



(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)



1-0035581

(51)⁷ H01L 31/0224; H01L 31/0392; H01L 31/04; H01L 31/0288

(13) B

(21) 1-2017-04813

(22) 12/05/2016

(86) PCT/US2016/031986 12/05/2016

(87) WO 2016/183273 17/11/2016

(30) 14/711,430 13/05/2015 US

(45) 25/05/2023 422

(43) 26/04/2018 361A

(73) Hunt Perovskite Technologies, L.L.C. (US)

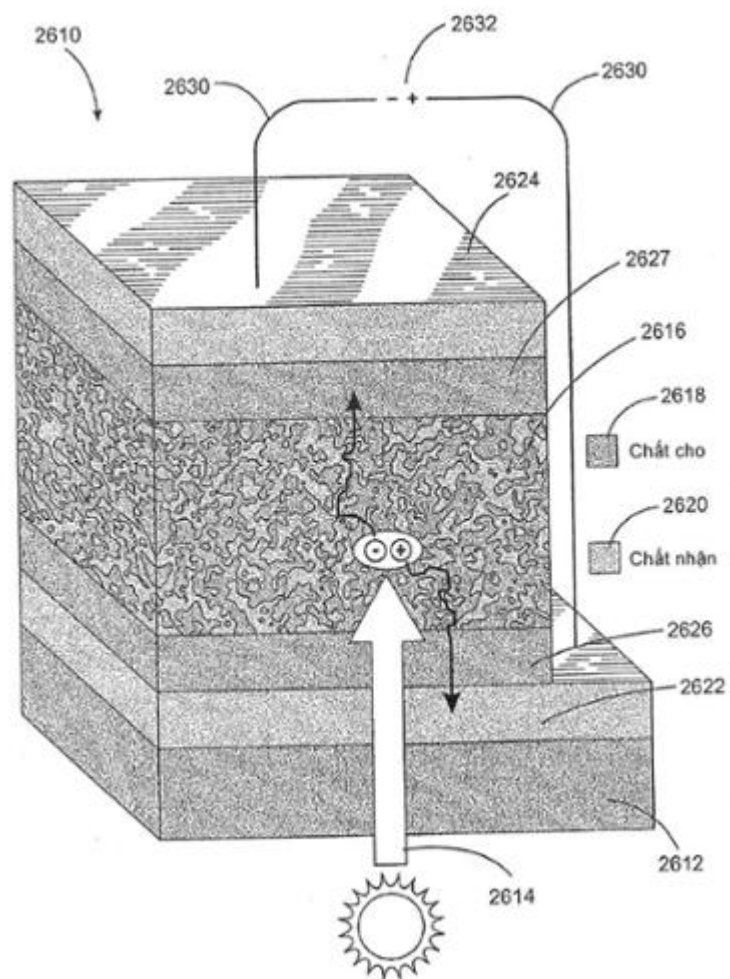
1807 Ross Ave., Suite 333, Dallas, Texas 75201, United States of America

(72) IRWIN, Michael, D. (US); CHUTE, Jerred, A. (US); DHAS, Vivek, V. (US).

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

(54) THIẾT BỊ QUANG ĐIỆN

(57) Sáng chế đề cập đến thiết bị quang điện như pin mặt trời, pin-ắc quy mặt trời lai và các thiết bị tương tự khác có thể bao gồm lớp hoạt tính được bố trí giữa hai điện cực. Lớp hoạt tính có thể có vật liệu perovskite và vật liệu khác như vật liệu mao quản trung bình, lớp phân cách, lớp phân cách kiểu lớp phủ mỏng và các hỗn hợp của chúng. Vật liệu perovskite có thể có tính chất quang hoạt. Lớp hoạt tính có thể bao gồm titanat. Vật liệu perovskite có thể được bố trí giữa hai hoặc hơn hai vật liệu khác trong thiết bị quang điện. Việc bao gồm các vật liệu này trong các bố trí khác nhau trong lớp hoạt tính của thiết bị quang điện có thể cải thiện hiệu suất thiết bị. Các vật liệu khác có thể được bao gồm để tiếp tục cải thiện hiệu suất thiết bị như vật liệu perovskite phụ và lớp phân cách phụ chẳng hạn.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến thiết bị quang điện.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Việc sử dụng linh kiện quang điện (photovoltaic: PV) để tạo ra điện năng từ năng lượng hoặc bức xạ mặt trời có thể tạo ra nhiều lợi ích, bao gồm, ví dụ, nguồn điện, phát xạ thấp hoặc bằng 0, khả năng sản xuất điện không phụ thuộc vào lưới điện, cấu trúc vật lý bền vững (không có các bộ phận chuyển động), hệ thống ổn định và tin cậy, cấu tạo theo môđun, khả năng lắp đặt tương đối nhanh, sản xuất và sử dụng an toàn và công luận và khả năng chấp nhận sử dụng tốt.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích theo khía cạnh thứ nhất của sáng chế là đề xuất thiết bị quang điện. Thiết bị quang điện bao gồm điện cực thứ nhất, điện cực thứ hai và lớp hoạt tính được bố trí ít nhất một phần giữa điện cực thứ nhất và thứ hai. Lớp hoạt tính bao gồm vật liệu quang hoạt bao gồm vật liệu perovskite; và lớp phân cách kiểu màng mỏng bao gồm $M'TiO_3$, trong đó mọi lớp được bố trí giữa vật liệu perovskite và màng mỏng $M'TiO_3$ không bao gồm lớp mao quản trung bình.

Theo khía cạnh thứ hai, sáng chế đề xuất thiết bị quang điện. Thiết bị quang điện bao gồm điện cực thứ nhất, điện cực thứ hai và lớp hoạt tính được bố trí ít nhất một phần giữa điện cực thứ nhất và thứ hai. Lớp hoạt tính bao gồm vật liệu perovskite; và màng mỏng $M'TiO_3$, trong đó mọi lớp được bố trí giữa vật liệu perovskite và màng mỏng $M'TiO_3$ không bao gồm lớp mao quản trung bình; trong đó M bao gồm một hoặc nhiều cation, mỗi cation này được chọn từ nhóm gồm mỗi cation này được chọn từ nhóm gồm Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Fe, Ni, Zn, Cd, Hg, Cu, Pd, Pt, Sn và Pb, và trong đó trong đó vật liệu perovskite có công thức CMX_3 và được bố trí liền kề $M'TiO_3$; trong đó C bao gồm một hoặc nhiều cation, mỗi cation này được chọn từ nhóm gồm kim loại nhóm 1, kim loại nhóm 2, cation hữu cơ và các hỗn hợp của chúng; và trong đó M bao gồm một hoặc nhiều kim loại, mỗi kim loại này được chọn từ nhóm gồm Fe, Co, Ni, Cu, Sn, Pb, Bi, Ge,

Ti, Zn và các hỗn hợp của chúng; và trong đó X bao gồm một hoặc nhiều anion, mỗi anion này được chọn từ nhóm gồm halogenua, giả halogenua, oxit, sulfua, selenua, telurua và các hỗn hợp của chúng.

Các dấu hiệu và ưu điểm của sáng chế sẽ là rõ ràng đối với người có kiến thức trung bình về lĩnh vực kỹ thuật này. Mặc dù nhiều thay đổi có thể được tiến hành bởi người có kiến thức trung bình về lĩnh vực kỹ thuật này, nhưng các thay đổi này vẫn thuộc tinh thần của sáng chế.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là hình vẽ minh họa kết cấu DSSC biểu thị các lớp khác nhau của DSSC theo một vài phương án của sáng chế.

Fig.2 là hình vẽ khác minh họa kết cấu DSSC biểu thị các lớp khác nhau của DSSC theo một vài phương án của sáng chế.

Fig.3 là hình vẽ làm ví dụ minh họa kết cấu của thiết bị BHJ theo một vài phương án của sáng chế.

Fig.4 là hình vẽ giản lược thể hiện một pin quang điện có lớp chặn tiêu biểu bao gồm lớp hoạt tính theo một vài phương án của sáng chế.

Fig.5 là sơ đồ minh họa một thiết bị DSSC ở trạng thái rắn tiêu biểu theo một vài phương án của sáng chế.

Fig.6 là sơ đồ minh họa các thành phần của một thiết bị PV được lấy làm ví dụ theo một vài phương án của sáng chế.

Fig.7 là sơ đồ thể hiện các thành phần của một thiết bị PV được lấy làm ví dụ theo một vài phương án của sáng chế.

Fig.8 là sơ đồ thể hiện các thành phần của một thiết bị PV được lấy làm ví dụ theo một vài phương án của sáng chế.

Fig.9 là sơ đồ thể hiện các thành phần của một thiết bị PV được lấy làm ví dụ theo một vài phương án của sáng chế.

Fig.10 là hình vẽ giản lược thể hiện một thiết bị bằng vật liệu perovskite theo một vài phương án của sáng chế.

Fig.11 là hình vẽ giản lược thể hiện một thiết bị bằng vật liệu perovskite theo một vài phương án của sáng chế.

Fig.12 là hai ảnh của kính hiển vi điện tử quét mặt cắt ngang để so sánh linh kiện PV perovskite được chế tạo với nước (ảnh trên) và không với nước (ảnh dưới).

Fig.13 đến Fig.20 là các sơ đồ thể hiện các thiết bị bằng vật liệu perovskite theo một vài phương án của sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sự phát triển các khía cạnh khác nhau của công nghệ PV dễ tương hợp với linh kiện PV hữu cơ, không phải là hữu cơ và/hoặc lai hứa hẹn khả năng tiếp tục giảm chi phí của cả linh kiện PV lẫn các linh kiện PV khác. Ví dụ, một số pin mặt trời như pin mặt trời ở trạng thái rắn nhạy màu có thể có ưu điểm về các thành phần thay thế mới sinh lợi và ổn định cao như vật liệu chuyển điện tích ở trạng thái rắn (hoặc thường gọi là “chất điện phân ở trạng thái rắn”). Ngoài ra, trong các ưu điểm khác, sẽ có lợi nếu các kiểu pin mặt trời khác nhau có thể bao gồm vật liệu phân cách và vật liệu khác có thể sinh lợi và bền hơn các lựa chọn thông thường hiện đang có.

Sáng chế đề cập chung đến thành phần chất, thiết bị và phương pháp sử dụng vật liệu trong pin quang điện để tạo ra năng lượng điện từ bức xạ mặt trời. Cụ thể hơn, sáng chế đề cập đến thành phần chất quang hoạt và khác cũng như thiết bị, phương pháp sử dụng và tạo ra thành phần chất này.

Ví dụ về thành phần chất nêu trên có thể bao gồm, ví dụ, vật liệu truyền lỗ trống và/hoặc vật liệu có thể thích hợp để làm, ví dụ, lớp phân cách (interfacial layer: IFL), thuốc nhuộm và/hoặc các phần tử khác của thiết bị PV. Các hợp chất này có thể được sử dụng trong nhiều thiết bị PV như pin chuyển tiếp dị thể (ví dụ, lớp đôi và khối), pin lai

(ví dụ, chất hữu cơ với $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$, sợi nano ZnO hoặc chấm lượng tử PbS) và DSSC (pin mặt trời nhạy màu). Các thiết bị nói đến sau, DSSC tồn tại ở ba dạng: chất điện phân gốc dung môi, chất điện phân lỏng mang ion và chất truyền lỗ trống ở trạng thái rắn (hoặc DSSC ở trạng thái rắn, nghĩa là, SS-DSSC). Cấu trúc SS-DSSC theo một vài phương án có thể gần như không có chất điện phân, đúng hơn là chứa vật liệu truyền lỗ trống như spiro-OMeTAD, CsSnI_3 và các vật liệu hoạt tính khác.

Là có lợi nếu một số hoặc tất cả các vật liệu theo một vài phương án của sáng chế có thể cũng được sử dụng trong thiết bị điện tử hữu cơ hoặc thiết bị khác bất kỳ, với một vài ví dụ bao gồm nhưng không bị giới hạn ở: ắc quy, tranzito hiệu ứng trường (field-effect transistor: FET), diot phát quang (light-emitting diode: LED), thiết bị quang học không tuyến tính, điện trở nhớ, tụ điện, bộ chỉnh lưu và/hoặc anten chỉnh lưu.

Theo một vài phương án, sáng chế có thể đề xuất các thiết bị PV và thiết bị tương tự khác (ví dụ, ắc quy, ắc quy PV lai, linh kiện PV đa tiếp giáp, FET, LED v.v.). Theo một vài phương án, các thiết bị này có thể bao gồm vật liệu hoạt tính, lớp phân cách và/hoặc một hoặc nhiều vật liệu perovskite được cải thiện. Vật liệu perovskite có thể được kết hợp vào một hoặc nhiều khía cạnh khác nhau của thiết bị PV hoặc khác. Vật liệu perovskite theo một vài phương án có thể có công thức tổng quát CMX_3 , trong đó: C bao gồm một hoặc nhiều cation (ví dụ, amin, amoni, kim loại nhóm 1, kim loại nhóm 2 và/hoặc cation khác hoặc hợp chất giống cation); M bao gồm một hoặc nhiều kim loại (ví dụ, bao gồm Fe, Co, Ni, Cu, Sn, Pb, Bi, Ge, Ti và Zr); và X bao gồm một hoặc nhiều anion. Vật liệu perovskite theo các phương án khác nhau sẽ được mô tả chi tiết hơn dưới đây.

Pin quang điện và thiết bị điện tử khác

Một vài phương án của linh kiện PV có thể được mô tả dựa vào các hình vẽ khác nhau của các pin mặt trời được thể hiện trên Fig.1, Fig.3, Fig.4 và Fig.5. Ví dụ, cấu trúc của linh kiện PV được lấy làm ví dụ theo một vài phương án về cơ bản có thể có dạng nền-anot-IFL-lớp hoạt tính-IFL-catot. Lớp hoạt tính theo một vài phương án có thể có tính chất quang hoạt và/hoặc nó có thể bao gồm vật liệu quang hoạt. Các lớp và vật liệu

khác có thể được sử dụng trong pin đã biết trong lĩnh vực kỹ thuật này. Hơn nữa, cần lưu ý là việc sử dụng thuật ngữ “lớp hoạt tính” không có nghĩa là để hạn chế hoặc xác định theo cách khác, một cách rõ ràng hoặc hoàn toàn, tính chất của một lớp khác bất kỳ, ví dụ, theo một vài phương án, một trong hai hoặc cả hai IFL có thể cũng có hoạt tính trong chừng mực chúng có thể có tính bán dẫn. Cụ thể là, trên Fig.4, pin PV chung 2610 cách điệu được biểu thị, hình vẽ này minh họa bản chất phân cách cao của một số lớp trong linh kiện PV. Linh kiện PV 2610 đại diện cho cấu trúc chung ứng dụng cho một số thiết bị PV như phương án của linh kiện PV bằng vật liệu perovskite. Pin PV 2610 bao gồm lớp trong suốt 2612 bằng thủy tinh (hoặc vật liệu tương tự trong suốt đối với bức xạ mặt trời) cho phép bức xạ mặt trời 2614 truyền qua lớp này. Lớp trong suốt theo một vài phương án có thể còn được gọi là nền (ví dụ, như với lớp nền 1507 trên Fig.1) và nó có thể bao gồm một hoặc nhiều vật liệu bất kỳ trong số các vật liệu cứng hoặc mềm như: thủy tinh, polyetylen, PET, Kapton, thạch anh, nhôm lá vàng lá hoặc thép. Lớp quang hoạt 2616 gồm chất cho electron hoặc vật liệu loại p 2618 và/hoặc chất nhận electron hoặc vật liệu loại n 2620 và/hoặc chất bán dẫn lưỡng cực có đặc tính của cả vật liệu loại p lẫn loại n. Như được biểu thị trên Fig.4, lớp hoạt tính hoặc lớp quang hoạt 2616 bị kẹp giữa hai lớp điện cực dẫn điện 2622 và 2624. Trên Fig.4, lớp điện cực 2622 là indi oxit pha thiếc (vật liệu ITO). Như lưu ý ở trên, lớp hoạt tính theo một vài phương án không nhất thiết phải có tính quang hoạt, mặc dù trong thiết bị được thể hiện trên Fig.4, thì nó có. Lớp điện cực 2624 là vật liệu nhôm. Các vật liệu khác cũng có thể được sử dụng như đã biết trong lĩnh vực kỹ thuật này. Pin 2610 còn bao gồm lớp phân cách (IFL) 2626 được thể hiện trong ví dụ trên Fig.4 là vật liệu ZnO. IFL có thể giúp phân tách điện tích. Theo một vài phương án, IFL 2626 có thể bao gồm hợp chất hữu cơ theo sáng chế dưới dạng lớp đơn tự ráp (self-assembled monolayer: SAM) hoặc dưới dạng màng mỏng. Theo các phương án khác, IFL 2626 có thể bao gồm IFL nhiều lớp sẽ được mô tả chi tiết hơn dưới đây. Cũng có thể có IFL 2627 liền kề điện cực 2624. Theo một vài phương án, IFL 2627 liền kề điện cực 2624 cũng có thể bao gồm hợp chất hữu cơ theo sáng chế dưới dạng lớp đơn tự ráp (SAM) hoặc dưới dạng màng mỏng. Theo các phương án khác, IFL 2627 liền kề điện cực 2624 cũng có thể bao gồm IFL nhiều lớp (lại sẽ được mô tả chi tiết

hơn dưới đây). Về tính chất, IFL theo một vài phương án có thể có tính bán dẫn và có thể là hoặc loại p hoặc loại n hoặc nó có thể là chất điện môi về tính chất. Theo một vài phương án, IFL trên mặt catot của thiết bị (ví dụ, IFL 2627 được thể hiện trên Fig.4) có thể là loại p và IFL trên mặt anot của thiết bị (ví dụ, IFL 2626 được thể hiện trên Fig.4) có thể là loại n. Tuy nhiên, theo các phương án khác thì IFL trên mặt catot có thể là loại n và IFL trên mặt anot có thể là loại p. Pin 2610 được nối với hai dây dẫn ra 2630 và thiết bị phóng điện 2632 như ắc quy.

Các phương án khác nữa có thể được mô tả dựa vào Fig.3, hình vẽ này minh họa kết cấu của thiết bị BHJ cách điện và bao gồm: nền thủy tinh 2401; điện cực ITO (indium oxit pha thiếc) 2402; lớp phân cách (IFL) 2403; lớp quang hoạt 2404; và các catot LiF/Al 2405. Các vật liệu cấu tạo của BHJ được tham chiếu chỉ là các ví dụ; cấu tạo của BHJ khác bất kỳ đã biết trong lĩnh vực kỹ thuật này đều có thể được sử dụng theo sáng chế. Theo một vài phương án, lớp quang hoạt 2404 có thể bao gồm một hoặc nhiều vật liệu bất kỳ mà lớp hoạt tính hoặc quang hoạt 2616 của thiết bị trên Fig.4 có thể bao gồm.

Fig.1 là hình vẽ giản lược minh họa các linh kiện PV của DSSC theo một vài phương án, được tham chiếu ở đây nhằm minh họa kết cấu của các linh kiện PV ví dụ này. DSSC ví dụ được thể hiện trên Fig.1 có thể được chế tạo theo quy trình sau: lớp điện cực 1506 (được thể hiện dưới dạng thiếc oxit pha flo, FTO) được kết tủa trên lớp nền 1507 (được thể hiện dưới dạng thủy tinh). Lớp mao quản trung bình (lớp mao quản trung bình: ML) ML 1505 (theo một vài phương án có thể là TiO_2) được kết tủa lên trên lớp điện cực 1506, sau đó điện cực quang (cho đến nay bao gồm lớp nền 1507, lớp điện cực 1506 và lớp mao quản trung bình 1505) được ngâm trong dung môi (không được thể hiện) và thuốc nhuộm 1504. Quá trình này để lại thuốc nhuộm 1504 liên kết với bề mặt của ML. Điện cực ngược đầu tách rời được tạo bao gồm lớp nền 1501 (cũng được thể hiện dưới dạng thủy tinh) và lớp điện cực 1502 (được thể hiện dưới dạng Pt/FTO). Điện cực quang và điện cực ngược đầu được kết hợp để kẹp các lớp khác nhau 1502 đến 1506 giữa hai lớp nền 1501 và 1507 như được thể hiện trên Fig.1 và cho phép lớp điện cực 1502 và 1506 được sử dụng làm catot và anot, một cách tương ứng. Lớp chất điện phân

1503 được kết tủa hoặc trực tiếp lên trên điện cực quang thành phẩm sau lớp thuốc nhuộm 1504 hoặc qua một lỗ trong thiết bị, thường là lỗ được khoan trước bằng cách phun cát trong nền điện cực ngược dấu 1501. Pin này có thể cũng được nối với hai dây dẫn ra và thiết bị phóng điện như ắc quy (không được thể hiện). Lớp nền 1507 và lớp điện cực 1506 và/hoặc lớp nền 1501 và lớp điện cực 1502 cần phải có đủ độ trong suốt để cho phép bức xạ mặt trời đi qua đến thuốc nhuộm quang hoạt 1504. Theo một vài phương án, điện cực ngược dấu và/hoặc điện cực quang có thể cứng, trong khi theo các phương án khác thì một trong hai hoặc cả hai đều có thể mềm. Lớp nền theo các phương án khác nhau có thể bao gồm một hoặc nhiều vật liệu bất kỳ trong số thủy tinh, polyetylen, PET, Kapton, thạch anh, nhôm lá, vàng lá và thép. Theo các phương án nhất định, DSSC có thể còn bao gồm lớp thu ánh sáng (light harvesting: LH) 1601 được thể hiện trên Fig.2 để làm tán xạ ánh sáng tới để tăng chiều dài đường đi của ánh sáng qua lớp quang hoạt của thiết bị (bằng cách này tăng khả năng ánh sáng được hấp thụ trong lớp quang hoạt).

Theo các phương án khác, sáng chế đề xuất DSSC ở trạng thái rắn. DSSC ở trạng thái rắn theo một vài phương án này có thể tạo ra các ưu điểm như không có vấn đề rò rỉ và/hoặc ăn mòn có thể ảnh hưởng đến DSSC bao gồm chất điện phân lỏng. Hơn nữa, hạt mang điện tích ở trạng thái rắn có thể tạo ra tính chất vật lý nhanh hơn của thiết bị (ví dụ, khả năng chuyển điện tích nhanh hơn). Ngoài ra, theo một vài phương án, thì chất điện phân ở trạng thái rắn có thể có tính quang hoạt và do đó góp phần tạo ra điện có nguồn gốc từ thiết bị DSSC ở trạng thái rắn.

