



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

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

(11)



1-0047461

(51)^{2020.01} C23C 18/12; H01L 31/032

(13) B

(21) 1-2021-03683

(22) 14/11/2019

(86) PCT/US2019/061462 14/11/2019

(87) WO2020/106542 28/05/2020

(30) 62/770,389 21/11/2018 US; 16/577,781 20/09/2019 US

(45) 25/06/2025 447

(43) 25/11/2021 404A

(73) HUNT PEROVSKITE TECHNOLOGIES, L.L.C. (US)

1900 N. Akard Street, Dallas, TX 75201, United States of America

(72) IRWIN, Michael, D. (US); SANEHIRA, Erin (US).

(74) Công ty TNHH Tầm nhìn và Liên danh (VISION & ASSOCIATES CO.LTD.)

(54) CHẾ PHẨM DÙNG ĐỂ SỬ DỤNG TRONG TẠO RA LỚP NIKEN OXIT

(21) 1-2021-03683

(57) Sáng chế đề cập đến chế phẩm dùng để sử dụng trong quá trình tạo ra lớp niken oxit bao gồm $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, trong đó n là 0, 4, 6 hoặc 9, ít nhất một axetat kim loại và hỗn hợp dung môi bao gồm diol, rượu amin và nước.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến chế phẩm dùng để sử dụng trong các thiết bị quang điện và quang điện tử, và cụ thể hơn là chế phẩm mực tiền chất niken oxit dùng để sử dụng làm lớp màng mỏng trong các thiết bị quang điện, điện tử, quang điện tử và cơ khí.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Thiết bị quang điện (Photovoltaic - PV) và quang điện tử bao gồm cấu trúc nhiều lớp. Sự hình thành mực tiền chất thông thường dùng cho màng mỏng niken oxit trong số nhiều lớp trong thiết bị quang điện tạo ra độ phủ bề mặt không hoàn toàn, hình thái bề mặt kém và đặc tính quang điện tử không mong muốn. Trong công nghệ quang điện perovskite, độ phủ bề mặt không hoàn toàn có thể dẫn đến gia tăng tái kết hợp không phát xạ và giảm điện áp hở mạch. Hình thái bề mặt kém các thể tác động tiêu cực đến sự tăng trưởng và chất lượng của màng perovskite.

Niken oxit đã được biết đến là đóng vai trò làm lớp vận chuyển lỗ trống và/hoặc chặn điện tử trong các thiết bị PV và quang điện tử. Sự biểu hiện của mực tiền chất niken oxit trước đó thường tạo ra độ phủ bề mặt không hoàn toàn, hình thái màng kém, và/hoặc đặc tính quang điện tử không mong muốn.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Để giải quyết các vấn đề nêu trên bằng các giải pháp hiện có, sáng chế đề xuất mực tiền chất niken oxit (NiO).

Theo một số phương án, chế phẩm dùng để sử dụng trong tạo ra lớp niken oxit bao gồm niken nitrat ($\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, trong đó n bằng 0, 4, 6 hoặc 9), ít nhất một axetat kim loại; và hỗn hợp dung môi bao gồm diol, rượu amin và nước.

Theo các phương án cụ thể, ít nhất một axetat kim loại được chọn từ nhóm bao gồm: niken axetat tetrahydrat, đồng axetat monohydrat và hỗn hợp của chúng.

Theo các phương án cụ thể, hỗn hợp dung môi bao gồm etylen glycol, etanolamin và nước.

Theo các phương án cụ thể, hỗn hợp dung môi bao gồm etylen glycol, etanolamin, nước và axetylaxeton.

Theo các phương án cụ thể, ít nhất một axetat kim loại bao gồm niken axetat tetrahydrat.

Theo các phương án cụ thể, trong đó ít nhất một axetat kim loại bao gồm đồng axetat monohydrat.

Theo các phương án cụ thể, ít nhất một axetat kim loại bao gồm niken axetat tetrahydrat và đồng axetat monohydrat.

Theo một số phương án, phương pháp tạo ra mực tiền chất niken oxit bao gồm: đầu tiên, tạo ra dung môi bao gồm các diol và các rượu amin. Sau đó, bổ sung niken nitrat vào dung môi để tạo ra dung dịch chứa niken nitrat. Sau đó, bổ sung ít nhất một axetat kim loại vào dung dịch chứa niken nitrat để tạo ra dung dịch chứa niken nitrat và axetat kim loại. Sau đó, bổ sung nước vào dung dịch chứa niken nitrat và axetat kim loại để tạo ra hỗn hợp tiền chất niken oxit. Sau đó, gia nhiệt hỗn hợp tiền chất niken oxit đến nhiệt độ nằm trong khoảng từ 60 đến 75 độ C. Cuối cùng, làm nguội hỗn hợp tiền chất niken oxit để tạo ra mực tiền chất niken oxit.

Theo các phương án cụ thể, niken nitrat là $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ và n bằng 0, 4, 6 hoặc 9.

Theo các phương án cụ thể, axetat kim loại là $\text{Ni}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$, và x bằng 0, 2 hoặc 4.

Theo các phương án cụ thể, niken nitrat là $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ và ít nhất một axetat kim loại là $\text{Ni}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$.

Theo các phương án cụ thể, ít nhất một axetat kim loại bao gồm $\text{Ni}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ và $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2 \cdot b\text{H}_2\text{O}$, trong đó x bằng 0, 2 hoặc 4 và b bằng 0 hoặc 1.

Theo các phương án cụ thể, niken nitrat là $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ và ít nhất một axetat kim loại bao gồm $\text{Ni}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ và $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2 \cdot 1\text{H}_2\text{O}$.

Theo các phương án cụ thể, hỗn hợp tiền chất niken oxit có nồng độ của $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ là nằm trong khoảng từ 0,7 M và 0,8 M và nồng độ của $\text{Ni}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ là nằm trong khoảng từ 50 mM và 110 mM.

Theo các phương án cụ thể, nồng độ của $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ bằng 0,72 M và nồng độ của $\text{Ni}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ bằng 103 mM.

Theo các phương án cụ thể, hỗn hợp tiền chất niken oxit có nồng độ của $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ nằm trong khoảng từ 0,7 M và 0,8 M, nồng độ của $\text{Ni}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ nằm trong khoảng từ 50 mM và 110 mM, và nồng độ của $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2 \cdot 1\text{H}_2\text{O}$ nằm trong khoảng từ 20 mM và 41,3 mM.

Theo các phương án cụ thể, dung môi bao gồm etylen glycol và etanolamin.

Theo các phương án cụ thể, dung môi bao gồm etylen glycol và etanolamin; và etylen glycol, etanolamin và nước có tỷ lệ thể tích lần lượt là bằng 12:1,46:1.

Theo các phương án cụ thể, phương pháp được thực hiện trong không khí trơ có nồng độ nước nhỏ hơn 5ppm và nồng độ oxy nhỏ hơn 5ppm.

Theo một số phương án, phương pháp lắng đọng lớp niken oxit bao gồm các bước: đầu tiên, tạo ra lớp nền. Sau đó, lắng đọng mực tiền chất niken oxit lên trên lớp nền. Mực tiền chất niken oxit bao gồm dung môi bao gồm các diol, các rượu amin và nước, $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, và ít nhất một axetat kim loại được chọn từ nhóm bao gồm $\text{Ni}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ và $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2 \cdot 1\text{H}_2\text{O}$. Sau đó, ủ mực tiền chất niken oxit ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 250° đến 400° độ C trong khoảng thời gian từ 10 phút đến 6 giờ. Cuối cùng, làm nguội mực tiền chất niken oxit để tạo ra lớp niken oxit.

Theo các phương án cụ thể, phương pháp còn bao gồm bước lọc mực tiền chất niken oxit trước khi lắng đọng mực tiền chất niken oxit lên trên lớp nền.

Theo các phương án cụ thể, dung môi bao gồm etylen glycol, etanolamin và nước.

Theo các phương án cụ thể, lớp nền được chọn từ nhóm bao gồm thủy tinh, silic pha tạp loại p, silic pha tạp loại n, saphia, magie oxit, mica, polyme, xeramic, vải, gỗ, tường khô, kim loại, hoặc hỗn hợp của chúng, và vật liệu nêu trên bất kỳ được phủ bằng vật liệu được chọn từ nhóm bao gồm thiếc oxit pha tạp indi (ITO), thiếc oxit pha tạp flo (FTO),

cadimi oxit (CdO), kẽm indi thiếc oxit (ZITO), nhôm kẽm oxit (AZO), nhôm (Al), vàng (Au), canxi (Ca), magie (Mg), titan (Ti), sắt (Fe), crom (Cr), đồng (Cu), bạc (Ag), niken (Ni), tungsten (W), molybden (Mo), các thù hình của cacbon, hoặc hỗn hợp của chúng.

Theo các phương án cụ thể, phương pháp được thực hiện trong điều kiện môi trường có độ ẩm nằm trong khoảng từ 10% và 50% và nhiệt độ nằm trong khoảng từ 20° và 60° độ C.

Theo các phương án cụ thể, bước ủ xảy ra ở nhiệt độ là 310° độ C trong khoảng thời gian là hai giờ.

Theo các phương án cụ thể, chế phẩm dùng để sử dụng trong tạo ra lớp niken oxit bao gồm ít nhất một nitrat kim loại, ít nhất một axetat kim loại, và hỗn hợp dung môi bao gồm diol, rượu amin và nước.

Theo các phương án cụ thể, ít nhất một nitrat kim loại bao gồm đồng nitrat, ít nhất một axetat kim loại bao gồm niken axetat; dung môi bao gồm etylen glycol, etanolamin và nước.

Theo các phương án cụ thể, trong đó ít nhất một nitrat kim loại bao gồm niken nitrat, ít nhất một axetat kim loại bao gồm đồng axetat, và dung môi bao gồm etylen glycol, etanolamin và nước.

Theo các phương án cụ thể, trong đó ít nhất một nitrat kim loại bao gồm niken nitrat, ít nhất một axetat kim loại bao gồm niken axetat, và dung môi bao gồm etylen glycol, etanolamin và nước.

Theo các phương án cụ thể, trong đó: ít nhất một nitrat kim loại bao gồm niken nitrat, ít nhất một axetat kim loại bao gồm niken axetat và đồng axetat, và dung môi bao gồm etylen glycol, etanolamin và nước.

Mực tiền chất niken oxit được bộc lộ ở đây có thể được lắng đọng thông qua mực gốc dung dịch hoặc các phương pháp lắng vật lý, chẳng hạn như kỹ thuật phủ quay, kỹ thuật phủ dùng lưỡi dao, và kỹ thuật phủ khuôn rãnh. Mực tiền chất niken oxit được bộc lộ ở đây cũng tạo ra tính điều hướng nhờ quá trình tạo chế phẩm mực và kỹ thuật phụ gia. Mực tiền chất niken oxit gốc dung dịch được bộc lộ ở đây giúp các kỹ thuật lắng đọng có thông lượng

cao, chi phí thấp. Ngoài ra, sự làm tăng độ trong suốt của lớp/màng được tạo ra từ mực tiền chất niken oxit được bộc lộ ở đây có thể làm giảm độ hấp thụ tạp và làm tăng dòng điện ngắn mạch. Ngoài ra, việc làm tăng độ hấp thụ của các photon mang năng lượng cao hơn có thể được sử dụng để lọc đối với quá trình phân hủy do tia cực tím. Sự tạo chế phẩm mực tiền chất niken oxit được bộc lộ ở đây tạo ra khả năng lựa chọn cho các ứng dụng khác nhau.

Các dấu hiệu và hiệu quả của sáng chế sẽ rõ ràng là hiển nhiên đối với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực. Trong khi có nhiều thay đổi được thực hiện bởi người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực, những thay đổi này nằm trong phạm vi bảo hộ của sáng chế.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

FIG. 1 là biểu đồ làm ví dụ minh họa các thành phần của thiết bị PV làm ví dụ theo một số phương án thực hiện sáng chế.

FIG. 2 là biểu đồ làm ví dụ khác minh họa các thành phần của thiết bị PV làm ví dụ theo một số phương án thực hiện sáng chế.

FIG. 3 là sơ đồ cách điệu minh họa các thành phần của thiết bị PV làm ví dụ theo một số phương án thực hiện sáng chế.

FIG. 4 là sơ đồ cách điệu khác minh họa các thành phần của thiết bị PV làm ví dụ theo một số phương án thực hiện sáng chế.

FIG. 5 là sơ đồ cách điệu khác minh họa các thành phần của thiết bị PV làm ví dụ theo một số phương án thực hiện sáng chế.

FIG. 6 minh họa ảnh SEM (kính hiển vi điện tử quét) của lớp NiO trong ví dụ từ tài liệu kỹ thuật.

FIG. 7A minh họa ảnh SEM của lớp NiO trong ví dụ, được chụp ở độ phóng đại 20.000X, theo một số phương án thực hiện sáng chế.

FIG. 7B minh họa ảnh SEM của lớp NiO trong ví dụ, được chụp ở độ phóng đại 50.000X, theo một số phương án thực hiện sáng chế.

FIG. 7C minh họa ảnh SEM của lớp NiO trong ví dụ, được chụp ở độ phóng đại 200.000X, theo một số phương án thực hiện sáng chế.

FIG. 8A minh họa ảnh SEM của lớp NiO trong ví dụ khác, được chụp ở độ phóng đại 5.000X, theo một số phương án thực hiện sáng chế.

FIG. 8B minh họa ảnh SEM của lớp NiO trong ví dụ khác, được chụp ở độ phóng đại 20.000X, theo một số phương án thực hiện sáng chế.

FIG. 8C minh họa ảnh SEM của lớp NiO trong ví dụ khác, được chụp ở độ phóng đại 50.000X, theo một số phương án thực hiện sáng chế.

FIG. 8D minh họa ảnh SEM của lớp NiO trong ví dụ khác, được chụp ở độ phóng đại 200.000X, theo một số phương án thực hiện sáng chế.

FIG. 8E minh họa ảnh SEM của lớp NiO trong ví dụ khác, được chụp ở độ phóng đại 150.000X, theo một số phương án thực hiện sáng chế.

FIG. 9A minh họa ảnh SEM của lớp NiO trong ví dụ khác, được chụp ở độ phóng đại 20.000X, theo một số phương án thực hiện sáng chế.

FIG. 9B minh họa ảnh SEM của lớp NiO trong ví dụ khác, được chụp ở độ phóng đại 50.000X, theo một số phương án thực hiện sáng chế.

FIG. 9C minh họa ảnh SEM của lớp NiO trong ví dụ khác, được chụp ở độ phóng đại 150.000X, theo một số phương án thực hiện sáng chế.

FIG. 10A minh họa ảnh SEM của lớp NiO trong ví dụ khác, được chụp ở độ phóng đại 20.000X, theo một số phương án thực hiện sáng chế.

FIG. 10B minh họa ảnh SEM của lớp NiO trong ví dụ khác, được chụp ở độ phóng đại 50.000X, theo một số phương án thực hiện sáng chế.

FIG. 10C minh họa ảnh SEM của lớp NiO trong ví dụ khác, được chụp ở độ phóng đại 150.000X, theo một số phương án thực hiện sáng chế.

FIG. 11A minh họa ảnh SEM của lớp NiO trong ví dụ khác, được chụp ở độ phóng đại 20.000X, theo một số phương án thực hiện sáng chế.

FIG. 11B minh họa ảnh SEM của lớp NiO trong ví dụ khác, được chụp ở độ phóng đại 50.000X, theo một số phương án thực hiện sáng chế.

FIG. 11C minh họa ảnh SEM của lớp NiO trong ví dụ khác, được chụp ở độ phóng đại 150.000X, theo một số phương án thực hiện sáng chế.

FIG. 12 là biểu đồ hấp thụ UV-khả kiến của NiO và perovskite trên các lớp NiO theo một số phương án thực hiện sáng chế.

FIG. 13 là biểu đồ quang phát quang của perovskite trên các lớp NiO theo một số phương án thực hiện sáng chế.

FIG. 14 là quang phổ hồng ngoại biến đổi Fourier của các lớp NiO theo một số phương án thực hiện sáng chế.

FIG. 15 là ví dụ về chồng màng bao gồm lớp NiO theo một số phương án thực hiện sáng chế.

FIG. 16 là ví dụ khác về chồng màng bao gồm lớp NiO theo một số phương án thực hiện sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Nói chung, sáng chế đề cập đến vật liệu dùng để tạo ra lớp màng mỏng, phương pháp tạo ra và áp dụng vật liệu này vào lớp màng mỏng, và thiết bị sử dụng lớp màng mỏng trong thiết bị quang học, thiết bị điện tử, thiết bị cơ khí, và tế bào quang điện để làm tăng dòng điện ngắn mạch và điện áp hở mạch và làm giảm độ hấp thụ tạp. Cụ thể hơn, sáng chế đề cập đến sự tạo ra chế phẩm mực tiền chất niken oxit (NiO), cũng như thiết bị, phương pháp sử dụng và tạo ra chế phẩm của vật liệu này.

Mực tiền chất NiO theo sáng chế bao gồm niken nitrat và/hoặc niken axetat và có thể bao gồm nitrat kim loại hoặc axetat kim loại được hòa tan trong hỗn hợp dung môi bao gồm diol, nước và rượu amin. Theo một số phương án, mực tiền chất NiO bao gồm niken nitrat và một hoặc nhiều axetat kim loại được hòa tan trong hỗn hợp dung môi bao gồm diol, nước và rượu. Theo các phương án khác, mực tiền chất NiO bao gồm niken axetat và một hoặc nhiều nitrat kim loại, và không bao gồm niken nitrat, được hòa tan trong hỗn hợp dung môi bao gồm diol, nước và rượu amin. Sau khi lớp mực tiền chất NiO đã được lắng

động trên lớp nền, các lớp và/hoặc các màng có thể được gia nhiệt và được ủ, dẫn đến phản ứng cháy tạo ra lớp/màng mỏng niken oxit mà được tạo thành bởi mực tiền chất NiO được bốc lộ trong sáng chế. Lớp/màng mỏng niken oxit được tạo ra có thể được sử dụng làm lớp chuyển lỗ trống hiệu quả trong thiết bị quang điện.

Theo một số phương án, mực tiền chất NiO theo sáng chế có thể bao gồm các kim loại khác như được mô tả ở đây. Các kim loại này có thể đóng vai trò làm chất pha tạp trong màng mỏng niken oxit tạo thành, tạo ra màng mỏng niken oxit chuyển lỗ trống hoặc chuyển điện tử, phụ thuộc vào (các) chất pha tạp kim loại được bao gồm trong mực tiền chất NiO.

Ví dụ về các hợp chất dùng để tạo ra mực tiền chất NiO có thể bao gồm, nhưng không giới hạn ở, niken nitrat khan, niken nitrat hexahydrat, niken nitrat nonahydrat, niken nitrat tetrahydrat, niken nitrat dihydrat, và dẫn xuất hydrat bất kỳ của niken nitrat, và niken axetat khan, niken axetat dihydrat, niken axetat tetrahydrat, và đồng nitrat khan, đồng nitrat monohydrat, đồng nitrat sesquihydrat, đồng nitrat hemipentahydrat, đồng nitrat trihydrat, đồng nitrat hexahydrat, và dẫn xuất hydrat bất kỳ của đồng nitrat, và đồng axetat khan, đồng axetat monohydrat.

Mực tiền chất NiO theo sáng chế có thể được tạo chế phẩm nhờ sử dụng hỗn hợp niken nitrat ($\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$), axetat kim loại và nước trong dung môi diol với phụ gia là rượu amin. Theo một số phương án, axetat kim loại có thể là một hoặc nhiều niken axetat ($\text{Ni}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2$) hoặc đồng axetat ($\text{Cu}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2$), và amin, diamin, và axetylaxeton (và các dẫn xuất của chúng) cũng có thể được bao gồm trong mực tiền chất NiO. Chế phẩm và phương pháp dùng để tạo ra các phương án về mực tiền chất NiO còn được mô tả ở đây. Sau khi mực tiền chất NiO được tạo chế phẩm, nó có thể được lắng đọng và được ủ để tạo ra màng mỏng NiO. Màng mỏng NiO tạo thành có thể là chất bán dẫn loại p. Theo một số phương án, mực tiền chất NiO có thể được áp dụng để tạo ra màng mỏng NiO trong nhiều thiết bị điện tử khác nhau, bao gồm nhưng không giới hạn ở quang điện (PV), tranzito hiệu ứng trường (field effect transistors - FET), điốt phát quang (light emitting diodes - LED), thiết bị tích điện kép (charge được ghép nối thiết bị - CCD), điốt quang điện, bộ phát hiện tia X, và bán dẫn oxit kim loại bù (complementary metal-oxit-semiconductor - CMOS).

