nằm trong khoảng từ khoảng 5 nm đến khoảng 10 μm được gắn vào vật phẩm. Không bị ràng buộc bởi lý thuyết, sự giảm về độ bền uốn trung bình này được tin tưởng là có liên quan đến khả năng bám dính giữa màng chống xước với lớp nền trên cơ sở thủy tinh được gia cường hoặc bền vững, độ bền uốn trung bình cao ban đầu (hoặc độ biến dạng đến phá hỏng trung bình cao) của lớp nền trên cơ sở thủy tinh được gia cường hoặc bền vững được chọn với màng chống xước được chọn, cùng với việc tạo cầu vết nứt giữa màng này và lớp nền trên cơ sở thủy tinh.

Khi các vật phẩm sử dụng lớp nền trên cơ sở thủy tinh này được dùng trong các ứng dụng thiết bị điện tử nhất định thì, ví dụ, chúng có thể được đưa vào xử lý nhiệt độ cao bổ sung trong quá trình sản xuất. Cụ thể hơn, các vật phẩm này có thể được đưa vào xử lý nhiệt bổ sung sau khi lắng phủ màng chống xước trên lớp nền trên cơ sở thủy tinh này. Việc xử lý nhiệt độ cao bổ sung này thường là kết quả của sự phát triển chuyên dụng của các cấu trúc và các hợp phần bổ sung trên lớp nền và/hoặc màng của vật phẩm. Ngoài ra, sự lắng phủ của bản thân màng chống xước trên lớp nền có thể được thực hiện ở các nhiệt độ tương đối cao.

Xét về mặt các hiểu biết mới này, có nhu cầu ngăn ngừa màng chống xước khỏi sự giảm độ bền uốn trung bình của lớp nền trên cơ sở thủy tinh trong các vật phẩm

này. Cũng có nhu cầu đảm bảo rằng độ bền uốn trung bình của lớp nền trên cơ sở thủy tinh về căn bản được giữ, ngay cả sau khi tiếp xúc nhiệt độ cao từ quy trình lắng phủ màng chống xước và xử lý nhiệt chuyên dụng bổ sung. Ngoài ra, cũng có nhu cầu giữ các đặc tính chống xước và quang học của lớp nền và màng chống xước xét về mặt thiết kế bổ sung, cấu hình và/hoặc xử lý mặt phân giới giữa lớp nền và màng chống xước. Tức là, có nhu cầu giữ, hoặc nếu không, cân bằng, các đặc tính chống xước và quang học của vật phẩm khi đưa các đặc điểm mặt phân giới bổ sung vào nhằm mục đích giữ độ bền của vật phẩm, ví dụ, như cần thiết cho các ứng dụng cụ thể.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Theo khía cạnh thứ nhất, sáng chế đề xuất vật phẩm bao gồm lớp nền trên cơ sở thủy tinh có các bề mặt chính đối diện; composit làm giảm rạn nứt trên một trong số các bề mặt chính này, composit bao gồm phần tử vô cơ và phần tử polyme; và màng cứng được bố trí trên composit làm giảm rạn nứt, màng này có môđun đàn hồi lớn hơn hoặc bằng môđun đàn hồi của lớp nền trên cơ sở thủy tinh. Composit làm giảm rạn nứt khác biệt ở chỗ môđun đàn hồi lớn hơn khoảng 30 GPa. Ngoài ra, màng cứng chứa ít nhất một trong số oxit chứa kim loại, oxynitrua chứa kim loại, nitrua chứa kim loại, cacbua chứa kim loại, polyme chứa silic, cacbon, chất bán dẫn, và các tổ hợp của chúng.

Theo khía cạnh thứ hai, vật phẩm theo khía cạnh thứ nhất được đề xuất, trong đó vật phẩm này khác biệt ở chỗ độ bền uốn trung bình lớn hơn hoặc bằng khoảng 50% độ bền uốn trung bình của lớp nền, như được đo bằng thử nghiệm vòng trên vòng (ring-on-ring - ROR) sử dụng trung bình từ năm (5) mẫu hoặc nhiều hơn.

Theo khía cạnh thứ ba, vật phẩm theo khía cạnh 1 hoặc khía cạnh 2 được đề xuất, trong đó màng cứng còn khác biệt ở chỗ độ cứng làm lõm lớn hơn hoặc bằng khoảng 8 GPa.

Theo khía cạnh thứ tư, vật phẩm theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh 1-3 được đề xuất, trong đó phần tử vô cơ bao gồm oxit, nitrua hoặc oxynitrua, và phần tử polyme bao gồm ít nhất một trong số polyimit, polycacbonat, polyuretan, polyeste, và polyme được flo hóa.

Theo khía cạnh thứ năm, vật phẩm theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh 1-4 được đề xuất, trong đó vật phẩm này còn khác biệt ở chỗ độ truyền ánh sáng lớn hơn hoặc bằng 50% trong phổ nhìn thấy được từ khoảng 400 nm đến khoảng 800 nm.

Theo khía cạnh thứ sáu, vật phẩm theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh 1-5 được đề xuất, trong đó vật phẩm này còn khác biệt ở chỗ độ cứng bút chì là 9H hoặc lớn hơn.

Theo khía cạnh thứ bảy, vật phẩm theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh 1-6 được đề xuất, trong đó vật phẩm này còn khác biệt ở chỗ ngưỡng bong lớp là 150 mN hoặc lớn hơn, khi được thử nghiệm bằng cách sử dụng thử nghiệm làm xước dốc Berkovich (Berkovich Ramped Scratch Test) trên màng cứng.

Theo khía cạnh thứ tám, vật phẩm theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh 1-7 được đề xuất, trong đó màng cứng bao gồm lớp phủ chống phản xạ nhiều lớp, và ngoài ra trong đó composit làm giảm rạn nứt và màng cứng bao gồm chung độ phản xạ chói một mặt trung bình nhỏ hơn khoảng 2%.

Theo khía cạnh thứ chín, sáng chế đề xuất vật phẩm bao gồm lớp nền trên cơ sở thủy tinh có các bề mặt chính đối diện; composit làm giảm rạn nứt trên một trong số các bề mặt chính này, composit bao gồm phần tử vô cơ và phần tử polyme; và màng cứng được bố trí trên composit làm giảm rạn nứt, màng này có môđun đàn hồi lớn hơn hoặc bằng môđun đàn hồi của lớp nền trên cơ sở thủy tinh. Composit làm giảm rạn nứt khác biệt ở chỗ tỷ lệ môđun đàn hồi giữa phần tử vô cơ và phần tử polyme là lớn hơn 10:1. Ngoài ra, màng cứng chứa ít nhất một trong số oxit chứa kim loại, oxynitrua chứa kim loại, nitrua chứa kim loại, cacbua chứa kim loại, polyme chứa silic, cacbon, chất bán dẫn, và các tổ hợp của chúng.

Theo khía cạnh thứ mười, vật phẩm theo khía cạnh 9 được đề xuất, trong đó vật phẩm này khác biệt ở chỗ độ bền uốn trung bình lớn hơn hoặc bằng khoảng 50% độ bền uốn trung bình của lớp nền, như được đo bằng thử nghiệm ROR sử dụng trung bình từ năm (5) mẫu hoặc nhiều hơn.

Theo khía cạnh thứ mười một, vật phẩm theo khía cạnh 9 hoặc khía cạnh 10 được đề xuất, trong đó màng cứng còn khác biệt ở chỗ độ cứng làm lõm lớn hơn hoặc bằng khoảng 8 GPa.

Theo khía cạnh thứ mười hai, vật phẩm theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh 9-11 được đề xuất, trong đó phần tử vô cơ bao gồm oxit, nitrua hoặc oxynitrua, và phần tử polyme bao gồm ít nhất một trong số polyimit, polycacbonat, polyuretan, polyeste, và polyme được flo hóa.

Theo khía cạnh thứ mười ba, vật phẩm theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh 9-12 được đề xuất, trong đó vật phẩm này còn khác biệt ở chỗ độ truyền ánh sáng lớn hơn hoặc bằng 50% trong phổ nhìn thấy được từ khoảng 400 nm đến khoảng 800 nm.

Theo khía cạnh thứ mười bốn, vật phẩm theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh 9-13 được đề xuất, trong đó vật phẩm này còn khác biệt ở chỗ độ cứng bút chì là 9H hoặc lớn hơn.

Theo khía cạnh thứ mười lăm, vật phẩm theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh 9-14 được đề xuất, trong đó vật phẩm này còn khác biệt ở chỗ ngưỡng bong lớp là 150 mN hoặc lớn hơn, khi được thử nghiệm bằng cách sử dụng thử nghiệm làm xước dốc Berkovich trên màng cứng.

Theo khía cạnh thứ mười sáu, vật phẩm theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh 9-15 được đề xuất, trong đó màng cứng bao gồm lớp phủ chống phản xạ nhiều lớp, và ngoài ra trong đó composit làm giảm rạn nứt và màng cứng bao gồm chung độ phản xạ chói một mặt trung bình nhỏ hơn khoảng 2%.

Theo khía cạnh thứ mười bảy, sáng chế đề xuất vật phẩm bao gồm lớp nền trên cơ sở thủy tinh có các bề mặt chính đối diện; composit làm giảm rạn nứt trên một trong số các bề mặt chính này, composit bao gồm phần tử vô cơ và phần tử polyme; và màng cứng được bố trí trên composit làm giảm rạn nứt, màng này có môđun đàn hồi lớn hơn hoặc bằng môđun đàn hồi của lớp nền trên cơ sở thủy tinh. Lớp vô cơ bao gồm oxit, nitrua hoặc oxynitrua, và lớp polyme bao gồm ít nhất một trong số polyimit, polycarbonat, polyuretan, polyeste, và polyme được flo hóa. Ngoài ra, màng cứng chứa ít nhất một trong số oxit chứa kim loại, oxynitrua chứa kim loại, nitrua chứa kim loại, cacbua chứa kim loại, polyme chứa silic, cacbon, chất bán dẫn, và các tổ hợp của chúng.

Theo khía cạnh thứ mười tám, vật phẩm theo khía cạnh 17 được đề xuất, trong đó vật phẩm này khác biệt ở chỗ độ bền uốn trung bình lớn hơn hoặc bằng khoảng 50% độ bền uốn trung bình của lớp nền, như được đo bằng thử nghiệm ROR sử dụng trung bình từ năm (5) mẫu hoặc nhiều hơn.

Theo khía cạnh thứ mười chín, vật phẩm theo khía cạnh 17 hoặc khía cạnh 18 được đề xuất, trong đó màng cứng còn khác biệt ở chỗ độ cứng làm lõm lớn hơn hoặc bằng khoảng 8 GPa.

Theo khía cạnh thứ hai mươi, vật phẩm theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh 17-19 được đề xuất, trong đó ít nhất một lớp polyme là polyimit mà bao gồm PMDA-ODA, ODPA-ODA, BPDA-ODA, hoặc polyimit được flo hóa.

Theo khía cạnh thứ hai mươi một, vật phẩm theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh 17-20 được đề xuất, trong đó ít nhất một lớp vô cơ bao gồm SiO_2 , Al_2O_3 , ZrO_2 , CaO , CaCO_3 , SnO , ZnO , SiN_x , AlN_x , AlO_xN_y , $\text{Si}_u\text{Al}_v\text{O}_x\text{N}_y$, hoặc SiO_xN_y .

Theo khía cạnh thứ hai mươi hai, vật phẩm theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh 17-21 được đề xuất, trong đó vật phẩm này còn khác biệt ở chỗ độ truyền ánh sáng lớn hơn hoặc bằng 50% trong phổ nhìn thấy được từ khoảng 400 nm đến khoảng 800 nm.

Theo khía cạnh thứ hai mươi ba, vật phẩm theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh 17-22 được đề xuất, trong đó vật phẩm này còn khác biệt ở chỗ độ cứng bút chì là 9H hoặc lớn hơn.

Theo khía cạnh thứ hai mươi tư, vật phẩm theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh 17-23 được đề xuất, trong đó vật phẩm này còn khác biệt ở chỗ ngưỡng bong lớp là 150 mN hoặc lớn hơn, khi được thử nghiệm bằng cách sử dụng thử nghiệm làm xước dốc Berkovich trên màng cứng.

Theo khía cạnh thứ hai mươi lăm, vật phẩm theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh 17-24 được đề xuất, trong đó composit làm giảm rạn nứt bao gồm hai hoặc nhiều lớp vô cơ và ít nhất một lớp polyme, trong đó một trong số hai hoặc nhiều lớp vô cơ được cho tiếp xúc với lớp nền và lớp khác trong số hai hoặc nhiều lớp vô cơ được cho tiếp xúc với màng cứng.

Theo khía cạnh thứ hai mươi sáu, vật phẩm theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh 17-25 được đề xuất, trong đó mỗi trong số ít nhất một lớp vô cơ có độ dày lớp vô cơ và mỗi trong số ít nhất một lớp polyme có độ dày lớp polyme, và ngoài ra trong đó tỷ lệ giữa độ dày lớp polyme và độ dày lớp vô cơ nằm trong khoảng từ khoảng 0,1:1 đến khoảng 5:1

Theo khía cạnh thứ hai mươi bảy, vật phẩm theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh 17-26 được đề xuất, trong đó màng cứng bao gồm lớp phủ chống phản xạ nhiều lớp, và ngoài ra trong đó composit làm giảm rạn nứt và màng cứng bao gồm chung độ phản xạ chói một mặt trung bình nhỏ hơn khoảng 2%.

Theo khía cạnh thứ hai mươi tám của sáng chế, sản phẩm điện tử dân dụng được đề xuất mà bao gồm: vỏ bọc có mặt trước, mặt sau và các mặt bên; các linh kiện điện được bố trí ít nhất một phần bên trong vỏ bọc, các linh kiện điện này bao gồm ít nhất bộ điều khiển, bộ nhớ, và màn hiển thị, màn hiển thị này được bố trí ở hoặc sát với mặt trước của vỏ bọc; và kính che được bố trí trên màn hiển thị này. Ngoài ra, ít nhất một trong số một phần của vỏ bọc hoặc kính che bao gồm vật phẩm theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh 1-27.

Theo khía cạnh thứ hai mươi chín của sáng chế, vật phẩm theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh 1-27 được đề xuất, trong đó vùng bất kỳ bị nứt, bị phá hủy hoặc bị bong lớp liên quan đến ít nhất một trong số màng cứng và composit làm giảm rạn nứt có chiều dài nhỏ hơn 15 micron sau khi màng cứng được tạo vết lõm từ vật ấn lõm hình thoi ở mức tải trọng 250 mN trong thử nghiệm làm lõm góc lập phương (Cube Corner Indentation Test).

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig. 1A minh họa vật phẩm bao gồm lớp nền trên cơ sở thủy tinh, màng cứng và composit làm giảm rạn nứt, theo một hoặc nhiều phương án.

Fig. 1B minh họa vật phẩm bao gồm lớp nền trên cơ sở thủy tinh, màng cứng và composit làm giảm rạn nứt bao gồm hai lớp vô cơ và lớp polyme, theo một hoặc nhiều phương án.

Fig. 1C minh họa vật phẩm bao gồm lớp nền trên cơ sở thủy tinh, màng cứng và composit làm giảm rạn nứt bao gồm ba lớp vô cơ và hai lớp polyme, theo một hoặc nhiều phương án.

Fig. 2 là sơ đồ sự phát triển của vết nứt trong màng hoặc lớp và phương thức tạo cầu có thể của nó.

Fig. 3 minh họa mô hình lý thuyết đối với sự có mặt của vết nứt trong màng hoặc lớp và các con đường tạo cầu có thể của nó.

Fig. 4 là sơ đồ minh họa tỷ lệ giải phóng năng lượng G_d/G_p .

Fig. 5A là sơ đồ sự cố dính kết trong composit làm giảm rạn nứt được đặt xen giữa màng cứng và lớp nền trên cơ sở thủy tinh theo một số phương án của sáng chế.

Fig. 6A là đồ thị mô đun đàn hồi của composit làm giảm rạn nứt, khi được bố trí trên lớp nền trên cơ sở thủy tinh, dưới dạng hàm theo tỷ lệ giữa độ dày của lớp polyme trong composit và độ dày của composit làm giảm rạn nứt hoàn chỉnh, như được đo theo phương pháp làm lõm nano, theo một số phương án của sáng chế.

Fig. 6B là đồ thị độ cứng của composit làm giảm rạn nứt, khi được bố trí trên lớp nền trên cơ sở thủy tinh, dưới dạng hàm theo tỷ lệ giữa độ dày của lớp polyme trong composit và độ dày của composit làm giảm rạn nứt hoàn chỉnh, như được đo theo phương pháp làm lõm nano, theo một số phương án của sáng chế.

Fig. 7 là ảnh hiển vi điện tử quét (scanning electron microscope - SEM) từ mặt cắt của vật phẩm bao gồm lớp nền trên cơ sở thủy tinh, màng cứng và composit làm giảm rạn nứt bao gồm hai lớp vô cơ và hai lớp polyme theo một số phương án của sáng chế.

Fig. 8 là đồ thị thể hiện hiệu quả tải trọng đến phá hỏng vòng trên vòng của đối chứng lớp nền trên cơ sở thủy tinh (ví dụ 1C); các vật phẩm bao gồm lớp nền trên cơ sở thủy tinh (độ dày 1 mm và 0,7 mm) có màng cứng silic nitrua (độ dày 440 μm) (lần lượt các ví dụ 1A và 1A1); và các vật phẩm bao gồm lớp nền trên cơ sở thủy tinh (độ dày 1 mm và 0,7 mm) có màng cứng silic nitrua (440 μm) và composit làm giảm rạn nứt năm lớp (lần lượt các ví dụ 1B và 1B1) theo các khía cạnh của sáng chế.

Các Fig. 9A-9D là ảnh hiển vi quang học từ các vật phẩm bao gồm lớp nền trên cơ sở thủy tinh có màng cứng bao gồm lớp silic nitrua và lớp flosilan, và không có

composit làm giảm rạn nứt (9A), composit làm giảm rạn nứt bao gồm ba lớp nhôm oxit dày và hai lớp polyimit mỏng (9B), composit làm giảm rạn nứt bao gồm ba lớp nhôm oxit mỏng và hai lớp polyimit dày (9C), hoặc composit làm giảm rạn nứt bao gồm polyimit (9D).

Fig. 10 là đồ thị thể hiện dữ liệu độ truyền quang dưới dạng hàm theo bước sóng trong phổ nhìn thấy được đối với các vật phẩm bao gồm lớp nền trên cơ sở thủy tinh và màng cứng silic nitrua, với không có composit làm giảm rạn nứt (ví dụ 2C), composit làm giảm rạn nứt bao gồm polyimit (các ví dụ 2B1, 2B2) và composit làm giảm rạn nứt bao gồm các lớp nhôm oxit và polyimit (ví dụ 2A), theo một số phương án của sáng chế.

Các Fig. 11A và 11B là ảnh hiển vi lực nguyên tử (atomic force microscopy - AFM) đối với các vật phẩm bao gồm lớp nền trên cơ sở thủy tinh, màng cứng silic nitrua và composit làm giảm rạn nứt bao gồm các lớp nhôm oxit và polyimit (11A) và không có composit làm giảm rạn nứt (11B), theo một số phương án của sáng chế.

Fig. 12A là ảnh hiển vi quang học từ vật phẩm bao gồm lớp nền trên cơ sở thủy tinh, màng cứng silic nitrua và composit làm giảm rạn nứt bari florua, khi được đưa vào thử nghiệm làm xước dốc Berkovich (0 đến 150 mN).

Fig. 12B là ảnh hiển vi quang học từ vật phẩm, theo một số phương án của sáng chế, bao gồm lớp nền trên cơ sở thủy tinh, màng cứng silic nitrua và composit làm giảm rạn nứt bao gồm các lớp nhôm oxit và polyimit, khi được đưa vào thử nghiệm làm xước dốc Berkovich (0 đến 150 mN).

Các Fig. 13A và 13B lần lượt cung cấp hệ số truyền hai bề mặt (tức là khi bao gồm cả hai mặt của vật phẩm nhiều lớp được phủ) và độ phản xạ bề mặt thứ nhất (tức là khi chỉ tính đến mặt được phủ của vật phẩm nhiều lớp) được mô hình hóa dữ liệu quang học, như được triển khai trên vật phẩm nhiều lớp được tạo kết cấu với composit làm giảm rạn nứt Al_2O_3 /polyimit năm lớp và màng chống xước $\text{SiO}_2/\text{AlO}_x\text{N}_y$, theo một phương án của sáng chế.

Các Fig. 14A và 14B lần lượt cung cấp màu sắc được truyền hai bề mặt và màu sắc được phản xạ bề mặt thứ nhất được mô hình hóa dữ liệu quang học, như được triển khai trên vật phẩm nhiều lớp được tạo kết cấu với composit làm giảm rạn nứt Al_2O_3 /polyimit năm lớp và màng chống xước $\text{SiO}_2/\text{AlO}_x\text{N}_y$, theo một phương án của sáng chế.

Fig. 15 cung cấp độ phản xạ chói bề mặt thứ nhất được mô hình hóa dữ liệu quang học, như được triển khai trên vật phẩm nhiều lớp được tạo kết cấu với composit làm giảm rạn nứt Al_2O_3 /polyimit năm lớp và màng chống xước $\text{SiO}_2/\text{AlO}_x\text{N}_y$, theo một phương án của sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Trong phần phần mô tả chi tiết sau đây, nhiều chi tiết cụ thể có thể được đưa ra để giúp hiểu rõ các phương án của sáng chế. Tuy nhiên, người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này sẽ hiểu rõ rằng các phương án của sáng chế có thể được thực hiện mà không có một số hoặc tất cả các chi tiết cụ thể này. Trong các trường hợp khác, các dấu hiệu hoặc các quy trình đã được biết rõ có thể không được mô tả chi tiết để không làm lu mờ sáng chế một cách không cần thiết. Ngoài ra, các số chỉ dẫn tương tự hoặc giống nhau có thể được sử dụng để nhận dạng các phần tử chung hoặc tương tự.

Như được sử dụng trong bản mô tả này, thuật ngữ “khoảng” có nghĩa là các lượng, kích thước, công thức, tham số, và các lượng và các đặc tính khác, là không chính xác và không nhất thiết phải chính xác, mà có thể là gần đúng và/hoặc lớn hơn hoặc nhỏ hơn, theo ý muốn, để phản ánh các dung sai, các hệ số chuyển đổi, việc làm tròn, sai số phép đo và các dạng tương tự, và các yếu tố khác mà người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này đã biết. Khi thuật ngữ “khoảng” được sử dụng trong việc mô tả trị số hoặc điểm đầu mút của một khoảng, thì phần bậc lộ này sẽ được hiểu là bao gồm trị số hoặc điểm đầu mút cụ thể được nêu. Dù có hay không có trị số số học hoặc điểm đầu mút của khoảng trong bản mô tả trích dẫn “khoảng,” thì trị số số học hoặc điểm đầu mút của khoảng được dự định bao gồm hai phương án: một phương án được điều chỉnh bởi “khoảng,” và một phương án không được điều chỉnh bởi “khoảng.” Cũng cần phải hiểu thêm rằng các điểm đầu mút của mỗi khoảng là quan trọng cả về sự liên quan đến điểm đầu mút còn lại lẫn độc lập với điểm đầu mút còn lại.

Các thuật ngữ “về căn bản,” “gần như,” và các biến thể của chúng như được sử dụng trong bản mô tả này (ngoại trừ khi được sử dụng trong “gần như không bong” mà được định nghĩa ở đâu đó nữa) được dự định để lưu ý rằng dấu hiệu được mô tả là bằng hoặc xấp xỉ bằng với trị số hoặc mô tả đó. Ví dụ, bề mặt “gần như phẳng” được dự định để biểu thị bề mặt mà phẳng hoặc gần phẳng. Hơn nữa, như được định nghĩa trên đây, “gần như giống nhau” được dự định để biểu thị rằng hai trị số là bằng nhau hoặc xấp xỉ bằng nhau. Theo một số phương án, “gần như giống nhau” có thể biểu thị các trị số nằm trong khoảng 10% của nhau, như nằm trong khoảng 5% của nhau, hoặc nằm trong khoảng 2% của nhau.

Các thuật ngữ chỉ hướng như được sử dụng trong bản mô tả này - ví dụ, lên, xuống, phải, trái, trước, sau, đỉnh, đáy - được đưa ra chỉ với sự tham chiếu đến các hình vẽ như được vẽ và không được dự định bao hàm sự định hướng tuyệt đối.

Như được sử dụng trong bản mô tả này, các thuật ngữ “này” hoặc “một” có nghĩa là “ít nhất một”, và không bị giới hạn ở “chỉ một”, trừ khi được chỉ rõ theo cách

ngược lại. Do đó, ví dụ, việc đề cập đến "một hợp phần" bao gồm các phương án có hai hoặc nhiều hợp phần đó trừ khi ngữ cảnh chỉ rõ ngược lại.

Như được sử dụng trong bản mô tả này, thuật ngữ "trên cơ sở thủy tinh" dự định bao gồm vật liệu bất kỳ ít nhất một phần được làm từ thủy tinh, bao gồm thủy tinh và gốm thủy tinh, và saphia. "Gốm thủy tinh" bao gồm các vật liệu được tạo ra thông qua sự kết tinh thủy tinh có kiểm soát. Theo các phương án, gốm thủy tinh có độ kết tinh từ khoảng 1% đến khoảng 99%. Các ví dụ không nhằm giới hạn phạm vi của sáng chế về các hệ gốm thủy tinh mà có thể được sử dụng bao gồm $\text{Li}_2\text{O} \times \text{Al}_2\text{O}_3 \times n\text{SiO}_2$ (tức là hệ LAS), $\text{MgO} \times \text{Al}_2\text{O}_3 \times n\text{SiO}_2$ (tức là hệ MAS), và $\text{ZnO} \times \text{Al}_2\text{O}_3 \times n\text{SiO}_2$ (tức là hệ ZAS).

Tham chiếu đến Fig. 1A, các khía cạnh của sáng chế bao gồm vật phẩm nhiều lớp 100a có tổng độ dày chồng nhau 10a. Vật phẩm 100a cũng bao gồm màng cứng 110 với độ dày 11, lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 với độ dày 12 và composit làm giảm rạn nứt 130a với độ dày 13a bao gồm phần tử vô cơ 33 và phần tử polyme 35. Theo các khía cạnh này, composit làm giảm rạn nứt 130a bao gồm phần tử vô cơ 33 và phần tử polyme 35, mỗi hoặc cả hai ở dạng một hoặc nhiều lớp, màng, hoặc các cấu trúc khác, như hạt, sợi và/hoặc vi sợi. Ngoài ra, composit làm giảm rạn nứt 130a, kể cả các phần tử vô cơ và polyme 33, 35 của nó, khác biệt ở chỗ môđun đàn hồi lớn hơn 30 GPa. Ví dụ, composit làm giảm rạn nứt 130a có thể được đặc trưng bởi môđun đàn hồi là 30,5 GPa, 31 GPa, 32 GPa, 33 GPa, 34 GPa, 35 GPa, 40 GPa, 45 GPa, 50 GPa, và v.v., bao gồm tất cả các trị số môđun đàn hồi giữa các mức này, và có thể lên đến 80 GPa và thậm chí lên đến 120 GPa trong một số trường hợp.

Theo một số phương án về vật phẩm nhiều lớp 100a, composit làm giảm rạn nứt 130a bao gồm phần tử vô cơ 33 và phần tử polyme 35, với lớn hơn khoảng 20% thể tích của vật liệu liên quan đến phần tử vô cơ 33 và lớn hơn khoảng 0,5% thể tích hoặc nhiều hơn của vật liệu liên quan đến phần tử polyme 35. Ví dụ, lượng vật liệu liên quan đến phần tử vô cơ 35 có thể lớn hơn khoảng 20%, 30%, 40%, 50%, 60% thể tích, và tất cả các lượng giữa các mức thể tích này. Tốt hơn là, phần tử polyme 35 bao gồm vật liệu polyme có các liên kết C-C, C-N, C-O và/hoặc C=C là liên kết tạo chuỗi polyme. Ngoài ra, theo một số phương án, composit làm giảm rạn nứt 130a có thể có trị số biến dạng bắt đầu nứt (crack-onset-strain - COS) của composit lớn hơn khoảng 0,8%, lớn hơn 1%, lớn hơn khoảng 1,5%, và tất cả các trị số COS giữa hoặc trên các mức này.

COS trên lớp nền thủy tinh được đo theo cài đặt vòng trên vòng được liên kết với hệ thống camera. Cụ thể hơn, để xác định độ biến dạng đến phá hỏng của vật phẩm được phủ 100, lực được tác động vào vòng trên cùng 304 theo chiều xuống dưới

và/hoặc vào vòng dưới cùng theo chiều lên trên trong thiết bị thử nghiệm cơ học vòng trên vòng. Theo quy trình thử nghiệm sức căng vòng trên vòng, vật phẩm 100 được đặt giữa vòng dưới cùng và vòng trên cùng. Vòng trên cùng và vòng dưới cùng có các đường kính khác nhau. Như được sử dụng trong bản mô tả này, vòng trên cùng có đường kính 12,7 mm và vòng dưới cùng có đường kính 25,4 mm. Phần của vòng trên cùng và vòng dưới cùng mà tiếp xúc với vật phẩm có tiết diện tròn và mỗi phần có bán kính là 1,6 mm. Vòng trên cùng và vòng dưới cùng được làm bằng thép. Việc thử nghiệm được thực hiện trong môi trường có nhiệt độ khoảng 22°C với độ ẩm tương đối 45%-55%. Các vật phẩm được sử dụng để thử nghiệm có kích thước hình vuông 50 mm x 50 mm. Lực trên vòng trên cùng và hoặc vòng dưới cùng được tăng lên, gây ra biến dạng trong vật phẩm 100 cho đến khi sự cố bất ngờ của một hoặc cả hai trong số lớp nền và lớp phủ quang học bất kỳ. Ánh sáng và camera được bố trí bên dưới vòng dưới cùng để ghi lại sự cố bất ngờ trong quá trình thử nghiệm. Bộ điều khiển điện tử, như hệ thống thu nhận Dewetron, được bố trí để phối hợp các ảnh camera với tải trọng được tác động để xác định tải trọng khi sự phá hủy bất ngờ được quan sát thấy bằng camera. Để xác định độ biến dạng đến phá hỏng, các ảnh camera và các tín hiệu tải trọng được đồng bộ thông qua hệ thống Dewetron, sao cho tải trọng tại đó lớp phủ và/hoặc lớp nền thể hiện sự phá hỏng có thể được xác định. Sau đó, phân tích phần tử hữu hạn được sử dụng để phân tích mức độ biến dạng mà mẫu đang trải qua ở tải trọng này. Kích thước phần tử có thể được chọn là đủ mịn để đại diện cho sự tập trung ứng suất bên dưới vòng tải. Mức độ biến dạng được tính trung bình là trên 30 điểm nút hoặc lớn hơn bên dưới vòng tải. Ngoài ra, các kỹ thuật thử nghiệm để xác định tải trọng đến phá hỏng có thể được tìm thấy trong “Hu, G., et al., *Dynamic fracturing of strengthened glass under biaxial tensile loading*. Journal of Non-Crystalline Solids, 2014. 405(0): p. 153-158.”

Ngoài ra, theo một số phương án về vật phẩm nhiều lớp 100a, composit làm giảm rạn nứt 130a có thể được đặc trưng bởi tỷ lệ môđun đàn hồi giữa phần tử vô cơ 33 và phần tử polyme 35 là lớn hơn 10:1 (ví dụ, phần tử vô cơ 33 với môđun đàn hồi là 150 GPa và phần tử polyme với môđun đàn hồi là 10 GPa sẽ thu được tỷ lệ môđun đàn hồi là 15:1). Ví dụ, tỷ lệ môđun đàn hồi của composit làm giảm rạn nứt 130a có thể là 11:1, 12:1, 13:1, 14:1, 15:1, 20:1, 30:1, 40:1, 50:1, 60:1, 70:1, 80:1, 90:1, 100:1 và tất cả các tỷ lệ môđun đàn hồi giữa hoặc trên các tỷ lệ này. Theo một số phương án, giới hạn tỷ lệ môđun đàn hồi thực tế đối với composit làm giảm rạn nứt 130a là khoảng 500:1 đối với các phần tử polyme 35 có môđun đàn hồi rất thấp nhất định (ví dụ, < 1 GPa) được ghép nối với các phần tử vô cơ 33 có môđun đàn hồi tương đối cao (ví dụ, > 75 GPa) được kết hợp trong composit làm giảm rạn nứt 130a.

Ngoài ra, màng cứng 110 của vật phẩm nhiều lớp 100a chứa ít nhất một trong số oxit chứa kim loại, oxynitrua chứa kim loại, nitrua chứa kim loại, cacbua chứa kim loại, polyme chứa silic, cacbon, chất bán dẫn, và các tổ hợp của chúng. Theo một số phương án về vật phẩm nhiều lớp 100a, màng cứng 110 chứa silic nitrua hoặc silic dioxit. Theo các khía cạnh nhất định, màng cứng 110 có thể còn khác biệt ở chỗ độ cứng làm lõm lớn hơn hoặc bằng khoảng 8 GPa. Theo các phương án khác, màng cứng 110 có thể được đặc trưng bởi độ cứng làm lõm lớn hơn hoặc bằng khoảng 12 GPa. Theo đó, màng cứng 110 có thể được đặc trưng bởi độ cứng làm lõm là 8 GPa, 9 GPa, 10 GPa, 11 GPa, 12 GPa, 13 GPa, 14 GPa, 15 GPa, 20 GPa, 25 GPa, 30 GPa và tất cả các trị số độ cứng làm lõm giữa hoặc trên các mức này. Theo một số phương án, giới hạn thực tế đối với độ cứng làm lõm của màng cứng 110 là khoảng 50 GPa.

Trong vật phẩm 100a, các đặc tính mặt phân giới ở mặt phân giới hiệu quả 140 giữa màng cứng 110 và composit làm giảm rạn nứt 130a hoặc composit làm giảm rạn nứt 130a và lớp nền 120 được biến đổi, nói chung nhờ composit làm giảm rạn nứt 130a, sao cho vật phẩm 100a về căn bản giữ được độ bền uốn trung bình của nó, và màng 110 giữ được các đặc tính chức năng cho ứng dụng của nó, đặc biệt là tính chống xước. Ví dụ, theo một số phương án về vật phẩm nhiều lớp 100a, vật phẩm này khác biệt ở chỗ độ bền uốn trung bình là lớn hơn hoặc bằng khoảng 50% độ bền uốn trung bình của lớp nền thủy tinh (tức là như được thử nghiệm mà không có các cấu trúc composit làm giảm rạn nứt 130a và màng cứng 110 được bố trí trên đó). Theo các phương án khác, độ bền uốn của vật phẩm 100a mà bao gồm composit làm giảm rạn nứt 130a có thể được đặc trưng bởi sự so sánh với vật phẩm tương tự bao gồm màng cứng 110 giống nhau và lớp nền thủy tinh 120 giống nhau, nhưng không có cấu trúc composit làm giảm rạn nứt. Trong các phương án này, vật phẩm 100a mà bao gồm composit làm giảm rạn nứt 130a có thể có độ bền uốn trung bình hoặc đặc trưng lớn hơn 25%, hoặc lớn hơn 50%, so với vật phẩm giống mà không có composit làm giảm rạn nứt (tức là vật phẩm so sánh trong đó màng cứng 110 được lắng phủ trực tiếp lên trên lớp nền 120).

Bây giờ, tham chiếu đến Fig. 1B, các khía cạnh của sáng chế bao gồm vật phẩm nhiều lớp 100b có tổng độ dày chồng nhau 10b. Vật phẩm 100b cũng bao gồm màng cứng 110, lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120, và composit làm giảm rạn nứt 130b có tổng độ dày 13b và bao gồm phần tử vô cơ 33 và phần tử polyme 35. Vật phẩm nhiều lớp 100b là tương tự như vật phẩm nhiều lớp 100a; do đó, các phần tử được đánh số giống có cấu trúc và (các) chức năng giống nhau hoặc tương tự nhau (ví dụ, màng cứng 110). Ngoài ra, như được thể hiện trên Fig. 1B, composit làm giảm rạn nứt 130b có thể bao gồm phần tử vô cơ 33 ở dạng một hoặc nhiều lớp, và phần tử polyme

35 ở dạng một hoặc nhiều lớp. Như được thể hiện ở dạng được nêu làm ví dụ trên Fig. 1B, vật phẩm nhiều lớp 100b có phần tử vô cơ 33 với hai lớp và phần tử polyme 35 với một lớp được đặt xen giữa các lớp của phần tử vô cơ 33. Như cũng được thể hiện trên Fig. 1B, một trong số các lớp của phần tử vô cơ 33 được cho tiếp xúc với lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 và lớp kia của phần tử vô cơ 33 được cho tiếp xúc với màng cứng 110. Như cũng được thể hiện trên Fig. 1B, mỗi trong số các lớp của phần tử vô cơ 33 có độ dày 63 và mỗi trong số các lớp của phần tử polyme 35 có độ dày 65. Ngoài ra, độ dày của mỗi lớp có thể giống như các lớp khác, hoặc có thể khác nhau từ đó.

Ngoài ra, composit làm giảm rạn nứt 130b, kể cả các phần tử vô cơ và polyme 33, 35 của nó ở dạng các lớp, khác biệt ở chỗ môđun đàn hồi lớn hơn 30 GPa. Ví dụ, composit làm giảm rạn nứt 130b có thể được đặc trưng bởi môđun đàn hồi là 30,5 GPa, 31 GPa, 32 GPa, 33 GPa, 34 GPa, 35 GPa, 40 GPa, 45 GPa, 50 GPa, và v.v., bao gồm tất cả các trị số môđun đàn hồi giữa các mức này, và có thể lên đến 80 GPa và thậm chí lên đến 120 GPa trong một số trường hợp. Như được mô tả trong bản mô tả này, “môđun đàn hồi” hoặc “môđun đàn hồi trung bình” của composit làm giảm rạn nứt 130b, kể cả các phần tử vô cơ và polyme 33, 35 của nó ở dạng các lớp, được tính bằng cách lấy các trị số đo được của mỗi lớp của các phần tử vô cơ và polyme 33, 35, như được đo trên cơ sở màng đơn trên bậc 100 nm đến 1000 nm về độ dày và sau đó, tính môđun đàn hồi trung bình thể tích đối với composit làm giảm rạn nứt 130b. Ngoài ra, môđun đàn hồi trung bình thể tích có thể được tính như được hiểu bởi người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực của sáng chế này, ví dụ, xét về mặt ước lượng thể tích hoặc đo thể tích thực đối với mỗi trong số các lớp của các phần tử vô cơ và polyme 33, 35. Ngoài ra, môđun của composit làm giảm rạn nứt, mà có thể bao gồm các lớp, có thể là môđun hiệu quả hoặc thực tế đo được trực tiếp trên composit bằng cách sử dụng các phương pháp làm lõm nano đã biết lấy mẫu thể tích của cấu trúc composit mà tính trung bình hiệu quả cùng với các môđun của các hợp phần lớp hữu cơ và vô cơ.