Một số ví dụ về DSSC ở trạng thái rắn có thể được mô tả dựa vào Fig.5, hình vẽ này là hình vẽ giản lược thể hiện một DSSC ở trạng thái rắn tiêu biểu. Ví dụ, như với pin mặt trời ví dụ được biểu thị trên Fig.4, lớp hoạt tính gồm vật liệu hoạt tính (ví dụ, dẫn điện và/hoặc bán dẫn) thứ nhất và thứ hai (2810 và 2815, một cách tương ứng) bị kẹp giữa điện cực 2805 và 2820 (được thể hiện trên Fig.5 dưới dạng Pt/FTO và FTO, một cách tương ứng). Theo phương án được thể hiện trên Fig.5, vật liệu hoạt tính thứ nhất 2810 là vật liệu hoạt tính loại p và bao gồm chất điện phân ở trạng thái rắn. Theo các phương án nhất định, vật liệu hoạt tính thứ nhất 2810 có thể bao gồm vật liệu hữu cơ như

spiro-OMeTAD và/hoặc poly(3-hexylthiophen), phức vô cơ hai thành phần, ba thành phần, bốn thành phần hoặc lớn hơn, vật liệu bán dẫn rắn bất kỳ hoặc hỗn hợp bất kỳ của chúng. Theo một vài phương án, vật liệu hoạt tính thứ nhất cũng có thể bao gồm oxit và/hoặc sulfua và/hoặc selenua và/hoặc iodia (ví dụ, CsSnI_3). Vì vậy, ví dụ, vật liệu hoạt tính thứ nhất theo một vài phương án có thể bao gồm vật liệu loại p ở trạng thái rắn có thể bao gồm đồng indi sulfua và theo một vài phương án, vật liệu này có thể bao gồm đồng indi gali selenua. Vật liệu hoạt tính thứ hai 2815 được thể hiện trên Fig.5 là vật liệu hoạt tính loại n và bao gồm TiO_2 phủ thuốc nhuộm. Theo một vài phương án, vật liệu hoạt tính thứ hai cũng có thể bao gồm vật liệu hữu cơ như spiro-OMeTAD, phức vô cơ hai thành phần, ba thành phần, bốn thành phần hoặc lớn hơn hoặc hỗn hợp bất kỳ của chúng. Theo một vài phương án, vật liệu hoạt tính thứ hai có thể bao gồm oxit như nhôm oxit và/hoặc vật liệu này có thể bao gồm sulfua và/hoặc vật liệu này có thể bao gồm selenua. Vì vậy, theo một vài phương án, vật liệu hoạt tính thứ hai có thể bao gồm đồng indi sulfua và theo một vài phương án, vật liệu này có thể bao gồm đồng indi gali selenua. Vật liệu hoạt tính thứ hai 2815 theo một vài phương án có thể tạo thành lớp mao quản trung bình. Hơn nữa, ngoài việc có hoạt tính, thì một trong hai hoặc cả hai vật liệu hoạt tính thứ nhất và thứ hai 2810 và 2815 đều có thể có tính quang hoạt. Theo các phương án khác (không được thể hiện trên Fig.5), thì vật liệu hoạt tính thứ hai có thể bao gồm chất điện phân rắn. Ngoài ra, theo các phương án trong đó một trong hai vật liệu hoạt tính thứ nhất và thứ hai 2810 và 2815 bao gồm chất điện phân rắn, thì thiết bị PV có thể không có lượng chất điện phân lỏng hữu hiệu. Mặc dù được thể hiện và được tham chiếu trên Fig.5 là loại p, nhưng lớp ở trạng thái rắn (ví dụ, vật liệu hoạt tính thứ nhất bao gồm chất điện phân rắn) theo một vài phương án thay vì có thể có tính bán dẫn loại n. Sau đó, theo các phương án này, thì vật liệu hoạt tính thứ hai (ví dụ, TiO_2 (hoặc vật liệu mao quản trung bình khác) được thể hiện trên Fig.5) phủ thuốc nhuộm có thể có tính bán dẫn loại p (ngược với tính bán dẫn loại n được thể hiện và mô tả dựa vào Fig.5).

Lớp nền 2801 và 2825 (cả hai được thể hiện trên Fig.5 dưới dạng thủy tinh) tạo thành lớp ngoài trên và ngoài dưới tương ứng của pin ví dụ trên Fig.5. Hai lớp này có thể

bao gồm vật liệu bất kỳ có đủ độ trong để cho phép bức xạ mặt trời đi qua đến lớp hoạt tính/quang hoạt bao gồm thuốc nhuộm, vật liệu hoạt tính và/hoặc quang hoạt thứ nhất và thứ hai 2810 và 2815 như thủy tinh, polyetylen, PET, Kapton, thạch anh, nhôm lá, vàng lá và/hoặc thép. Hơn nữa, theo phương án được thể hiện trên Fig.5, thì điện cực 2805 (được thể hiện dưới dạng Pt/FTO) là catot và điện cực 2820 là anot. Như với pin mặt trời ví dụ được biểu thị trên Fig.4, bức xạ mặt trời đi qua lớp nền 2825 và điện cực 2820 vào lớp hoạt tính, trên đó ít nhất một phần bức xạ mặt trời được hấp thụ để tạo ra một hoặc nhiều exciton để tạo ra điện.

DSSC ở trạng thái rắn theo một vài phương án có thể được chế tạo theo cách gần giống cách được mô tả ở trên đối với DSSC được biểu thị như được cách điệu trên Fig.1. Theo phương án được thể hiện trên Fig.5, vật liệu hoạt tính loại p 2810 tương ứng với chất điện phân 1503 trên Fig.1; vật liệu hoạt tính loại n 2815 tương ứng với cả thuốc nhuộm 1504 lẫn ML 1505 trên Fig.1; điện cực 2805 và 2820 lần lượt tương ứng với lớp điện cực 1502 và 1506 trên Fig.1; và lớp nền 2801 và 2825 lần lượt tương ứng với lớp nền 1501 và 1507.

Các phương án khác nhau của sáng chế đề xuất vật liệu và/hoặc kết cấu được cải thiện theo các khía cạnh khác nhau của pin mặt trời và các thiết bị khác, bao gồm trong số những cái khác, vật liệu hoạt tính (bao gồm lớp truyền lỗ trống và/hoặc chuyển electron), lớp phân cách và kết cấu chung của thiết bị.

Lớp phân cách

Theo một vài phương án, sáng chế đề xuất các vật liệu và kết cấu có lợi của một hoặc nhiều lớp phân cách trong linh kiện PV, bao gồm IFL kiểu lớp phủ mỏng. IFL kiểu lớp phủ mỏng có thể được sử dụng trong một hoặc nhiều IFL của linh kiện PV theo các phương án khác nhau được mô tả trong bản mô tả này.

Theo các phương án khác nhau, tùy chọn thiết bị có thể bao gồm lớp phân cách giữa hai lớp và/hoặc vật liệu khác nhau bất kỳ mặc dù thiết bị không cần chứa các lớp phân cách bất kỳ. Ví dụ, thiết bị bằng vật liệu perovskite có thể không chứa, chứa một,

hai, ba, bốn, năm hoặc hơn năm lớp phân cách (như thiết bị ví dụ trên Fig.7 chứa năm lớp phân cách 3903, 3905, 3907, 3909 và 3911). Lớp phân cách có thể bao gồm vật liệu thích hợp bất kỳ để tăng khả năng chuyển và/hoặc thu thập điện tích giữa hai lớp hoặc vật liệu; lớp phân cách có thể cũng giúp ngăn ngừa hoặc giảm khả năng tái kết hợp điện tích ngay khi điện tích đã được chuyển ra khỏi một trong số các vật liệu liền kề lớp phân cách. Lớp phân cách có thể đồng nhất hóa thêm về vật lý và điện học các nền của nó để tạo ra các thay đổi về độ nhám của nền, hằng số điện môi, độ dính, khả năng tạo ra hoặc khắc phục các khuyết tật (ví dụ, bẫy điện tích, trạng thái bề mặt). Vật liệu phân cách thích hợp có thể bao gồm một hoặc nhiều chất bất kỳ trong số: Al; Bi; Co; Cu; Fe; In; Mn; Mo; Ni; platin (Pt); Si; Sn; Ta; Ti; V; W; Nb; Zn; Zr; các oxit của kim loại bất kỳ trong số các kim loại này (ví dụ, nhôm oxit, silic oxit, titan oxit); sulfua của kim loại bất kỳ trong số các kim loại này; nitrua của kim loại bất kỳ trong số các kim loại này; nhóm alkyl silyl được và chưa được chức hóa; graphit; graphen; fuloren; ống nano cacbon; vật liệu bất kỳ mao quản trung bình và/hoặc vật liệu phân cách được mô tả ở một chỗ nào khác trong bản mô tả này; và các hỗn hợp của chúng (theo một vài phương án, bao gồm lớp đôi của vật liệu kết hợp). Theo một vài phương án, lớp phân cách có thể bao gồm vật liệu perovskite. Hơn nữa, lớp phân cách có thể bao gồm các phương án pha tạp của vật liệu phân cách bất kỳ được nêu trong bản mô tả này (ví dụ, ZnO pha Y, ống nano cacbon có thành đơn pha N).

Trước tiên, như lưu ý ở trên, một hoặc nhiều IFL (ví dụ, một trong hai hoặc cả hai IFL 2626 và 2627 được thể hiện trên Fig.4) có thể bao gồm hợp chất hữu cơ quang hoạt theo sáng chế dưới dạng lớp đơn tự ráp (SAM) hoặc dưới dạng màng mỏng. Khi hợp chất hữu cơ quang hoạt theo sáng chế được ứng dụng làm SAM, nó có thể bao gồm nhóm liên kết mà nhờ đó nó có thể liên kết cộng hóa trị hoặc theo cách khác với bề mặt của một trong hai hoặc cả hai anot và catot. Nhóm liên kết theo một vài phương án có thể bao gồm một hoặc nhiều nhóm bất kỳ trong số COOH, SiX₃ (trong đó X có thể là phân bất kỳ thích hợp để tạo ra hợp chất silic bậc ba như Si(OR)₃ và SiCl₃), SO₃, PO₄H, OH, CH₂X (trong đó X có thể bao gồm halogenua nhóm 17) và O. Nhóm liên kết này có thể liên kết

cộng hóa trị hoặc theo cách khác với phần hút electron, phần cho electron và/hoặc phần nhận. Nhóm liên kết có thể gắn vào mặt điện cực theo cách để tạo thành lớp được tổ chức theo hướng gồm một loại nguyên tử (hoặc theo một vài phương án là nhiều loại nguyên tử) theo chiều dày (ví dụ, trong đó nhiều hợp chất hữu cơ quang hoạt liên kết với anot và/hoặc catot). Lưu ý là, SAM có thể gắn qua tương tác cộng hóa trị, nhưng theo một vài phương án thì nó có thể gắn bằng cách liên kết ion, hydro và/hoặc tương tác của lực phân tán (nghĩa là, lực Van Der Waals). Hơn nữa, theo các phương án nhất định, khi lộ sáng, SAM có thể chuyển vào trạng thái bị kích thích bởi ion lưỡng tính, bằng cách này tạo ra IFL phân cực cao để có thể hướng các hạt mang điện tích từ lớp hoạt tính vào điện cực (ví dụ hoặc anot hoặc catot). Theo một vài phương án, việc phun hạt mang điện tích cao này có thể được thực hiện bằng cách tạo cực bằng điện tử cho mặt cắt ngang của lớp hoạt tính và do đó tăng vận tốc trôi của hạt mang điện tích về phía điện cực tương ứng của nó (ví dụ, lỗ trống đến anot; electron đến catot). Các phân tử dùng cho ứng dụng anot theo một vài phương án có thể bao gồm các hợp chất dễ điều hướng bao gồm phần chính cho electron liên kết với phần nhận lại liên kết với phần hút electron lại liên kết với nhóm liên kết. Trong ứng dụng catot theo một vài phương án, thì các phân tử IFL có thể bao gồm hợp chất dễ điều hướng bao gồm phần nghèo electron liên kết với phần nhận lại liên kết với phần cho electron lại liên kết với nhóm liên kết. Khi hợp chất hữu cơ quang hoạt được sử dụng làm IFL theo các phương án này, thì hợp chất này vẫn giữ được đặc trưng quang hoạt, mặc dù theo một vài phương án nó không cần có tính quang hoạt.

Ngoài IFL của SAM bằng hợp chất hữu cơ quang hoạt, thì linh kiện PV theo một vài phương án có thể bao gồm lớp phân cách mỏng (“lớp phân cách kiểu lớp phủ mỏng” hoặc “IFL kiểu lớp phủ mỏng”) phủ lên trên ít nhất phần hoặc vật liệu hoạt tính thứ nhất hoặc thứ hai theo các phương án này (ví dụ, vật liệu hoạt tính thứ nhất hoặc thứ hai 2810 hoặc 2815 được thể hiện trên Fig.5). Và, lần lượt, ít nhất phần IFL kiểu lớp phủ mỏng có thể được phủ bằng thuốc nhuộm. IFL kiểu lớp phủ mỏng có thể là hoặc loại n hoặc p; theo một vài phương án, nó có thể thuộc loại giống vật liệu nằm dưới (ví dụ, TiO_2 hoặc vật liệu mao quản trung bình khác như TiO_2 của vật liệu hoạt tính thứ hai 2815). Vật liệu

hoạt tính thứ hai có thể bao gồm TiO_2 phủ bằng IFL kiểu lớp phủ mỏng bao gồm nhôm oxit (ví dụ, Al_2O_3) (không được thể hiện trên Fig.5) lại được phủ bằng thuốc nhuộm. Trong bản mô tả này, sự tham chiếu TiO_2 và/hoặc titan oxit không nhằm giới hạn tỷ lệ của thiếc và oxit các trong hợp chất thiếc-oxit được mô tả trong bản mô tả này. Nghĩa là, hợp chất titan oxit có thể bao gồm titan ở một hoặc nhiều trạng thái bất kỳ trong số các trạng thái oxy hóa khác nhau của nó (ví dụ, titan I, titan II, titan III, titan IV) và vì vậy các phương án khác nhau có thể đề xuất lượng theo tỷ lượng và/hoặc không theo tỷ lượng của titan và oxit. Vì vậy, các phương án khác nhau có thể đề xuất (ngoài TiO_2) Ti_xO_y , trong đó x có thể là trị số bất kỳ, số nguyên hoặc không phải là số nguyên, nằm trong khoảng từ 1 đến 100. Theo một vài phương án, x có thể nằm trong khoảng từ 0,5 đến 3. Tương tự như vậy, y có thể nằm trong khoảng từ 1,5 đến 4 (và lại không cần phải là số nguyên). Vì vậy, một vài phương án có thể đề xuất, ví dụ, TiO_2 và/hoặc Ti_2O_3 . Ngoài ra, titan oxit với tỷ lệ hoặc kết hợp tỷ lệ bất kỳ giữa titan và oxit có thể có một hoặc nhiều cấu trúc tinh thể bất kỳ theo một vài phương án bao gồm một hoặc nhiều bất kỳ trong số anatase, rutile và vô định hình.

Các oxit kim loại ví dụ khác dùng trong IFL kiểu lớp phủ mỏng theo một vài phương án có thể bao gồm oxit kim loại bán dẫn như NiO , WO_3 , V_2O_5 hoặc MoO_3 . Phương án trong đó vật liệu hoạt tính thứ hai (ví dụ, loại n) bao gồm TiO_2 phủ bằng IFL kiểu lớp phủ mỏng bao gồm Al_2O_3 có thể được tạo, ví dụ, bằng tiền vật liệu như $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ hoặc vật liệu khác bất kỳ thích hợp cho việc kết tủa Al_2O_3 lên trên TiO_2 tiếp theo bởi quá trình ủ nhiệt và phủ thuốc nhuộm. Theo các phương án ví dụ trong đó lớp phủ MoO_3 thay vì được sử dụng, thì lớp phủ này có thể được tạo bằng tiền vật liệu như $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; trong khi đó lớp phủ V_2O_5 theo một vài phương án có thể được tạo bằng tiền vật liệu như NaVO_3 ; và lớp phủ WO_3 theo một vài phương án có thể được tạo bằng tiền vật liệu như $\text{NaWO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Nồng độ của tiền vật liệu (ví dụ, $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$) có thể ảnh hưởng đến chiều dày màng sau cùng (trong bản mô tả này là Al_2O_3) được kết tủa trên TiO_2 hoặc vật liệu hoạt tính khác. Vì vậy, việc cải biến nồng độ của tiền vật liệu có thể là phương pháp mà nhờ đó chiều dày màng sau cùng có thể được kiểm soát. Ví dụ,

chiều dày màng lớn hơn có thể thu được từ nồng độ tiền vật liệu lớn hơn. Chiều dày màng lớn hơn có thể không nhất thiết dẫn đến PCE lớn hơn trong thiết bị PV bao gồm lớp phủ oxit kim loại. Vì vậy, phương pháp theo một vài phương án có thể bao gồm bước phủ lớp TiO_2 (hoặc mao quản trung bình khác) bằng cách sử dụng tiền vật liệu có nồng độ nằm trong khoảng từ 0,5 đến 10,0 mM; các phương án khác có thể bao gồm bước phủ lớp bằng tiền vật liệu có nồng độ nằm trong khoảng từ 2,0 đến 6,0 mM; hoặc theo các phương án khác, khoảng từ 2,5 đến 5,5 mM.

Hơn nữa, trong bản mô tả này mặc dù được gọi là Al_2O_3 và/hoặc nhôm oxit, nhưng cần lưu ý là các tỷ lệ khác nhau của nhôm và oxy có thể được sử dụng để tạo ra nhôm oxit. Vì vậy, mặc dù một vài phương án được mô tả trong bản mô tả này được mô tả dựa vào Al_2O_3 , nhưng phần mô tả này không nhằm xác định tỷ lệ yêu cầu của nhôm trong oxy. Đúng hơn là, các phương án có thể đề xuất một hoặc nhiều hợp chất nhôm-oxit bất kỳ mà mỗi hợp chất này đều có tỷ lệ nhôm oxit theo Al_xO_y , trong đó x có thể là trị số bất kỳ, số nguyên hoặc không phải là số nguyên, nằm trong khoảng từ 1 đến 100. Theo một vài phương án, x có thể nằm trong khoảng từ 1 đến 3 (và lại không cần phải là số nguyên). Tương tự như vậy, y có thể là trị số bất kỳ, số nguyên hoặc không phải là số nguyên, nằm trong khoảng từ 0,1 đến 100. Theo một vài phương án, y có thể nằm trong khoảng từ 2 đến 4 (và lại không cần phải là số nguyên). Ngoài ra, có thể có các dạng kết tinh khác nhau của Al_xO_y theo các phương án khác nhau như dạng anpha, gama và/hoặc vô định hình của nhôm oxit.

Tương tự như vậy, trong bản mô tả này mặc dù được gọi là MoO_3 , WO_3 và V_2O_5 , nhưng các hợp chất này còn có thể được biểu diễn dưới dạng Mo_xO_y , W_xO_y và V_xO_y , một cách tương ứng. Đối với mỗi Mo_xO_y và W_xO_y , thì x có thể là trị số bất kỳ, số nguyên hoặc không phải là số nguyên, nằm trong khoảng từ 0,5 đến 100; theo một vài phương án, x có thể nằm trong khoảng từ 0,5 đến 1,5. Tương tự như vậy, y có thể là trị số bất kỳ, số nguyên hoặc không phải là số nguyên, nằm trong khoảng từ 1 đến 100. Theo một vài phương án, y có thể là trị số bất kỳ nằm trong khoảng từ 1 đến 4. Đối với V_xO_y , thì x có thể là trị số bất kỳ, số nguyên hoặc không phải là số nguyên, nằm trong khoảng từ 0,5 đến

100; theo một vài phương án, nó có thể nằm trong khoảng từ 0,5 đến 1,5. Tương tự như vậy, y có thể là trị số bất kỳ, số nguyên hoặc không phải là số nguyên, nằm trong khoảng từ 1 đến 100; theo các phương án nhất định, nó có thể là trị số nguyên hoặc không nguyên nằm trong khoảng từ 1 đến 10.

Tương tự, trong bản mô tả này theo một vài phương án minh họa thì sự tham chiếu tới CsSnI_3 không nhằm giới hạn tỷ lệ của các nguyên tố thành phần trong hợp chất xesi-thiếc-iod theo các phương án khác nhau. Một vài phương án có thể đề xuất lượng theo tỷ lượng và/hoặc không theo tỷ lượng của thiếc và ioda và vì vậy còn có thể bao gồm các tỷ lệ khác nhau của xesi, thiếc và iod như một hoặc nhiều hợp chất xesi-thiếc-iod bất kỳ, mỗi hợp chất này đều có tỷ lệ theo $\text{Cs}_x\text{Sn}_y\text{I}_z$. Theo các phương án này, x có thể là trị số bất kỳ, số nguyên hoặc không phải là số nguyên, nằm trong khoảng từ 0,1 đến 100. Theo một vài phương án, x có thể nằm trong khoảng từ 0,5 đến 1,5 (và lại không cần phải là số nguyên). Tương tự như vậy, y có thể là trị số bất kỳ, số nguyên hoặc không phải là số nguyên, nằm trong khoảng từ 0,1 đến 100. Theo một vài phương án, y có thể nằm trong khoảng từ 0,5 đến 1,5 (và lại không cần phải là số nguyên). Tương tự như vậy, z có thể là trị số bất kỳ, số nguyên hoặc không phải là số nguyên, nằm trong khoảng từ 0,1 đến 100. Theo một vài phương án, z có thể nằm trong khoảng từ 2,5 đến 3,5. Ngoài ra, CsSnI_3 có thể bị pha tạp hoặc tạo thành hợp chất với các vật liệu khác như SnF_2 , với tỷ lệ của $\text{CsSnI}_3:\text{SnF}_2$ nằm trong khoảng từ 0,1:1 đến 100:1, bao gồm tất cả các trị số (số nguyên và không phải là số nguyên) nằm ở giữa.