Theo một số phương án, mực tiền chất niken oxit có thể được tạo chế phẩm với hỗn hợp của niken nitrat, niken axetat, nước, và etanol amin trong dung môi etylen glycol. Theo các phương án khác, mực tiền chất niken oxit có thể được tạo chế phẩm với hỗn hợp của niken nitrat, niken axetat, nước, etanol amin, và axetylaxeton trong dung môi etylen glycol. Theo các phương án khác, mực tiền chất niken oxit có thể được tạo chế phẩm với hỗn hợp của niken nitrat, đồng axetat, nước, và etanol amin trong dung môi etylen glycol. Theo các phương án khác, mực tiền chất niken oxit có thể được tạo chế phẩm với hỗn hợp của niken nitrat, đồng axetat, nước, etanol amin, và axetylaxeton trong dung môi etylen glycol. Theo các phương án khác, mực tiền chất niken oxit có thể được tạo chế phẩm với hỗn hợp của niken nitrat, axetat kim loại có công thức $M(\text{CH}_3\text{CO}_2)_y$ trong đó M có thể là kim loại bất kỳ (ví dụ, Cu, Li, Na, K, Rb, Cs, Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Sc, Y, Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cr, Mo, W, Mn, Re, Fe, Ru, Os, Co, Rh, Ir, Pd, Pt, Cu, Ag, Au, Zn, Cd, Hg, B, Al, Ga, In, Tl, Si, Ge, Sn, Pb, As, Sb, Bi, Se, Te, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Er, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Ym, Yb, Lu, Ac, Th, Pa, và U) và y tương ứng với trạng thái oxi hóa của kim loại M (ví dụ, $y=2$ trong đó M là Cu^{2+} và $y=6$ trong đó M là W^{6+}), nước, và etanol amin trong dung môi etylen glycol.

Theo một số phương án, hydrat của niken nitrat (ví dụ, $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot a\text{H}_2\text{O}$), niken axetat (ví dụ, $\text{Ni}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2 \cdot b\text{H}_2\text{O}$), đồng axetat (ví dụ, $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2 \cdot c\text{H}_2\text{O}$), hoặc axetat kim loại (ví dụ, $\text{M}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_y \cdot d\text{H}_2\text{O}$) có thể được bao gồm trong quá trình tạo chế phẩm mực tiền chất niken oxit như được mô tả ở đây, trong đó a , b , c , và d trong các công thức nêu trên tương ứng với số lượng phân tử H_2O trong hydrat.

Theo một số phương án, các hợp chất dùng để tạo ra mực tiền chất NiO có thể bao gồm niken nitrat hexahydrat ($\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), niken axetat tetrahydrat ($\text{Ni}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), đồng nitrat trihydrat ($\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), và đồng axetat monohydrat ($\text{Cu}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$).

Ví dụ về dung môi dùng để tạo ra mực tiền chất NiO có thể bao gồm, nhưng không giới hạn ở, một hoặc nhiều glyxerol; etylen glycol; propylen glycol; metanol; etanol; và các hợp chất khác bất kỳ bao gồm ít nhất một nhóm hydroxyl, chẳng hạn như rượu và các diol; amoniac; axeton; axetylaxeton, và các hợp chất bất kỳ bao gồm ít nhất một nhóm carbonyl;

etylamin, và aryl và alkylamin khác bất kỳ; etanolamin, và amin bất kỳ bao gồm ít nhất một nhóm hydroxyl; nước; di- và polyamin, và dung môi khác bất kỳ thích hợp để hòa tan các hợp chất dùng để tạo ra mực tiền chất NiO.

Theo một số phương án, dung môi dùng để tạo ra mực tiền chất NiO có thể bao gồm etylen glycol, etanolamin và nước. Theo một phương án cụ thể, dung môi có thể bao gồm etylen glycol, etanolamin và nước theo tỷ lệ là 12:1,46:1 theo thể tích.

Theo một phương án cụ thể, mực tiền chất NiO bao gồm $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ và $\text{Ni}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2$ được hòa tan trong hỗn hợp dung môi bao gồm diol, rượu amin và nước.

Theo một phương án khác, mực tiền chất NiO bao gồm $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ và axetat kim loại ($\text{M}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_y$) được hòa tan trong hỗn hợp dung môi bao gồm diol, rượu amin và nước.

Theo một phương án khác, mực tiền chất NiO bao gồm $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Ni}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2$ và axetat kim loại ($\text{M}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_y$) được hòa tan trong hỗn hợp dung môi gồm có diol, rượu amin và nước.

Theo một phương án khác, mực tiền chất NiO bao gồm $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Ni}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2$ và nitrat kim loại ($\text{M}(\text{NO}_3)_y$) được hòa tan trong hỗn hợp dung môi bao gồm diol, rượu amin và nước.

Theo một phương án khác, mực tiền chất NiO bao gồm $\text{Ni}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2$, và nitrat kim loại ($\text{M}(\text{NO}_3)_y$) được hòa tan trong hỗn hợp dung môi bao gồm diol, rượu amin và nước.

Ví dụ tạo ra mực tiền chất NiO có thể bao gồm 0,7-0,8 M niken nitrat hexahydrat và 50-110 mM niken axetat tetrahydrat trong dung môi bao gồm etylen glycol, etanolamin và nước theo tỷ lệ thể tích lần lượt là 5-20:1-5:1-5. Theo một phương án cụ thể, quá trình tạo ra mực tiền chất NiO có thể bao gồm 0,72 M niken nitrat hexahydrat và 103 mM niken axetat tetrahydrat trong dung môi bao gồm etylen glycol, etanolamin và nước theo tỷ lệ thể tích là 12:1,46:1. Theo một số phương án, mực tiền chất NiO còn có thể bao gồm 0-20 mol% đồng và 0-50 mol% axetat.

Ví dụ khác về quá trình tạo ra mực tiền chất NiO có thể bao gồm 0,7-0,8 M niken nitrat và 50-110 mM axetat kim loại trong dung môi bao gồm etylen glycol, etanolamin và nước theo tỷ lệ thể tích lần lượt là 5-20:1-5:1-5. Theo một phương án cụ thể, quá trình tạo

ra mực tiền chất NiO có thể bao gồm 0,72 M niken nitrat hexahydrat và 103 mM axetat kim loại trong dung môi bao gồm etylen glycol, etanolamin và nước theo tỷ lệ thể tích là 12:1,46:1. Theo một số phương án, mực tiền chất NiO còn có thể bao gồm 0-20 mol% đồng và 0-50 mol% axetat.

Ví dụ khác về quá trình tạo ra mực tiền chất NiO có thể bao gồm 0,7-0,8 M niken nitrat hexahydrat, 50-110 mM niken axetat tetrahydrat, và 20-41,3 mM nitrat kim loại trong dung môi bao gồm etylen glycol, etanolamin và nước theo tỷ lệ thể tích lần lượt là 5-20:1-5:1-5. Theo một phương án cụ thể, nitrat kim loại có thể đồng nitrat trihydrat. Theo một phương án cụ thể, quá trình tạo ra mực tiền chất NiO có thể bao gồm 0,72 M niken nitrat hexahydrat, 103 mM niken axetat tetrahydrat, và 30 mM nitrat kim loại trong dung môi bao gồm etylen glycol, etanolamin và nước theo tỷ lệ thể tích là 12:1,46:1.

Ví dụ khác về quá trình tạo ra mực tiền chất NiO có thể bao gồm 0,7-0,8 M niken nitrat hexahydrat, 50-110 mM niken axetat tetrahydrat, và 20-41,3 mM axetat kim loại trong dung môi bao gồm etylen glycol, etanolamin và nước theo tỷ lệ thể tích lần lượt là 5-20:1-5:1-5. Theo một số phương án, nitrat kim loại có thể đồng axetat. Theo một phương án cụ thể, quá trình tạo ra mực tiền chất NiO có thể bao gồm 0,72 M niken nitrat hexahydrat, 103 mM niken axetat tetrahydrat, và 30 mM axetat kim loại trong dung môi bao gồm etylen glycol, etanolamin và nước theo tỷ lệ thể tích là 12:1,46:1.

Ví dụ khác về quá trình tạo ra mực tiền chất NiO có thể bao gồm 0,7-0,8 M nitrat kim loại và 50-110 mM niken axetat tetrahydrat trong dung môi bao gồm etylen glycol, etanolamin và nước theo tỷ lệ thể tích lần lượt là 5-20:1-5:1-5. Theo một phương án cụ thể, quá trình tạo ra mực tiền chất NiO có thể bao gồm 0,72 M nitrat kim loại và 103 mM niken axetat tetrahydrat trong dung môi bao gồm etylen glycol, etanolamin và nước theo tỷ lệ thể tích là 12:1,46:1.

Ví dụ về phương pháp tạo ra NiO có thể bao gồm, nhưng không giới hạn ở, các bước dưới đây. Đầu tiên, dung môi được tạo ra bao gồm các diol và amin mà bao gồm ít nhất một nhóm hydroxyl (“rượu amin”). Ví dụ, dung môi có thể được tạo ra bằng cách trộn etanolamin vào etylen glycol. Sau đó, $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot a\text{H}_2\text{O}$ được bổ sung vào dung môi, trong đó a có thể là 0, 4, 6 hoặc 9. Theo các phương án cụ thể, niken nitrat có thể là niken nitrat

hexahydrat ($a = 6$). Sau đó, $\text{Ni}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2 \cdot b\text{H}_2\text{O}$ được bổ sung vào hỗn hợp, trong đó b có thể là 0, 2 hoặc 4. Niken axetat có thể là niken axetat tetrahydrat, theo các phương án cụ thể. Sau đó, nước được bổ sung vào hỗn hợp. Sau đó, hỗn hợp được gia nhiệt. Cuối cùng, hỗn hợp được làm nguội để tạo ra mực tiền chất NiO. Theo một số phương án, khi mỗi thành phần được bổ sung vào hỗn hợp, hỗn hợp có thể được trộn bằng cách rung, làm rung, khuấy, làm đồng nhất, kết hợp dòng chảy hỗn loạn, trộn xoáy, hoặc bất kỳ phương pháp trộn khác đã biết. Theo một số phương án, lớp NiO có thể được tạo ra hoặc trong không khí trơ hoặc không khí có độ ẩm cao (ví dụ, lớn hơn 4 gam H_2O trên mỗi lít không khí).

Theo một số phương án, nước có thể được bổ sung trước bước làm nguội, sao cho nồng độ cuối cùng của niken nitrat hexahydrat là 0,7-0,8 M và nồng độ cuối cùng của niken axetat tetrahydrat là 50-110 mM.

Mực tiền chất NiO có thể được lắng đọng lên trên nhiều lớp nền để tạo ra lớp màng mỏng NiO để sử dụng trong các ứng dụng quang học, cơ học và điện tử, bao gồm nhưng không giới hạn ở, quang điện (PV), tranzito hiệu ứng trường (FET), điốt phát quang (LED), thiết bị tích điện kép (CCD), điốt quang điện, bộ phát hiện tia X, và bán dẫn oxit kim loại bù (CMOS). Theo một số phương án, lớp được tạo ra bởi mực tiền chất NiO có thể được sử dụng trong tế bào quang điện. Theo các phương án cụ thể, lớp được tạo ra bởi mực tiền chất NiO có thể được sử dụng để lớp chuyển lỗ trống và/hoặc chuyển điện tử. Theo một số phương án, mực tiền chất NiO có thể được lắng đọng ở dạng màng mỏng IFL. Theo các phương án cụ thể, mực tiền chất NiO có thể được lắng đọng để tạo ra lớp màng mỏng NiO trong thiết bị quang điện với lớp quang hoạt perovskite.

Vật liệu lớp nền thích hợp có thể bao gồm một hoặc nhiều vật liệu bất kỳ: thủy tinh; thạch anh, lớp nền silic pha tạp loại p; lớp nền silic pha tạp loại n; saphia; magie oxit (MgO); mica; polyme (ví dụ, PET, PEG, PES, polypropylen, polyetylen, v.v.); xeramic; vải (ví dụ, bông, tơ, len); gỗ; tường khô; kim loại; và hỗn hợp của chúng. Theo một số phương án, lớp nền mà mực tiền chất NiO có thể được lắng đọng lên trên có thể được phủ bằng điện cực. Điện cực có thể là anot hoặc catot. Vật liệu thích hợp dùng làm điện cực có thể bao gồm thiếc oxit pha tạp indi (ITO); thiếc oxit pha tạp flo (FTO); cadimi oxit (CdO); kẽm indi thiếc oxit (ZITO); nhôm kẽm oxit (AZO); nhôm (Al); vàng (Au); canxi (Ca); magie (Mg);

titan (Ti); sắt (Fe); crom (Cr); đồng (Cu); bạc (Ag); niken (Ni); tungsten (W); molybden (Mo); cacbon (và thù hình của chúng); và hỗn hợp của chúng, và vật liệu khác bất kỳ mà có thể hoạt động như điện cực. Ví dụ, lớp nền phủ điện cực có thể bao gồm thủy tinh được phủ ITO, thủy tinh được phủ FTO, thủy tinh được phủ bạc, thủy tinh được phủ CdO và PET được phủ ITO.

Theo một số phương án lớp nền có thể còn được phủ bằng một hoặc nhiều lớp xen giữa (interfacial layers - IFL) như được mô tả ở đây. Theo một số phương án, IFL có thể là nhôm oxit (Al_2O_3). Theo một số phương án, IFL có thể tạo ra lớp tiếp giáp. Theo các phương án khác, IFL có thể tạo ra lớp không tiếp giáp.

Ví dụ về phương pháp lắng đọng mực tiền chất NiO có thể bao gồm, nhưng không giới hạn ở, tạo ra lớp nền, lắng đọng mực tiền chất NiO lên trên lớp nền, ủ mực tiền chất NiO và làm nguội mực tiền chất NiO để tạo ra lớp màng mỏng NiO. Bước lắng đọng mực tiền chất NiO lên trên lớp nền có thể bao gồm bước lắng đọng mực tiền chất NiO lên trên các lớp trước bất kỳ được lắng đọng lên trên lớp nền. Ví dụ, lớp điện cực có thể được lắng đọng lên trên lớp nền trước khi lắng đọng mực tiền chất NiO, mà sau đó có thể được lắng đọng lên trên lớp điện cực. Tương tự, theo một số phương án, lớp điện cực và một hoặc nhiều lớp xen giữa có thể được lắng đọng lên trên lớp nền trước khi lắng đọng mực tiền chất NiO.

Theo một số phương án, bước lắng đọng mực tiền chất NiO có thể được thực hiện bằng kỹ thuật phủ quay, phủ dùng lưới dao, phủ khuôn rãnh, in lưới, phủ xoay, phủ phun, phủ ngâm hoặc in bản kẽm. Theo một số phương án, mực tiền chất NiO có thể được lắng đọng lên trên lớp nền trong môi trường có độ ẩm tương đối nằm trong khoảng từ 10 và 50% và nhiệt độ nằm trong khoảng từ 20° và 60° độ C. Theo một phương án cụ thể, mực tiền chất NiO có thể được lắng đọng lên trên lớp nền trong môi trường có độ ẩm tương đối là 35% và nhiệt độ là 35° độ C. Theo một số phương án, mực tiền chất NiO có thể được lọc trước khi được lắng đọng lên trên lớp nền. Theo các phương án cụ thể, bước lọc mực tiền chất NiO có thể bao gồm phân phối mực tiền chất NiO qua màng lọc 0,2 μm . Theo một số phương án, bước ủ có thể xảy ra ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 250° độ C và 400° độ C trong khoảng thời gian từ 30 phút đến 6 giờ. Theo một phương án cụ thể, bước ủ có thể xảy

ra ở nhiệt độ là 310° độ C trong khoảng thời gian là hai giờ. Theo một số phương án, bước ủ IFL trên lớp nền có thể bao gồm bước làm tăng nhiệt độ từ 35° đến 310° độ C với tốc độ khoảng 50° độ C trên mỗi năm phút. Bước làm nguội lớp màng mỏng NiO được tạo ra sau khi ủ mực tiền chất NiO có thể bao gồm làm nguội nó đến nhiệt độ gần nhiệt độ phòng (20° - 50° độ C) bằng cách cho phép lớp nền và lớp màng mỏng nghỉ ở môi trường có nhiệt độ gần với nhiệt độ phòng. Theo một số phương án, lớp màng mỏng NiO có thể được ủ một hoặc nhiều lần sau khi bước ủ thứ nhất, theo phương pháp như được mô tả ở trên. Ví dụ, lớp nền có lớp màng mỏng NiO được lắng đọng như được bộc lộ ở đây có thể được lưu trữ và được ủ lại trước các bước xử lý tiếp theo.

Theo một phương án cụ thể, phương pháp lắng đọng mực tiền chất NiO có thể bao gồm các bước: tạo ra lớp nền, lắng đọng lớp màng mỏng nhôm oxit, lắng đọng mực tiền chất NiO lên trên màng mỏng nhôm oxit, ủ mực tiền chất NiO để tạo ra màng mỏng NiO, lắng đọng vật liệu perovskite, lắng đọng lớp xen giữa, và lắng đọng điện cực. Theo một số phương án, lắng đọng mực tiền chất NiO có thể theo kiểu là bắt đầu ở một mặt của lớp nền và phủ lớp nền liên tiếp từng hàng để đảm bảo độ phủ của mực tiền chất NiO tốt trên lớp nền mà không chảy nhỏ giọt.

FIG. 1 minh họa sơ đồ cách điệu thiết bị chứa vật liệu perovskite 1000 theo một số phương án. Dù các thành phần khác nhau của thiết bị 1000 được minh họa ở dạng các lớp riêng rẽ bao gồm vật liệu tiếp giáp, nên được hiểu là FIG. 1 là sơ đồ cách điệu; do đó, các phương án tương ứng với nó có thể bao gồm các lớp riêng rẽ này, và/hoặc về cơ bản là trộn lẫn với nhau, các lớp không tiếp giáp, nhất quán với việc sử dụng “các lớp” như được bàn luận trước đó ở đây. Thiết bị 1000 bao gồm lớp nền thứ nhất và thứ hai 1010 và 1070. Điện cực thứ nhất 1020 được bố trí ở trên bề mặt bên trong của lớp nền thứ nhất 1010, và lớp nền thứ hai 1060 được bố trí trên bề mặt bên trong của lớp nền thứ hai 1070. Lớp hoạt tính 1100 được xen vào giữa hai điện cực 1020 và 1060. Lớp hoạt tính 1100 bao gồm lớp xen giữa (IFL) 1030; lớp vật liệu quang hoạt (PAM) 1040; và IFL 1050.

Thiết bị chứa vật liệu perovskite theo một số phương án có thể tùy ý bao gồm một hoặc nhiều lớp nền. Theo một số phương án, một hoặc cả hai điện cực thứ nhất và thứ hai 1020 và 1060 có thể được phủ hoặc nếu không thì được bố trí ở trên lớp nền, sao cho điện

cực được bố trí về cơ bản là nằm giữa lớp nền và lớp hoạt tính. Vật liệu chế phẩm của các thiết bị (ví dụ, các thành phần của lớp nền, điện cực, lớp hoạt tính và/hoặc lớp hoạt tính) có thể toàn bộ hoặc một phần là cứng hoặc mềm theo các phương án khác nhau. Theo một số phương án, điện cực có thể đóng vai trò làm lớp nền, do đó không cần đến lớp nền riêng.

Lớp nền, chẳng hạn như một hoặc cả hai lớp nền thứ nhất và thứ hai 1010 và 1070, có thể mềm hoặc cứng. Nếu hai lớp nền được bao gồm, ít nhất một trong số chúng nên trong suốt hoặc trong mờ để bức xạ điện từ (electromagnetic - EM) (chẳng hạn như, ví dụ, UV, khả kiến, hoặc bức xạ IR). Nếu một lớp nền được bao gồm, tương tự, nó có thể trong suốt hoặc trong mờ, mặc dù không cần thiết, miễn là một phần của thiết bị cho phép bức xạ EM để tiếp xúc với lớp hoạt tính 1100.