Theo một số phương án về vật phẩm nhiều lớp 100b, composit làm giảm rạn nứt 130b bao gồm phần tử vô cơ 33 bao gồm một hoặc nhiều lớp và phần tử polyme 35 bao gồm một hoặc nhiều lớp, với lớn hơn khoảng 20% thể tích của vật liệu liên quan đến phần tử vô cơ 33 và lớn hơn khoảng 0,5% thể tích hoặc nhiều hơn của vật liệu liên quan đến phần tử polyme 35. Ví dụ, lượng vật liệu liên quan đến phần tử vô cơ 35 có thể lớn hơn khoảng 20%, 30%, 40%, 50%, 60% thể tích, và tất cả các lượng giữa các mức thể tích này. Tốt hơn là, phần tử polyme 35 bao gồm vật liệu polyme có các liên kết C-C, C-N, C-O và/hoặc C=C là liên kết tạo chuỗi polyme. Ngoài ra, theo

một số phương án, composit làm giảm rạn nứt 130b có thể có trị số biến dạng bắt đầu nứt (crack-onset-strain - COS) của composit lớn hơn khoảng 0,8%, lớn hơn 1%, lớn hơn khoảng 1,5%, và tất cả các trị số COS giữa hoặc trên các mức này.

Ngoài ra, theo một số phương án về vật phẩm nhiều lớp 100b, composit làm giảm rạn nứt 130b có thể được đặc trưng bởi tỷ lệ môđun đàn hồi giữa phần tử vô cơ 33 và phần tử polyme 35 (tức là dưới dạng kể cả các lớp tương ứng của chúng) là lớn hơn 10:1 (ví dụ, phần tử vô cơ 33 có hai lớp, mỗi lớp có môđun đàn hồi là 150 GPa và phần tử polyme có một lớp với môđun đàn hồi là 10 GPa sẽ thu được tỷ lệ môđun đàn hồi là 15:1). Ví dụ, tỷ lệ môđun đàn hồi của composit làm giảm rạn nứt 130b có thể là 11:1, 12:1, 13:1, 14:1, 15:1, 20:1, 30:1, 40:1, 50:1, 60:1, 70:1, 80:1, 90:1, 100:1, và tất cả các tỷ lệ môđun đàn hồi giữa hoặc trên các tỷ lệ này. Theo một số phương án, giới hạn tỷ lệ môđun đàn hồi thực tế đối với composit làm giảm rạn nứt 130b là khoảng 500:1 đối với các phần tử polyme 35 có môđun đàn hồi rất thấp nhất định (ví dụ, < 1 GPa) được ghép nối với các phần tử vô cơ 33 có môđun đàn hồi tương đối cao (ví dụ, > 75 GPa) được kết hợp trong composit làm giảm rạn nứt 130b.

Tham chiếu lần nữa đến Fig. 1B, composit làm giảm rạn nứt 130b của vật phẩm nhiều lớp 100b bao gồm phần tử vô cơ 33 với một hoặc nhiều lớp có độ dày 63. Theo một số khía cạnh, độ dày 63 của mỗi lớp của phần tử vô cơ 33 có thể nằm từ khoảng 1 nm đến khoảng 200 nm, tốt hơn là từ khoảng 5 nm đến khoảng 150 nm. Ngoài ra, theo một số khía cạnh, độ dày 65 của mỗi lớp của phần tử polyme 35 có thể nằm từ khoảng 1 nm đến khoảng 500 nm, tốt hơn là từ khoảng 5 nm đến khoảng 300 nm. Theo cách thức thực hiện khác, tổng độ dày 13b của composit làm giảm rạn nứt 130b có thể nằm từ khoảng 10 nm đến khoảng 1000 nm. Theo khía cạnh được ưu tiên, tổng độ dày 13b của composit làm giảm rạn nứt 130b nằm từ khoảng 50 nm đến khoảng 750 nm.

Theo một số cách thức thực hiện, vật phẩm nhiều lớp 100b có thể bao gồm composit làm giảm rạn nứt 130b được chi phối bởi tỷ lệ độ dày đối với các lớp của các phần tử vô cơ và polyme 33, 35 của nó. Ví dụ, tỷ lệ giữa tổng độ dày của phần tử polyme 35 (tức là tổng số các trị số độ dày 65 đối với mỗi trong số các lớp của nó) và phần tử vô cơ 33 (tức là tổng số các trị số độ dày 63 đối với mỗi trong số các lớp của nó) có thể nằm từ khoảng 0,1:1 đến khoảng 5:1. Theo các cách thức thực hiện khác, tỷ lệ độ dày có thể từ khoảng 0,2:1 đến khoảng 3:1. Như cũng được hiểu trong bản mô tả này, các cách thức thực hiện của vật phẩm nhiều lớp 100b và composit làm giảm rạn nứt 130b được chi phối bởi các tỷ lệ độ dày này được cấu hình sao cho các tỷ lệ độ dày được tính toán không phụ thuộc vào các lớp bổ sung bất kỳ được thêm vào composit làm giảm rạn nứt 130b ngay cạnh một hoặc cả hai trong số màng cứng 110

và/hoặc lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120. Các lớp này, như được mô tả trong bản mô tả này, được gọi là “các lớp nổi” và thường mỏng hơn một nửa đến một bậc (hoặc các bậc) độ lớn so với các lớp khác của các phần tử vô cơ và polyme 33, 35.

Trong vật phẩm 100b, các đặc tính mặt phân giới ở mặt phân giới hiệu quả 140 giữa màng cứng 110 và composit làm giảm rạn nứt 130b hoặc giữa composit làm giảm rạn nứt 130b và lớp nền 120 được biến đổi, nói chung nhờ composit làm giảm rạn nứt 130b, sao cho vật phẩm 100b về căn bản giữ được độ bền uốn trung bình của nó, và màng cứng 110 giữ được các đặc tính chức năng cho ứng dụng của nó, đặc biệt là tính chống xước. Ví dụ, theo một số phương án về vật phẩm nhiều lớp 100b, vật phẩm này khác biệt ở chỗ độ bền uốn trung bình là lớn hơn hoặc bằng khoảng 70% độ bền uốn trung bình của lớp nền thủy tinh (tức là như được thử nghiệm mà không có các cấu trúc composit làm giảm rạn nứt 130b và màng cứng 110 được bố trí trên đó).

Như được hiểu trong sáng chế, các thuật ngữ “màng cứng,” “màng chống xước” và “màng cứng 110” có thể bao gồm một hoặc nhiều màng, lớp, cấu trúc và các tổ hợp của chúng. Ngoài ra, màng cứng 110 có thể, theo một số khía cạnh, bao gồm các màng chức năng bổ sung bao gồm, nhưng không chỉ giới hạn ở, các lớp phủ kháng dầu vân tay, các lớp phủ kháng vết bẩn, các lớp phủ dễ làm sạch, các lớp phủ có năng lượng bề mặt thấp, và các lớp phủ trên cơ sở flosilan. Cũng cần phải hiểu rằng đối với “màng” mà bao gồm nhiều hơn một màng, lớp, cấu trúc, v.v., thì chỉ số khúc xạ liên quan đến “màng” là chỉ số khúc xạ gộp hoặc tổng hợp của các màng, các lớp, các cấu trúc, v.v. mà cấu thành “màng” này.

Bây giờ, tham chiếu đến Fig. 1C, các khía cạnh của sáng chế bao gồm vật phẩm nhiều lớp 100c có tổng độ dày chồng nhau 10c. Vật phẩm 100c cũng bao gồm màng cứng 110, lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120, và composit làm giảm rạn nứt 130c có tổng độ dày 13c và bao gồm phần tử vô cơ 33 và phần tử polyme 35. Vật phẩm nhiều lớp 100c là tương tự như vật phẩm nhiều lớp 100b; do đó, các phần tử được đánh số giống có cấu trúc và (các) chức năng giống nhau hoặc tương tự nhau (ví dụ, màng cứng 110). Ngoài ra, như được thể hiện trên Fig. 1C, composit làm giảm rạn nứt 130c của vật phẩm nhiều lớp 100c được thể hiện ở dạng ưu tiên được nêu làm ví dụ. Cụ thể, composit làm giảm rạn nứt 130c bao gồm phần tử vô cơ 33 ở dạng ba lớp, tốt hơn là bao gồm Al_2O_3 , và phần tử polyme 35 ở dạng hai lớp, tốt hơn là bao gồm polyimide. Như cũng được thể hiện trên Fig. 1C, một trong số các lớp của phần tử vô cơ 33 được cho tiếp xúc với lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 và một trong số các lớp khác của phần tử vô cơ 33 được cho tiếp xúc với màng cứng 110. Như cũng được thể hiện trên Fig. 1C, mỗi trong số các lớp của phần tử vô cơ 33 có độ dày 62, tốt hơn là

từ khoảng 1 nm đến khoảng 200 nm, và mỗi trong số các lớp của phần tử polyme 35 có độ dày 65, tốt hơn là từ khoảng 1 nm đến khoảng 500 nm.

Tham chiếu lần nữa đến các Fig. 1A-1C, các khía cạnh của sáng chế bao gồm vật phẩm nhiều lớp 100a, 100b, 100c bao gồm lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 và composit làm giảm rạn nứt 130a, 130b, 130c. Trong vật phẩm 100a, 100b, 100c, các đặc tính mặt phân giới ở mặt phân giới hiệu quả 140 giữa composit làm giảm rạn nứt 130a, 130b, 130c và lớp nền 120 được biến đổi sao cho vật phẩm 100a, 100b, 100c về căn bản giữ được độ bền uốn trung bình của nó. Theo các phương án nữa, các đặc tính mặt phân giới ở mặt phân giới hiệu quả 140 giữa composit làm giảm rạn nứt 130a, 130b, 130c và lớp nền 120 được biến đổi sao cho vật phẩm 100a, 100b, 100c về căn bản giữ được 50% hoặc lớn hơn, 60% hoặc lớn hơn, 70% hoặc lớn hơn, 80% hoặc lớn hơn, 90% hoặc lớn hơn, hoặc 95% hoặc lớn hơn độ bền uốn trung bình của nó. Theo các cách thức thực hiện bổ sung, các đặc tính mặt phân giới ở mặt phân giới hiệu quả 140 được biến đổi sao cho vật phẩm 100a, 100b, 100c về căn bản giữ được tính chống xước của nó, đặc biệt là tính chống xước liên quan đến màng cứng 110.

Theo một hoặc nhiều phương án, vật phẩm nhiều lớp 100a, 100b, 100c thể hiện các đặc tính chức năng mà cũng được giữ sau các biến đổi mặt phân giới này, ví dụ, tính chống xước. Các đặc tính chức năng của màng cứng 110 và/hoặc các vật phẩm 100a, 100b, 100c có thể bao gồm các đặc tính quang học, các đặc tính điện và/hoặc các đặc tính cơ học, ví dụ, độ cứng, mô đun đàn hồi, độ biến dạng đến phá hỏng, khả năng chịu mài mòn, tính chống xước, độ bền cơ học, hệ số ma sát, độ dẫn điện, điện trở suất, khả năng di động của electron, sự pha tạp hạt mang điện là electron hoặc lỗ trống, chỉ số khúc xạ quang học, tỷ trọng, độ đục, độ trong suốt, độ phản xạ, độ hấp thụ, độ truyền và các đặc tính tương tự.

Theo một hoặc nhiều phương án, chỉ số khúc xạ có thể được đo bằng cách sử dụng máy phân tích Model 1512-RT, được cung cấp bởi n&k Technology, Inc., được đặt ở San Jose, CA, hoặc bởi phép đo elip quang phổ, như đã biết trong lĩnh vực này. Mô đun đàn hồi có thể được đo bằng cách tạo vết lõm nano, bằng các phương pháp đã biết trong lĩnh vực này bởi người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực của sáng chế này. Theo các phương án nhất định, các đặc tính quang học của các vật phẩm 100a, 100b, 100c được giữ, không phụ thuộc vào các đặc tính và/hoặc việc xử lý của composit làm giảm rạn nứt 130a, 130b, 130c. Theo các khía cạnh nhất định, độ truyền quang của lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 và composit làm giảm rạn nứt 130a, 130b, 130c có thể thay đổi 1% hoặc nhỏ hơn so với độ truyền quang của lớp nền 120 (ví dụ, từ các bước sóng nằm trong khoảng từ 400 nm đến 800 nm). Theo các khía cạnh khác, độ truyền quang của vật phẩm nhiều lớp 100a, 100b, 100c có thể được đặc trưng bởi

độ truyền ánh sáng lớn hơn hoặc bằng 50% trong phổ nhìn thấy được từ khoảng 400 nm đến khoảng 800 nm, hoặc từ khoảng 450 đến khoảng 650 nm. Theo các khía cạnh khác, độ truyền quang của vật phẩm nhiều lớp 100a, 100b, 100c có thể được đặc trưng bởi độ truyền ánh sáng lớn hơn hoặc bằng 20%, 50% hoặc 80% trong phổ nhìn thấy được. Các đặc tính chức năng này của các vật phẩm 100a, 100b, 100c có thể được giữ sau khi kết hợp với composit làm giảm rạn nứt 130a, 130b, 130c, và trước sự tách bất kỳ của composit làm giảm rạn nứt 130a, 130b, 130c ra khỏi lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 như được mô tả trong bản mô tả này.

Các đặc tính có lợi của các vật phẩm 100a-100c cũng có thể được đặc trưng trong thử nghiệm làm lõm góc lập phương. Cụ thể, thử nghiệm làm lõm góc lập phương sử dụng đầu vật ấn lõm hình thoi được tạo hình dạng dưới dạng góc của hình lập phương, mà được đẩy xuống vào trong bề mặt của màng, cấu trúc hoặc cơ cấu khác cần đo. Đối với các vật phẩm 100a-c theo sáng chế, sẽ có lợi nếu định lượng ngưỡng bong lớp và rạn nứt mà có liên quan đến việc làm xước của các vật phẩm trong các ứng dụng ở thế giới thực. Các đặc tính này có thể được định lượng bởi mức độ nghiêm trọng và/hoặc diện tích của bề mặt bị phá hỏng sau khi tải và dỡ tải bởi vật ấn lõm góc lập phương trong thử nghiệm làm lõm góc lập phương. Các đặc tính liên quan đến tính chống xước này cũng có thể được định lượng bằng cách giám sát đường cong tải trọng so với độ dịch chuyển trong pha tải trong thử nghiệm làm lõm góc lập phương đối với bước nhảy gián đoạn, mà là chỉ thị về điểm bắt đầu rạn nứt ở các điều kiện tải nhất định. Cả hai phương pháp này có thể được sử dụng để định lượng ngưỡng đối với biến cố rạn nứt hoặc bong lớp. Ví dụ, theo các phương án về các vật phẩm 100a-c, vùng bị nứt, bị bong lớp và/hoặc bị sút mẻ (tức là do liên quan đến màng cứng và/hoặc composit làm giảm rạn nứt) sau khi tạo vết lõm góc lập phương có thể có chiều dài nhỏ hơn 15 micron từ tâm của vết lõm ở mức tải trọng 250 mN và có chiều dài nhỏ hơn 30 micron từ tâm của vết lõm ở mức tải trọng 400 mN. Ngoài ra, sự gián đoạn ở đường cong tải trọng so với độ dịch chuyển mà gây ra do thử nghiệm làm lõm góc lập phương có thể xuất hiện trong quá trình tải ở các tải trọng lớn hơn 200mN (với không có sự gián đoạn đáng kể quan sát được ở các tải trọng nhỏ hơn 200 mN) trong quá trình tải bằng vật ấn lõm trong thử nghiệm làm lõm góc lập phương.

Theo một hoặc nhiều phương án, vật phẩm nhiều lớp 100a, 100b, 100c bao gồm composit làm giảm rạn nứt 130a, 130b, 130c và màng cứng 110 có thể thể hiện tính chống xước về căn bản được giữ, như được đánh giá so với tính chống xước của màng 110 giống như vậy được bố trí trực tiếp trên lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 mà không có composit làm giảm rạn nứt so sánh được. Ví dụ, vật phẩm nhiều lớp 100a, 100b, 100c có thể thể hiện không có bằng chứng bong lớp khi được đưa vào thử

thử nghiệm dúc Berkovich từ các tải trọng làm xước nằm trong khoảng từ 0 mN lên đến 150 mN khi kim vạch được di chuyển từ trái sang phải (hoặc ngược lại) trên mỗi mẫu. Đặc biệt là, trong thử nghiệm làm xước dúc Berkovich, vật ấn lõm hình thoi Berkovich được làm xước (dẫn bằng góc của đầu vật ấn lõm) qua bề mặt của vật phẩm nhiều lớp 100a, 100b, 100c với tải trọng tăng dần từ 0 mN đến 150 mN, dúc theo kiểu tuyến tính trên chiều dài 1500 micron và ở vận tốc 15 micron/giây (1,5 mN/giây). Sự khởi đầu bong lớp (ví dụ, giữa màng cứng và composit làm giảm rạn nứt nằm dưới và/hoặc lớp nền trên cơ sở thủy tinh) được xác định bằng cách sử dụng kính hiển vi quang học và tương quan vị trí trên vết xước nơi sự bong lớp bắt đầu với mức tải trọng của vật ấn lõm ở khởi đầu sự bong lớp.

Để làm một ví dụ khác, vật phẩm nhiều lớp 100a, 100b, 100c bao gồm composit làm giảm rạn nứt 130a, 130b, 130c và màng cứng 110 có thể thể hiện tính chống xước về căn bản được giữ như được xác định bằng cách đo độ cứng bút chì, như được đánh giá so với tính chống xước của màng 110 giống như vậy được bố trí trực tiếp trên lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 mà không có composit làm giảm rạn nứt so sánh được. Cụ thể, việc thử nghiệm độ cứng bút chì trên các vật phẩm nhiều lớp 100a-c có thể được thực hiện theo phương pháp thử nghiệm ASTM D3363. Bút chì được đặt trong kẹp góc và làm xước qua bề mặt của vật phẩm nhiều lớp 100a-c trên cạnh của màng cứng 110 với lực đủ để nghiền vỡ graphit của bút chì. Theo đó, trị số độ cứng bút chì lớn nhất trong thử nghiệm ASTM D3363 có liên quan đến bút chì thông thường cứng nhất, bút chì 9H. Theo một số cách thức thực hiện, vật phẩm nhiều lớp 100a-c còn khác biệt ở chỗ độ cứng bút chì là 9H hoặc lớn hơn.

Theo một hoặc nhiều phương án về các vật phẩm nhiều lớp 100a, 100b, 100c, sự biến đổi đối với mặt phân giới hiệu quả 140 giữa màng cứng 110 và lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 bao gồm việc ngăn ngừa một hoặc nhiều vết nứt từ việc tạo cầu từ một trong số màng 110 hoặc lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 vào trong phần kia của màng 110 hoặc lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120, đồng thời duy trì các đặc tính chức năng khác của màng 110 và/hoặc vật phẩm. Theo một hoặc nhiều phương án cụ thể, như được minh họa trên các Fig. 1A, 1B và 1C, sự biến đổi của các đặc tính mặt phân giới bao gồm bố trí composit làm giảm rạn nứt 130a, 130b, 130c giữa lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 và màng cứng 110. Theo một hoặc nhiều phương án, composit làm giảm rạn nứt 130a, 130b, 130c được bố trí trên lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 và tạo ra mặt phân giới thứ nhất 150, và màng 110 được bố trí trên composit làm giảm rạn nứt 130a, 130b, 130c tạo ra mặt phân giới thứ hai 160. Mặt phân giới hiệu quả 140 bao gồm mặt phân giới thứ nhất 150, mặt phân giới thứ hai 160 và/hoặc composit làm giảm rạn nứt 130a, 130b, 130c.

Đối với các vật phẩm nhiều lớp 100a-c được thể hiện trên các Fig. 1A-1C, thuật ngữ “màng cứng,” như được áp dụng cho màng cứng 110 và/hoặc các màng khác được kết hợp vào trong vật phẩm 100a, 100b, 100c, bao gồm một hoặc nhiều lớp mà được tạo ra bằng phương pháp bất kỳ đã biết trong lĩnh vực này, bao gồm các quy trình lắng phủ riêng rẽ hoặc lắng phủ liên tục. Các lớp như vậy của màng cứng có thể tiếp xúc trực tiếp với nhau. Các lớp này có thể được tạo ra từ cùng vật liệu hoặc nhiều hơn một vật liệu khác. Theo một hoặc nhiều phương án thay thế, các lớp này có thể có các lớp xen giữa bằng các vật liệu khác được bố trí giữa chúng. Theo một hoặc nhiều phương án, màng cứng 110 có thể bao gồm một hoặc nhiều lớp liền nhau và không bị ngắt quãng và/hoặc một hoặc nhiều lớp không liên tục và bị gián đoạn (tức là lớp có các vật liệu khác nhau được tạo ra sát nhau).

Như được sử dụng trong bản mô tả này (ví dụ, liên quan đến các vật phẩm nhiều lớp 100a, 100b, 100c), thuật ngữ “bố trí” bao gồm việc phủ, lắng phủ và/hoặc tạo ra vật liệu lên trên bề mặt bằng cách sử dụng phương pháp bất kỳ đã biết trong lĩnh vực này. Vật liệu được bố trí có thể cấu thành lớp hoặc màng như được xác định trong bản mô tả này. Cụm từ “được bố trí trên” bao gồm trường hợp tạo ra vật liệu lên trên bề mặt sao cho vật liệu này tiếp xúc trực tiếp với bề mặt và cũng bao gồm trường hợp trong đó vật liệu được tạo ra trên bề mặt, trong đó một hoặc nhiều vật liệu xen giữa nằm giữa vật liệu được bố trí và bề mặt này. (Các) vật liệu xen giữa có thể cấu thành lớp hoặc màng, như được xác định trong bản mô tả này.

Như được sử dụng trong bản mô tả này, thuật ngữ “độ bền uốn trung bình” được dự định chỉ độ bền uốn của vật liệu chứa thủy tinh (ví dụ, vật phẩm và/hoặc lớp nền trên cơ sở thủy tinh), như được thử nghiệm bằng các phương pháp thử nghiệm vòng trên vòng (ring-on-ring) (trong bản mô tả này cũng được gọi là “ROR”). Thuật ngữ “trung bình” khi được sử dụng liên quan đến độ bền uốn trung bình hoặc đặc tính bất kỳ khác là dựa trên trung bình toán học của các kết quả đo của đặc tính này trên 5 mẫu hoặc nhiều hơn. Độ bền uốn trung bình có thể dùng để chỉ tham số tỷ lệ của thống kê Weibull hai tham số của tải trọng phá hỏng dưới thử nghiệm vòng trên vòng. Tham số tỷ lệ này cũng được gọi là độ bền đặc trưng Weibull, tại đó xác suất phá hỏng của vật liệu là 63,2%. Theo nghĩa rộng hơn, độ bền uốn trung bình cũng có thể được xác định bằng các thử nghiệm khác, ví dụ, thử nghiệm rơi bóng, trong đó độ bền uốn của bề mặt thủy tinh được mô tả đặc điểm bởi độ cao rơi bóng mà có thể chịu được mà không phá hỏng. Độ bền của bề mặt thủy tinh cũng có thể được thử nghiệm trong cấu hình thiết bị, trong đó đồ gia dụng hoặc thiết bị chứa vật phẩm bằng vật liệu chứa thủy tinh (ví dụ, vật phẩm và/hoặc lớp nền trên cơ sở thủy tinh) được cho rơi theo các hướng khác nhau mà có thể tạo ra ứng suất uốn bề mặt. Trong một số trường

hợp, độ bền uốn trung bình có thể cũng kết hợp độ bền như được thử nghiệm bằng các phương pháp khác đã biết trong lĩnh vực này, ví dụ, thử nghiệm uốn 3 điểm hoặc uốn 4 điểm. Trong một số trường hợp, các phương pháp thử nghiệm này có thể bị ảnh hưởng một cách đáng kể bởi độ bền cạnh của vật phẩm.

Như được sử dụng trong bản mô tả này, các thuật ngữ “cầu nối” và “tạo cầu” có thể thay cho nhau, và được dùng để chỉ việc tạo ra vết nứt, vết rạn hoặc chỗ khuyết và sự phát triển của vết nứt, vết rạn hoặc chỗ khuyết như vậy về kích thước và/hoặc sự lan truyền từ một vật liệu, lớp hoặc màng vào trong một vật liệu, lớp hoặc màng khác. Ví dụ, việc tạo cầu bao gồm trường hợp trong đó vết nứt có mặt trong màng cứng 110 lan truyền vào trong một vật liệu, lớp hoặc màng khác (ví dụ, lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120). Các thuật ngữ “cầu nối” hoặc “tạo cầu” cũng bao gồm trường hợp trong đó vết nứt đi qua mặt phân giới giữa các vật liệu khác nhau, các lớp khác nhau và/hoặc các màng khác nhau. Các vật liệu, các lớp và/hoặc các màng này không cần tiếp xúc trực tiếp với nhau để vết nứt tạo cầu giữa các vật liệu, các lớp và/hoặc các màng này. Ví dụ, vết nứt có thể tạo cầu từ vật liệu thứ nhất vào trong vật liệu thứ hai, không tiếp xúc trực tiếp với vật liệu thứ nhất, bằng cách tạo cầu thông qua vật liệu trung gian được bố trí giữa vật liệu thứ nhất và thứ hai. Tình huống giống nhau có thể áp dụng cho các lớp và các màng và các tổ hợp của các vật liệu, các lớp và các màng. Trong các vật phẩm nhiều lớp 100a, 100b, 100c, như được mô tả trong bản mô tả này (xem các Fig. 1A-1C), vết nứt có thể bắt nguồn trong một trong số màng cứng 110 hoặc lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 và tạo cầu vào trong phần tử còn lại trong số màng cứng 110 hoặc lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 qua mặt phân giới hiệu quả 140 (và đặc biệt là qua mặt phân giới thứ nhất 150 và mặt phân giới thứ hai 160).

Như sẽ được mô tả trong bản mô tả này liên quan đến các vật phẩm nhiều lớp 100a, 100b, 100c, composit làm giảm rạn nứt 130a, 130b, 130c có thể làm lệch các vết nứt khỏi việc tạo cầu giữa màng cứng 110 và lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120, không phụ thuộc vào nơi vết nứt bắt nguồn (tức là màng 110 hoặc lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120). Tương tự như vậy, composit làm giảm rạn nứt 130a, 130b, 130c của các vật phẩm nhiều lớp 100a, 100b, 100c có thể làm lệch các vết nứt khỏi việc tạo cầu giữa composit làm giảm rạn nứt 130a, 130b, 130c và lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120. Việc làm lệch vết nứt có thể bao gồm ít nhất là sự bong lớp một phần của composit làm giảm rạn nứt 130a, 130b, 130c ra khỏi màng 110 và/hoặc lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120, như được mô tả trong bản mô tả này, khi tạo cầu vết nứt từ một vật liệu (ví dụ, màng 110, lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 hoặc composit làm giảm rạn nứt 130a, 130b, 130c) đến một vật liệu khác (ví dụ, màng 110, lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 hoặc composit làm giảm rạn nứt 130a, 130b, 130c). Sự làm lệch vết nứt cũng có thể

bao gồm việc làm cho vết nứt lan truyền qua composit làm giảm rạn nứt 130a-c thay vì lan truyền vào trong màng 110 và/hoặc lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120. Trong các trường hợp như vậy, composit làm giảm rạn nứt 130a-c có thể tạo ra mặt phân giới có độ bám chắc thấp ở mặt phân giới hiệu quả 140 mà tạo điều kiện thuận lợi cho sự lan truyền vết nứt thông qua composit làm giảm rạn nứt thay vì vào trong lớp nền trên cơ sở thủy tinh hoặc màng. Kiểu cơ chế này có thể được mô tả dưới dạng làm lệch vết nứt dọc theo mặt phân giới hiệu quả 140.

Phân tích cơ học phá hủy lý thuyết sau minh họa các cách được chọn trong đó các vết nứt có thể tạo cầu hoặc có thể được làm giảm trong vật phẩm nhiều lớp, ví dụ, các vật phẩm nhiều lớp 100a, 100b, 100c (xem các Fig. 1A-1C). Fig. 2 là sơ đồ minh họa sự có mặt của vết nứt trong màng được bố trí trên lớp nền trên cơ sở thủy tinh và phương thức tạo cầu hoặc làm giảm có thể của nó. Các phần tử được đánh số trên Fig. 2 là lớp nền trên cơ sở thủy tinh 40 (ví dụ, so sánh được với lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 trên các Fig. 1A-1C), màng 42 (ví dụ, so sánh được với màng cứng 110) ở trên cùng của bề mặt (không được đánh số) của lớp nền trên cơ sở thủy tinh 40, sự làm lệch hai bên 44 vào trong mặt phân giới giữa lớp nền trên cơ sở thủy tinh 40 và màng 42, sự triệt tiêu 46 (mà là vết nứt được bắt đầu phát triển trong màng 42 nhưng hoàn toàn không đi qua màng 42), “uốn gập” 48 (mà là vết nứt được phát triển trong bề mặt của màng 42, nhưng khi nó đã đạt tới bề mặt của lớp nền trên cơ sở thủy tinh 40 nó không xuyên trực tiếp vào trong lớp nền trên cơ sở thủy tinh 40, mà thay vào đó di chuyển theo chiều ngang như được biểu thị trên Fig. 2 và sau đó, xuyên qua bề mặt của lớp nền trên cơ sở thủy tinh 40 ở một vị trí khác), vết nứt xuyên 41 mà được phát triển trong màng 42 và được xuyên vào trong lớp nền trên cơ sở thủy tinh 40, và sự làm lệch một bên 43. Fig. 2 cũng thể hiện đồ thị của sự kéo so với sự nén (tức là phần tử 47) trong lớp nền trên cơ sở thủy tinh 40 được so sánh với trục không (tức là phần tử 45) như có thể được gây ra bởi lớp nền trên cơ sở thủy tinh 40 bởi sự xáo trộn hóa học và/hoặc nhiệt, trong đó các bề mặt của lớp nền trên cơ sở thủy tinh bị nén (bao gồm ứng suất nén), và phần tâm bị kéo (bao gồm ứng suất kéo). Vì vậy, phần của phần tử 47 sang bên phải của trục không (tức là phần tử 45) là chỉ thị về ứng suất nén và phần của phần tử 47 sang bên trái của trục không là chỉ thị về ứng suất kéo. Như được minh họa, khi đặt tải trọng bên ngoài vào (trong các trường hợp này, việc tải sức căng là tình huống bất lợi nhất), các vết rạn trong màng có thể được kích hoạt ưu tiên để tạo ra các vết nứt (ví dụ, sự làm lệch vết nứt 44) trước khi phát triển các vết nứt trong lớp nền trên cơ sở thủy tinh 40 được nén hoặc được gia cường dư. Trong các tình huống được minh họa trên Fig. 2, với sự tăng tiếp tục của tải trọng bên ngoài, các vết nứt sẽ tạo cầu cho đến khi chúng gặp phải lớp nền trên cơ sở thủy tinh. Khi các vết

nứt, từ sự bắt nguồn trong màng 42, tiến đến bề mặt của lớp nền trên cơ sở thủy tinh 40, thì phương thức tạo cầu có thể của vết nứt là: (a) xuyên vào trong lớp nền trên cơ sở thủy tinh mà không thay đổi đường đi của nó như được thể hiện bằng số 41; (b) làm lệch vào trong một bên dọc theo mặt phân giới giữa màng và lớp nền trên cơ sở thủy tinh như được biểu thị bằng số 43; (c) làm lệch vào trong hai bên dọc theo mặt phân giới như được biểu thị bằng số 44; (d) làm lệch thứ nhất dọc theo mặt phân giới và sau đó uốn gập vào trong lớp nền trên cơ sở thủy tinh như được biểu thị bằng số 48; hoặc (e) triệt tiêu vết nứt như được biểu thị bằng 46 do cơ chế biến dạng hiển vi, ví dụ, tính mềm dẻo, làm nhứt ở phạm vi nano, hoặc làm lệch ở phạm vi nano ở đầu vết nứt. Các vết nứt có thể bắt nguồn trong màng và có thể tạo cầu vào trong lớp nền trên cơ sở thủy tinh. Phương thức tạo cầu được mô tả trên đây cũng áp dụng được tại nơi các vết nứt bắt nguồn trong lớp nền trên cơ sở thủy tinh và tạo cầu vào trong màng, ví dụ, tại nơi các vết nứt hoặc các vết rạn đang tồn tại từ trước trong lớp nền trên cơ sở thủy tinh có thể gây ra hoặc tạo nguyên nhân các vết nứt hoặc các vết rạn trong màng, do đó dẫn đến sự phát triển hoặc lan truyền vết nứt từ lớp nền trên cơ sở thủy tinh vào trong màng, khiến tạo cầu vết nứt.

Việc xuyên vết nứt vào trong lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 và/hoặc màng cứng 110 làm giảm độ bền uốn trung bình của các vật phẩm nhiều lớp 100a, 100b, 100c (xem các Fig. 1A-1C) và lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 so với độ bền uốn trung bình của lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 riêng rẽ (tức là không có màng cứng 110 và/hoặc composit làm giảm rạn nứt 130a-c), trong khi việc làm lệch vết nứt, làm nhứt vết nứt hoặc triệt tiêu vết nứt (gọi chung trong bản mô tả này là làm giảm rạn nứt) giúp giữ độ bền uốn trung bình của các vật phẩm. “Làm nhứt vết nứt” và “triệt tiêu vết nứt” có thể được phân biệt so với nhau. “Làm nhứt vết nứt” có thể bao gồm bán kính đầu vết nứt tăng dần, ví dụ, thông qua cơ chế biến dạng dẻo hoặc cong oằn. Mặt khác, “triệt tiêu vết nứt” có thể bao gồm một số cơ chế khác nhau, ví dụ, gập ứng suất nén cao ở đầu vết nứt; sự giảm yếu tổ cường độ ứng suất ở đầu vết nứt do sự có mặt của lớp xen giữa có môđun đàn hồi thấp hoặc sự chuyển tiếp mặt phân giới có môđun đàn hồi thấp sang môđun đàn hồi cao; làm lệch vết nứt ở phạm vi nano hoặc trạng thái uốn khúc của vết nứt như trong một số vật liệu đa tinh thể hoặc composit; và việc hóa cứng ứng suất ở đầu vết nứt, và các cơ chế tương tự. Các phương thức làm lệch vết nứt khác nhau sẽ được mô tả trong bản mô tả này.

Không bị ràng buộc bởi lý thuyết, các con đường tạo cầu vết nứt có thể nhất định có thể được phân tích trong ngữ cảnh cơ học phá hủy đàn hồi tuyến tính. Trong các đoạn sau, một con đường vết nứt được sử dụng làm ví dụ và khái niệm cơ học phá hủy được áp dụng cho con đường vết nứt để phân tích vấn đề và minh họa các tham số

vật liệu mong muốn để giúp giữ hiệu quả độ bền uốn trung bình của vật phẩm đối với một phạm vi cụ thể của các đặc tính vật liệu.

Fig. 3 thể hiện sự minh họa của khung mô hình lý thuyết. Đây là sơ đồ được đơn giản hóa của vùng mặt phân giới giữa màng 52 (ví dụ, màng 52 là so sánh được với màng cứng 110 trong các vật phẩm nhiều lớp 100a-100c) và lớp nền trên cơ sở thủy tinh 50 (ví dụ, lớp nền 40 là so sánh được với lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 trong các vật phẩm nhiều lớp 100a-100c). Các thuật ngữ μ_1 , E_1 , ν_1 , và μ_2 , E_2 , ν_2 , là các môđun cắt tương ứng tính theo đơn vị Pa, môđun Young (môđun đàn hồi) tính theo đơn vị Pa, tỷ lệ Poisson (không có đơn vị) của lớp nền trên cơ sở thủy tinh và vật liệu màng, $\Gamma_c^{Thủy tinh}$ và Γ_c^{IT} lần lượt là tốc độ giải phóng năng lượng tới hạn của lớp nền trên cơ sở thủy tinh và mặt phân giới giữa lớp nền và màng, tính theo đơn vị J/m².

Các tham số chung để đặc trưng cho sự không khớp đàn hồi giữa màng và lớp nền là các tham số Dundurs α và β , như được xác định dưới đây

$$\alpha = \frac{\bar{E}_1 - \bar{E}_2}{\bar{E}_1 + \bar{E}_2} \quad (1)$$

trong đó $\bar{E} = E/(1-\nu^2)$ đại diện cho biến dạng đơn giản và

$$\beta = \frac{1}{2} \frac{\mu_1(1-2\nu_2) - \mu_2(1-2\nu_1)}{\mu_1(1-\nu_2) + \mu_2(1-\nu_1)} \quad (2)$$

Cần chỉ ra rằng tốc độ giải phóng năng lượng tới hạn có liên quan chặt chẽ với độ bền chống gãy của vật liệu thông qua mối quan hệ được xác định dưới dạng

$$\Gamma = \frac{1-\nu^2}{E} K_C^2 \quad (3)$$

Theo giả định rằng có vết rạn đang tồn tại từ trước trong màng, khi tải sức căng vết nứt sẽ mở rộng theo chiều dọc xuống như được thể hiện trên Fig. 3. Ngay ở mặt phân giới, vết nứt có xu hướng lệch dọc theo mặt phân giới nếu

$$\frac{G_d}{G_p} \geq \frac{\Gamma_c^{IT}}{\Gamma_c^{Thủy tinh}} \quad (4)$$

và vết nứt sẽ xuyên vào trong lớp nền trên cơ sở thủy tinh nếu

$$\frac{G_{dc}}{G_{pc}} < \frac{\Gamma_c^{IT}}{\Gamma_c^{Thủy tinh}} \quad (5)$$

trong đó G_d và G_p lần lượt là tốc độ giải phóng năng lượng của vết nứt đi lệch dọc theo mặt phân giới và vết nứt đi xuyên vào trong lớp nền trên cơ sở thủy tinh. Ở vế trái của các phương trình (4) và (5), tỷ lệ G_d/G_p là hàm mạnh của tham số không khớp

đàn hồi α và phụ thuộc yếu vào β ; và ở vế phải, tỷ lệ độ bám chắc $\Gamma_c^{IT}/\Gamma_c^{Thủy tinh}$ là tham số vật liệu.

Fig. 4 minh họa bằng đồ thị xu hướng của G_d/G_p dưới dạng hàm của tham số không khớp đàn hồi α , được mô phỏng từ sự tham chiếu đối với các vết nứt đi lệch hai lần. (Xem Ming-Yuan, H. and J.W. Hutchinson, “Crack deflection at an interface between dissimilar elastic materials,” *International Journal of Solids and Structures*, 1989, 25(9): pp. 1053-1067.)

Rõ ràng là tỷ lệ G_d/G_p phụ thuộc mạnh vào α . α âm có nghĩa là màng cứng hơn so với lớp nền trên cơ sở thủy tinh và α dương có nghĩa là màng mềm hơn so với lớp nền trên cơ sở thủy tinh. Tỷ lệ độ bám chắc $\Gamma_c^{IT}/\Gamma_c^{Thủy tinh}$, mà không phụ thuộc vào α , là đường nằm ngang trên Fig. 4. Nếu tiêu chuẩn trong phương trình (4) được thỏa mãn, trên Fig. 4, ở vùng phía trên đường nằm ngang, vết nứt có xu hướng lệch dọc theo mặt phân giới mà có thể có lợi đối với việc duy trì độ bền uốn trung bình của lớp nền. Mặt khác, nếu tiêu chuẩn trong phương trình (5) được thỏa mãn, trên Fig. 4, ở vùng phía dưới đường nằm ngang, vết nứt có xu hướng xuyên vào trong lớp nền trên cơ sở thủy tinh mà dẫn đến sự suy giảm độ bền uốn trung bình của vật phẩm, đặc biệt là các vật phẩm sử dụng lớp nền trên cơ sở thủy tinh được gia cường hoặc bền vững như được mô tả ở phần khác trong bản mô tả này.