Ngoài ra, IFL kiểu lớp phủ mỏng có thể bao gồm lớp đôi. Vì vậy, trở lại ví dụ trong đó IFL kiểu lớp phủ mỏng bao gồm oxit kim loại (như nhôm oxit), thì IFL kiểu lớp phủ mỏng có thể bao gồm oxit kim loại + TiO_2 . IFL kiểu lớp phủ mỏng này có thể có khả năng chống tái kết hợp điện tích lớn hơn so với một mình TiO_2 hoặc vật liệu hoạt tính khác có mao quản trung bình. Hơn nữa, để tạo ra lớp TiO_2 , thì lớp phủ TiO_2 phụ thường là cần thiết để tạo ra đủ độ liên kết vật lý của hạt TiO_2 theo một vài phương án của sáng chế. Việc phủ IFL kiểu lớp phủ mỏng lớp đôi lên trên TiO_2 mao quản trung bình (hoặc vật liệu hoạt tính mao quản trung bình khác) có thể bao gồm việc kết hợp của lớp phủ

bằng cách sử dụng hợp chất bao gồm cả oxit kim loại lẫn TiCl_4 để dẫn đến IFL kiểu lớp phủ mỏng lớp đôi bao gồm hỗn hợp của oxit kim loại và lớp phủ TiO_2 phụ để có thể tạo ra sự cải thiện hiệu suất so với việc sử dụng một trong hai vật liệu riêng rẽ.

Theo một vài phương án, IFL có thể bao gồm titanat. Titanat theo một vài phương án có thể có công thức tổng quát $\text{M}'\text{TiO}_3$, trong đó: M' bao gồm cation 2+ bất kỳ. Theo một vài phương án, M' có thể bao gồm dạng cation của Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ni, Zn, Cd, Hg, Cu, Pd, Pt, Sn hoặc Pb. Theo một vài phương án, IFL có thể bao gồm một loại titanat; theo các phương án khác, IFL có thể bao gồm hai hoặc hơn hai loại titanat khác nhau. Theo một phương án, titanat có công thức SrTiO_3 . Theo một phương án khác, titanat có thể có công thức BaTiO_3 . Theo một phương án khác nữa, titanat có thể có công thức CaTiO_3 .

Thông qua việc giải thích và không hàm ý giới hạn bất kỳ, các titanat đều có cấu trúc kết tinh perovskite và tạo mầm mạnh cho quy trình biến đổi phát triển MAPbI_3 . Nói chung, các titanat cũng đáp ứng các yêu cầu khác của IFL như tính chất sắt điện, đủ độ linh hoạt của hạt mang điện tích, độ trong suốt quang học, mức năng lượng phù hợp và hằng số điện môi cao.

Vật liệu phân cách bất kỳ được mô tả trong bản mô tả này có thể còn bao gồm các thành phần pha tạp. Để cải biến đặc tính (ví dụ, điện, quang, cơ) của vật liệu phân cách, thì vật liệu theo tỷ lệ hoặc không theo tỷ lệ có thể được pha tạp với một hoặc nhiều nguyên tố (ví dụ, Na, Y, Mg, N, P) với lượng nằm trong khoảng từ nhỏ bằng 1 phần tỷ đến 50% mol. Một số ví dụ về vật liệu phân cách bao gồm: NiO , TiO_2 , SrTiO_3 , Al_2O_3 , ZrO_2 , WO_3 , V_2O_5 , MO_3 , ZnO , graphen và muội than. Ví dụ về các chất kích thích có thể có dùng cho vật liệu phân cách 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, giả halogenua (ví dụ, xyanua, xyanat, isoxyanat, fulminat, thioxyanat, isothioxyanat, azit, tetracacbonylcobaltat, carbamoyldixyanometanit, dixyanonitrosometanit, dixyanamit và trixyanometanit) và Al ở trạng thái bất kỳ trong số các trạng thái oxy hóa của nó. Trong bản mô tả này, sự tham

chiều vật liệu phân cách bị pha tạp không nhằm giới hạn tỷ lệ của các nguyên tố thành phần trong các hợp chất của vật liệu phân cách.

Fig.10 là hình vẽ giản lược thể hiện một thiết bị bằng vật liệu perovskite 4400 theo một vài phương án. Mặc dù các thành phần khác nhau của thiết bị 4400 được minh họa dưới dạng các lớp riêng biệt bao gồm vật liệu kề nhau, nhưng cần hiểu là Fig.10 là hình vẽ giản lược; vì vậy, theo các phương án phù hợp với nó có thể đề xuất các lớp riêng biệt như vậy và/hoặc các lớp gần như trộn lẫn, không kề nhau phù hợp với việc sử dụng thuật ngữ “các lớp” được mô tả ở trên trong bản mô tả này. Thiết bị 4400 bao gồm nền thứ nhất và thứ hai 4401 và 4407. Điện cực thứ nhất (ITO) 4402 được bố trí trên mặt trong của nền thứ nhất 4401 và điện cực thứ hai (Ag) 4406 được bố trí trên mặt trong của nền thứ hai 4407. Lớp hoạt tính 4450 được kẹp giữa hai điện cực 4402 và 4406. Lớp hoạt tính 4450 bao gồm IFL thứ nhất (ví dụ, SrTiO_3) 4403, vật liệu quang hoạt (ví dụ, MAPbI_3) 4404 và lớp chuyển điện tích (ví dụ, Spiro-OMeTAD) 4405.

Theo một vài phương án, các IFL kiểu lớp phủ mỏng và phương pháp phủ chúng lên trên TiO_2 được mô tả ở trên có thể được sử dụng trong các DSSC bao gồm chất điện phân lỏng. Vì vậy, trở lại ví dụ về IFL kiểu lớp phủ mỏng và trên Fig.1 chẳng hạn, DSSC trên Fig.1 có thể còn bao gồm IFL kiểu lớp phủ mỏng được mô tả ở trên được phủ lên trên lớp mao quản trung bình 1505 (nghĩa là, IFL kiểu lớp phủ mỏng có thể được đặt giữa lớp mao quản trung bình 1505 và thuốc nhuộm 1504).

Theo một phương án, thiết bị bằng vật liệu perovskite có thể được pha chế bằng cách đúc PbI_2 lên nền ITO phủ SrTiO_3 . PbI_2 có thể được chuyển đổi thành MAPbI_3 bằng quy trình nhúng. Quy trình này sẽ được mô tả chi tiết hơn dưới đây. Quy trình biến đổi này hoàn thiện hơn (khi quan sát bằng phổ quang học) so với quá trình chuẩn bị nền mà không có SrTiO_3 .

Theo một vài phương án, IFL kiểu lớp phủ mỏng được mô tả ở trên trong văn cảnh của DSSC có thể được sử dụng trong lớp phân cách bất kỳ của thiết bị bán dẫn như linh kiện PV (ví dụ, linh kiện PV lai hoặc linh kiện PV khác), tranzito hiệu ứng trường, diot phát quang, thiết bị quang học không tuyến tính, điện trở nhớ, tụ điện, bộ chỉnh lưu, anten

chính lưu, v.v.. Hơn nữa, IFL kiểu lớp phủ mỏng theo một vài phương án có thể còn được sử dụng trong các thiết bị khác nhau bất kỳ kết hợp với các hợp chất khác được mô tả trong sáng chế, bao gồm nhưng không bị giới hạn ở một hoặc nhiều bất kỳ trong số các hợp chất sau theo các phương án khác nhau của sáng chế: vật liệu truyền lỗ trống dạng rắn như vật liệu hoạt tính và chất phụ gia (như, theo một vài phương án, axit chenodeoxycholic hoặc 1,8-diiodooctan).

Theo một vài phương án, nhiều IFL được làm từ các vật liệu khác nhau có thể được bố trí liên kế nhau để tạo thành IFL phức hợp. Cấu hình này có thể bao gồm hai IFL khác nhau, ba IFL khác nhau hoặc số lượng thậm chí lớn hơn của các IFL khác nhau. IFL nhiều lớp hoặc IFL phức hợp thu được có thể được sử dụng thay vì IFL bằng một vật liệu. Ví dụ, IFL phức hợp có thể được sử dụng làm IFL 2626 và/hoặc làm IFL 2627 trong pin 2610 được thể hiện trong ví dụ trên Fig.4. Trong khi IFL phức hợp khác IFL bằng một vật liệu, thì kết cấu pin PV bằng vật liệu perovskite có các IFL nhiều lớp vẫn không khác đáng kể so với kết cấu pin PV bằng vật liệu perovskite chỉ có các IFL bằng một vật liệu.

Nói chung, IFL phức hợp có thể được chế tạo bằng cách sử dụng vật liệu bất kỳ được mô tả trong bản mô tả này khi phù hợp để làm IFL. Theo một phương án, IFL bao gồm lớp Al_2O_3 và lớp ZnO hoặc M:ZnO (ZnO bị pha tạp, ví dụ, Be:ZnO, Mg:ZnO, Ca:ZnO, Sr:ZnO, Ba:ZnO, Sc:ZnO, Y:ZnO, Nb:ZnO). Theo một phương án, IFL bao gồm lớp ZrO_2 và lớp ZnO hoặc M:ZnO. Theo các phương án nhất định, IFL bao gồm nhiều lớp. Theo một vài phương án, nói chung IFL nhiều lớp có lớp dẫn điện, lớp điện môi và lớp bán dẫn. Theo các phương án cụ thể, các lớp có thể lặp lại, ví dụ, lớp dẫn điện, lớp điện môi, lớp bán dẫn, lớp điện môi và lớp bán dẫn. Ví dụ về IFL nhiều lớp bao gồm IFL có lớp ITO, lớp Al_2O_3 , lớp ZnO và lớp Al_2O_3 thứ hai; IFL có lớp ITO, lớp Al_2O_3 , lớp ZnO, lớp Al_2O_3 thứ hai và lớp ZnO thứ hai; IFL có lớp ITO, lớp Al_2O_3 , lớp ZnO, lớp Al_2O_3 thứ hai, lớp ZnO thứ hai và lớp Al_2O_3 thứ ba; và các IFL có nhiều lớp như yêu cầu để đạt được đặc tính hiệu suất mong muốn. Như được mô tả ở trên, sự tham

chiều tỷ lệ theo tỷ lệ nhất định không nhằm giới hạn tỷ lệ của các nguyên tố thành phần trong các lớp IFL theo các phương án khác nhau.

Việc bố trí hai hoặc hơn hai IFL liền kề dưới dạng IFL phức hợp có thể tốt hơn một IFL trong pin PV bằng vật liệu perovskite trong đó các thuộc tính của mỗi vật liệu IFL có thể được tận dụng trong một IFL. Ví dụ, trong cấu trúc có lớp ITO, lớp Al_2O_3 và lớp ZnO, trong đó ITO là dẫn điện điện cực, Al_2O_3 là điện môi vật liệu và ZnO là loại chất bán dẫn loại n thì ZnO là chất nhận electron với tính chất chuyển electron rất tốt (ví dụ, độ linh hoạt). Ngoài ra, Al_2O_3 là vật liệu rất chắc chắn về vật lý dính chặt với ITO, đồng nhất hóa bề mặt bằng cách phủ khuyết tật bề mặt (ví dụ, bẫy điện tích) và cải thiện đặc tính diot của thiết bị bằng cách triệt tiêu dòng điện tối.

Fig.11 là hình vẽ giản lược thể hiện một thiết bị bằng vật liệu perovskite 4500 theo một vài phương án. Mặc dù các thành phần khác nhau của thiết bị 4500 được minh họa dưới dạng các lớp riêng biệt bao gồm vật liệu kề nhau, nhưng cần hiểu là Fig.11 là hình vẽ giản lược; vì vậy, các phương án phù hợp nó có thể đề xuất các lớp riêng biệt này và/hoặc các lớp gần như trộn lẫn, không kề nhau phù hợp với việc sử dụng thuật ngữ “các lớp” được mô tả ở trên trong bản mô tả này. Thiết bị 4500 bao gồm nền thứ nhất và thứ hai 4501 và 4508. Điện cực thứ nhất (ví dụ, ITO) 4502 được bố trí trên mặt trong của nền thứ nhất 4501 và điện cực thứ hai (ví dụ, Ag) 4507 được bố trí trên mặt trong của nền thứ hai 4508. Lớp hoạt tính 4550 bị kẹp giữa hai điện cực 4502 và 4507. Lớp hoạt tính 4550 bao gồm IFL phức hợp bao gồm IFL thứ nhất (ví dụ, Al_2O_3) 4503 và IFL thứ hai (ví dụ, ZnO) 4504, vật liệu quang hoạt (ví dụ, MAPbI_3) 4505 và lớp chuyển điện tích (ví dụ, Spiro-OMeTAD) 4506.

Fig.13 đến Fig.20 là các sơ đồ của các thiết bị bằng vật liệu perovskite theo một vài phương án. Mặc dù các thành phần khác nhau của các thiết bị được minh họa dưới dạng các lớp riêng biệt bao gồm vật liệu kề nhau, nhưng cần hiểu là các hình vẽ từ Fig.13 đến Fig.18 là các hình vẽ giản lược; vì vậy, các phương án phù hợp với chúng có thể đề xuất các lớp riêng biệt này và/hoặc các lớp gần như trộn lẫn, không kề nhau phù hợp với việc sử dụng thuật ngữ “các lớp” được mô tả ở trên trong bản mô tả này. Các thiết bị ví

dụ bao gồm các lớp và vật liệu được mô tả trong toàn bộ sáng chế. Các thiết bị có thể bao gồm lớp nền (ví dụ, thủy tinh), các lớp điện cực (ví dụ, ITO, Ag), các lớp phân cách có thể là các IFL phức hợp (ví dụ, ZnO, Al₂O₃, Y:ZnO và/hoặc Nb:ZnO), vật liệu quang hoạt (ví dụ MAPbI₃, FAPbI₃, 5-AVA·HCl: MAPbI₃ và/hoặc CHP: MAPbI₃) và lớp chuyển điện tích (ví dụ, Spiro-OMeTAD, PCDTBT, TFB, TPD, PTB7, F8BT, PPV, MDMO-PPV, MEH-PPV và/hoặc P3HT).

Fig.13 là hình vẽ giản lược thể hiện một thiết bị bằng vật liệu perovskite 6100 theo một vài phương án. Mặc dù các thành phần khác nhau của thiết bị 6100 được minh họa dưới dạng các lớp riêng biệt bao gồm vật liệu kề nhau, nhưng cần hiểu là Fig.13 là hình vẽ giản lược; vì vậy, các phương án phù hợp với nó có thể đề xuất các lớp riêng biệt này và/hoặc các lớp gần như trộn lẫn, không kề nhau phù hợp với việc sử dụng thuật ngữ “các lớp” được mô tả ở trên trong bản mô tả này. Thiết bị 6100 bao gồm nền (ví dụ, thủy tinh) 6101. Điện cực thứ nhất (ví dụ, ITO) 6102 được bố trí trên mặt trong của nền 6101 và điện cực thứ hai (ví dụ, Ag) 6107 được bố trí bên trên lớp hoạt tính 6150 bị kẹp giữa hai điện cực 6102 và 6107. Lớp hoạt tính 6150 bao gồm IFL phức hợp bao gồm IFL thứ nhất (ví dụ, Al₂O₃) 6103 và IFL thứ hai (ví dụ, ZnO) 6104, vật liệu quang hoạt (ví dụ, MAPbI₃) 6105 và lớp chuyển điện tích (ví dụ, Spiro-OMeTAD) 6106.

Fig.14 là hình vẽ giản lược thể hiện một thiết bị bằng vật liệu perovskite 6200 theo một vài phương án. Mặc dù các thành phần khác nhau của thiết bị 6200 được minh họa dưới dạng các lớp riêng biệt bao gồm vật liệu kề nhau, nhưng cần hiểu là Fig.14 là hình vẽ giản lược; vì vậy, các phương án phù hợp với nó có thể đề xuất các lớp riêng biệt này và/hoặc các lớp gần như trộn lẫn, không kề nhau phù hợp với việc sử dụng thuật ngữ “các lớp” được mô tả ở trên trong bản mô tả này. Thiết bị 6200 bao gồm nền (ví dụ, thủy tinh) 6201. Điện cực thứ nhất (ví dụ, ITO) 6202 được bố trí trên mặt trong của nền 6201 và điện cực thứ hai (ví dụ, Ag) 6206 được bố trí bên trên lớp hoạt tính 6250 bị kẹp giữa hai điện cực 6202 và 6206. Lớp hoạt tính 6250 bao gồm IFL (ví dụ, Y:ZnO) 6203, vật liệu quang hoạt (ví dụ, MAPbI₃) 6204 và lớp chuyển điện tích (ví dụ, P3HT) 6205.

Fig.15 là hình vẽ giản lược thể hiện một thiết bị bằng vật liệu perovskite 6300 theo một vài phương án. Mặc dù các thành phần khác nhau của thiết bị 6300 được minh họa dưới dạng các lớp riêng biệt bao gồm vật liệu kề nhau, nhưng cần hiểu là Fig.15 là hình vẽ giản lược; vì vậy, các phương án phù hợp với nó có thể đề xuất các lớp riêng biệt này và/hoặc các lớp gần như trộn lẫn, không kề nhau phù hợp với việc sử dụng thuật ngữ “các lớp” được mô tả ở trên trong bản mô tả này. Thiết bị 6300 bao gồm nền (ví dụ, thủy tinh) 6301. Điện cực thứ nhất (ví dụ, ITO) 6302 được bố trí trên mặt trong của nền 6301 và điện cực thứ hai (ví dụ, Ag) 6309 được bố trí bên trên lớp hoạt tính 6350 bị kẹp giữa hai điện cực 6302 và 6309. Lớp hoạt tính 6350 bao gồm IFL phức hợp bao gồm IFL thứ nhất (ví dụ, Al_2O_3) 6303, IFL thứ hai (ví dụ, ZnO) 6304, IFL thứ ba (ví dụ, Al_2O_3) 6305 và IFL thứ tư (ví dụ, ZnO) 6306, vật liệu quang hoạt (ví dụ, MAPbI_3) 6307 và lớp chuyển điện tích (ví dụ, PCDTBT) 6308.

Fig.16 là hình vẽ giản lược thể hiện một thiết bị bằng vật liệu perovskite 6400 theo một vài phương án. Mặc dù các thành phần khác nhau của thiết bị 6400 được minh họa dưới dạng các lớp riêng biệt bao gồm vật liệu kề nhau, nhưng cần hiểu là Fig.16 là hình vẽ giản lược; vì vậy, các phương án phù hợp với nó có thể đề xuất các lớp riêng biệt này và/hoặc các lớp gần như trộn lẫn, không kề nhau phù hợp với việc sử dụng thuật ngữ “các lớp” được mô tả ở trên trong bản mô tả này. Thiết bị 6400 bao gồm nền (ví dụ, thủy tinh) 6401. Điện cực thứ nhất (ví dụ, ITO) 6402 được bố trí trên mặt trong của nền 6401 và điện cực thứ hai (ví dụ, Ag) 6409 được bố trí bên trên lớp hoạt tính 6450 bị kẹp giữa hai điện cực 6402 và 6409. Lớp hoạt tính 6450 bao gồm IFL phức hợp bao gồm IFL thứ nhất (ví dụ, Al_2O_3) 6403, IFL thứ hai (ví dụ, ZnO) 6404, IFL thứ ba (ví dụ, Al_2O_3) 6405 và IFL thứ tư (ví dụ, ZnO) 6406, vật liệu quang hoạt (ví dụ, 5-AVA·HCL:MAPbI₃) 6407 và lớp chuyển điện tích (ví dụ, PCDTBT) 6408.

Fig.17 là hình vẽ giản lược thể hiện một thiết bị bằng vật liệu perovskite 6500 theo một vài phương án. Mặc dù các thành phần khác nhau của thiết bị 6500 được minh họa dưới dạng các lớp riêng biệt bao gồm vật liệu kề nhau, nhưng cần hiểu là Fig.17 là hình vẽ giản lược; vì vậy, các phương án phù hợp với nó có thể đề xuất các lớp riêng biệt này

và/hoặc các lớp gần như trộn lẫn, không kề nhau phù hợp với việc sử dụng thuật ngữ “các lớp” được mô tả ở trên trong bản mô tả này. Thiết bị 6500 bao gồm nền (ví dụ, thủy tinh) 6501. Điện cực thứ nhất (ví dụ, ITO) 6502 được bố trí trên mặt trong của nền 6501 và điện cực thứ hai (ví dụ, Ag) 6506 được bố trí bên trên lớp hoạt tính 6550 bị kẹp giữa hai điện cực 6502 và 6506. Lớp hoạt tính 6550 bao gồm IFL (ví dụ, Nb:ZnO) 6503, vật liệu quang hoạt (ví dụ, FAPbI₃) 6504 và lớp chuyển điện tích (ví dụ, P3HT) 6505.

Fig.18 là hình vẽ giản lược thể hiện một thiết bị bằng vật liệu perovskite 6600 theo một vài phương án. Mặc dù các thành phần khác nhau của thiết bị 6600 được minh họa dưới dạng các lớp riêng biệt bao gồm vật liệu kề nhau, nhưng cần hiểu là Fig.18 là hình vẽ giản lược; vì vậy, các phương án phù hợp với nó có thể đề xuất các lớp riêng biệt này và/hoặc các lớp gần như trộn lẫn, không kề nhau phù hợp với việc sử dụng thuật ngữ “các lớp” được mô tả ở trên trong bản mô tả này. Thiết bị 6600 bao gồm nền (ví dụ, thủy tinh) 6601. Điện cực thứ nhất (ví dụ, ITO) 6602 được bố trí trên mặt trong của nền 6601 và điện cực thứ hai (ví dụ, Ag) 6606 được bố trí bên trên lớp hoạt tính 6650 bị kẹp giữa hai điện cực 6602 và 6606. Lớp hoạt tính 6650 bao gồm IFL (ví dụ, Y:ZnO) 6603, vật liệu quang hoạt (ví dụ, CHP;MAPbI₃) 6604 và lớp chuyển điện tích (ví dụ, P3HT) 6605.

Fig.19 là hình vẽ giản lược thể hiện một thiết bị bằng vật liệu perovskite 6700 theo một vài phương án. Mặc dù các thành phần khác nhau của thiết bị 6700 được minh họa dưới dạng các lớp riêng biệt bao gồm vật liệu kề nhau, nhưng cần hiểu là Fig.19 là hình vẽ giản lược; vì vậy, các phương án phù hợp với nó có thể đề xuất các lớp riêng biệt này và/hoặc các lớp gần như trộn lẫn, không kề nhau phù hợp với việc sử dụng thuật ngữ “các lớp” được mô tả ở trên trong bản mô tả này. Thiết bị 6700 bao gồm nền (ví dụ, thủy tinh) 6701. Điện cực thứ nhất (ví dụ, ITO) 6702 được bố trí trên mặt trong của nền 6701 và điện cực thứ hai (ví dụ, Al) 6707 được bố trí bên trên lớp hoạt tính 6750 bị kẹp giữa hai điện cực 6702 và 6707. Lớp hoạt tính 6750 bao gồm IFL (ví dụ, SrTiO₃) 6703, vật liệu quang hoạt (ví dụ, FAPbI₃) 6704, lớp chuyển điện tích thứ nhất (ví dụ, P3HT) 6705 và lớp chuyển điện tích thứ hai (ví dụ, MoOx) 6706.