Như đã lưu ý trước đó, điện cực (ví dụ, một trong các điện cực 1020 và 1060 của FIG. 1) có thể là anot hoặc catot. Theo một số phương án, một điện cực có thể hoạt động làm catot, và điện cực còn lại có thể hoạt động làm anot. Một hoặc cả hai điện cực 1020 và 1060 có thể được ghép nối với chì, dây cáp, dây kim loại, hoặc các phương pháp khác cho phép vận chuyển điện tích đến và/hoặc từ thiết bị 1000. Điện cực có thể cấu tạo từ vật liệu dẫn điện bất kỳ, và ít nhất một điện cực nên trong suốt hoặc trong mờ để bức xạ EM, và/hoặc được sắp xếp theo cách mà cho phép bức xạ EM để tiếp xúc với ít nhất một phần của lớp hoạt tính 1100.

Ví dụ về mực tiền chất NiO được mô tả ở đây có thể được lắng đọng bằng phương pháp bất kỳ được mô tả ở đây để tạo ra lớp màng mỏng NiO ở dạng lớp xen giữa (IFL) hoặc ngoài các IFL như được mô tả dưới đây. Lớp xen giữa có thể bao gồm vật liệu thích hợp bất kỳ để tăng cường sự vận chuyển và/hoặc tập hợp điện tích giữa các lớp hoặc vật liệu liền kề; nó cũng có thể giúp ngăn chặn hoặc làm giảm khả năng tái kết hợp điện tích một khi điện tích được vận chuyển ra khỏi một trong các vật liệu liền kề với lớp xen giữa. Lớp xen giữa còn có thể làm đồng nhất lớp nền của nó theo khía cạnh vật lý và điện tử để tạo ra hoặc làm giảm sự thay đổi về độ nhám của lớp nền, hằng số điện môi, độ bám dính, tạo ra hoặc làm dừng các sai sót (ví dụ, bẫy điện tích, tình trạng bề mặt). Vật liệu xen giữa thích hợp có thể bao gồm một hoặc nhiều vật liệu bất kỳ trong số: Ag; Al; Au; B; Bi; Ca; Cd; Ce; Co; Cr; Cu; Fe; Ga; Ge; H; In; Mg; Mn; Mo; Nb; Ni; Pt; Sb; Sc; Si; Sn; Ta; Ti; V;

W; Y; Zn; Zr; cacbua của bất kỳ kim loại nêu trên (ví dụ, SiC, Fe₃C, WC, VC, MoC, NbC); silicua của bất kỳ kim loại nêu trên (ví dụ, Mg₂Si, SrSi₂, Sn₂Si); oxit của bất kỳ kim loại nêu trên (ví dụ, nhôm oxit, silica, titania, SnO₂, ZnO, WO₃, V₂O₅, MoO₃, NiO, ZrO₂, HfO₂), bao gồm oxit dẫn điện trong suốt (“TCOs”) chẳng hạn như indi thiếc oxit, kẽm oxit pha tạp nhôm (AZO), cadimi oxit (CdO), và thiếc oxit pha tạp flo (FTO); sulfua của bất kỳ kim loại nêu trên (ví dụ, CdS, MoS₂, SnS₂); nitrit của bất kỳ kim loại nêu trên (ví dụ, GaN, Mg₃N₂, TiN, BN, Si₃N₄); selenua của bất kỳ kim loại nêu trên (ví dụ, CdSe, FeS₂, ZnSe); telurua của bất kỳ kim loại nêu trên (ví dụ, CdTe, TiTe₂, ZnTe); phosphua của bất kỳ kim loại nêu trên (ví dụ, InP, GaP, GaInP); arsenua của bất kỳ kim loại nêu trên (ví dụ, CoAs₃, GaAs, InGaAs, NiAs); antimonua của bất kỳ kim loại nêu trên (ví dụ, AlSb, GaSb, InSb); halua của bất kỳ kim loại nêu trên (ví dụ, CuCl, CuI, BiI₃); pseudohalua của bất kỳ kim loại nêu trên (ví dụ, CuSCN, AuCN, Fe(SCN)₂); cacbonat của bất kỳ kim loại nêu trên (ví dụ, CaCO₃, Ce₂(CO₃)₃); nhóm alkyl silyl được chức năng hóa hoặc không được chức năng hóa; graphit; graphen; fulleren; cacbon ống nano; vật liệu mao quản trung bình và/hoặc vật liệu bề mặt bất kỳ được bàn luận ở đây; và sự kết hợp của chúng (bao gồm, theo một số phương án, hai lớp, ba lớp, hoặc nhiều lớp vật liệu kết hợp). Theo một số phương án, lớp xen giữa có thể bao gồm vật liệu perovskite. Ngoài ra, lớp xen giữa có thể bao gồm các phương án pha tạp vật liệu bề mặt bất kỳ được nêu ở đây (ví dụ, ZnO pha tạp loại Y, cacbon ống nano thành đơn pha tạp loại N). Lớp xen giữa cũng có thể bao gồm hợp chất có ba vật liệu nêu trên (ví dụ, CuTiO₃, Zn₂SnO₄) hoặc hợp chất có bốn vật liệu nêu trên (ví dụ, CoNiZnO). Vật liệu được liệt kê ở đây có thể có mặt ở dạng hai chiều, mao quản trung bình hoặc nếu không thì dạng cấu trúc nano (ví dụ, thanh, hình cầu, hình hoa, hình chóp), hoặc cấu trúc gel khí.

Theo một số phương án, nhôm oxit IFL lớp như được mô tả ở đây có thể được lắng đọng theo phương pháp dưới đây. Đầu tiên có thể tạo ra dung dịch tiền chất nhôm oxit. Dung dịch tiền chất nhôm oxit có thể được tạo ra bằng cách hòa tan nhôm nitrat trong hỗn hợp butanol, cloroform, và metanol. Theo một số phương án, dung dịch butanol, cloroform, và metanol có thể có tỷ lệ là 1:1:1 theo thể tích của butanol, cloroform và metanol. Theo một số phương án, nhôm nitrat có thể được hòa tan trong butanol, cloroform và metanol để tạo ra dung dịch có nồng độ của 25 mM nhôm nitrat.

Sau đó, dung dịch tiền chất nhôm oxit có thể được lắng đọng lên trên lớp nền. Bước lắng đọng dung dịch tiền chất nhôm oxit lên trên lớp nền có thể bao gồm bước lắng đọng mực tiền chất chứa dung dịch tiền chất nhôm oxit lên trên lớp trước bất kỳ được lắng đọng lên trên lớp nền. Theo một số phương án, dung dịch tiền chất nhôm oxit có thể được lắng đọng bằng kỹ thuật phủ quay, phủ khuôn rãnh, hoặc phủ dùng lưới dao, trong số các kỹ thuật khác được mô tả ở đây. Theo các phương án cụ thể, dung dịch tiền chất nhôm oxit có thể được lắng đọng để tạo ra lớp có độ dày từ 1 nm đến 100 nm. Theo một phương án khác, dung dịch tiền chất nhôm oxit có thể được lắng đọng với độ dày nhỏ hơn 1 nm. Theo một số phương án, dung dịch tiền chất nhôm oxit có thể được lắng đọng theo cách liên tiếp trên toàn bộ diện tích của lớp nền. Theo các phương án khác, dung dịch tiền chất nhôm oxit có thể được lắng đọng theo cách không liên tiếp sao cho dung dịch tiền chất nhôm oxit phủ lên các phần diện tích của lớp nền. Sau bước lắng đọng, tiền chất nhôm oxit có thể được ủ. Để ủ tiền chất nhôm oxit, nhiệt độ của lớp nền có thể được tăng đến 310° độ C trong khoảng thời gian 25 phút, và sau đó được giữ ở nhiệt độ 310° độ C trong thời gian 35 phút. Bước ủ tiền chất nhôm oxit có thể xảy ra trong môi trường có độ ẩm được kiểm soát. Theo một số phương án, môi trường có độ ẩm được kiểm soát có thể được kiểm soát để duy trì độ ẩm là 25% độ ẩm tương đối trong khi lắng đọng và ủ tiền chất nhôm oxit. Sau khi ủ, lớp nền có thể được để nguội đến nhiệt độ phòng trong điều kiện xung quanh. Sau khi ủ và làm nguội, tiền chất nhôm oxit tạo ra lớp nhôm oxit, các lớp tiếp theo có thể được lắng đọng lên trên lớp nhôm oxit, chẳng hạn như lớp NiO bằng các phương pháp được mô tả ở đây. Lớp nhôm oxit có thể liên tục hoặc không liên tục trên bề mặt của lớp nền.

Mặc dù được chỉ đến ở đây là NiO và/hoặc niken oxit, lưu ý rằng các tỷ lệ khác nhau của niken và oxy có thể được sử dụng để tạo ra niken oxit. Do đó, mặc dù một số phương án được bàn luận ở đây mô tả với việc dẫn đến NiO, phần mô tả này không nhằm để xác định tỷ lệ niken cần thiết trong oxy. Thay vào đó, các phương án có thể bao gồm một hoặc nhiều các hợp chất niken-oxit, mỗi hợp chất có tỷ lệ niken oxit theo Ni_xO_y , trong đó x có thể là giá trị bất kỳ, số nguyên hoặc không phải số nguyên, nằm trong khoảng từ khoảng 1 đến 100. Theo một số phương án, x có thể nằm trong khoảng từ khoảng 1 đến 3 (và, một lần nữa, không cần là số nguyên). Tương tự, y có thể là giá trị bất kỳ, số nguyên hoặc không phải số nguyên, nằm trong khoảng từ 0,1 đến 100. Theo một số phương án, y có thể nằm

trong khoảng từ 2 đến 4 (và, một lần nữa, không cần là số nguyên). Ngoài ra, các dạng kết tinh khác nhau của Ni_xO_y có thể có mặt theo các phương án khác nhau, chẳng hạn như alpha, gamma, và/hoặc dạng vô định hình.

Ngoài ra, mặc dù tham chiếu đến Al_2O_3 và/hoặc alumin, cần chú ý rằng nhiều tỉ lệ giữa nhôm và oxy có thể được sử dụng để tạo ra alumin. Do đó, mặc dù một số phương án được bàn luận ở đây được mô tả có tham chiếu đến Al_2O_3 , phần mô tả này không nhằm để xác định tỷ lệ nhôm cần thiết trong oxy. Thay vào đó, các phương án có thể bao gồm một hoặc nhiều hợp chất nhôm oxit bất kỳ, mỗi hợp chất có tỷ lệ nhôm oxit theo Al_xO_y , trong đó x có thể là giá trị bất kỳ, số nguyên hoặc không phải số nguyên, nằm trong khoảng từ khoảng 1 và 100. Theo một số phương án, x có thể nằm trong khoảng từ khoảng 1 và 3 (và, một lần nữa, không cần là số nguyên). Tương tự, y có thể là giá trị bất kỳ, số nguyên hoặc không phải số nguyên, nằm trong khoảng từ 0,1 đến 100. Theo một số phương án, y có thể nằm trong khoảng từ 2 đến 4 (và, một lần nữa, không cần là số nguyên). Ngoài ra, các dạng kết tinh khác nhau của Al_xO_y có thể có mặt theo các phương án khác nhau, chẳng hạn như alpha, gamma, và/hoặc dạng vô định hình của nhôm oxit.

Ngoài ra, oxit kim loại bất kỳ được chỉ đến ở đây có thể có các tỷ lệ của kim loại với oxy khác nhau. Các phương án có thể bao gồm một hoặc nhiều các hợp chất oxit kim loại bất kỳ, mỗi hợp chất có tỷ lệ oxit kim loại theo M_xO_y , trong đó x có thể là giá trị bất kỳ, số nguyên hoặc không phải số nguyên, nằm trong khoảng từ khoảng 1 và 100. Theo một số phương án, x có thể nằm trong khoảng từ khoảng 1 đến 3 (và, một lần nữa, không cần là số nguyên). Tương tự, y có thể là giá trị bất kỳ, số nguyên hoặc không phải số nguyên, nằm trong khoảng từ 0,1 đến 100. Theo một số phương án, y có thể nằm trong khoảng từ 2 đến 4 (và, một lần nữa, không cần là số nguyên). Ngoài ra, các dạng kết tinh khác nhau của M_xO_y có thể có mặt theo các phương án khác nhau, chẳng hạn như alpha, gamma, và/hoặc dạng vô định hình của nhôm oxit.

Vật liệu bề mặt bất kỳ được bàn luận ở đây còn có thể bao gồm chế phẩm được pha tạp. Để cải biến các đặc tính (ví dụ, điện tử, quang, cơ học) của vật liệu bề mặt, vật liệu tỷ lượng hoặc phi tỷ lượng có thể được pha tạp với một hoặc nhiều nguyên tố (ví dụ, Na, Y, Mg, N, P) theo lượng nằm trong khoảng từ nhỏ như từ 1 ppb đến 50 mol %. Một số ví dụ

về vật liệu xen giữa bao gồm: NiO, TiO₂, SrTiO₃, Al₂O₃, ZrO₂, WO₃, V₂O₅, MO₃, ZnO, graphen, và than đen. Ví dụ về các chất pha tạp có thể dùng làm vật liệu xen giữa bao gồm: Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Sc, Y, Nb, Ti, Fe, Co, Ni, Cu, Ga, Sn, In, B, N, **P**, C, S, As, halogenua, halogenua giả (ví dụ, xyanua, xyanat, isoxyanat, fulminat, thioxyanat, isothioxyanat, azit, tetracarbonylcobaltat, carbamoyldixyanometanua, dixyanonitrosometanua, dixyanamit, và trixyanometanua) và Al trong trạng thái oxy hoá bất kỳ của nó. Viện dẫn ở đây là các vật liệu xen giữa được pha tạp không nhằm giới hạn tỷ lệ của thành phần nguyên tố trong các hợp chất làm vật liệu bề mặt.

Vật liệu quang hoạt 1040 có thể bao gồm hợp chất quang hoạt bất kỳ, chẳng hạn như một hoặc nhiều silic oxit bất kỳ (trong một số trường hợp, silic oxit tinh thể đơn), cadimi telurua, cadimi sulfua, cadimi selenua, đồng indi gali selenua, gali arsenua, germani indi phosphua, một hoặc nhiều polyme bán dẫn, và hỗn hợp của chúng. Theo một số phương án, vật liệu quang hoạt 1040 có thể bao gồm một hoặc nhiều vật liệu perovskite. Vật liệu perovskite bao gồm chế phẩm có công thức CMX₃, trong đó C là cation, M là cation kim loại và X là anion. Theo một số phương án, vật liệu perovskite có thể thu từ phép tính hệ số tỷ lệ nghiêm ngặt được biểu diễn là CMX₃ và bao gồm cả hai chế phẩm tỷ lệ phụ và siêu tỷ lệ. Các perovskite này có thể được biểu diễn bởi công thức C_xM_yX_z trong đó x, y, và z là các số thực. Theo một số phương án, vật liệu chứa perovskite rắn có thể được lắng đọng bằng phương pháp thích hợp bất kỳ (ví dụ, lắng đọng hơi, lắng đọng dung dịch, thay thế trực tiếp vật liệu rắn, v.v.). Các thiết bị theo các phương án khác nhau có thể bao gồm một, hai, ba, hoặc nhiều hợp chất quang hoạt (ví dụ, một, hai, ba hoặc nhiều vật liệu perovskite). Theo một số phương án, vật liệu quang hoạt 1040 có thể bao gồm MAPbI₃, FAPbI₃, 5-AVA.HCl:FAPbI₃, CHP:FAPbI₃, Cs:FAPbI₃, FA:MA:CsPbI₃.yBr_y, CsPbI₃, và/hoặc FA:MAPbI₃, trong đó MA là metylamoni, FA là formamidini, 5-AVA là axit 5-aminovaleric, và CHP là N-xyclohexyl-2-pyrolidon. Ngoài ra, vật liệu quang hoạt 1040 có thể bao gồm cả hai chế phẩm tỷ lệ phụ và siêu tỷ lệ của vật liệu perovskite trước đó. Theo các phương án bao gồm nhiều vật liệu quang hoạt, mỗi vật liệu quang hoạt có thể được tách biệt bởi một hoặc nhiều lớp xen giữa. Ví dụ, FIG. 2 minh họa sơ đồ cách điệu của thiết bị chứa vật liệu perovskite 2000, theo một số phương án. Thiết bị 2000 bao gồm lớp nền thứ nhất và thứ hai 2010 và 2090. Điện cực thứ nhất 2020 được bố trí ở trên bề mặt

bên trong của lớp nền thứ nhất 210, và lớp nền thứ hai 2080 được bố trí trên bề mặt bên trong của lớp nền thứ hai 2070. Lớp hoạt tính 2100 được xen vào giữa hai điện cực 2020 và 2080. Lớp hoạt tính 2100 bao gồm IFL 2030; lớp vật liệu quang hoạt (PAM) 2040; IFL 2050 và 2055; lớp PAM 2060 và IFL 1070. Theo một số phương án các lớp PAM 2040 và 2060 có thể bao gồm các vật liệu quang hoạt khác nhau mà có tính quang hoạt theo đáp ứng với các bước sóng ánh sáng khác nhau.

Vật liệu vận chuyển điện tích (ví dụ, vật liệu vận chuyển điện tích của lớp vận chuyển điện tích 3050 trên FIG. 3) có thể bao gồm vật liệu vận chuyển điện tích trạng thái rắn (tức là, thường được gán cho là labeled chất điện phân trạng thái rắn), hoặc nó có thể bao gồm chất điện phân dạng lỏng và/hoặc chất lỏng có ion. Chất điện phân dạng lỏng, chất lỏng có ion, và vật liệu vận chuyển điện tích trạng thái rắn bất kỳ có thể được chỉ đến là vật liệu vận chuyển điện tích. Như được sử dụng ở đây, “vật liệu vận chuyển điện tích” chỉ vật liệu, chất rắn, chất lỏng bất kỳ, hoặc nếu không thì, cho phép tập hợp chất mang điện tích và/hoặc vận chuyển chất mang điện tích. Ví dụ, trong thiết bị quang điện theo một số phương án, vật liệu vận chuyển điện tích có thể cho phép vận chuyển chất mang điện tích đến điện cực. Chất mang điện tích có thể bao gồm lỗ trống (quá trình vận chuyển có thể khiến vật liệu vận chuyển điện tích được gán cho một cách đúng đắn là “vật liệu vận chuyển lỗ trống”) và điện tử. Lỗ trống có thể được vận chuyển hướng về anot, và điện tử hướng về catot, phụ thuộc vào lúc bố trí vật liệu vận chuyển điện tích có liên quan đến catot hoặc anot trong thiết bị PV hoặc thiết bị khác. Ví dụ về vật liệu vận chuyển điện tích thích hợp theo một số phương án có thể bao gồm một hoặc nhiều vật liệu bất kỳ trong số: vật liệu perovskite; I^-/I_3^- ; phức chất Co; polythiophen (ví dụ, poly(3-hexylthiophen) và các dẫn xuất của chúng, hoặc P3HT); copolyme gốc carbazol chẳng hạn như polyheptadecanilcarbazol dithienylbenzothiadiazol và các dẫn xuất của chúng (ví dụ, PCDTBT); copolyme khác chẳng hạn như polyxyclopentadithiophen-benzothiadiazol và các dẫn xuất của chúng (ví dụ, PCPDTBT); các hợp chất poly(triaryl amin) và các dẫn xuất của chúng (ví dụ, PTAA); Spiro-OMeTAD; fuleren và/hoặc dẫn xuất fuleren (ví dụ, C_{60} , PCBM); và hỗn hợp của chúng. Theo một số phương án, vật liệu vận chuyển điện tích có thể bao gồm vật liệu, chất rắn hoặc chất lỏng bất kỳ, cho phép tập hợp chất mang điện tích (điện tử hoặc lỗ trống), và/hoặc cho phép vận chuyển chất mang điện tích. Vật liệu vận chuyển điện tích theo một

số phương án có thể là vật liệu hoạt tính loại n hoặc p và/hoặc vật liệu bán dẫn. Vật liệu vận chuyển điện tích có thể được bố trí gần với một trong các điện cực của thiết bị. Theo một số phương án, loại vật liệu vận chuyển điện tích có thể được chọn dựa trên điện cực mà được bố trí gần nó. Ví dụ, nếu vật liệu vận chuyển điện tích tập hợp và/hoặc vận chuyển lỗ trống, vật liệu này có thể gần với anot để vận chuyển lỗ trống đến anot. Tuy nhiên, vật liệu vận chuyển điện tích có thể thay vì được đặt gần với catot và được chọn hoặc được tạo kết cấu để vận chuyển điện tử đến catot.

