



(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)



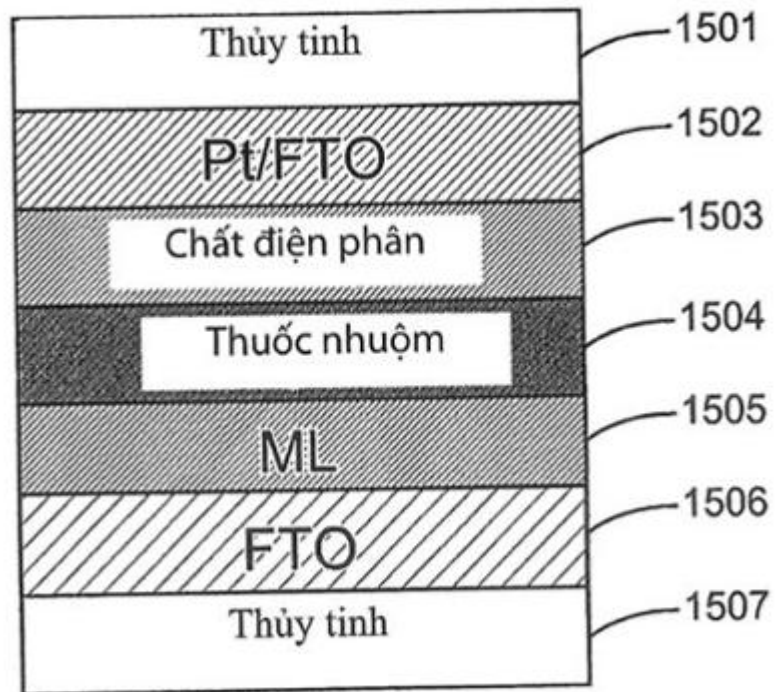
1-0036951

(51)⁷ **G03C 8/36; B05D 3/10; C01D 3/12; (13) B**
C01G 21/16; H01L 51/42; C07C 233/03;
H01L 51/00; B05D 1/38; C07C 19/00

(21) 1-2019-06171 (22) 12/04/2018
(86) PCT/US2018/027326 12/04/2018 (87) WO 2018/194908 25/10/2018
(30) 15/489,431 17/04/2017 US
(45) 25/09/2023 426 (43) 25/05/2020 386ASC
(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); MIELCZAREK, Kamil (CA); DHAS, Vivek, V. (IN).
(74) Công ty TNHH Tầm nhìn và Liên danh (VISION & ASSOCIATES CO.LTD.)

(54) PHƯƠNG PHÁP TẠO RA VẬT LIỆU PEROVSKIT QUANG HOẠT

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp điều chế vật liệu quang hoạt perovskit. Phương pháp này bao gồm các bước: nạp chì halogenua và dung môi thứ nhất vào thùng thứ nhất và cho chì halogenua tiếp xúc với dung môi thứ nhất để hòa tan chì halogenua để tạo ra dung dịch chì halogenua, nạp dung môi thứ hai là halogenua của kim loại nhóm 1 vào thùng thứ hai và cho halogenua của kim loại nhóm 1 tiếp xúc với dung môi thứ hai để hòa tan halogenua của kim loại nhóm 1 để tạo ra dung dịch halogenua của kim loại nhóm 1 và cho dung dịch chì halogenua tiếp xúc với dung dịch halogenua của kim loại nhóm 1 để tạo ra mực tiền chất màng mỏng. Phương pháp này còn bao gồm các bước: làm lắng mực tiền chất màng mỏng lên trên nền, sấy khô mực tiền chất màng mỏng để tạo ra màng mỏng, ủ màng mỏng; và tráng màng mỏng bằng dung dịch muối.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp tạo ra vật liệu perovskit quang hoạt và vật liệu perovskit được tạo ra bằng phương pháp này.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Việc sử dụng quang điện (photovoltaic - PV) để tạo ra điện năng từ năng lượng mặt trời hoặc bức xạ có thể mang lại nhiều lợi ích, chẳng hạn như nguồn điện, lượng khí thải thấp hoặc bằng không, sản xuất điện độc lập với lưới điện, cấu trúc vật lý bền vững (không có bộ phận chuyển động), hệ thống ổn định và đáng tin cậy, xây dựng mô đun, lắp đặt tương đối nhanh, sản xuất và sử dụng an toàn và được dư luận ủng hộ và chấp nhận sử dụng.

Các dấu hiệu và ưu điểm của sáng chế sẽ dễ dàng được hiểu rõ đối với người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực liên quan. Mặc dù một số thay đổi có thể được thực hiện bởi người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực liên quan, nhưng những thay đổi đó đều nằm trong phạm vi của sáng chế.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất phương pháp tạo ra vật liệu perovskit quang hoạt. Phương pháp này bao gồm các bước:

tạo ra mực tiền chất màng mỏng, trong đó bước tạo ra mực tiền chất màng mỏng bao gồm các bước:

- nạp chì halogenua vào thùng thứ nhất;
- nạp dung môi thứ nhất vào thùng thứ nhất;
- cho chì halogenua tiếp xúc với dung môi thứ nhất để hòa tan chì halogenua để tạo ra dung dịch chì halogenua;
- nạp halogenua của kim loại nhóm 1 vào thùng thứ hai;
- nạp dung môi thứ hai vào thùng thứ hai; và

cho halogenua của kim loại nhóm 1 tiếp xúc với dung môi thứ hai để hòa tan halogenua của kim loại nhóm 1 để tạo ra dung dịch halogenua của kim loại nhóm 1;

cho dung dịch chì halogenua tiếp xúc với dung dịch halogenua của kim loại nhóm 1 để tạo ra mực tiền chất màng mỏng;

làm lắng mực tiền chất màng mỏng lên trên nền;

sấy khô mực tiền chất màng mỏng để tạo ra màng mỏng;

ủ màng mỏng; và

tráng màng mỏng bằng dung dịch muối bao gồm dung môi thứ ba và muối được chọn từ nhóm bao gồm metylamoni halogenua, formamidini halogenua, guanidini halogenua, eten tetramin halogenua, imidazoli halogenua, 1,2,2-triaminovinylamoni halogenua và hydrohalogenua của axit 5-aminovaleric.

Ngoài ra, sáng chế còn đề xuất vật liệu perovskit được tạo ra bằng phương pháp này.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là hình vẽ minh họa thiết kế của DSSC thể hiện các lớp khác nhau của DSSC theo một số phương án của sáng chế.

Fig.2 là hình vẽ khác minh họa thiết kế của DSSC thể hiện các lớp khác nhau của DSSC theo một số phương án của sáng chế.

Fig.3 là hình vẽ ví dụ minh họa thiết kế của thiết bị BHJ theo một số phương án của sáng chế.

Fig.4 là hình phối cảnh của tế bào quang điện bao gồm lớp hoạt tính theo một số phương án của sáng chế.

Fig.5 là hình dạng sơ đồ thể hiện thiết bị DSSC ở trạng thái rắn điển hình theo một số phương án của sáng chế.

Fig.6 là sơ đồ cách điệu minh họa các thành phần của thiết bị PV ví dụ theo một số phương án của sáng chế.

Fig.7 là sơ đồ cách điệu thể hiện các thành phần của thiết bị PV ví dụ theo một số phương án của sáng chế.

Fig.8 là sơ đồ cách điệu thể hiện các thành phần của thiết bị PV ví dụ theo một số phương án của sáng chế.

Fig.9 là sơ đồ cách điệu thể hiện các thành phần của thiết bị PV ví dụ theo một số phương án của sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Các cải tiến liên quan đến các khía cạnh khác nhau của công nghệ PV tương thích với các PV hữu cơ, phi hữu cơ và/hoặc lai hứa hẹn sẽ tiếp tục hạ thấp chi phí của cả OPV và các PV khác. Ví dụ, một số pin mặt trời, như pin mặt trời nhạy với thuốc nhuộm ở trạng thái rắn, có thể tận dụng các thành phần thay thế mới có tính ổn định cao và hiệu quả về chi phí, như vật liệu vận chuyển điện tích ở trạng thái rắn (hoặc, thường được gọi là, “chất điện phân ở trạng thái rắn”). Ngoài ra, các loại pin mặt trời khác nhau có thể thuận lợi bao gồm các vật liệu giao thoa và các vật liệu khác, trong số các ưu điểm khác, có thể tiết kiệm chi phí và bền hơn so với các lựa chọn thông thường hiện có.