Đối với khái niệm trên, màng indi-thiếc-oxit (indium-tin-oxide - ITO) (ví dụ, như màng cứng 110 bao gồm ITO) được sử dụng làm ví dụ minh họa theo phân tích sau. Đối với lớp nền trên cơ sở thủy tinh, $E_1 = 72$ GPa, $\nu_1 = 0,22$, và $K_{Ic} = 0,7$ MPa·m^{1/2}; đối với ITO, $E_2 = 99,8$ GPa, và $\nu_2 = 0,25$. (Zeng, K., et al., “Investigation of mechanical properties of transparent conducting oxide thin films.” *Thin Solid Films*, 2003, 443(1–2): pp. 60-65.) Độ bám chắc của mặt phân giới giữa màng ITO và lớp nền trên cơ sở thủy tinh có thể xấp xỉ là $\Gamma_m = 5$ J/m², tùy thuộc vào các điều kiện lắng phủ. (Cotterell, B. and Z. Chen, “Buckling and cracking of thin films on compliant substrates under compression,” *International Journal of Fracture*, 2000, 104(2): pp. 169-179.) Điều này thu được tham số không khớp đàn hồi $\alpha = -0,17$ và $\Gamma_c^{IT}/\Gamma_c^{Thủy tinh} = 0,77$. Các trị số này được vẽ đồ thị trên Fig. 4. Phân tích sự nứt gãy này dự đoán rằng sự xuyên vết nứt vào trong lớp nền trên cơ sở thủy tinh đối với màng ITO này sẽ được ưu tiên, điều này dẫn đến sự suy giảm độ bền uốn trung bình của lớp nền trên cơ sở thủy tinh, đặc biệt là lớp nền trên cơ sở thủy tinh mà được gia cường hoặc bền vững. Điều này được tin tưởng là một trong số các cơ chế cơ bản tiềm năng quan sát được với các màng cứng khác nhau, bao gồm các màng chứa indi-thiếc-oxit hoặc các oxit dẫn điện trong suốt khác, silic nitrua, và các màng cứng khác được bố trí trên lớp nền trên cơ sở thủy tinh, kể cả lớp nền trên cơ sở thủy tinh được gia cường

hoặc bền vững. Như được thể hiện trên Fig. 4, một cách để làm giảm sự suy giảm độ bền uốn trung bình có thể là lựa chọn các vật liệu thích hợp để thay đổi tham số không khớp đàn hồi α (tức là “Lựa chọn 1,” mà liên quan đến sự dịch chuyển trị số không khớp đàn hồi α sang bên phải) hoặc điều chỉnh độ bám chắc mặt phân giới (tức là “Lựa chọn 2,” mà liên quan đến sự dịch chuyển trị số Gd/Gp xuống dưới).

Phân tích lý thuyết được phác họa trên đây gợi ý rằng composit làm giảm rạn nứt 130a, 130b, 130c có thể được sử dụng để giữ tốt hơn độ bền của các vật phẩm nhiều lớp lần lượt là 100a, 100b, 100c. Cụ thể là, việc xen composit làm giảm rạn nứt 130a, 130b, 130c vào giữa lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 và màng cứng 110 làm giảm vết nứt, như được xác định trong bản mô tả này, một con đường được ưu tiên hơn và do đó, vật phẩm này có thể giữ tốt hơn độ bền của nó. Theo một số phương án, composit làm giảm rạn nứt 130a, 130b, 130c tạo điều kiện thuận lợi cho việc làm lệch vết nứt, như sẽ được mô tả chi tiết hơn trong bản mô tả này.

Lớp nền trên cơ sở thủy tinh

Tham chiếu đến các Fig. 1A-1C, các vật phẩm nhiều lớp 100a, 100b, 100c bao gồm lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120, mà có thể được gia cường hoặc bền vững, như được mô tả trong bản mô tả này, có các bề mặt chính đối diện 122, 124. Vật phẩm nhiều lớp 100a, 100b, 100c cũng bao gồm màng cứng 110 được bố trí trên ít nhất một bề mặt chính đối diện (122 hoặc 124) của lớp nền. Ngoài ra, các vật phẩm nhiều lớp 100a, 100b, 100c bao gồm composit làm giảm rạn nứt 130a, 130b, 130c. Đối với các vật phẩm 100a, 100b, 100c, composit làm giảm rạn nứt 130a, 130b, 130c được bố trí giữa màng cứng 110 và lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120. Theo một hoặc nhiều phương án thay thế, composit làm giảm rạn nứt 130a, 130b, 130c và/hoặc màng cứng 110 có thể được bố trí trên (các) bề mặt phụ của lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 (ví dụ, mép của lớp nền vuông góc với các bề mặt chính đối diện 122, 124) ngoài hoặc thay vì được bố trí trên ít nhất một bề mặt chính (ví dụ, các bề mặt 122 hoặc 124) hoặc có thể được bố trí trên cả hai bề mặt chính.

Như được sử dụng trong bản mô tả này, lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 có thể là các tấm gần như phẳng, mặc dù các phương án khác có thể sử dụng lớp nền trên cơ sở thủy tinh cong hoặc mặt khác được khắc hoặc tạo hình dạng. Lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 có thể gần như trong suốt và không có sự tán xạ ánh sáng. Lớp nền trên cơ sở thủy tinh có thể có chỉ số khúc xạ nằm trong khoảng từ khoảng 1,45 đến khoảng 1,55. Theo một hoặc nhiều phương án, lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 có thể được gia cường hoặc được đặc trưng là bền vững, như sẽ được mô tả chi tiết hơn trong bản mô tả này. Lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 có thể tương đối mới nguyên và không có vết rạn (ví dụ, có số lượng vết rạn bề mặt thấp hoặc kích thước vết rạn bề

mặt trung bình nhỏ hơn khoảng 1 micron) trước quá trình gia cường này. Trường hợp lớp nền trên cơ sở thủy tinh được gia cường hoặc bền vững 120 được sử dụng, các lớp nền như vậy có thể được đặc trưng là có độ bền uốn trung bình cao (khi so sánh với lớp nền trên cơ sở thủy tinh mà không được gia cường hoặc bền vững) hoặc độ biến dạng đến phá hỏng của bề mặt cao (khi so sánh với lớp nền trên cơ sở thủy tinh mà không được gia cường hoặc bền vững) trên một hoặc nhiều bề mặt đối diện chính của lớp nền này.

Ngoài ra hoặc theo cách khác, độ dày 12 của lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 có thể thay đổi theo một hoặc nhiều kích thước của nó vì các lý do thẩm mỹ và/hoặc chức năng. Ví dụ, các mép của lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 có thể dày hơn so với các vùng trung tâm hơn của lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120. Các kích thước chiều dài, chiều rộng và độ dày của lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 cũng có thể thay đổi theo ứng dụng hoặc công dụng của vật phẩm 100a, 100b, 100c.

Lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120, theo một hoặc nhiều phương án, có độ bền uốn trung bình mà có thể được đo trước và sau khi lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 được kết hợp với màng cứng 110, composit làm giảm rạn nứt 130a, 130b, 130c và/hoặc các màng hoặc các lớp khác. Theo một hoặc nhiều phương án được mô tả trong bản mô tả này, các vật phẩm nhiều lớp 100a, 100b, 100c giữ được độ bền uốn trung bình của chúng sau khi kết hợp lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 với màng cứng 110, composit làm giảm rạn nứt 130a, 130b, 130c và/hoặc các màng, các lớp hoặc các vật liệu khác, khi so sánh với độ bền uốn trung bình của lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 trước khi kết hợp như vậy. Nói cách khác, độ bền uốn trung bình của các vật phẩm 100a, 100b, 100c gần như giống nhau trước và sau khi màng cứng 110, composit làm giảm rạn nứt 130a, 130b, 130c và/hoặc các màng hoặc các lớp khác được bố trí trên lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120. Theo một hoặc nhiều phương án, các vật phẩm 100a, 100b, 100c có độ bền uốn trung bình mà lớn hơn đáng kể độ bền uốn trung bình của các vật phẩm tương tự mà không bao gồm composit làm giảm rạn nứt 130a, 130b, 130c (ví dụ, trị số độ bền cao hơn so với vật phẩm mà bao gồm màng cứng 110 và lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 được tiếp xúc trực tiếp, mà không có composit làm giảm rạn nứt xen giữa 130a, 130b, 130c). Theo các phương án khác, các vật phẩm 100a, 100b, 100c có độ bền uốn trung bình là 50% hoặc lớn hơn của độ bền uốn trung bình của các vật phẩm tương tự bao gồm lớp nền trên cơ sở thủy tinh riêng rẽ (tức là không có các lớp phủ hoặc các màng khác).

Theo một hoặc nhiều phương án, lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 có độ biến dạng đến phá hỏng trung bình mà có thể được đo trước và sau khi lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 được kết hợp với màng cứng 110, composit làm giảm rạn nứt 130a,

130b, 130c và/hoặc các màng hoặc các lớp khác. Thuật ngữ “độ biến dạng đến phá hỏng trung bình” được dùng để chỉ biến dạng tại đó các vết nứt lan truyền mà không tác động tải trọng bổ sung, thường dẫn đến sự cố bất ngờ trong vật liệu, lớp hoặc màng được chỉ ra và, thậm chí có thể tạo cầu với một vật liệu, lớp, hoặc màng khác, như được mô tả trong bản mô tả này. Độ biến dạng đến phá hỏng trung bình có thể được đo bằng cách sử dụng, ví dụ, thử nghiệm bóng trên vòng. Không bị ràng buộc bởi lý thuyết, độ biến dạng đến phá hỏng trung bình có thể liên quan trực tiếp với độ bền uốn trung bình bằng cách sử dụng sự chuyển đổi toán học thích hợp. Theo các phương án cụ thể, lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120, mà có thể được gia cường hoặc bền vững như được mô tả trong bản mô tả này, có độ biến dạng đến phá hỏng trung bình là 0,5% hoặc lớn hơn, 0,6% hoặc lớn hơn, 0,7% hoặc lớn hơn, 0,8% hoặc lớn hơn, 0,9% hoặc lớn hơn, 1% hoặc lớn hơn, 1,1% hoặc lớn hơn, 1,2% hoặc lớn hơn, 1,3% hoặc lớn hơn, 1,4% hoặc lớn hơn, 1,5% hoặc lớn hơn hoặc thậm chí 2% hoặc lớn hơn, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên. Trừ khi có chỉ dẫn khác, các con số độ biến dạng đến phá hỏng trung bình được nêu trong bản mô tả này được xác định bằng thử nghiệm vòng trên vòng. Theo các phương án cụ thể, lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 có độ biến dạng đến phá hỏng trung bình là 1,2%, 1,4%, 1,6%, 1,8%, 2,2%, 2,4%, 2,6%, 2,8% hoặc 3% hoặc lớn hơn, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên. Độ biến dạng đến phá hỏng trung bình của màng 110 có thể nhỏ hơn độ biến dạng đến phá hỏng trung bình của lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 và/hoặc độ biến dạng đến phá hỏng trung bình của composit làm giảm rạn nứt 130a-c. Không bị ràng buộc bởi lý thuyết, tin tưởng rằng độ biến dạng đến phá hỏng trung bình của lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 hoặc vật liệu khác bất kỳ phụ thuộc vào chất lượng bề mặt của vật liệu này. So với lớp nền trên cơ sở thủy tinh, ví dụ, các lớp nền 120, độ biến dạng đến phá hỏng trung bình của lớp nền trên cơ sở thủy tinh cụ thể phụ thuộc vào các điều kiện quy trình trao đổi ion hoặc gia cường được sử dụng ngoài hoặc thay vì chất lượng bề mặt của lớp nền trên cơ sở thủy tinh. Theo một số phương án, lớp nền trên cơ sở thủy tinh có thể có môđun đàn hồi từ khoảng 55 GPa đến khoảng 100 GPa, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên. Theo các phương án khác, lớp nền trên cơ sở thủy tinh có thể có môđun đàn hồi từ khoảng 55 GPa đến khoảng 80 GPa. Ngoài ra, các cách thức thực hiện khác sử dụng lớp nền trên cơ sở thủy tinh với môđun đàn hồi từ 60 GPa đến 90 GPa. Các trị số môđun đàn hồi của lớp nền trên cơ sở thủy tinh được nêu trong sáng chế được đo bằng cách sử dụng quang phổ siêu âm cộng hưởng.

Theo một hoặc nhiều phương án, lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 giữ được độ biến dạng đến phá hỏng trung bình của nó sau khi kết hợp với màng cứng 110,

composit làm giảm rạn nứt 130a, 130b, 130c và/hoặc các màng hoặc các lớp khác. Nói cách khác, độ biến dạng đến phá hỏng trung bình của lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 là gần như giống nhau trước và sau khi màng cứng 110, composit làm giảm rạn nứt 130a-c và/hoặc các màng hoặc các lớp khác được bố trí trên lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120. Theo một hoặc nhiều phương án, các vật phẩm 100a, 100b, 100c có độ biến dạng đến phá hỏng trung bình lớn hơn đáng kể độ biến dạng đến phá hỏng trung bình của các vật phẩm tương tự mà không bao gồm composit làm giảm rạn nứt 130a-c (ví dụ, độ biến dạng đến phá hỏng cao hơn so với vật phẩm mà bao gồm màng cứng 110 và lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 được tiếp xúc trực tiếp, mà không có composit làm giảm rạn nứt xen giữa). Ví dụ, các vật phẩm 100a, 100b, 100c có thể có độ biến dạng đến phá hỏng trung bình cao hơn 10% hoặc lớn hơn, cao hơn 25%, cao hơn 50%, cao hơn 100%, cao hơn 200% hoặc cao hơn 300%, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên, so với độ biến dạng đến phá hỏng trung bình của các vật phẩm tương tự mà không bao gồm composit làm giảm rạn nứt 130a, 130b, 130c. Tương tự, các vật phẩm nhiều lớp 100a, 100b, 100c có thể được đặc trưng bởi độ biến dạng đến phá hỏng trung bình lớn hơn khoảng 0,5%, lớn hơn khoảng 0,8%, lớn hơn khoảng 1%, lớn hơn khoảng 1,2%, lớn hơn khoảng 1,4%, và tất cả các trị số độ biến dạng đến phá hỏng trung bình dưới ngưỡng giữa các mức này.

Lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 có thể được tạo ra bằng cách sử dụng nhiều quy trình khác nhau. Ví dụ, các phương pháp tạo ra lớp nền trên cơ sở thủy tinh bao gồm quy trình xử lý thủy tinh nổi, quy trình cán áp lực, các quy trình tạo hình ống, quy trình kéo lên, và quy trình kéo xuống, ví dụ, kéo nóng chảy và kéo qua khe. Trong quy trình xử lý thủy tinh nổi, lớp nền trên cơ sở thủy tinh mà có thể được đặc trưng bởi các bề mặt nhẵn và độ dày đồng đều được tạo ra bằng cách thả nổi thủy tinh nóng chảy trên tầng kim loại nóng chảy, thường là thiếc. Theo một ví dụ xử lý, thủy tinh nóng chảy được nạp lên trên bề mặt của tầng thiếc nóng chảy tạo ra dải thủy tinh nổi. Do dải thủy tinh chảy dọc theo bề thiếc, nhiệt độ được giảm dần dần cho đến khi dải thủy tinh hóa rắn thành lớp nền trên cơ sở thủy tinh rắn mà có thể được nâng lên khỏi thiếc lên trên các con lăn. Ngay khi ra khỏi bể, lớp nền trên cơ sở thủy tinh này có thể được làm nguội tiếp và được ủ để làm giảm ứng suất nội.

Quy trình kéo xuống tạo ra lớp nền trên cơ sở thủy tinh có độ dày đồng đều mà có thể có các bề mặt tương đối mới nguyên. Do độ bền uốn trung bình của lớp nền trên cơ sở thủy tinh được kiểm soát bởi tần suất, lượng và/hoặc kích thước của các vết rạn bề mặt, bề mặt mới nguyên mà có sự tiếp xúc tối thiểu có độ bền ban đầu cao hơn. Khi lớp nền trên cơ sở thủy tinh có độ bền cao này sau đó được gia cường tiếp (ví dụ, về mặt hóa học hoặc nhiệt học), độ bền thu được có thể cao hơn so với độ bền của lớp

nền trên cơ sở thủy tinh có bề mặt mà đã được mài và được đánh bóng. Lớp nền trên cơ sở thủy tinh được kéo xuống có thể được kéo đến độ dày nhỏ hơn khoảng 2 mm. Ngoài ra, lớp nền trên cơ sở thủy tinh được kéo xuống có thể có bề mặt rất phẳng, nhẵn mà có thể được sử dụng ở dạng ứng dụng cuối của nó, mà không cần quy trình mài và đánh bóng tốn tiền.

Quy trình kéo nóng chảy, ví dụ, sử dụng bể kéo mà có rãnh để tiếp nhận vật liệu thô nóng chảy. Rãnh có các đập tràn mà mở ở đỉnh dọc theo chiều dài của rãnh trên cả hai bên của rãnh. Khi rãnh được nạp nguyên liệu nóng chảy, nguyên liệu nóng chảy này chảy tràn các đập tràn. Do trọng lực, nguyên liệu nóng chảy chảy xuống các bề mặt ngoài của bể kéo dưới dạng hai màng chảy. Các bề mặt ngoài này của bể kéo kéo dài xuống và vào phía trong sao cho chúng nối liền ở mép dưới bể kéo. Hai màng chảy nối liền ở mép này để hợp lại và tạo ra một lớp nền chảy. Phương pháp kéo nóng chảy này có ưu điểm là, do hai màng chảy chảy trên rãnh hợp với nhau, không có bề mặt ngoài nào của lớp nền thu được tiếp xúc với bộ phận bất kỳ của thiết bị. Do đó, các đặc tính bề mặt của lớp nền kéo nóng chảy không bị ảnh hưởng bởi sự tiếp xúc này.

Quy trình kéo qua khe khác với phương pháp kéo nóng chảy. Trong quy trình kéo qua khe, thủy tinh nguyên liệu thô nóng chảy được cấp vào bể kéo. Đáy của bể kéo có khe mở với vòi mà kéo dài chiều dài của khe. Nguyên liệu nóng chảy chảy qua khe/vòi và được kéo xuống dưới dưới dạng lớp nền liên tục và vào trong vùng ủ.

Ngay khi được tạo ra, lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 có thể được gia cường để tạo ra lớp nền trên cơ sở thủy tinh được gia cường để sử dụng trong các vật phẩm nhiều lớp 100a-c. Như được sử dụng trong bản mô tả này, thuật ngữ “lớp nền trên cơ sở thủy tinh được gia cường” có thể dùng để chỉ lớp nền trên cơ sở thủy tinh mà được gia cường hóa học, ví dụ, thông qua sự trao đổi ion của các ion lớn hơn với các ion nhỏ hơn trong bề mặt của lớp nền trên cơ sở thủy tinh. Tuy nhiên, các phương pháp gia cường khác đã biết trong lĩnh vực này, ví dụ, sự xáo trộn nhiệt, có thể được sử dụng để tạo ra lớp nền trên cơ sở thủy tinh được gia cường. Như sẽ được mô tả, lớp nền trên cơ sở thủy tinh được gia cường có thể bao gồm lớp nền trên cơ sở thủy tinh có ứng suất nén bề mặt trong bề mặt của nó mà trợ giúp trong việc duy trì độ bền của lớp nền trên cơ sở thủy tinh. Như cũng được sử dụng trong bản mô tả này, lớp nền trên cơ sở thủy tinh “bền vững” cũng nằm trong phạm vi của sáng chế và bao gồm lớp nền trên cơ sở thủy tinh mà có thể không trải qua quá trình gia cường cụ thể, và có thể không có ứng suất nén bề mặt, nhưng tuy nhiên vẫn bền vững như được hiểu bởi người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này. Các vật phẩm có lớp nền trên cơ sở thủy tinh bền vững như vậy có thể được xác định là vật phẩm dạng tấm thủy tinh hoặc

lớp nền trên cơ sở thủy tinh có độ biến dạng đến phá hỏng trung bình lớn hơn khoảng 0,5%, 0,7%, 1%, 1,5%, hoặc thậm chí lớn hơn 2%, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên. Lớp nền trên cơ sở thủy tinh bền vững này có thể được tạo ra, ví dụ, bằng cách bảo vệ bề mặt thủy tinh mới nguyên sau khi nóng chảy và tạo thành lớp nền trên cơ sở thủy tinh. Một ví dụ về sự bảo vệ như vậy xuất hiện trong phương pháp kéo nóng chảy, trong đó các bề mặt của các màng thủy tinh không tiếp xúc với bộ phận bất kỳ của thiết bị hoặc bề mặt khác sau khi tạo ra. Lớp nền trên cơ sở thủy tinh được tạo ra từ phương pháp kéo nóng chảy thu được độ bền của chúng từ chất lượng bề mặt mới nguyên của chúng. Chất lượng bề mặt mới nguyên cũng có thể đạt được thông qua việc khắc hoặc đánh bóng và bảo vệ sau đó của các bề mặt lớp nền trên cơ sở thủy tinh, và các phương pháp khác đã biết trong lĩnh vực này. Theo một hoặc nhiều phương án, cả lớp nền trên cơ sở thủy tinh được gia cường lẫn lớp nền trên cơ sở thủy tinh bền vững có thể bao gồm các vật phẩm dạng tấm thủy tinh có độ biến dạng đến phá hỏng trung bình lớn hơn khoảng 0,5%, 0,7%, 1%, 1,5%, hoặc thậm chí lớn hơn 2%, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên, ví dụ, khi được đo bằng cách sử dụng thử nghiệm uốn vòng trên vòng hoặc bóng trên vòng.

Như đã nêu trên, lớp nền trên cơ sở thủy tinh được mô tả trong bản mô tả này có thể được gia cường hóa học bằng quy trình trao đổi ion để thu được lớp nền trên cơ sở thủy tinh được gia cường 120. Lớp nền trên cơ sở thủy tinh này cũng có thể được gia cường bằng các phương pháp khác đã biết trong lĩnh vực này, ví dụ, xáo trộn nhiệt. Trong quy trình trao đổi ion, thông thường bằng cách ngâm lớp nền trên cơ sở thủy tinh vào trong bể muối nóng chảy trong một khoảng thời gian định trước, các ion ở hoặc gần (các) bề mặt của lớp nền trên cơ sở thủy tinh được trao đổi với các ion kim loại lớn hơn từ bể muối. Theo một số phương án, nhiệt độ của bể muối nóng chảy là khoảng 350°C đến 450°C và khoảng thời gian định trước là khoảng hai đến khoảng tám giờ. Sự hợp nhất của các ion lớn hơn vào trong lớp nền trên cơ sở thủy tinh gia cường lớp nền trên cơ sở thủy tinh bằng cách tạo ứng suất nén trong vùng gần bề mặt hoặc trong các vùng ở và sát (các) bề mặt của lớp nền trên cơ sở thủy tinh. Ứng suất kéo tương ứng được gây ra trong vùng trung tâm hoặc các vùng ở một khoảng cách từ (các) bề mặt của lớp nền trên cơ sở thủy tinh để cân bằng ứng suất nén. Các lớp nền trên cơ sở thủy tinh sử dụng quy trình gia cường này có thể được mô tả cụ thể hơn dưới dạng lớp nền trên cơ sở thủy tinh được gia cường hóa học 120 hoặc lớp nền trên cơ sở thủy tinh được trao đổi ion 120. Lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 được sử dụng trong các vật phẩm nhiều lớp 100a-100c mà không được gia cường trong bản mô tả này có thể được gọi là lớp nền trên cơ sở thủy tinh không được gia cường.

Theo một ví dụ, các ion natri trong lớp nền trên cơ sở thủy tinh được gia cường 120 được thay thế bằng các ion kali từ bể muối nóng chảy, ví dụ, bể muối kali nitrat, mặc dù các ion kim loại kiềm khác có bán kính nguyên tử lớn hơn, ví dụ, rubidi hoặc xesi, có thể thay thế các ion kim loại kiềm nhỏ hơn trong thủy tinh. Theo các phương án cụ thể, các ion kim loại kiềm nhỏ hơn trong thủy tinh có thể được thay thế bằng ion Ag^+ . Tương tự, các muối kim loại kiềm khác, ví dụ, sulfat, phosphat, halogenua, và các muối tương tự có thể được sử dụng trong quy trình trao đổi ion.

Sự thay thế của các ion nhỏ hơn bằng các ion lớn hơn ở nhiệt độ dưới nhiệt độ mà tại đó mạng thủy tinh có thể bắt căng tạo ra sự phân bố của các ion qua (các) bề mặt của lớp nền trên cơ sở thủy tinh được gia cường 120 mà thu được biên dạng ứng suất. Thể tích lớn hơn của ion đến tạo ra ứng suất nén (compressive stress - CS) trên bề mặt và sức căng (sức căng trung tâm (central tension), hoặc CT) ở trung tâm của lớp nền trên cơ sở thủy tinh được gia cường 120. Độ sâu của sự trao đổi có thể được mô tả là độ sâu trong lớp nền trên cơ sở thủy tinh được gia cường 120 (tức là khoảng cách từ bề mặt của lớp nền trên cơ sở thủy tinh đến vùng trung tâm của lớp nền trên cơ sở thủy tinh), tại đó sự trao đổi ion được tạo thuận lợi khi quy trình trao đổi ion diễn ra.

Ứng suất nén (ở bề mặt của thủy tinh) được đo bằng máy đo ứng suất bề mặt (surface stress meter - FSM) bằng cách sử dụng các dụng cụ có bán trên thị trường như FSM-6000, do Orihara Industrial Co., Ltd. (Nhật Bản) sản xuất. Các phép đo ứng suất bề mặt dựa vào việc đo chính xác hệ số quang ứng suất (stress optical coefficient - SOC), mà liên quan đến sự khúc xạ kép của thủy tinh. Còn SOC được đo theo Quy trình C (Phương pháp đĩa thủy tinh) được mô tả trong tiêu chuẩn ASTM C770-16, với tiêu đề "Standard Test Method for Measurement of Glass Stress-Optical Coefficient," nội dung của nó được hợp nhất toàn bộ vào bản mô tả này bằng cách viện dẫn.

Như được sử dụng trong bản mô tả này, độ sâu nén (depth of compression - DOC) có nghĩa là độ sâu tại đó ứng suất trong lớp nền trên cơ sở thủy tinh kiềm aluminosilicat được gia cường được mô tả trong bản mô tả này thay đổi từ nén sang kéo. Khi được gây ra về mặt hóa học, DOC có thể được đo bằng FSM hoặc kính phân cực ánh sáng tán xạ (scattered light polariscope - SCALP) tùy thuộc vào việc xử lý trao đổi ion. Khi ứng suất trong vật phẩm thủy tinh được tạo ra bằng cách trao đổi các ion kali vào trong vật phẩm thủy tinh, FSM được sử dụng để đo DOC. Khi ứng suất được tạo ra bằng cách trao đổi các ion natri vào trong vật phẩm thủy tinh, SCALP được sử dụng để đo DOC. Khi ứng suất trong vật phẩm thủy tinh được tạo ra bằng cách trao đổi cả ion kali và ion natri vào trong thủy tinh, DOC được đo bằng SCALP, do tin tưởng rằng độ sâu trao đổi của natri biểu thị DOC và độ sâu trao đổi của các ion

kali biểu thị sự thay đổi về độ lớn của ứng suất nén (nhưng không phải sự thay đổi về ứng suất từ nén sang kéo); độ sâu trao đổi của các ion kali trong các vật phẩm thủy tinh này được đo bằng FSM.

Theo một số phương án, lớp nền trên cơ sở thủy tinh được gia cường 120 được sử dụng trong các vật phẩm nhiều lớp 100a-c có thể có CS bề mặt là 300 MPa hoặc lớn hơn, ví dụ, 400 MPa hoặc lớn hơn, 450 MPa hoặc lớn hơn, 500 MPa hoặc lớn hơn, 550 MPa hoặc lớn hơn, 600 MPa hoặc lớn hơn, 650 MPa hoặc lớn hơn, 700 MPa hoặc lớn hơn, 750 MPa hoặc lớn hơn hoặc 800 MPa hoặc lớn hơn, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên. Lớp nền trên cơ sở thủy tinh được gia cường 120 có thể có DOC là 15 μm hoặc lớn hơn, 20 μm hoặc lớn hơn (ví dụ, 25 μm , 30 μm , 35 μm , 40 μm , 45 μm , 50 μm hoặc lớn hơn) và/hoặc độ kéo trung tâm là 10 MPa hoặc lớn hơn, 20 MPa hoặc lớn hơn, 30 MPa hoặc lớn hơn, 40 MPa hoặc lớn hơn (ví dụ, 42 MPa, 45 MPa, hoặc 50 MPa hoặc lớn hơn) nhưng nhỏ hơn 100 MPa (ví dụ, 95, 90, 85, 80, 75, 70, 65, 60, 55 MPa hoặc nhỏ hơn), và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên. Theo một hoặc nhiều phương án cụ thể, lớp nền trên cơ sở thủy tinh được gia cường 120 có một hoặc nhiều đặc tính sau: CS bề mặt lớn hơn 500 MPa, độ sâu của lớp nén lớn hơn 15 μm , và độ kéo trung tâm lớn hơn 18 MPa.

Không bị ràng buộc bởi lý thuyết, tin tưởng rằng lớp nền trên cơ sở thủy tinh được gia cường 120 với CS bề mặt lớn hơn 500 MPa và DOC lớn hơn khoảng 15 μm thường có độ biến dạng đến phá hỏng lớn hơn so với lớp nền trên cơ sở thủy tinh không được gia cường (hoặc, nói cách khác, lớp nền trên cơ sở thủy tinh mà không được trao đổi ion hoặc không được gia cường). Theo một số khía cạnh, các lợi ích của một hoặc nhiều phương án được mô tả trong bản mô tả này có thể không được như đáng chú ý với các loại lớp nền trên cơ sở thủy tinh không được gia cường hoặc được gia cường yếu mà không đáp ứng các mức CS bề mặt hoặc DOC này, do sự có mặt của các biến cố phá hỏng bề mặt thủy tinh chung hoặc thao tác trong nhiều ứng dụng điển hình. Tuy nhiên, như được đề cập ở phần trước, trong các ứng dụng cụ thể khác trong đó các bề mặt lớp nền trên cơ sở thủy tinh có thể được bảo vệ một cách thích hợp khỏi sự làm xước hoặc phá hỏng bề mặt (ví dụ, bằng lớp phủ bảo vệ hoặc các lớp khác), lớp nền trên cơ sở thủy tinh bền vững có độ biến dạng đến phá hỏng tương đối cao cũng có thể được tạo ra thông qua việc tạo hình và bảo vệ chất lượng bề mặt thủy tinh mới nguyên, ví dụ, nhờ sử dụng phương pháp tạo hình nóng chảy. Trong các ứng dụng thay thế này, các lợi ích của một hoặc nhiều phương án được mô tả trong bản mô tả này có thể được nhận thấy một cách tương tự.

Thủy tinh có thể trao đổi ion làm ví dụ mà có thể được sử dụng trong lớp nền trên cơ sở thủy tinh được gia cường 120 được dùng trong các vật phẩm nhiều lớp

100a-100c có thể bao gồm chế phẩm thủy tinh aluminosilicat kiềm hoặc chế phẩm thủy tinh aluminoborosilicat kiềm, mặc dù các chế phẩm thủy tinh khác cũng được dự tính. Như được sử dụng trong bản mô tả này, “có thể trao đổi ion” có nghĩa là lớp nền trên cơ sở thủy tinh có khả năng trao đổi cation nằm ở hoặc gần bề mặt của lớp nền trên cơ sở thủy tinh với các cation có cùng hóa trị mà có kích thước lớn hơn hoặc nhỏ hơn. Một chế phẩm thủy tinh làm ví dụ bao gồm SiO_2 , B_2O_3 và Na_2O , trong đó $(\text{SiO}_2 + \text{B}_2\text{O}_3) \geq 66\%$ mol, và $\text{Na}_2\text{O} \geq 9\%$ mol. Theo một số phương án, lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 bao gồm chế phẩm thủy tinh chứa nhôm oxit với lượng là 6% trọng lượng hoặc lớn hơn. Theo một số phương án, lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 bao gồm chế phẩm thủy tinh chứa một hoặc nhiều các oxit kiềm thổ, sao cho hàm lượng của các oxit kiềm thổ là 5% trọng lượng hoặc lớn hơn. Chế phẩm thủy tinh thích hợp, theo một số phương án, còn chứa ít nhất một trong số K_2O , MgO , và CaO . Theo một số phương án, chế phẩm thủy tinh được sử dụng trong lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 có thể chứa 61-75% mol SiO_2 ; 7-15% mol Al_2O_3 ; 0-12% mol B_2O_3 ; 9-21% mol Na_2O ; 0-4% mol K_2O ; 0-7% mol MgO ; và 0-3% mol CaO .

Chế phẩm thủy tinh làm ví dụ khác thích hợp đối với lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120, mà có thể tùy ý được gia cường hoặc bền vững, chứa: 60-70% mol SiO_2 ; 6-14% mol Al_2O_3 ; 0-15% mol B_2O_3 ; 0-15% mol Li_2O ; 0-20% mol Na_2O ; 0-10% mol K_2O ; 0-8% mol MgO ; 0-10% mol CaO ; 0-5% mol ZrO_2 ; 0-1% mol SnO_2 ; 0-1% mol CeO_2 ; nhỏ hơn 50 ppm As_2O_3 ; và nhỏ hơn 50 ppm Sb_2O_3 ; trong đó $12\% \text{ mol} \leq (\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) \leq 20\% \text{ mol}$ và $0\% \text{ mol} \leq (\text{MgO} + \text{CaO}) \leq 10\% \text{ mol}$.

Chế phẩm thủy tinh làm ví dụ khác nữa thích hợp đối với lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120, mà có thể tùy ý được gia cường hoặc bền vững, chứa: 63,5-66,5% mol SiO_2 ; 8-12% mol Al_2O_3 ; 0-3% mol B_2O_3 ; 0-5% mol Li_2O ; 8-18% mol Na_2O ; 0-5% mol K_2O ; 1-7% mol MgO ; 0-2,5% mol CaO ; 0-3% mol ZrO_2 ; 0,05-0,25% mol SnO_2 ; 0,05-0,5% mol CeO_2 ; nhỏ hơn 50 ppm As_2O_3 ; và nhỏ hơn 50 ppm Sb_2O_3 ; trong đó $14\% \text{ mol} \leq (\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) \leq 18\% \text{ mol}$ và $2\% \text{ mol} \leq (\text{MgO} + \text{CaO}) \leq 7\% \text{ mol}$.

Theo một số phương án, chế phẩm thủy tinh aluminosilicat kiềm thích hợp đối với lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120, mà có thể tùy ý được gia cường hoặc bền vững, chứa nhôm oxit, ít nhất một kim loại kiềm và, theo một số phương án, lớn hơn 50% mol SiO_2 , theo các phương án khác 58% mol hoặc lớn hơn SiO_2 , và theo các phương án khác nữa 60% mol hoặc lớn hơn SiO_2 , tất cả như được xác định tiếp bởi tỷ lệ được đưa ra bằng phương trình (6):

$$\frac{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{B}_2\text{O}_3}{\sum \text{chất biến đổi}} > 1 \quad (6)$$

và các hợp phần được tính theo % mol và chất biến đổi là các oxit kim loại kiềm.

Chế phẩm thủy tinh này, theo các phương án cụ thể, chứa: 58-72% mol SiO_2 ; 9-17% mol Al_2O_3 ; 2-12% mol B_2O_3 ; 8-16% mol Na_2O ; 0-4% mol K_2O , và như được xác định tiếp bằng phương trình (6) trên đây.

Theo một số phương án, lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120, mà có thể tùy ý được gia cường hoặc bền vững, có thể bao gồm chế phẩm thủy tinh aluminosilicat kiềm chứa: 64-68% mol SiO_2 ; 12-16% mol Na_2O ; 8-12% mol Al_2O_3 ; 0-3% mol B_2O_3 ; 2-5% mol K_2O ; 4-6% mol MgO ; và 0-5% mol CaO , trong đó: $66\% \text{ mol} \leq \text{SiO}_2 + \text{B}_2\text{O}_3 + \text{CaO} \leq 69\% \text{ mol}$; $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{B}_2\text{O}_3 + \text{MgO} + \text{CaO} + \text{SrO} > 10\% \text{ mol}$; $5\% \text{ mol} \leq \text{MgO} + \text{CaO} + \text{SrO} \leq 8\% \text{ mol}$; $(\text{Na}_2\text{O} + \text{B}_2\text{O}_3) - \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 2\% \text{ mol}$; $2\% \text{ mol} \leq \text{Na}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 6\% \text{ mol}$; và $4\% \text{ mol} \leq (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) - \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 10\% \text{ mol}$.

Theo một số phương án, lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120, mà có thể tùy ý được gia cường hoặc bền vững, có thể bao gồm chế phẩm thủy tinh silicat kiềm chứa: 2% mol hoặc lớn hơn Al_2O_3 và/hoặc ZrO_2 , hoặc 4% mol hoặc lớn hơn Al_2O_3 và/hoặc ZrO_2 .

Theo một số phương án, lớp nền trên cơ sở thủy tinh được sử dụng trong lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 của các vật phẩm nhiều lớp 100a-100c có thể được chia theo mẻ với 0-2% mol của ít nhất một chất làm mịn được chọn từ nhóm bao gồm Na_2SO_4 , NaCl , NaF , NaBr , K_2SO_4 , KCl , KF , KBr , và SnO_2 .

Lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 theo một hoặc nhiều phương án có thể có độ dày 12 nằm trong khoảng từ khoảng 50 μm đến 5 mm. Các độ dày 12 làm ví dụ đối với lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 có thể nằm trong khoảng từ 100 μm đến 500 μm , ví dụ, 100, 200, 300, 400 hoặc 500 μm . Các độ dày 12 làm ví dụ khác nằm trong khoảng từ 500 μm đến 1000 μm , ví dụ, 500, 600, 700, 800, 900 hoặc 1000 μm . Lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 có thể có độ dày 12 lớn hơn 1 mm, ví dụ, khoảng 2, 3, 4, hoặc 5 mm. Theo một hoặc nhiều phương án, lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 có thể có độ dày 12 là 2 mm hoặc nhỏ hơn, hoặc nhỏ hơn 1 mm. Lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 có thể được đánh bóng bằng axit hoặc nếu không được xử lý để loại bỏ hoặc làm giảm ảnh hưởng của các vết rạn bề mặt.

Màng cứng

Các vật phẩm nhiều lớp 100a, 100b, 100c (xem các Fig. 1A-1C) bao gồm màng cứng 110 được bố trí trên bề mặt của lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 và đặc biệt trên composit làm giảm rạn nứt 130a, 130b, 130c. Màng cứng 110 có thể được bố trí trên một hoặc cả hai bề mặt chính 122, 124 của lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120. Theo một hoặc nhiều phương án, màng 110 có thể được bố trí trên một hoặc nhiều bề mặt phụ (không được thể hiện trên hình vẽ) của lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 ngoài hoặc

thay vì được bố trí trên một hoặc cả hai bề mặt chính 122, 124. Theo một hoặc nhiều phương án, màng cứng 110 không có các vết xước hoặc những chỗ khuyết vĩ mô mà dễ dàng có thể nhìn thấy được bằng mắt. Ngoài ra, như được thể hiện trên các Fig. 1A-1C, màng 110 tạo ra mặt phân giới hiệu quả 140 với lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120.