Theo một số phương án, IFL khác có thể được bố trí giữa IFL và điện cực chẳng hạn như được minh họa trên FIG. 3 được mô tả dưới đây.

FIG. 3 minh họa sơ đồ cách điệu khác của thiết bị chứa vật liệu perovskite 3000 theo một số phương án. Thiết bị 3000 bao gồm lớp nền thứ nhất và thứ hai 3010 và 3070. Điện cực thứ nhất 3020 được bố trí ở trên bề mặt bên trong của lớp nền thứ nhất 3010, và lớp nền thứ hai 3060 được bố trí trên bề mặt bên trong của lớp nền thứ hai 3070. Lớp hoạt tính 3100 được xen vào giữa hai điện cực 3020 và 3060. Lớp hoạt tính 3100 bao gồm IFL thứ nhất 3030, và IFL thứ hai 3035; vật liệu quang hoạt (PAM) 3040; và CTL 3040. Theo một số phương án, thiết bị 3000 có thể bao gồm nhiều hơn một IFL 3010.

Theo các phương án khác nhau, thiết bị 2000 có thể tùy ý bao gồm lớp xen giữa 2030 nằm giữa hai lớp và/hoặc vật liệu khác bất kỳ, mặc dù thiết bị 2000 không cần phải bao gồm bất kỳ lớp xen giữa nào. Ví dụ, thiết bị chứa vật liệu perovskite có thể bao gồm không, một, hai, ba, bốn, năm, hoặc nhiều lớp xen giữa.

Sẽ là hiển nhiên với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực rằng lợi ích của sáng chế, các phương án khác nhau có thể là, chẳng hạn như thiết bị có nhiều lớp quang hoạt. Theo một số phương án, như được bàn luận ở trên, mỗi lớp quang hoạt có thể được tách biệt bởi lớp xen giữa.

FIG. 4 minh họa ví dụ về thiết bị 4000 theo các phương án khác nhau. Thiết bị 4000 minh họa các phương án bao gồm lớp nền thủy tinh thứ nhất và thứ hai 4010 và 4070. Điện cực thứ nhất (ITO) 4020 được bố trí ở trên bề mặt bên trong của lớp nền thứ nhất 4010, và lớp nền thứ hai (Al) 4060 được bố trí trên bề mặt bên trong của lớp nền thứ hai 4070. Lớp hoạt tính 4100 được xen vào giữa hai điện cực 4020 và 4060. Lớp hoạt tính 4100 bao gồm

IFL (ví dụ, NiO) 4030, vật liệu quang hoạt (ví dụ, MAPbI₃, FAPbI₃) 4040, và lớp vận chuyển điện tích 4050.

FIG. 5 minh hoạ ví dụ khác về thiết bị 5000 theo các phương án khác nhau. Thiết bị 5000 minh hoạ các phương án bao gồm lớp nền thuỷ tinh thứ nhất và thứ hai 5010 và 5080. Điện cực thứ nhất (ITO) 5020 được bố trí ở trên bề mặt bên trong của lớp nền thứ nhất 5010, và lớp nền thứ hai 5070 được bố trí trên bề mặt bên trong của lớp nền thứ hai 5080. Lớp nền thứ hai 5070 có thể là lớp kém crom-nhôm (Cr/Al), trong đó lớp crom được phủ bằng lớp nhôm để tạo ra lớp kép. Lớp hoạt tính 5100 được xen vào giữa hai điện cực 5020 và 5070. Lớp hoạt tính 5100 bao gồm IFL (ví dụ, Al₂O₃) 4030, IFL thứ hai (ví dụ, NiO) 5040, vật liệu quang hoạt (ví dụ, MAPbI₃, FAPbI₃) 5050, và lớp vận chuyển điện tích (ví dụ, C60) 5060.

FIG. 6 minh hoạ ảnh SEM của lớp NiO trong ví dụ được tạo ra bởi phương pháp trong lĩnh vực trước khi lớp NiO được bộc lộ ở đây. Các ảnh SEM của cùng một lớp NiO, được chụp với độ phóng đại 10.000X (phía trên) và độ phóng đại 100.000X (phía dưới). Lớp NiO này được tạo ra bởi quá trình tạo chế phẩm dung dịch tiền chất NiO được bộc lộ trong Steirer et al., J. Mater. Chem. A, 2015, 3, 10949, *Nickel oxide interlayer films from nickel formate-ethylenediamine precursor: influence of annealing on thin film properties and photovoltaic device performance*. Ảnh SEM thể hiện rằng các lớp NiO được tạo ra bởi phương pháp trước đó có độ phủ kém và cấu trúc hạt không đồng đều, được thể hiện bởi số lượng thực tế của các vùng lớn và tối và sáng rõ ràng được nhìn thấy trên ảnh. Điều này có thể dẫn đến (i) sai sót gây ra suy giảm độ hấp thụ tạp khi lớp NiO được áp dụng trong thiết bị quang điện, (ii) độ phủ không hoàn toàn và không đồng nhất mà gây ra rẽ mạch và/hoặc suy giảm điện trở nối tiếp, và/hoặc (iii) độ nhám bề mặt không mong muốn.

FIG. 7A-C minh hoạ các ảnh SEM của lớp NiO trong ví dụ được bộc lộ ở đây, theo các phương án cụ thể. Lớp NiO được tạo ra dựa trên phương pháp được mô tả ở đây thể hiện độ phủ màng tốt hơn so sánh với lớp NiO được thể hiện trên FIG. 6. Theo phương án này, quá trình tạo chế phẩm mực tiền chất NiO được lắng đọng để tạo ra lớp NiO có thể bao gồm 0,95 M niken nitrat hexahydrat và 213 mol% etanolamin trong etylen glycol, trong đó phần trăm số mol của etanolamin là tương đối với số mol Ni. FIG. 7A minh hoạ hình

ảnh bề mặt của lớp NiO được chụp ở độ phóng đại 20.000X, FIG. 7B minh họa hình ảnh bề mặt của lớp NiO được chụp ở độ phóng đại 50.000X, và FIG. 7C minh họa hai ảnh về biên dạng của lớp NiO được chụp ở độ phóng đại 200.000X. Như được thấy từ ảnh lớp NiO được tạo ra bởi phương pháp được bộc lộ ở đây có cấu trúc hạt đồng nhất hơn rất nhiều so với lớp NiO được tạo ra bởi các phương pháp trước đó được minh họa trên FIG. 6, dẫn đến độ phủ được cải thiện và làm giảm độ hấp thụ tạp khi được áp dụng vào thiết bị quang điện như được mô tả ở đây.

Các FIG. 8A-E minh họa các ảnh SEM của lớp NiO trong ví dụ khác được bộc lộ ở đây, theo các phương án cụ thể. Lớp NiO được tạo ra dựa trên phương pháp được mô tả ở đây thể hiện độ phủ màng tốt hơn so với lớp NiO được thể hiện trên FIG. 6, có thể tạo ra hiệu suất điện tử tốt hơn. FIG. 8A minh họa hình ảnh bề mặt của lớp NiO được chụp ở độ phóng đại 5.000X, FIG. 8B minh họa hình ảnh bề mặt của lớp NiO được chụp ở độ phóng đại 20.000X, FIG. 8C minh họa hình ảnh bề mặt của lớp NiO được chụp ở độ phóng đại 50.000X, FIG. 8D minh họa hình ảnh bề mặt của lớp NiO được chụp ở độ phóng đại 200.000X, và FIG. 8E minh họa hai ảnh về biên dạng của lớp NiO được chụp ở độ phóng đại 150.000X. Theo phương án này, quá trình tạo chế phẩm mực tiền chất NiO được lắng đọng để tạo ra lớp NiO có thể bao gồm 0,95 M niken nitrat hexahydrat, 5 mol% đồng axetat monohydrat, 231 mol% etanolamin, và 488 mol% nước trong etylen glycol, trong đó phần trăm số mol đồng axetat monohydrat, etanolamin và nước là tương đối với số mol Ni. Các ảnh thể hiện trên các FIG. 7A-C, lớp NiO được chụp trong các FIG. 8A-E biểu thị cấu trúc đồng nhất hơn đáng kể so với cấu trúc của lớp NiO được tạo ra bởi các phương pháp trước đó được chụp trên FIG. 6. Ví dụ, trên FIG 8D đường biên của hạt, được thể hiện là các vùng tối, về cơ bản là nhỏ hơn và cách nhau đồng đều hơn khi được nhìn với độ phóng đại 200.000X so với đường biên của hạt, được thể hiện là các vùng tối, trên FIG. 6 khi được nhìn với độ phóng đại 100.000X.

Các FIG. 9A-C minh họa ảnh SEM của lớp NiO trong ví dụ như được mô tả ở đây có 5 mol% Cu và 5 mol% axetat trong mực tiền chất NiO được sử dụng để tạo ra lớp NiO. Các FIG. 9A-C thể hiện ảnh biên dạng của lớp NiO được bố trí trong thiết bị quang điện, khi được chụp với độ phóng đại lần lượt là 20.000X, 50.000X và 150.000X. Lớp NiO có thể được thấy trong các ảnh ở dạng “băng” chạy dọc qua trung tâm của mỗi ảnh.

Các FIG. 10A-C minh hoạ ảnh SEM của lớp NiO trong ví dụ khác như được mô tả ở đây có 5 mol% Cu và 12,5 mol% axetat trong mực tiền chất NiO được sử dụng để tạo ra lớp NiO. Các FIG. 10A-C thể hiện ảnh biên dạng của lớp NiO được bố trí trong thiết bị quang điện, khi được chụp với độ phóng đại lần lượt là 20.000X, 50.000X và 150.000X. Lớp NiO có thể được thấy trong các ảnh ở dạng “băng” chạy dọc qua trung tâm của mỗi ảnh.

Các FIG. 11A-C minh hoạ ảnh SEM của lớp NiO trong ví dụ khác, theo các phương án cụ thể. Các FIG. 10A-C thể hiện ảnh biên dạng của lớp NiO được bố trí trong thiết bị quang điện, khi được chụp với độ phóng đại lần lượt là 20.000X, 50.000X và 150.000X. Lớp NiO được minh hoạ được tạo ra dựa trên phương pháp được mô tả ở đây thể hiện độ phủ màng tốt hơn so với lớp NiO được thể hiện trên FIG. 5, mà có thể tạo ra hiệu suất điện tử tốt hơn. Theo phương án này, quá trình tạo chế phẩm mực tiền chất NiO có thể bao gồm 0,87 M niken nitrat hexahydrat, 0,12 M niken axetat tetrahydrat, 200 mol% etanolamin, và 464 mol% nước trong etylen glycol, trong đó phần trăm số mol của etanolamin và nước là tương đối với số mol Ni.

Các FIG. từ 12 đến 14 lần lượt minh hoạ biểu đồ hấp thụ UV-khả kiến, biểu đồ quang phát quang (PL) và biểu đồ quang phổ hồng ngoại biến đổi Fourier (FTIR) của các lớp NiO khác nhau được tạo ra bởi phương pháp và chế phẩm được bộc lộ ở đây trong thiết bị quang điện, theo các phương án cụ thể. Các lớp khác nhau này được chỉ đến là các mẫu số 13 đến 18, và chế phẩm của mỗi lớp NiO của mỗi mẫu được mô tả chi tiết hơn dưới đây. Các mẫu số 16, 17 và 18 còn bao gồm lớp FAPbI₃ 350 nm. FIG. 15 minh hoạ sơ đồ cách điệu ví dụ về chồng màng mỏng đối với các mẫu số 13 đến 15, theo các phương án cụ thể. FIG. 16 minh hoạ sơ đồ cách điệu ví dụ về chồng màng đối với các mẫu số 16 đến 18, theo các phương án cụ thể. Theo một số phương án, chồng màng mỏng với lớp NiO được thể hiện trên FIG. 15 có thể bao gồm lớp nền, lớp xen giữa, và lớp NiO được tạo ra và được lắng đọng bởi phương pháp được mô tả ở đây. Theo một số phương án, chồng màng mỏng với lớp NiO được thể hiện trên FIG. 16 có thể bao gồm lớp nền, lớp xen giữa, và lớp NiO được tạo ra và được lắng đọng bằng phương pháp được mô tả ở đây, và lớp vật liệu perovskite. Lớp nền có thể là thủy tinh được phủ ITO. Lớp xen giữa có thể là lớp Al₂O₃. Vật liệu perovskite có thể là FAPbI₃.

Quá trình tạo chế phẩm mực tiền chất NiO được sử dụng để tạo ra lớp NiO trong các mẫu số 13 đến 17 bao gồm 0,72 M niken nitrat hexahydrat và 0,1110 mM niken axetat tetrahydrat trong dung môi bao gồm etylen glycol, etanolamin và nước được trộn theo tỷ lệ thể tích là 12:1,46:1, bổ sung đồng axetat bổ sung để thu được nồng độ đồng và axetat cuối cùng như được mô tả dưới đây đối với mỗi ví dụ. Quá trình tạo chế phẩm mực tiền chất NiO được sử dụng để tạo ra lớp NiO trong mẫu số 13 bao gồm 5 mol% Cu và 5 mol% axetat. Quá trình tạo chế phẩm mực tiền chất NiO được sử dụng để tạo ra lớp NiO trong mẫu số 14 bao gồm 0 mol% Cu và 12,5 mol% axetat. Quá trình tạo chế phẩm mực tiền chất NiO được sử dụng để tạo ra lớp NiO trong mẫu số 15 bao gồm 5 mol% Cu và 12,5 mol% axetat. Quá trình tạo chế phẩm mực tiền chất NiO được sử dụng để tạo ra lớp NiO trong mẫu số 16 bao gồm 5 mol% Cu và 5 mol% axetat. Quá trình tạo chế phẩm mực tiền chất NiO được sử dụng để tạo ra lớp NiO trong mẫu số 17 bao gồm 0 mol% Cu và 12,5 mol% axetat. Quá trình tạo chế phẩm mực tiền chất NiO được sử dụng để tạo ra lớp NiO trong mẫu số 18 bao gồm 5 mol% Cu và 12,5 mol% axetat. Trong mỗi mẫu được mô tả ở trên, phần trăm số mol Cu được thể hiện là tương đối với tổng số mol kết hợp của Cu và Ni. Phần trăm số mol axetat được thể hiện là tương đối với tổng số mol kết hợp của axetat và niken.

Một số hoặc tất cả vật liệu theo một số phương án theo sáng chế cũng có thể được sử dụng hiệu quả trong các thiết bị hữu cơ hoặc quang học, cơ học, hoặc điện tử khác bất kỳ, một số ví dụ bao gồm, nhưng không giới hạn ở: pin, tranzito hiệu ứng trường (FET), điốt phát quang (LED), thiết bị quang học phi tuyến tính, memristor, điện dung, bộ chỉnh lưu, và/hoặc ăngten chỉnh lưu.

Do đó, sáng chế được làm tương thích để đạt được mục đích và những hiệu quả được đề cập cũng như các mục đích khác kế thừa từ nó. Các phương án cụ thể được bộc lộ trên chỉ mang mục đích minh họa, vì sáng chế có thể được cải biến và thực hiện theo cách khác mà theo cách tương tự là hiển nhiên với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực. Ngoài ra, không có giới hạn về chi tiết của cấu trúc hoặc thiết kế được thể hiện, ngoài các chi tiết được mô tả trong bộ yêu cầu bảo hộ dưới đây. Do đó rõ ràng rằng các phương án minh họa được bộc lộ trên có thể được thay đổi hoặc cải biến và tất cả các biến đổi này nằm trong phạm vi bảo hộ của sáng chế. Cụ thể, tất cả các khoảng giá trị (ở dạng, "từ khoảng a đến

khoảng b ", hoặc tương đương, "từ xấp xỉ a đến b ", hoặc tương đương, "từ xấp xỉ $a-b$ ") được bọc lộ ở đây được hiểu là tham chiếu đến một tập (tập của tất cả các tập con) của các khoảng giá trị tương ứng, và đưa ra mọi khoảng nằm trong khoảng giá trị lớn hơn. Ngoài ra, các thuật ngữ trong bộ yêu cầu bảo hộ có nghĩa thông thường, đơn giản trừ khi được định nghĩa rõ ràng và cụ thể bởi chủ đơn.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Chế phẩm dùng để sử dụng trong tạo ra lớp niken oxit bao gồm:

$\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, trong đó n bằng 0, 4, 6 hoặc 9;

ít nhất một axetat kim loại; và

hỗn hợp dung môi bao gồm diol được chọn từ nhóm bao gồm glyxerol, etylen glycol, và propylen glycol, rượu amin được chọn từ nhóm bao gồm metanolamin, etanolamin, và propanolamin và nước.

2. Chế phẩm theo điểm 1, trong đó ít nhất một axetat kim loại được chọn từ nhóm bao gồm: niken axetat tetrahydrat, đồng axetat monohydrat, và hỗn hợp của chúng.

3. Chế phẩm theo điểm 1, trong đó hỗn hợp dung môi bao gồm etylen glycol, etanolamin và nước.

4. Chế phẩm theo điểm 1, trong đó hỗn hợp dung môi bao gồm etylen glycol, etanolamin, nước và axetylaxeton.

5. Chế phẩm theo điểm 1, trong đó ít nhất một axetat kim loại bao gồm niken axetat tetrahydrat.

6. Chế phẩm theo điểm 1, trong đó ít nhất một axetat kim loại bao gồm đồng axetat monohydrat.

7. Chế phẩm theo điểm 1, trong đó ít nhất một axetat kim loại bao gồm niken axetat tetrahydrat và đồng axetat monohydrat.

8. Chế phẩm dùng để sử dụng trong quá trình tạo ra lớp niken oxit bao gồm:

ít nhất một nitrat kim loại;

ít nhất một axetat kim loại; và

hỗn hợp dung môi bao gồm diol được chọn từ nhóm bao gồm glyxerol, etylen glycol, và propylen glycol, rượu amin được chọn từ nhóm bao gồm metanolamin, etanolamin, và propanolamin và nước.

9. Chế phẩm theo điểm 8, trong đó:

ít nhất một nitrat kim loại bao gồm đồng nitrat;
ít nhất một axetat kim loại bao gồm niken axetat; và
dung môi bao gồm etylen glycol, etanolamin và nước.

10. Chế phẩm theo điểm 8, trong đó:

ít nhất một nitrat kim loại bao gồm niken nitrat;
ít nhất một axetat kim loại bao gồm đồng axetat; và
dung môi bao gồm etylen glycol, etanolamin và nước.

11. Chế phẩm theo điểm 8, trong đó:

ít nhất một nitrat kim loại bao gồm niken nitrat;
ít nhất một axetat kim loại bao gồm niken axetat; và
dung môi bao gồm etylen glycol, etanolamin và nước.

12. Chế phẩm theo điểm 8, trong đó:

ít nhất một nitrat kim loại bao gồm niken nitrat;
ít nhất một axetat kim loại bao gồm niken axetat và đồng axetat; và
dung môi bao gồm etylen glycol, etanolamin và nước.