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

Ví dụ về các thành phần của vật chất này có thể bao gồm, ví dụ, vật liệu vận chuyển dạng lỗ và/hoặc vật liệu có thể thích hợp cho việc sử dụng làm, ví dụ, các lớp phân cách, thuốc nhuộm và/hoặc các chi tiết khác của các thiết bị PV. Các hợp chất như vậy có thể có thể được áp dụng trong nhiều thiết bị PV, như các tế bào dị hợp (ví dụ, lớp kép và khối), các tế bào lai (ví dụ, các chất hữu cơ với các sợi nano $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$, ZnO hoặc các chấm lượng tử PbS) và các DSSC (các tế bào quang điện nhạy thuốc nhuộm). Sau đây, các DSSC, tồn tại ở ba dạng: các chất điện phân trên cơ sở dung môi, các chất điện phân lỏng ion và các chất vận chuyển dạng lỗ ở trạng thái rắn (hoặc DSSC ở trạng thái rắn, tức là, DSSC-SS). Kết cấu DSSC-SS

theo một số phương án về cơ bản có thể không có chất điện phân, chứa vật liệu vận chuyển dạng lỏng như spiro-OMeTAD, CsSnI₃ và vật liệu hoạt hóa khác.

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

Theo một số phương án, sáng chế có thể đề xuất PV và các thiết bị tương tự khác (ví dụ, ắc quy, ắc quy PV lai, PV đa điểm nối, FET, đèn LED, v.v.). Các thiết bị như vậy theo một số phương án có thể bao gồm vật liệu có hoạt tính được cải tiến, lớp phân cách và/hoặc một hoặc nhiều vật liệu perovskit. Vật liệu perovskit có thể được tích hợp vào một hoặc nhiều khía cạnh khác nhau của PV hoặc thiết bị khác. Vật liệu perovskit theo một số phương án có thể có công thức chung CMX₃, trong đó: C bao gồm một hoặc nhiều cation (ví dụ: amin, amoni, kim loại nhóm 1, kim loại nhóm 2 và/hoặc các cation khác hoặc các hợp chất tương tự 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 perovskit theo các phương án khác nhau được mô tả chi tiết hơn dưới đây.

Các tế bào quang điện và các thiết bị điện tử khác

Một số phương án PV có thể được mô tả bằng cách viện dẫn đến các phân mô tả mang tính minh họa khác nhau về pin mặt trời như được thể hiện trên Fig. 1, Fig.3, Fig.4 và Fig.5. Ví dụ, kết cấu PV được nêu làm ví dụ theo một số phương án về cơ bản có thể có dạng đế-anôt-IFL-lớp hoạt tính-IFL-catốt. Lớp hoạt tính theo một số phương án có thể là quang hoạt và/hoặc có thể bao gồm vật liệu quang hoạt. Các lớp và vật liệu khác có thể được sử dụng trong pin như đã biết trong lĩnh vực kỹ thuật này. Hơn nữa, cần lưu ý rằng, việc sử dụng thuật ngữ “lớp hoạt tính” không có nghĩa là hạn chế hoặc xác định, rõ ràng hoặc ngầm định, các đặc tính của bất kỳ lớp nào khác - ví dụ, theo một số phương án, một trong hai hoặc cả hai IFL có thể cũng hoạt động trong chừng mực chúng có thể là chất bán dẫn. Cụ thể, tham chiếu đến Fig. 4,

tế bào PV chung cách điệu **2610** được mô tả, minh họa bản chất có tính giao thoa cao của một số lớp bên trong PV. PV **2610** đại diện cho một kết cấu chung áp dụng cho một số thiết bị PV, như các phương án về PV DSSC. Pin PV **2610** bao gồm một lớp thủy tinh trong suốt **2612** (hoặc vật liệu tương tự trong suốt với bức xạ mặt trời) cho phép bức xạ mặt trời **2614** truyền qua lớp này. Lớp trong suốt theo một số phương án cũng có thể được gọi là đế (ví dụ, như với lớp đế **1507** trên Fig. 1) và lớp đế có thể bao gồm một hoặc nhiều vật liệu bất kỳ trong số nhiều loại vật liệu cứng hoặc dẻo như: thủy tinh, polyetylen, PET, Kapton, thạch anh, phôi nhôm, phôi vàng hoặc thép. Lớp quang hoạt **2616** gồm chất cho điện tử hoặc *vật liệu loại p* **2618** và chất nhận điện tử hoặc *vật liệu loại n-* **2620**. Lớp hoạt tính hoặc, như được mô tả trên Fig. 4, lớp quang hoạt **2616**, được kẹp giữa hai lớp điện cực dẫn điện **2622** và **2624**. Trên Fig. 4, lớp điện cực **2622** là vật liệu ITO. Như đã lưu ý trên đây, lớp hoạt tính theo một số phương án không cần nhất thiết là quang hoạt, mặc dù nó là lớp được hiện trên Fig. 4. Lớp điện cực **2624** là vật liệu nhôm. Vật liệu khác có thể được sử dụng như đã biết trong lĩnh vực kỹ thuật này. Pin **2610** cũng bao gồm lớp phân cách (IFL) **2626**, được sử dụng trong ví dụ trên Fig. 4 là vật liệu PEDOT:PSS. IFL có thể hỗ trợ tách điện tích. Theo một số phương án, IFL **2626** có thể bao gồm hợp chất hữu cơ quang hoạt theo sáng chế là lớp đơn tự lắp ráp (self-assembled monolayer - SAM) hoặc dưới dạng màng mỏng. Theo các phương án khác, IFL **2626** có thể bao gồm lớp kép phủ mỏng, được mô tả chi tiết hơn dưới đây. Cũng có thể là IFL **2627** ở phía nhôm-catốt của thiết bị. Theo một số phương án, IFL **2627** ở phía nhôm-catốt của thiết bị cũng có thể hoặc thay vào đó bao gồm hợp chất hữu cơ quang hoạt theo sáng chế là lớp đơn tự lắp ráp (SAM) hoặc dưới dạng màng mỏng. Theo các phương án khác, IFL **2627** ở phía nhôm-catốt của thiết bị cũng có thể hoặc thay vào đó bao gồm lớp kép phủ mỏng (một lần nữa, được mô tả chi tiết hơn dưới đây). IFL theo một số phương án có thể có đặc tính bán dẫn và có thể là loại p hoặc loại n. Theo một số phương án, IFL ở phía catốt của thiết bị (ví dụ, IFL **2627** như được thể hiện trên Fig. 4) có thể là *loại p* và IFL ở phía anốt của thiết bị (ví dụ, IFL **2626** như được thể hiện trên Fig. 4) có thể là loại n. Tuy nhiên, theo các phương án khác,

IFL phía catốt có thể là loại n và IFL phía anốt có thể là loại p. Pin **2610** được gắn vào các đầu **2630** và bộ phận phóng điện **2632**, như ắc quy.

Các phương án khác nữa có thể được mô tả tham chiếu đến Fig. 3, hình vẽ này mô tả thiết kế của thiết bị BHJ cách điện và bao gồm: đế thủy tinh **2401**; điện cực (indium oxit pha thiếc) ITO **2402**; lớp phân cách (IFL) **2403**; lớp quang hoạt **2404**; và các catốt LiF/Al **2405**. Vật liệu của cấu trúc BHJ được đề cập đến chỉ là các ví dụ; kết cấu BHJ khác đã biết trong lĩnh vực kỹ thuật này có thể được sử dụng phù hợp với sáng chế. Theo một số phương án, lớp quang hoạt **2404** có thể bao gồm một hoặc nhiều vật liệu bất kỳ mà lớp hoạt hóa hoặc quang hoạt **2616** của thiết bị trên Fig. 4 có thể bao gồm.

Fig. 1 là minh họa đơn giản hóa về PV DSSC theo một số phương án, được đề cập đến ở đây nhằm mục đích minh họa cho việc lắp ráp các PV ví dụ này. DSSC ví dụ như được thể hiện trên Fig. 1 có thể được tạo kết cấu như sau: lớp điện cực **1506** (được thể hiện là thiếc oxit pha tạp flo, FTO) được lắng đọng trên lớp đế **1507** (được thể hiện là thủy tinh). Lớp mao quản trung bình ML **1505** (theo một số phương án có thể là TiO_2) được lắng đọng trên lớp điện cực **1506**, sau đó điện cực quang (cho đến nay bao gồm lớp đế **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**. Điều này khiến thuốc nhuộm **1504** liên kết với bề mặt của ML. Một điện cực trái dấu riêng biệt được tạo thành bao gồm lớp đế **1501** (cũng được thể hiện là thủy tinh) và lớp điện cực **1502** (được thể hiện là Pt/FTO). Điện cực quang và điện cực trái dấu được kết hợp, kẹp các lớp khác nhau **1502 - 1506** giữa hai lớp đế **1501** và **1507** như được thể hiện trên Fig. 1 và cho phép các lớp điện cực **1502** và **1506** cần được sử dụng làm catốt và anốt, một cách tương ứng. Lớp điện phân **1503** được lắng đọng hoặc trực tiếp trên điện cực quang hoàn chỉnh sau khi lớp thuốc nhuộm **1504** hoặc qua khe hở trong thiết bị, điển hình là lỗ được khoan sẵn bằng cách thổi cát ở đế điện cực trái dấu **1501**. Pin cũng có thể được gắn vào các đầu dẫn và bộ phận phóng điện, như ắc quy (không được thể hiện). Lớp đế **1507** và lớp điện cực **1506** và/hoặc lớp đế **1501** và lớp điện cực **1502** cần phải đủ trong suốt để cho phép bức xạ mặt trời đi qua đó vào thuốc nhuộm quang hoạt **1504**. Theo một số phương án, điện cực trái dấu