Fig.20 là hình vẽ giản lược thể hiện một thiết bị bằng vật liệu perovskite 6800 theo một vài phương án. Mặc dù các thành phần khác nhau của thiết bị 6800 được minh họa dưới dạng các lớp riêng biệt bao gồm vật liệu kề nhau, nhưng cần hiểu là Fig.16 là hình vẽ giản lược; vì vậy, các phương án phù hợp với nó có thể đề xuất các lớp riêng biệt này và/hoặc các lớp gần như trộn lẫn, không kề nhau phù hợp với việc sử dụng thuật ngữ “các lớp” được mô tả ở trên trong bản mô tả này. Thiết bị 6800 bao gồm nền (ví dụ, thủy tinh) 6801. Điện cực thứ nhất (ví dụ, ITO) 6802 được bố trí trên mặt trong của nền 6801 và điện cực thứ hai (ví dụ, Al) 6811 được bố trí bên trên lớp hoạt tính 6850 bị kẹp giữa hai điện cực 6802 và 6811. Lớp hoạt tính 6850 bao gồm IFL phức hợp bao gồm IFL thứ nhất (ví dụ, Al_2O_3) 6803, IFL thứ hai (ví dụ, ZnO) 6804, IFL thứ ba (ví dụ, Al_2O_3) 6805, IFL thứ tư (ví dụ, ZnO) 6806 và IFL thứ năm (ví dụ, Al_2O_3) 6807, vật liệu quang hoạt (ví dụ, FAPbI_3) 6808, lớp chuyển điện tích thứ nhất (ví dụ, P3HT) 6809 và lớp chuyển điện tích thứ hai (ví dụ, MoOx) 6810.

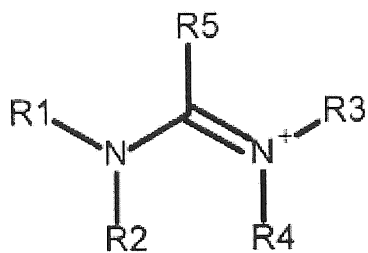
Vật liệu perovskite

Vật liệu perovskite có thể được kết hợp vào một hoặc nhiều khía cạnh khác nhau của linh kiện PV hoặc thiết bị khác. Vật liệu perovskite theo một vài phương án có thể có công thức tổng quát CMX_3 , trong đó: C bao gồm một hoặc nhiều cation (ví dụ, amin, amoni, kim loại nhóm 1, kim loại nhóm 2 và/hoặc cation khác hoặc hợp chất giống cation); M bao gồm một hoặc nhiều kim loại (ví dụ bao gồm Fe, Co, Ni, Cu, Sn, Pb, Bi, Ge, Ti và Zr); và X bao gồm một hoặc nhiều anion. Theo một vài phương án, C có thể bao gồm một hoặc nhiều cation hữu cơ.

Theo các phương án nhất định, C có thể bao gồm amoni, cation hữu cơ có công thức tổng quát $[\text{NR}_4]^+$ trong đó các nhóm R có thể là các nhóm giống hoặc khác nhau. Các nhóm R thích hợp bao gồm, nhưng không bị giới hạn ở: metyl, etyl, propyl, butyl, pentyl nhóm hoặc chất đồng phân của chúng; alkan, alken hoặc alkyn C_xH_y , bất kỳ trong đó $x = 1 - 20$, $y = 1 - 42$, mạch vòng, phân nhánh hoặc thẳng; alkyl halogenua, $\text{C}_x\text{H}_y\text{X}_z$, trong đó $x = 1 - 20$, $y = 0 - 42$, $z = 1 - 42$, $X = \text{F}, \text{Cl}, \text{Br}$ hoặc I ; nhóm thơm bất kỳ (ví dụ, phenyl, alkylphenyl, alkoxyphenyl, pyridin, naphtalen); phức vòng trong đó ít nhất một

nitơ chứa trong vòng (ví dụ, pyridin, pyrol, pyrrolidin, piperidin, tetrahydroquinolin); nhóm chứa lưu huỳnh bất kỳ (ví dụ, sulfoxit, thiol, alkyl sulfua); nhóm chứa nitơ bất kỳ (nitroxit, amin); nhóm chứa photpho bất kỳ (phosphat); nhóm chứa bo bất kỳ (ví dụ, axit boric); axit hữu cơ bất kỳ (ví dụ, axit axetic, axit propanoic); và các dẫn xuất este hoặc amit của chúng; axit amin bất kỳ (ví dụ, glyxin, xystein, prolin, axit glutamic, arginin, serin, histindin, axit 5-amonivaleric) bao gồm các dẫn xuất anpha, beta, gama và lớn hơn; nhóm chứa silic bất kỳ (ví dụ, siloxan); và alkoxy hoặc nhóm $-OCxHy$ bất kỳ, trong đó $x = 0 - 20$, $y = 1 - 42$.

Theo các phương án nhất định, C có thể bao gồm formamidini, cation hữu cơ có công thức tổng quát $[R_2NCRNR_2]^+$ trong đó các nhóm R có thể là các nhóm giống hoặc khác nhau. Các nhóm R thích hợp bao gồm, nhưng không bị giới hạn ở: nhóm hydro, metyl, etyl, propyl, butyl, pentyl hoặc chất đồng phân của chúng; alkan, alken hoặc alkyn $CxHy$ bất kỳ, trong đó $x = 1 - 20$, $y = 1 - 42$, mạch vòng, phân nhánh hoặc thẳng; alkyl halogenua, $CxHyXz$, $x = 1 - 20$, $y = 0 - 42$, $z = 1 - 42$, $X = F, Cl, Br$ hoặc I ; nhóm thom bất kỳ (ví dụ, phenyl, alkylphenl, alkoxyphenyl, pyridin, naphtalen); phức vòng trong đó ít nhất một nitơ chứa trong vòng (ví dụ, imidazol, benzimidazol, dihydropyrimidin, (azolidinylidenmetyl)pyrrolidin, triazol); nhóm chứa lưu huỳnh bất kỳ (ví dụ, sulfoxit, thiol, alkyl sulfua); nhóm chứa nitơ bất kỳ (nitroxit, amin); nhóm chứa photpho bất kỳ (phosphat); nhóm chứa bo bất kỳ (ví dụ, axit boric); axit hữu cơ bất kỳ (axit axetic, axit propanoic) và các dẫn xuất este hoặc amit của chúng; axit amin bất kỳ (ví dụ, glyxin, xystein, prolin, axit glutamic, arginin, serin, histindin, axit 5-amonivaleric) bao gồm các dẫn xuất anpha, beta, gama và lớn hơn; nhóm chứa silic bất kỳ (ví dụ, siloxan); và alkoxy hoặc nhóm $-OCxHy$ bất kỳ, trong đó $x = 0 - 20$, $y = 1 - 42$.



Công thức 1

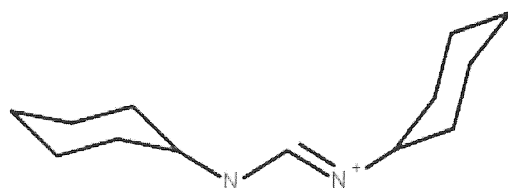
Công thức 1 minh họa cấu trúc của cation formamidini có công thức tổng quát là $[\text{R}_2\text{NCRNR}_2]^+$ được mô tả ở trên. Công thức 2 minh họa các cấu trúc ví dụ của một số cation formamidini có thể là cation “C” trong vật liệu perovskite.



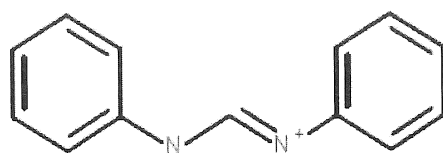
Hydroxy-[(hydroxyamino)metylen]amoni



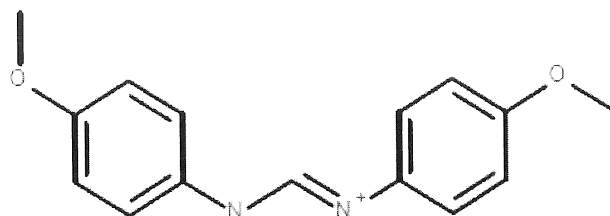
Metyl (metylaminometylen) amoni



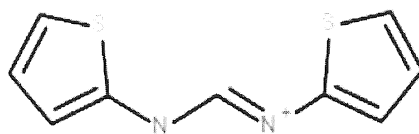
Xyclohexyl-[(xyclohexylamino)metylen]amoni



Anilinometylen(phenyl)amoni



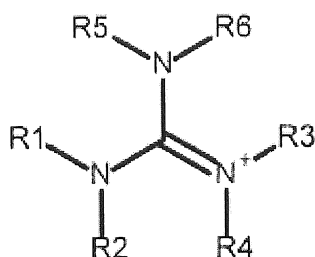
(Methoxyanilino)metylen-(4-metoxypheyl)amoni



Thienyl-[(thienylamino) metylen]amoni

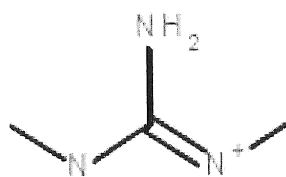
Công thức 2

Theo các phương án nhất định, C có thể bao gồm guanidin, cation hữu cơ có công thức tổng quát $[(R_2N)_2C=NR_2]^+$ trong đó các nhóm R có thể là các nhóm giống hoặc khác nhau. Các nhóm R thích hợp bao gồm, nhưng không bị giới hạn ở: nhóm hydro, metyl, etyl, propyl, butyl, pentyl hoặc chất đồng phân của chúng; alkan, alken hoặc alkyn C_xH_y bất kỳ, trong đó $x = 1 - 20$, $y = 1 - 42$, mạch vòng, phân nhánh hoặc thẳng; alkyl halogenua, $C_xH_yX_z$, $x = 1 - 20$, $y = 0 - 42$, $z = 1 - 42$, $X = F, Cl, Br$ hoặc I ; nhóm thơm bất kỳ (ví dụ, phenyl, alkylphenyl, alkoxyphenyl, pyridin, naphtalen); phức vòng trong đó ít nhất một nitơ chứa trong vòng (ví dụ, octahydropyrimido[1,2-a]pyrimidin, pyrimido[1,2-a]pyrimidin, hexahydroimidazo[1,2-a]imidazol, hexahydropyrimidin-2-imin); nhóm chứa lưu huỳnh bất kỳ (ví dụ, sulfoxit, thiol, alkyl sulfua); nhóm chứa nitơ bất kỳ (nitroxit, amin); nhóm chứa photpho bất kỳ (phosphat); nhóm chứa bo bất kỳ (ví dụ, axit boric); axit hữu cơ bất kỳ (axit axetic, axit propanoic) và các dẫn xuất este hoặc amit của chúng; axit amin bất kỳ (ví dụ, glyxin, xystein, prolin, axit glutamic, arginin, serin, histindin, axit 5-amonivaleric) bao gồm các dẫn xuất anpha, beta, gama và lớn hơn; nhóm chứa silic bất kỳ (ví dụ, siloxan); và alkoxy hoặc nhóm $-OC_xH_y$ bất kỳ, trong đó $x = 0 - 20$, $y = 1 - 42$.

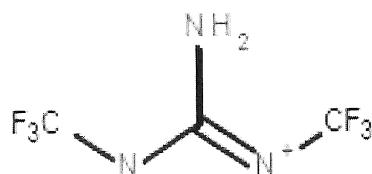


Công thức 3

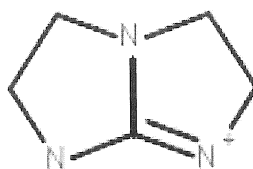
Công thức 3 minh họa cấu trúc của cation guanidin có công thức tổng quát là $[(R_2N)_2C=NR_2]^+$ được mô tả ở trên. Công thức 4 minh họa ví dụ về cấu trúc của một số cation guanidin có thể là cation “C” trong vật liệu perovskite.



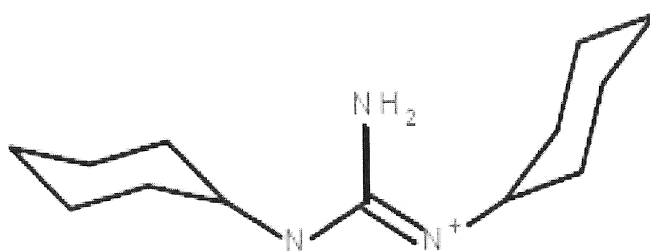
[Amino(metylamino)metylen]-metyl-amoni



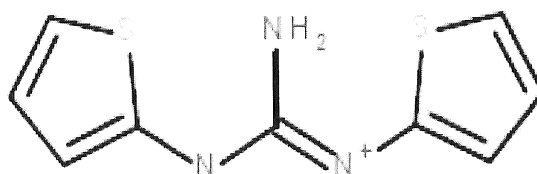
[Amino(triflometylamino)metylen]-(triflometyl)amoni



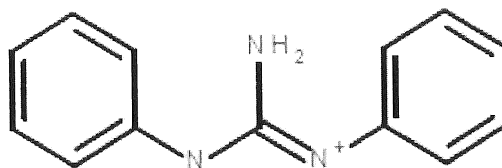
2,3,5,6-Tetrahydro-1H-imidazol[1,2-a]imidazol-7i



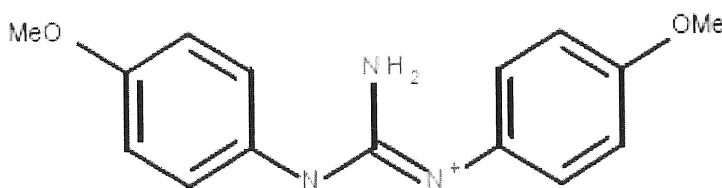
[Amino(xyclohexylamino)metylen]-xyclohexyl-amoni



[Amino-(2-thienylamino)metylen]-(2-thienyl)amoni



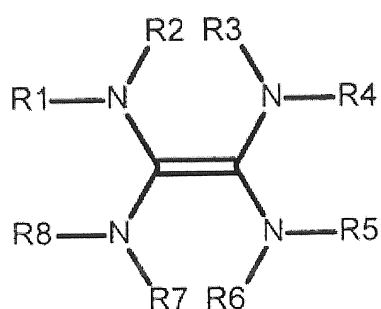
[Amino-(anilino)metylen]-phenyl-amoni



[Amino-(4-metoxyanilino)metylen]-(4-metoxyphenyl)amoni

Công thức 4

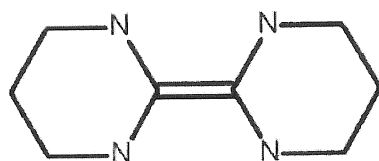
Theo các phương án nhất định, C có thể bao gồm cation eten tetramin, cation hữu cơ có công thức tổng quát $[(R_2N)_2C=C(NR_2)_2]^+$ trong đó các nhóm R có thể là các nhóm giống hoặc khác nhau. Các nhóm R thích hợp bao gồm, nhưng không bị giới hạn ở: nhóm hydro, methyl, ethyl, propyl, butyl, pentyl hoặc chất đồng phân của chúng; alkan, alken hoặc alkyn C_xH_y bất kỳ, trong đó $x = 1 - 20$, $y = 1 - 42$, mạch vòng, phân nhánh hoặc thẳng; alkyl halogenua, $C_xH_yX_z$, $x = 1 - 20$, $y = 0 - 42$, $z = 1 - 42$, $X = F, Cl, Br$ hoặc I ; nhóm thơm bất kỳ (ví dụ, phenyl, alkylphenyl, alkoxyphenyl, pyridin, naphtalen); phức vòng trong đó ít nhất một nitơ chứa trong vòng (ví dụ, 2-hexahydropyrimidini-2-ylidenehexahydropyrimidin, octahydropyrazino[2,3-b]pyrazin, pyrazino[2,3-b]pyrazin, quinoxalino[2,3-b]quinoxalin); nhóm chứa lưu huỳnh bất kỳ (ví dụ, sulfoxit, thiol, alkyl sulfua); nhóm chứa nitơ bất kỳ (nitroxit, amin); nhóm chứa photpho bất kỳ (phosphat); nhóm chứa bo bất kỳ (ví dụ, axit boric); axit hữu cơ bất kỳ (axit axetic, axit propanoic) và các dẫn xuất este hoặc amit của chúng; axit amin bất kỳ (ví dụ, glyxin, xystein, prolin, axit glutamic, arginin, serin, histindin, axit 5-amonivaleric) bao gồm các dẫn xuất anpha, beta, gama và lớn hơn; nhóm chứa silic bất kỳ (ví dụ, siloxan); và alkoxy hoặc nhóm $-OC_xH_y$ bất kỳ, trong đó $x = 0 - 20$, $y = 1 - 42$.



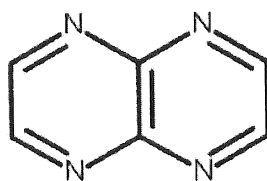
Công thức 5

Công thức 5 minh họa cấu trúc của cation eten tetramin có công thức tổng quát là $[(R_2N)_2C=C(NR_2)_2]^+$ được mô tả ở trên. Công thức 6 minh họa ví dụ về cấu trúc của một số eten tetramin ion có thể là cation “C” trong vật liệu perovskite.

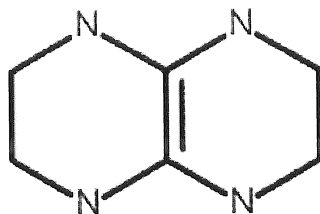
2-hexahydropyrimidin-2-ylidenhexahydropyrimidin



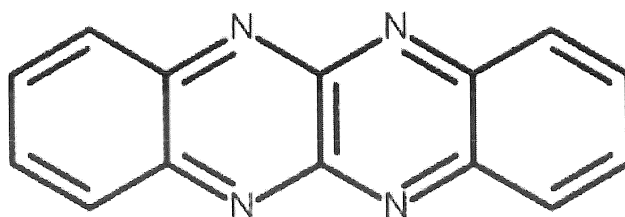
pyrazino[2,3-b]pyrazin



1,2,3,4,5,6,7,8-octahydropyrazino[2,3-b]pyrazin



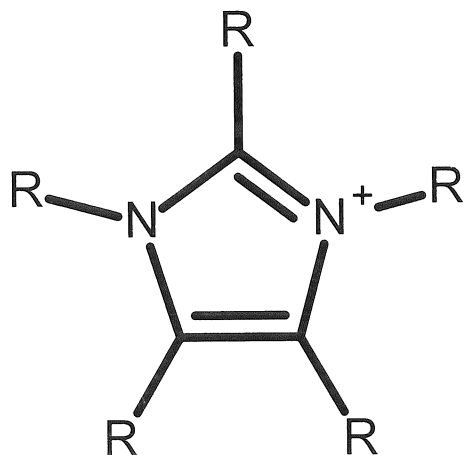
quinoxalino[2,3-b]quinoxalin



Công thức 6

Theo các phương án nhất định, C có thể bao gồm cation imidazoli, cation hữu cơ vòng thơm có công thức tổng quát $[CRNRCRNRCR]^+$ trong đó các nhóm R có thể là các nhóm giống hoặc khác nhau. Các nhóm R thích hợp có thể bao gồm, nhưng không bị giới hạn ở: nhóm hydro, metyl, etyl, propyl, butyl, pentyl hoặc chất đồng phân của chúng; alkan, alken hoặc alkyn C_xH_y bất kỳ, trong đó $x = 1 - 20$, $y = 1 - 42$, mạch vòng, phân nhánh hoặc thẳng; alkyl halogenua, C_xH_yXz , $x = 1 - 20$, $y = 0 - 42$, $z = 1 - 42$, $X = F, Cl, Br$ hoặc I ; nhóm thơm bất kỳ (ví dụ, phenyl, alkylphenyl, alkoxyphenyl, pyridin, naphthalen); phức vòng trong đó ít nhất một nitơ chứa trong vòng (ví dụ, 2-hexahydropyrimidin-2-ylidenhexahydropyrimidin, octahydropyrazino[2,3-b]pyrazin, pyrazino[2,3-b]pyrazin, quinoxalino[2,3-b]quinoxalin); nhóm chứa lưu huỳnh bất kỳ (ví dụ, sulfoxit, thiol, alkyl sulfua); nhóm chứa nitơ bất kỳ (nitroxit, amin); nhóm chứa photpho bất kỳ (phosphat); nhóm chứa bo bất kỳ (ví dụ, axit boric); axit hữu cơ bất kỳ (axit axetic, axit propanoic) và các dẫn xuất este hoặc amit của chúng; axit amin bất kỳ (ví dụ, glyxin, xystein, prolin, axit glutamic, arginin, serin, histindin, axit 5-amonivaleric)

bao gồm các dẫn xuất anpha, beta, gama và lớn hơn; nhóm chứa silic bất kỳ (ví dụ, siloxan); và alkoxy hoặc nhóm $-OC_xHy$ bất kỳ, trong đó $x = 0 - 20$, $y = 1 - 42$.