Theo một hoặc nhiều phương án, màng cứng 110 có thể hạ thấp độ bền uốn trung bình của các vật phẩm nhiều lớp 100a, 100b, 100c (ví dụ, khi kết hợp màng này và lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120), thông qua các cơ chế được mô tả trong bản mô tả này. Theo một hoặc nhiều phương án, các cơ chế như vậy bao gồm các trường hợp trong đó màng 110 có thể hạ thấp độ bền uốn trung bình của vật phẩm do (các) vết nứt mà phát triển trong màng 110 tạo cầu vào trong lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120. Theo các phương án khác, các cơ chế bao gồm các trường hợp trong đó màng này có thể hạ thấp độ bền uốn trung bình của vật phẩm do các vết nứt đang phát triển trong lớp nền trên cơ sở thủy tinh tạo cầu vào trong màng này. Màng 110 theo một hoặc nhiều phương án có thể thể hiện độ biến dạng đến phá hỏng là 2% hoặc nhỏ hơn hoặc độ biến dạng đến phá hỏng tức nhỏ hơn độ biến dạng đến phá hỏng của lớp nền trên cơ sở thủy tinh được mô tả trong bản mô tả này. Ngoài ra, màng 110 theo một hoặc nhiều phương án có thể thể hiện môđun đàn hồi lớn hơn hoặc bằng môđun đàn hồi của lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120. Các màng bao gồm một hoặc nhiều thuộc tính này có thể được đặc trưng trong sáng chế này là “giòn.”

Theo một hoặc nhiều phương án về các vật phẩm nhiều lớp 100a-c, màng cứng 110 có thể có độ biến dạng đến phá hỏng (hoặc mức biến dạng bắt đầu nứt) thấp hơn độ biến dạng đến phá hỏng của lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120. Ví dụ, màng 110 có thể có độ biến dạng đến phá hỏng khoảng 2% hoặc nhỏ hơn, khoảng 1,8% hoặc nhỏ hơn, khoảng 1,6% hoặc nhỏ hơn, khoảng 1,5% hoặc nhỏ hơn, khoảng 1,4% hoặc nhỏ hơn, khoảng 1,2% hoặc nhỏ hơn, khoảng 1% hoặc nhỏ hơn, khoảng 0,8% hoặc nhỏ hơn, khoảng 0,6% hoặc nhỏ hơn, khoảng 0,5% hoặc nhỏ hơn, khoảng 0,4% hoặc nhỏ hơn hoặc khoảng 0,2% hoặc nhỏ hơn, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên. Theo một số phương án, độ biến dạng đến phá hỏng của màng 110 có thể thấp hơn độ biến dạng đến phá hỏng của lớp nền trên cơ sở thủy tinh được gia cường 120 mà có CS bề mặt lớn hơn 500 MPa và DOC lớn hơn khoảng 15 μm . Theo một hoặc nhiều phương án, màng 110 có thể có độ biến dạng đến phá hỏng thấp hơn so với độ biến dạng đến phá hỏng của lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 là 0,1% (hoặc lớn hơn) hoặc ít hơn, hoặc trong một số trường hợp, là 0,5% (hoặc lớn hơn) hoặc ít hơn, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên. Theo một hoặc nhiều phương án, màng 110 có thể có độ biến dạng đến phá hỏng thấp hơn so với độ

biến dạng đến phá hỏng của lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 là khoảng 0,15% (hoặc lớn hơn), ví dụ, 0,2%, 0,25%, 0,3%, 0,35%, 0,4%, 0,45%, 0,50%, 0,55%, 0,6%, 0,65%, 0,7%, 0,75%, 0,8%, 0,85%, 0,9%, 0,95% hoặc 1%, hoặc ít hơn, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên. Các trị số độ biến dạng đến phá hỏng này có thể được đo, ví dụ, bằng cách sử dụng các phương pháp thử nghiệm uốn bóng trên vòng và vòng trên vòng được kết hợp với phân tích bằng kính hiển vi hoặc camera tốc độ cao tùy ý. Trừ khi có lưu ý khác, các thuộc tính độ biến dạng đến phá hỏng và các phép đo của các màng (ví dụ, các màng 110) trên các lớp nền (ví dụ, các lớp nền 120) trong sáng chế được thực hiện bằng cách sử dụng camera cho kính hiển vi được gắn *in situ* vào cài đặt thử nghiệm uốn vòng trên vòng (giống như đối với việc đo COS như được mô tả trên đây) để đo độ dịch chuyển và dữ liệu liên quan khác để tính toán trị số độ biến dạng đến phá hỏng theo các phương trình được hiểu bởi người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực của sáng chế này. Như cũng được hiểu bởi người có hiểu biết trung bình, các đánh giá này có thể được thực hiện trong quá trình tác động tải trọng hoặc ứng suất, hoặc trong một số trường hợp bằng cách kiểm tra sau khi tác động tải trọng hoặc ứng suất. Trong các trường hợp trong đó màng, ví dụ, màng 110, dẫn điện, hoặc lớp dẫn điện mỏng được phủ trên màng, cũng được hiểu bởi người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này rằng sự bắt đầu rạn nứt màng có thể được đo bằng cách phân tích điện trở suất của màng dẫn điện.

Các màng cứng 110 được nêu làm ví dụ được sử dụng trong các vật phẩm nhiều lớp 100a-c có thể có môđun đàn hồi là 25 GPa hoặc lớn hơn và/hoặc độ cứng là 1,75 GPa hoặc lớn hơn, mặc dù một số tổ hợp ngoài khoảng này là có thể. Nói chung, tuy nhiên, các màng cứng 110 được sử dụng trong các vật phẩm nhiều lớp 100a-100c là “cứng” với nghĩa là chúng thể hiện môđun đàn hồi là 25 GPa hoặc lớn hơn và/hoặc độ cứng là 1,75 GPa hoặc lớn hơn. Theo một số phương án, màng cứng 110 có thể có môđun đàn hồi là 50 GPa hoặc lớn hơn hoặc thậm chí 70 GPa hoặc lớn hơn, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên. Ví dụ, môđun đàn hồi của màng có thể là 55 GPa, 60 GPa, 65 GPa, 75 GPa, 80 GPa, 85 GPa hoặc lớn hơn, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên. Theo một hoặc nhiều phương án, màng 110 có thể có trị số độ cứng đo được là lớn hơn 3,0 GPa. Ví dụ, màng 110 có thể có độ cứng là 5 GPa, 5,5 GPa, 6 GPa, 6,5 GPa, 7 GPa, 7,5 GPa, 8 GPa, 8,5 GPa, 9 GPa, 9,5 GPa, 10 GPa, 11 GPa, 12 GPa, 13 GPa, 14 GPa, 15 GPa, 16 GPa hoặc lớn hơn, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên. Theo một cách thức thực hiện khác, màng cứng 110 được sử dụng trong các vật phẩm nhiều lớp 100a-c có thể thể hiện độ cứng lớn hơn hoặc bằng 8 GPa, hoặc lớn hơn hoặc bằng 12 GPa. Các trị số môđun đàn hồi và độ cứng này có thể được đo đối với các

màng 110 như vậy bằng cách sử dụng phương pháp làm lõm nano hình thoi đã biết mà thường được sử dụng bởi người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực của sáng chế này để xác định môđun đàn hồi và độ cứng của màng. Phương pháp làm lõm nano hình thoi được nêu làm ví dụ có thể sử dụng vật ấn lõm hình thoi Berkovich. Độ cứng và môđun Young của lớp phủ màng mỏng, như các màng và các lớp theo sáng chế (ví dụ, các màng 110 và các composit làm giảm rạn nứt 130a, 130b, 130c), được xác định bằng cách sử dụng thực hành làm lõm nano được chấp nhận rộng rãi. (*Xem* Fischer-Cripps, A.C., “Critical Review of Analysis and Interpretation of Nanoindentation Test Data,” *Surface & Coatings Technology*, 200, pp. 4153-4165, 2006 (dưới đây gọi là “Fischer-Cripps”); và Hay, J. *et al*, “Continuous Stiffness measurement During Instrumented Indentation Testing,” *Experimental Techniques*, 34 (3), pp. 86-94, 2010 (dưới đây gọi là “Hay”).) Đối với các lớp phủ, là điển hình khi đo độ cứng và môđun dưới dạng hàm của độ sâu vết lõm. Miễn là lớp phủ có đủ độ dày, sau đó có thể tách các đặc tính của lớp phủ ra khỏi các biên dạng đáp ứng thu được. Cần nhận biết rằng nếu các lớp phủ quá mỏng (ví dụ, nhỏ hơn ~500 nm), thì không thể tách hoàn toàn các đặc tính của lớp phủ như chúng có thể bị ảnh hưởng ra khỏi lân cận của lớp nền mà có thể có các đặc tính cơ học khác nhau. (*Xem* Hay.) Các phương pháp được dùng để báo cáo các đặc tính trong bản mô tả này là đại diện của chính các lớp phủ. Quy trình là phân độ cứng và môđun so với độ sâu vết lõm ra theo các độ sâu lên đến 1000 nm. Trong trường hợp lớp phủ cứng trên thủy tinh mềm hơn, các đường cong đáp ứng sẽ biểu lộ các mức độ cứng và môđun lớn nhất ở các độ sâu vết lõm tương đối nhỏ ($\leq$ khoảng 200 nm). Ở các độ sâu vết lõm sâu hơn, cả độ cứng và môđun sẽ giảm dần do đáp ứng bị ảnh hưởng bởi lớp nền thủy tinh mềm hơn. Trong trường hợp này, độ cứng và môđun của lớp phủ được coi là có liên quan đến các vùng biểu thị độ cứng và môđun lớn nhất. Trong trường hợp lớp phủ mềm trên lớp nền thủy tinh cứng hơn, các đặc tính của lớp phủ sẽ được biểu thị bằng các mức độ cứng và môđun thấp nhất mà xuất hiện ở các độ sâu vết lõm tương đối nhỏ. Ở các độ sâu vết lõm sâu hơn, độ cứng và môđun sẽ tăng dần do ảnh hưởng của thủy tinh cứng hơn. Các biên dạng của độ cứng và môđun so với độ sâu này có thể thu được bằng cách sử dụng phương pháp Oliver và Pharr truyền thống (như đã được mô tả trong Fischer-Cripps) hoặc phương pháp độ cứng liên tục hiệu quả hơn (*xem* Hay). Việc trích xuất dữ liệu vết lõm nano tin cậy yêu cầu rằng các quy trình đã được thiết lập được tuân theo. Nếu không, các thước đo này có thể đưa đến các sai số đáng kể. Các trị số môđun đàn hồi và độ cứng này được đo đối với các màng mỏng như vậy bằng cách sử dụng phương pháp làm lõm nano hình thoi đã biết, như được mô tả trên đây, với đầu vật ấn lõm hình thoi Berkovich. Ngoài ra, không bị ràng buộc bởi lý thuyết, các trị số độ cứng được biểu

thị bởi màng cứng 110 là chỉ thị về độ cứng của vật phẩm nhiều lớp 100a-c, với điều kiện phép đo độ cứng được thực hiện trên màng được tiến hành với tất cả các khía cạnh của vật phẩm nhiều lớp 100a-c tại chỗ, bao gồm composit làm giảm rạn nứt 130a-c và lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120.

Màng cứng 110 được mô tả trong bản mô tả này được sử dụng trong các vật phẩm nhiều lớp 100a-c cũng có thể thể hiện độ bền chống gãy nhỏ hơn khoảng $10 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$, hoặc trong một số trường hợp nhỏ hơn $5 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$, hoặc trong một số trường hợp nhỏ hơn $1 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$. Ví dụ, màng này có thể có độ bền chống gãy là $4,5 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$, $4 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$, $3,5 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$, $3 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$, $2,5 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$, $2 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$, $1,5 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$, $1,4 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$, $1,3 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$, $1,2 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$, $1,1 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$, $0,9 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$, $0,8 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$, $0,7 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$, $0,6 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$, $0,5 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$, $0,4 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$, $0,3 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$, $0,2 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$, $0,1 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ hoặc nhỏ hơn, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên. Độ bền chống gãy của các màng mỏng như được báo cáo trong bản mô tả này được đo như được mô tả trong D.S Harding, W.C. Oliver, and G.M. Pharr, *Cracking During Indentation and its use in the Measurement of Fracture Toughness*, *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.*, vol. 356, 1995, 663-668.

Các màng cứng 110 được mô tả trong bản mô tả này được sử dụng trong các vật phẩm nhiều lớp 100a-c cũng có thể có tốc độ giải phóng năng lượng biến dạng tới hạn ($G_{IC} = K_{IC}^2/E$) là nhỏ hơn khoảng $0,1 \text{ kJ/m}^2$, hoặc trong một số trường hợp nhỏ hơn $0,01 \text{ kJ/m}^2$. Theo một hoặc nhiều phương án, màng 110 có thể có tốc độ giải phóng năng lượng biến dạng tới hạn là $0,09 \text{ kJ/m}^2$, $0,08 \text{ kJ/m}^2$, $0,07 \text{ kJ/m}^2$, $0,06 \text{ kJ/m}^2$, $0,05 \text{ kJ/m}^2$, $0,04 \text{ kJ/m}^2$, $0,03 \text{ kJ/m}^2$, $0,02 \text{ kJ/m}^2$, $0,01 \text{ kJ/m}^2$, $0,0075 \text{ kJ/m}^2$, $0,005 \text{ kJ/m}^2$, $0,0025 \text{ kJ/m}^2$ hoặc nhỏ hơn, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên. Tốc độ giải phóng năng lượng biến dạng tới hạn được tính toán bằng cách sử dụng các trị số độ bền chống gãy và môđun đo được như được mô tả trên đây.

Theo một hoặc nhiều phương án, màng cứng 110 có thể bao gồm nhiều lớp, mỗi lớp có độ dày giống nhau hoặc độ dày khác nhau. Theo các khía cạnh nhất định, một hoặc nhiều lớp trong màng 110 có thể có thành phần khác so với các lớp còn lại trong màng 110. Các thứ tự khác nhau của các lớp cấu thành màng 110 cũng được tính đến theo các khía cạnh nhất định của sáng chế. Theo một hoặc nhiều phương án, mỗi trong số các lớp của màng này có thể được đặc trưng là giòn dựa trên ảnh hưởng của một hoặc nhiều lớp đến độ bền uốn trung bình của vật phẩm nhiều lớp 100a, 100b, 100c và/hoặc các trị số độ biến dạng đến phá hỏng, độ bền chống gãy, môđun đàn hồi, hoặc tốc độ giải phóng năng lượng biến dạng tới hạn của lớp hoặc các lớp, như mặt khác được mô tả trong bản mô tả này. Theo một phương án biến thể, các lớp của màng cứng 110 không cần có các đặc tính giống nhau, ví dụ, môđun đàn hồi và/hoặc độ bền

chống gãy. Theo một phương án biến thể khác, các lớp của màng 110 có thể bao gồm các vật liệu khác nhau so với nhau – ví dụ, như trong các lớp mỏng xen kẽ có các thành phần khác nhau. Theo một số phương án, màng cứng 110 bao gồm lớp hoặc các lớp ngoài cùng có tính chống xước cao (ví dụ, lớp hoặc các lớp silic nitrua và/hoặc silic dioxit) và lớp hoặc các lớp trong cùng có các đặc tính chức năng khác (ví dụ, màng dẫn điện chứa oxit dẫn điện trong suốt, ví dụ, ITO).

Các thành phần hoặc (các) vật liệu của màng cứng 110 có thể bị giới hạn, theo các phương án nhất định, ở chỗ khối màng 110, hoặc ít nhất lớp hoặc các lớp ngoài cùng của nó, cần biểu hiện mức độ chống xước thích hợp có lợi đối với ứng dụng mong muốn của vật phẩm nhiều lớp 100a, 100b, 100c. Theo một số cách thức thực hiện của các vật phẩm nhiều lớp 100a, 100b, 100c, màng cứng 110 có thể chứa ít nhất một trong số oxit chứa kim loại, oxynitrua chứa kim loại, nitrua chứa kim loại, cacbua chứa kim loại, polyme chứa silic, cacbon, chất bán dẫn, và các tổ hợp của chúng. Một số ví dụ bổ sung về các vật liệu của màng cứng 110 bao gồm các oxit, ví dụ, SiO_2 , Al_2O_3 , TiO_2 , Nb_2O_5 , Ta_2O_5 ; oxynitrua, ví dụ, SiO_xN_y , $\text{Si}_u\text{Al}_v\text{O}_x\text{N}_y$, và AlO_xN_y ; các nitrua, ví dụ, SiN_x , AlN_x , bo nitrua lập phương, và TiN_x ; các cacbua, ví dụ, SiC , TiC , và WC ; các tổ hợp của các chất trên, ví dụ, các oxycacbua và các oxy-carbo-nitrua (ví dụ, SiC_xO_y và $\text{SiC}_x\text{O}_y\text{N}_z$); các chất bán dẫn, ví dụ, Si và Ge; các chất dẫn trong suốt, ví dụ, indi-thiếc-oxit (ITO), thiếc oxit, thiếc oxit được flo hóa, nhôm kẽm oxit, hoặc kẽm oxit; ống nano cacbon hoặc các oxit được pha tạp graphen; các oxit được pha tạp bạc hoặc kim loại khác, các polyme silic cao, ví dụ, siloxan và silsesquioxan được hóa rắn cao; các vật liệu cacbon kim cương hoặc giống kim cương; hoặc các màng kim loại được chọn mà có thể có tính chất của nứt gãy. Ngoài ra, đối với các màng cứng 110 chứa lớp hoặc các lớp bằng vật liệu thường không liên quan đến tính chống xước cao (ví dụ, các chất bán dẫn, bo nitrua lập phương, v.v.), thì lớp hoặc các lớp ngoài cùng của màng cứng có thể chứa oxit chứa kim loại, oxynitrua chứa kim loại, nitrua chứa kim loại, cacbua chứa kim loại, polyme chứa silic, vật liệu cacbon giống kim cương, và các tổ hợp của chúng. Ngoài ra, các thiết kế lớp phủ cứng nhiều lớp khác nhau được mô tả trong patent Mỹ các số 9,079,802, 9,355,444, 9,359,261, và 9,366,784, được kết hợp vào bản mô tả này bằng cách viện dẫn, cũng có thể được sử dụng trong các vật phẩm nhiều lớp và nhờ đó thu được lợi ích của sự phối hợp composit làm giảm rạn nứt theo sáng chế.

Là thông thường khi mô tả các chất rắn với sự mô tả “công thức số nguyên”, như Al_2O_3 . Cũng là thông thường khi mô tả các chất rắn bằng cách sử dụng sự mô tả “công thức tỷ lệ nguyên tử” tương đương như $\text{Al}_{0,4}\text{O}_{0,6}$, mà tương đương với Al_2O_3 . Trong công thức tỷ lệ nguyên tử, tổng của tất cả các nguyên tử trong công thức là 0,4

+ 0,6 = 1, và các tỷ lệ nguyên tử của Al và O trong công thức lần lượt là 0,4 và 0,6. Sự mô tả tỷ lệ nguyên tử được mô tả trong nhiều sách giáo khoa thông thường và sự mô tả tỷ lệ nguyên tử thường được dùng để mô tả các hợp kim. Xem, ví dụ: (i) Charles Kittel, Introduction to Solid State Physics, seventh edition, John Wiley & Sons, Inc., NY, 1996, pp. 611-627; (ii) Smart and Moore, Solid State Chemistry, An introduction, Chapman & Hall University and Professional Division, London, 1992, pp. 136-151; và (iii) James F. Shackelford, Introduction to Materials Science for Engineers, Sixth Edition, Pearson Prentice Hall, New Jersey, 2005, pp. 404-418.

Để nói chung về hợp kim, như nhôm oxit, mà không chỉ định các trị số chỉ số dưới cụ thể, có thể nói là Al_vO_x . Sự mô tả Al_vO_x có thể biểu thị là Al_2O_3 hoặc $Al_{0,4}O_{0,6}$. Nếu $v + x$ được chọn có tổng là 1 (tức là, $v + x = 1$), thì công thức này sẽ là mô tả tỷ lệ nguyên tử. Tương tự, các hỗn hợp phức tạp hơn có thể được mô tả, như $Si_uAl_vO_xN_y$, trong đó một lần nữa, nếu tổng $u + v + x + y$ bằng 1, thì sẽ là trường hợp mô tả các tỷ lệ nguyên tử.

Các công thức tỷ lệ nguyên tử đôi khi dễ dàng hơn để sử dụng trong việc so sánh. Đối với trường hợp; hợp kim làm ví dụ bao gồm $(Al_2O_3)_{0,3}(AlN)_{0,7}$ là gần tương đương với sự mô tả công thức $Al_{0,448}O_{0,31}N_{0,241}$ và cả $Al_{367}O_{254}N_{198}$. Hợp kim làm ví dụ khác bao gồm $(Al_2O_3)_{0,4}(AlN)_{0,6}$ là gần tương đương với sự mô tả công thức $Al_{0,438}O_{0,375}N_{0,188}$ và $Al_{37}O_{32}N_{16}$. Các công thức tỷ lệ nguyên tử $Al_{0,448}O_{0,31}N_{0,241}$ và $Al_{0,438}O_{0,375}N_{0,188}$ là tương đối dễ so sánh với một công thức tỷ lệ nguyên tử khác; Ví dụ, thấy rằng Al được giảm trong tỷ lệ nguyên tử xuống 0,01, O được tăng trong tỷ lệ nguyên tử lên 0,065 và N được giảm trong tỷ lệ nguyên tử xuống 0,053. Cần tính toán và xem xét chi tiết hơn để so sánh các mô tả công thức số nguyên $Al_{367}O_{254}N_{198}$ và $Al_{37}O_{32}N_{16}$. Do đó, đôi khi ưu tiên sử dụng các mô tả công thức tỷ lệ nguyên tử của chất rắn. Tuy nhiên, việc sử dụng $Al_vO_xN_y$ là thông thường do nó bao hàm hợp kim bất kỳ chứa các nguyên tử Al, O và N.

Màng cứng 110 có thể được bố trí trên lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 bằng kỹ thuật lắng phủ chân không, ví dụ, lắng đọng hơi hóa học (ví dụ, lắng đọng hơi hoá học được tăng cường plasma, lắng đọng hơi hoá học áp suất khí quyển, hoặc lắng đọng hơi hoá học áp suất khí quyển được tăng cường plasma), lắng đọng hơi vật lý (ví dụ, phún xạ hoặc sự bào mòn do laze phản ứng hoặc không phản ứng), làm bay hơi dùng nhiệt, điện trở, hoặc chùm điện tử, hoặc lắng đọng lớp nguyên tử. Màng cứng 110 cũng có thể được bố trí trên một hoặc nhiều bề mặt 122, 124 của lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 bằng cách sử dụng kỹ thuật dựa trên chất lỏng, ví dụ, phương pháp phủ sol-gel hoặc phủ polyme, ví dụ, quay, phun xịt, kéo qua khe, trượt, thanh quần dây, cánh/dao, dao thổi khí, màng che, in lõm, và phủ lăn trong số các phương pháp khác. Theo một

số phương án, có thể đáng mong muốn sử dụng các chất thúc đẩy bám dính, ví dụ, các vật liệu trên cơ sở silan, giữa màng cứng 110 và lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120, giữa lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 và composit làm giảm rạn nứt 130a, 130b, 130c, giữa các lớp (nếu có) của composit làm giảm rạn nứt 130a, 130b, 130c, giữa các lớp (nếu có) của màng 110 và/hoặc giữa màng 110 và composit làm giảm rạn nứt 130a, 130b, 130c.

Độ dày 11 của màng cứng 110 (xem các Fig. 1A-1C) có thể thay đổi tùy thuộc vào mục đích sử dụng dự định của vật phẩm nhiều lớp 100a, 100b, 100c. Theo một số phương án, màng cứng 110, độ dày 11 có thể nằm trong các khoảng từ khoảng 0,005 μm đến khoảng 5 μm , từ khoảng 0,2 μm đến khoảng 5 μm , hoặc từ khoảng 0,2 μm đến khoảng 0,5 μm . Theo một số phương án, độ dày 11 của màng cứng 110 có thể nằm trong khoảng từ khoảng 0,005 μm đến khoảng 10 μm , từ khoảng 0,05 μm đến khoảng 0,5 μm , từ khoảng 0,01 μm đến khoảng 0,15 μm hoặc từ khoảng 0,015 μm đến khoảng 0,2 μm , và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên.

Theo một số phương án về các vật phẩm nhiều lớp 100a, 100b, 100c, có thể có lợi khi bao gồm vật liệu (hoặc các vật liệu) trong màng cứng 110 (ví dụ, như bao gồm cấu trúc lớp đơn, lớp kép hoặc nhiều lớp) mà có: (1) chỉ số khúc xạ tương tự như (hoặc lớn hơn) chỉ số khúc xạ của mỗi trong số lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120, composit làm giảm rạn nứt 130a, 130b, 130c và/hoặc các màng hoặc các lớp khác để làm giảm đến mức tối thiểu tác dụng giao thoa ánh sáng; (2) chỉ số khúc xạ (các thành phần thực và/hoặc ảo) mà được điều chỉnh để đạt được tác dụng giao thoa chống phản xạ; và/hoặc (3) chỉ số khúc xạ (các thành phần thực và/hoặc ảo) mà được điều chỉnh để đạt được tác dụng phản xạ chọn lọc theo bước sóng hoặc hấp thụ chọn lọc theo bước sóng, ví dụ, để đạt được sự chắn hoặc phản xạ UV hoặc IR, hoặc để đạt được tác dụng tạo màu/nhuộm màu. Theo một số cách thức thực hiện của các vật phẩm nhiều lớp 100a-c, ví dụ, màng cứng 110 có thể bao gồm lớp phủ chống phản xạ nhiều lớp, trong đó composit làm giảm rạn nứt 130a-c và màng cứng 110 bao gồm chung độ phản xạ chói một mặt trung bình nhỏ hơn khoảng 2%. Như được viện dẫn trong sáng chế, trị số độ phản xạ một mặt được đo bằng cách ghép đôi quang học bề mặt phẳng sau của lớp nền trên cơ sở thủy tinh với bộ hấp thụ ánh sáng mạnh, loại bỏ một cách hiệu quả sự phản xạ từ mặt sau của lớp nền khỏi phép đo. Ngoài ra, trung bình chói thu được bằng cách lấy trọng số hệ số phản xạ đo được theo độ nhạy của mắt người, và lấy trung bình kết quả, bằng cách sử dụng các phương pháp mà người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này dễ dàng hiểu được.

Theo một hoặc nhiều phương án, màng cứng 110 có thể có chỉ số khúc xạ lớn hơn chỉ số khúc xạ của lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 và/hoặc lớn hơn chỉ số khúc

xạ của composit làm giảm rạn nứt 130a, 130b, 130c. Theo một hoặc nhiều phương án, màng 110 có thể có chỉ số khúc xạ nằm trong khoảng từ khoảng 1,7 đến khoảng 2,2, hoặc nằm trong khoảng từ khoảng 1,4 đến khoảng 1,6, hoặc nằm trong khoảng từ khoảng 1,6 đến khoảng 1,9, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên. Một số phương án có thể sử dụng màng 110 có một hoặc nhiều lớp trong đó (các) lớp này có chỉ số khúc xạ so sánh được với chỉ số khúc xạ của lớp nền, ngay cả khi chỉ số khúc xạ toàn bộ của màng này vượt quá chỉ số khúc xạ của lớp nền (ví dụ, màng 110 có một hoặc nhiều lớp silic dioxit và sự cân bằng của (các) lớp silic nitrua được bố trí trên lớp nền 120 có thành phần thủy tinh silicat).

Màng cứng 110 cũng có thể có nhiều chức năng, bao gồm tính chống xước, hoặc được tích hợp với (các) màng hoặc các lớp bổ sung như được mô tả trong bản mô tả này mà có các chức năng khác với tính chống xước liên quan đến màng cứng 110. Ví dụ, màng cứng 110 có thể bao gồm các lớp phản xạ hoặc hấp thụ ánh sáng UV hoặc IR, các lớp chống phản xạ, các lớp chống lóa, các lớp chống bắn, các lớp tự làm sạch, các lớp chống xước, các lớp ngăn, các lớp thụ động hóa, các lớp kín, các lớp chặn sự khuếch tán, các lớp kháng dấu vân tay, và các lớp tương tự. Ngoài ra, màng 110 có thể bao gồm các lớp dẫn điện hoặc bán dẫn, các lớp tranzito màng mỏng, các lớp chắn EMI, bộ cảm biến nứt vỡ, bộ cảm biến cảnh báo, các vật liệu đổi màu bằng điện, các vật liệu đổi màu theo cường độ ánh sáng, các lớp cảm biến chạm, hoặc các lớp hiển thị thông tin. Màng 110 và/hoặc lớp bất kỳ trong số các lớp nêu trên có thể bao gồm các chất màu hoặc chất nhuộm màu. Khi các lớp hiển thị thông tin được tích hợp vào trong vật phẩm nhiều lớp 100a, 100b, 100c, thì vật phẩm này có thể tạo thành một phần của màn hình cảm biến chạm, màn hình hiển thị trong suốt, hoặc màn hình hiển thị trên kính lái. Trong các trường hợp này, có thể đáng mong muốn rằng màng cứng 110 thực hiện chức năng giao thoa, mà truyền, phản xạ, hoặc hấp thụ một cách chọn lọc các bước sóng hoặc các màu sắc ánh sáng khác nhau. Ví dụ, màng cứng 110 có thể phản xạ một cách chọn lọc bước sóng đích trong ứng dụng màn hình hiển thị trên kính lái.

Các đặc tính chức năng khác của màng cứng 110 ngoài tính chống xước bao gồm các đặc tính quang học, các đặc tính điện và/hoặc các đặc tính cơ học, ví dụ, độ cứng, mô đun đàn hồi, độ biến dạng đến phá hỏng, khả năng chịu mài mòn, độ bền cơ học, hệ số ma sát, độ dẫn điện, điện trở suất, khả năng di động của electron, sự pha tạp hạt mang điện là electron hoặc lỗ trống, chỉ số khúc xạ quang học, tỷ trọng, độ đục, độ trong suốt, độ phản xạ, độ hấp thụ, độ truyền và các đặc tính tương tự. Các đặc tính chức năng này gần như được duy trì hoặc thậm chí được cải thiện sau khi màng cứng 110 được kết hợp với lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120, composit làm giảm rạn nứt

130a, 130b, 130c và/hoặc các màng khác được bao gồm trong vật phẩm nhiều lớp 100a, 100b, 100c.

Composit làm giảm rạn nứt

Như được mô tả trong bản mô tả này, composit làm giảm rạn nứt 130a, 130b, 130c (xem các Fig. 1A-1C) hạn chế sự phát triển vết nứt thông qua mặt phân giới hiệu quả 140 trong các vật phẩm nhiều lớp 100a, 100b, 100c. Composit làm giảm rạn nứt 130a-c có thể hạn chế sự phát triển vết nứt bằng một hoặc nhiều cơ chế sau: 1) giảm cường độ ứng suất ở đầu vết nứt do thay đổi môđun đàn hồi trong cấu trúc composit; 2) làm nhứt vết nứt thông qua sự biến dạng dẻo trong cấu trúc composit; và 3) làm lệch vết nứt bằng cách tạo ra đường ưu tiên đối với sự phát triển vết nứt mà uốn khúc và tiêu thụ năng lượng nứt gãy trong composit/composit chống làm giảm rạn nứt thay vì trong màng cứng 110 hoặc lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120.

Đối với vật phẩm nhiều lớp 100a-c, composit làm giảm rạn nứt 130a-c bao gồm phần tử vô cơ 33 và phần tử polyme 35. Theo các khía cạnh này, composit làm giảm rạn nứt 130a-c bao gồm phần tử vô cơ 33 và phần tử polyme 35, mỗi hoặc cả hai ở dạng một hoặc nhiều lớp, màng, hoặc các cấu trúc khác, như hạt, sợi và/hoặc vi sợi. Theo một số phương án, phần tử vô cơ 33 có thể bao gồm oxit, nitrua, hoặc oxynitrua; và phần tử polyme 35 có thể bao gồm ít nhất một trong số polyimit, polycacbonat, polyuretan, polyeste và polyme được flo hóa. Theo một số cách thức thực hiện, phần tử vô cơ 33 có thể bao gồm một hoặc nhiều SiO_2 , Al_2O_3 , ZrO_2 , CaO , CaCO_3 , SnO , ZnO , SiN_x , AlN_x , AlO_xN_y hoặc SiO_xN_y ; và/hoặc phần tử polyme 35 của composit làm giảm rạn nứt 130a-c có thể bao gồm polyimit có nguồn gốc từ hoặc nếu không bao gồm một hoặc nhiều poly(pyromellitic dianhydrit-co-4,4'-oxydianilin) (PMDA-ODA); 4,4'-oxidiphtalic anhydrit và các monome 4,4'-diaminodiphenyl ete (ODPA-ODA); biphenyltetracarboxylicdianhydrit- 4,40-oxydianilin (BPDA-ODA); và polyimit được flo hóa. Trong một số trường hợp, hợp phần polyme hoặc toàn bộ composit có thể thể hiện tính chịu nhiệt độ cao, mà có thể được đặc trưng theo nhiều cách bao gồm một hoặc nhiều đặc tính sau: 1) sự thay đổi 2% hoặc thấp hơn về khối lượng của lớp hoặc composit làm giảm rạn nứt hoàn chỉnh; và 2) sự thay đổi 2% hoặc thấp hơn về độ phản xạ quang hoặc độ truyền quang khi làm nóng vật phẩm đến 200°C trong 30 phút, hoặc, trong một số trường hợp, 250°C trong 30 phút.

Theo một số phương án về các vật phẩm nhiều lớp 100a-c, composit làm giảm rạn nứt 130a-c bao gồm phần tử vô cơ 33 và phần tử polyme 35, với lớn hơn khoảng 20% thể tích của vật liệu liên quan đến phần tử vô cơ 33 và lớn hơn khoảng 0,5% thể tích hoặc nhiều hơn của vật liệu liên quan đến phần tử polyme 35. Ví dụ, lượng vật liệu liên quan đến phần tử vô cơ 35 có thể lớn hơn khoảng 20%, 30%, 40%, 50%,

60% thể tích, và tất cả các lượng giữa các mức thể tích này. Tốt hơn là, phần tử polyme 35 bao gồm vật liệu polyme có các liên kết C-C, C-N, C-O và/hoặc C=C là liên kết tạo chuỗi polyme. Ngoài ra, theo một số phương án, composit làm giảm rạn nứt 130a-c có thể có trị số biến dạng bắt đầu nứt (crack-onset-strain - COS) của composit lớn hơn khoảng 0,8%, lớn hơn 1%, lớn hơn khoảng 1,5%, và tất cả các trị số COS giữa hoặc trên các mức này. Ngoài ra, composit làm giảm rạn nứt 130a-c, kể cả các phần tử vô cơ và polyme 33, 35 của nó, có thể được đặc trưng bởi môđun đàn hồi lớn hơn 30 GPa. Ví dụ, composit làm giảm rạn nứt 130a-c có thể được đặc trưng bởi môđun đàn hồi là 30,5 GPa, 31 GPa, 32 GPa, 33 GPa, 34 GPa, 35 GPa, 40 GPa, 45 GPa, 50 GPa, và v.v., bao gồm tất cả các trị số môđun đàn hồi giữa các mức này, và có thể lên đến 80 GPa và thậm chí lên đến 120 GPa trong một số trường hợp.

Ngoài ra, theo một số phương án về vật phẩm nhiều lớp 100a-c, composit làm giảm rạn nứt 130a-c có thể được đặc trưng bởi tỷ lệ môđun đàn hồi giữa phần tử vô cơ 33 và phần tử polyme 35 là lớn hơn 10:1 (ví dụ, phần tử vô cơ 33 với môđun đàn hồi là 150 GPa và phần tử polyme với môđun đàn hồi là 10 GPa sẽ thu được tỷ lệ môđun đàn hồi là 15:1). Ví dụ, tỷ lệ môđun đàn hồi của composit làm giảm rạn nứt 130a có thể là 11:1, 12:1, 13:1, 14:1, 15:1, 20:1, 30:1, 40:1, 50:1, 60:1, 70:1, 80:1, 90:1, 100:1 và tất cả các tỷ lệ môđun đàn hồi giữa hoặc trên các tỷ lệ này. Theo một số phương án, giới hạn tỷ lệ môđun đàn hồi thực tế đối với composit làm giảm rạn nứt 130a-c là khoảng 500:1 đối với các phần tử polyme 35 có môđun đàn hồi rất thấp nhất định (ví dụ, < 1 GPa) được ghép nối với các phần tử vô cơ 33 có môđun đàn hồi tương đối cao (ví dụ, > 75 GPa) được kết hợp trong composit làm giảm rạn nứt 130a-c.

Ngoài ra, như được thể hiện trên các Fig. 1B-1C, composit làm giảm rạn nứt 130b, 130c của các vật phẩm nhiều lớp 100b, 100c có thể bao gồm phần tử vô cơ 33 ở dạng một hoặc nhiều lớp, và phần tử polyme 35 ở dạng một hoặc nhiều lớp. Không bị ràng buộc bởi lý thuyết, các trị số độ bền, các đặc tính quang học và tính chống xước giữ được của các vật phẩm nhiều lớp 100b-c có thể thu được đối với các đại lượng, các tổ hợp, các độ dày và/hoặc các thành phần khác nhau của lớp hoặc các lớp mà cấu thành mỗi trong số phần tử vô cơ 33 và phần tử polyme 35. Tốt hơn là, các vật phẩm nhiều lớp (ví dụ, các vật phẩm nhiều lớp 100b, 100c) sử dụng các phần tử vô cơ và polyme 33, 35 ở dạng một hoặc nhiều lớp, mỗi lớp làm sao cho các lớp của các phần tử vô cơ và polyme 33, 35 là xen kẽ. Theo một số phương án, vật phẩm nhiều lớp 100b, 100c bao gồm composit làm giảm rạn nứt 130b, 130c sao cho một lớp của phần tử vô cơ 33 được tiếp xúc với ít nhất một trong số lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 và màng cứng 110. Trong tình huống trong đó lớp của phần tử vô cơ 33 được cho tiếp xúc với cả lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 và màng cứng 110, các lớp khác nhau của

phần tử vô cơ 33 sẽ có chức năng này dưới dạng ít nhất một lớp của phần tử polyme 35 sẽ được đặt xen giữa các lớp này.

Như được mô tả trong bản mô tả này và được lưu ý từ trước, “môđun đàn hồi” hoặc “môđun đàn hồi trung bình” của composit làm giảm rạn nứt 130b, 130c, kể cả các phần tử vô cơ và polyme 33, 35 của nó ở dạng các lớp, có thể được tính bằng cách lấy các trị số đo được của mỗi lớp của các phần tử vô cơ và polyme 33, 35, như được đo trên cơ sở màng đơn trên bậc 100 nm đến 1000 nm về độ dày và sau đó, tính môđun đàn hồi trung bình thể tích đối với composit làm giảm rạn nứt 130b. Ngoài ra, môđun đàn hồi trung bình thể tích có thể được tính như được hiểu bởi người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực của sáng chế này, ví dụ, xét về mặt ước lượng thể tích hoặc đo thể tích thực đối với mỗi trong số các lớp của các phần tử vô cơ và polyme 33, 35. Ngoài ra, các phương pháp tính toán môđun đàn hồi trung bình này của composit làm giảm rạn nứt gần như nhất quán với các phép đo môđun đàn hồi được thực hiện trực tiếp trên composit làm giảm rạn nứt thông qua các phương pháp làm lõm nano, cũng như được mô tả trong sáng chế này.