và/hoặc điện cực quang có thể là cứng, trong khi ở điện cực khác một trong hai hoặc cả hai có thể là mềm dẻo. Các lớp để theo các phương án khác nhau có thể bao gồm một hoặc nhiều lớp bất kỳ trong số: thủy tinh, polyetylen, PET, Kapton, thạch anh, phôi nhôm, phôi vàng và thép. Theo các phương án nhất định, DSSC có thể còn bao gồm lớp thu ánh sáng **1601**, như được thể hiện trên Fig. 2, để tán xạ ánh sáng tới để gia tăng độ dài đường ánh sáng qua lớp quang hoạt của thiết bị (nhờ đó gia tăng nhiều khả năng ánh sáng được thấm hút trong lớp quang hoạt).

Theo các phương án khác, sáng chế đề xuất DSSC ở trạng thái rắn. Các DSSC ở trạng thái rắn theo một số phương án có thể cho các ưu điểm như không có vấn đề về rò rỉ và/hoặc ăn mòn có thể ảnh hưởng đến các DSSC bao gồm các chất điện phân lỏng. Hơn nữa, chất mang điện tích trạng thái rắn có thể đề xuất các tính chất vật lý nhanh hơn cho thiết bị (ví dụ, vận chuyển điện tích nhanh hơn). Ngoài ra, các chất điện phân ở trạng thái rắn, theo một số phương án, có thể là quang hoạt và do đó góp phần vào việc cấp điện thu được từ thiết bị DSSC ở trạng thái rắn.

Một số ví dụ về DSSC ở trạng thái rắn có thể được mô tả bằng cách tham chiếu đến Fig. 5, là sơ đồ cách điệu của DSSC ở trạng thái rắn điển hình. Như với pin mặt trời ví dụ được minh họa ví dụ trên Fig. 4, lớp hoạt tính bao gồm vật liệu hoạt hóa thứ nhất và thứ hai (ví dụ, dẫn điện và/hoặc bán dẫn) (lần lượt là **2810** và **2815**) được kẹp giữa các điện cực thứ nhất **2805** và **2820** (được thể hiện trên Fig. 5 lần lượt là Pt/FTO và FTO). Theo phương án được thể hiện trên Fig. 5, vật liệu hoạt hóa thứ nhất **2810** là *vật liệu loại p* hoạt hóa và bao gồm chất điện phân ở trạng thái rắn. Theo các phương án nhất định, vật liệu hoạt hóa thứ nhất **2810** có thể bao gồm vật liệu hữu cơ như spiro-OMeTAD và/hoặc poly(3-hexylthiophen), phức chất vô cơ bậc hai, bậc ba, bậc bốn hoặc phức chất lớn hơn, vật liệu bán dẫn rắn bất kỳ hoặc tổ hợp của chúng. Theo một số phương án, vật liệu hoạt hóa thứ nhất có thể bổ sung hoặc thay vì bao gồm oxit và/hoặc sulfua và/hoặc selenit và/hoặc iôđua (ví dụ, CsSnI₃). Như vậy, ví dụ, vật liệu hoạt hóa thứ nhất theo một số phương án có thể bao gồm vật liệu loại p ở trạng thái rắn, có thể bao gồm đồng indii sulfua và theo một số phương án, vật liệu này có thể bao gồm đồng indii gali selenit. Vật liệu hoạt hóa thứ hai **2815** được thể hiện trên Fig. 5 là vật liệu hoạt hóa loại n và bao gồm TiO₂

được phủ bằng thuốc nhuộm. Theo một số phương án, vật liệu hoạt hóa thứ hai tương tự có thể bao gồm vật liệu hữu cơ như spiro-OMeTAD, bậc hai, bậc ba, bậc bốn hoặc phức chất lớn hơn hoặc tổ hợp của chúng. Theo một số phương án, vật liệu hoạt hóa thứ hai có thể bao gồm oxit như nhôm oxit và/hoặc nó có thể bao gồm sulfua và/hoặc có thể bao gồm selenit. Do đó, theo một số phương án, vật liệu hoạt hóa thứ hai có thể bao gồm đồng indii sulfua và theo một số phương án, có thể bao gồm kim loại đồng indii gali selenit. Vật liệu hoạt hóa thứ hai **2815** theo một số phương án có thể cấu thành lớp mao quản trung bình. Hơn nữa, ngoài việc hoạt hóa một trong hai hoặc cả hai vật liệu hoạt hóa thứ nhất và thứ hai **2810** và **2815** có thể là quang hoạt. Theo các phương án khác (không được thể hiện trên Fig. 5), vật liệu hoạt hóa thứ hai có thể bao gồm chất điện phân rắn. Ngoài ra, theo các phương án trong đó hoặc vật liệu hoạt hóa thứ nhất và thứ hai **2810** và **2815** bao gồm chất điện phân rắn, thiết bị PV có thể thiếu lượng hữu hiệu của chất điện phân lỏng. Mặc dù được thể hiện và được đề cập đến trên Fig. 5 là loại p, lớp trạng thái rắn (ví dụ, vật liệu hoạt hóa thứ nhất bao gồm chất điện phân rắn) theo một số phương án có thể thay thế bằng chất bán dẫn loại n. Theo các phương án này, sau đó vật liệu hoạt hóa thứ hai (ví dụ, TiO_2 (hoặc vật liệu mao quản trung bình khác) như được thể hiện trên Fig. 5) được phủ bằng thuốc nhuộm có thể là chất bán dẫn loại p (trái ngược với chất bán dẫn loại n được thể hiện và mô tả tương ứng với Fig. 5).

Các lớp đế **2801** và **2825** (cả hai được thể hiện trên Fig. 5 là thủy tinh) tạo thành các lớp trên cùng và dưới cùng bên ngoài tương ứng của pin mẫu trên Fig. 5. Các lớp này có thể bao gồm bất kỳ vật liệu nào đủ trong suốt để cho phép bức xạ mặt trời đi qua lớp hoạt tính/quang hoạt bao gồm thuốc nhuộm, vật liệu hoạt tính thứ nhất và thứ hai và/hoặc vật liệu quang hoạt **2810** và **2815**, như thủy tinh, polyetylen, PET, Kapton, thạch anh, phôi nhôm, phôi vàng và/hoặc thép. Hơn nữa, theo phương án được thể hiện trên Fig. 5, điện cực **2805** (được thể hiện là Pt/FTO) là catốt và điện cực **2820** là anốt. Như với pin mặt trời mẫu được minh họa trên Fig. 4, bức xạ mặt trời đi qua lớp đế **2825** và điện cực **2820** vào lớp hoạt tính, sau đó ít nhất một phần bức xạ mặt trời được hấp thụ để tạo ra một hoặc nhiều kích ứng cho phép phát điện.

DSSC ở trạng thái rắn theo một số phương án có thể được tạo kết cấu theo cách về cơ bản tương tự với kết cấu được mô tả ở trên về DSSC được mô tả cách đều trên Fig. 1. Theo phương án được thể hiện trên Fig. 5, vật liệu hoạt hóa loại p **2810** tương ứng với điện cực **1503** trên Fig. 1; vật liệu hoạt hóa loại n **2815** tương ứng với cả thuốc nhuộm **1504** lẫn ML **1505** trên Fig. 1; các điện cực **2805** và **2820** lần lượt tương ứng với các lớp điện cực **1502** và **1506** trên Fig. 1; và các lớp đế **2801** và **2825** lần lượt tương ứng với các lớp đế **1501** và **1507**.

Các phương án khác nhau của sáng chế đề xuất vật liệu và/hoặc thiết kế cải tiến theo các khía cạnh khác nhau của pin mặt trời và các thiết bị khác, trong số những vật liệu khác, bao gồm, vật liệu hoạt hóa (bao gồm các lớp vận chuyển có lỗ và/hoặc vận chuyển điện tử), các lớp phân cách và kết cấu tổng thể của thiết bị.

Các lớp phân cách

Theo một số phương án, sáng chế đề xuất vật liệu có lợi và các thiết kế của một hoặc nhiều lớp phân cách bên trong PV, bao gồm các IFL phủ mỏng. Các IFL phủ mỏng có thể được sử dụng trong một hoặc nhiều IFL của PV theo các phương án khác nhau được thảo luận ở đây.