Công thức 7

Theo một vài phương án, X có thể bao gồm một hoặc nhiều halogenua. Theo các phương án nhất định, thì X còn có thể bao gồm anion nhóm 16. Theo các phương án nhất định, anion nhóm 16 có thể là sulfua hoặc selenua. Theo các phương án nhất định, thì X còn có thể bao gồm một hoặc nhiều giả halogenua (ví dụ, xyanua, xyanat, isoxyanat, fulminat, thioxyanat, isothioxyanat, azit, tetracacbonylcobaltat, carbamoyldixyanometanit, dixyanonitrosometanit, dixyanamit và trixyanometanit). Theo một vài phương án, mỗi cation hữu cơ C đều có thể lớn hơn mỗi kim loại M và mỗi anion X đều có thể liên kết với cả cation C lẫn kim loại M. Ví dụ về vật liệu perovskite theo các phương án khác nhau bao gồm $CsSnI_3$ (được mô tả ở trên trong bản mô tả này) và $Cs_xSn_yI_z$ (với x, y và z thay đổi theo phần mô tả ở trên). Các ví dụ khác bao gồm các hợp chất có công thức tổng quát $CsSnX_3$, trong đó X có thể là một hoặc nhiều bất kỳ trong số: I_3 , $I_{2,95}F_{0,05}$, I_2Cl , ICl_2 , và Cl_3 . Theo các phương án khác, X có thể bao gồm một hoặc nhiều bất kỳ trong số I, Cl, F và Br với lượng sao cho tổng tỷ lệ của X so với Cs và Sn dẫn đến tỷ lệ chung của $CsSnX_3$. Theo một vài phương án, tỷ lệ kết hợp của các nguyên tố tạo thành X có thể tuân theo quy tắc giống I_z được mô tả ở trên đối với $Cs_xSn_yI_z$. Các ví dụ khác nữa bao gồm các hợp chất có công thức tổng quát RNH_3PbX_3 ,

trong đó R có thể là C_nH_{2n+1} , với n nằm trong khoảng từ 0 đến 10 và X có thể bao gồm một hoặc nhiều bất kỳ trong số F, Cl, Br và I với lượng sao cho tổng tỷ lệ của X so với cation RNH_3 và kim loại Pb dẫn đến tỷ lệ chung của RNH_3PbX_3 . Hơn nữa, một số ví dụ cụ thể về R bao gồm H, mạch alkyl (ví dụ, CH_3 , CH_3CH_2 , $CH_3CH_2CH_2$ và v.v.) và axit amin (ví dụ, glyxin, xystein, prolin, axit glutamic, arginin, serin, histindin, axit 5-amonivaleric) bao gồm các dẫn xuất anpha, beta, gama và lớn hơn.

Kết cấu thiết bị phức hợp bằng vật liệu perovskite

Theo một vài phương án, sáng chế có thể đề xuất kết cấu phức hợp của linh kiện PV và các thiết bị tương tự khác (ví dụ, ắc quy, ắc quy PV lai, FET, LED v.v.) bao gồm một hoặc nhiều vật liệu perovskite. Ví dụ, một hoặc nhiều vật liệu perovskite có thể là một trong hai hoặc cả hai vật liệu hoạt tính thứ nhất và thứ hai theo một vài phương án (ví dụ, vật liệu hoạt tính 2810 và 2815 trên Fig.5). Nói chung hơn, một vài phương án của sáng chế đề xuất linh kiện PV hoặc các thiết bị khác có lớp hoạt tính bao gồm một hoặc nhiều vật liệu perovskite. Theo các phương án này, vật liệu perovskite (nghĩa là, vật liệu bao gồm một hoặc nhiều vật liệu perovskite bất kỳ) có thể được sử dụng trong lớp hoạt tính của các cấu trúc khác nhau. Hơn nữa, vật liệu perovskite có thể có (các) chức năng của một hoặc nhiều thành phần bất kỳ của lớp hoạt tính (ví dụ, vật liệu chuyển điện tích, vật liệu mao quản trung bình, vật liệu quang hoạt và/hoặc vật liệu phân cách, mỗi trong số chúng sẽ được mô tả chi tiết hơn dưới đây). Theo một vài phương án, các vật liệu perovskite giống nhau có thể có nhiều chức năng này, mặc dù theo các phương án khác, thì nhiều vật liệu perovskite có thể được bao gồm trong thiết bị, mỗi vật liệu perovskite này có một hoặc nhiều chức năng này. Theo các phương án nhất định, vật liệu perovskite có thể có vai trò bất kỳ, thì nó có thể được điều chế và/hoặc có trong thiết bị ở các trạng thái khác nhau. Ví dụ, nó có thể gần như là chất rắn theo một vài phương án. Theo các phương án khác, nó có thể là dung dịch (ví dụ, vật liệu perovskite có thể được hòa tan trong chất lỏng và có trong chất lỏng này với loại ion phụ riêng của nó); hoặc nó có thể là huyền phù (ví dụ, của các hạt vật liệu perovskite). Dung dịch hoặc huyền phù có thể được phủ hoặc theo cách khác được kết tủa trong thiết bị (ví dụ, trên một thành phần khác của

thiết bị như lớp mao quản trung bình, phân cách, chuyển điện tích, quang hoạt hoặc khác và/hoặc trên điện cực). Vật liệu perovskite theo một vài phương án có thể được tạo tại chỗ trên bề mặt của một thành phần khác của thiết bị (ví dụ, bằng sự kết tủa hơi dưới dạng màng mỏng rắn). Các biện pháp thích hợp khác bất kỳ để tạo ra lớp chất rắn hoặc chất lỏng bao gồm vật liệu perovskite đều có thể được sử dụng.

Nói chung, thiết bị bằng vật liệu perovskite có thể bao gồm điện cực thứ nhất, điện cực thứ hai và lớp hoạt tính bao gồm vật liệu perovskite, lớp hoạt tính được bố trí ít nhất một phần giữa điện cực thứ nhất và thứ hai. Theo một vài phương án, điện cực thứ nhất có thể là một trong hai anot và catot và điện cực thứ hai có thể là điện cực còn lại trong hai anot và catot. Lớp hoạt tính theo các phương án nhất định có thể bao gồm một hoặc nhiều thành phần lớp hoạt tính bất kỳ, bao gồm một hoặc nhiều bất kỳ trong số: vật liệu chuyển điện tích; chất điện phân lỏng; vật liệu mao quản trung bình; vật liệu quang hoạt (ví dụ, thuốc nhuộm, silic, catmi telurua, catmi sulfua, catmi selenua, đồng indi gali selenua, gali arsenua, gecmani indi phosphua, polyme bán dẫn, các vật liệu quang hoạt khác)); và vật liệu phân cách. Một hoặc nhiều bất kỳ trong số các thành phần lớp hoạt tính này có thể bao gồm một hoặc nhiều vật liệu perovskite. Theo một vài phương án, một số hoặc tất cả các thành phần lớp hoạt tính có thể toàn bộ hoặc một phần được bố trí trong các lớp phụ. Ví dụ, lớp hoạt tính có thể bao gồm một hoặc nhiều bất kỳ trong số: lớp phân cách chứa vật liệu phân cách; lớp mao quản trung bình bao gồm vật liệu mao quản trung bình; và lớp chuyển điện tích bao gồm vật liệu chuyển điện tích. Theo một vài phương án, vật liệu quang hoạt như thuốc nhuộm có thể được phủ hoặc theo cách khác được bố trí trên một hoặc nhiều bất kỳ trong số các lớp này. Theo các phương án nhất định, một hoặc nhiều lớp bất kỳ có thể được phủ bằng chất điện phân lỏng. Hơn nữa, lớp phân cách có thể được bao gồm giữa hai hoặc hơn hai lớp khác bất kỳ của lớp hoạt tính theo một vài phương án và/hoặc giữa lớp và lớp phủ (như giữa thuốc nhuộm và lớp mao quản trung bình) và/hoặc giữa hai lớp phủ (như giữa chất điện phân lỏng và thuốc nhuộm) và/hoặc giữa thành phần lớp hoạt tính và điện cực. Sự tham chiếu các lớp trong bản mô tả này có thể bao gồm hoặc bố trí cuối cùng (ví dụ, các phần gần như riêng biệt

của mỗi vật liệu có thể được tạo riêng rẽ trong thiết bị) và/hoặc sự tham chiếu một lớp có thể có nghĩa là sự bố trí khi chế tạo thiết bị bất chấp khả năng trộn lẫn tiếp theo của (các) vật liệu trong mỗi lớp. Theo một vài phương án, các lớp có thể là riêng biệt và bao gồm vật liệu gần như kề nhau (ví dụ, các lớp có thể được minh họa cách điệu trên Fig.1). Theo các phương án khác, các lớp có thể gần như trộn lẫn (như trong trường hợp của, ví dụ, pin BHJ, lai và một số DSSC), một ví dụ về chúng được thể hiện bằng vật liệu hoạt tính thứ nhất và thứ hai 2618 và 2620 trong lớp quang hoạt 2616 trên Fig.4. Theo một vài phương án, thiết bị có thể bao gồm hỗn hợp của hai kiểu lớp này, như cũng được thể hiện bằng thiết bị trên Fig.4 chứa các lớp kề nhau riêng biệt 2627, 2626 và 2622 ngoài lớp quang hoạt 2616 còn bao gồm các lớp trộn lẫn của vật liệu hoạt tính thứ nhất và thứ hai 2618 và 2620. Trong trường hợp bất kỳ, theo các phương án nhất định thì hai hoặc hơn hai lớp bất kỳ thuộc loại bất kỳ có thể được bố trí liền kề nhau (và/hoặc trộn lẫn với nhau) theo cách để đạt được diện tích mặt tiếp xúc lớn. Theo các phương án nhất định, lớp bao gồm vật liệu perovskite có thể được bố trí liền kề một hoặc nhiều lớp khác để đạt được diện tích mặt tiếp xúc lớn (ví dụ, nếu vật liệu perovskite có độ linh hoạt của điện tích thấp). Theo các phương án khác, diện tích mặt tiếp xúc lớn có thể không cần thiết (ví dụ, nếu vật liệu perovskite có độ linh hoạt của điện tích cao).

Thiết bị bằng vật liệu perovskite theo một vài phương án tùy chọn có thể bao gồm một hoặc nhiều nền. Theo một vài phương án, một trong hai hoặc cả hai điện cực thứ nhất và thứ hai đều có thể được phủ hoặc theo cách khác được bố trí trên nền sao cho điện cực được bố trí gần như giữa nền và lớp hoạt tính. Thành phần của các vật liệu của thiết bị (ví dụ, nền, điện cực, lớp hoạt tính và/hoặc thành phần lớp hoạt tính) có thể toàn bộ hoặc một phần hoặc cứng hoặc mềm theo các phương án khác nhau. Theo một vài phương án, điện cực có thể là nền, bằng cách này không cần đến nền riêng rẽ.

Hơn nữa, thiết bị bằng vật liệu perovskite theo các phương án nhất định tùy chọn có thể bao gồm vật liệu thu ánh sáng (ví dụ, trong lớp thu ánh sáng như lớp thu ánh sáng 1601 được biểu thị trong linh kiện PV ví dụ được biểu diễn trên Fig.2). Ngoài ra, thiết bị bằng vật liệu perovskite có thể bao gồm một hoặc nhiều chất phụ gia bất kỳ như một hoặc

nhiều bất kỳ trong số các chất phụ gia được mô tả ở trên theo một vài phương án của sáng chế.

Phần mô tả một số trong số các vật liệu khác nhau có thể được bao gồm trong thiết bị bằng vật liệu perovskite sẽ được thực hiện một phần dựa vào Fig.7. Fig.7 là hình vẽ giản lược thể hiện một thiết bị bằng vật liệu perovskite 3900 theo một vài phương án. Mặc dù các thành phần khác nhau của thiết bị 3900 được minh họa dưới dạng các lớp riêng biệt bao gồm vật liệu kề nhau, nhưng cần hiểu là Fig.7 là sơ đồ; vì vậy, các phương án phù hợp với nó có thể đề xuất các lớp riêng biệt này và/hoặc các lớp gần như trộn lẫn, không kề nhau phù hợp với việc sử dụng thuật ngữ “các lớp” được mô tả ở trên trong bản mô tả này. Thiết bị 3900 bao gồm nền thứ nhất và thứ hai 3901 và 3913. Điện cực thứ nhất 3902 được bố trí trên mặt trong của nền thứ nhất 3901 và điện cực thứ hai 3912 được bố trí trên mặt trong của nền thứ hai 3913. Lớp hoạt tính 3950 bị kẹp giữa hai điện cực 3902 và 3912. Lớp hoạt tính 3950 bao gồm lớp mao quản trung bình 3904; vật liệu quang hoạt thứ nhất và thứ hai 3906 và 3908; lớp chuyển điện tích 3910 và một số lớp phân cách. Hơn nữa, Fig.7 còn minh họa thiết bị ví dụ 3900 theo các phương án trong đó các lớp phụ của lớp hoạt tính 3950 được phân tách bằng các lớp phân cách và hơn nữa trong đó các lớp phân cách được bố trí trên mỗi điện cực 3902 và 3912. Cụ thể là, lớp phân cách thứ hai, thứ ba và thứ tư 3905, 3907 và 3909 lần lượt được bố trí giữa mỗi lớp mao quản trung bình 3904, vật liệu quang hoạt thứ nhất 3906, vật liệu quang hoạt thứ hai 3908 và lớp chuyển điện tích 3910. Lớp phân cách thứ nhất và thứ năm 3903 và 3911 lần lượt được bố trí giữa (i) điện cực thứ nhất 3902 và lớp mao quản trung bình 3904; và (ii) lớp chuyển điện tích 3910 và điện cực thứ hai 3912. Vì vậy, cấu trúc của thiết bị ví dụ được biểu thị trên Fig.7 có thể đặc trưng dưới dạng: nền-điện cực-lớp hoạt tính-điện cực-nền. Cấu trúc của lớp hoạt tính 3950 có thể đặc trưng dưới dạng: lớp phân cách-lớp mao quản trung bình-lớp phân cách-vật liệu quang hoạt-lớp phân cách-vật liệu quang hoạt-lớp phân cách-lớp chuyển điện tích-lớp phân cách. Như đã lưu ý ở trên, theo một vài phương án, thì không cần có các lớp phân cách; hoặc chỉ một hoặc nhiều lớp phân cách có thể

được bao gồm giữa các thành phần nhất định, nhưng không phải tất cả của lớp hoạt tính và/hoặc các thành phần của thiết bị.

Nền như một trong hai hoặc cả hai nền thứ nhất và thứ hai 3901 và 3913 đều có thể mềm hoặc cứng. Nếu hai nền được bao gồm, thì ít nhất một cần trong suốt hoặc trong mờ đối với bức xạ điện từ (electromagnetic: EM) (như, ví dụ, UV, bức xạ nhìn thấy hoặc IR). Nếu một nền được bao gồm, thì tương tự nó có thể trong suốt hoặc trong mờ mặc dù miễn là nó không phải là phần thiết bị cho phép bức xạ EM tiếp xúc với lớp hoạt tính 3950. Vật liệu nền thích hợp bao gồm một hoặc nhiều bất kỳ trong số: thủy tinh; saphia; magie oxit (MgO); mica; polyme (ví dụ, PET, PEG, polypropylen, polyetylen, v.v.); gốm; vải (ví dụ, bông, lụa, len); gỗ; tường khô; kim loại; và các hỗn hợp của chúng.

Như lưu ý ở trên, điện cực (ví dụ, một trong hai điện cực 3902 và 3912 trên Fig.7) có thể là hoặc anot hoặc catot. Theo một vài phương án, một điện cực có thể là catot và điện cực còn lại có thể là anot. Một trong hai hoặc cả hai điện cực 3902 và 3912 đều có thể được nối với dây dẫn, cáp dẫn, dây điện hoặc phương tiện khác cho phép chuyển điện tích đến và/hoặc ra khỏi thiết bị 3900. Điện cực có thể được tạo thành từ vật liệu dẫn điện bất kỳ và ít nhất một điện cực cần trong suốt hoặc trong mờ đối với bức xạ EM và/hoặc được bố trí theo cách cho phép bức xạ EM tiếp xúc với ít nhất phần lớp hoạt tính 3950. Vật liệu điện cực thích hợp có thể bao gồm một hoặc nhiều bất kỳ trong số: indi thiếc oxit hoặc indi oxit pha thiếc (ITO); thiếc oxit pha flo (FTO); catmi oxit (CdO); kẽm indi thiếc oxit (ZITO); nhôm kẽm oxit (AZO); nhôm (Al); vàng (Au); canxi (Ca); magie (Mg); titan (Ti); thép; cacbon (và các chất thù hình của nó); và các hỗn hợp của chúng.

Vật liệu mao quản trung bình (ví dụ, vật liệu được bao gồm trong lớp mao quản trung bình 3904 trên Fig.7) có thể bao gồm bất kỳ vật liệu có lỗ (vật liệu xốp). Theo một vài phương án, các lỗ có thể có đường kính nằm trong khoảng từ 1 đến 100 nm; theo các phương án khác, đường kính lỗ có thể nằm trong khoảng từ 2 đến 50 nm. Vật liệu mao quản trung bình thích hợp bao gồm một hoặc nhiều bất kỳ trong số: vật liệu phân cách và/hoặc vật liệu mao quản trung bình bất kỳ được mô tả ở một chỗ nào khác trong bản mô tả này; nhôm (Al); bitmut (Bi); indi (In); molybden (Mo); niobi (Nb); niken (Ni); silic

(Si); titan (Ti); vanadi (V); kẽm (Zn); ziriconi (Zr); oxit của một hoặc nhiều bất kỳ trong số các kim loại này (ví dụ, nhôm oxit, xeri oxit, titan oxit, kẽm oxit, ziriconi oxit, v.v.); sulfua của một hoặc nhiều bất kỳ trong số các kim loại này; nitrua của một hoặc nhiều bất kỳ trong số các kim loại này; và các hỗn hợp của chúng.

Vật liệu quang hoạt (ví dụ, vật liệu quang hoạt thứ nhất hoặc thứ hai 3906 hoặc 3908 trên Fig.7) có thể bao gồm hợp chất quang hoạt bất kỳ như một hoặc nhiều bất kỳ trong số silic (trong một số trường hợp, silic đơn tinh thể), catmi telurua, catmi sulfua, catmi selenua, đồng indi gali selenua, gali arsenua, gecmani indi phosphua, một hoặc nhiều polyme bán dẫn và các hỗn hợp của chúng. Theo các phương án nhất định, vật liệu quang hoạt còn có thể bao gồm thuốc nhuộm (ví dụ, thuốc nhuộm N719, N3, gốc ruteni khác). Theo một vài phương án, thuốc nhuộm (có thành phần bất kỳ) có thể được phủ lên trên một lớp khác (ví dụ, lớp mao quản trung bình và/hoặc lớp phân cách). Theo một vài phương án, vật liệu quang hoạt có thể bao gồm một hoặc nhiều vật liệu perovskite. Chất quang hoạt chứa vật liệu perovskite có thể có dạng rắn hoặc theo một vài phương án nó có thể có dạng thuốc nhuộm bao gồm huyền phù hoặc dung dịch bao gồm vật liệu perovskite. Dung dịch hoặc huyền phù này có thể được phủ lên trên các thành phần thiết bị khác theo cách giống các thuốc nhuộm khác. Theo một vài phương án, vật liệu chứa vật liệu perovskite dạng rắn có thể được kết tủa bằng biện pháp thích hợp bất kỳ (ví dụ, kết tủa hơi, kết tủa dung dịch, đặt trực tiếp vật liệu rắn, v.v.). Thiết bị theo các phương án khác nhau có thể bao gồm một, hai, ba hoặc hơn ba hợp chất quang hoạt (ví dụ, một, hai, ba hoặc hơn ba vật liệu perovskite, thuốc nhuộm hoặc các hỗn hợp của chúng). Theo các phương án nhất định, nhiều thuốc nhuộm hoặc vật liệu quang hoạt khác, mỗi hai hoặc hơn hai thuốc nhuộm hoặc vật liệu quang hoạt khác có thể được phân tách bằng một hoặc nhiều lớp phân cách. Theo một vài phương án, nhiều thuốc nhuộm và/hoặc hợp chất quang hoạt có thể ít nhất được trộn lẫn một phần.

Vật liệu chuyển điện tích (ví dụ, vật liệu chuyển điện tích của lớp chuyển điện tích 3910 trên Fig.7) có thể bao gồm vật liệu chuyển điện tích ở trạng thái rắn (nghĩa là, chất điện phân ở trạng thái rắn có nhãn thông tục) hoặc nó có thể bao gồm chất điện phân lỏng

và/hoặc chất lỏng mang ion. Bất kỳ trong số chất điện phân lỏng, chất lỏng mang ion và vật liệu chuyển điện tích ở trạng thái rắn đều có thể được gọi là vật liệu chuyển điện tích. Khi được sử dụng trong bản mô tả này, thì thuật ngữ “vật liệu chuyển điện tích” chỉ vật liệu, chất rắn, chất lỏng hoặc khác bất kỳ, có khả năng thu thập các hạt mang điện tích và/hoặc chuyển các hạt mang điện tích. Ví dụ, trong thiết bị PV theo một vài phương án thì vật liệu chuyển điện tích có thể có khả năng chuyển các hạt mang điện tích đến điện cực. Các hạt mang điện tích có thể bao gồm các lỗ trống (việc chuyển chúng có thể làm cho vật liệu chuyển điện tích giống “vật liệu truyền lỗ trống” được dán nhãn đúng) và các electron. Các lỗ trống có thể được chuyển về phía anot và các electron về phía catot tùy thuộc vào vị trí của vật liệu chuyển điện tích so với hoặc catot hoặc anot trong linh kiện PV hoặc thiết bị khác. Ví dụ thích hợp về vật liệu chuyển điện tích theo một vài phương án có thể bao gồm một hoặc nhiều bất kỳ trong số: vật liệu perovskite; I^-/I_3^- ; phức Co; polythiophen (ví dụ, poly(3-hexylthiophen) và các dẫn xuất của nó hoặc P3HT); copolyme gốc carbazol như polyheptadecanylcarbazol, dithienylbenzothiadiazol và các dẫn xuất của chúng (ví dụ, PCDTBT); các copolyme khác như polyxyclopentadithiophen-benzothiadiazol và các dẫn xuất của chúng (ví dụ, PCPDTBT), polybenzodithiophenyl-thienothiophendiyl và các dẫn xuất của nó (ví dụ, PTB6, PTB7, PTB7-th, PCE-10); hợp chất poly(triaryl amin) và các dẫn xuất của nó (ví dụ, PTAA); Spiro-OMeTAD; polyphenylen vinylen và các dẫn xuất của nó (ví dụ, MDMO-PPV, MEH-PPV); fuloren và/hoặc dẫn xuất của fuloren (ví dụ, C60, PCBM); và các hỗn hợp của chúng. Theo các phương án nhất định, vật liệu chuyển điện tích có thể bao gồm vật liệu, chất rắn hoặc chất lỏng bất kỳ có khả năng thu thập các hạt mang điện tích (các electron hoặc lỗ trống) và/hoặc có khả năng chuyển các hạt mang điện tích. Do đó, vật liệu chuyển điện tích theo một vài phương án có thể là vật liệu hoạt tính và/hoặc bán dẫn loại n hoặc p. Vật liệu chuyển điện tích có thể được bố trí gần một trong hai điện cực của thiết bị. Theo một vài phương án, nó có thể được bố trí liền kề điện cực, mặc dù theo các phương án khác thì lớp phân cách có thể được bố trí giữa vật liệu chuyển điện tích và điện cực (như được thể hiện, ví dụ, trên Fig.7 với lớp phân cách thứ năm 3911). Theo các phương án nhất định, loại vật liệu chuyển điện tích có thể được chọn dựa vào điện cực

mà nó gần đó. Ví dụ, nếu vật liệu chuyển điện tích thu thập và/hoặc vận chuyển các lỗ trống, thì nó có thể ở gần anot để vận chuyển các lỗ trống đến anot. Tuy nhiên, vật liệu chuyển điện tích thay vì có thể được đặt gần catot và được chọn hoặc chế tạo để vận chuyển các electron đến catot.