Như được thể hiện trên các Fig. 1B và 1C, composit làm giảm rạn nứt 130b, 130c của vật phẩm nhiều lớp 100b, 100c bao gồm phần tử vô cơ 33 với một hoặc nhiều lớp có độ dày 63. Theo một số khía cạnh, độ dày 63 của mỗi lớp của phần tử vô cơ 33 có thể nằm từ khoảng 1 nm đến khoảng 200 nm, tốt hơn là từ khoảng 5 nm đến khoảng 150 nm. Ngoài ra, theo một số khía cạnh, độ dày 65 của mỗi lớp của phần tử polyme 35 có thể nằm từ khoảng 1 nm đến khoảng 500 nm, tốt hơn là từ khoảng 5 nm đến khoảng 300 nm. Theo cách thức thực hiện khác, tổng độ dày 13b của composit làm giảm rạn nứt 130b có thể nằm từ khoảng 10 nm đến khoảng 1000 nm. Theo một khía cạnh khác, tổng độ dày 13b của composit làm giảm rạn nứt 130b nằm trong khoảng từ khoảng 50 nm đến khoảng 750 nm. Theo các phương án bổ sung, tổng độ dày 13b của composit làm giảm rạn nứt 130b nằm trong khoảng từ khoảng 25 nm đến khoảng 1000 nm, từ khoảng 50 nm đến khoảng 800 nm, từ khoảng 50 nm đến khoảng 700 nm, từ khoảng 50 nm đến khoảng 600 nm, từ khoảng 50 nm đến khoảng 500 nm, và tất cả các khoảng và các khoảng con của tổng các độ dày trong này các khoảng.

Theo một số cách thức thực hiện, vật phẩm nhiều lớp 100b, 100c có thể bao gồm composit làm giảm rạn nứt 130b, 130c được chi phối bởi tỷ lệ độ dày đối với các lớp của các phần tử vô cơ và polyme 33, 35 của nó. Ví dụ, tỷ lệ tổng độ dày của phần tử polyme 35 (tức là tổng số các trị số độ dày 65 đối với mỗi trong số các lớp của nó) và phần tử vô cơ 33 (tức là tổng số các trị số độ dày 63 đối với mỗi trong số các lớp của nó) có thể nằm từ khoảng 0,1:1 đến khoảng 5:1. Theo các cách thức thực hiện khác, tỷ lệ độ dày có thể từ khoảng 0,2:1 đến khoảng 3:1. Như cũng được hiểu trong

bản mô tả này, các cách thức thực hiện của vật phẩm nhiều lớp 100b, 100c và composit làm giảm rạn nứt 130b, 130c được chi phối bởi các tỷ lệ độ dày này được cấu hình sao cho các tỷ lệ độ dày được tính toán không phụ thuộc vào các lớp bổ sung bất kỳ được thêm vào composit làm giảm rạn nứt 130b, 130c ngay cạnh một hoặc cả hai trong số màng cứng 110 và/hoặc lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120. Các lớp này, như được mô tả trong bản mô tả này, được gọi là “các lớp nổi” và thường mỏng hơn một nửa đến một bậc (hoặc các bậc) độ lớn so với các lớp khác của các phần tử vô cơ và polyme 33, 35.

Theo các phương án khác về các vật phẩm nhiều lớp 100b, 100c, composit làm giảm rạn nứt 130b, 130c bao gồm độ cứng đủ để giữ được tính chống xước của màng cứng 110, trong khi cũng thể hiện độ bám chắc đủ để cải thiện hoặc nếu không giữ được độ bền uốn của lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 và màng cứng 110. Đến tìm ra sự cân bằng có lợi giữa độ cứng và độ bám chắc, môđun đàn hồi, E, và độ cứng, H, của composit làm giảm rạn nứt 130b, 130c có thể được điều chỉnh bằng cách kiểm soát tỷ lệ độ dày giữa độ dày của các lớp của phần tử polyme 35 (ví dụ, tổng của các độ dày 63) và tổng độ dày 13b, 13c của composit. Như được thể hiện trên các Fig. 6A và 6B, các đồ thị của môđun đàn hồi (GPa) và độ cứng (GPa) của composit làm giảm rạn nứt, khi được bố trí trên lớp nền trên cơ sở thủy tinh, dưới dạng hàm theo tỷ lệ giữa độ dày của lớp polyme trong composit và độ dày của composit làm giảm rạn nứt hoàn chỉnh, như được đo theo phương pháp làm lõm nano, theo một số phương án của sáng chế. Như có thể thấy từ các Fig. 6A & 6B, sự tăng tỷ lệ độ dày của tổng độ dày của phần tử polyme so với tổng độ dày của composit làm giảm rạn nứt (tức là, khoảng 400 nm đối với các điểm dữ liệu) có xu hướng dẫn đến các mức môđun đàn hồi và độ cứng giảm đối với các vật phẩm nhiều lớp. Ngoài ra, các đường được khớp với dữ liệu được minh họa trên các Fig. 6A và 6B có các trị số R^2 lần lượt là 0,93 và 0,91, cho thấy sự tương quan mạnh giữa tỷ lệ độ dày và môđun đàn hồi hoặc độ cứng của composit làm giảm rạn nứt.

Bây giờ tham chiếu tổng quát hơn đến các vật phẩm nhiều lớp 100a-c, các đặc tính mặt phân giới ở mặt phân giới hiệu quả 140 giữa màng cứng 110 và composit làm giảm rạn nứt 130a-c, hoặc giữa composit làm giảm rạn nứt 130a-c và lớp nền 120, được biến đổi, nói chung nhờ composit làm giảm rạn nứt 130a-c, sao cho vật phẩm 100a-c về căn bản giữ được độ bền uốn trung bình của nó, và màng cứng 110 giữ được các đặc tính chức năng cho ứng dụng của nó, đặc biệt là tính chống xước. Ví dụ, theo một số phương án về vật phẩm nhiều lớp 100a-c, vật phẩm này khác biệt ở chỗ độ bền uốn trung bình là lớn hơn hoặc bằng khoảng 50% độ bền uốn trung bình của

lớp nền thủy tinh (tức là như được thử nghiệm mà không có các cấu trúc composit làm giảm rạn nứt 130a-c và màng cứng 110 được bố trí trên đó).

Theo một hoặc nhiều phương án về các vật phẩm nhiều lớp 100a-c được minh họa trên các Fig. 1A-1C, composit làm giảm rạn nứt 130a-c có thể tạo thành đường ưu tiên của sự lan truyền vết nứt không phải là tạo cầu giữa màng cứng 110 và lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120. Nói cách khác, composit làm giảm rạn nứt 130a-c có thể làm lệch vết nứt, tạo ra trong một trong số màng 110 và lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120, và lan về phía kia của màng 110 và lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120, vào trong composit làm giảm rạn nứt 130a-c. Theo các phương án đó, vết nứt có thể lan truyền thông qua composit làm giảm rạn nứt 130a-c theo chiều gần như song song với ít nhất một trong số mặt phân giới thứ nhất 150 hoặc mặt phân giới thứ hai 160 đối với các vật phẩm nhiều lớp 100a-c. Như được minh họa trên Fig. 5A, vết nứt trở thành sự cố dính kết 180, khi được giữ lại trong composit làm giảm rạn nứt 130a-c. Như được sử dụng trong bản mô tả này, thuật ngữ “sự cố dính kết” đề cập đến sự lan truyền vết nứt gần như được giữ lại trong composit làm giảm rạn nứt 130a-c.

Composit làm giảm rạn nứt 130a-c, khi được tạo kết cấu để phát triển sự cố dính kết 180 như được thể hiện trên Fig. 5A, tạo ra đường ưu tiên đối với sự lan truyền vết nứt theo các phương án đó. Composit làm giảm rạn nứt 130a-c có thể khiến vết nứt khởi nguồn trong màng cứng 110 hoặc lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 và đi vào trong composit làm giảm rạn nứt 130a-c để giữ trong composit làm giảm rạn nứt. Theo cách khác, hoặc ngoài ra, composit làm giảm rạn nứt 130a-c của các vật phẩm nhiều lớp 100a-c giữ lại một cách hiệu quả vết nứt khởi nguồn trong một trong số màng cứng 110 và lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 khỏi sự lan truyền vào trong phần kia trong số màng và lớp nền trên cơ sở thủy tinh này. Tương tự, composit làm giảm rạn nứt 130a-c của vật phẩm nhiều lớp 100a-c giữ lại một cách hiệu quả vết nứt khởi nguồn trong một trong số composit 130a-c và lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 khỏi sự lan truyền vào trong composit và lớp nền còn lại này. Các tính chất này có thể được đặc trưng một cách riêng rẽ hoặc nói chung dưới dạng sự làm lệch vết nứt. Theo cách này, vết nứt được làm lệch khỏi việc tạo cầu giữa màng 110 và lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120, hoặc giữa composit làm giảm rạn nứt 130a-c và lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120. Theo một hoặc nhiều phương án, composit làm giảm rạn nứt 130a-c có thể tạo ra lớp hoặc mặt phân giới có độ bám chắc thấp mà thể hiện độ bền chống gãy thấp và/hoặc tốc độ giải phóng năng lượng biến dạng tới hạn thấp, mà có thể thúc đẩy sự làm lệch vết nứt vào trong composit làm giảm rạn nứt 130a-c thay vì thông qua composit làm giảm rạn nứt vào trong màng 110 và/hoặc lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120. Như được sử dụng trong bản mô tả này, “tạo thuận lợi” bao gồm tạo ra các điều

kiện có lợi trong đó vết nứt đi lệch vào trong composit làm giảm rạn nứt 130a-c thay vì lan truyền vào trong lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 hoặc màng 110. Thuật ngữ “tạo thuận lợi” cũng có thể bao gồm việc tạo ra đường ít uốn khúc hơn đối với sự lan truyền vết nứt vào trong và/hoặc thông qua composit làm giảm rạn nứt 130a-c thay vì vào trong lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 hoặc màng 110.

Theo một hoặc nhiều phương án về vật phẩm nhiều lớp 100a-c, composit làm giảm rạn nứt 130a-c có thể có độ biến dạng đến phá hỏng trung bình lớn hơn độ biến dạng đến phá hỏng trung bình của màng cứng 110. Theo một hoặc nhiều phương án về các vật phẩm nhiều lớp 100a-c, composit làm giảm rạn nứt 130a-c có thể có độ biến dạng đến phá hỏng trung bình lớn hơn hoặc bằng khoảng 0,5%, 0,7%, 1%, 1,5%, 2%, hoặc thậm chí 4%. Composit làm giảm rạn nứt 130a-c có thể có độ biến dạng đến phá hỏng trung bình là 0,6%, 0,8%, 0,9%, 1,1%, 1,2%, 1,3%, 1,4%, 1,5%, 1,6%, 1,7%, 1,8%, 1,9%, 2,0%, 2,2%, 2,4%, 2,6%, 2,8%, 3%, 3,2%, 3,4%, 3,6%, 3,8%, 4%, 5% hoặc 6% hoặc lớn hơn, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên. Theo một hoặc nhiều phương án, màng cứng 110 có thể có độ biến dạng đến phá hỏng trung bình (biến dạng bắt đầu nứt) là 1,5%, 1,0%, 0,7%, 0,5%, hoặc thậm chí 0,4% hoặc nhỏ hơn, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên. Màng 110 có thể có độ biến dạng đến phá hỏng trung bình là 1,4%, 1,3%, 1,2%, 1,1%, 0,9%, 0,8%, 0,6%, 0,3%, 0,2%, 0,1% hoặc nhỏ hơn, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên. Độ biến dạng đến phá hỏng trung bình của lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 có thể lớn hơn độ biến dạng đến phá hỏng trung bình của màng cứng 110 đối với các vật phẩm nhiều lớp 100a-c, và trong một số trường hợp, có thể lớn hơn độ biến dạng đến phá hỏng trung bình của composit làm giảm rạn nứt 130a-c. Theo một số phương án cụ thể khác về các vật phẩm nhiều lớp 100a-c, composit làm giảm rạn nứt 130a-c có thể có độ biến dạng đến phá hỏng trung bình cao hơn so với lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120, để làm giảm đến mức tối thiểu ảnh hưởng cơ học tiêu cực bất kỳ của composit làm giảm rạn nứt trên lớp nền trên cơ sở thủy tinh.

Composit làm giảm rạn nứt 130a-c, theo một hoặc nhiều phương án, có thể có tốc độ giải phóng năng lượng biến dạng tới hạn ($G_{IC} = K_{IC}^2/E$) lớn hơn tốc độ giải phóng năng lượng biến dạng tới hạn của màng cứng 110. Theo các ví dụ khác, composit làm giảm rạn nứt 130a-c có thể thể hiện tốc độ giải phóng năng lượng biến dạng tới hạn nhỏ hơn 0,25 lần, hoặc nhỏ hơn 0,5 lần, tốc độ giải phóng năng lượng biến dạng tới hạn của lớp nền trên cơ sở thủy tinh. Theo các phương án cụ thể, tốc độ giải phóng năng lượng biến dạng tới hạn của composit làm giảm rạn nứt 130a-c có thể khoảng 0,1 kJ/m² hoặc nhỏ hơn, khoảng 0,09 kJ/m² hoặc nhỏ hơn, khoảng 0,08 kJ/m²

hoặc nhỏ hơn, khoảng $0,07 \text{ kJ/m}^2$ hoặc nhỏ hơn, khoảng $0,06 \text{ kJ/m}^2$ hoặc nhỏ hơn, khoảng $0,05 \text{ kJ/m}^2$ hoặc nhỏ hơn, khoảng $0,04 \text{ kJ/m}^2$ hoặc nhỏ hơn, khoảng $0,03 \text{ kJ/m}^2$ hoặc nhỏ hơn, khoảng $0,02 \text{ kJ/m}^2$ hoặc nhỏ hơn, khoảng $0,01 \text{ kJ/m}^2$ hoặc nhỏ hơn, khoảng $0,005 \text{ kJ/m}^2$ hoặc nhỏ hơn, khoảng $0,003 \text{ kJ/m}^2$ hoặc nhỏ hơn, khoảng $0,002 \text{ kJ/m}^2$ hoặc nhỏ hơn, khoảng $0,001 \text{ kJ/m}^2$ hoặc nhỏ hơn; nhưng theo một số phương án, lớn hơn khoảng $0,0001 \text{ kJ/m}^2$ (tức là lớn hơn khoảng $0,1 \text{ J/m}^2$), và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên.

Composit làm giảm rạn nứt 130a-c được sử dụng trong các vật phẩm nhiều lớp 100a-c có thể có chỉ số khúc xạ lớn hơn chỉ số khúc xạ của lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120. Theo một hoặc nhiều phương án, chỉ số khúc xạ của composit làm giảm rạn nứt 130a-c có thể nhỏ hơn chỉ số khúc xạ của màng cứng 110. Theo một số phương án, chỉ số khúc xạ của composit làm giảm rạn nứt 130a-c có thể nằm giữa chỉ số khúc xạ của lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 và màng 110. Ví dụ, chỉ số khúc xạ của composit làm giảm rạn nứt 130a-c có thể nằm trong khoảng từ khoảng 1,45 đến khoảng 1,95, từ khoảng 1,5 đến khoảng 1,8, hoặc từ khoảng 1,6 đến khoảng 1,75, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên. Theo cách khác, composit làm giảm rạn nứt 130a-c có thể có chỉ số khúc xạ mà gần như giống với lớp nền trên cơ sở thủy tinh, hoặc chỉ số khúc xạ không lớn hơn hoặc nhỏ hơn quá hơn 0,05 đơn vị chỉ số so với chỉ số khúc xạ của lớp nền trên cơ sở thủy tinh trên phần cơ bản của dải bước sóng nhìn thấy được (ví dụ, từ 450 đến 650 nm). Theo các phương án nhất định, composit làm giảm rạn nứt 130a-c được tạo kết cấu sao cho độ truyền quang của lớp nền và composit làm giảm rạn nứt thay đổi 1% hoặc nhỏ hơn so với độ truyền quang của lớp nền riêng rẽ. Nói theo cách khác, composit làm giảm rạn nứt 130a-c có thể được tạo kết cấu sao cho các đặc tính quang học (ví dụ, độ truyền quang và độ phản xạ) của lớp nền được giữ lại.

Theo một hoặc nhiều phương án, composit làm giảm rạn nứt 130a-c của các vật phẩm nhiều lớp 100a, 100b, 100c có thể chịu được các quy trình có nhiệt độ cao. Các quy trình này có thể bao gồm quy trình lắng phủ chân không, ví dụ, lắng đọng hơi hóa học (ví dụ, lắng đọng hơi hóa học được tăng cường plasma), lắng đọng hơi vật lý (ví dụ, phún xạ hoặc sự bào mòn do laze phản ứng hoặc không phản ứng), làm bay hơi dùng nhiệt hoặc chùm điện tử và/hoặc lắng đọng lớp nguyên tử. Theo một hoặc nhiều phương án cụ thể, composit làm giảm rạn nứt 130a-c có thể chịu được quy trình lắng phủ chân không trong đó màng cứng 110 và/hoặc các màng khác được bố trí trên lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 được lắng phủ trên composit làm giảm rạn nứt 130a-c thông qua sự lắng phủ chân không. Như được sử dụng trong bản mô tả này, thuật ngữ “chịu được” bao gồm sự chống chịu của composit làm giảm rạn nứt 130a-c với các

nhiệt độ vượt quá 100°C, 200°C, 300°C, 400°C, 500°C, 600°C và có thể thậm chí các nhiệt độ lớn hơn sao cho sự giảm khối lượng không quá 10% và/hoặc giảm không quá 2% về độ truyền quang quan sát được trong composit làm giảm rạn nứt. Theo một số phương án, composit làm giảm rạn nứt 130a-c có thể được coi là chịu được quy trình lắng phủ chân không hoặc xử lý nhiệt độ nếu composit làm giảm rạn nứt 130a-c này trải qua mức giảm khối lượng là 10% hoặc nhỏ hơn, 8% hoặc nhỏ hơn, 6% hoặc nhỏ hơn, 4% hoặc nhỏ hơn, 2% hoặc nhỏ hơn hoặc 1% hoặc nhỏ hơn, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên, sau khi lắng phủ màng 110 và/hoặc các màng khác trên lớp nền trên cơ sở thủy tinh (và trên composit làm giảm rạn nứt 130a-c). Quy trình lắng phủ (hoặc thử nghiệm sau quy trình lắng phủ) mà trong đó composit làm giảm rạn nứt 130a-c trải qua mức giảm khối lượng có thể bao gồm các nhiệt độ khoảng 100°C hoặc lớn hơn, 200°C hoặc lớn hơn, 300°C hoặc lớn hơn, 400°C hoặc lớn hơn; các môi trường giàu khí cụ thể (ví dụ, oxy, nitơ, argon v.v.); và/hoặc các môi trường trong đó sự lắng phủ có thể được thực hiện trong chân không cao (ví dụ, 10^{-6} Torr), dưới các điều kiện khí quyển và/hoặc ở các áp suất giữa chúng (ví dụ, 10 mTorr). Như sẽ được bàn luận trong bản mô tả này, vật liệu được sử dụng để tạo ra composit làm giảm rạn nứt 130a hoặc composit chồng 130b có thể được chọn cụ thể đối với tính chịu nhiệt độ cao của nó (tức là khả năng chịu được các quy trình có nhiệt độ cao, ví dụ, các quy trình lắng phủ chân không) và/hoặc tính chịu môi trường của nó (tức là khả năng chịu được các môi trường giàu khí cụ thể hoặc ở áp suất cụ thể). Các tính chống chịu này có thể bao gồm tính chịu nhiệt độ cao, tính chịu chân không cao, sự nhả khí chân không thấp, tính chịu cao với plasma hoặc các khí ion hóa, tính chịu cao với ozon, tính chịu cao với UV, tính chịu cao với các dung môi, hoặc tính chịu cao với các axit hoặc các bazơ. Trong một số trường hợp, composit làm giảm rạn nứt 130a-c có thể được chọn để qua được thử nghiệm nhả khí theo ASTM E595.

Đối với việc xử lý composit làm giảm rạn nứt 130a-c, các quy trình khác nhau có thể được sử dụng để lắng phủ, phủ, hoặc nếu không tạo ra các phần tử vô cơ và polyme 33, 35 của nó. Ví dụ, các phương pháp phủ ướt, ví dụ, đúc ly tâm, phun xịt, và phủ nhúng, có thể được sử dụng với các dung môi hữu cơ khác nhau, ít nhất đối với sự phát triển của phần tử polyme 35. Tuy nhiên, tốt hơn là, các phương pháp lắng phủ dựa trên chân không khác nhau, ví dụ, làm bay hơi dùng nhiệt, làm bay hơi dùng chùm điện tử, phún xạ, và các phương pháp CVD, có thể được sử dụng để chế tạo cả hai phần tử vô cơ và polyme 33, 35. Các phương pháp lắng phủ chân không là có lợi ở chỗ chúng không dựa vào việc sử dụng các dung môi hữu cơ bất kỳ, mà có thể gây độc. Ngoài ra, các phương pháp lắng phủ chân không, so với các phương pháp lắng phủ và tạo hình khác, có thể đạt được sự kiểm soát tốt hơn về độ dày, độ đồng đều của

lớp và khả năng bám dính giữa các lớp của composit làm giảm rạn nứt 130a-c, và giữa các lớp của composit và màng cứng 110 hoặc lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120.

Ví dụ, các kỹ thuật xử lý này có thể được minh họa bằng ảnh hiển vi điện tử quét (SEM) trên Fig. 7 từ mặt cắt của vật phẩm nhiều lớp bao gồm lớp nền trên cơ sở thủy tinh 720, màng cứng 710 và composit làm giảm rạn nứt 730 bao gồm hai lớp vô cơ 733 và hai lớp polyme 735 theo một số phương án của sáng chế. Trong vật phẩm nhiều lớp được minh họa trên Fig. 7, lớp hữu cơ (PMDA-ODA) 735 được làm đồng bay hơi bằng cách làm bay hơi dùng nhiệt và lớp vô cơ 733, Al_2O_3 , được lắng phủ bằng cách làm bay hơi dùng chùm điện tử trên lớp nền trên cơ sở thủy tinh 720. Các bước này được lặp đi lặp lại để hoàn thành composit làm giảm rạn nứt 730, mà bao gồm hai lớp polyimide và hai lớp Al_2O_3 . Ngoài ra, PMDA và ODA là các tiền chất polyimide (ví dụ, của lớp polyme 735), mà trải qua bước polyme hóa khi được lắng phủ lên trên bề mặt của lớp nền trên cơ sở thủy tinh 720 hoặc lớp tiếp theo của lớp vô cơ 733, và sau đó được hóa rắn bằng nhiệt ở nhiệt độ 200°C để hoàn thành việc tạo ra lớp polyimide. Bằng cách sử dụng các quy trình lắng phủ dựa trên chân không này, ví dụ, như được minh họa trên Fig. 7, ảnh của vật phẩm nhiều lớp được tạo ra theo mô tả trên, cả hai lớp vô cơ và polyme 733, 735 của composit làm giảm rạn nứt 730 có thể được lắng phủ trong một buồng mà có khả năng đưa nhiều nguồn tiền chất vào. Theo một phương án được ưu tiên, các bước làm sạch ion bổ sung được thực hiện giữa quá trình lắng phủ của mỗi lớp cấu thành các lớp vô cơ và polyme 733, 735 để cải thiện khả năng bám dính với các lớp tiếp theo và/hoặc màng cứng 710. Ngoài ra, một số khía cạnh về các composit làm giảm rạn nứt 130a-c của các vật phẩm nhiều lớp 100a-100c, bao gồm vật phẩm được minh họa trên Fig. 7, được chế tạo theo mô tả trên, tiếp sau là lắng phủ màng cứng 110 chứa silic nitrua (SiN_x) bằng kỹ thuật lắng đọng hơi hóa học được tăng cường plasma. Màng chống xước SiN_x (ví dụ, màng 710 như được thể hiện trên Fig. 7) được lắng phủ trong hệ thống Versaline lắng đọng hơi được tăng cường plasma có mật độ cao (high density plasma-enhanced vapor deposition - HDPCVD) Plasma-Therm ở nhiệt độ 200°C bằng khí tiền chất silan và khí nitơ.

Ngoài ra, composit làm giảm rạn nứt 130a-c theo một hoặc nhiều phương án về các vật phẩm nhiều lớp 100a-c (xem các Fig. 1A-1C) có thể thể hiện tính chịu nhiệt độ, tính bền vững với ozon UV hoặc xử lý bằng plasma, độ truyền UV qua, tính bền vững với sự lão hóa do môi trường, sự nhả khí thấp trong môi trường chân không, và các tính chất tương tự cao hơn. Trong các trường hợp trong đó màng cứng 110 cũng được tạo ra bằng cách lắng phủ chân không, cả composit làm giảm rạn nứt 130a-c và màng 110 có thể được tạo ra trong buồng lắng phủ chân không giống nhau hoặc tương tự hoặc bằng cách sử dụng thiết bị phủ giống nhau hoặc tương tự.

Theo một số phương án, màng cứng 110 của vật phẩm nhiều lớp 100a-c, mà bao gồm composit làm giảm rạn nứt 130a-c, khác biệt ở chỗ sự không bong hoặc gần như không bong khỏi vật phẩm khi cho màng 110 vào thử nghiệm làm xước Garnet. Như được sử dụng trong bản mô tả này, “thử nghiệm làm xước Garnet” được thực hiện bằng cách gắn mảnh hình tròn đường kính ~6 mm của giấy ráp garnet 150 grit vào đầu của bộ phận Taber Abraser bằng cách sử dụng băng dính hai mặt. Tổng tải trọng 1 kg được tác động vào đầu mài mòn (tải trọng bổ sung ~650 g cộng với tải trọng quay ~350 g). Theo cách khác, tổng tải trọng 4 kg có thể được tác động vào. Đầu mài mòn sau đó được quét qua một lần làm xước có chiều dài ~30 mm trên bề mặt của mẫu, mà sau đó được kiểm tra đối với các vết xước. Mặc dù một số vết xước hoặc vết phá hỏng có thể có thể nhìn thấy được trên mẫu, các tiêu chuẩn “gần như không bong,” như được sử dụng trong bản mô tả này, được xác định là không có vùng nhìn thấy được trong trung tâm đường vết xước Garnet ~30 mm lớn hơn khoảng 100 micron theo chiều không gian bất kỳ trong đó màng chống xước 110 được tách rời hoàn toàn ra khỏi lớp nền, khi được kiểm tra bằng cách sử dụng kính hiển vi quang học. Nói theo cách khác, “sự bong” hoặc “sự cố liên quan đến bong,” được xác định là sự tách rời hoàn toàn (các) màng chống xước sau khi trải qua thử nghiệm làm xước Garnet. Các khía cạnh của sáng chế thể hiện gần như không bong theo tiêu chuẩn này khi được thử nghiệm làm xước Garnet với cả tổng tải trọng được tác động là 1 kg và 4 kg.

Composit làm giảm rạn nứt 130a-c (xem các Fig. 1A-1C) có thể gần như trong suốt về mặt quang học và không có tán xạ ánh sáng, ví dụ, có độ mờ truyền quang là 10% hoặc nhỏ hơn, 9% hoặc nhỏ hơn, 8% hoặc nhỏ hơn, 7% hoặc nhỏ hơn, 6% hoặc nhỏ hơn, 5% hoặc nhỏ hơn, 4% hoặc nhỏ hơn, 3% hoặc nhỏ hơn, 2% hoặc nhỏ hơn, 1% hoặc nhỏ hơn và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa chúng. Độ mờ truyền sáng của lớp có thể được kiểm soát bằng cách kiểm soát kích thước lỗ trung bình trong composit làm giảm rạn nứt 130a-c, như được xác định trong bản mô tả này. Kích thước lỗ trung bình được nêu làm ví dụ trong lớp có thể bao gồm 200 nm hoặc nhỏ hơn, 100 nm hoặc nhỏ hơn, 90 nm hoặc nhỏ hơn, 80 nm hoặc nhỏ hơn, 70 nm hoặc nhỏ hơn, 60 nm hoặc nhỏ hơn, 50 nm hoặc nhỏ hơn, 40 nm hoặc nhỏ hơn, 30 nm hoặc nhỏ hơn, 20 nm hoặc nhỏ hơn, 10 nm hoặc nhỏ hơn, 5 nm hoặc nhỏ hơn và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa chúng. Các kích thước lỗ này có thể được ước lượng từ các phép đo tán xạ ánh sáng, hoặc được phân tích trực tiếp bằng cách sử dụng kính hiển vi điện tử truyền qua (TEM) và các phương pháp đã biết khác.

Theo một số phương án, composit làm giảm rạn nứt 130a-c có thể thể hiện chỉ số khúc xạ tương tự với mỗi lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 và/hoặc màng cứng 110

để làm giảm đến mức tối thiểu ảnh hưởng của sự giao thoa ánh sáng. Theo đó, composit làm giảm rạn nứt 130a-c có thể thể hiện chỉ số khúc xạ trên một chút, bằng hoặc dưới một chút các chỉ số khúc xạ của lớp nền 120 và/hoặc màng cứng 110. Ngoài ra hoặc theo cách khác, composit làm giảm rạn nứt 130a-c có thể thể hiện chỉ số khúc xạ được điều chỉnh để đạt được tác dụng giao thoa chống phản xạ. Chỉ số khúc xạ của composit làm giảm rạn nứt 130a-c có thể được xử lý kỹ thuật một chút bằng cách kiểm soát các lượng tương đối và các thành phần của các phần tử vô cơ và polyme 33, 35 cùng với các độ dày của các lớp bất kỳ có chức năng như các cấu tử của các phần tử 33, 35 (ví dụ, như nhất quán với các composit làm giảm rạn nứt 130b, 130c được minh họa trên các Fig. 1B và 1C).

Độ dày 13a-c (mà bao gồm độ dày trung bình trong đó độ dày của composit làm giảm rạn nứt thay đổi) của composit làm giảm rạn nứt 130a-c được sử dụng trong các vật phẩm nhiều lớp 100a-c có thể nằm trong khoảng từ khoảng 0,001 μm đến khoảng 10 μm (1 nm đến 10.000 nm), từ khoảng 0,01 μm đến khoảng 1 μm (10 nm đến khoảng 1000 nm), từ khoảng 0,05 μm đến khoảng 0,75 μm (50 nm đến khoảng 750 nm), từ khoảng 0,01 μm đến khoảng 0,5 μm (10 nm đến khoảng 500 nm), từ khoảng 0,02 μm đến khoảng 0,2 μm (20 nm đến khoảng 200 nm). Theo một hoặc nhiều phương án, độ dày 13a-c của composit làm giảm rạn nứt 130a-c nằm trong khoảng từ khoảng 0,02 μm đến khoảng 10 μm , từ khoảng 0,03 μm đến khoảng 10 μm , từ khoảng 0,04 μm đến khoảng 10 μm , từ khoảng 0,05 μm đến khoảng 10 μm , từ khoảng 0,06 μm đến khoảng 10 μm , từ khoảng 0,07 μm đến khoảng 10 μm , từ khoảng 0,08 μm đến khoảng 10 μm , từ khoảng 0,09 μm đến khoảng 10 μm , từ khoảng 0,1 μm đến khoảng 10 μm , từ khoảng 0,01 μm đến khoảng 9 μm , từ khoảng 0,01 μm đến khoảng 8 μm , từ khoảng 0,01 μm đến khoảng 7 μm , từ khoảng 0,01 μm đến khoảng 6 μm , từ khoảng 0,01 μm đến khoảng 5 μm , từ khoảng 0,01 μm đến khoảng 4 μm , từ khoảng 0,01 μm đến khoảng 3 μm , từ khoảng 0,01 μm đến khoảng 2 μm , từ khoảng 0,01 μm đến khoảng 1 micron, từ khoảng 0,02 μm đến khoảng 1 micron, từ khoảng 0,03 đến khoảng 1 μm , từ khoảng 0,04 μm đến khoảng 0,5 μm , từ khoảng 0,05 μm đến khoảng 0,25 μm hoặc từ khoảng 0,05 μm đến khoảng 0,15 μm , và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên.

Theo một hoặc nhiều phương án, các độ dày của lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120, màng cứng 110 và/hoặc composit làm giảm rạn nứt 130a-c (ví dụ, lần lượt các độ dày 12, 11 và 13a-c) có thể được quy định liên quan đến nhau (xem các Fig. 1A-1C). Ví dụ, composit làm giảm rạn nứt 130a-c có thể có độ dày 13a-c nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 10 lần độ dày 11 của màng cứng 110. Theo một ví dụ khác, trong đó màng cứng 110 có độ dày 11 khoảng 85 nm, composit làm giảm rạn nứt 130a-c có thể có độ

dày 13a-c khoảng 850 nm hoặc nhỏ hơn. Theo ví dụ khác nữa, độ dày 13a-c của composit làm giảm rạn nứt 130a-c có thể nằm trong khoảng từ khoảng 35 nm đến khoảng 80 nm và màng 110 có thể có độ dày 11 nằm trong khoảng từ khoảng 30 nm đến khoảng 300 nm. Theo một ví dụ nữa, độ dày 13a-c của composit làm giảm rạn nứt 130a-c có thể nằm trong khoảng từ khoảng 150 nm đến khoảng 450 nm và độ dày 11 của màng cứng 110 nằm trong khoảng từ khoảng 1 micron đến khoảng 3 micron.

Theo một phương án biến thể, composit làm giảm rạn nứt 130a-c có thể có độ dày 13a-c nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 9 lần, 8 lần, 7 lần, 6 lần, 5 lần, 4 lần, 3 lần hoặc hai lần độ dày 11 của màng 110, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên. Theo một phương án biến thể khác, mỗi độ dày 11 của màng 110 và độ dày 13a-c của composit làm giảm rạn nứt 130a-c nhỏ hơn khoảng 10 μm , nhỏ hơn khoảng 5 μm , nhỏ hơn khoảng 2 μm , nhỏ hơn khoảng 1 μm , nhỏ hơn khoảng 0,5 μm , hoặc nhỏ hơn khoảng 0,2 μm , và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên. Tỷ lệ giữa các độ dày 13a-c của composit làm giảm rạn nứt 130a-c và độ dày 11 của màng 110 có thể, theo một số phương án, nằm trong khoảng từ khoảng 1:1 đến khoảng 1:20, nằm trong khoảng từ khoảng 1:2 đến khoảng 1:6, nằm trong khoảng từ khoảng 1:3 đến khoảng 1:5, hoặc nằm trong khoảng từ khoảng 1:3 đến khoảng 1:4, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên. Theo một phương án biến thể khác, độ dày 13a, 13b của composit làm giảm rạn nứt 130a-c nhỏ hơn khoảng 0,4 μm và độ dày 11 của màng 110 lớn hơn composit làm giảm rạn nứt 130a-c.

Ngoài ra hoặc theo cách khác, màng cứng 110 bao gồm một hoặc nhiều lớp indi-thiếc-oxit, lớp chống xước (ví dụ, AlO_xN_y , AlN và các tổ hợp của chúng), và lớp chống phản xạ; và composit làm giảm rạn nứt 130a-c tạo thành phần tử chồng nhau, trong đó phần tử chồng nhau này có độ phản xạ quang học toàn bộ thấp. Ví dụ, độ phản xạ toàn bộ (hoặc tổng) của phần tử chồng nhau như vậy có thể là 15% hoặc nhỏ hơn, 10% hoặc nhỏ hơn, 8% hoặc nhỏ hơn, 7% hoặc nhỏ hơn, 6,5% hoặc nhỏ hơn, 6% hoặc nhỏ hơn, 5,5% hoặc nhỏ hơn, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên, qua dải bước sóng nhìn thấy được từ 450-650 nm, 420-680 nm, hoặc thậm chí 400-700 nm. Các số độ phản xạ cao hơn có thể có mặt trong một số phương án bao gồm độ phản xạ từ một mặt phân giới thủy tinh trần (hoặc không được phủ) (ví dụ, của lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120), mà xấp xỉ độ phản xạ 4% từ mặt phân giới thủy tinh không được phủ riêng rẽ, hoặc có thể được đặc trưng dưới dạng độ phản xạ đối với bề mặt chính thứ nhất của lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 và phần tử chồng nhau (và các mặt phân giới liên quan) được bố trí trên bề mặt chính thứ nhất (ngoại trừ độ phản xạ 4% từ bề mặt chính thứ hai không được phủ của lớp nền trên cơ sở thủy tinh). Độ phản xạ trung bình từ cấu trúc phần tử chồng nhau và các mặt phân giới được phủ

phần tử chồng nhau-thủy tinh riêng rẽ (trừ đi độ phản xạ của mặt phân giới thủy tinh không được phủ) có thể nhỏ hơn khoảng 5%, 4%, 3%, 2%, hoặc thậm chí nhỏ hơn khoảng 1,5%, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên, qu dải bước sóng nhìn thấy được từ 450-650 nm, 420-680 nm, hoặc thậm chí 400-700 nm, trong một số trường hợp khi một hoặc nhiều bề mặt chính của lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 được che bởi chất bao điển hình (tức là, màng hoặc lớp bổ sung) có chỉ số khúc xạ của chất bao LÀ khoảng 1,45-1,65. Ngoài ra, phần tử chồng nhau có thể thể hiện độ truyền quang cao, mà biểu thị cả độ phản xạ thấp và độ hấp thụ thấp, theo mối quan hệ thông thường: Độ truyền sáng = 100% - độ phản xạ - độ hấp thụ. Các trị số độ truyền sáng trung bình đối với phần tử chồng nhau (khi bỏ qua độ phản xạ và độ hấp thụ liên quan đến lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 hoặc lớp chất bao riêng rẽ) có thể lớn hơn khoảng 75%, 80%, 85%, 90%, 95%, hoặc thậm chí 98%, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên, qua dải bước sóng nhìn thấy được từ 450-650 nm, 420-680 nm, hoặc thậm chí 400-700 nm.

Các đặc tính quang học của các vật phẩm nhiều lớp 100a-c (xem các Fig. 1A-1C) có thể được điều chỉnh bằng cách thay đổi một hoặc nhiều đặc tính của màng cứng 110, composit làm giảm rạn nứt 130a-c và/hoặc lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120. Ví dụ, các vật phẩm 100a-c có thể thể hiện tổng độ phản xạ là 15% hoặc nhỏ hơn, 10% hoặc nhỏ hơn, 8% hoặc nhỏ hơn, 7% hoặc nhỏ hơn, 6,9% hoặc nhỏ hơn, 6,8% hoặc nhỏ hơn, 6,7% hoặc nhỏ hơn, 6,6% hoặc nhỏ hơn, 6,5% hoặc nhỏ hơn, 6,4% hoặc nhỏ hơn, 6,3% hoặc nhỏ hơn, 6,2% hoặc nhỏ hơn, 6,1% hoặc nhỏ hơn và/hoặc 6% hoặc nhỏ hơn, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên, trên dải bước sóng nhìn thấy được từ khoảng 400 nm đến khoảng 700 nm. Các khoảng có thể còn thay đổi như được quy định trên đây, và các khoảng đối với phần tử chồng nhau (tức là, dưới dạng bao gồm màng cứng 110 và composit làm giảm rạn nứt 130a-c) / mặt phân giới thủy tinh được phủ riêng rẽ được liệt kê trên đây. Theo các phương án cụ thể hơn, các vật phẩm 100a-c được mô tả trong bản mô tả này có thể thể hiện độ phản xạ trung bình thấp hơn và độ bền uốn trung bình lớn hơn so với các vật phẩm mà không có composit làm giảm rạn nứt 130a-c. Theo một hoặc nhiều phương án thay thế, ít nhất hai trong số các đặc tính quang học, các đặc tính điện hoặc các đặc tính cơ học của vật phẩm 100a-c có thể được điều chỉnh bằng cách thay đổi (các) độ dày của lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120, màng 110 và/hoặc composit làm giảm rạn nứt 130a-c. Ngoài ra hoặc theo cách khác, độ bền uốn trung bình của các vật phẩm 100a-c có thể được điều chỉnh hoặc được cải thiện bằng cách biến đổi (các) độ dày của lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120, màng 110 và/hoặc composit làm giảm rạn nứt 130a-c.