Thứ nhất, như đã lưu ý trước đây, một hoặc nhiều IFL (ví dụ một trong hai hoặc cả hai IFL **2626** và **2627** như được thể hiện trên Fig. 4) có thể bao gồm hợp chất hữu cơ quang hoạt theo sáng chế dưới dạng lớp đơn tự tổng hợp (SAM) hoặc dưới dạng màng mỏng. Khi hợp chất hữu cơ quang hoạt theo sáng chế được áp dụng là SAM, nó có thể bao gồm nhóm gắn kết qua đó nó có thể là đồng hóa trị hoặc theo cách khác được gắn vào bề mặt của một trong hai hoặc cả hai anốt và catốt. Nhóm gắn kết theo một số phương án có thể bao gồm một hoặc nhiều COOH, SiX₃ bất kỳ (trong đó X có thể là gốc bất kỳ thích hợp để tạo ra hợp chất silicon 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 gắn kết có thể là đồng hóa trị hoặc theo cách khác gắn kết vớt gốc rút điện tử, gốc cho điện tử và/hoặc gốc lõi. Nhóm gắn kết có thể gắn vào bề mặt điện cực thứ nhất theo cách để tạo ra lớp định hướng, có tổ chức gồm một phân tử (hoặc, theo một số phương án, nhiều phân tử) có độ dày (ví dụ, trong đó

nhiều hợp chất hữu cơ quang hoạt được gắn vào anốt và/hoặc catốt). Như đã lưu ý, SAM có thể gắn qua các tương tác đồng hóa trị, nhưng theo một số phương án nó có thể gắn qua các tương tác ion, gắn kết hydro và/hoặc lực phân tán (tức là, Van Der Waals). Hơn nữa, theo phương án nhất định, khi lộ sáng, SAM có thể đi vào trạng thái kích thích ion lưỡng tính, nhờ đó tạo ra IFL có độ phân cực cao, có thể hướng các chất mang điện tích từ lớp hoạt tính vào điện cực (ví dụ hoặc anốt hoặc catốt). Theo một số phương án, việc phun chất mang điện tích tăng cường này có thể được thực hiện bằng cách đánh bóng điện tử mặt cắt ngang của lớp hoạt tính và do đó gia tăng vận tốc trôi của chất mang điện tích về phía điện cực tương ứng của chúng (ví dụ, lỗ tới anốt; các điện tử tới catốt). Các phân tử dùng cho các ứng dụng anốt theo một số phương án có thể bao gồm các hợp chất điều hướng bao gồm gốc cho điện tử sơ cấp được gắn kết với gốc lõi, mà lần lượt được gắn kết với gốc rút điện tử, nhóm này lại được gắn kết với nhóm gắn kết. Trong các ứng dụng catốt theo một số phương án, các phân tử IFL có thể bao gồm hợp chất điều hướng được bao gồm gốc nghèo điện tử được gắn với gốc lõi, mà lần lượt được gắn vào gốc cho điện tử, mà lần lượt được gắn vào nhóm gắn kết. Khi hợp chất hữu cơ quang hoạt được sử dụng làm IFL theo các phương án như vậy, nó có thể giữ lại đặc tính quang hoạt, mặc dù theo một số phương án nó không phải là quang hoạt.

Ngoài ra hoặc thay vì hợp chất hữu cơ quang hoạt SAM IFL, PV theo một số phương án có thể bao gồm lớp phân cách mỏng (“lớp phân cách phủ mỏng” hoặc “IFL phủ mỏng”) được phủ lên ít nhất một phần của vật liệu hoạt hóa thứ nhất hoặc thứ hai theo các phương án như vậy (ví dụ, vật liệu hoạt hóa thứ nhất hoặc thứ hai **2810** hoặc **2815** như được thể hiện trên Fig. 5). Và, lần lượt, ít nhất một phần của IFL phủ mỏng có thể được phủ bằng thuốc nhuộm. IFL phủ mỏng có thể là *loại n* hoặc *p*; theo một số phương án, IFL phủ mỏng này có thể là cùng loại như vật liệu bên dưới (ví dụ, TiO₂ hoặc vật liệu mao quản trung bình khác, như TiO₂ của vật liệu hoạt hóa thứ hai **2815**). Vật liệu hoạt hóa thứ hai có thể bao gồm TiO₂ được phủ bằng IFL phủ mỏng bao gồm nhôm oxit (ví dụ, Al₂O₃) (không được thể hiện trên Fig. 5), lần lượt được phủ bằng thuốc nhuộm. Ở đây tham chiếu đến TiO₂ và/hoặc titan oxit không được dự định giới hạn các tỷ lệ của thiếc và oxit trong các hợp chất

thiếc-oxit được mô tả ở đây. Tức là, hợp chất titan oxit có thể bao gồm titan ở một hoặc nhiều trạng thái oxy hóa bất kỳ khác nhau của nó (ví dụ, titan I, titan II, titan III, titan IV) và do đó các phương án khác nhau có thể bao gồm lượng theo hệ số tỷ lệ và/hoặc không theo hệ số tỷ lệ của titan và oxit. Do đó, các phương án khác nhau có thể bao gồm (thay thế hoặc bổ sung TiO_2) Ti_xO_y , trong đó x có thể là giá trị bất kỳ, số nguyên hoặc không nguyên, nằm trong khoảng từ 1 đến 100. Theo một số phương án, x có thể nằm trong khoảng từ xấp xỉ 0,5 đến 3. Tương tự, y có thể nằm trong khoảng từ xấp xỉ 1,5 đến 4 (và một lần nữa, không cần phải là số nguyên). Do đó, một số phương án có thể bao gồm, ví dụ, TiO_2 và/hoặc Ti_2O_3 . Ngoài ra, titan oxit ở bất kỳ tỷ lệ nào hoặc tổ hợp của các tỷ lệ giữa titan và oxit có thể thuộc một hoặc nhiều cấu trúc tinh thể bất kỳ theo một số phương án, bao gồm bất kỳ một hoặc nhiều anataza, rutil và chất vô định hình.

Các oxit kim loại làm ví dụ khác để sử dụng trong IFL phủ mỏng theo một số phương án có thể bao gồm các oxit kim loại bán dẫn, như ZnO , ZrO_2 , Nb_2O_3 , SrTiO_3 , Ta_2O_3 , NiO , WO_3 , V_2O_5 hoặc MoO_3 . Phương án được nêu làm ví dụ, trong đó vật liệu hoạt hóa thứ hai (ví dụ, loại n) bao gồm TiO_2 được phủ bằng IFL phủ mỏng bao gồm Al_2O_3 có thể được tạo thành, ví dụ, với vật liệu tiền thân như $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ hoặc vật liệu khác bất kỳ phù hợp để làm lắng Al_2O_3 lên TiO_2 , sau đó ủ nhiệt và phủ thuốc nhuộm. Theo các phương án ví dụ, trong đó lớp phủ MoO_3 được sử dụng thay thế, lớp phủ này có thể được tạo thành bằng vật liệu tiền thân như $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; trong khi lớp phủ V_2O_5 theo một số phương án có thể được tạo thành bằng vật liệu tiền thân như NaVO_3 ; và lớp phủ WO_3 theo một số phương án có thể được tạo thành bằng vật liệu tiền thân như $\text{NaWO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Hàm lượng của vật liệu tiền thân (ví dụ, $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$) có thể ảnh hưởng đến độ dày màng cuối cùng (ở đây là Al_2O_3) được lắng đọng trên TiO_2 hoặc vật liệu hoạt hóa khác. Bởi vậy, sự biến đổi về hàm lượng của vật liệu tiền thân có thể là phương pháp nhờ đó độ dày màng cuối cùng có thể được kiểm soát. Ví dụ, độ dày màng lớn hơn có thể do hàm lượng của vật liệu tiền thân lớn hơn. Độ dày của màng lớn hơn có thể không nhất thiết dẫn đến PCE lớn hơn trong thiết bị PV bao gồm lớp phủ oxit kim loại. Bởi vậy, phương pháp theo một số phương án có thể bao gồm bước phủ lớp TiO_2 (hoặc lớp mao quản trung bình

khác) bằng cách sử dụng vật liệu tiền thân có hàm lượng nằm trong khoảng từ xấp xỉ 0,5 đến 10,0 mM; các phương án khác có thể bao gồm bước phủ lớp này bằng vật liệu tiền thân có hàm lượng nằm trong khoảng từ xấp xỉ 2,0 đến 6,0 mM; hoặc, theo các phương án khác, xấp xỉ từ 2,5 đến 5,5 mM.