Như lưu ý ở trên, thiết bị theo các phương án khác nhau tùy chọn có thể bao gồm lớp phân cách giữa hai lớp và/hoặc vật liệu khác nhau bất kỳ, mặc dù thiết bị theo một vài phương án không cần chứa các lớp phân cách bất kỳ. Vì vậy, ví dụ, thiết bị bằng vật liệu perovskite có thể không chứa, chứa một, hai, ba, bốn, năm hoặc hơn năm lớp phân cách (như thiết bị ví dụ trên Fig.7 chứa năm lớp phân cách 3903, 3905, 3907, 3909 và 3911). Lớp phân cách có thể bao gồm lớp phân cách kiểu lớp phủ mỏng theo các phương án được mô tả ở trên trong bản mô tả này (ví dụ, bao gồm nhôm oxit và/hoặc các hạt oxit kim loại khác và/hoặc lớp đôi titan oxit/oxit kim loại và/hoặc các hợp chất khác theo lớp phân cách kiểu lớp phủ mỏng được mô tả ở một chỗ nào khác trong bản mô tả này). Lớp phân cách theo một vài phương án có thể bao gồm vật liệu thích hợp bất kỳ để tăng khả năng chuyển và/hoặc thu thập điện tích giữa hai lớp hoặc vật liệu; nó có thể cũng giúp ngăn ngừa hoặc giảm khả năng tái kết hợp điện tích ngay khi điện tích đã được chuyển ra khỏi một trong số các vật liệu liền kề lớp phân cách. Vật liệu phân cách thích hợp có thể bao gồm một hoặc nhiều bất kỳ trong số: vật liệu mao quản trung bình và/hoặc vật liệu phân cách bất kỳ được mô tả ở một chỗ nào khác trong bản mô tả này; Al; Bi; Co; Cu; Fe; In; Mn; Mo; Ni; platin (Pt); Si; Sn; Ta; Ti; V; W; Nb; Zn; Zr; oxit của kim loại bất kỳ trong số các kim loại này (ví dụ, nhôm oxit, silic oxit, titan oxit); sulfua của kim loại bất kỳ trong số các kim loại này; nitrua của kim loại bất kỳ trong số các kim loại này; nhóm alkyl silyl được và chưa được chức hóa; graphit; graphen; fuloren; ống nano cacbon; và các hỗn hợp của chúng (bao gồm, theo một vài phương án, lớp đôi của vật liệu kết hợp). Theo một vài phương án, lớp phân cách có thể bao gồm vật liệu perovskite.

Theo một vài phương án, thiết bị theo biểu diễn cách điệu trên Fig.7 có thể là linh kiện PV như DSSC, BHJ hoặc pin mặt trời lai. Theo một vài phương án, thiết bị trên Fig.7 có thể tạo thành linh kiện PV nhiều ô, ắc quy, ắc quy PV lai, FET, LED và/hoặc thiết

bị khác bất kỳ song song hoặc nối tiếp được mô tả trong bản mô tả này. Ví dụ, BHJ theo một vài phương án có thể bao gồm hai điện cực tương ứng với điện cực 3902 và 3912 và lớp hoạt tính bao gồm ít nhất hai vật liệu trên giao diện chuyển tiếp dị thể (ví dụ, hai bất kỳ trong số các vật liệu và/hoặc lớp của lớp hoạt tính 3950). Theo các phương án nhất định, các thiết bị khác (như ắc quy PV lai, linh kiện PV nhiều ô song song hoặc nối tiếp, v.v.) có thể bao gồm lớp hoạt tính bao gồm vật liệu perovskite tương ứng với lớp hoạt tính 3950 trên Fig.7. Nói ngắn gọn, bản chất cách điệu của hình biểu thị của thiết bị ví dụ trên Fig.7 không giới hạn cấu trúc hoặc cấu trúc được phép của thiết bị theo các phương án khác nhau trên Fig.7.

Các phương án ví dụ phụ cụ thể hơn của thiết bị perovskite sẽ được mô tả đối với hình biểu thị cách điệu khác của các thiết bị ví dụ. Bản chất cách điệu của các hình biểu thị này, Fig.8 đến Fig.18, tương tự cũng không nhằm giới hạn kiểu thiết bị mà nó theo một vài phương án có thể được chế tạo theo một hoặc nhiều bất kỳ trong số các Fig.8 đến Fig.18. Nghĩa là, các cấu trúc được thể hiện trên Fig.8 đến Fig.18 có thể được thích ứng để tạo ra các BHJ, ắc quy, FET, ắc quy PV lai, linh kiện PV nhiều ô nối tiếp, linh kiện PV nhiều ô song song và các thiết bị tương tự khác theo các phương án khác của sáng chế, theo biện pháp bất kỳ (bao gồm cả các biện pháp được mô tả rõ ràng ở một chỗ nào khác trong bản mô tả này lẫn biện pháp khác sẽ là rõ ràng đối với người có kiến thức trung bình về lĩnh vực kỹ thuật này với lợi ích của sáng chế).

Fig.8 biểu thị thiết bị ví dụ 4100 theo các phương án khác nhau. Thiết bị 4100 minh họa cho các phương án đề xuất nền thủy tinh thứ nhất và thứ hai 4101 và 4109. Mỗi nền thủy tinh có điện cực FTO được bố trí trên mặt trong của nó (điện cực thứ nhất 4102 và điện cực thứ hai 4108, một cách tương ứng) và mỗi điện cực có lớp phân cách được kết tủa trên mặt trong của nó: lớp phân cách thứ nhất bằng TiO_2 4103 được kết tủa trên điện cực thứ nhất 4102 và lớp phân cách thứ hai bằng Pt 4107 được kết tủa trên điện cực thứ hai 4108. Bị kẹp giữa hai lớp phân cách là: lớp mao quản trung bình 4104 (bao gồm TiO_2); vật liệu quang hoạt 4105 (bao gồm vật liệu perovskite MAPbI_3); và lớp chuyển điện tích 4106 (trong bản mô tả này bao gồm CsSnI_3).

Fig.9 biểu thị thiết bị ví dụ 4300 không có lớp mao quản trung bình. Thiết bị 4300 bao gồm hợp chất quang hoạt của vật liệu perovskite 4304 (bao gồm MAPbI_3) bị kẹp giữa lớp phân cách thứ nhất và thứ hai 4303 và 4305 (bao gồm titan oxit và nhôm oxit, một cách tương ứng). Lớp phân cách bằng titan oxit 4303 được phủ trên điện cực thứ nhất bằng FTO 4302 lại được bố trí trên mặt trong của nền thủy tinh 4301. Lớp chuyển điện tích spiro-OMeTAD 4306 được phủ trên lớp phân cách bằng nhôm oxit 4305 và được bố trí trên mặt trong của điện cực thứ hai bằng vàng 4307.

Như sẽ rõ ràng đối với người có kiến thức trung bình về lĩnh vực kỹ thuật này với lợi ích của sáng chế, các phương án khác nhau là có thể như thiết bị với nhiều lớp quang hoạt (như được lấy làm ví dụ bởi lớp quang hoạt 3906 và 3908 của thiết bị ví dụ trên Fig.7). Như được mô tả ở trên, theo một vài phương án, thì mỗi lớp quang hoạt có thể được phân tách bằng lớp phân cách (như được thể hiện bằng lớp phân cách thứ ba 3907 trên Fig.7). Hơn nữa, lớp mao quản trung bình có thể được bố trí trên điện cực như được minh họa trên Fig.7 bằng lớp mao quản trung bình 3904 được bố trí trên điện cực thứ nhất 3902. Mặc dù Fig.7 biểu thị lớp phân cách 3903 xen giữa được bố trí giữa hai phần tử này (điện cực 3902 và lớp 3904), nhưng theo một vài phương án thì lớp mao quản trung bình có thể được bố trí trực tiếp trên điện cực.

Ví dụ về thiết bị phụ bằng vật liệu perovskite

Cấu trúc của thiết bị bằng vật liệu perovskite được lấy làm ví dụ khác sẽ rõ ràng đối với người có kiến thức trung bình về lĩnh vực kỹ thuật này với lợi ích của sáng chế. Ví dụ bao gồm, nhưng không bị giới hạn ở, thiết bị chứa lớp hoạt tính có cấu trúc bất kỳ trong số các cấu trúc sau: (1) chất điện phân lỏng-vật liệu perovskite-lớp mao quản trung bình; (2) vật liệu perovskite-thuốc nhuộm-lớp mao quản trung bình; (3) vật liệu perovskite thứ nhất-vật liệu perovskite thứ hai-lớp mao quản trung bình; (4) vật liệu perovskite thứ nhất-vật liệu perovskite thứ hai; (5) vật liệu perovskite thứ nhất-thuốc nhuộm-vật liệu perovskite thứ hai; (6) vật liệu chuyển điện tích ở trạng thái rắn-vật liệu perovskite; (7) vật liệu chuyển điện tích ở trạng thái rắn-thuốc nhuộm-vật liệu perovskite-lớp mao quản trung bình; (8) vật liệu chuyển điện tích ở trạng thái rắn-vật liệu

perovskite-thuốc nhuộm-lớp mao quản trung bình; (9) vật liệu chuyển điện tích ở trạng thái rắn-thuốc nhuộm-vật liệu perovskite-lớp mao quản trung bình; và (10) vật liệu chuyển điện tích ở trạng thái rắn-vật liệu perovskite-thuốc nhuộm-lớp mao quản trung bình. Các thành phần riêng rẽ của mỗi cấu trúc ví dụ (ví dụ, lớp mao quản trung bình, vật liệu chuyển điện tích, v.v.) có thể theo phần mô tả ở trên cho mỗi thành phần. Hơn nữa, mỗi cấu trúc ví dụ còn được mô tả chi tiết hơn dưới đây.

Như một ví dụ cụ thể của một số trong số các lớp hoạt tính nêu trên, theo một vài phương án, thì lớp hoạt tính có thể bao gồm chất điện phân lỏng, vật liệu perovskite và lớp mao quản trung bình. Lớp hoạt tính theo phương án nhất định trong số các phương án này về cơ bản có thể có cấu trúc: chất điện phân lỏng-vật liệu perovskite-lớp mao quản trung bình. Chất điện phân lỏng bất kỳ đều có thể là thích hợp; và lớp mao quản trung bình (ví dụ, TiO_2) bất kỳ cũng đều có thể là thích hợp. Theo một vài phương án, vật liệu perovskite có thể được kết tủa trên lớp mao quản trung bình và trên đó được phủ bằng chất điện phân lỏng. Vật liệu perovskite theo một vài phương án này có thể ít nhất một phần là thuốc nhuộm (vì vậy, nó có thể có tính quang hoạt).

Theo các phương án ví dụ khác, lớp hoạt tính có thể bao gồm vật liệu perovskite, thuốc nhuộm và lớp mao quản trung bình. Lớp hoạt tính theo phương án nhất định trong số các phương án này về cơ bản có thể có cấu trúc: vật liệu perovskite-thuốc nhuộm-lớp mao quản trung bình. Thuốc nhuộm có thể được phủ trên lớp mao quản trung bình và vật liệu perovskite có thể được bố trí trên lớp mao quản trung bình phủ thuốc nhuộm. Vật liệu perovskite có thể là vật liệu truyền lỗ trống theo phương án nhất định trong số các phương án này.

Theo các phương án ví dụ khác nữa, thì lớp hoạt tính có thể bao gồm vật liệu perovskite thứ nhất, vật liệu perovskite thứ hai và lớp mao quản trung bình. Lớp hoạt tính theo phương án nhất định trong số các phương án này về cơ bản có thể có cấu trúc: vật liệu perovskite thứ nhất-vật liệu perovskite thứ hai-lớp mao quản trung bình. Mỗi vật liệu perovskite thứ nhất và thứ hai có thể bao gồm (các) vật liệu perovskite giống nhau hoặc chúng có thể bao gồm các vật liệu perovskite khác nhau. Một trong hai vật liệu

perovskite thứ nhất và thứ hai có thể có tính quang hoạt (ví dụ, vật liệu perovskite thứ nhất và/hoặc thứ hai theo các phương án này có thể ít nhất một phần là thuốc nhuộm).

Theo các phương án ví dụ nhất định, lớp hoạt tính có thể bao gồm vật liệu perovskite thứ nhất và vật liệu perovskite thứ hai. Lớp hoạt tính theo phương án nhất định trong số các phương án này về cơ bản có thể có kiến trúc: vật liệu perovskite thứ nhất-vật liệu perovskite thứ hai. Mỗi vật liệu perovskite thứ nhất và thứ hai có thể bao gồm (các) vật liệu perovskite giống nhau hoặc chúng có thể bao gồm các vật liệu perovskite khác nhau. Một trong hai vật liệu perovskite thứ nhất và thứ hai có thể có tính quang hoạt (ví dụ, vật liệu perovskite thứ nhất và/hoặc thứ hai theo các phương án này có thể ít nhất một phần là thuốc nhuộm). Ngoài ra, một trong hai vật liệu perovskite thứ nhất và thứ hai có thể có khả năng là vật liệu truyền lỗ trống. Theo một vài phương án, một trong hai vật liệu perovskite thứ nhất và thứ hai là vật liệu chuyển electron và vật liệu còn lại trong số hai vật liệu perovskite thứ nhất và thứ hai là thuốc nhuộm. Theo một vài phương án, vật liệu perovskite thứ nhất và thứ hai có thể được bố trí trong lớp hoạt tính theo cách để đạt được diện tích mặt phân cách lớn giữa vật liệu perovskite thứ nhất và vật liệu perovskite thứ hai như theo bố trí được thể hiện cho vật liệu hoạt tính thứ nhất và thứ hai 2810 và 2815 một cách tương ứng trên Fig.5 (hoặc như được thể hiện tương tự bằng vật liệu loại p và n 2618 và 2620 một cách tương ứng trên Fig.4).

Theo các phương án ví dụ khác, lớp hoạt tính có thể bao gồm vật liệu perovskite thứ nhất, thuốc nhuộm và vật liệu perovskite thứ hai. Lớp hoạt tính theo phương án nhất định trong số các phương án này về cơ bản có thể có cấu trúc: vật liệu perovskite thứ nhất-thuốc nhuộm-vật liệu perovskite thứ hai. Một trong hai vật liệu perovskite thứ nhất và thứ hai có thể là vật liệu chuyển điện tích và vật liệu còn lại trong số hai vật liệu perovskite thứ nhất và thứ hai có thể là thuốc nhuộm. Theo một vài phương án, cả hai vật liệu perovskite thứ nhất và thứ hai đều có thể ít nhất một phần có chức năng chống tương tự và/hoặc giống hệt (ví dụ, cả hai đều có thể là thuốc nhuộm và/hoặc cả hai đều có thể là vật liệu truyền lỗ trống).

Theo một vài phương án ví dụ khác, lớp hoạt tính có thể bao gồm vật liệu chuyển điện tích ở trạng thái rắn và vật liệu perovskite. Lớp hoạt tính theo phương án nhất định trong số các phương án này về cơ bản có thể có cấu trúc: vật liệu chuyển điện tích ở trạng thái rắn-vật liệu perovskite. Ví dụ, vật liệu perovskite và vật liệu chuyển điện tích ở trạng thái rắn có thể được bố trí trong lớp hoạt tính theo cách để đạt được điện tích mặt phân cách lớn như theo bố trí được thể hiện cho vật liệu hoạt tính thứ nhất và thứ hai 2810 và 2815 một cách tương ứng trên Fig.5 (hoặc như được thể hiện tương tự bằng vật liệu loại p và n 2618 và 2620 một cách tương ứng trên Fig.4).

Theo các phương án ví dụ khác, lớp hoạt tính có thể bao gồm vật liệu chuyển điện tích ở trạng thái rắn, thuốc nhuộm, vật liệu perovskite và lớp mao quản trung bình. Lớp hoạt tính theo phương án nhất định trong số các phương án này về cơ bản có thể có cấu trúc: vật liệu chuyển điện tích ở trạng thái rắn-thuốc nhuộm-vật liệu perovskite-lớp mao quản trung bình. Lớp hoạt tính theo phương án khác nhất định trong số các phương án này về cơ bản có thể có cấu trúc: vật liệu chuyển điện tích ở trạng thái rắn-vật liệu perovskite-thuốc nhuộm-lớp mao quản trung bình. Theo một vài phương án, vật liệu perovskite có thể là thuốc nhuộm thứ hai. Theo các phương án này, vật liệu perovskite có thể tăng chiều rộng của phổ ánh sáng nhìn thấy được hấp thụ bằng linh kiện PV hoặc thiết bị khác bao gồm lớp hoạt tính theo các phương án này. Theo các phương án nhất định, vật liệu perovskite cũng có thể là lớp phân cách giữa thuốc nhuộm và lớp mao quản trung bình và/hoặc giữa thuốc nhuộm và vật liệu chuyển điện tích.

Theo một vài phương án ví dụ, lớp hoạt tính có thể bao gồm chất điện phân lỏng, thuốc nhuộm, vật liệu perovskite và lớp mao quản trung bình. Lớp hoạt tính theo phương án nhất định trong số các phương án này về cơ bản có thể có cấu trúc: vật liệu chuyển điện tích ở trạng thái rắn-thuốc nhuộm-vật liệu perovskite-lớp mao quản trung bình. Lớp hoạt tính theo phương án khác nhất định trong số các phương án này về cơ bản có thể có cấu trúc: vật liệu chuyển điện tích ở trạng thái rắn-vật liệu perovskite-thuốc nhuộm-lớp mao quản trung bình. Vật liệu perovskite có thể là vật liệu quang hoạt, lớp phân cách và/hoặc hỗn hợp của chúng.

Một vài phương án đề xuất thiết bị PV của BHJ bao gồm vật liệu perovskite. Ví dụ, BHJ theo một vài phương án có thể bao gồm lớp quang hoạt (ví dụ, lớp quang hoạt 2404 trên Fig.3) có thể bao gồm một hoặc nhiều vật liệu perovskite. Lớp quang hoạt của BHJ này cũng có thể bao gồm một hoặc nhiều bất kỳ trong số các thành phần ví dụ liệt kê ở trên được mô tả ở trên đối với các lớp hoạt tính của DSSC. Hơn nữa, theo một vài phương án, thì lớp quang hoạt của BHJ có thể có cấu trúc theo một bất kỳ trong số các phương án ví dụ của các lớp hoạt tính của DSSC được mô tả ở trên.

Theo một vài phương án, lớp bất kỳ trong số các lớp hoạt tính bao gồm vật liệu perovskite được kết hợp vào linh kiện PV hoặc thiết bị khác được mô tả trong bản mô tả này có thể còn bao gồm vật liệu bất kỳ trong số các vật liệu phụ khác nhau cũng được mô tả trong bản mô tả này là thích hợp để bao gồm trong lớp hoạt tính. Ví dụ, lớp hoạt tính bất kỳ bao gồm vật liệu perovskite có thể còn bao gồm lớp phân cách theo các phương án khác nhau được mô tả trong bản mô tả này (như, ví dụ, lớp phân cách kiểu lớp phủ mỏng). Bằng ví dụ khác, lớp hoạt tính bao gồm vật liệu perovskite có thể còn bao gồm lớp thu ánh sáng như lớp thu ánh sáng 1601 được biểu thị trong linh kiện PV ví dụ được biểu diễn trên Fig.2.

Công thức của lớp hoạt tính bằng vật liệu perovskite

Như được mô tả ở trên, theo một vài phương án, thì vật liệu perovskite trong lớp hoạt tính có thể có công thức $CMX_{3-y}X'_y$ ($0 \leq y \leq 3$), trong đó: C bao gồm một hoặc nhiều cation (ví dụ, amin, amoni, kim loại nhóm 1, kim loại nhóm 2, formamidini, guanidin, eten tetramin và/hoặc các cation khác hoặc hợp chất giống cation); M bao gồm một hoặc nhiều kim loại (ví dụ, Fe, Cd, Co, Ni, Cu, Hg, Sn, Pb, Bi, Ge, Ti, Zn và Zr); và X và X' bao gồm một hoặc nhiều anion. Theo một phương án, vật liệu perovskite có thể bao gồm $CPbI_{3-y}Cl_y$. Theo các phương án nhất định, vật liệu perovskite có thể được kết tủa dưới dạng lớp hoạt tính trong thiết bị PV bằng cách, ví dụ, đúc nhỏ giọt, đúc ly tâm, in bằng khuôn có khe, in lưới hoặc in phun mực lên trên lớp nền bằng cách sử dụng các bước được mô tả dưới đây.

Trước tiên, mực tiền chất chì halogenua được tạo. Lượng chì halogenua có thể được đóng trong lọ khô sạch trong hộp găng tay (nghĩa là, hộp không khí có kiểm soát có các khe chứa găng tay cho phép xử lý vật liệu trong môi trường không có không khí). Chì halogenua thích hợp bao gồm, nhưng không bị giới hạn ở, chì (II) iodua, chì (II) bromua, chì (II) clorua và chì (II) florua. Chì halogenua có thể bao gồm một loại chì halogenua hoặc nó có thể bao gồm hỗn hợp chì halogenua theo tỷ lệ chính xác. Theo các phương án nhất định, hỗn hợp chì halogenua có thể bao gồm tỷ lệ hai, ba hoặc bốn thành phần bất kỳ bằng 0,001-100 % mol iodua, bromua, clorua hoặc florua. Theo một phương án, hỗn hợp chì halogenua có thể bao gồm chì (II) clorua và chì (II) iodua theo tỷ lệ bằng khoảng 10:90 mol:mol. Theo các phương án khác, hỗn hợp chì halogenua có thể bao gồm chì (II) clorua và chì (II) iodua theo tỷ lệ bằng khoảng 5:95, khoảng 7,5:92,5 hoặc khoảng 15:85 mol:mol.