1/26

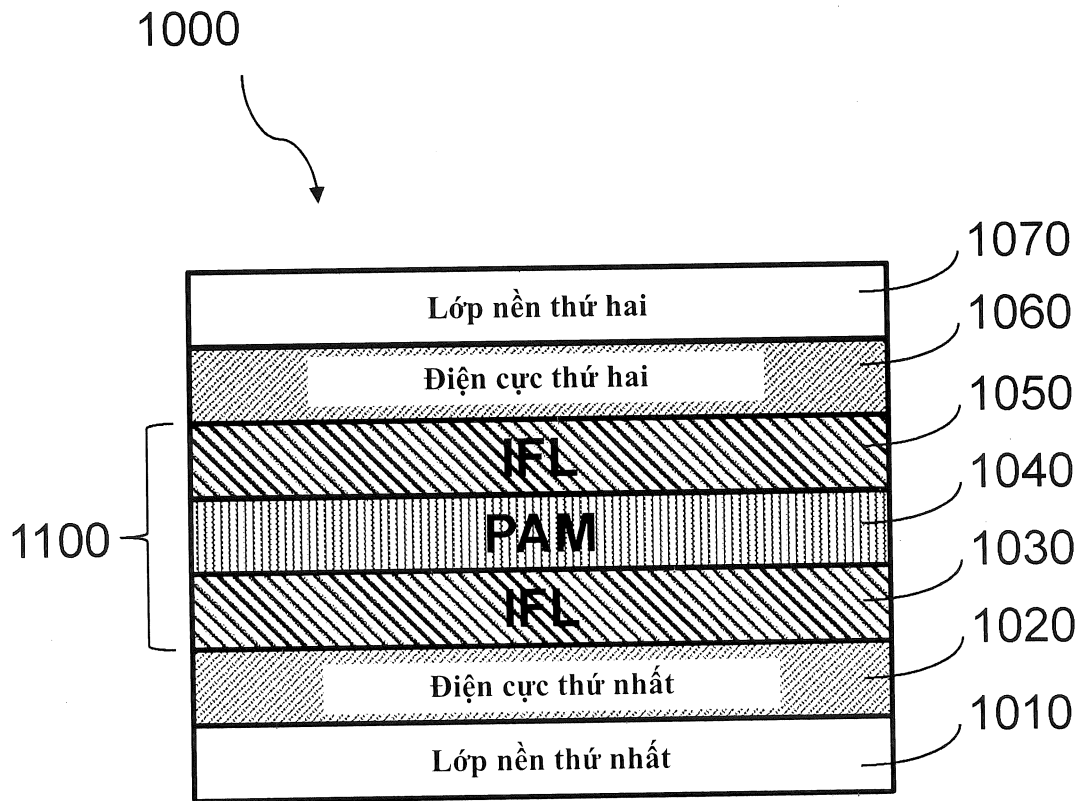


FIG. 1

2/26

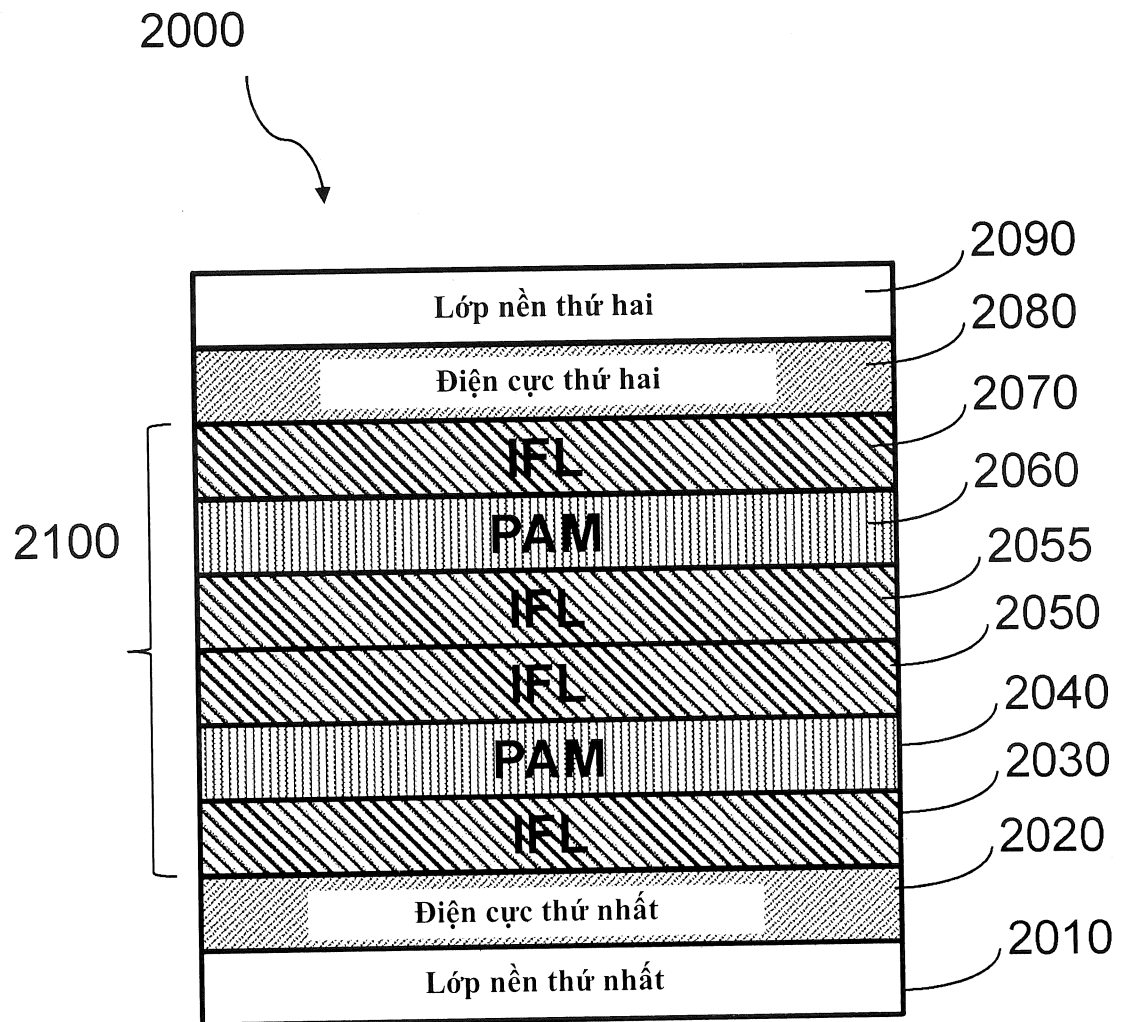


FIG. 2

3/26

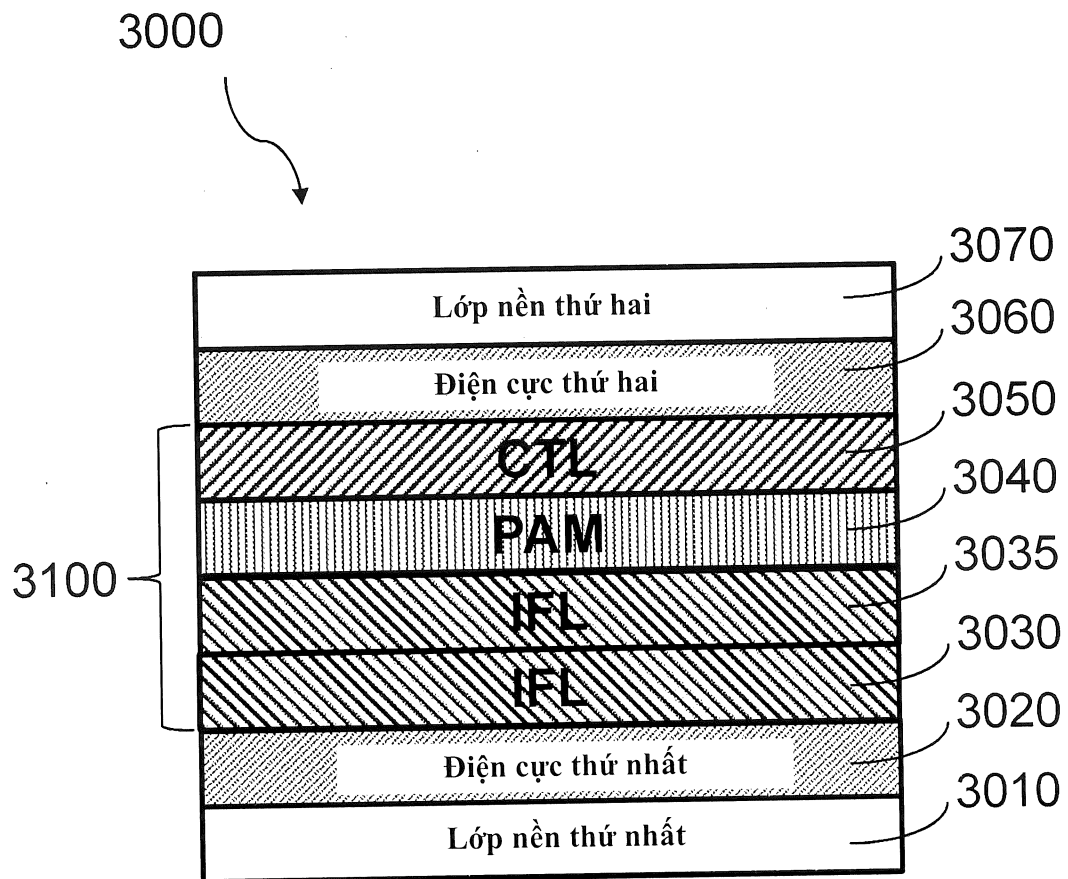


FIG. 3

4/26

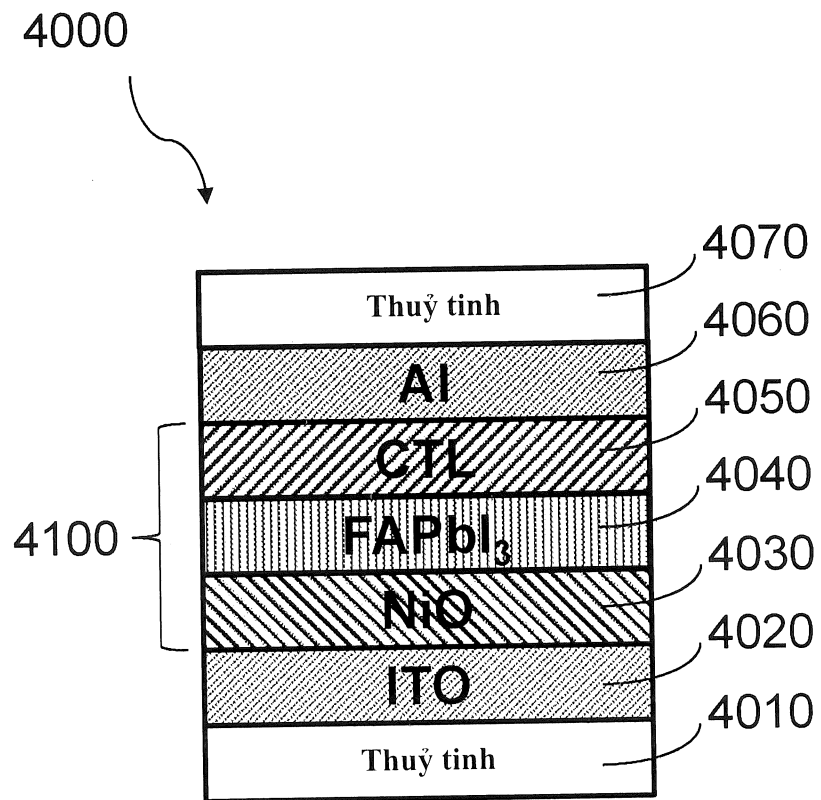


FIG. 4

5/26

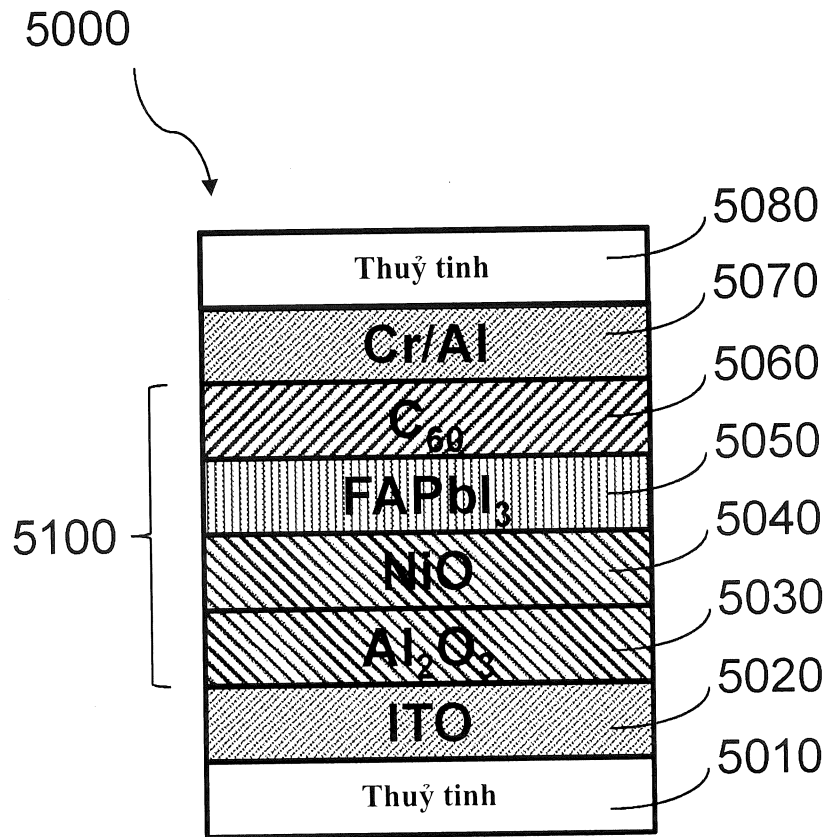


FIG. 5

6/26

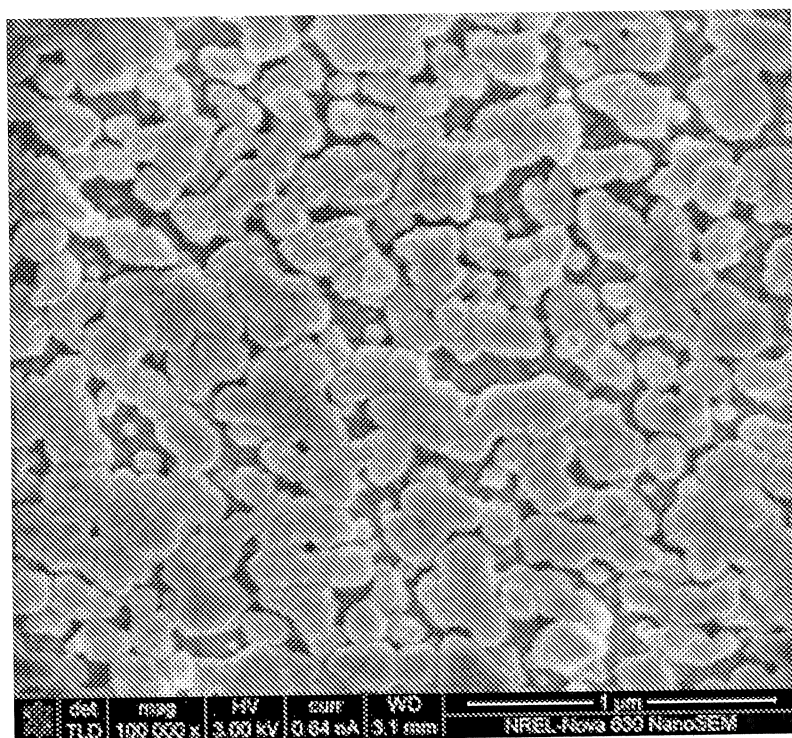
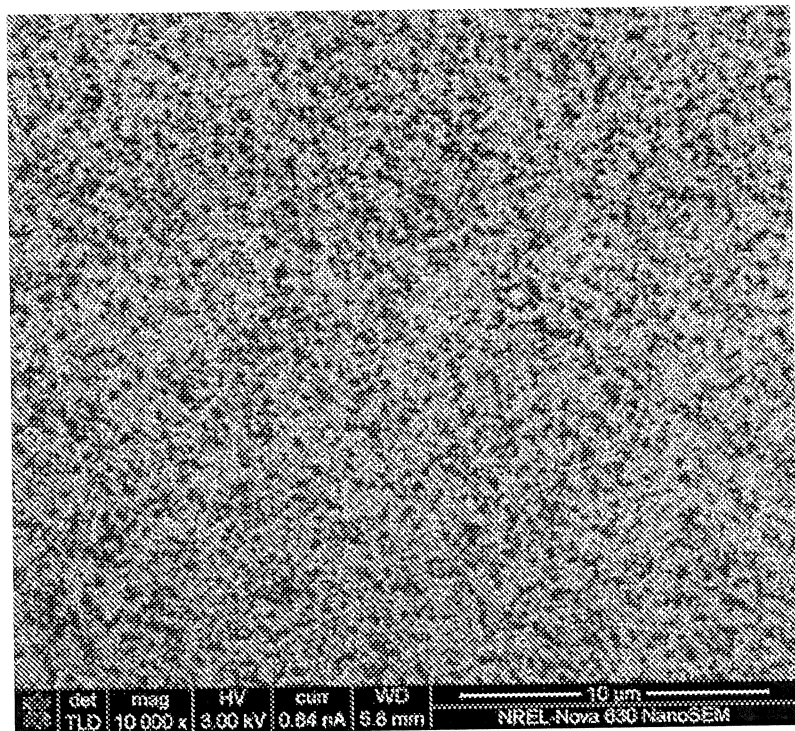