Ngoài ra, lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 được phủ bằng composit làm giảm rạn nứt 130a-c có thể có độ phản xạ nằm trong 2% hoặc nằm trong 1% của lớp nền trên cơ sở thủy tinh riêng rẽ. Composit làm giảm rạn nứt có thể có chỉ số khúc xạ cao hơn so với chỉ số khúc xạ của lớp nền một lượng nhỏ hơn 1,55, từ 1,35 đến 1,55, hoặc không lớn hơn 0,05. Composit làm giảm rạn nứt cũng có thể có độ hấp thụ và mức độ tán xạ kết hợp nhỏ hơn 5% của năng lượng quang học tới qua dải bước sóng nhìn thấy được từ 400-800 nm.

Các vật phẩm 100a-c (xem các Fig. 1A-1C) có thể bao gồm một hoặc nhiều màng bổ sung (không được thể hiện trên hình vẽ) được bố trí trên lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120. Theo một hoặc nhiều phương án về vật phẩm 100a-c, một hoặc nhiều các màng bổ sung có thể được bố trí trên màng cứng 110 hoặc, như thông thường hơn, trên bề mặt chính đối diện với màng 110. Một số nhất định trong số (các) màng bổ sung có thể được bố trí tiếp xúc trực tiếp với màng 110. Theo một hoặc nhiều phương án, (các) màng bổ sung có thể được đặt giữa: 1) lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 và composit làm giảm rạn nứt 130a-c (ví dụ, trong các vật phẩm nhiều lớp 100a-c); hoặc 2) composit làm giảm rạn nứt 130a-c và màng 110. Theo một hoặc nhiều phương án, cả composit làm giảm rạn nứt 130a-c và màng 110 có thể được đặt giữa lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 và (các) màng bổ sung. (Các) màng bổ sung có thể bao gồm lớp bảo vệ, lớp bám dính, lớp phẳng hóa, lớp chống bong mảnh, lớp gắn kết quang học, lớp hiển thị, lớp phân cực, lớp hấp thụ ánh sáng, lớp giao thoa biến đổi sự phản xạ, lớp chống xước, lớp ngăn, lớp thụ động hóa, lớp kín, lớp chặn sự khuếch tán và các tổ hợp của chúng, và các lớp khác đã biết trong lĩnh vực này để thực hiện các chức năng này hoặc các chức năng liên quan. Các ví dụ về các lớp bảo vệ hoặc lớp ngăn thích hợp bao gồm các lớp chứa SiO_x , SiN_y , SiO_xN_y , các vật liệu tương tự khác và các tổ hợp của chúng. Các lớp như vậy cũng có thể được biến đổi để khớp với hoặc bù các đặc tính quang học của màng cứng 110, composit làm giảm rạn nứt 130a-c và/hoặc lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120. Ví dụ, lớp bảo vệ có thể được chọn để có chỉ số khúc xạ tương tự như composit làm giảm rạn nứt 130a-c, màng 110, hoặc lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120.

Theo một hoặc nhiều phương án, các vật phẩm 100a-c được mô tả có thể được sử dụng trong các thiết bị hiển thị thông tin và/hoặc các thiết bị cảm biến chạm. Theo một hoặc nhiều phương án thay thế, các vật phẩm 100a-c có thể là một phần của cấu kết nhiều lớp, ví dụ, dưới dạng thủy tinh an toàn nhiều lớp thủy tinh-polyme-thủy tinh để sử dụng trong các cửa sổ ô tô hoặc máy bay. Vật liệu polyme được nêu làm ví dụ được dùng làm lớp xen giữa trong các vật nhiều lớp này là PVB (polyvinyl butyral), và có nhiều các vật liệu lớp xen giữa khác đã biết trong lĩnh vực này có thể được sử

dụng. Ngoài ra, có các tùy chọn khác nhau đối với cấu trúc của thủy tinh nhiều lớp, mà không bị giới hạn cụ thể. Các vật phẩm 100a-c có thể được uốn cong hoặc được tạo hình trong ứng dụng cuối, ví dụ, như trong kính chắn gió ô tô, nóc chống mưa nắng, hoặc cửa sổ bên sườn. Độ dày 10a-c của các vật phẩm 100a-c có thể thay đổi, đối với mỗi lý do thiết kế hoặc cơ học; ví dụ, các vật phẩm 100a-c có thể dày hơn ở các mép so với ở trung tâm của vật phẩm. Các vật phẩm 100a-c có thể được đánh bóng bằng axit hoặc nếu không được xử lý để loại bỏ hoặc làm giảm ảnh hưởng của các vết rạn bề mặt.

Một số phương án của sáng chế liên quan đến các ứng dụng kính che mà sử dụng các vật phẩm 100a-c được mô tả trong bản mô tả này. Theo một hoặc nhiều phương án, kính che có thể bao gồm vật phẩm nhiều lớp với lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 (mà có thể được gia cường hoặc không được gia cường), màng cứng 110 (ví dụ, AlO_xN_y , AlN , SiO_xN_y , $\text{SiAl}_v\text{O}_x\text{N}_y$, Si_3N_4 và các tổ hợp của chúng), và composit làm giảm rạn nứt 130a-c bao gồm phần tử vô cơ và phần tử polyme. Vật phẩm nhiều lớp 100a-c có thể bao gồm một hoặc nhiều (các) màng bổ sung để làm giảm phản xạ và/hoặc tạo ra bề mặt dễ làm sạch hoặc kháng dầu vân tay trên vật phẩm nhiều lớp này. Đặc biệt là, lớp silan hoặc flosilan dày ~1-10 nm có thể được gắn vào bề mặt của màng cứng để làm giảm ma sát, cải thiện khả năng làm sạch, hoặc trợ giúp trong việc giảm làm xước ở bề mặt người dùng của vật phẩm.

Một số phương án theo sáng chế liên quan đến các thiết bị cảm biến chạm bao gồm các vật phẩm được mô tả trong bản mô tả này. Theo một hoặc nhiều phương án, thiết bị cảm biến chạm có thể bao gồm lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 (mà có thể được gia cường hoặc không được gia cường), màng cứng 110 (ví dụ, như chứa oxit dẫn điện trong suốt và vật liệu chống xước, ví dụ, AlO_xN_y , AlN , SiO_xN_y , $\text{SiAl}_v\text{O}_x\text{N}_y$, Si_3N_4 và các tổ hợp của chúng) và composit làm giảm rạn nứt 130a-c. Oxit dẫn điện trong suốt có thể bao gồm indi-thiếc-oxit, nhôm-kẽm-oxit, thiếc oxit được flo hóa, hoặc các vật liệu khác đã biết trong lĩnh vực này. Theo một hoặc nhiều phương án, phần oxit dẫn điện của màng cứng 110 được bố trí một cách không liên tục trên lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120. Nói cách khác, các phần dẫn điện của màng cứng 110 có thể được bố trí trên các vùng riêng biệt của lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 (có composit làm giảm rạn nứt 130a-c). Các vùng riêng biệt có màng tạo ra các vùng trang trí hoặc được phủ (không được thể hiện trên hình vẽ), trong khi các vùng riêng biệt mà không có màng tạo ra các vùng không trang trí hoặc không được phủ (không được thể hiện trên hình vẽ). Theo một hoặc nhiều phương án, các vùng trang trí hoặc được phủ và các vùng không trang trí hoặc không được phủ được tạo ra bằng cách bố trí màng 110 một cách liên tục trên bề mặt của composit làm giảm rạn nứt 130a-c, mà

lần lượt là trên bề mặt của lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 và sau đó khắc chọn lọc màng 110 trong các vùng riêng biệt sao cho không có màng 110 trong các vùng riêng biệt đó. Màng 110 có thể được khắc bằng cách sử dụng chất khắc ăn mòn, ví dụ, HCl hoặc FeCl_3 trong dung dịch nước, ví dụ, chất khắc ăn mòn TE-100 có bán trên thị trường từ Transene Co. Theo một hoặc nhiều phương án, composit làm giảm rạn nứt 130a-c không bị phân hủy hoặc bị loại bỏ một cách đáng kể bởi chất khắc ăn mòn. Theo cách khác, màng 110 có thể được lắng phủ một cách chọn lọc lên trên các vùng riêng biệt của bề mặt của composit làm giảm rạn nứt 130a-c, mà, lần lượt, là trên bề mặt của lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 để tạo ra các vùng trang trí hoặc được phủ và các vùng không trang trí hoặc không được phủ.

Theo một hoặc nhiều phương án về các vật phẩm nhiều lớp 100a-c có màng cứng 110 mà bao gồm các phần oxit dẫn điện hoặc các vùng riêng biệt, các vùng không được phủ có tổng độ phản xạ tương tự như tổng độ phản xạ của các vùng được phủ. Theo một hoặc nhiều phương án cụ thể, các vùng không trang trí hoặc không được phủ có tổng độ phản xạ mà khác với tổng độ phản xạ của các vùng trang trí hoặc được phủ là khoảng 5% hoặc nhỏ hơn, 4,5% hoặc nhỏ hơn, 4% hoặc nhỏ hơn, 3,5% hoặc nhỏ hơn, 3% hoặc nhỏ hơn, 2,5% hoặc nhỏ hơn, 2,0% hoặc nhỏ hơn, 1,5% hoặc nhỏ hơn hoặc thậm chí 1% hoặc nhỏ hơn, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên, qua bước sóng nhìn thấy được nằm trong khoảng từ khoảng 400 nm đến khoảng 800 nm, từ khoảng 450 nm đến khoảng 650 nm, từ khoảng 420 nm đến khoảng 680 nm hoặc thậm chí từ khoảng 400 nm đến khoảng 700 nm.

Theo một số phương án của sáng chế, các vật phẩm 100a-c bao gồm composit làm giảm rạn nứt 130a-c và màng cứng 110, mà có thể chứa indi-thiếc-oxit hoặc các oxit dẫn điện trong suốt khác, thể hiện điện trở suất chấp nhận được để sử dụng các vật phẩm như vậy trong các thiết bị cảm biến chạm. Theo một hoặc nhiều phương án, các màng 110, khi có mặt trong các vật phẩm được bộc lộ trong bản mô tả này, thể hiện điện trở mặt khoảng 100 ôm/bình phương hoặc nhỏ hơn, 80 ôm/bình phương hoặc nhỏ hơn, 50 ôm/bình phương hoặc nhỏ hơn, hoặc thậm chí 30 ôm/bình phương hoặc nhỏ hơn. Theo các phương án đó, màng này có thể có độ dày khoảng 200 nm hoặc nhỏ hơn, 150 nm hoặc nhỏ hơn, 100 nm hoặc nhỏ hơn, 80 nm hoặc nhỏ hơn, 50 nm hoặc nhỏ hơn hoặc thậm chí 35 nm hoặc nhỏ hơn, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên. Theo một hoặc nhiều phương án cụ thể, các màng này, khi có mặt trong vật phẩm 100a-c, thể hiện điện trở suất là 10×10^{-4} ôm-cm hoặc nhỏ hơn, 8×10^{-4} ôm-cm hoặc nhỏ hơn, 5×10^{-4} ôm-cm hoặc nhỏ hơn, hoặc thậm chí 3×10^{-4} ôm-cm hoặc nhỏ hơn, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên. Do đó, các màng cứng 110, khi có mặt trong các vật phẩm 100a-c được bộc

lộ trong bản mô tả này với các phần oxit dẫn điện, có thể duy trì một cách có lợi tính chất điện và quang học được dự tính của các màng oxit dẫn điện trong suốt và các màng như vậy khác được sử dụng trong các ứng dụng cảm biến chạm, bao gồm các thiết bị cảm biến chạm điện dung được trình chiếu.

Bộ lộ trong bản mô tả này cũng có thể được áp dụng cho các vật phẩm 100a-c mà không tương tác hoặc cho màn hiển thị; ví dụ, các vật phẩm như vậy có thể được sử dụng trong trường hợp trong đó thiết bị có mặt trước thủy tinh mà được sử dụng cho màn hiển thị và có thể tương tác, và mặt sau mà có thể được gọi bằng thuật ngữ “để trang trí” theo nghĩa rất rộng, có nghĩa là mặt lưng có thể “được sơn” bằng một số màu, có sáng tạo nghệ thuật hoặc thông tin về nhà sản xuất, đời máy và số seri, tạo hoa văn hoặc các đặc điểm khác.

Đối với các đặc tính quang học của các vật phẩm nhiều lớp 100a-c (xem các Fig. 1A-1C), màng cứng 110 có thể bao gồm vật liệu chống xước, ví dụ, AlN , Si_3N_4 , AlO_xN_y , và SiO_xN_y , mà có chỉ số khúc xạ tương đối cao nằm trong khoảng từ khoảng 1,7 đến khoảng 2,1. Lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 được sử dụng trong các vật phẩm nhiều lớp 100a-c thường có các chỉ số khúc xạ nằm trong khoảng từ khoảng 1,45 đến khoảng 1,65. Ngoài ra, composit làm giảm rạn nứt 130a-c được sử dụng trong các vật phẩm 100a-c thường có chỉ số khúc xạ đều đó gần hoặc giữa các khoảng chỉ số khúc xạ phổ biến cho lớp nền 120 và màng 110 (khi có mặt). Sự khác biệt ở các trị số chỉ số khúc xạ này (ví dụ, giữa lớp nền 120 và composit làm giảm rạn nứt 130a-c) có thể góp phần vào ảnh hưởng của sự giao thoa ánh sáng không mong muốn. Đặc biệt là, sự giao thoa ánh sáng ở các mặt phân giới 150 và/hoặc 160 (xem các Fig. 1A-1C) có thể dẫn đến sự dao động độ phản xạ phổ mà tạo ra màu sắc rõ rệt quan sát thấy trong các vật phẩm 100a-c. Sự thay đổi màu sắc khi phản xạ theo góc nhìn do sự thay đổi về sự dao động đối chiếu phổ theo góc chiếu sáng tới. Cuối cùng, màu sắc và sự thay đổi màu sắc quan sát được với góc chiếu sáng tới thường làm mất quan tâm hoặc không ưa thích đối với người dùng thiết bị, đặc biệt là dưới sự chiếu sáng với các đặc điểm phổ mạnh, ví dụ, phát sáng huỳnh quang và phát sáng một phần bằng LED. Theo cách khác hoặc ngoài ra, composit làm giảm rạn nứt 130a-c và/hoặc màng cứng 110 có thể có các lớp hoặc các lớp phụ với các chỉ số khúc xạ cao và thấp xen kẽ, do đó tạo ra tác dụng điều chỉnh trở kháng quang học mà có thể được sử dụng để hạ thấp độ phản xạ, kiểm soát độ phản xạ để khớp với đích, hạ thấp màu sắc, hoặc hạ thấp sự thay đổi màu sắc của vật phẩm được phủ, như còn được minh họa trong các ví dụ dưới đây.

Theo các khía cạnh của sáng chế, màu sắc và sự thay đổi màu sắc quan sát được trong các vật phẩm 100a-c có thể được làm giảm bằng cách làm giảm đến mức

tối thiểu độ phản xạ ở một hoặc cả hai mặt phân giới 150 và 160 (xem các Fig. 1A-1C), do đó, làm giảm sự dao động độ phản xạ và sự thay đổi màu sắc được phản xạ đối với toàn bộ vật phẩm. Theo một số khía cạnh, tỷ trọng, độ dày, thành phần và/hoặc độ xốp của composit làm giảm rạn nứt 130a-c có thể được điều chỉnh để làm giảm đến mức tối thiểu độ phản xạ như vậy ở các mặt phân giới 150 và 160. Ví dụ, việc tạo cấu hình lớp 130a-c theo các khía cạnh nêu trên có thể làm giảm các biên độ và/hoặc sự dao động của độ phản xạ qua phổ nhìn thấy được.

Như được sử dụng trong bản mô tả này, thuật ngữ “biên độ” bao gồm sự thay đổi đỉnh đến đáy về độ phản xạ hoặc độ truyền sáng. Như cũng được sử dụng trong bản mô tả này, thuật ngữ “độ truyền sáng” được xác định dưới dạng tỷ lệ phần trăm của công suất quang tới trong dải bước sóng đã định được truyền qua các vật phẩm 100a-c. Thuật ngữ “độ truyền sáng trung bình” được dùng để chỉ trung bình phổ của độ truyền sáng được nhân với hàm hiệu suất phát sáng, như được mô tả bởi người quan sát tiêu chuẩn CIE. Thuật ngữ “độ phản xạ” được xác định theo cách tương tự dưới dạng tỷ lệ phần trăm của công suất quang tới trong dải bước sóng đã định mà được phản xạ từ các vật phẩm 100a-c. Nói chung, độ truyền sáng và độ phản xạ được đo bằng cách sử dụng độ rộng dòng cụ thể. Ngoài ra, cụm từ “biên độ trung bình” bao gồm sự thay đổi đỉnh đến đáy về độ phản xạ hoặc độ truyền sáng được tính trung bình trên mỗi dải bước sóng 100 nm có thể trong cơ chế độ dài sóng quang. Như được sử dụng trong bản mô tả này, “cơ chế độ dài sóng quang” bao gồm khoảng từ khoảng 400 nm đến khoảng 800 nm.

Theo một hoặc nhiều phương án, các vật phẩm nhiều lớp 100a-c thể hiện độ truyền sáng trung bình là 85% hoặc lớn hơn trên phổ nhìn thấy được. Theo một số phương án, các vật phẩm nhiều lớp 100a-c có thể thể hiện độ truyền sáng trung bình là 80% hoặc lớn hơn, 82% hoặc lớn hơn, 85% hoặc lớn hơn, 90% hoặc lớn hơn, 91% hoặc lớn hơn, 92% hoặc lớn hơn, 93% hoặc lớn hơn, 94% hoặc lớn hơn, hoặc 95% hoặc lớn hơn, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên.

Theo một số khía cạnh, các vật phẩm 100a-c thể hiện tổng độ phản xạ trung bình là 20% hoặc nhỏ hơn trên phổ nhìn thấy được. Các phương án nhất định về các vật phẩm 100a-c, ví dụ, thể hiện tổng độ phản xạ là 20% hoặc nhỏ hơn, 15% hoặc nhỏ hơn, 10% hoặc nhỏ hơn, 9% hoặc nhỏ hơn, 8% hoặc nhỏ hơn, 7% hoặc nhỏ hơn, 6% hoặc nhỏ hơn, hoặc 5% hoặc nhỏ hơn, 4% hoặc nhỏ hơn, 3% hoặc nhỏ hơn, 2% hoặc nhỏ hơn, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên.

Theo một hoặc nhiều phương án, các vật phẩm 100a-c có tổng độ phản xạ là giống nhau hoặc nhỏ hơn tổng độ phản xạ của lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120. Theo một hoặc nhiều phương án, các vật phẩm 100a-c thể hiện phổ độ truyền sáng tương

đối phẳng, phổ độ phản xạ hoặc phổ độ truyền sáng và độ phản xạ trên cơ chế độ dài sóng quang. Theo một số phương án, phổ độ truyền sáng và/hoặc độ phản xạ tương đối phẳng bao gồm biên độ dao động trung bình khoảng 5 điểm phần trăm hoặc nhỏ hơn dọc theo toàn bộ cơ chế độ dài sóng quang, hoặc các phân đoạn dải bước sóng trong cơ chế độ dài sóng quang. Các phân đoạn dải bước sóng có thể khoảng 50 nm, khoảng 100 nm, khoảng 200 nm hoặc khoảng 300 nm, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa các trị số nêu trên. Theo một số phương án, biên độ dao động trung bình có thể khoảng 4,5 điểm phần trăm hoặc nhỏ hơn, khoảng 4 điểm phần trăm hoặc nhỏ hơn, khoảng 3,5 điểm phần trăm hoặc nhỏ hơn, khoảng 3 điểm phần trăm hoặc nhỏ hơn, khoảng 2,5 điểm phần trăm hoặc nhỏ hơn, khoảng 2 điểm phần trăm hoặc nhỏ hơn, khoảng 1,75 điểm phần trăm hoặc nhỏ hơn, khoảng 1,5 điểm phần trăm hoặc nhỏ hơn, khoảng 1,25 điểm phần trăm hoặc nhỏ hơn, khoảng 1 điểm phần trăm hoặc nhỏ hơn, khoảng 0,75 điểm phần trăm hoặc nhỏ hơn, khoảng 0,5 điểm phần trăm hoặc nhỏ hơn, khoảng 0,25 điểm phần trăm hoặc nhỏ hơn, hoặc khoảng 0 điểm phần trăm, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa chúng. Theo một hoặc nhiều phương án cụ thể, các vật phẩm 100 và 100a thể hiện độ truyền sáng trên phân đoạn dải bước sóng được chọn là khoảng 100 nm hoặc 200 nm trên cơ chế độ dài sóng quang, trong đó sự dao động từ các phổ có pic lớn nhất là khoảng 80%, khoảng 82%, khoảng 84%, khoảng 86%, khoảng 87%, khoảng 88%, khoảng 89%, khoảng 90%, khoảng 91%, khoảng 92%, khoảng 93%, khoảng 94%, hoặc khoảng 95%, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa chúng.

Theo một số phương án, độ truyền sáng trung bình và/hoặc độ phản xạ trung bình tương đối phẳng bao gồm biên độ dao động lớn nhất, được biểu thị dưới dạng tỷ lệ phần trăm của độ truyền sáng trung bình hoặc độ phản xạ trung bình, dọc theo phân đoạn dải bước sóng được chỉ định trong cơ chế độ dài sóng quang. Độ truyền sáng trung bình hoặc độ phản xạ trung bình của các vật phẩm nhiều lớp 100a-c cũng sẽ được đo dọc theo phân đoạn dải bước sóng được chỉ định giống nhau trong cơ chế độ dài sóng quang. Phân đoạn dải bước sóng có thể khoảng 50 nm, khoảng 100 nm hoặc khoảng 200 nm. Theo một hoặc nhiều phương án, các vật phẩm 100 và 100a thể hiện độ truyền sáng trung bình và/hoặc độ phản xạ trung bình với biên độ dao động trung bình là khoảng 10% hoặc nhỏ hơn, khoảng 5% hoặc nhỏ hơn, khoảng 4,5% hoặc nhỏ hơn, khoảng 4% hoặc nhỏ hơn, khoảng 3,5% hoặc nhỏ hơn, khoảng 3% hoặc nhỏ hơn, khoảng 2,5% hoặc nhỏ hơn, khoảng 2% hoặc nhỏ hơn, khoảng 1,75% hoặc nhỏ hơn, khoảng 1,5% hoặc nhỏ hơn, khoảng 1,25% hoặc nhỏ hơn, khoảng 1% hoặc nhỏ hơn, khoảng 0,75% hoặc nhỏ hơn, khoảng 0,5% hoặc nhỏ hơn, khoảng 0,25% hoặc nhỏ hơn, hoặc khoảng 0,1% hoặc nhỏ hơn, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa

chúng. Biên độ dao động trung bình dựa trên tỷ lệ phần trăm như vậy có thể được biểu thị bởi vật phẩm dọc theo các phân đoạn dải bước sóng là khoảng 50 nm, khoảng 100 nm, khoảng 200 nm hoặc khoảng 300 nm, trong cơ chế độ dài sóng quang. Ví dụ, vật phẩm theo sáng chế có thể thể hiện độ truyền sáng trung bình khoảng 85% dọc theo dải bước sóng từ khoảng 500 nm đến khoảng 600 nm, mà là phân đoạn dải bước sóng khoảng 100 nm, trong cơ chế độ dài sóng quang. Vật phẩm này cũng có thể thể hiện biên độ dao động dựa trên tỷ lệ phần trăm khoảng 3% dọc theo dải bước sóng giống nhau (500 nm đến khoảng 600 nm), điều này có nghĩa là dọc theo dải bước sóng từ 500 nm đến 600 nm, biên độ dao động tuyệt đối (không dựa trên tỷ lệ phần trăm) là khoảng 2,55 điểm phần trăm.

Một số phương án liên quan đến thiết bị điện tử kết hợp các vật phẩm 100a-c được bộc lộ trong bản mô tả này (không được thể hiện trên hình vẽ). Các thiết bị điện tử này có thể bao gồm thiết bị hoặc vật phẩm bất kỳ có màn hiển thị (ví dụ, các thiết bị điện tử dân dụng, bao gồm điện thoại di động, máy tính bảng, máy tính, thiết bị đeo được (ví dụ, đồng hồ), các hệ thống dẫn đường, và các thiết bị tương tự), các vật phẩm kiến trúc, các vật phẩm vận tải (ví dụ, ô tô, tàu, máy bay, tàu biển, v.v.), các vật phẩm đồ gia dụng, hoặc vật phẩm bất kỳ trong đó mong muốn độ trong suốt, tính chống xước, khả năng chịu mài mòn nào đó hoặc kết hợp của chúng. Điện thoại di động có thể bao gồm vỏ bọc; các linh kiện điện mà là ít nhất một phần bên trong hoặc hoàn toàn nằm trong vỏ bọc và bao gồm ít nhất bộ điều khiển, bộ nhớ, và màn hiển thị ở hoặc sát mặt trước của vỏ bọc; và vật phẩm nhiều lớp 100a-c ở hoặc trên mặt trước của vỏ bọc sao cho nó ở trên màn hiển thị. Các ứng dụng bổ sung đối với các vật phẩm theo sáng chế không nhất thiết bao gồm thiết bị điện tử, như kính mắt, kính râm, cửa sổ, kính chắn gió ô tô hoặc máy bay, hoặc các bộ bảo vệ màn hình trên cơ sở thủy tinh mà được dán vào các thiết bị điện tử bằng cách sử dụng chất kết dính.

Theo một hoặc nhiều phương án, phương pháp này bao gồm việc bố trí màng cứng 110 và/hoặc composit làm giảm rạn nứt 130a-c thông qua quy trình lắng phủ chân không. Theo các phương án cụ thể, các quy trình lắng phủ chân không như vậy có thể sử dụng nhiệt độ khoảng 25°C, 50°C, 75°C, 100°C, 200°C, 300°C, 400°C, hoặc lớn hơn, và tất cả các khoảng và các khoảng con giữa chúng. Theo một số phương án, composit làm giảm rạn nứt 130a-c có thể được tạo ra bằng quy trình xử lý ướt.

Theo một hoặc nhiều phương án cụ thể, phương pháp bao gồm việc kiểm soát (các) độ dày của composit làm giảm rạn nứt 130a-c và/hoặc màng cứng 110. Việc kiểm soát (các) độ dày của composit làm giảm rạn nứt 130a-c và/hoặc các màng (ví dụ, màng cứng 110) được bộc lộ trong bản mô tả này có thể được thực hiện bằng cách kiểm soát một hoặc nhiều quy trình để tạo ra composit làm giảm rạn nứt, composit

chồng và/hoặc các màng sao cho composit làm giảm rạn nứt, composit chồng và/hoặc các màng được gắn vào có độ dày mong muốn hoặc được xác định. Theo một số phương án, phương pháp bao gồm việc kiểm soát (các) độ dày của composit làm giảm rạn nứt 130a-c và/hoặc màng cứng 110 để duy trì (hoặc tăng cường, trong một số trường hợp) độ bền uốn trung bình của lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120, các đặc tính chức năng của lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 và/hoặc các đặc tính chức năng của màng 110.

Theo một hoặc nhiều phương án thay thế, phương pháp bao gồm việc kiểm soát sự liên tục của composit làm giảm rạn nứt 130a-c và/hoặc màng cứng 110. Việc kiểm soát sự liên tục của composit làm giảm rạn nứt 130a hoặc composit chồng 130b có thể bao gồm việc tạo ra composit làm giảm rạn nứt liên tục và loại bỏ (các) phần được chọn của composit hoặc composit chồng làm giảm rạn nứt để tạo ra composit làm giảm rạn nứt không liên tục. Theo các phương án khác, việc kiểm soát sự liên tục của composit hoặc composit chồng làm giảm rạn nứt có thể bao gồm việc tạo ra một cách chọn lọc composit hoặc composit chồng làm giảm rạn nứt để tạo ra composit hoặc composit chồng làm giảm rạn nứt không liên tục. Các phương án đó có thể sử dụng mạng che, chất khắc ăn mòn và các kết hợp của chúng để kiểm soát sự liên tục của composit làm giảm rạn nứt 130a-c.

Theo một hoặc nhiều phương án, phương pháp này có thể bao gồm việc tạo ra môđun đàn hồi được kiểm soát trong composit làm giảm rạn nứt 130a-c. Phương pháp này có thể còn bao gồm việc kiểm soát ứng suất màng bên trong của composit làm giảm rạn nứt 130a, composit chồng 130b và/hoặc màng 110 thông qua việc kiểm soát các quy trình lắng phủ và chế tạo của composit hoặc composit chồng làm giảm rạn nứt.

Phương pháp này có thể bao gồm việc bố trí màng bổ sung, như được mô tả trong bản mô tả này, trên lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120. Theo một hoặc nhiều phương án, phương pháp này có thể bao gồm việc bố trí màng bổ sung trên lớp nền trên cơ sở thủy tinh sao cho màng bổ sung này được bố trí giữa lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 và composit làm giảm rạn nứt 130a-c, giữa composit làm giảm rạn nứt 130a-c và màng cứng 110 hoặc, sao cho màng 110 nằm giữa composit làm giảm rạn nứt 130a-c và màng bổ sung. Theo cách khác, phương pháp này có thể bao gồm việc bố trí màng bổ sung trên bề mặt chính đối diện của lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 từ bề mặt trên đó màng này được bố trí.

Theo một hoặc nhiều phương án, phương pháp này bao gồm việc gia cường lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 trước hoặc sau khi bố trí composit làm giảm rạn nứt 130a-c, màng cứng 110 và/hoặc màng bổ sung trên lớp nền trên cơ sở thủy tinh. Lớp

nền trên cơ sở thủy tinh 120 có thể được gia cường về mặt hóa học hoặc không. Lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 có thể được gia cường sau khi bố trí composit làm giảm rạn nứt 130a-c trên lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 nhưng trước khi bố trí màng 110 trên lớp nền trên cơ sở thủy tinh. Lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 có thể được gia cường sau khi bố trí composit làm giảm rạn nứt 130a-c và màng 110 trên lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 nhưng trước khi bố trí màng bổ sung (nếu có) trên lớp nền trên cơ sở thủy tinh. Khi không có màng bổ sung được sử dụng, lớp nền trên cơ sở thủy tinh 120 có thể được gia cường sau khi bố trí composit làm giảm rạn nứt 130a-c và màng 110 trên lớp nền trên cơ sở thủy tinh.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Các ví dụ sau thể hiện các phương án thực hiện nhất định không nhằm mục đích giới hạn phạm vi của sáng chế.

Ví dụ 1: Độ bền của các vật phẩm nhiều lớp có composit làm giảm rạn nứt Al_2O_3 /polyimide năm lớp và màng cứng silic nitrua.

Các vật phẩm nhiều lớp mẫu được gọi tên là các ví dụ 1A-1C (“Các ví dụ 1A, 1B, 1A1, 1B1 và 1C”) được tạo ra bằng cách cung cấp lớp nền trên cơ sở thủy tinh Corning(R) 2320 Gorilla Glass® theo các thành phần sau: SiO_2 khoảng 67% mol, B_2O_3 khoảng 4% mol, Al_2O_3 khoảng 13% mol, Na_2O khoảng 14% mol, và MgO khoảng 2,5% mol. Lớp nền trên cơ sở thủy tinh này có độ dày 1 mm (các ví dụ 1A, 1B) hoặc 0,7 mm (các ví dụ 1A1, 1B1 và 1C). Lớp nền trên cơ sở thủy tinh này được gia cường bằng cách trao đổi ion để thu được CS bề mặt khoảng 800 MPa và DOC khoảng 40 μm . Quy trình trao đổi ion được thực hiện bằng cách ngâm lớp nền trên cơ sở thủy tinh trong bể kali nitrat (KNO_3) nóng chảy mà được làm nóng đến nhiệt độ nằm trong khoảng từ khoảng 350°C đến 450°C. Lớp nền trên cơ sở thủy tinh này được ngâm trong bể trong thời gian 3-8 giờ để đạt được CS bề mặt và DOC. Sau khi hoàn tất quy trình trao đổi ion, lớp nền trên cơ sở thủy tinh của các ví dụ 1A-1C được làm sạch trong dung dịch tẩy rửa KOH nồng độ 2%, do Semiclean KG cung cấp, có nhiệt độ khoảng 50°C.

Trong ví dụ 1, mẫu ví dụ 1C là đối chứng do nó chỉ chứa lớp nền trên cơ sở thủy tinh. Tương tự, các mẫu ví dụ 1A và 1A1 cũng có chức năng làm đối chứng do chúng có màng cứng SiN_x có độ dày khoảng 440 nm và không có composit làm giảm rạn nứt. Trong các mẫu ví dụ 1A và 1A1, màng cứng SiN_x được lắng phủ trong hệ thống HDPCVD Versaline Plasma-Therm ở nhiệt độ 200°C với khí tiền chất silan và khí nitơ.

Trong ví dụ 1, các mẫu được gọi tên là các ví dụ 1B và 1B1 cũng được chuẩn bị. Đối với các mẫu ví dụ 1B, 1B1, lớp nền trên cơ sở thủy tinh được gia cường và các màng cứng theo điều kiện ví dụ 1A hoặc 1A1 (ví dụ, màng SiN_x có độ dày khoảng 440 nm và lớp nền trên cơ sở thủy tinh dày 0,7 mm hoặc 1 mm) được chuẩn bị. Ngoài ra, các ví dụ 1B và 1B1, mỗi mẫu có composit làm giảm rạn nứt bao gồm thứ tự năm lớp của các lớp Al_2O_3 và polyimit (“PI”) có các độ dày như sau: 10 nm Al_2O_3 (trên lớp nền)/75 nm PI/75 nm Al_2O_3 /75 nm PI/75 nm Al_2O_3 (ngay dưới màng cứng).

Thử nghiệm tải trọng đến phá hỏng vòng trên vòng (ROR) được sử dụng để chứng minh mức độ lưu giữ của độ bền uốn trung bình của các ví dụ 1A-1C, như được thể hiện trên Fig. 8. Để thử nghiệm tải trọng đến phá hỏng ROR, cạnh có màng và/hoặc composit làm giảm rạn nứt được đặt tải trọng kéo. Các tham số thử nghiệm tải trọng đến phá hỏng ROR bao gồm bán kính tiếp xúc là 1,6 mm (0,063 in), tốc độ con trượt là 1,2 mm/phút (0,047 in/phút), đường kính vòng tải là 1,27 mm (0,5 in), và đường kính vòng đỡ là 2,54 cm (1 in). Trước khi thử nghiệm, màng dính được đặt lên cả hai cạnh của mẫu được thử nghiệm để chứa các mảnh vỡ thủy tinh bị phá vỡ.

Như được thể hiện trên Fig. 8, việc bổ sung composit làm giảm rạn nứt (dưới dạng bao gồm thứ tự lớp Al_2O_3 /PI năm lớp) vào vật phẩm nhiều lớp có màng cứng SiN_x và lớp nền trên cơ sở thủy tinh (các ví dụ 1B (lớp nền dày 1 mm) và 1B1 (lớp nền dày 0,7 mm)) thu được các vật phẩm nhiều lớp với mức tăng khoảng 36% và 42% (các lớp nền dày 1 mm, và dày 0,7 mm) về tải trọng phá hỏng so với các vật phẩm nhiều lớp được tạo kết cấu tương tự mà không có composit làm giảm rạn nứt như vậy (tức là từ ví dụ 1A đến 1B và từ ví dụ 1A1 đến 1B1). Như cũng được thể hiện trên Fig. 8, sự bao gồm màng chống xước có độ dày 440 nm (xem các ví dụ 1B và 1B1) mà không có composit làm giảm rạn nứt bất kỳ làm giảm một cách đáng kể độ bền uốn trung bình của lớp nền trên cơ sở thủy tinh (xem ví dụ 1C). Tính đến sự khác biệt tương đối ít về độ tăng độ bền uốn trung bình quan sát được giữa hai tập hợp mẫu có các độ dày lớp nền trên cơ sở thủy tinh khác nhau (tức là lần lượt là 36% và 42%), hiển nhiên là độ dày của lớp nền trên cơ sở thủy tinh có ít ảnh hưởng đến tác dụng rõ rệt từ composit làm giảm rạn nứt.

Ví dụ 2: Tính chống xước của các vật phẩm nhiều lớp có composit làm giảm rạn nứt Al_2O_3 /polyimit năm lớp và màng cứng silic nitrua.

Bây giờ, tham chiếu đến các Fig. 9A-9D, các ảnh hiển vi quang học từ các vật phẩm nhiều lớp bao gồm lớp nền trên cơ sở thủy tinh có màng cứng bao gồm lớp silic nitrua dày 2 micron và lớp flosilan, và không có composit làm giảm rạn nứt (Fig. 9A), composit làm giảm rạn nứt bao gồm ba lớp nhôm oxit dày và hai lớp polyimit mỏng

(Fig. 9B), composit làm giảm rạn nứt bao gồm ba lớp nhôm oxit mỏng và hai lớp polyimit dày (Fig. 9C), hoặc lớp làm giảm rạn nứt bao gồm polyimit riêng rẽ (Fig. 9D). Mỗi trong số các mẫu được minh họa trên các Fig. 9A-9D được đưa vào thử nghiệm làm xước Garnet với tải trọng 4 kg. Cụ thể hơn, các vật phẩm nhiều lớp được minh họa trên Fig. 9A được tạo kết cấu với màng cứng nhiều lớp flosilan và silic nitrua trực tiếp trên lớp nền trên cơ sở thủy tinh. Các vật phẩm nhiều lớp được minh họa trên các Fig. 9B và 9C được tạo kết cấu với màng cứng nhiều lớp flosilan và silic nitrua, tiếp theo là lớp composit làm giảm rạn nứt có năm lớp trực tiếp trên lớp nền trên cơ sở thủy tinh. Composit làm giảm rạn nứt năm lớp được sử dụng trong các vật phẩm nhiều lớp trên các Fig. 9B và 9C bao gồm: $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{PI}/\text{Al}_2\text{O}_3/\text{PI}/\text{Al}_2\text{O}_3$ với các độ dày là: 100/50/100/50/20 nm (Fig. 9B) và 25/125/25/125/20 nm (Fig. 9C) với lớp Al_2O_3 20 nm được phát hiện là tác động như lớp thúc đẩy sự bám dính khi được đặt sát lớp nền thủy tinh. Ngược lại, việc đặt các lớp polyimit hoặc các lớp SiO_2 ngay sát lớp nền thủy tinh có cấu trúc composit làm giảm rạn nứt tương tự được thấy là dẫn đến khả năng bám dính và tính chống xước kém trong các vật phẩm nhiều lớp này. Cuối cùng, các vật phẩm nhiều lớp được minh họa trên Fig. 9D được chế tạo với màng cứng nhiều lớp flosilan và silic nitrua, và lớp polyimit (PI) với độ dày 450 nm được bố trí trực tiếp trên lớp nền trên cơ sở thủy tinh. Đặc biệt, các vật phẩm nhiều lớp trên Fig. 9D được dùng làm ví dụ so sánh có lớp làm giảm rạn nứt chỉ là polyme (không phải composit). Như có thể thấy từ các ảnh hiển vi quang học của các Fig. 9A-9D, các vật phẩm nhiều lớp có cấu trúc composit làm giảm rạn nứt năm lớp (các Fig. 9B và 9C), nhất quán với các khía cạnh của sáng chế, thể hiện tính chống xước so sánh được như mẫu đối chứng mà không có composit làm giảm rạn nứt (Fig. 9A). Ngược lại, các vật phẩm nhiều lớp với lớp làm giảm rạn nứt loại một lớp chỉ bao gồm polyimit (Fig. 9D) dễ bị bong lớp trong thử nghiệm làm xước Garnet.