Theo cách khác, các tiền chất muối chì khác có thể được sử dụng kết hợp với hoặc thay vì muối chì halogenua để tạo thành tiền chất mực. Tiền chất muối thích hợp có thể bao gồm hỗn hợp bất kỳ của chì (II) hoặc chì (IV) và các anion sau: nitrat, nitrit, cacboxylat, axetat, format, oxylat, sulfat, sulfit, thiosulfat, phosphat, tetrafloroborat, hexaflorophosphat, tetra(perflorophenyl) borat, hydrua, oxit, peroxit, hydroxit, nitrua, arsenat, arsenit, perchlorat, cacbonat, bicarbonat, cromat, dicromat, iodat, bromat, clorat, clorit, hypoclorit, hypobromit, xyanua, xyanat, isoxyanat, fulminat, thioxyanat, isothioxyanat, azit, tetracacbonylcobaltat, carbamoyldixyanometanit, dixyanonitrosometanit, dixyanamit, trixyanometanit, amit và permanganat.

Tiền chất mực có thể còn bao gồm muối chì (II) hoặc chì (IV) với tỷ lệ mol bằng 0 đến 100% cho các ion kim loại sau Fe, Cd, Co, Ni, Cu, Hg, Sn, Pb, Bi, Ge, Ti, Zn và Zr dưới dạng muối của các anion nêu trên.

Sau đó, dung môi có thể được bổ sung vào lọ để hòa tan chì rắn để tạo thành mực tiền chất chì halogenua. Dung môi thích hợp bao gồm, nhưng không bị giới hạn ở, N-cyclohexyl-2-pyrrolidon, alkyl-2-pyrrolidon, dimetylformamit, dialkylformamit, dimetylsulfoxit (DMSO), metanol, etanol, propanol, butanol, tetrahydrofuran, formamit,

tert-butylpyridin, pyridin, alkylpyridin, pyrrolidin, clorobenzen, diclorobenzen, diclometan, clorofom khan và các hỗn hợp của chúng. Theo một phương án, chì rắn được hòa tan trong dimetylformamit (DMF) khan. Chì rắn có thể được hòa tan ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 20 °C đến 150 °C. Theo một phương án, chì rắn được hòa tan ở nhiệt độ khoảng 85 °C. Chì rắn có thể được hòa tan cho đến khi cần tạo thành dung dịch, điều này có thể xảy ra trong khoảng thời gian lên đến khoảng 72 giờ. Dung dịch thu được tạo thành chất nền của mực tiền chất chì halogenua. Theo một vài phương án, mực tiền chất chì halogenua có thể có nồng độ chì halogenua nằm trong khoảng từ 0,001 M đến 10 M. Theo một phương án, mực tiền chất chì halogenua có nồng độ chì halogenua bằng khoảng 1 M.

Tùy chọn, các chất phụ gia nhất định có thể được bổ sung vào mực tiền chất chì halogenua để tác động vào độ kết tinh và độ ổn định của vật liệu perovskite cuối cùng. Theo một vài phương án, mực tiền chất chì halogenua có thể còn bao gồm axit amin (ví dụ, axit 5-aminovaleric, histidin, glyxin, lyxin), hydrohalogenua của axit amin (ví dụ, hydroclorua của axit 5-amino valeric), chất (SAM) cải biến bề mặt IFL (như như chất được mô tả ở trên trong bản mô tả này) hoặc hỗn hợp của chúng. Theo một phương án, formamidini clorua có thể được bổ sung vào mực tiền chất chì halogenua. Theo các phương án khác, halogenua của cation bất kỳ được mô tả ở trên trong bản mô tả này đều có thể được sử dụng. Theo một vài phương án, hỗn hợp của các chất phụ gia có thể được bổ sung vào mực tiền chất chì halogenua bao gồm, ví dụ, hỗn hợp của formamidini clorua và hydroclorua của axit 5-amino valeric.

Bằng cách giải thích và không giới hạn sáng chế ở lý thuyết cụ thể bất kỳ về cơ chế, đã phát hiện là formamidini và axit 5-amino valeric cải thiện độ ổn định của thiết bị PV perovskite khi chúng được sử dụng làm chất phụ gia hoặc cation ngược dấu để chế tạo thiết bị perovskite một bước. Cũng đã phát hiện là clorua, ở dạng $PbCl_2$, cải thiện hiệu suất của thiết bị PV perovskite khi được bổ sung vào dung dịch tiền chất PbI_2 theo phương pháp hai bước. Đã phát hiện là quy trình kết tủa màng mỏng perovskite hai bước có thể được cải thiện bằng cách bổ sung formamidini clorua và/hoặc hydroclorua của axit

5-amino valeric trực tiếp vào dung dịch tiền chất chì halogenua (ví dụ, PbI_2) để tận dụng cả hai ưu điểm với một vật liệu. Các quy trình kết tủa màng perovskite khác cũng có thể được cải thiện bằng cách bổ sung formamidini clorua, hydroclorua của axit 5-amino valeric hoặc PbCl_2 vào dung dịch tiền chất chì halogenua.

Các chất phụ gia, bao gồm formamidini clorua và/hoặc hydroclorua của axit 5-amino valeric có thể được bổ sung vào mực tiền chất chì halogenua với các nồng độ khác nhau tùy thuộc vào đặc tính mong muốn của vật liệu perovskite thu được. Theo một phương án, các chất phụ gia có thể được bổ sung với nồng độ nằm trong khoảng từ 1 nM đến nM. Theo một phương án khác, các chất phụ gia có thể được bổ sung với nồng độ nằm trong khoảng từ n μM đến 1 M. Theo một phương án khác, các chất phụ gia có thể được bổ sung với nồng độ nằm trong khoảng từ 1 μM đến 1 mM.

Tùy chọn, theo các phương án nhất định, nước có thể được bổ sung vào mực tiền chất chì halogenua. Bằng cách giải thích và không giới hạn sáng chế ở lý thuyết hoặc cơ chế cụ thể bất kỳ, thì sự hiện diện của nước làm ảnh hưởng đến quá trình kết tinh màng mỏng perovskite. Trong điều kiện bình thường, nước có thể được hấp thụ dưới dạng hơi (nước) từ không khí. Tuy nhiên, có thể kiểm soát độ kết tinh của linh kiện PV perovskite bằng cách bổ sung trực tiếp nước vào mực tiền chất chì halogenua với các nồng độ cụ thể. Nước thích hợp bao gồm nước cất, nước khử ion hoặc nguồn nước khác bất kỳ gần như không có tạp chất (kể cả các chất khoáng). Đã phát hiện, dựa vào việc quét I-V ánh sáng, là hiệu suất biến đổi ánh sáng thành điện năng bằng linh kiện PV perovskite có thể tăng gần gấp ba lần với sự bổ sung nước so với thiết bị khô hoàn toàn.

Nước có thể được bổ sung vào mực tiền chất chì halogenua với các nồng độ khác nhau tùy thuộc vào đặc tính mong muốn của vật liệu perovskite thu được. Theo một phương án, nước có thể được bổ sung với nồng độ bằng khoảng 1 nl/ml đến khoảng 1 ml/ml. Theo một phương án khác, nước có thể được bổ sung với nồng độ bằng khoảng 1 $\mu\text{l/ml}$ đến khoảng 0,1 ml/ml. Theo một phương án khác, nước có thể được bổ sung với nồng độ bằng khoảng 1 $\mu\text{l/ml}$ đến khoảng 20 $\mu\text{l/ml}$.

Fig.12 thể hiện hai ảnh của kính hiển vi điện tử quét mặt cắt ngang so sánh linh kiện PV perovskite được chế tạo với nước (5110) và không có nước (5120). Như có thể thấy trên Fig.12, có sự thay đổi cấu trúc đáng kể trong lớp vật liệu perovskite (5111 và 5121) khi nước bị loại bỏ (ảnh dưới) khi chế tạo so với khi nước được bao gồm (ảnh trên). Lớp vật liệu perovskite 5111 (được chế tạo với nước) kết sít và dày đặc hơn đáng kể so với lớp vật liệu perovskite 5121 (được chế tạo không có nước).

Sau đó, mực tiền chất chì halogenua có thể được kết tủa trên nền mong muốn. Lớp nền thích hợp có thể bao gồm bất kỳ trong số các lớp nền được xác định ở trên trong sáng chế. Như đã lưu ý ở trên, mực tiền chất chì halogenua có thể được kết tủa bằng nhiều biện pháp, bao gồm nhưng không bị giới hạn ở, đúc nhỏ giọt, đúc ly tâm, in bằng khuôn có khe, in lưới hoặc in phun mực. Theo các phương án nhất định, mực tiền chất chì halogenua có thể phủ ly tâm lên nền với tốc độ bằng khoảng 500 vòng/phút đến khoảng 10.000 vòng/phút trong khoảng thời gian bằng 5 giây đến 600 giây. Theo một phương án, mực tiền chất chì halogenua có thể phủ ly tâm lên nền với tốc độ khoảng 3000 vòng/phút trong khoảng thời gian 30 giây. Mực tiền chất chì halogenua có thể được kết tủa trên nền ở môi trường không khí xung quanh với độ ẩm tương đối nằm trong khoảng từ 0% đến 50%. Sau đó, mực tiền chất chì halogenua có thể được sấy khô trong môi trường không khí gần như không có nước, nghĩa là, độ ẩm tương đối nhỏ hơn 20%, để tạo thành màng mỏng.

Sau đó, màng mỏng có thể được ủ nhiệt trong một khoảng thời gian lên đến khoảng 24 giờ ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 20 °C đến 300 °C. Theo một phương án, màng mỏng có thể được ủ nhiệt trong khoảng thời gian 10 phút ở nhiệt độ bằng khoảng 50 °C. Sau đó, lớp hoạt tính bằng vật liệu perovskite có thể được hoàn tất bằng quy trình biến đổi trong đó màng tiền chất được để ngấm hoặc được rửa bằng dung dịch bao gồm dung môi hoặc hỗn hợp các dung môi (ví dụ, DMF, isopropanol, metanol, etanol, butanol, clorofom, clorobenzen, dimetylsulfoxit, nước) và muối (ví dụ, metylamoni iodua, formamidini iodua, guanidin iodua, 1,2,2-triaminovinylamoni iodua, hydroiodua của axit 5-aminovaleric) có nồng độ nằm trong khoảng từ 0,001 M đến 10 M. Theo các

phương án nhất định, màng mỏng có thể cũng được ủ nhiệt sau theo cách giống trong dòng thứ nhất của đoạn này.

Do đó, sáng chế được thích ứng tốt để thu được các mục đích và ưu điểm đã nêu cũng như các mục đích và ưu điểm vốn có trong đó. Các phương án cụ thể được bộc lộ ở trên chỉ có tính chất minh họa do sáng chế có thể được cải biến và thực hiện theo các cách khác nhau nhưng tương đương rõ ràng đối với người có kiến thức trung bình về lĩnh vực kỹ thuật này với lợi ích từ các kiến thức trong bản mô tả này. Hơn nữa, không có các giới hạn được dự định cho các chi tiết kết cấu hoặc kết cấu trong bản mô tả này được thể hiện khác với như được mô tả trong các điểm yêu cầu bảo hộ dưới đây. Do đó, rõ ràng là các phương án minh họa cụ thể được bộc lộ ở trên có thể được thay đổi hoặc cải biến và tất cả các thay đổi này đều được xem là thuộc phạm vi và tinh thần của sáng chế. Cũng vậy, các thuật ngữ trong các điểm yêu cầu bảo hộ đều có nghĩa đơn giản thông thường trừ phi được quy định khác rõ ràng bởi người được cấp bằng sáng chế.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Thiết bị quang điện bao gồm:

điện cực thứ nhất;

điện cực thứ hai;

lớp hoạt tính được bố trí ít nhất một phần giữa điện cực thứ nhất và thứ hai, lớp hoạt tính bao gồm:

vật liệu quang hoạt bao gồm vật liệu perovskite; và

lớp phân cách kiểu màng mỏng lớp bao gồm $M'TiO_3$, trong đó mọi lớp được bố trí giữa vật liệu perovskite và màng mỏng $M'TiO_3$ không bao gồm lớp mao quản trung bình.

2. Thiết bị quang điện theo điểm 1, trong đó vật liệu perovskite có công thức CMX_3 , trong đó C bao gồm một hoặc nhiều cation, mỗi cation này được chọn từ nhóm gồm kim loại nhóm 1, kim loại nhóm 2, các cation hữu cơ và các hỗn hợp của chúng;

trong đó M bao gồm một hoặc nhiều kim loại, mỗi kim loại này được chọn từ nhóm gồm Fe, Co, Ni, Cu, Sn, Pb, Bi, Ge, Ti, Zn, và các hỗn hợp của chúng; và

trong đó X bao gồm một hoặc nhiều anion, mỗi anion này được chọn từ nhóm gồm halogenua, giả halogenua, sulfua, selenua và các hỗn hợp của chúng.

3. Thiết bị quang điện theo điểm 2, trong đó C là metylammoni, M là Pb và trong đó X bao gồm một hoặc nhiều halogenua.

4. Thiết bị quang điện theo điểm 2, trong đó C là metylammoni, M là Sn và trong đó X bao gồm một hoặc nhiều halogenua.

5. Thiết bị quang điện theo điểm 2, trong đó C là formamidini, M là Pb và trong đó X bao gồm một hoặc nhiều halogenua.

6. Thiết bị quang điện theo điểm 2, trong đó C là formamidini, M là Sn và trong đó X bao gồm một hoặc nhiều halogenua.

7. Thiết bị quang điện theo điểm 1, trong đó M' bao gồm một hoặc nhiều cation, mỗi cation này được chọn từ nhóm gồm Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Fe, Ni, Zn, Cd, Hg, Cu, Pd, Pt, Sn và Pb.

8. Thiết bị quang điện theo điểm 1, trong đó lớp hoạt tính còn bao gồm vật liệu mao quản trung bình.

9. Thiết bị quang điện theo điểm 1, trong đó lớp hoạt tính còn bao gồm một hoặc nhiều lớp phân cách bao gồm một hoặc nhiều hợp chất, mỗi hợp chất này được chọn từ nhóm gồm NiO, TiO₂, Al₂O₃, ZrO₂, WO₃, V₂O₅, MoO₃, ZnO, graphit, graphen, fuloren, ống nano cacbon, muội than và các hỗn hợp của chúng.

10. Thiết bị quang điện theo điểm 1, trong đó:

điện cực thứ nhất còn bao gồm anot;

điện cực thứ hai còn bao gồm catot; và

lớp phân cách được bố trí giữa vật liệu quang hoạt và điện cực thứ nhất.

11. Thiết bị quang điện theo điểm 1, trong đó:

điện cực thứ nhất còn bao gồm anot;

điện cực thứ hai còn bao gồm catot; và

lớp phân cách được bố trí giữa vật liệu quang hoạt và điện cực thứ hai.

12. Thiết bị quang điện theo điểm 1, trong đó lớp hoạt tính còn bao gồm một hoặc nhiều lớp phân cách bao gồm một hoặc nhiều hợp chất, mỗi hợp chất này được chọn từ nhóm gồm Al, Bi, Co, Cu, Fe, In, Mn, Mo, Ni, Pt, Si, Sn, Ta, Ti, V, W, Nb, Zn, Zr, oxit của kim loại bất kỳ trong số các kim loại này, sulfua của kim loại bất kỳ trong số các kim loại này, nitrua của kim loại bất kỳ trong số các kim loại này, nhóm alkyl silyl, graphit, graphen, fuloren, ống nano cacbon, vật liệu mao quản trung bình và các hỗn hợp của chúng.

13. Thiết bị quang điện theo điểm 1, trong đó lớp hoạt tính còn bao gồm lớp phân cách bao gồm Al₂O₃;

lớp phân cách bao gồm Al_2O_3 gần điện cực thứ nhất và lớp phân cách bao gồm $\text{M}'\text{TiO}_3$ gần điện cực thứ hai; và

điện cực thứ nhất là anot và điện cực thứ hai là catot.

14. Thiết bị quang điện theo điểm 1, trong đó lớp hoạt tính còn bao gồm lớp phân cách bao gồm Al_2O_3 ;

lớp phân cách bao gồm Al_2O_3 gần điện cực thứ nhất và lớp phân cách bao gồm $\text{M}'\text{TiO}_3$ gần điện cực thứ hai; và

điện cực thứ nhất là catot và điện cực thứ hai là anot.

15. Thiết bị quang điện bao gồm:

điện cực thứ nhất;

điện cực thứ hai; và

lớp hoạt tính được bố trí ít nhất một phần giữa điện cực thứ nhất và thứ hai, lớp hoạt tính bao gồm vật liệu perovskite và màng mỏng $\text{M}'\text{TiO}_3$;

trong đó mọi lớp được bố trí giữa vật liệu perovskite và màng mỏng $\text{M}'\text{TiO}_3$ không bao gồm lớp mao quản trung bình;

trong đó M' bao gồm một hoặc nhiều cation, mỗi cation này được chọn từ nhóm gồm Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Fe, Ni, Zn, Cd, Hg, Cu, Pd, Pt, Sn và Pb, và

trong đó vật liệu perovskite có công thức CMX_3 và được bố trí liền kề $\text{M}'\text{TiO}_3$;

trong đó C bao gồm một hoặc nhiều cation, mỗi cation này được chọn từ nhóm gồm kim loại nhóm 1, kim loại nhóm 2, các cation hữu cơ và các hỗn hợp của chúng;

trong đó M bao gồm một hoặc nhiều kim loại, mỗi kim loại này được chọn từ nhóm gồm Fe, Co, Ni, Cu, Sn, Pb, Bi, Ge, Ti, Zn và các hỗn hợp của chúng; và

trong đó X bao gồm một hoặc nhiều anion, mỗi anion này được chọn từ nhóm gồm halogenua, giả halogenua, oxit, sulfua, selenua, telurua và các hỗn hợp của chúng.

16. Thiết bị quang điện theo điểm 15, trong đó C là metylammoni, M là Pb và trong đó X bao gồm một hoặc nhiều halogenua.

17. Thiết bị quang điện theo điểm 15, trong đó C là metylammoni, M là Sn và trong đó X bao gồm một hoặc nhiều halogenua.

18. Thiết bị quang điện theo điểm 15, trong đó C là formamidini, M là Pb và trong đó X bao gồm một hoặc nhiều halogenua.

19. Thiết bị quang điện theo điểm 15, trong đó C là formamidini, M là Sn và trong đó X bao gồm một hoặc nhiều halogenua.

20. Thiết bị quang điện theo điểm 15, trong đó lớp hoạt tính còn bao gồm vật liệu mao quản trung bình.

21. Thiết bị quang điện theo điểm 15, trong đó lớp hoạt tính còn bao gồm một hoặc nhiều hợp chất, mỗi hợp chất này được chọn từ nhóm gồm NiO, TiO₂, Al₂O₃, ZrO₂, WO₃, V₂O₅, MoO₃, ZnO, graphit, graphen, fuloren, ống nano cacbon, muối than và các hỗn hợp của chúng.

22. Thiết bị quang điện theo điểm 15, trong đó M'TiO₃ tạo thành ít nhất một phần lớp phân cách.

23. Thiết bị quang điện theo điểm 15, trong đó điện cực thứ nhất còn bao gồm anot;

điện cực thứ hai còn bao gồm catot; và

M'TiO₃ được bố trí giữa vật liệu quang hoạt và điện cực thứ nhất.

24. Thiết bị quang điện theo điểm 15, trong đó:

điện cực thứ nhất còn bao gồm anot;

điện cực thứ hai còn bao gồm catot; và

$M'TiO_3$ được bố trí giữa vật liệu quang hoạt và điện cực thứ hai.

25. Thiết bị quang điện theo điểm 15, trong đó:

lớp hoạt tính còn bao gồm NiO;

NiO gần điện cực thứ nhất và $M'TiO_3$ gần điện cực thứ hai; và

điện cực thứ nhất là anot và điện cực thứ hai là catot.

26. Thiết bị quang điện theo điểm 15, trong đó

lớp hoạt tính còn bao gồm NiO;

NiO gần điện cực thứ nhất và $M'TiO_3$ gần điện cực thứ hai; và

điện cực thứ nhất là catot và điện cực thứ hai là anot.

27. Thiết bị quang điện theo điểm 15, trong đó:

lớp hoạt tính còn bao gồm ống nano cacbon;

ống nano cacbon gần điện cực thứ nhất và $M'TiO_3$ gần điện cực thứ hai; và

điện cực thứ nhất là anot và điện cực thứ hai là catot.

28. Thiết bị quang điện theo điểm 15, trong đó:

lớp hoạt tính còn bao gồm ống nano cacbon;

ống nano cacbon gần điện cực thứ nhất và $M'TiO_3$ gần điện cực thứ hai; và

điện cực thứ nhất là catot và điện cực thứ hai là anot.

29. Thiết bị quang điện theo điểm 15, trong đó lớp hoạt tính còn bao gồm một hoặc nhiều hợp chất, mỗi hợp chất này được chọn từ nhóm gồm Al, Bi, Co, Cu, Fe, In, Mn, Mo, Ni, Pt, Si, Sn, Ta, Ti, V, W, Nb, Zn, Zr, oxit của kim loại bất kỳ trong số các kim loại này, sulfua của kim loại bất kỳ trong số các kim loại này, nitrua của kim loại bất kỳ trong số các kim loại này, nhóm alkyl silyl, graphit, graphen, fuloren, ống nano cacbon, vật liệu mao quản trung bình và các hỗn hợp của chúng.