FIG. 6

7/26

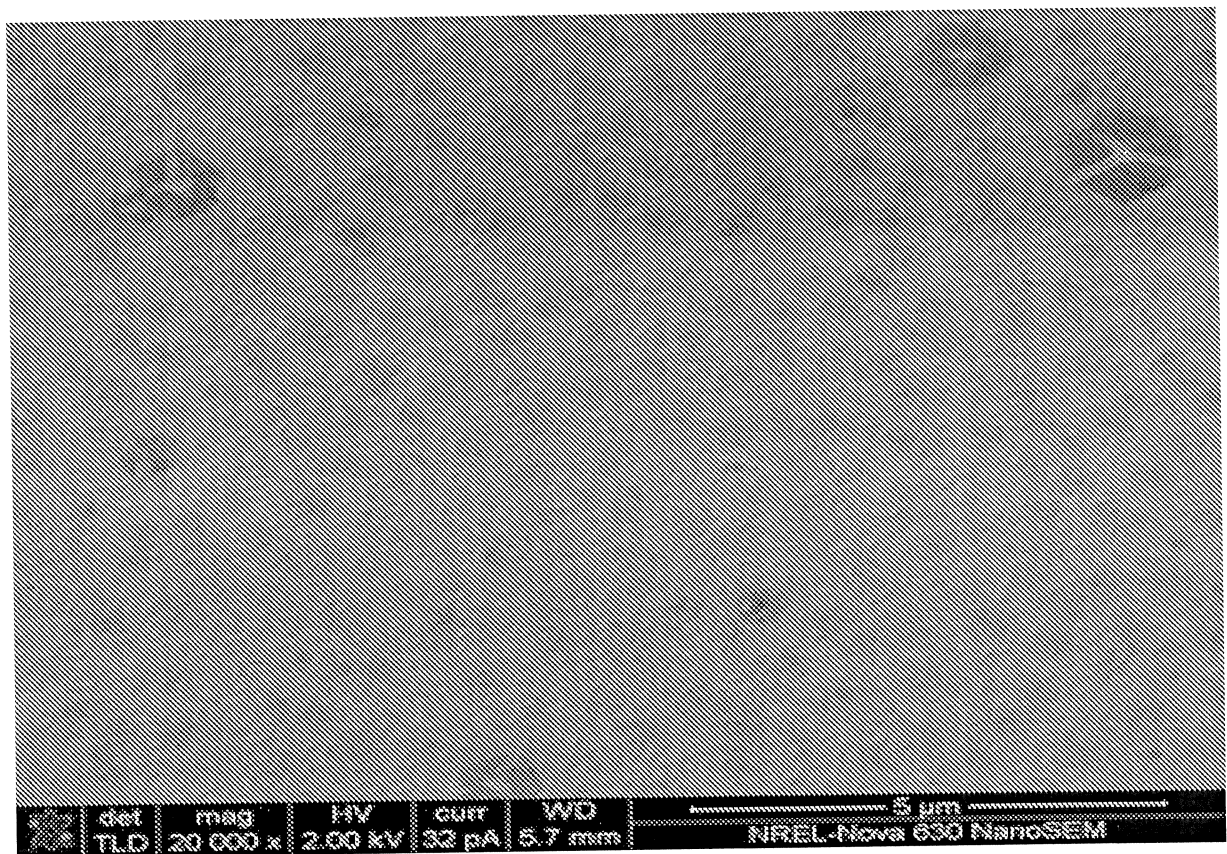


FIG. 7A

8/26

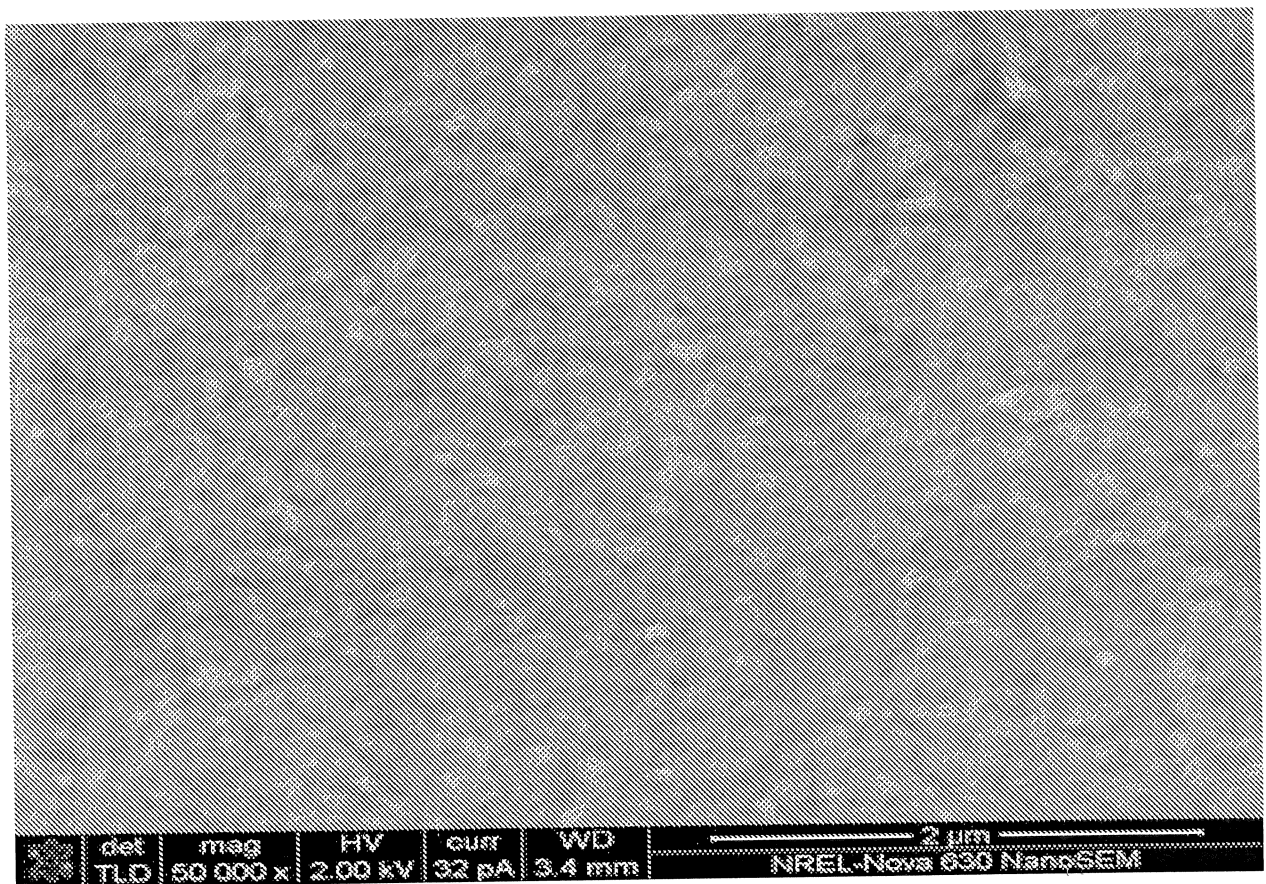


FIG. 7B

9/26

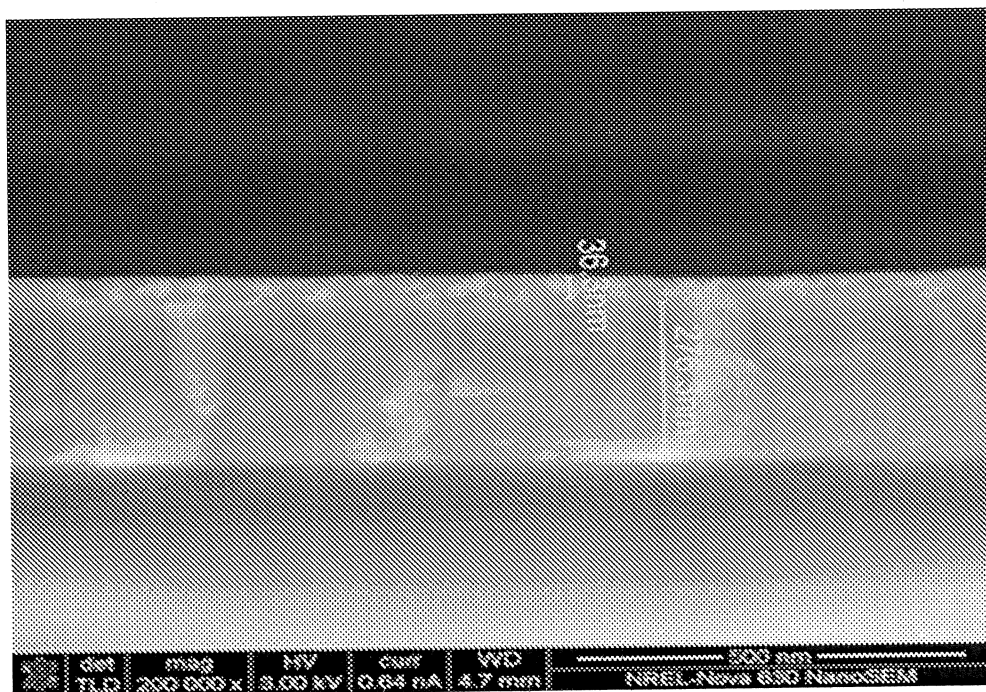
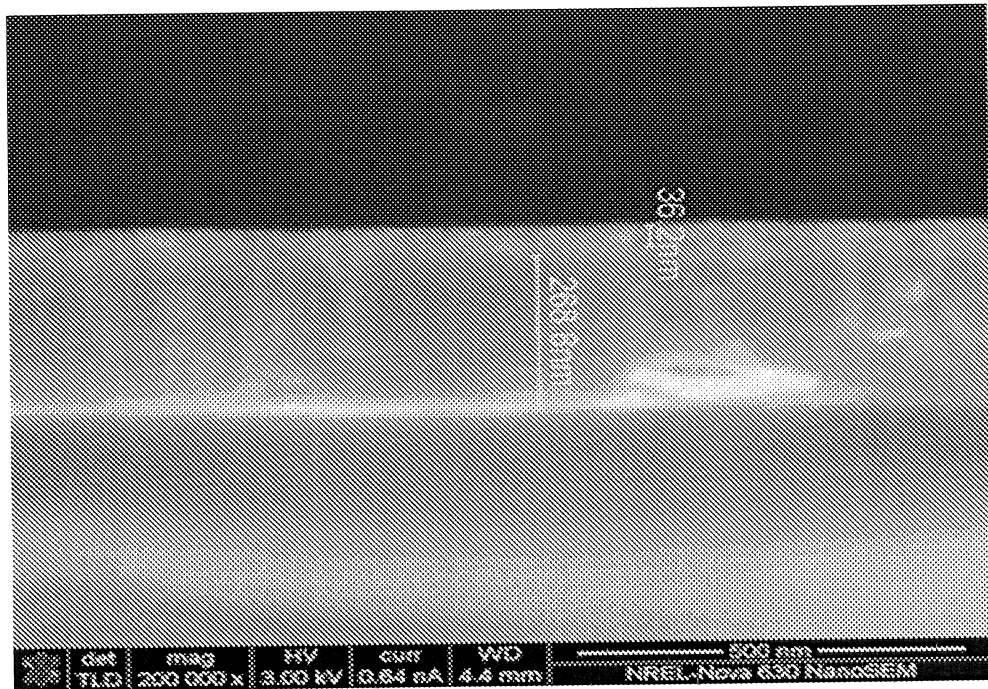