Hơn nữa, mặc dù trong bản mô tả được ưu tiên là Al_2O_3 và/hoặc nhôm oxit, cần lưu ý rằng, các tỷ lệ khác nhau của nhôm và oxy có thể được sử dụng trong việc tạo ra nhôm oxit. Bởi vậy, mặc dù một số phương án được thảo luận ở đây được mô tả có liên quan đến Al_2O_3 , nhưng phần mô tả này không nhằm mục đích xác định tỷ lệ yêu cầu của nhôm trong oxy. Đúng hơn là, các phương án có thể bao gồm một hoặc nhiều hợp chất nhôm-oxit bất kỳ, mỗi hợp chất có tỷ lệ nhôm oxit theo Al_xO_y , trong đó x có thể là giá trị, số nguyên hoặc số không nguyên bất kỳ, nằm trong khoảng từ xấp xỉ 1 đến 100. Theo một số phương án, x có thể nằm trong khoảng từ xấp xỉ 1 đến 3 (và một lần nữa, không cần phải là số nguyên). Tương tự, y có thể là giá trị, số nguyên hoặc số không nguyên bất kỳ, nằm trong khoảng từ 0,1 đến 100. Theo một số phương án, y có thể nằm trong khoảng từ 2 đến 4 (và một lần nữa, không cần phải là số nguyên). Ngoài ra, các dạng tinh thể khác nhau của Al_xO_y về cơ bản có thể có mặt trong các phương án khác nhau, như alpha, gamma và/hoặc các dạng vô định hình của nhôm oxit.

Tương tự, mặc dù được đề cập ở đây là MoO_3 , WO_3 và V_2O_5 , nhưng thay vào đó hoặc ngoài ra, các hợp chất này có thể được biểu thị lần lượt là Mo_xO_y , W_xO_y và V_xO_y . Đối với mỗi trong số Mo_xO_y và W_xO_y , x có thể là giá trị bất kỳ, số nguyên hoặc số không nguyên, nằm trong khoảng từ xấp xỉ 0,5 đến 100; theo một số phương án, có thể nằm trong khoảng từ xấp xỉ 0,5 đến 1,5. Tương tự, y có thể là giá trị bất kỳ, số nguyên hoặc số không nguyên, nằm trong khoảng từ xấp xỉ 1 đến 100. Theo một số phương án, y có thể là giá trị bất kỳ nằm trong khoảng từ xấp xỉ 1 đến 4. Đối với V_xO_y , x có thể là giá trị bất kỳ, số nguyên hoặc số không nguyên, nằm trong khoảng từ xấp xỉ 0,5 đến 100; theo một số phương án, x có thể nằm trong khoảng từ xấp xỉ 0,5 đến 1,5. Tương tự, y có thể là giá trị bất kỳ, số nguyên hoặc số không nguyên, nằm trong khoảng từ xấp xỉ 1 đến 100; theo phương án nhất định trong số

các phương án, y có thể là giá trị nguyên hoặc không nguyên nằm trong khoảng từ xấp xỉ 1 đến 10.

Tương tự, các tham chiếu trong một số phương án ví dụ trong bản mô tả đến CsSnI_3 không nhằm mục đích hạn chế tỷ lệ của các nguyên tố thành phần trong hợp chất xesi-thiếc-iôt theo các phương án khác nhau. Một số phương án có thể bao gồm các lượng theo hệ số tỷ lượng và/hoặc không theo hệ số tỷ lượng của thiếc và iôđua và do đó, thay vào đó hoặc ngoài ra, các phương án như vậy có thể bao gồm tỷ lệ khác nhau của xesi, thiếc và iôt, như một hoặc nhiều hợp chất xesi-thiếc-iôt bất kỳ, mỗi hợp chất có tỷ lệ của $\text{Cs}_x\text{Sn}_y\text{I}_z$. Theo các phương án như vậy, x có thể là giá trị bất kỳ, số nguyên hoặc số không nguyên, nằm trong khoảng từ 0,1 đến 100. Theo một số phương án, x có thể nằm trong khoảng từ xấp xỉ 0,5 đến 1,5 (và một lần nữa, không cần phải là số nguyên). Tương tự, y có thể là giá trị bất kỳ, số nguyên hoặc số không nguyên, nằm trong khoảng từ 0,1 đến 100. Theo một số phương án, y có thể nằm trong khoảng từ xấp xỉ 0,5 đến 1,5 (và một lần nữa, không cần phải là số nguyên). Tương tự, z có thể là giá trị bất kỳ, số nguyên hoặc số không nguyên, nằm trong khoảng từ 0,1 đến 100. Theo một số phương án, z có thể nằm trong khoảng từ xấp xỉ 2,5 đến 3,5. Ngoài ra, CsSnI_3 có thể được pha tạp hoặc phối trộn với vật liệu khác, như SnF_2 , theo các tỷ lệ của $\text{CsSnI}_3:\text{SnF}_2$ nằm trong khoảng từ 0,1:1 đến 100:1, bao gồm tất cả các giá trị (số nguyên và số không nguyên) ở giữa.

Ngoài ra, IFL phủ mỏng có thể bao gồm lớp kép. Do đó, trở lại ví dụ, trong đó IFL phủ mỏng bao gồm kim loại-oxit (như nhôm oxit), IFL phủ mỏng có thể bao gồm TiO_2 -cộng-kim loại-oxit. IFL phủ mỏng như vậy về cơ bản có thể có khả năng lớn hơn để chống chịu sự tái tổ hợp điện tích so với chỉ TiO_2 mao quản trung bình hoặc vật liệu hoạt hóa khác. Hơn nữa, trong khi tạo thành lớp TiO_2 , lớp phủ TiO_2 thứ cấp thường xuyên cần thiết để tạo ra liên kết vật lý đầy đủ của các hạt TiO_2 , theo một số phương án của sáng chế. Việc phủ IFL phủ mỏng hai lớp lên TiO_2 mao quản trung bình (hoặc vật liệu hoạt hóa mao quản trung bình khác) có thể bao gồm tổ hợp của lớp phủ sử dụng hợp chất bao gồm cả oxit kim loại lẫn TiCl_4 , dẫn đến IFL phủ mỏng hai lớp bao gồm tổ hợp của lớp phủ kim loại-oxit và lớp phủ TiO_2 thứ cấp, có thể cải thiện hiệu suất so với việc sử dụng riêng từng vật liệu.

Các IFL phủ mỏng và các phương pháp phủ chúng lên TiO_2 được mô tả trên đây, theo một số phương án, có thể được sử dụng trong DSSC bao gồm các chất điện phân lỏng. Do đó, trở lại ví dụ của IFL phủ mỏng và tham chiếu đến Fig. 1 làm ví dụ, DSSC trên Fig. 1 có thể còn bao gồm IFL phủ mỏng như đã mô tả ở trên được phủ lên lớp mao quản trung bình **1505** (tức là, IFL phủ mỏng sẽ được chèn giữa lớp mao quản trung bình **1505** và thuốc nhuộm **1504**).

Theo một số phương án, các IFL phủ mỏng đã mô tả trên đây trong ngữ cảnh của DSSC có thể được sử dụng trong lớp phân cách bất kỳ của thiết bị bán dẫn như PV (ví dụ, PV lai hoặc PV khác), bóng bán dẫn hiệu ứng trường, điốt phát quang, thiết bị quang học phi tuyến tính, điện trở bộ nhớ, tụ điện, bộ chỉnh lưu, anten chỉnh lưu, v.v.. Ngoài ra, IFL phủ mỏng theo một số phương án có thể được sử dụng trong bất kỳ một trong các thiết bị kết hợp với các hợp chất khác được thảo luận trong sáng chế, bao gồm nhưng không giới hạn ở một hoặc nhiều phương án bất kỳ sau đây trong số các phương án khác nhau của sáng chế: vật liệu vận chuyển dạng lỏng rắn như vật liệu hoạt hóa và các chất phụ gia (như, theo một số phương án, axit chenodeoxycholic hoặc 1,8-diiodooctan).

Các chất phụ gia

Như đã lưu ý ở trên, PV và các thiết bị khác theo một số phương án có thể bao gồm các chất phụ gia (ví dụ có thể là một hoặc nhiều axit axetic, axit propanoic, axit trifloaxetic, axit chenodeoxycholic, axit deoxycholic, 1,8-diiodooctan và 1,8-dithiooctan bất kỳ). Các chất phụ gia như vậy có thể được sử dụng làm các chất tiền xử lý trực tiếp trước khi ngâm thuốc nhuộm hoặc trộn theo các tỷ lệ khác nhau với thuốc nhuộm để tạo ra dung dịch ngâm. Các chất phụ gia này có thể có chức năng, ví dụ, làm gia tăng khả năng hòa tan của thuốc nhuộm, ngăn không cho phân tử thuốc nhuộm kết chùm, bằng cách chặn các vị trí hoạt hóa hở và bằng cách tạo ra trật tự phân tử giữa các phân tử thuốc nhuộm. Các chất phụ gia có thể được sử dụng với thuốc nhuộm thích hợp bất kỳ, bao gồm hợp chất quang hoạt theo các phương án khác nhau của sáng chế như được mô tả trong bản mô tả.