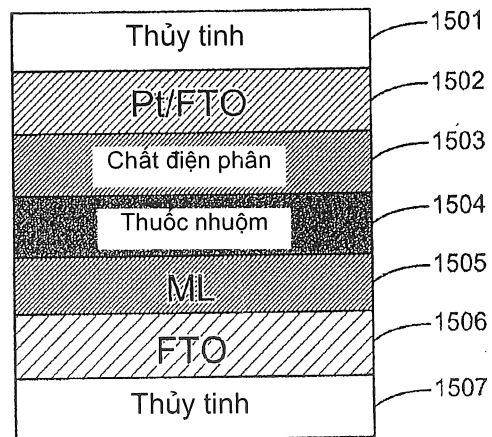


Fig. 1

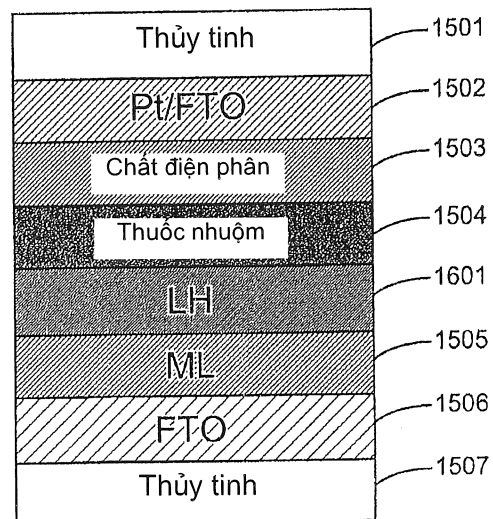


Fig. 2

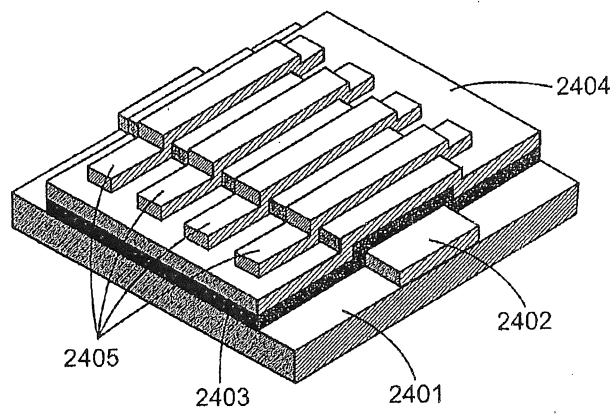


Fig. 3

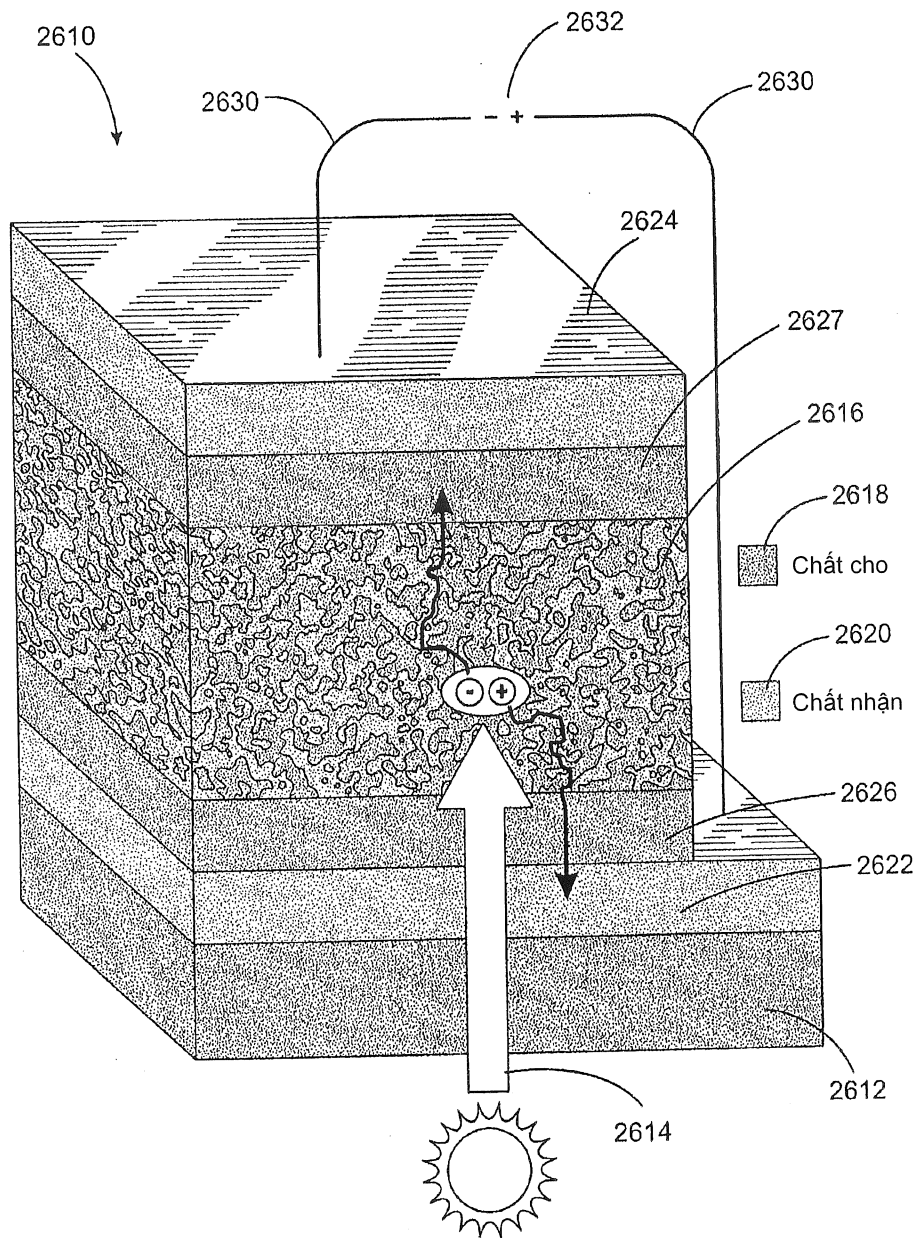


Fig. 4

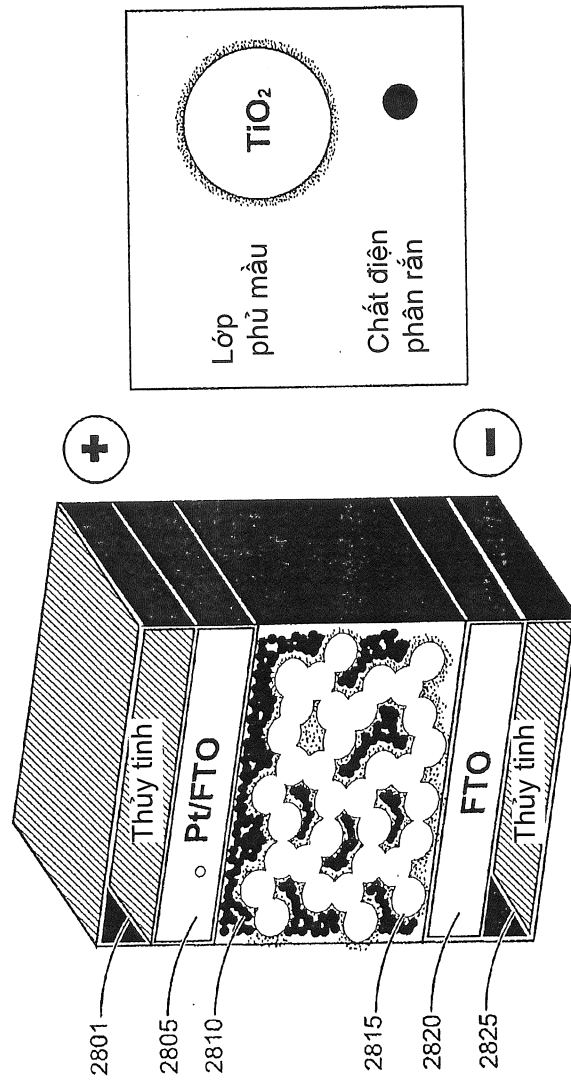


Fig. 5

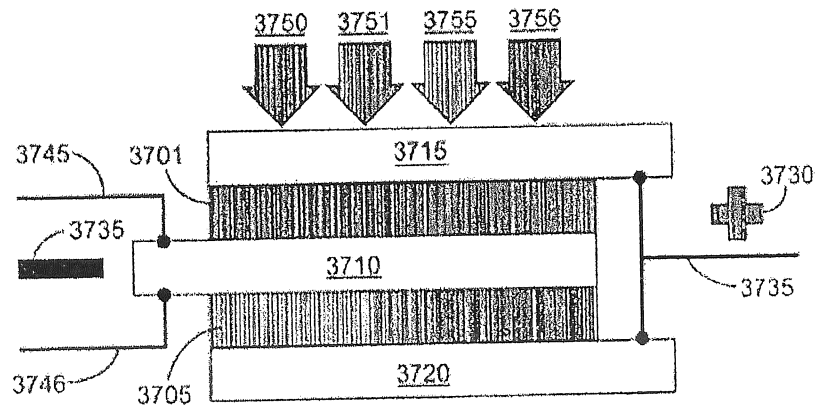


Fig. 6

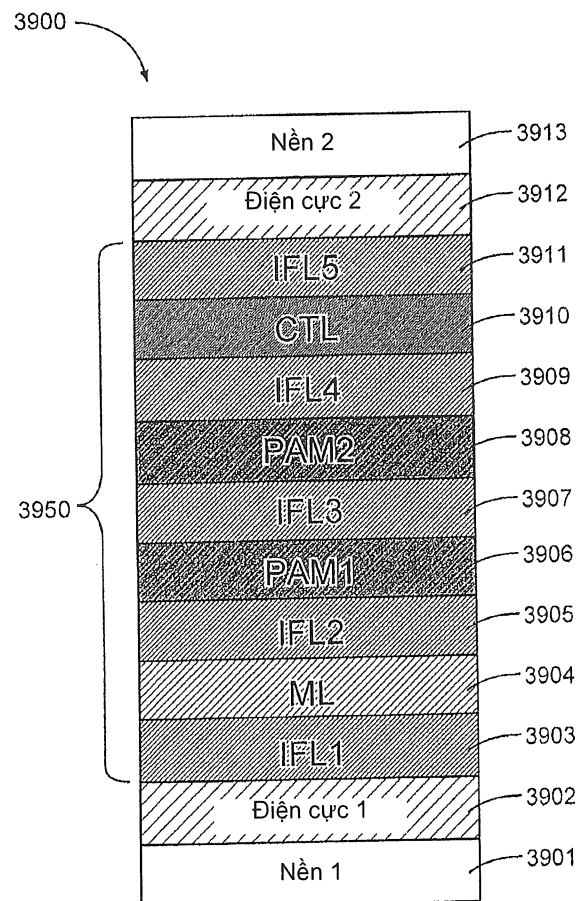


Fig. 7

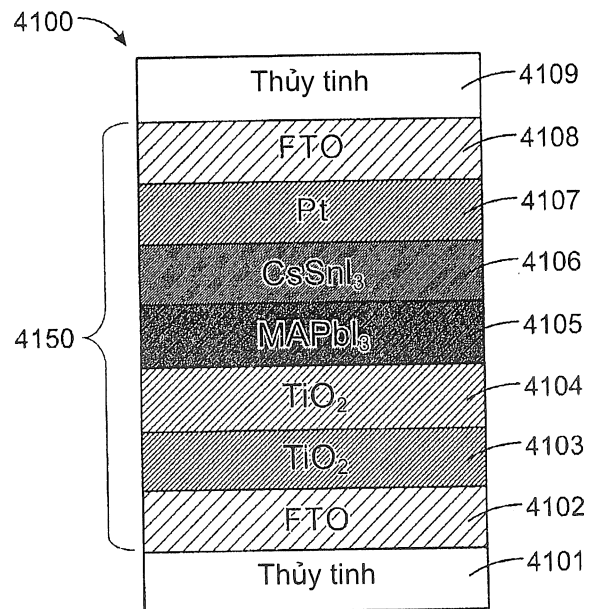


Fig. 8

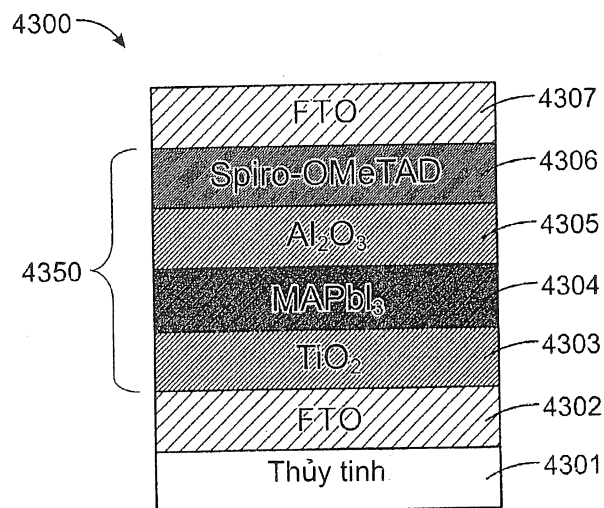


Fig. 9

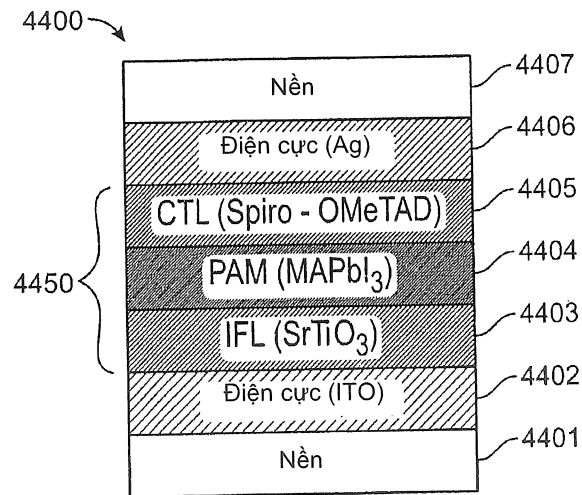


Fig. 10

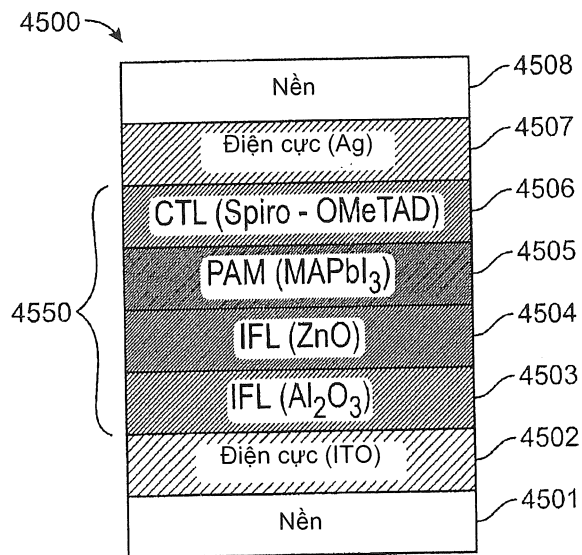


Fig. 11

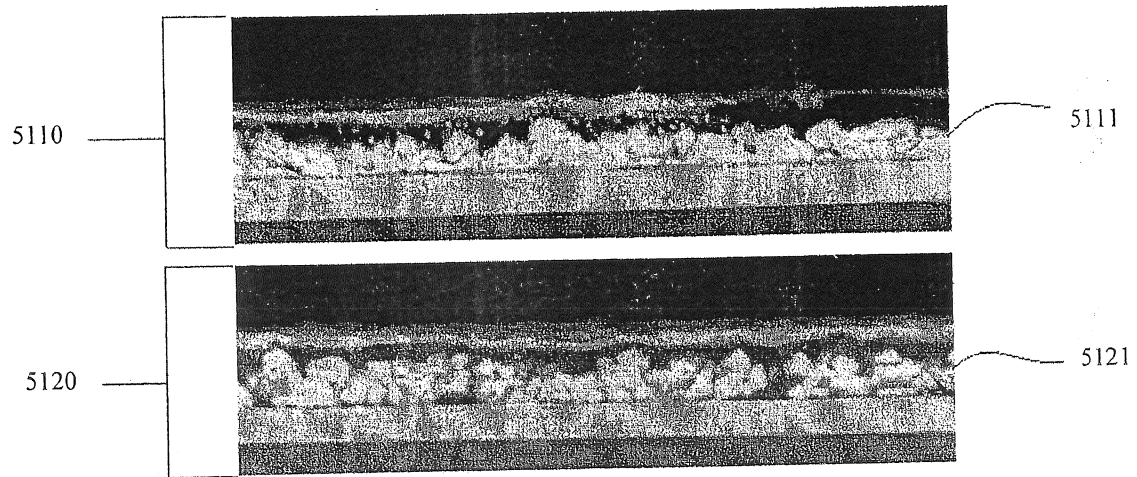


Fig. 12

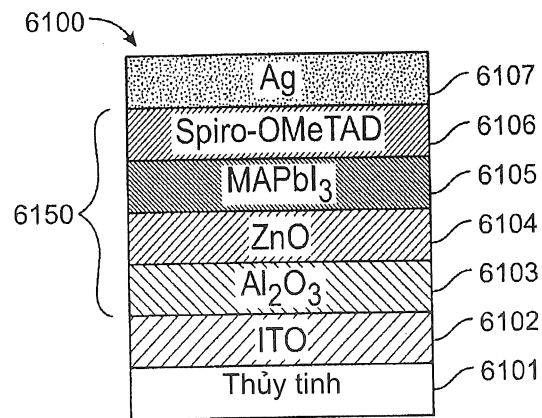


Fig. 13

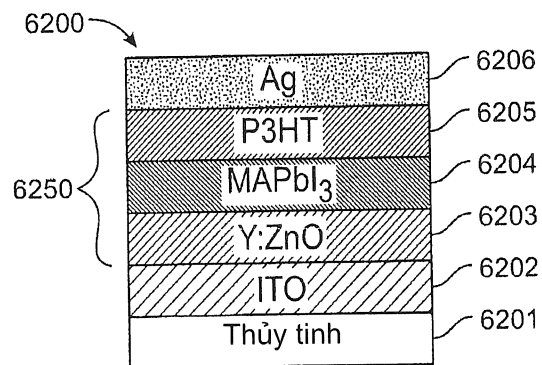


Fig. 14

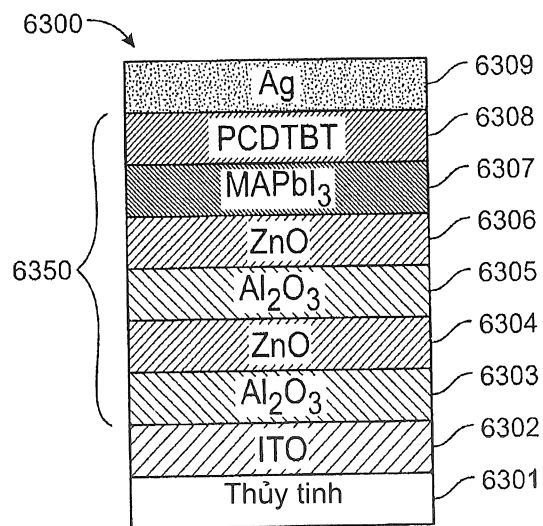


Fig. 15

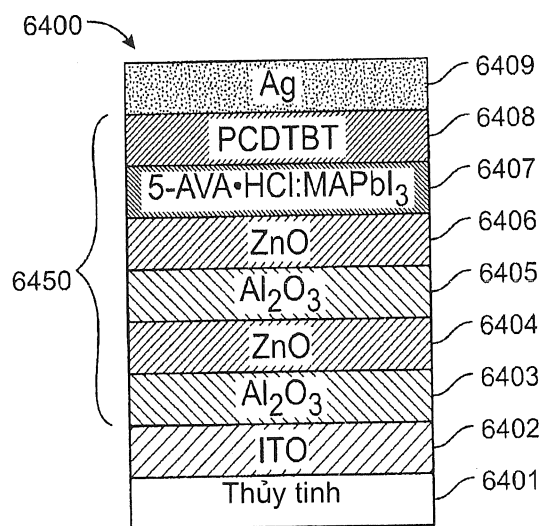


Fig. 16

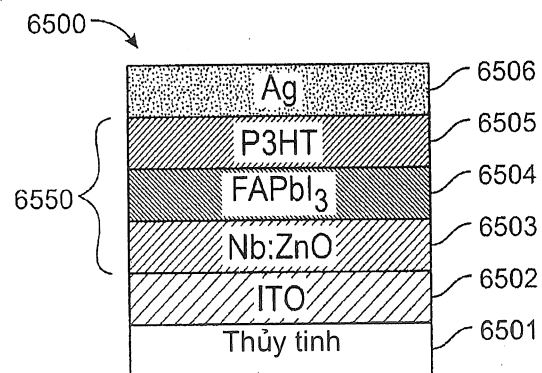


Fig. 17

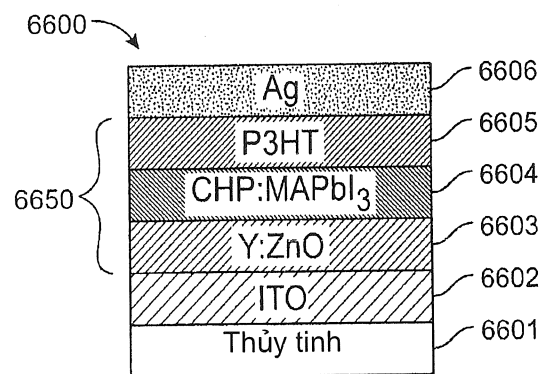


Fig. 18

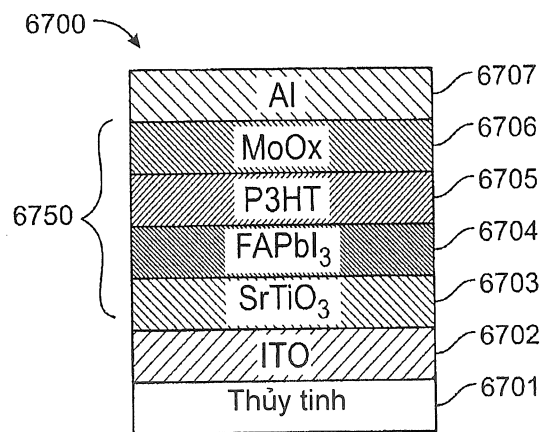


Fig. 19

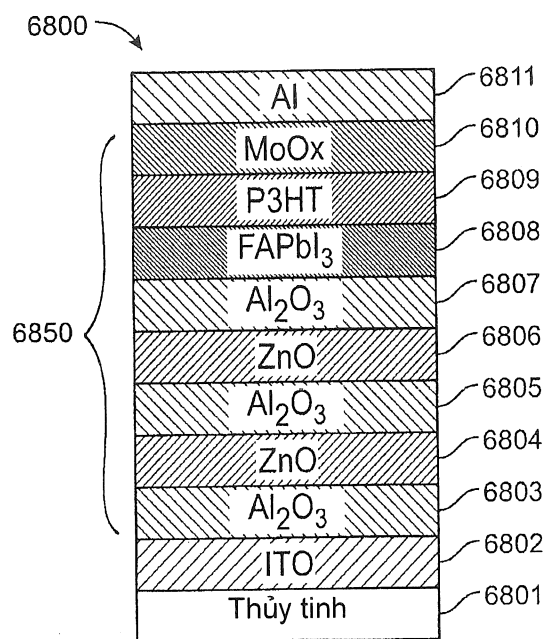


Fig. 20