Ví dụ 3: Các đặc tính quang học của các vật phẩm nhiều lớp có composit làm giảm rạn nứt Al_2O_3 /polyimit bảy lớp và màng cứng silic nitrua

Trên Fig. 10, phổ truyền sáng được cung cấp đối với các vật phẩm nhiều lớp được gọi tên mà không có composit làm giảm rạn nứt và màng cứng (ví dụ 2C, đối chứng lớp nền trên cơ sở thủy tinh) và ba tập hợp mẫu với các composit làm giảm rạn nứt khác nhau (các ví dụ 2A, 2B1 và 2B2). Cụ thể hơn, vật phẩm nhiều lớp được gọi tên là ví dụ 2A bao gồm composit làm giảm rạn nứt trên lớp nền trên cơ sở thủy tinh với cấu trúc và các độ dày sau: SiO_2 (trên lớp nền)/ $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{PI}/\text{Al}_2\text{O}_3/\text{PI}/\text{Al}_2\text{O}_3/\text{PI}/\text{Al}_2\text{O}_3$ và 80/10/50/10/80/10/50/20 nm. Ngoài ra, các vật phẩm nhiều lớp được gọi tên là các ví dụ 2B1 và 2B2 bao gồm các lớp polyimit lần lượt được tạo ra từ PMDA-ODA và ODPA-ODA, có các độ dày lần lượt là 450 nm và 150 nm. Do màng cứng được triển

khai trên composit làm giảm rạn nứt sẽ chiếm ưu thế các đặc tính quang học của các vật phẩm nhiều lớp theo sáng chế, phán đoán rằng các mẫu mà không có các màng cứng này là đại diện cho các mục đích chứng minh sự không có tương đối của ảnh hưởng bất kỳ của composit làm giảm rạn nứt đến toàn bộ các đặc tính quang học của các vật phẩm nhiều lớp theo sáng chế.

Như được thể hiện trên Fig. 10, các mẫu với các lớp composit làm giảm rạn nứt polyimit (lần lượt các ví dụ 2B1 và 2B2, các vết 1002 và 1004) có các mức độ truyền quang tương đối tương tự trong dải bước sóng nhìn thấy được so với mẫu vật phẩm nhiều lớp cơ sở mà không có composit làm giảm rạn nứt (ví dụ 2C, vết 1006), chứng tỏ rằng các lớp PI có độ truyền quang cao. Trong khi mẫu vật phẩm nhiều lớp với composit làm giảm rạn nứt bảy lớp (ví dụ 2A, vết 1000) thể hiện sự dao động hơn một chút về độ truyền sáng trong phổ nhìn thấy được so với các mẫu còn lại, vẫn chứng tỏ độ truyền quang cao trên phổ nhìn thấy được đầy đủ. Không bị ràng buộc bởi lý thuyết, cũng tin rằng các độ dày và các thành phần của các lớp khác nhau trong composit làm giảm rạn nứt, so sánh được với vật phẩm nhiều lớp là ví dụ 2A, có thể được thiết kế để loại bỏ hoặc nếu không làm giảm đến mức tối thiểu tác dụng giao thoa ánh sáng quan sát được trong các kết quả được minh họa trên Fig. 10 đối với ví dụ 2A. Ví dụ, vật phẩm nhiều lớp nhất quán với các nguyên lý theo sáng chế với composit làm giảm rạn nứt có cấu trúc lớp quang học được tối ưu hóa hơn được mô tả chi tiết dưới đây trong ví dụ 6.

Ví dụ 4: Độ nhám bề mặt của các vật phẩm nhiều lớp có composit làm giảm rạn nứt Al_2O_3 /polyimit và màng cứng silic nitrua

Bây giờ, tham chiếu đến các Fig. 11A và 11B, các ảnh hiển vi lực nguyên tử (AFM) được cung cấp đối với các vật phẩm nhiều lớp bao gồm lớp nền trên cơ sở thủy tinh, màng cứng silic nitrua có độ dày là 440 nm và composit làm giảm rạn nứt bao gồm các lớp nhôm oxit và polyimit (Fig. 11A), theo một số phương án của sáng chế, và không có composit làm giảm rạn nứt (Fig. 11B). Trên các Fig. 11A và 11B, các vùng trắng hơn tương ứng với các pic và các đặc điểm bề mặt khác chỉ thị cho toàn bộ độ nhám bề mặt của các mẫu này. Ngoài ra, độ nhám căn trung bình bình phương (root mean squared - RMS) được đo trên các mẫu này bằng cách sử dụng kỹ thuật soi kính hiển vi lực nguyên tử (AFM) trong cửa sổ 2 micron x 2 micron trên bề mặt ngoài của màng silic nitrua tương ứng của các mẫu này, như được thể hiện trên các Fig. 11A và 11B. Cụ thể, mẫu được minh họa trên Fig. 11A, với composit làm giảm rạn nứt và màng cứng silic nitrua, có độ nhám bề mặt (trên màng silic nitrua) là 1,68 nm. Để so sánh, mẫu được minh họa trên Fig. 11B, với màng cứng silic nitrua và không có composit làm giảm rạn nứt, có độ nhám bề mặt (trên màng silic nitrua) là

1,55 nm. Theo đó, việc sử dụng composit làm giảm rạn nứt chỉ dẫn đến sự tăng danh nghĩa độ nhám bề mặt (tức là, từ 1,55 nm đến 1,68 nm), mà gần như không thể phân biệt được khi nhìn bề mặt của các mẫu được thể hiện trên các Fig. 11A và 11B. Do độ nhám bề mặt ngoài của các vật phẩm nhiều lớp đối với các ứng dụng được dự tính trong sáng chế có thể góp phần vào tính chống xước, tính chịu mài mòn và tính chất ma sát thấp, các vật phẩm nhiều lớp theo sáng chế, với các composit làm giảm rạn nứt và các lớp của chúng, là đặc biệt có lợi ở chỗ chúng mang lại các đặc tính được cải thiện khác (tức là khả năng giữ độ bền) mà không làm giảm một cách đáng kể độ nhám bề mặt ngoài của vật phẩm.

Ví dụ 5: Tính chống xước của các vật phẩm nhiều lớp có composit làm giảm rạn nứt Al_2O_3 /polyimit và BaF năm lớp và màng cứng silic nitrua.

Bây giờ, tham chiếu đến các Fig. 12A và 12B, các ảnh hiển vi quang học được minh họa từ vật phẩm bao gồm lớp nền trên cơ sở thủy tinh, màng cứng silic nitrua và composit làm giảm rạn nứt bari florua, khi được đưa vào thử nghiệm làm xước dốc Berkovich (0 đến 150 mN) (Fig. 12A); và từ vật phẩm bao gồm lớp nền trên cơ sở thủy tinh, màng cứng silic nitrua và composit làm giảm rạn nứt bao gồm các lớp nhôm oxit và polyimit, khi được đưa vào thử nghiệm làm xước dốc Berkovich (Fig. 12B). Trên các Fig. 12A và 12B, các bề mặt bị xước của các mẫu được thể hiện và thử nghiệm làm xước được thực hiện từ trái sang phải, với các mức tải trọng tăng dần khi kim vạch được di chuyển từ trái sang phải trên mẫu. Các mức tải trọng được tăng lên theo kiểu tuyến tính dưới dạng hàm của khoảng cách di chuyển được trên mẫu. Theo đó, khoảng cách đi được bởi kim vạch lên đến điểm bong lớp có thể được sử dụng để đo mức tải trọng liên quan đến sự bong lớp.

Như có thể thấy từ các kết quả của thử nghiệm dốc Berkovich trên vật phẩm nhiều lớp được minh họa trên Fig. 12A, mà bao gồm composit làm giảm rạn nứt của bari florua có độ dày 300 nm và màng cứng silic nitrua có độ dày 2 μm , sự bong lớp được quan sát ở khoảng 100 mN trong quá trình thử nghiệm. Tức là, vết bị mòn quan sát được trong các mẫu được thể hiện trên Fig. 12A là vết xước có độ rộng hẹp mà về căn bản rộng ra khi sự bong lớp ở một phần ba cuối của vết bị mòn ở bên tay phải của mẫu. Ngược lại, vật phẩm nhiều lớp được minh họa trên Fig. 12B, mà bao gồm composit làm giảm rạn nứt với cấu trúc năm lớp của Al_2O_3 /PI/ Al_2O_3 /PI/ Al_2O_3 có các độ dày là 20 nm/50 nm/100nm/50 nm/100 nm và màng cứng silic nitrua có độ dày là 2 μm không gặp phải sự bong lớp bất kỳ lên đến tải trọng làm xước là 150 mN. Tức là kim vạch được di chuyển trên mẫu được thể hiện trên Fig. 12B từ trái sang phải với tải trọng tăng dần lên đến 150 mN và không quan sát thấy bằng chứng của sự bong lớp bất kỳ.

Ví dụ 6: Các đặc tính quang học của vật phẩm nhiều lớp có composit làm giảm rạn nứt Al_2O_3 /polyimit năm lớp và màng chống xước $\text{SiO}_2/\text{AlO}_x\text{N}_y$

Như được mô tả chi tiết dưới đây trong bảng 1, vật phẩm nhiều lớp được tạo ra với cấu trúc composit làm giảm rạn nứt và màng cứng, như được tạo kết cấu để tối ưu hóa các đặc tính quang học, theo một phương án của sáng chế. Cụ thể, composit làm giảm rạn nứt mà bao gồm các lớp polyimit và Al_2O_3 xen kẽ được tạo ra trên bề mặt chủ yếu của lớp nền thủy tinh. Như cũng được minh họa dưới đây trong bảng 1, màng chống xước mà bao gồm các lớp SiO_2 và AlO_xN_y xen kẽ được tạo ra trên composit làm giảm rạn nứt. Các vật liệu lớp riêng rẽ được chế tạo bằng cách làm bay hơi dùng nhiệt và dùng chùm điện tử lần lượt đối với các lớp polyimit và Al_2O_3 , và phun xạ phản ứng đối với các lớp SiO_2 và AlO_xN_y . Ngoài ra, các lớp AlO_xN_y được chế tạo sao cho mỗi lớp như vậy chứa oxy với lượng khoảng 10% mol.

Các đặc tính quang học của lớp riêng rẽ của các vật phẩm nhiều lớp được mô tả đặc điểm bởi phép đo elip quang phổ và sau đó, được đặt vào trong mô hình quang học màng mỏng để phát triển cấu trúc được liệt kê dưới đây trong bảng 1. Tức là, việc dựng mô hình quang học được thực hiện để tối ưu hóa các độ dày của lớp để chứng minh tính chất quang học được tối ưu hóa của vật phẩm nhiều lớp bao gồm composit làm giảm rạn nứt năm lớp. Như được liệt kê dưới đây trong bảng 1, các trị số chỉ số khúc xạ đối với mỗi trong số các lớp liên quan đến composit làm giảm rạn nứt và màng chống xước được báo cáo từ các phép đo quang ở bước sóng tham chiếu là 550 nm.

Bảng 1

Lớp	Vật liệu	Chỉ số khúc xạ	Độ dày (nm)
N/A	Không khí	1	N/A
1	SiO_2	1,4685	102,9
2	AlO_xN_y	1,9540	32,7
3	SiO_2	1,4685	14,6
4	AlO_xN_y	1,9540	2000
5	SiO_2	1,4685	8,1
6	AlO_xN_y	1,9540	39,2
7	SiO_2	1,4685	16,7
8	AlO_xN_y	1,9540	14,0
9	Al_2O_3	1,6629	6,53
10	Polyimit PMDA-ODA	1,6862	41,3
11	Al_2O_3	1,6629	67,3

12	Polyimide PMDA-ODA	1,6862	114,0
13	Al ₂ O ₃	1,6629	24,8
Lớp nền	Thủy tinh	1,5063	

Bây giờ, tham chiếu đến các Fig. 13A và 13B, hệ số truyền hai bề mặt (tức là dưới dạng bao gồm cả hai cạnh của vật phẩm nhiều lớp được phủ) và độ phản xạ bề mặt thứ nhất (tức là dưới dạng chỉ tính đến mặt được phủ của vật phẩm nhiều lớp) được mô hình hóa dữ liệu được thể hiện, như thu được từ vật phẩm nhiều lớp mà được tạo kết cấu như được liệt kê trong bảng 1. Hệ số truyền hai bề mặt là đối với lớp nền 1 mm dưới giả định rằng sự hấp thụ trong thủy tinh có thể được bỏ qua một cách an toàn. Theo đó, các kết quả sẽ không khác nhau đối với độ dày 0,7 mm (hoặc độ dày khác) với cùng giả định và, do đó, không có độ dày cụ thể được thể hiện trong bảng 1. Như được thể hiện trên Fig. 13A, độ truyền sáng ở góc tới (angle of incidence - AOI) 6, 20 và 40 độ là trên 90% trong dải bước sóng nằm trong khoảng từ 420 đến 700 nm. Ngoài ra, độ truyền sáng ở góc tới (AOI) 60 độ là trên 84% trong cùng dải bước sóng. Như được thể hiện trên Fig. 13B, độ phản xạ ở AOI 6, 20 và 40 độ là dưới 5% trong cùng dải bước sóng nằm trong khoảng từ 420 đến 700 nm. Ngoài ra, độ phản xạ ở AOI 60 độ là dưới 10% đối với cùng dải bước sóng.

Bây giờ, tham chiếu đến các Fig. 14A và 14B, màu sắc được truyền hai bề mặt và màu sắc được phản xạ bề mặt thứ nhất được mô hình hóa dữ liệu được thể hiện, như thu được từ vật phẩm nhiều lớp được tạo kết cấu như được liệt kê trong bảng 1. Dữ liệu màu sắc được thể hiện trên các Fig. 14A và 14B là sao cho các trị số dương là màu đỏ và các trị số âm là màu xanh lá đối với a*, và các trị số dương là màu vàng và các trị số âm là màu xanh lam đối với b*. Cụ thể hơn, các phép đo ước lượng được thể hiện trên các Fig. 14A và 14B được thực hiện đối với tất cả các góc tới giữa 0 và 90 độ với các điều kiện chiếu sáng tiêu chuẩn D65 và F2, như được hiểu bởi người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực của sáng chế này. Đối với Fig. 14A, màu sắc được truyền nằm giữa 0 và -1 ở tọa độ a* và giữa 0 và +4 ở tọa độ b*, đối với tất cả các góc tới. Đối với Fig. 14B, màu sắc được phản xạ nằm giữa -2 và +2 ở tọa độ a* và giữa -5 và +2 đối với tọa độ b*, đối với tất cả các góc tới.

Bây giờ, tham chiếu đến Fig. 15, độ phản xạ chói bề mặt thứ nhất được mô hình hóa dữ liệu quang học được thể hiện, như thu được từ vật phẩm nhiều lớp mà được tạo kết cấu như được liệt kê trong bảng 1. Các phép đo ước lượng được thể hiện trên Fig. 15 được thực hiện đối với tất cả các góc tới giữa 0 và 90 độ cả hai điều kiện chiếu sáng tiêu chuẩn D65 và F2. Từ Fig. 15, hiển nhiên là độ phản xạ là nhỏ hơn 2%

đối với các góc tới giữa 0 và 40 độ, và độ phản xạ là nhỏ hơn 6% đối với các góc tới giữa 0 và 60 độ.

Trong khi sáng chế được mô tả dựa vào một số hữu hạn các phương án nhằm mục đích minh họa, người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này, có lợi từ sáng chế, sẽ hiểu được rằng các phương án khác có thể được đặt ra mà không vượt quá phạm vi của sáng chế như được bộc lộ trong bản mô tả này. Theo đó, các phương án cải biến, các phương án thích ứng và các phương án thay thế khác nhau có thể được thực hiện đối với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này mà không vượt quá ý tưởng và phạm vi của sáng chế.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh, bao gồm:
lớp nền trên cơ sở thủy tinh bao gồm các bề mặt chính đối diện;
composit làm giảm rạn nứt trên một trong số các bề mặt chính, composit làm giảm rạn nứt này bao gồm phần tử vô cơ và phần tử polyme; và
màng cứng được bố trí trên composit làm giảm rạn nứt, màng cứng này có môđun đàn hồi lớn hơn hoặc bằng môđun đàn hồi của lớp nền trên cơ sở thủy tinh,
trong đó composit làm giảm rạn nứt khác biệt ở chỗ môđun đàn hồi lớn hơn 30 GPa, ngoài ra trong đó màng cứng chứa ít nhất một trong số oxit chứa kim loại, oxynitrua chứa kim loại, nitrua chứa kim loại, cacbua chứa kim loại, polyme chứa silic, cacbon, chất bán dẫn, và các tổ hợp của chúng, và
trong đó vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có độ bền uốn trung bình lớn hơn hoặc bằng 50% độ bền uốn trung bình của lớp nền, như được đo bằng thử nghiệm ROR sử dụng trung bình từ năm mẫu hoặc nhiều hơn.
2. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm 1, trong đó màng cứng còn khác biệt ở chỗ độ cứng làm lõm lớn hơn hoặc bằng 8 GPa.
3. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm 1, trong đó phần tử vô cơ bao gồm oxit, nitrua hoặc oxynitrua, và phần tử polyme bao gồm ít nhất một trong số polyimit, polycacbonat, polyuretan, polyeste, và polyme được flo hóa.
4. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm 1, trong đó vật phẩm trên cơ sở thủy tinh này còn khác biệt ở chỗ độ truyền ánh sáng lớn hơn hoặc bằng 50% trong phổ nhìn thấy được từ 400 nm đến 800 nm.
5. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm 1, trong đó vật phẩm trên cơ sở thủy tinh này còn khác biệt ở chỗ độ cứng bút chì là 9H hoặc lớn hơn.
6. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm 1, trong đó vật phẩm trên cơ sở thủy tinh này còn khác biệt ở chỗ ngưỡng bong lớp là 150 mN hoặc lớn hơn, như được thử nghiệm bằng cách sử dụng thử nghiệm làm xước dốc Berkovich trên màng cứng.

7. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm 1, trong đó màng cứng bao gồm lớp phủ chống phản xạ nhiều lớp, và ngoài ra trong đó composit làm giảm rạn nứt và màng cứng bao gồm chung độ phản xạ chói một mặt trung bình nhỏ hơn 2%.
8. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm 1, trong đó composit làm giảm rạn nứt khác biệt ở chỗ tỷ lệ môđun đàn hồi giữa phần tử vô cơ và phần tử polyme lớn hơn 10:1.
9. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm bất kỳ trong số các điểm 1-8, trong đó phần tử vô cơ là lớp vô cơ và phần tử polyme là lớp polyme.
10. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh, bao gồm:
lớp nền trên cơ sở thủy tinh bao gồm các bề mặt chính đối diện;
composit làm giảm rạn nứt trên một trong số các bề mặt chính, composit làm giảm rạn nứt này bao gồm phần tử vô cơ và phần tử polyme; và
màng cứng được bố trí trên composit làm giảm rạn nứt, màng cứng này có môđun đàn hồi lớn hơn hoặc bằng môđun đàn hồi của lớp nền trên cơ sở thủy tinh,
trong đó composit làm giảm rạn nứt khác biệt ở chỗ tỷ lệ môđun đàn hồi giữa phần tử vô cơ và phần tử polyme là lớn hơn 10:1,
trong đó màng cứng chứa ít nhất một trong số oxit chứa kim loại, oxynitrua chứa kim loại, nitrua chứa kim loại, cacbua chứa kim loại, polyme chứa silic, cacbon, chất bán dẫn, và các tổ hợp của chúng, và
ngoài ra trong đó vật phẩm trên cơ sở thủy tinh có độ bền uốn trung bình lớn hơn hoặc bằng 50% độ bền uốn trung bình của lớp nền, như được đo bằng thử nghiệm ROR sử dụng trung bình từ năm mẫu hoặc nhiều hơn.
11. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm 10, trong đó màng cứng còn khác biệt ở chỗ độ cứng làm lõm lớn hơn hoặc bằng 8 GPa.
12. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm 10, trong đó phần tử vô cơ bao gồm oxit, nitrua hoặc oxynitrua, và phần tử polyme bao gồm ít nhất một trong số polyimit, polycarbonat, polyuretan, polyeste, và polyme được flo hóa.
13. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm 10, trong đó vật phẩm trên cơ sở thủy tinh này còn khác biệt ở chỗ độ truyền ánh sáng lớn hơn hoặc bằng 50% trong phổ nhìn thấy được từ 400 nm đến 800 nm.

14. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm 10, trong đó vật phẩm trên cơ sở thủy tinh này còn khác biệt ở chỗ độ cứng bút chì là 9H hoặc lớn hơn.
15. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm 10, trong đó vật phẩm trên cơ sở thủy tinh này còn khác biệt ở chỗ ngưỡng bong lớp là 150 mN hoặc lớn hơn, như được thử nghiệm bằng cách sử dụng thử nghiệm làm xước dốc Berkovich trên màng cứng.
16. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm 10, trong đó màng cứng bao gồm lớp phủ chống phản xạ nhiều lớp, và ngoài ra trong đó composit làm giảm rạn nứt và màng cứng bao gồm chung độ phản xạ chói một mặt trung bình nhỏ hơn 2%.
17. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm bất kỳ trong số các điểm 10-16, trong đó phần tử vô cơ là lớp vô cơ và phần tử polyme là lớp polyme.
18. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm bất kỳ trong số các điểm 11-16, trong đó composit làm giảm rạn nứt là khác biệt ở chỗ môđun đàn hồi lớn hơn 30 GPa.
19. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh, bao gồm:
lớp nền trên cơ sở thủy tinh bao gồm các bề mặt chính đối diện;
composit làm giảm rạn nứt trên một trong số các bề mặt chính, composit làm giảm rạn nứt này bao gồm ít nhất một lớp vô cơ và ít nhất một lớp polyme; và
màng cứng được bố trí trên composit làm giảm rạn nứt, màng cứng này có môđun đàn hồi lớn hơn hoặc bằng môđun đàn hồi của lớp nền trên cơ sở thủy tinh,
trong đó lớp vô cơ bao gồm oxit, nitrua hoặc oxynitrua, và lớp polyme bao gồm ít nhất một trong số polyimit, polycarbonat, polyuretan, polyeste, và polyme được flo hóa,
trong đó màng cứng chứa ít nhất một trong số oxit chứa kim loại, oxynitrua chứa kim loại, nitrua chứa kim loại, cacbua chứa kim loại, polyme chứa silic, cacbon, chất bán dẫn, và các tổ hợp của chúng, và
ngoài ra trong đó vật phẩm trên cơ sở thủy tinh khác biệt ở chỗ độ bền uốn trung bình lớn hơn hoặc bằng 50% độ bền uốn trung bình của lớp nền, như được đo bằng thử nghiệm ROR sử dụng trung bình từ năm mẫu hoặc nhiều hơn.
20. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm 19, trong đó composit làm giảm rạn nứt bao gồm hai hoặc nhiều lớp vô cơ và ít nhất một lớp polyme, trong đó một trong

số hai hoặc nhiều lớp vô cơ được cho tiếp xúc với lớp nền và lớp khác trong số hai hoặc nhiều lớp vô cơ được cho tiếp xúc với màng cứng.

21. Vật phẩm trên cơ sở thủy tinh theo điểm 20, trong đó mỗi trong số ít nhất một lớp vô cơ có độ dày lớp vô cơ và mỗi trong số ít nhất một lớp polyme có độ dày lớp polyme, và ngoài ra trong đó tỷ lệ của độ dày lớp polyme và độ dày lớp vô cơ nằm trong khoảng từ 0,1:1 đến 5:1.

22. Vật phẩm, bao gồm:

lớp nền trên cơ sở thủy tinh bao gồm bề mặt chính thứ nhất đối diện với bề mặt chính thứ hai;

composit làm giảm rạn nứt trên bề mặt chính thứ nhất, composit này bao gồm ít nhất một phần tử vô cơ và phần tử polyme;

lớp màng thứ nhất được bố trí trên composit làm giảm rạn nứt, màng này có môđun đàn hồi lớn hơn hoặc bằng môđun đàn hồi của lớp nền trên cơ sở thủy tinh; và

lớp màng thứ hai được bố trí trên bề mặt chính thứ hai, trong đó lớp màng thứ hai này bao gồm lớp phủ chống phản xạ nhiều lớp, và lớp màng thứ nhất bao gồm ít nhất một trong số oxit chứa kim loại, oxynitrua chứa kim loại, nitrua chứa kim loại, cacbua chứa kim loại, polyme chứa silic, cacbon, chất bán dẫn, và các tổ hợp của chúng, và trong đó ít nhất một phần tử vô cơ của composit làm giảm rạn nứt bao gồm hai hoặc nhiều lớp vô cơ và phần tử polyme tương ứng với lớp polyme, trong đó một trong số hai hoặc nhiều lớp vô cơ được cho tiếp xúc với lớp nền và lớp khác trong số hai hoặc nhiều lớp vô cơ được cho tiếp xúc với lớp màng thứ nhất.

23. Vật phẩm, bao gồm:

lớp nền trên cơ sở thủy tinh bao gồm bề mặt chính thứ nhất đối diện với bề mặt chính thứ hai;

composit làm giảm rạn nứt trên bề mặt chính thứ nhất, composit này bao gồm ít nhất một phần tử vô cơ và phần tử polyme, trong đó composit làm giảm rạn nứt khác biệt ở chỗ tỷ lệ môđun đàn hồi giữa phần tử vô cơ và phần tử polyme là lớn hơn 10:1;

lớp màng thứ nhất được bố trí trên composit làm giảm rạn nứt, màng này có môđun đàn hồi lớn hơn hoặc bằng môđun đàn hồi của lớp nền trên cơ sở thủy tinh; và

lớp màng thứ hai được bố trí trên bề mặt chính thứ hai, trong đó lớp màng thứ hai này bao gồm lớp phủ chống phản xạ nhiều lớp, và lớp màng thứ nhất bao gồm ít nhất một trong số oxit chứa kim loại, oxynitrua chứa kim loại, nitrua chứa kim loại, cacbua chứa kim loại, polyme chứa silic, cacbon, chất bán dẫn, và các tổ hợp của

chúng, và trong đó ít nhất một phần tử vô cơ của composit làm giảm rạn nứt bao gồm hai hoặc nhiều lớp vô cơ và phần tử polyme tương ứng với lớp polyme, trong đó một trong số hai hoặc nhiều lớp vô cơ được cho tiếp xúc với lớp nền và lớp khác trong số hai hoặc nhiều lớp vô cơ được cho tiếp xúc với lớp màng thứ nhất.

24. Vật phẩm, bao gồm:

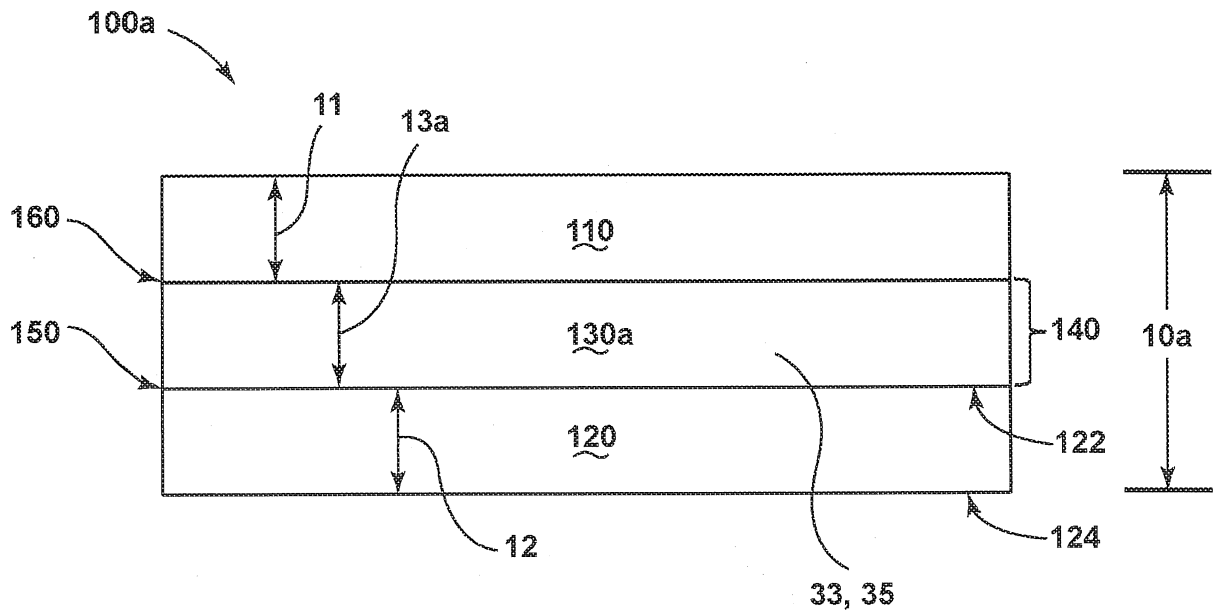
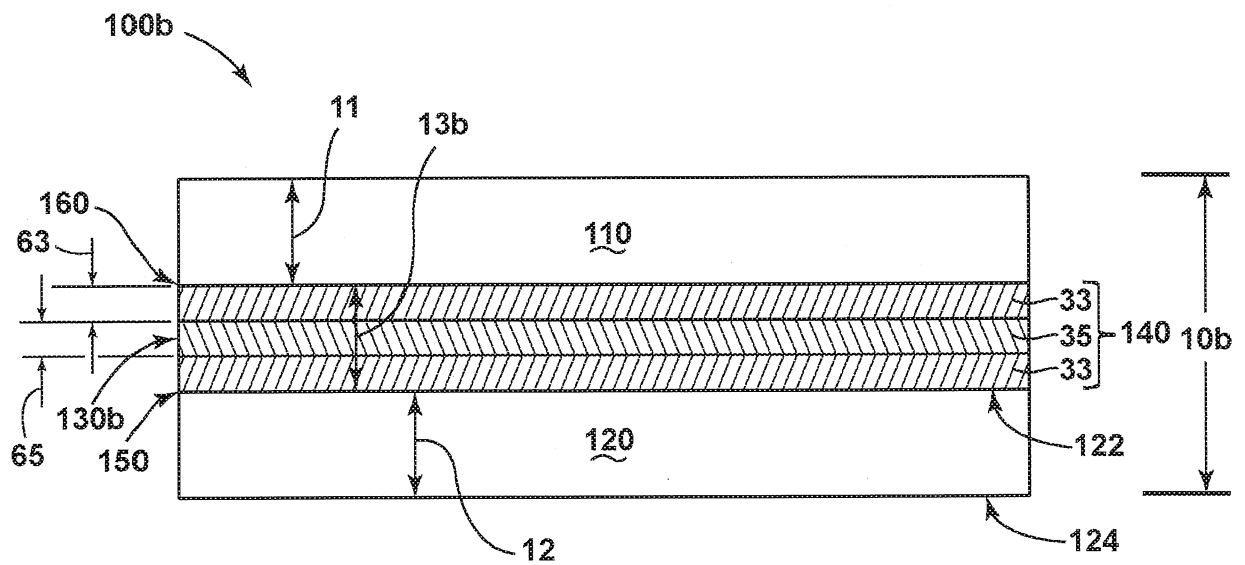
nền trên cơ sở thủy tinh bao gồm bề mặt chính thứ nhất và bề mặt chính thứ hai đối diện với bề mặt chính thứ nhất;

composit làm giảm rạn nứt trên bề mặt chính thứ nhất, composit làm giảm rạn nứt này bao gồm ít nhất một phần tử vô cơ và phần tử polyme;

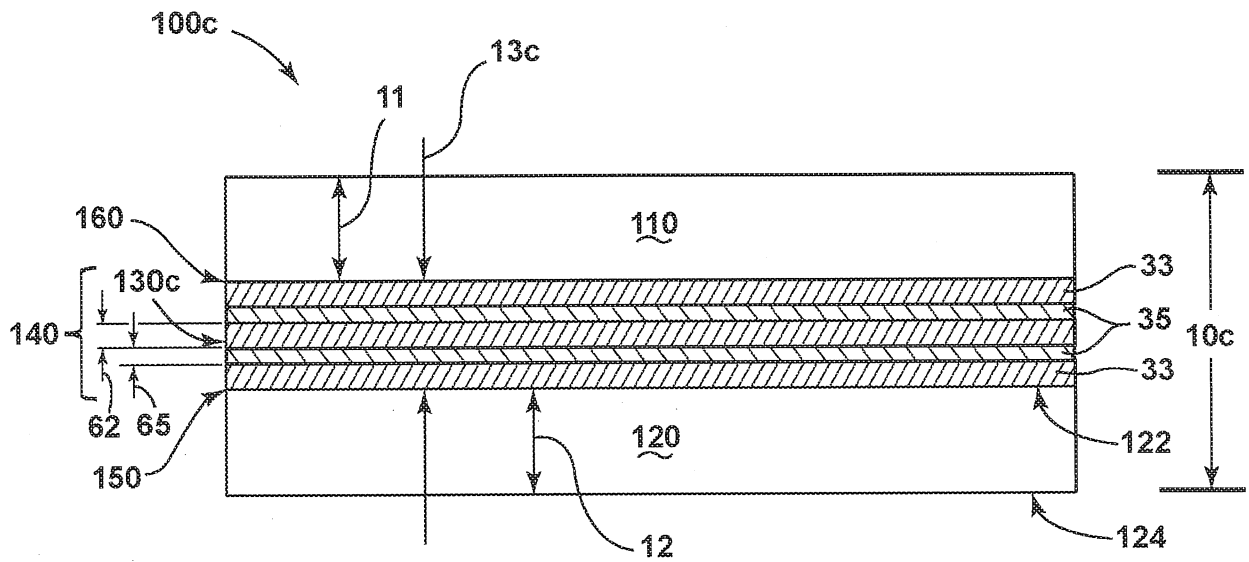
lớp màng thứ nhất được bố trí trên composit làm giảm rạn nứt; và

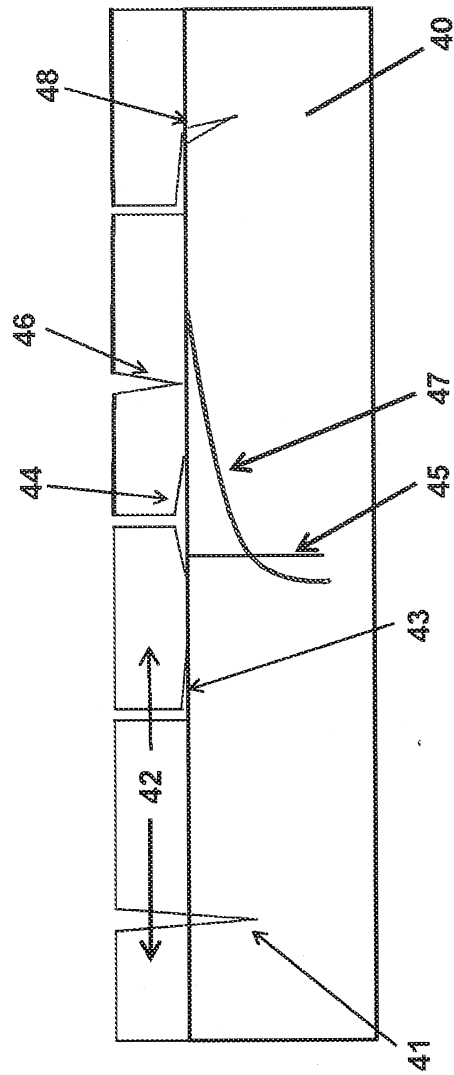
lớp màng thứ hai được bố trí trên bề mặt chính thứ hai, trong đó ít nhất một phần tử vô cơ của composit làm giảm rạn nứt bao gồm hai hoặc nhiều lớp vô cơ và phần tử polyme tương ứng với lớp polyme, trong đó một trong số hai hoặc nhiều lớp vô cơ được cho tiếp xúc với lớp nền và lớp khác trong số hai hoặc nhiều lớp vô cơ được cho tiếp xúc với lớp màng thứ nhất.