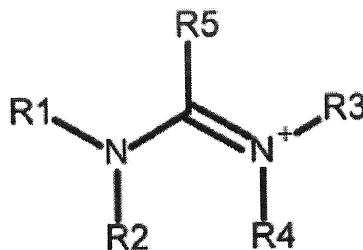
Vật liệu perovskit

Vật liệu perovskit có thể được kết hợp vào một hoặc nhiều khía cạnh của PV hoặc thiết bị khác. Vật liệu perovskit theo một số phương án về cơ bản có thể có công thức chung $C_wM_yX_z$, trong đó: C bao gồm một hoặc nhiều cation (ví dụ, amin, amoni, kim loại nhóm 1, kim loại nhóm 2 và/hoặc các cation khác hoặc các hợp chất tương tự cation); M bao gồm một hoặc nhiều kim loại (các ví dụ bao gồm Fe, Co, Ni, Cu, Ag, Au, Ti, In, Sb, Sn, Pb, Bi, Ga, Ge, Ti và Zn); X bao gồm một hoặc nhiều anion; và w, y và z là các số thực nằm trong khoảng từ 1 đến 20. Theo một số phương án, C có thể bao gồm một hoặc nhiều cation hữu cơ. Theo một số phương án, mỗi cation hữu cơ C có thể là lớn hơn mỗi kim loại M và mỗi anion X về cơ bản có thể có khả năng gắn kết với cả cation C lẫn kim loại M. Theo các phương án cụ thể, vật liệu perovskit về cơ bản có thể có công thức CMX_3 .

Theo các phương án nhất định, C có thể bao gồm amoni, cation hữu cơ có công thức chung $[NR_4]^+$ trong đó các nhóm R có thể là các nhóm giống hoặc khác nhau. Các nhóm R thích hợp bao gồm nhưng không giới hạn ở: nhóm metyl, etyl, propyl, butyl, pentyl hoặc chất đồng phân của nó; alkan, alken hoặc alkyn C_xH_y bất kỳ, trong đó $x = 1 - 20$, $y = 1 - 42$, mạch vòng, mạch nhánh hoặc mạch thẳng; các 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, naphthalen); các phức chất dạng vòng, trong đó ít nhất một nitơ được chứa bên trong vòng (ví dụ, pyridin, pyrrol, pyrrolidin, piperidin, tetrahydroquinolin); nhóm chứa lưu huỳnh bất kỳ (ví dụ, sulfoxit, thiol, alkyl sulfua); nhóm chứa nitơ bất kỳ (nitroxit, amin); nhóm chứa phospho bất kỳ (phosphat); nhóm chứa bo bất kỳ (ví dụ, axit boronic); các axit hữu cơ bất kỳ (ví dụ, axit axetic, axit propanoic); và este hoặc các chất dẫn xuất amit của chúng; axit amin bất kỳ (ví dụ, glyxin, xystein, prolin, axit glutamic, arginin, serin, histindin, axit 5-amonivaleric) bao gồm alpha, beta, gama và các chất dẫn xuất lớn hơn; nhóm chứa silic bất kỳ (ví dụ, siloxan); và alkoxy bất kỳ hoặc nhóm $-OC_xH_y$, 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 chung $[R_2NCRNR_2]^+$, trong đó các nhóm R có thể là các nhóm giống

hoặc khác nhau. Các nhóm R thích hợp bao gồm nhưng không giới hạn ở: nhóm hydro, metyl, etyl, propyl, butyl, pentyl hoặc chất đồng phân của nó; alkan, alken hoặc alkyn C_xH_y bất kỳ, trong đó $x = 1 - 20$, $y = 1 - 42$, mạch vòng, mạch nhánh hoặc mạch thẳng; các 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); các phức chất dạng vòng trong đó ít nhất một nitơ được chứa bên trong vòng (ví dụ, imidazol, benzimidazol, dihydropyrimidin, (azolidinylidenmetyl)pyrolidin, triazol); nhóm chứa lưu huỳnh bất kỳ (ví dụ, sulfoxit, thiol, alkyl sulfua); nhóm chứa nitơ bất kỳ (nitroxit, amin); nhóm chứa phospho bất kỳ (phosphat); nhóm chứa bo bất kỳ (ví dụ, axit boronic); các axit hữu cơ bất kỳ (axit axetic, axit propanoic) và este hoặc các chất dẫn xuất amit của chúng; axit amin bất kỳ (ví dụ, glyxin, xystein, prolin, axit glutamic, arginin, serin, histindin, axit 5-amonivaleric) bao gồm alpha, beta, gama và các chất dẫn xuất lớn hơn; nhóm chứa silic bất kỳ (ví dụ, siloxan); và alkoxy bất kỳ hoặc nhóm $-OC_xH_y$, trong đó $x = 0 - 20$, $y = 1 - 42$.



Công thức 1

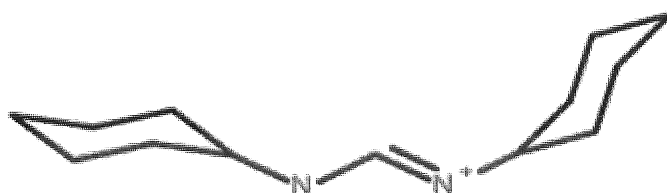
Công thức 1 minh họa kết cấu của cation formamidini có công thức chung $[R_2NCRNR_2]^+$ như đã mô tả ở trên. Công thức 2 minh họa các ví dụ về các kết cấu của một số cation formamidini có thể đóng vai trò làm cation “C” trong vật liệu perovskit.



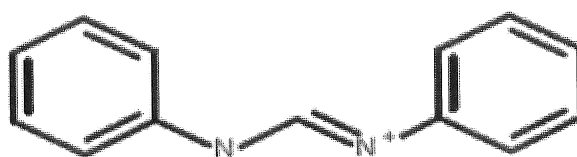
Hydroxy-[(hydroxyamino)metylen]amoni



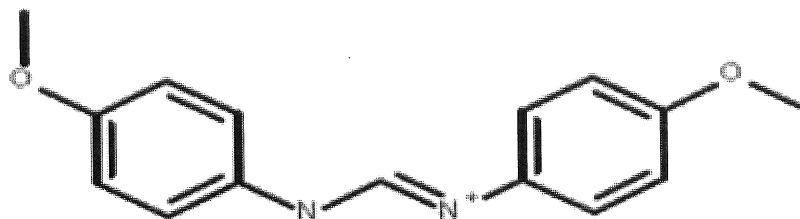
Metyl(metylaminometylen)amoni



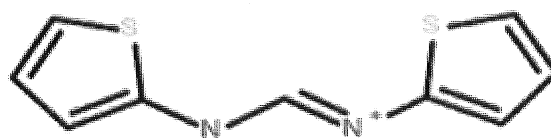
Xyclohexyl-[(xyclohexylamino)metylen]amoni



Anilinometylen(phenyl)amoni



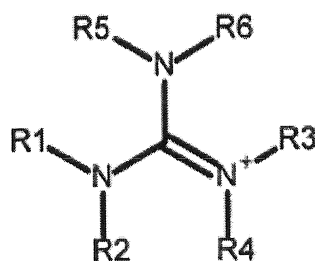
(Metoxyanilino)metylen-(4-metoxyphenyl)amoni



Thienyl-[(2-thienylamino)metylen]amoni

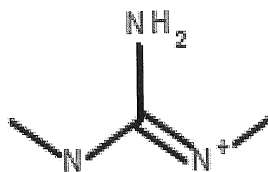
Công thức 2

Theo các phương án nhất định, C có thể bao gồm guanidini, cation hữu cơ có công thức chung $[(R_2N)_2C=NR_2]^+$ trong đó các nhóm R có thể là các nhóm giống nhau hoặc khác nhau. Các nhóm R thích hợp bao gồm nhưng không giới hạn ở: nhóm hydro, metyl, etyl, propyl, butyl, pentyl hoặc chất đồng phân của nó; alkan, alken hoặc alkyn C_xH_y bất kỳ, trong đó $x = 1 - 20$, $y = 1 - 42$, mạch vòng, mạch nhánh hoặc mạch thẳng; các 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); các phức chất dạng vòng trong đó ít nhất một nitơ được chứa bên 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 phospho bất kỳ (phosphat); nhóm chứa bo bất kỳ (ví dụ, axit boronic); các axit hữu cơ bất kỳ (axit axetic, axit propanoic) và este hoặc các chất dẫn xuất amit của chúng; axit amin bất kỳ (ví dụ, glyxin, xystein, prolin, axit glutamic, arginin, serin, histindin, axit 5-amonivaleric) bao gồm alpha, beta, gama và các chất dẫn xuất lớn hơn; nhóm chứa silic bất kỳ (ví dụ, siloxan); và alkoxy bất kỳ hoặc nhóm $-OC_xH_y$, trong đó $x = 0 - 20$, $y = 1 - 42$.