FIG. 7C

10/26

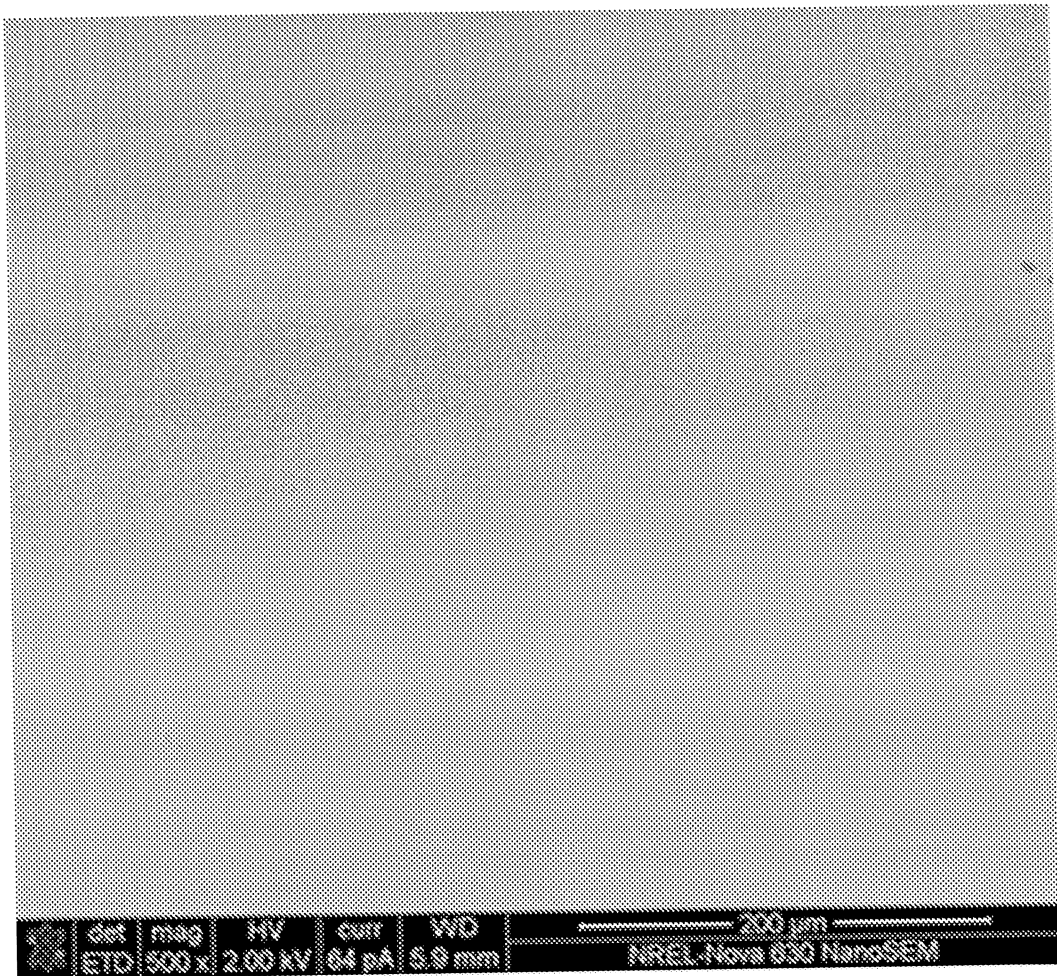


FIG. 8A

11/26

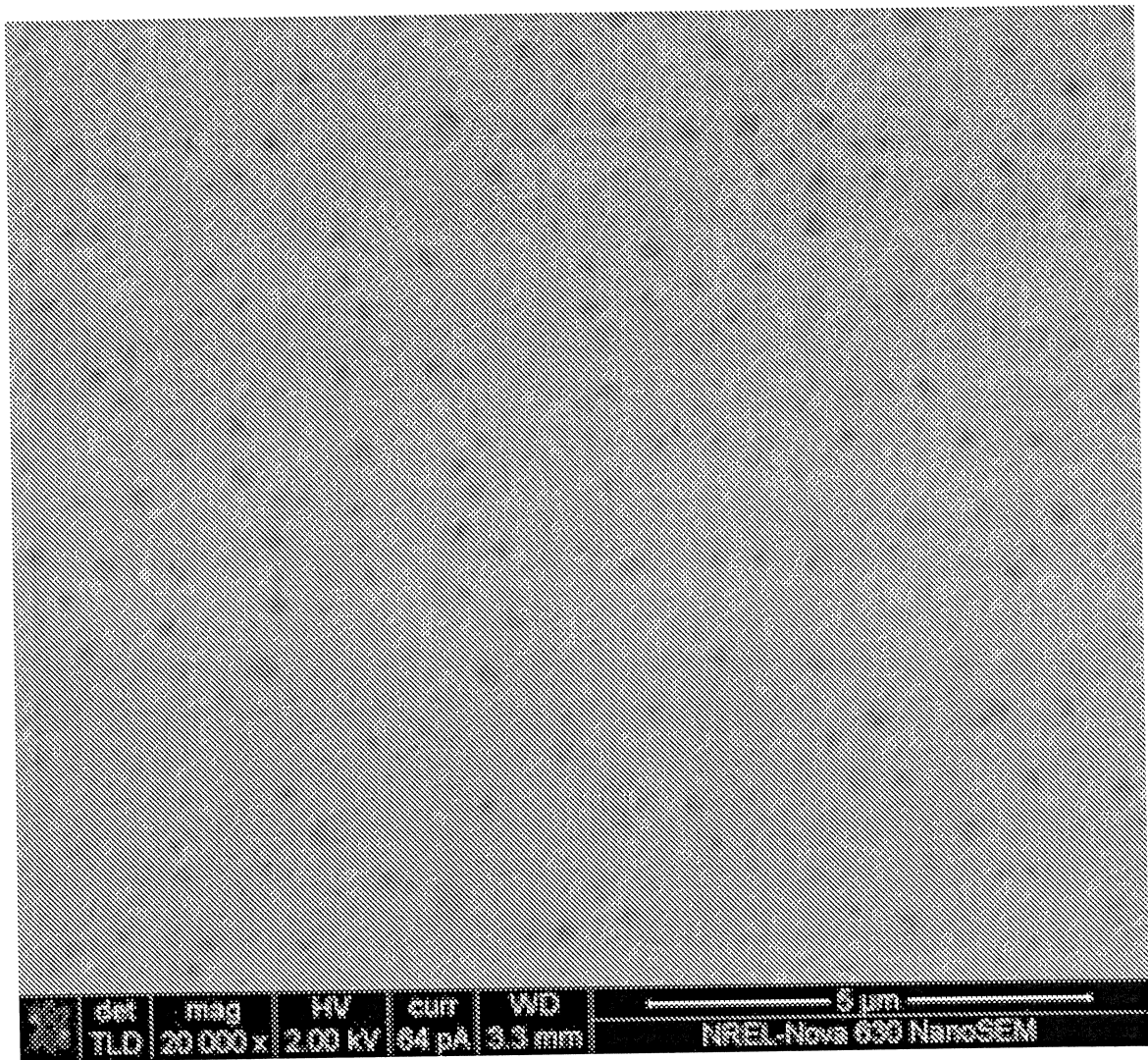


FIG. 8B

12/26

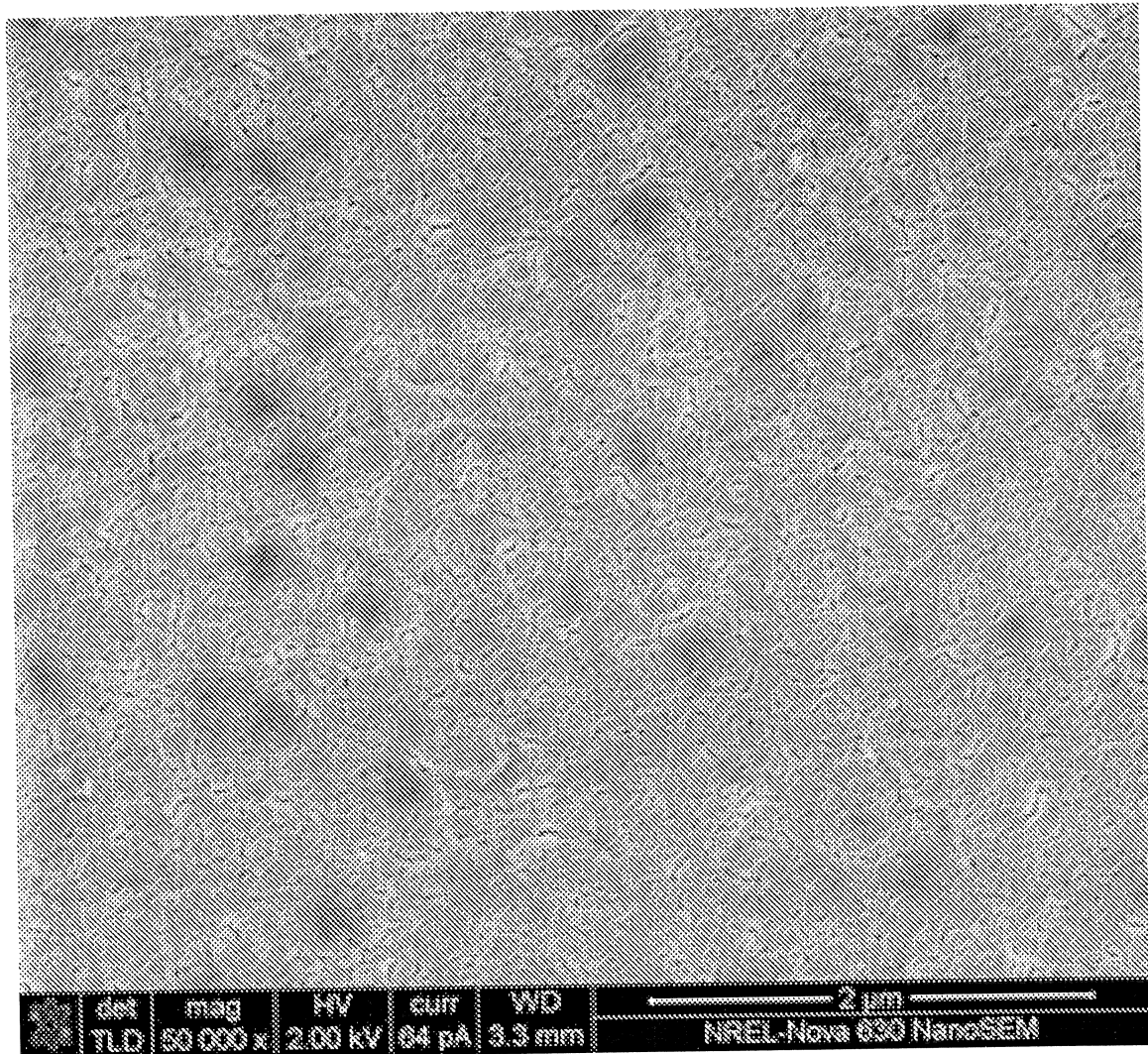


FIG. 8C

13/26

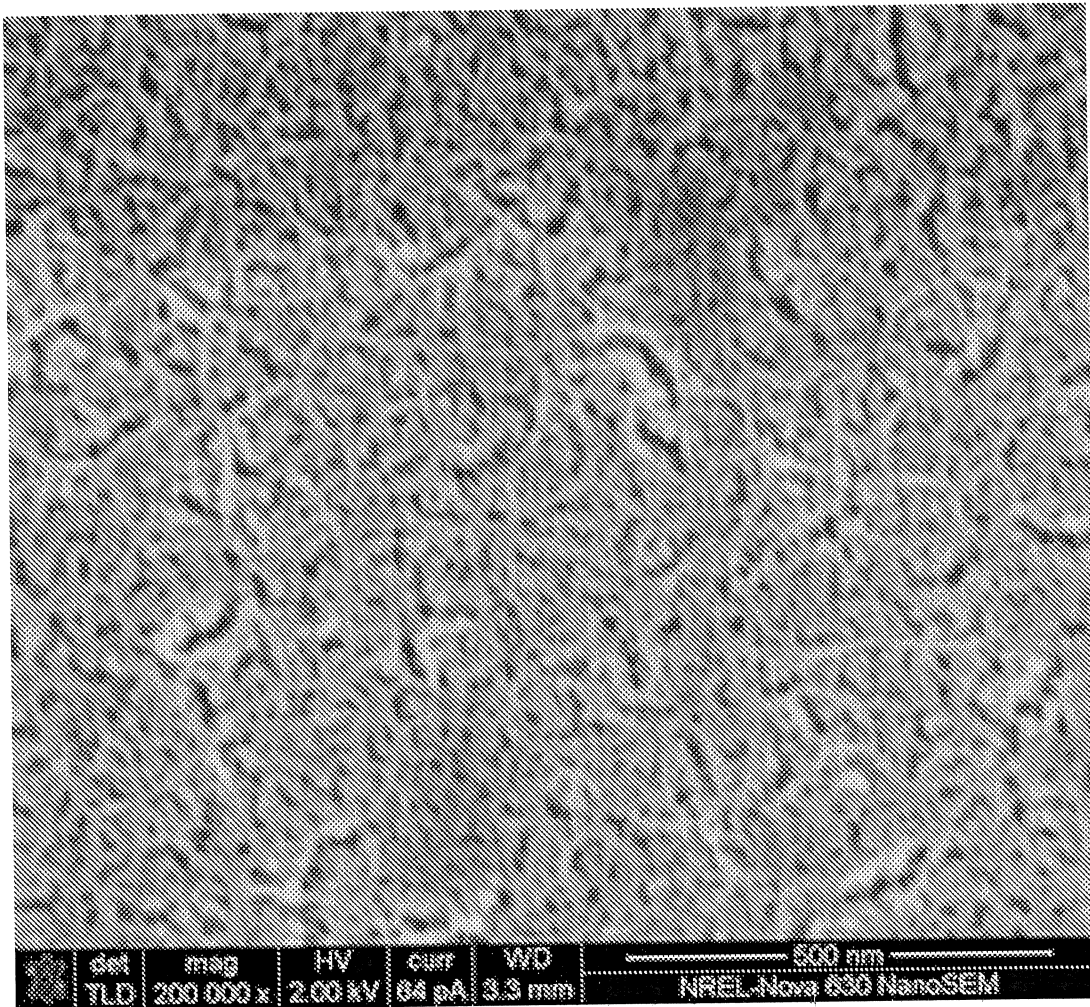


FIG. 8D

14/26

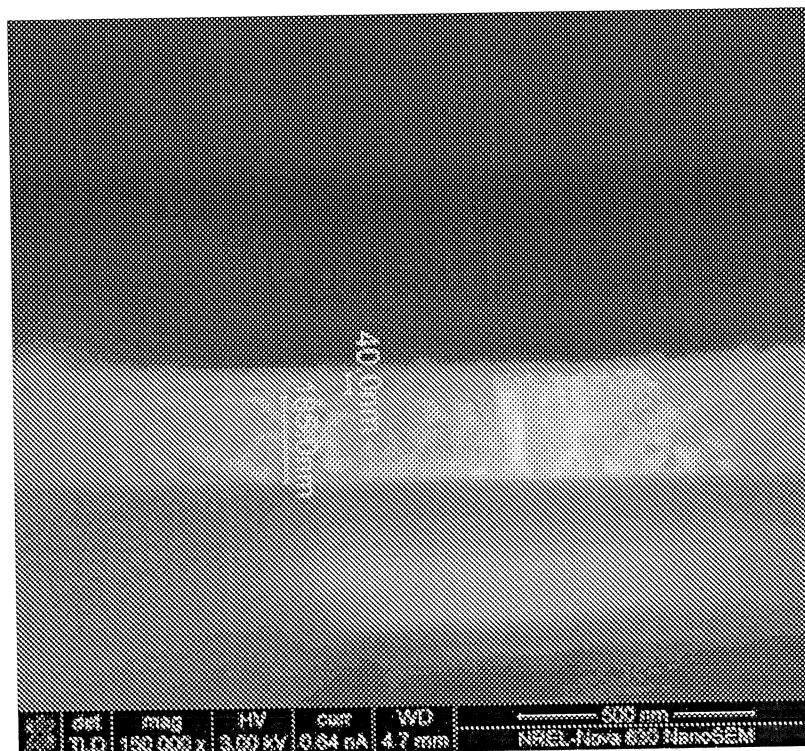
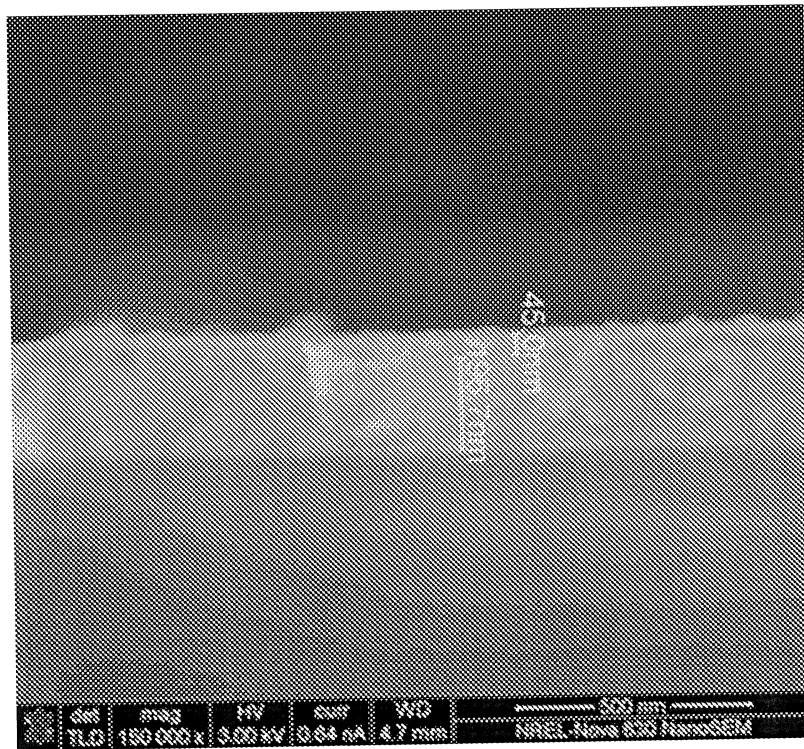