1/16

**FIG. 1A****FIG. 1B**

2/16

**FIG. 1C**



2016

4/16

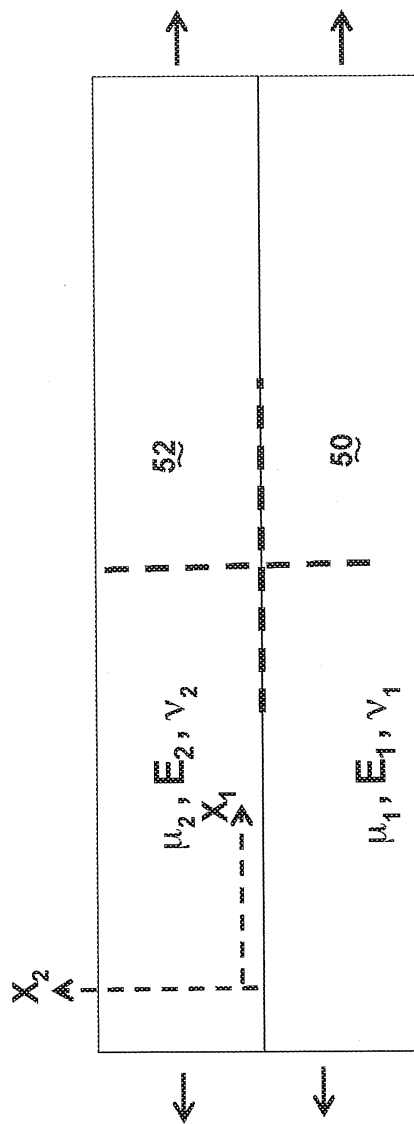


FIG. 3

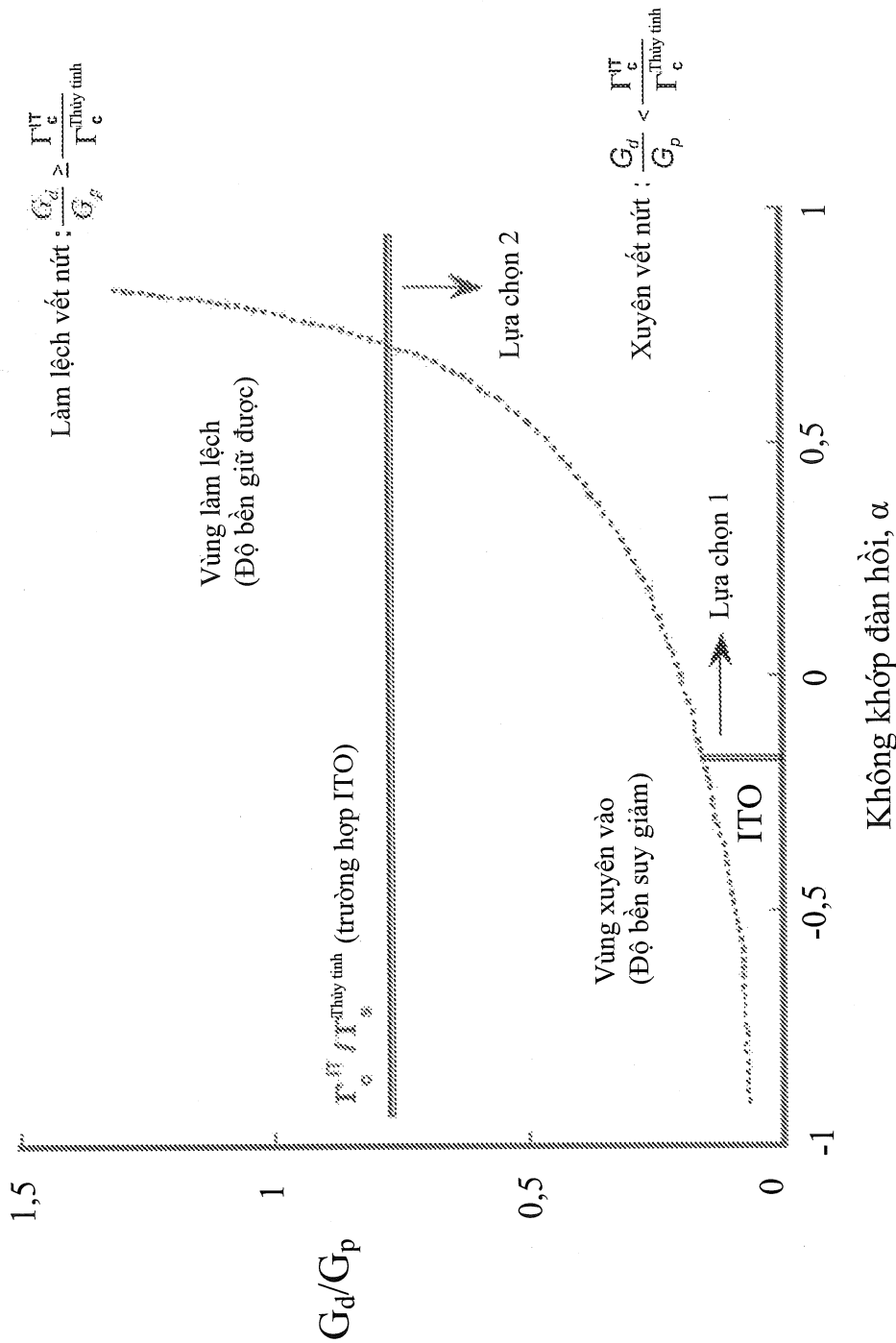
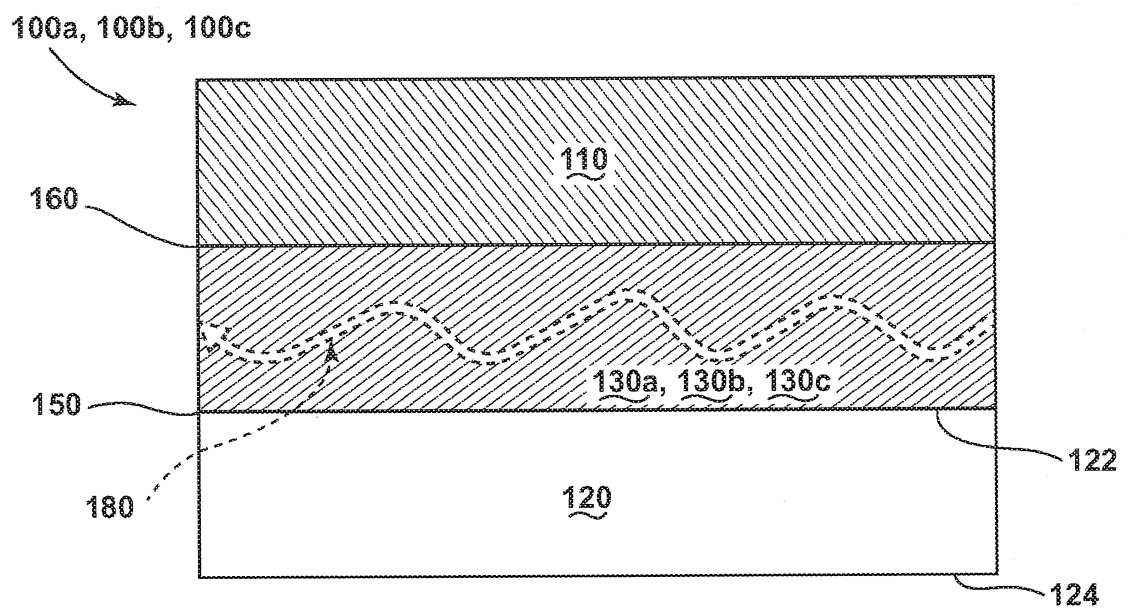


FIG. 4

6/16

**FIG. 5A**

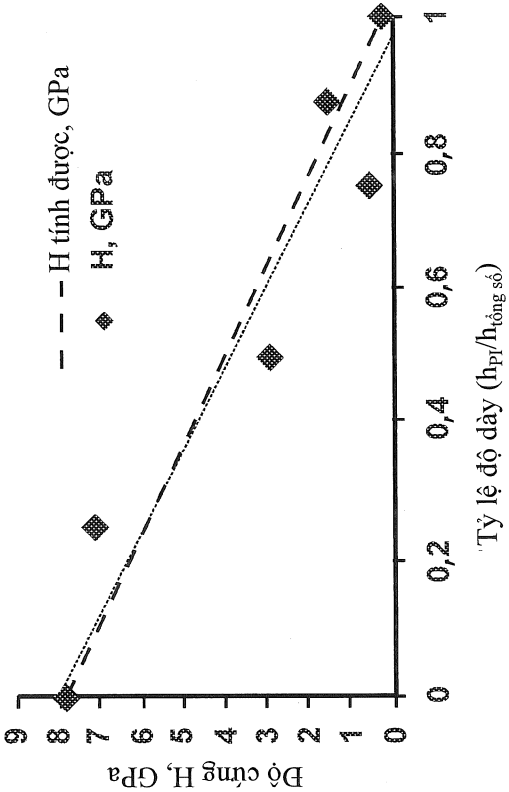


FIG. 6B

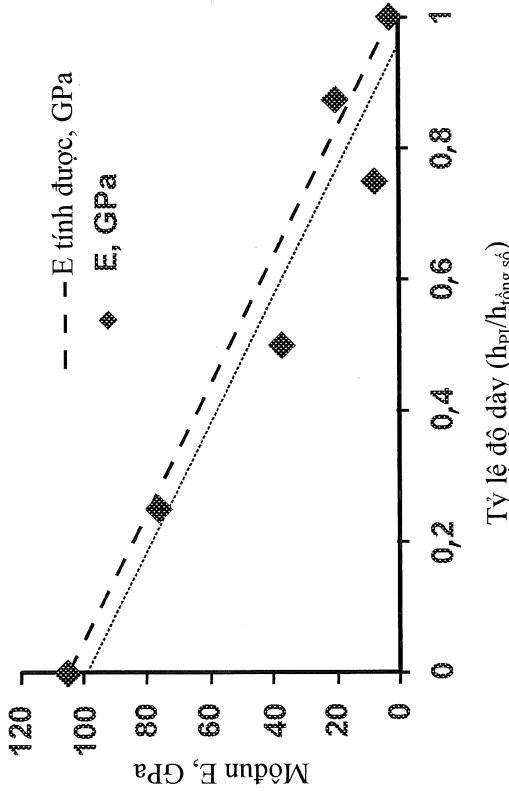


FIG. 6A

8/16

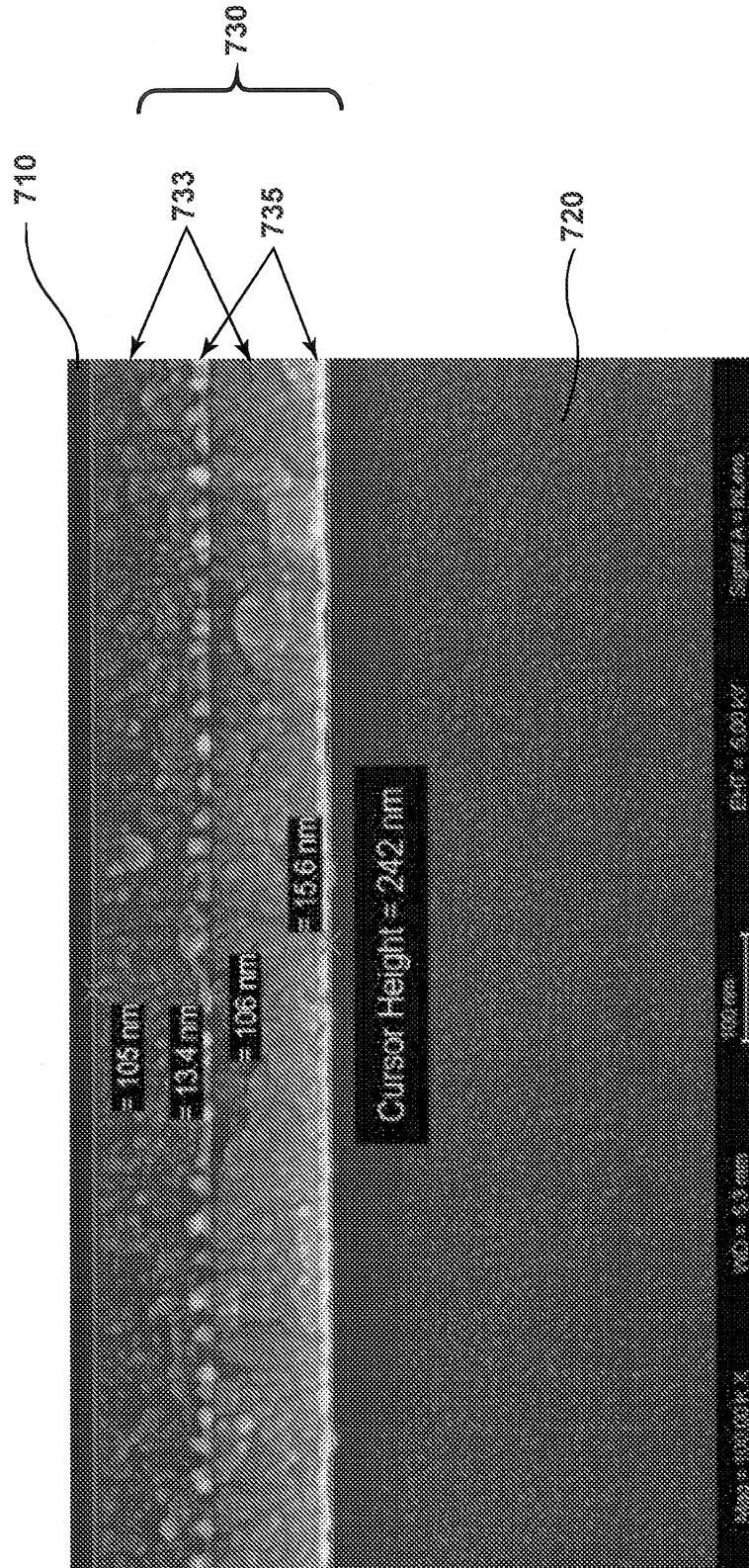


FIG. 7

Đồ thị xác suất của kết quả RoR
Weibull - 95% CI

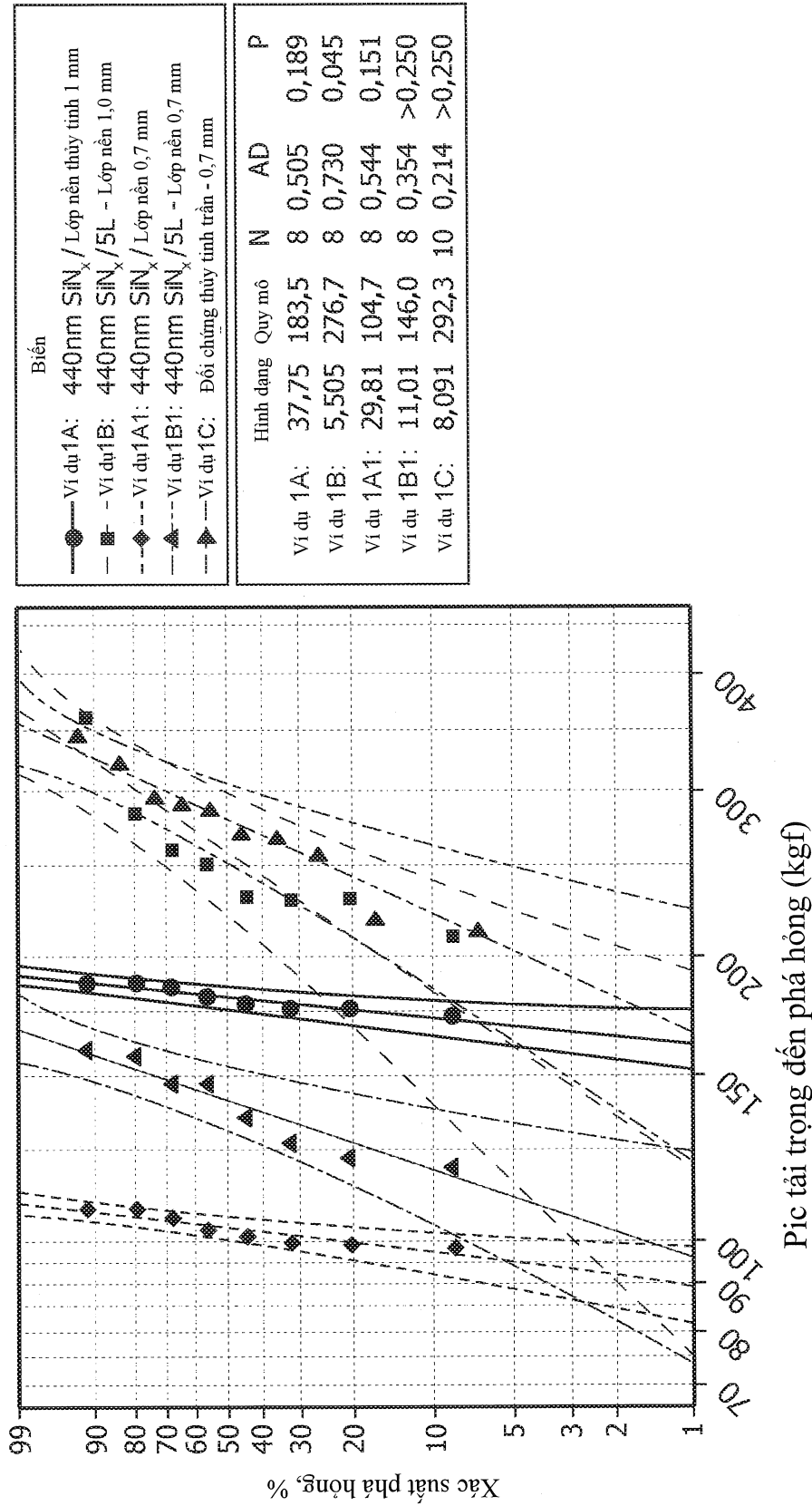
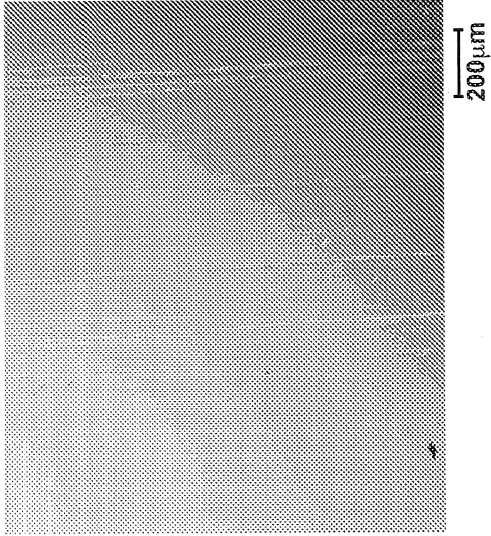
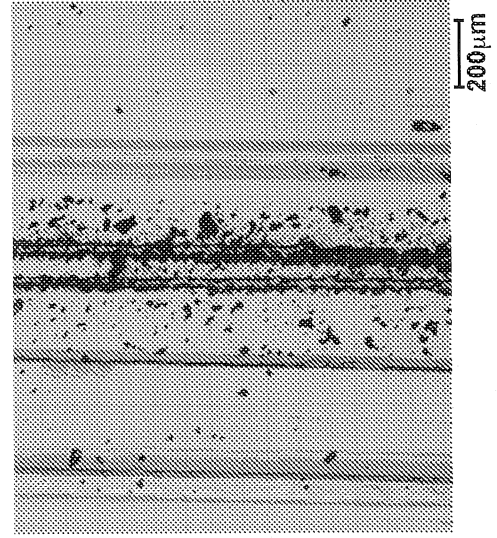
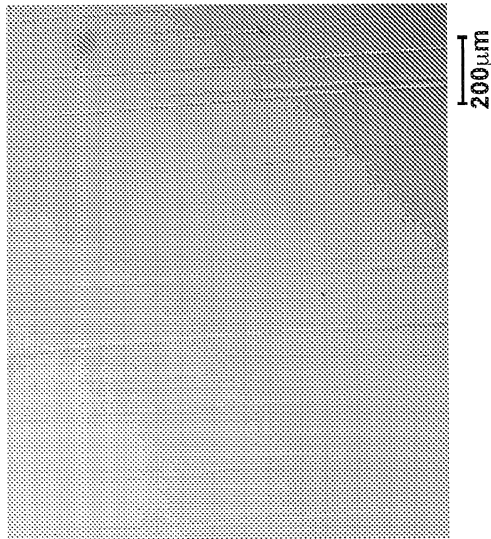
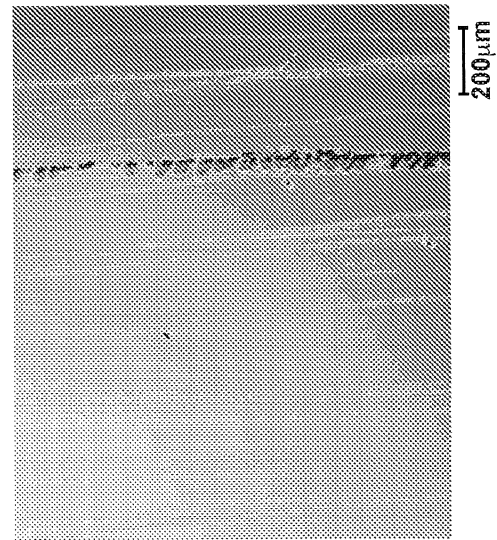


FIG. 8

10/16

**FIG. 9B****FIG. 9D****FIG. 9A****FIG. 9C**

11/16

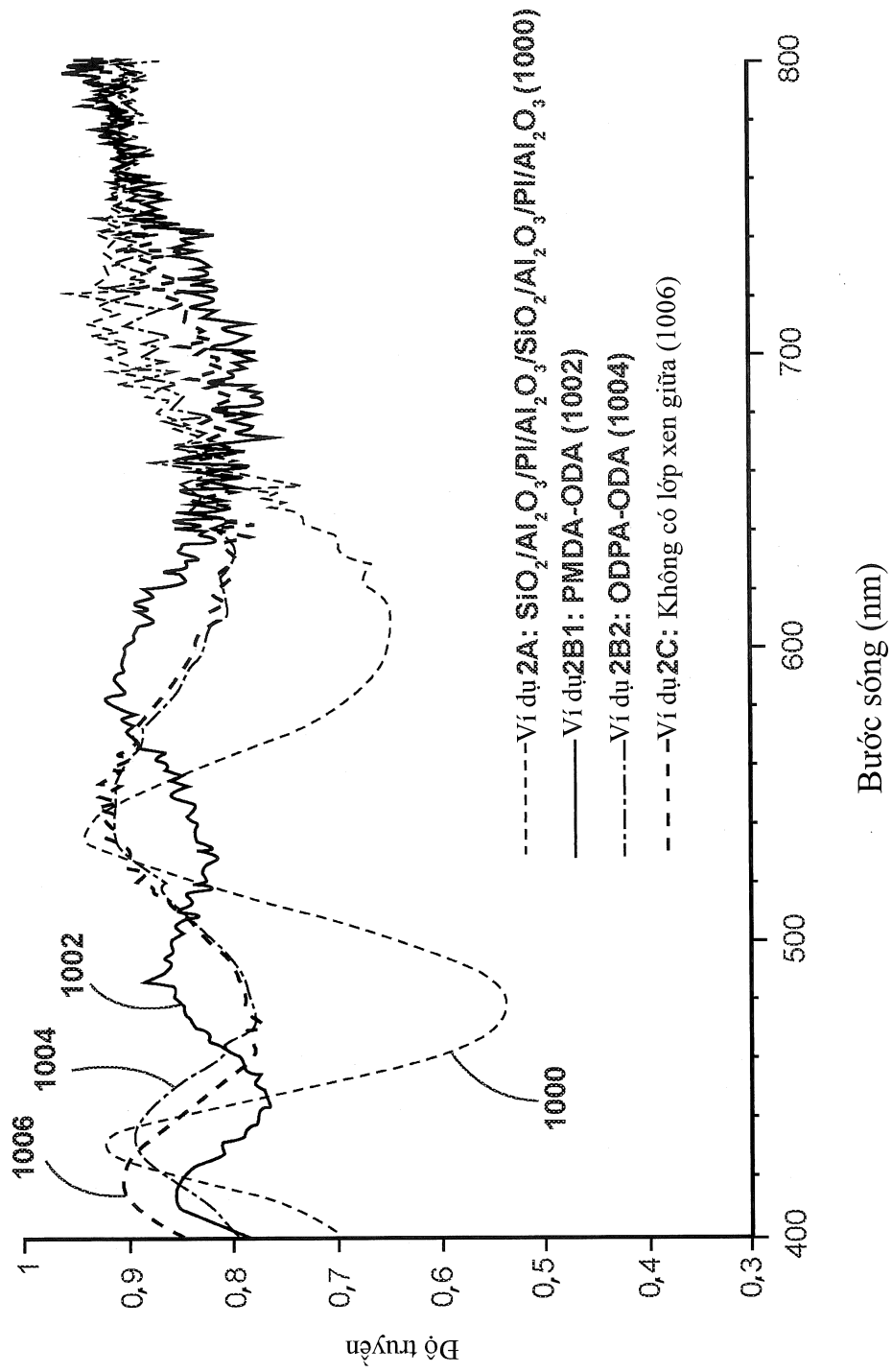
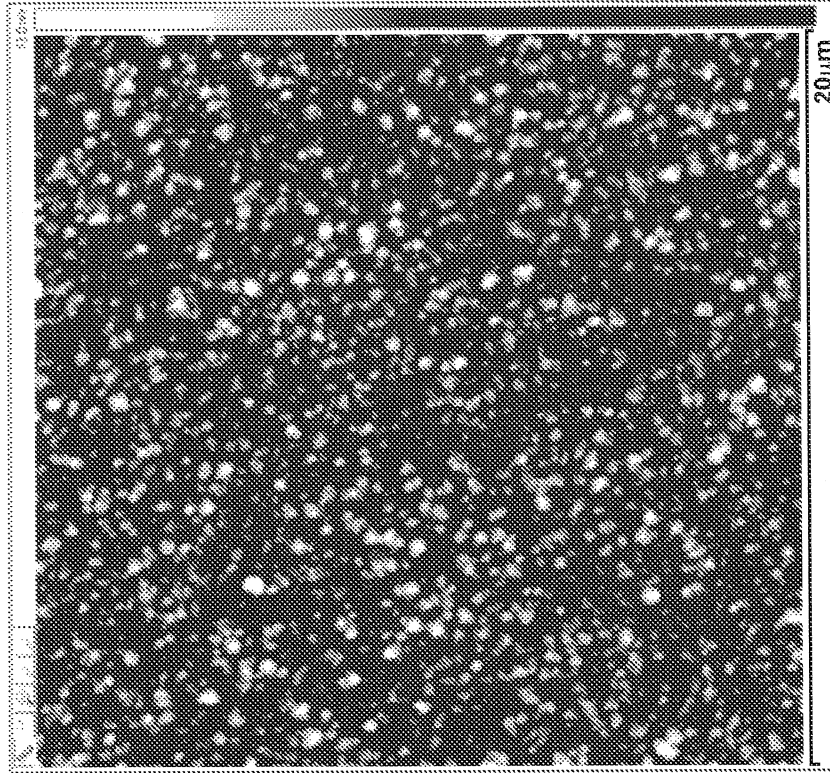
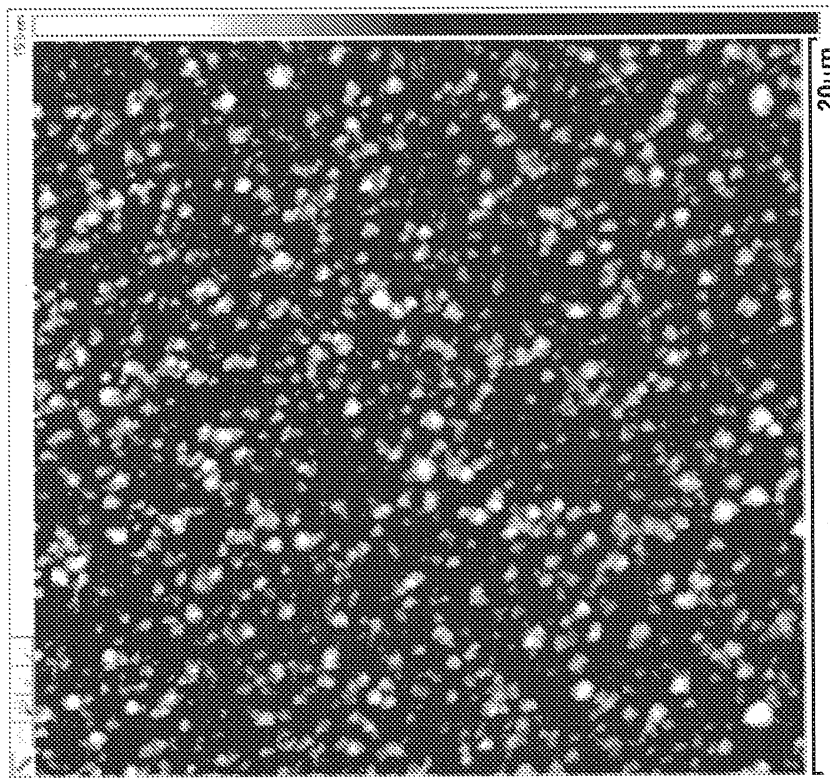
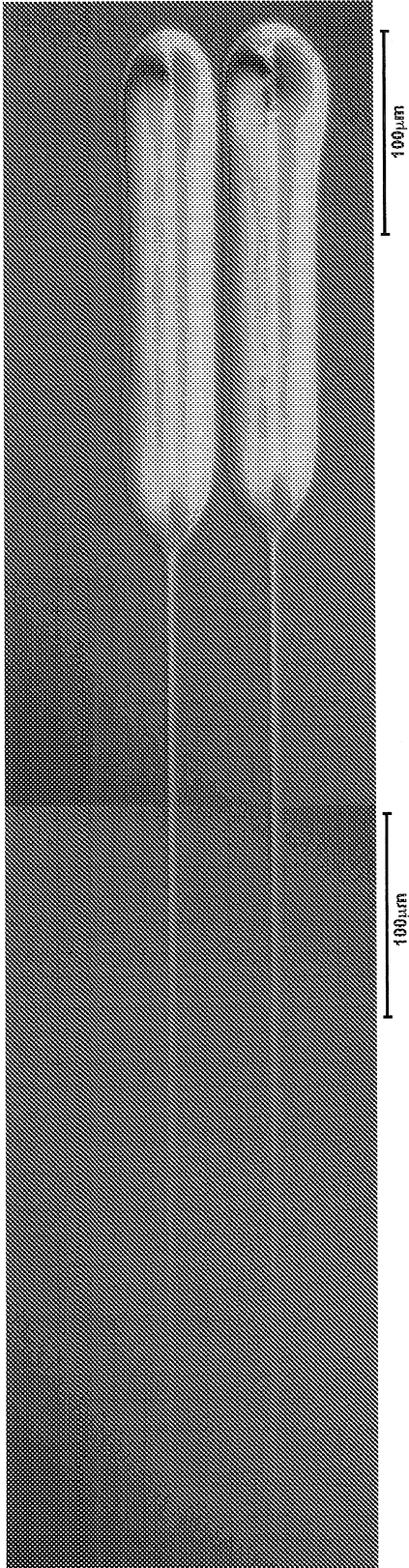
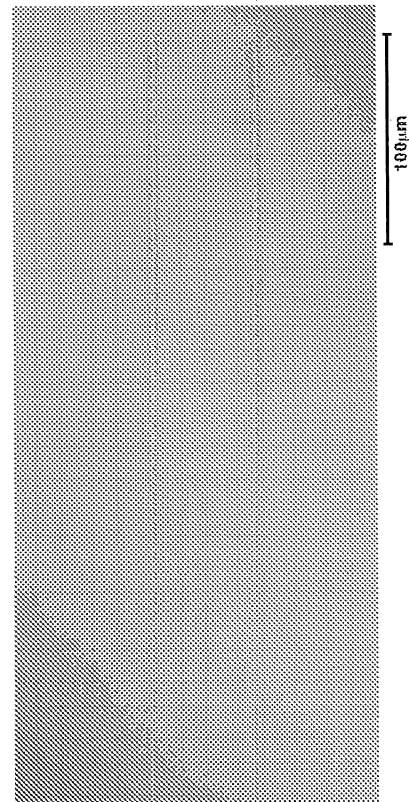
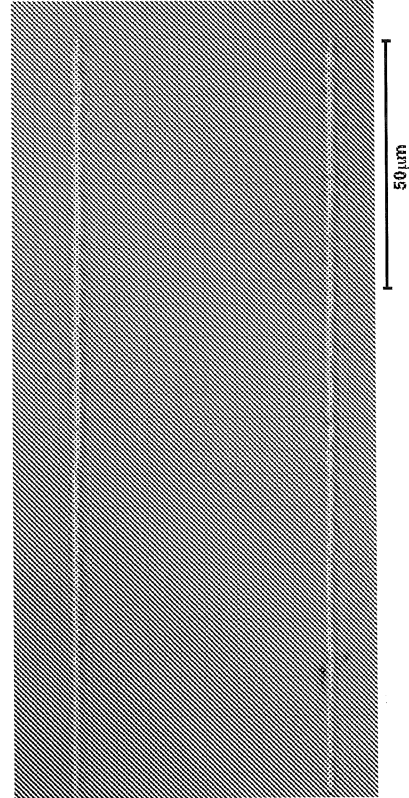


FIG. 10

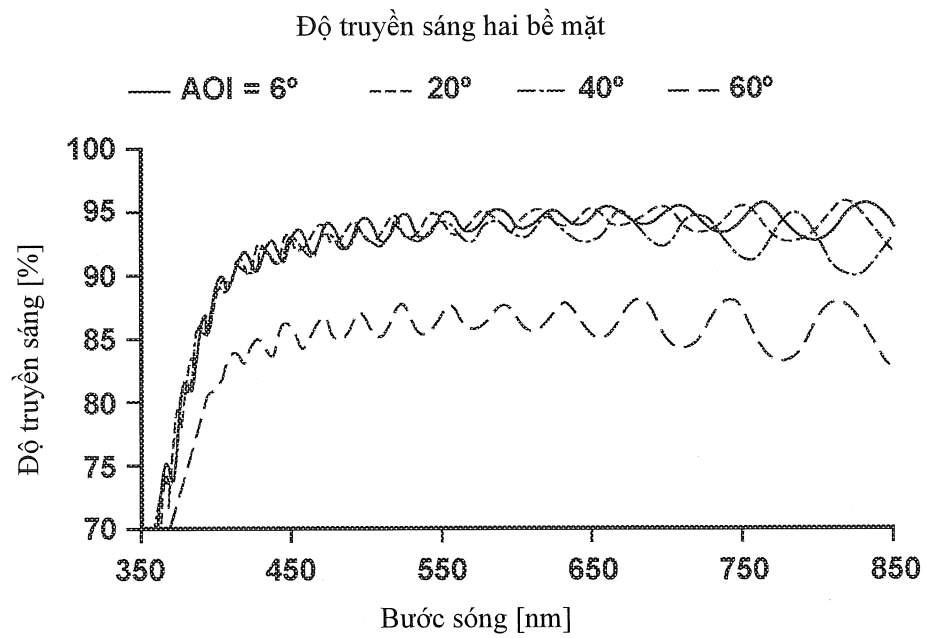
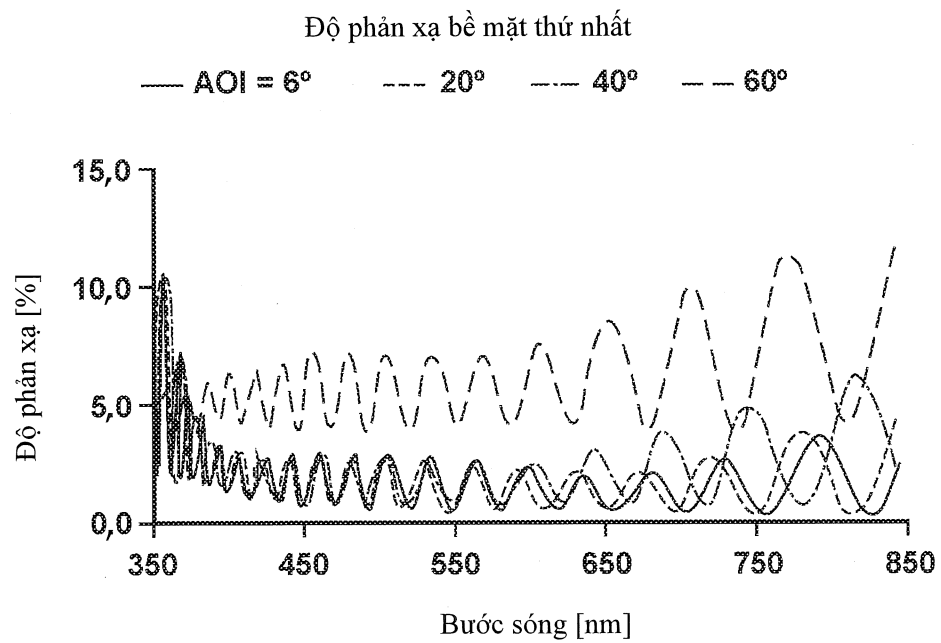
12/16

**FIG. 11B****FIG. 11A**

13/16

**FIG. 12A****FIG. 12B**

14/16

**FIG. 13A****FIG. 13B**

15/16

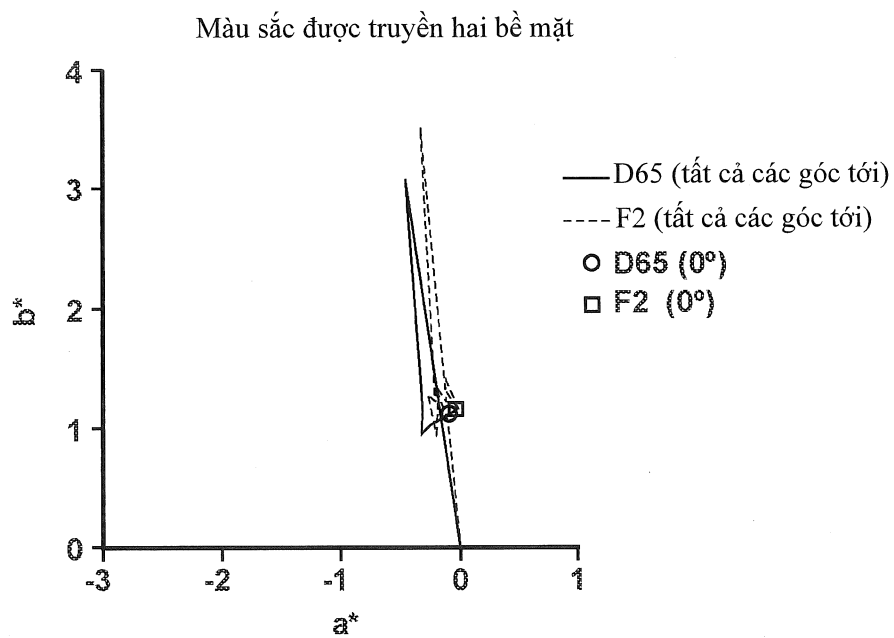


FIG. 14A

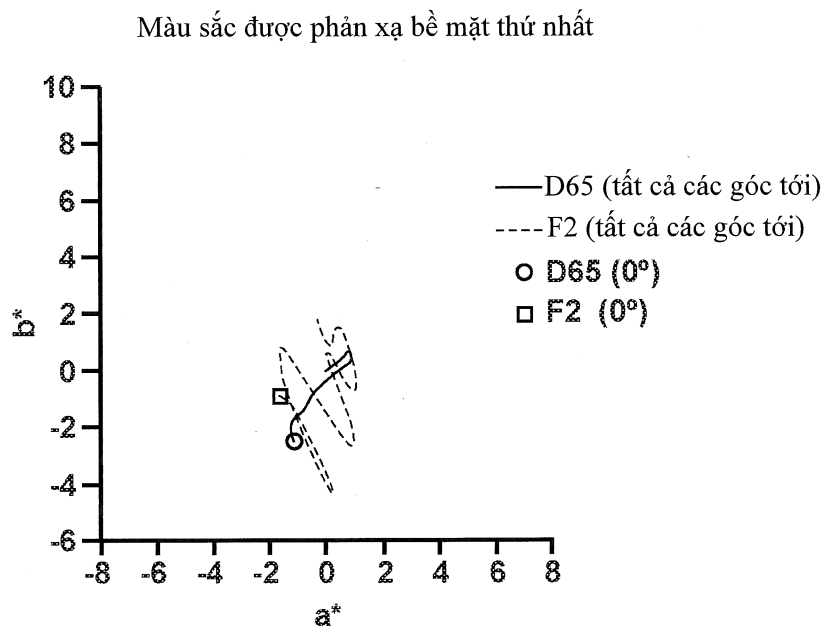
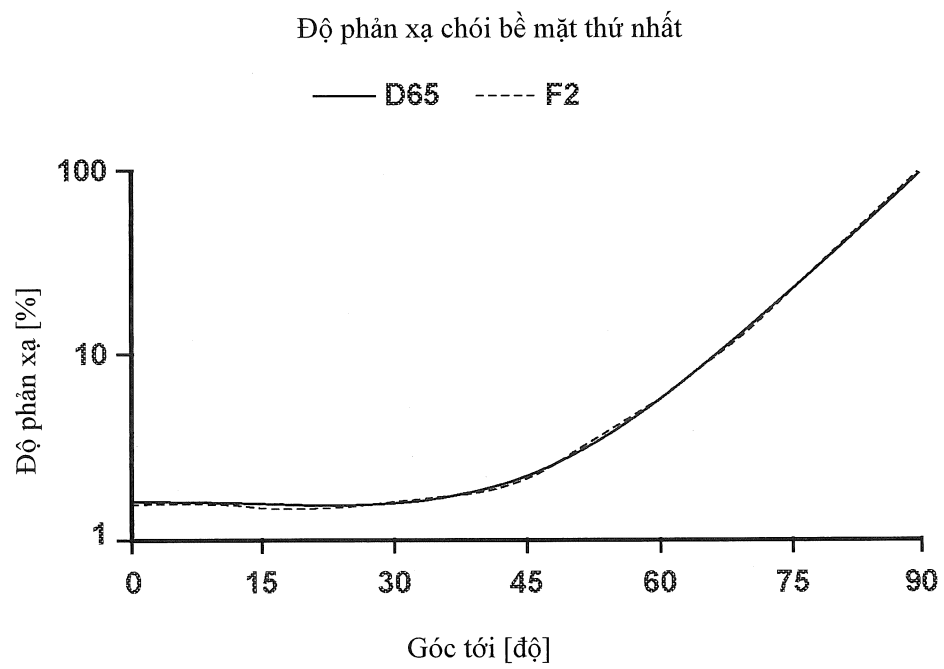


FIG. 14B

16/16

**FIG. 15**