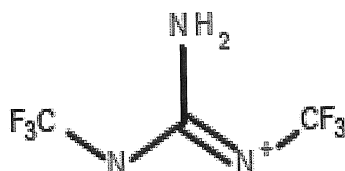


Công thức 3

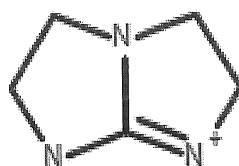
Công thức 3 minh họa kết cấu của guanidini cation có công thức chung $[(R_2N)_2C=NR_2]^+$ như đã mô tả ở trên. Công thức 4 minh họa các ví dụ về các kết cấu của một số cation guanidini có thể đóng vai trò làm cation “C” trong vật liệu perovskit.



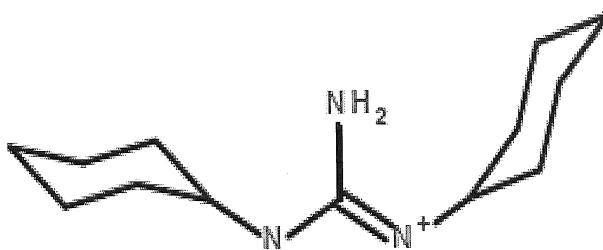
[Amino(methylamino)metylen]-metyl-amoni



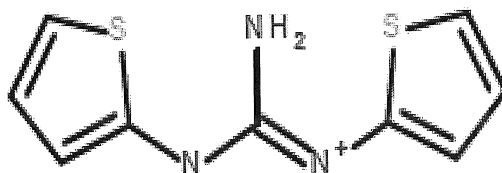
[Amino(trifluoromethylamino)metylen]-(trifluorometyl)amoni



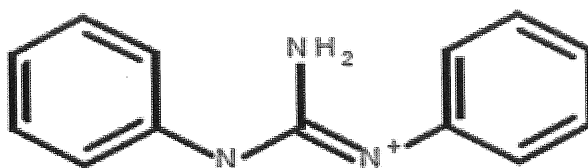
2,3,5,6-Tetrahydro-1H-imidazo[1,2-a]imidazol-7-ium



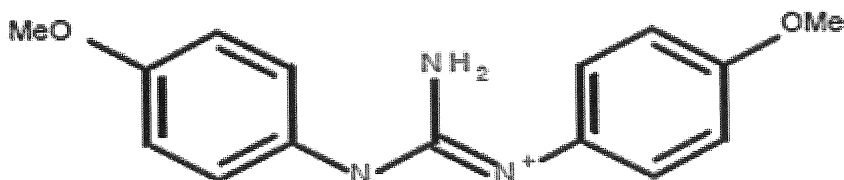
[Amino-(cyclohexylamino)metylen]-cyclohexyl-amoni



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



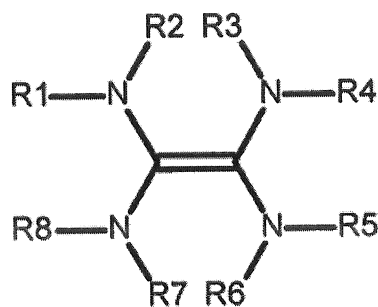
[Amino(anilino)metylen]-(phenyl)-amoni



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

Công thức 4

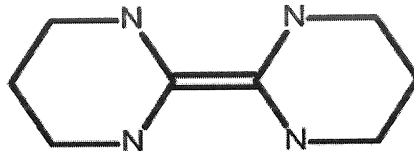
Theo các phương án nhất định, C có thể bao gồm eten tetramin cation, cation hữu cơ có công thức chung $[(R_2N)_2C=C(NR_2)_2]^+$, trong đó các nhóm R có thể là các nhóm giống nhau hoặc khác nhau. Các nhóm R thích hợp bao gồm nhưng không giới hạn ở: nhóm hydro, metyl, etyl, propyl, butyl, pentyl hoặc chất đồng phân của nó; alkan, alken hoặc alkyn C_xH_y bất kỳ, trong đó $x = 1 - 20$, $y = 1 - 42$, mạch vòng, mạch nhánh hoặc mạch thẳng; các 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); các phức chất dạng vòng, trong đó ít nhất một nitơ được chứa bên 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 phospho bất kỳ (phosphat); nhóm chứa Bo bất kỳ (ví dụ, axit boronic); các axit hữu cơ bất kỳ (axit axetic, axit propanoic) và este hoặc các chất dẫn xuất amit của chúng; axit amin bất kỳ (ví dụ, glyxin, xystein, prolin, axit glutamic, arginin, serin, histindin, axit 5-amonivaleric) bao gồm các chất dẫn xuất alpha, beta, gama và lớn hơn; nhóm chứa silic bất kỳ (ví dụ, siloxan); và alkoxy bất kỳ hoặc nhóm $-OC_xH_y$, trong đó $x = 0 - 20$, $y = 1 - 42$.



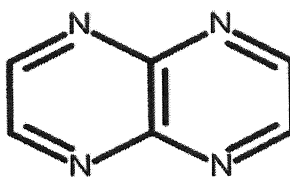
Công thức 5

Công thức 5 minh họa kết cấu của cation eten tetramin có công thức chung $[(R_2N)_2C=C(NR_2)_2]^+$ như đã mô tả ở trên. Công thức 6 minh họa các ví dụ về các kết cấu của hàng loạt ion eten tetramin có thể đóng vai trò làm cation “C” trong vật liệu perovskit.

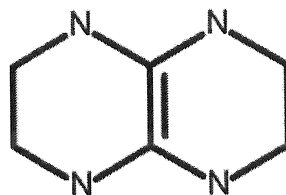
2-hexahydropyrimidin-2-ylidenhexahydropyrimidin



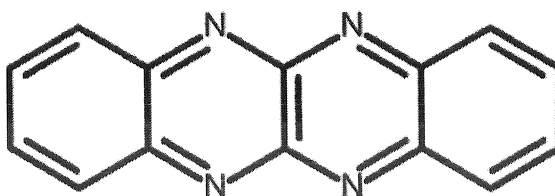
pyrazino[2,3-b]pyrazin



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



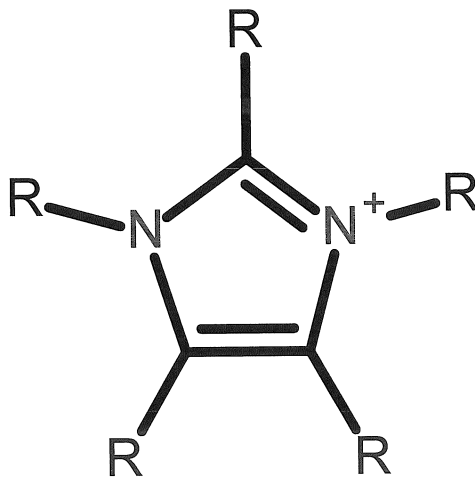
quinoxalino[2,3-b]quinoxalin



Công thức 6

Theo các phương án nhất định, C có thể bao gồm cation imidazoli, cation hữu cơ vòng, thom có công thức chung $[CRNRCRNRCR]^+$, 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 giới hạn ở: nhóm hydro, metyl, etyl, propyl, butyl, pentyl hoặc chất đồng phân của nó; alkan, alken hoặc alkyn C_xH_y bất kỳ, trong đó $x = 1 - 20$, $y = 1 - 42$, mạch vòng, mạch nhánh hoặc mạch thẳng; các alkyl halogenua, $C_xH_yX_z$, $x = 1 - 20$, $y = 0 - 42$, $z = 1 - 42$, $X = F, Cl, Br$ hoặc I ; nhóm thom bất kỳ (ví dụ, phenyl, alkylphenl, alkoxyphenyl, pyridin, naphtalen); các phức chất dạng vòng trong đó ít nhất một nitơ được chứa bên 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 phospho bất kỳ (phosphat); nhóm chứa bo bất kỳ (ví dụ, axit boronic); axit hữu cơ bất kỳ (axit axetic, axit propanoic) và este hoặc các chất dẫn xuất amit của chúng; axit amin bất kỳ (ví dụ, glyxin, xystein, prolin, axit glutamic, arginin, serin, histindin, axit 5-amonivaleric) bao gồm alpha, beta, gamma và các chất dẫn xuất lớn hơn; nhóm

chứa silic bất kỳ (ví dụ, siloxan); và alkoxy bất kỳ hoặc nhóm $-OC_xHy$, trong đó $x = 0 - 20$, $y = 1 - 42$.