FIG. 8E

15/26

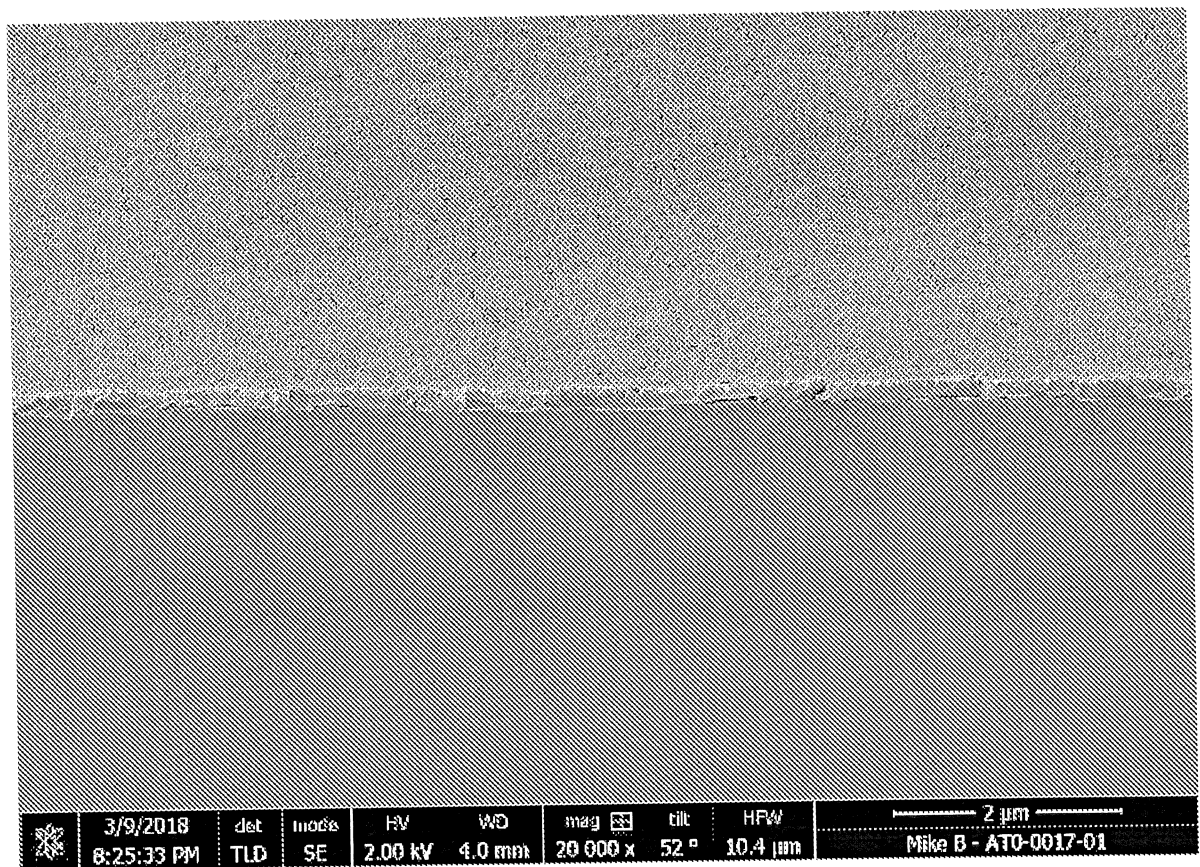


FIG. 9A

16/26

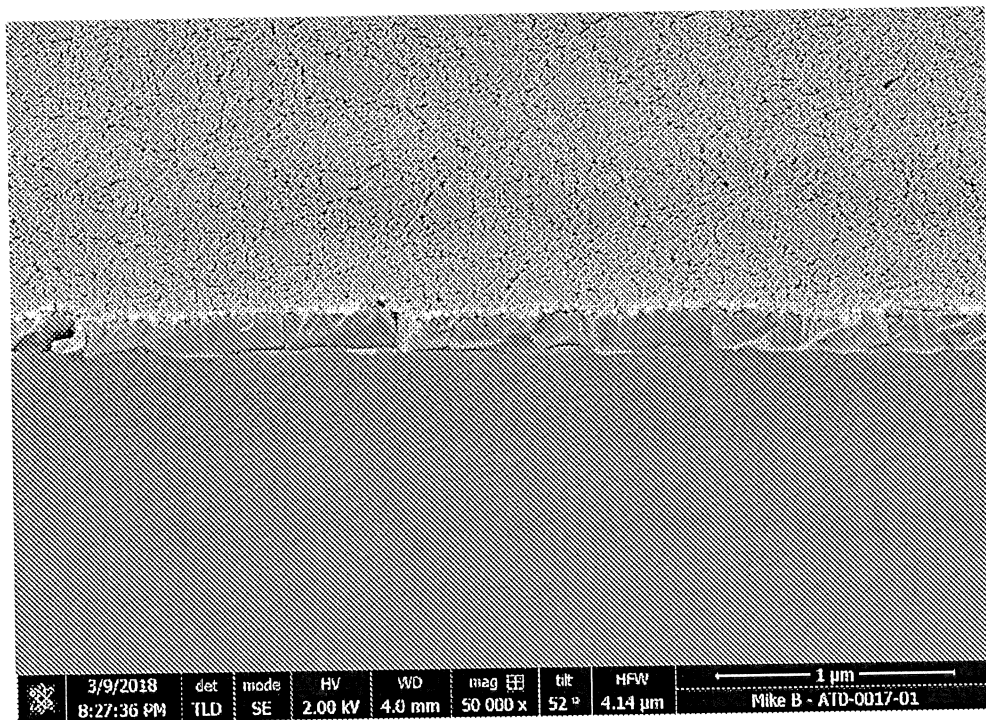


FIG. 9B

17/26

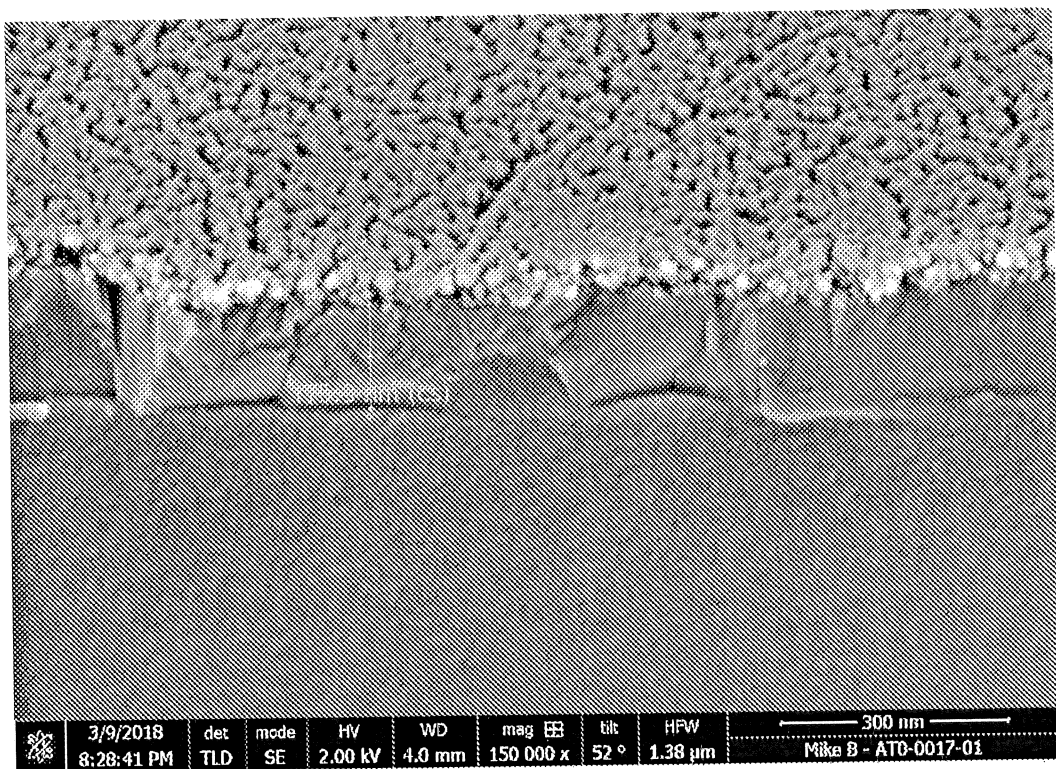


FIG. 9C

18/26

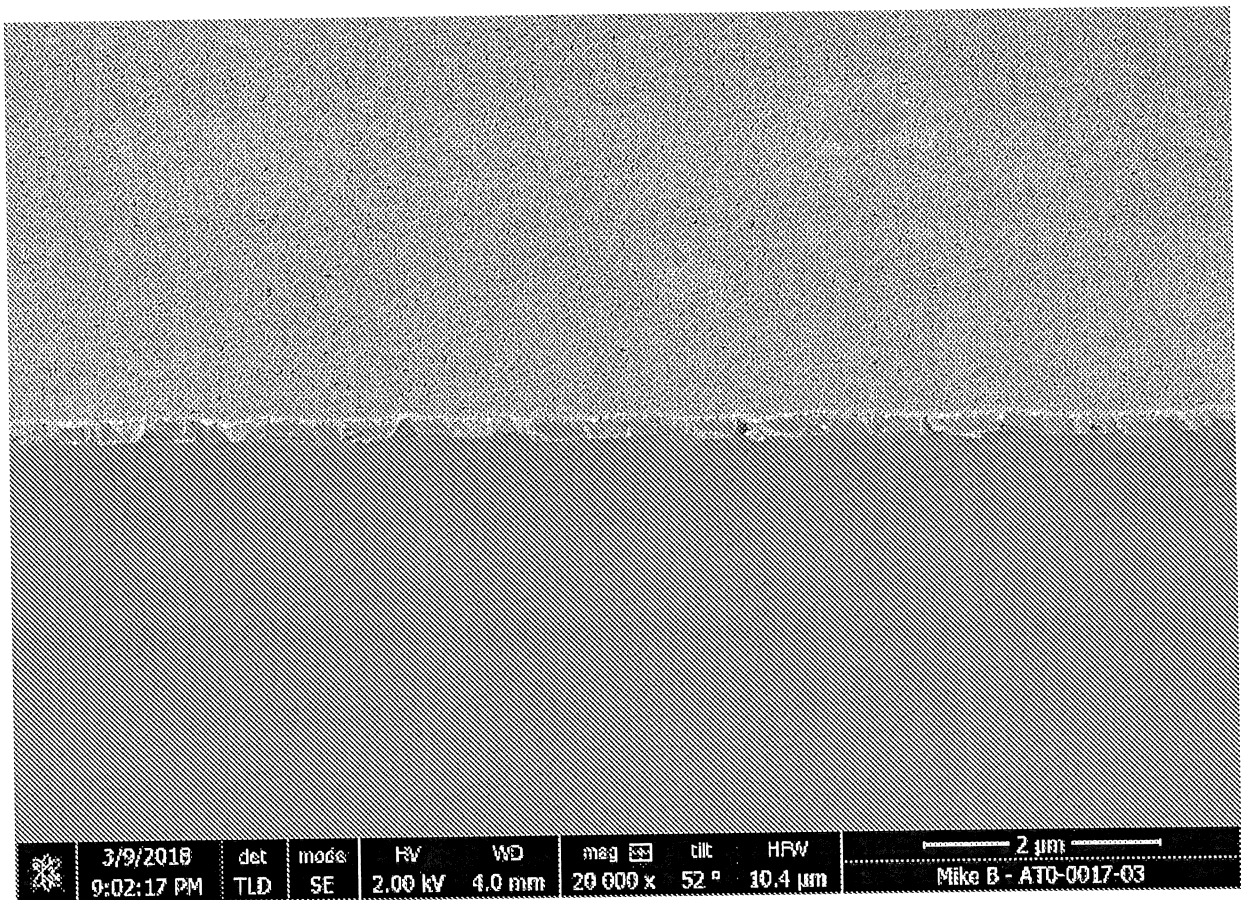


FIG. 10A

19/26

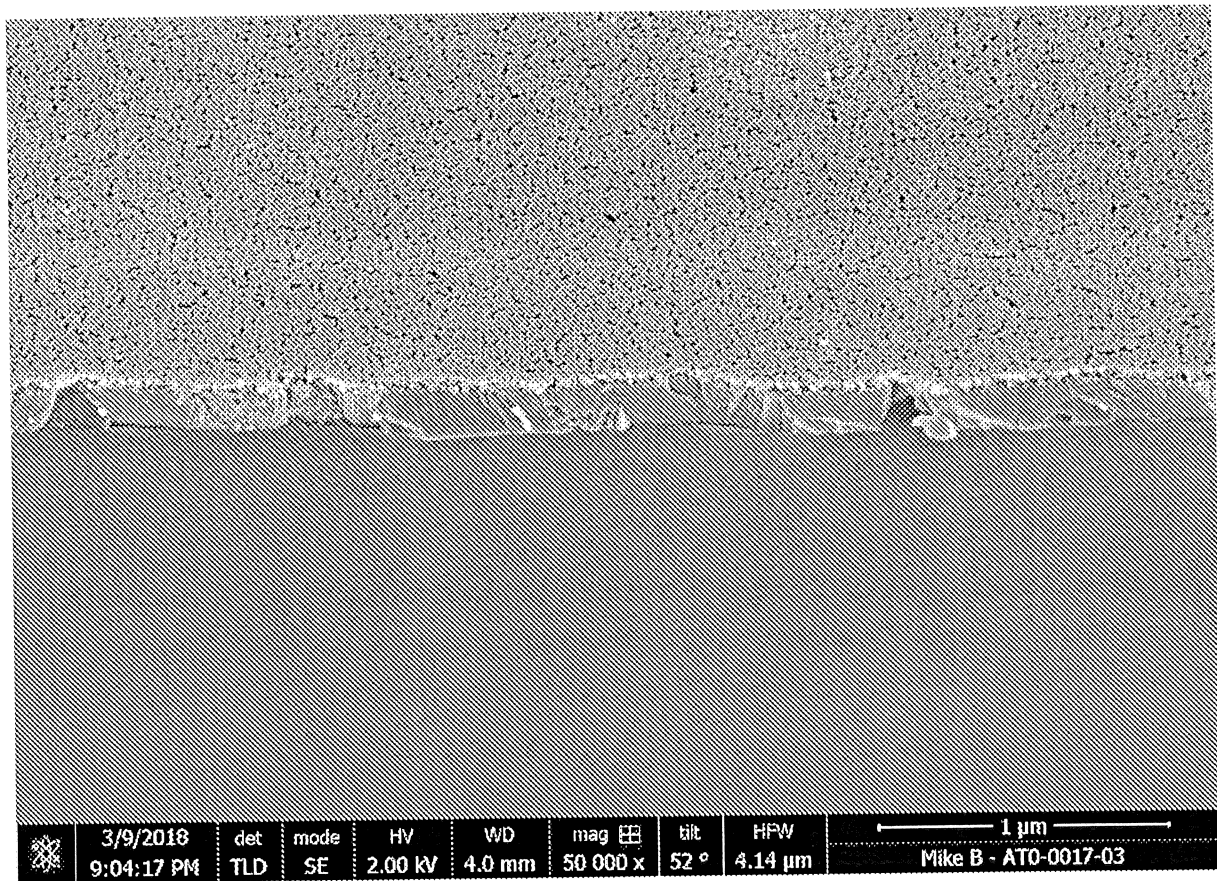


FIG. 10B

20/26

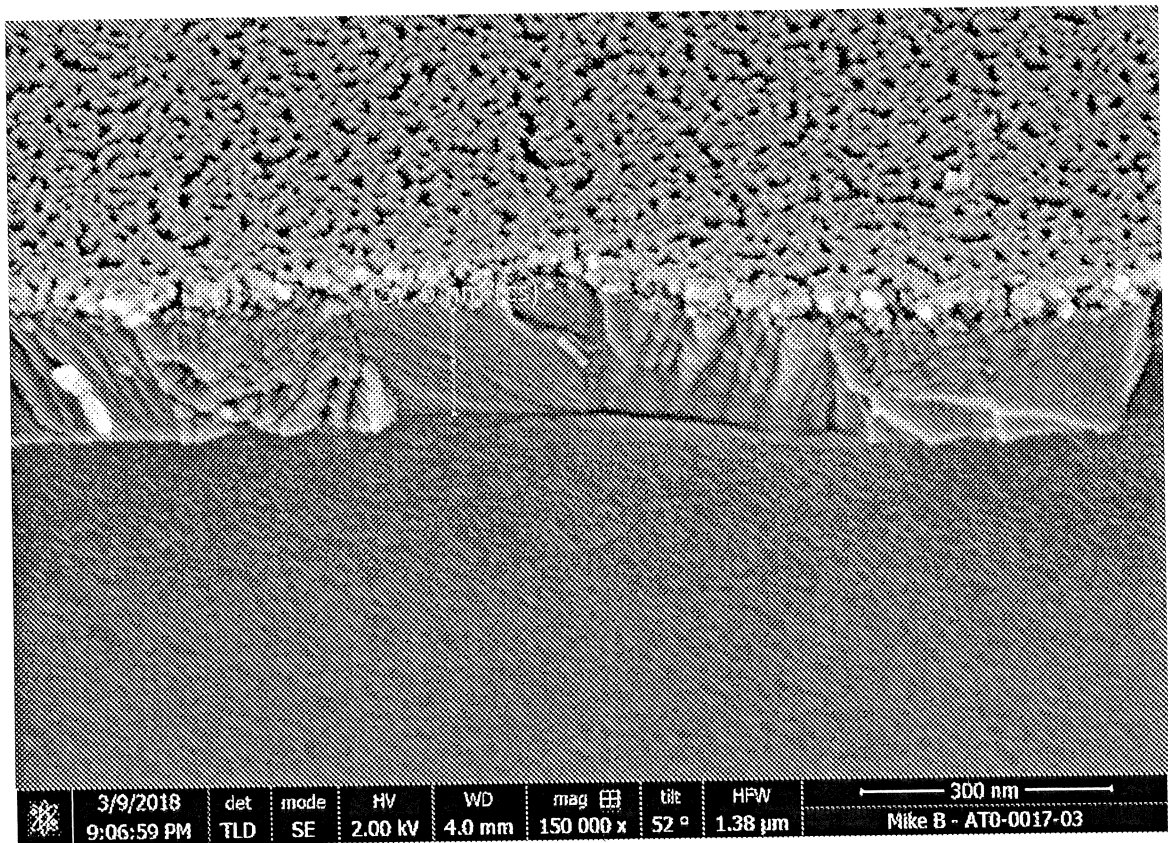


FIG. 10C

21/26

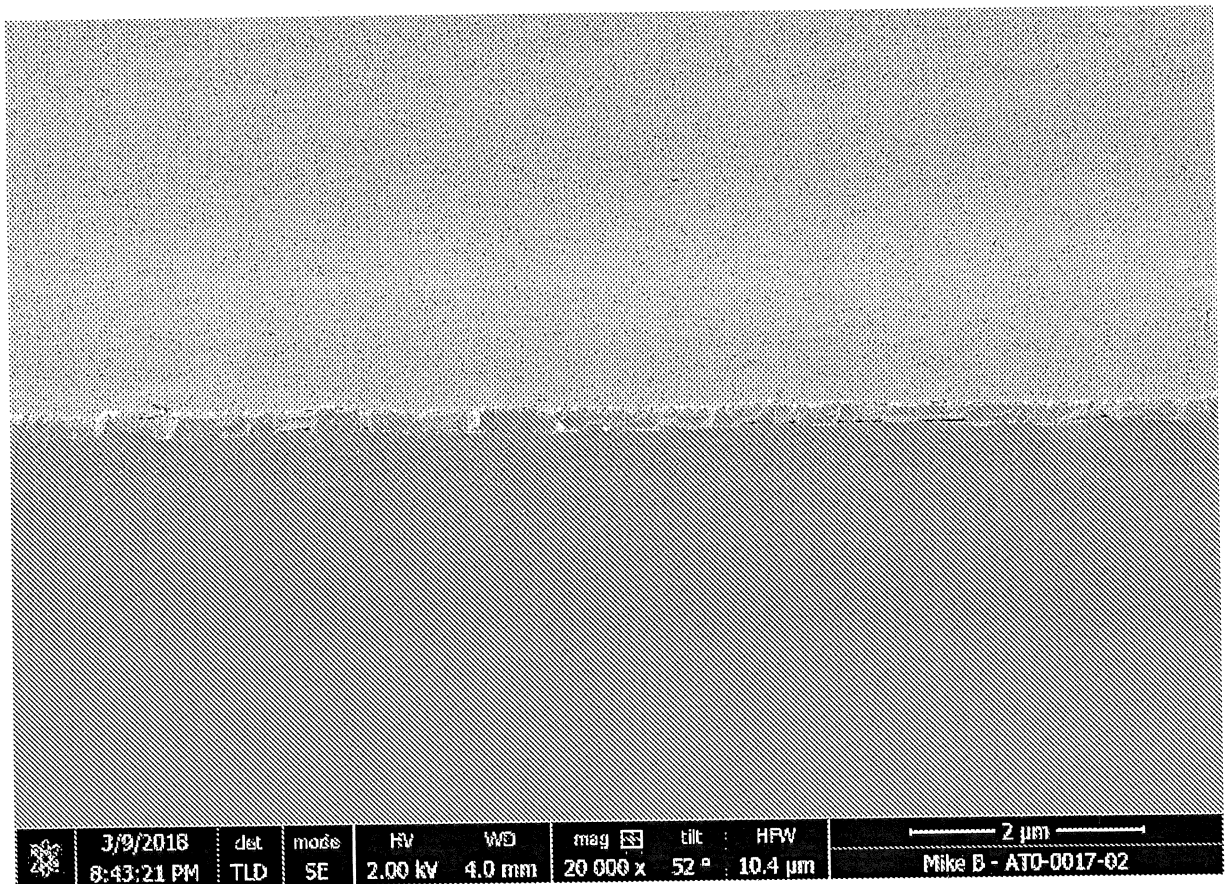


FIG. 11A

22/26

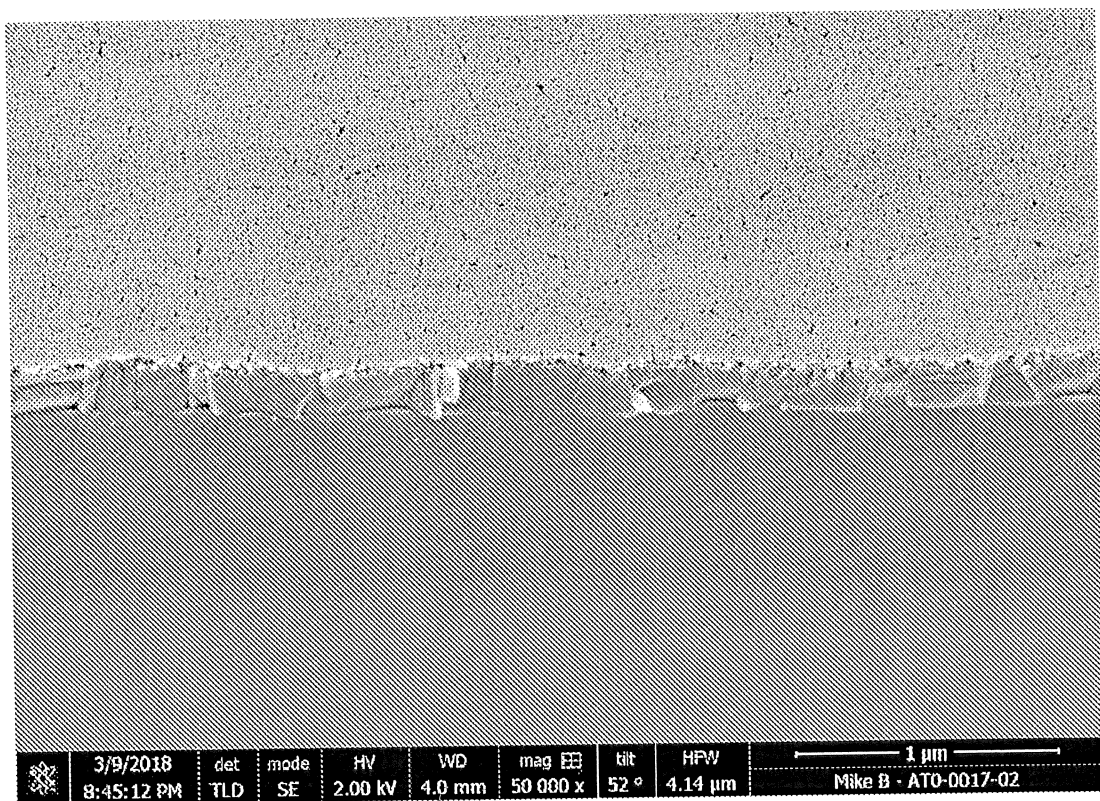


FIG. 11B

23/26

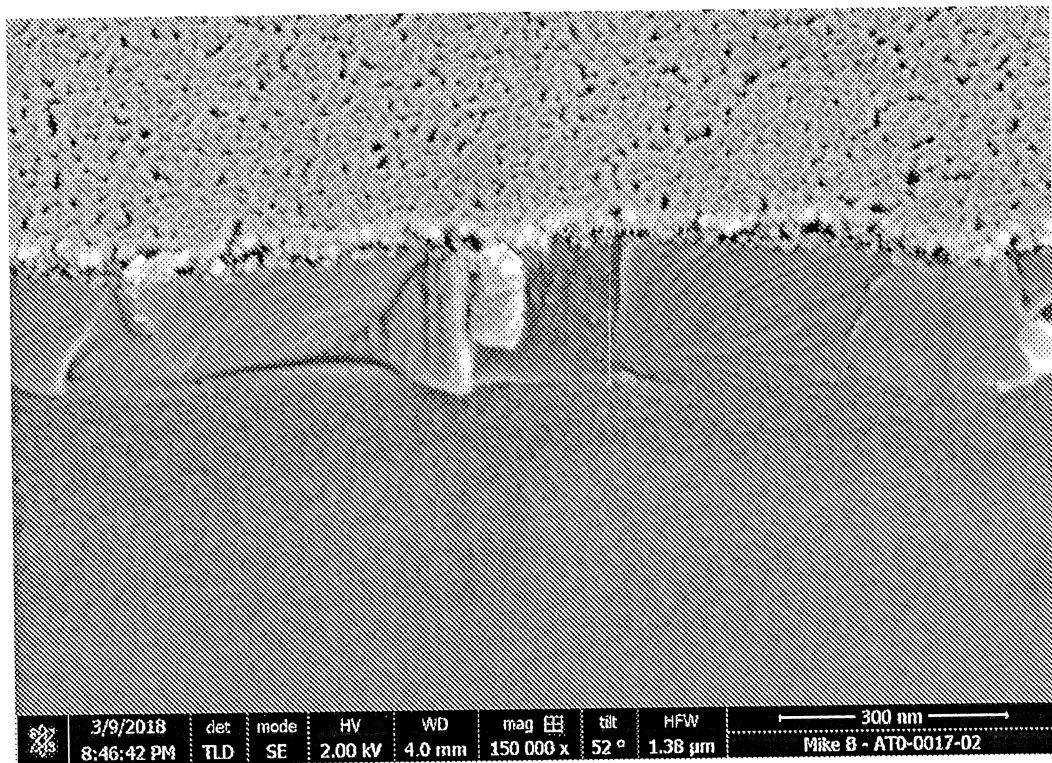


FIG. 11C

24/26

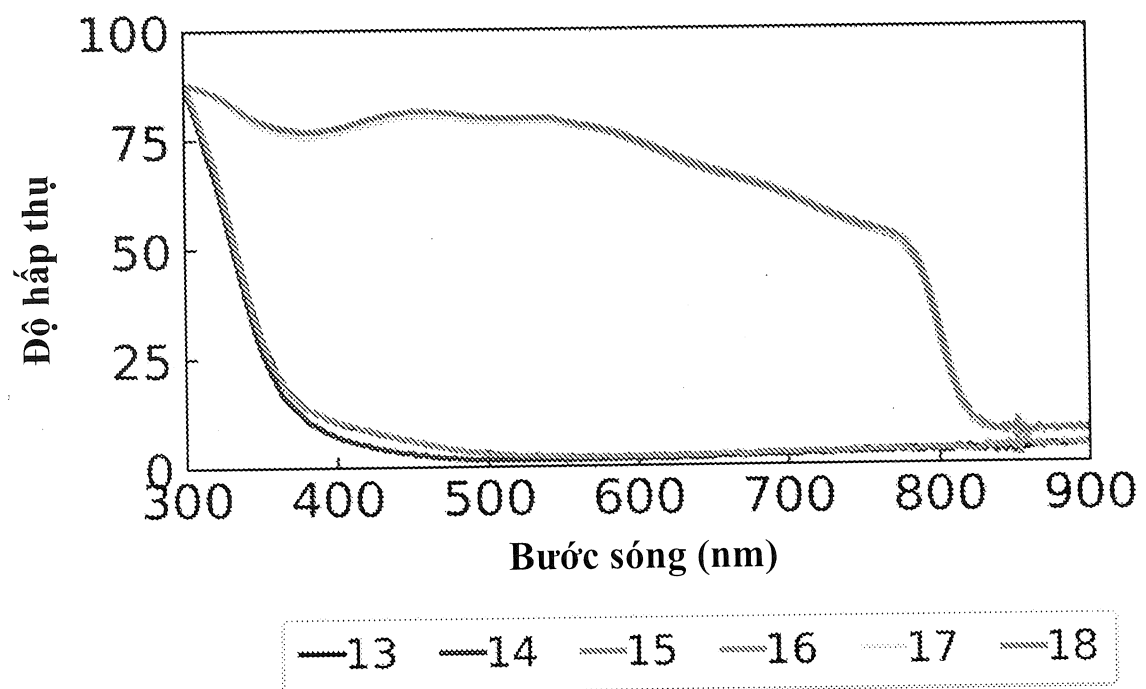


FIG. 12

25/26

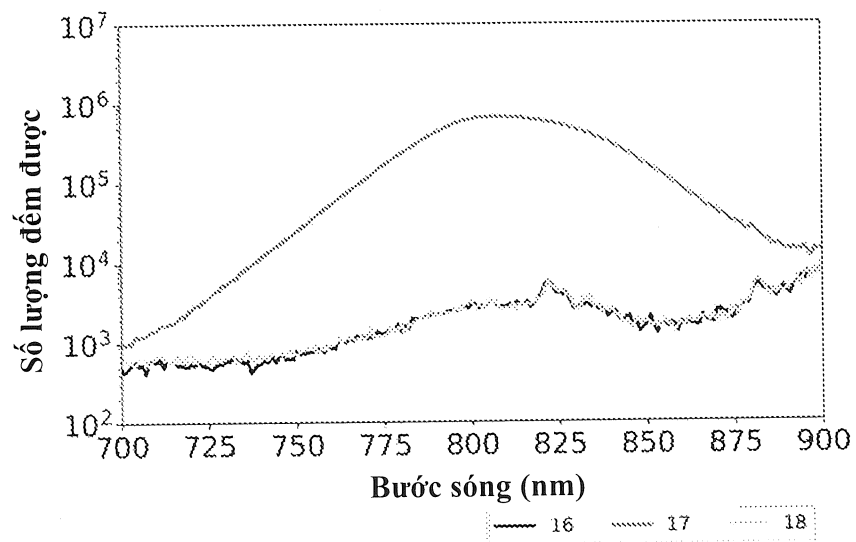


FIG. 13

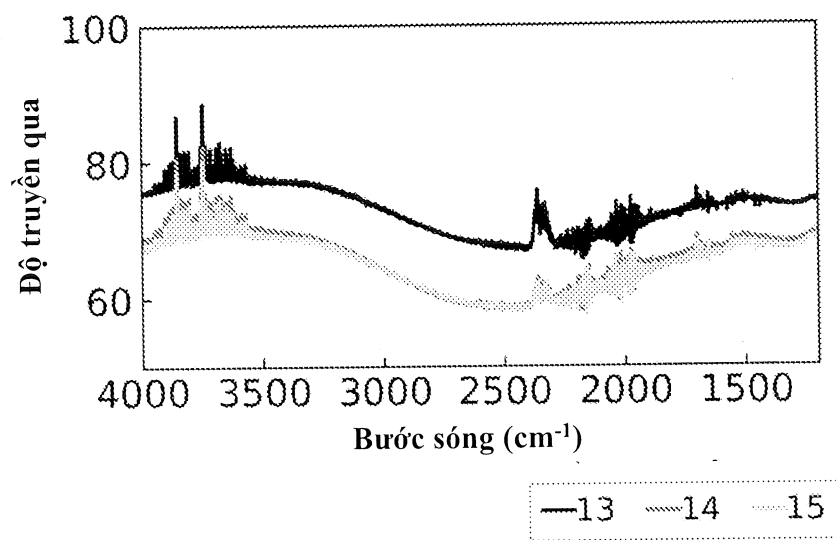


FIG. 14

26/26

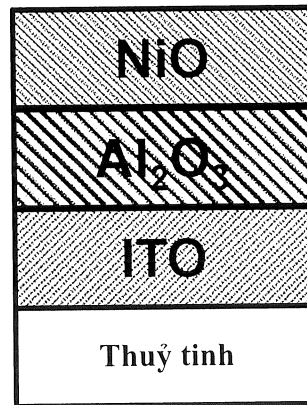


FIG. 15

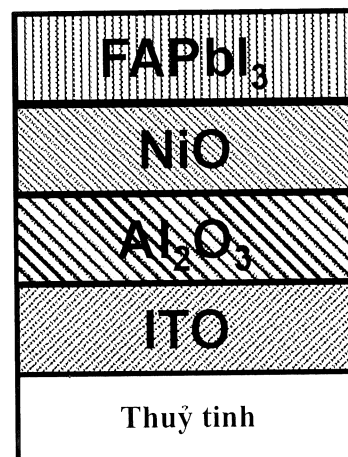


FIG. 16