Công thức 7

Theo một số phương án, X có thể bao gồm một hoặc nhiều halogenua. Theo các phương án nhất định, X có thể thay vào đó hoặc ngoài ra bao gồm nhóm 16 anion. Theo các phương án nhất định, nhóm 16 anion có thể là sulfua hoặc selenit. Theo các phương án nhất định, X có thể thay vào đó hoặc ngoài ra bao gồm một hoặc nhiều giả halogenua (ví dụ, xyanua, xyanat, isoxyanat, fulminat, thioxyanat, isothioxyanat, azit, tetracarbonylcobaltat, carbamoyldixyanometanit, dixyanonitromột sôtanit, dixyanamit và trixyanometanit).

Theo một phương án, vật liệu perovskit có thể bao gồm công thức thực nghiệm CMX_3 trong đó: C bao gồm một hoặc nhiều cation nêu trên, kim loại nhóm 1, kim loại nhóm 2 và/hoặc các cation khác hoặc các hợp chất tương tự cation; M bao gồm một hoặc nhiều kim loại (các ví dụ bao gồm Fe, Co, Ni, Cu, Ag, Au, Sb, Sn, Pb, Bi, Ga, Ge, Ti, Tl và Zn); và X bao gồm một hoặc nhiều anion nêu trên.

Theo một phương án, vật liệu perovskit có thể bao gồm công thức thực nghiệm $C_3M_2X_9$ trong đó: C bao gồm một hoặc nhiều cation nêu trên, kim loại nhóm 1, kim loại nhóm 2 và/hoặc các cation khác hoặc các hợp chất tương tự cation; M bao gồm một hoặc nhiều kim loại (các ví dụ bao gồm Fe, Co, Ni, Cu, Ag, Au, Sb, Sn, Pb, Bi, Ga, Ge, Ti, Tl và Zn); và X bao gồm một hoặc nhiều anion nêu trên.

Theo một phương án, vật liệu perovskit có thể bao gồm công thức thực nghiệm CM_2X_7 trong đó: C bao gồm một hoặc nhiều cation nêu trên, kim loại nhóm 1, kim loại nhóm 2 và/hoặc các cation khác hoặc các hợp chất tương tự cation; M bao gồm một hoặc nhiều kim loại (các ví dụ bao gồm Fe, Co, Ni, Cu, Ag, Au, Sb, Sn, Pb, Bi, Ga, Ge, Ti, Tl và Zn); và X bao gồm một hoặc nhiều anion nêu trên.

Theo một phương án, vật liệu perovskit có thể bao gồm công thức thực nghiệm C_2MX_4 trong đó: C bao gồm một hoặc nhiều cation nêu trên, kim loại nhóm 1, kim loại nhóm 2 và/hoặc các cation khác hoặc các hợp chất tương tự cation; M bao gồm một hoặc nhiều kim loại (các ví dụ bao gồm Fe, Co, Ni, Cu, Ag, Au, Sb, Sn, Pb, Bi, Ga, Ge, Ti, Tl và Zn); và X bao gồm một hoặc nhiều anion nêu trên.

Vật liệu perovskit cũng có thể bao gồm các chế phẩm ion trộn, trong đó C, M hoặc X bao gồm hai hoặc nhiều loại, ví dụ, $Cs_{0.1}FA_{0.9}PbI_3$; $FAPb_{0.5}Sn_{0.5}I_3$; $FA_{0.83}Cs_{0.17}Pb(I_{0.6}Br_{0.4})_3$; $FA_{0.83}Cs_{0.12}Rb_{0.05}Pb(I_{0.6}Br_{0.4})_3$ và $FA_{0.85}MA_{0.15}Pb(I_{0.85}Br_{0.15})_3$. Các ví dụ về vật liệu perovskit theo các phương án khác nhau gồm có $CsSnI_3$ (mô tả trên đây trong bản mô tả) và $Cs_xSn_yI_z$ (với x, y và z thay đổi theo mô tả trên đây). Các ví dụ khác bao gồm các hợp chất có công thức chung $CsSnX_3$, trong đó X có thể là bất kỳ một hoặc nhiều: 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 bất kỳ một hoặc nhiều I, Cl, F và Br với lượng sao cho tổng tỷ lệ của X khi so sánh với Cs và Sn dẫn đến hóa học lượng pháp chung của $CsSnX_3$. Theo một số phương án, hóa học lượng pháp kết hợp của các nguyên tố cấu thành X có thể có thể theo cùng quy tắc như I_z như được mô tả trên đây liên quan đến $Cs_xSn_yI_z$. Các ví dụ khác nữa gồm có các hợp chất có công thức chung 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 bất kỳ một hoặc nhiều F, Cl, Br và I với lượng sao cho tổng tỷ lệ của X khi so sánh với cation RNH_3 và kim loại Pb dẫn đến phép tính các hệ số tỷ lệ chung của RNH_3PbX_3 . Hơn nữa, một số ví dụ cụ thể về R gồm có H, các mạch alkyl (ví dụ, CH_3 , CH_3CH_2 , $CH_3CH_2CH_2$ và v.v.) và các axit amin (ví dụ, glyxin, xystein, prolin, axit glutamic, arginin, serin, histindin, axit 5-amonivaleric) bao gồm alpha, beta, gamma và các chất dẫn xuất lớn hơn.

Thiết kế thiết bị vật liệu perovskit phức hợp

Theo một số phương án, sáng chế có thể đề xuất thiết kế phức hợp của 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 perovskit. Ví dụ, một hoặc nhiều vật liệu perovskit có thể đóng vai trò là một trong hai hoặc cả hai vật liệu hoạt hóa thứ nhất và thứ hai theo một số phương án (ví dụ, vật liệu hoạt hóa **2810** và **2815** trên Fig. 5). Nói một cách tổng quát hơn, một số phương án của sáng chế đề xuất PV hoặc các thiết bị khác có lớp hoạt tính bao gồm một hoặc nhiều vật liệu perovskit. Theo các phương án như vậy, vật liệu perovskit (tức là, vật liệu bao gồm một hoặc nhiều vật liệu perovskit bất kỳ) có thể được sử dụng trong các lớp hoạt tính của các kết cấu khác nhau. Hơn nữa, vật liệu perovskit có thể có chức năng của bất kỳ một hoặc nhiều thành phần nào của lớp hoạt tính (ví dụ, vật liệu vận chuyển điện tích, vật liệu mao quản trung bình, vật liệu quang hoạt và/hoặc vật liệu phân cách, mỗi vật liệu được thảo luận chi tiết hơn dưới đây). Theo một số phương án, cùng vật liệu perovskit có thể có nhiều chức năng, mặc dù theo các phương án khác, các vật liệu perovskit có thể có trong thiết bị, mỗi vật liệu perovskit thực hiện một hoặc nhiều chức năng này. Theo các phương án nhất định, bất kể vai trò nào mà vật liệu perovskit có thể thực hiện, nó có thể được điều chế và/hoặc có mặt trong thiết bị ở các trạng thái khác nhau. Ví dụ, theo một số phương án, về cơ bản nó có thể là rắn. Theo các phương án khác, vật liệu này có thể là dung dịch (ví dụ, vật liệu perovskit có thể được hòa tan trong chất lỏng và có mặt ở chất lỏng này trong phân loại ion riêng lẻ của nó); hoặc nó có thể là huyền phù (ví dụ, của các hạt vật liệu perovskit). Dung dịch hoặc huyền phù có thể được phủ hoặc theo cách khác lắng đọng bên trong thiết bị (ví dụ, trên thành phần khác của thiết bị như lớp mao quản trung bình, mặt phân cách, vận chuyển điện tích, lớp quang hoạt hoặc lớp khác và/hoặc trên điện cực thứ nhất). Vật liệu perovskit theo một số phương án có thể được tạo ra tại chỗ trên bề mặt của thành phần khác của thiết bị (ví dụ, bằng cách lắng đọng hơi dưới dạng chất rắn màng mỏng). Các phương tiện phù hợp bất kỳ khác để tạo ra lớp rắn hoặc lỏng bao gồm vật liệu perovskit có thể được sử dụng.

Nói chung, thiết bị bằng vật liệu perovskit có thể bao gồm điện cực thứ nhất, điện cực thứ hai và lớp hoạt tính bao gồm vật liệu perovskit, lớp hoạt tính được bố trí ít nhất một phần giữa điện cực thứ nhất và điện cực thứ hai. Theo một số phương án, điện cực thứ nhất có thể là một trong số anốt và catốt và điện cực thứ hai có thể là một trong số anốt và catốt khác. Lớp hoạt tính theo các phương án nhất định có thể bao gồm bất kỳ một hoặc nhiều thành phần lớp hoạt tính nào, bao gồm bất kỳ một hoặc nhiều: vật liệu vận chuyển điện tích; chất điện phân lỏng; vật liệu mao quản trung bình; vật liệu quang hoạt (ví dụ, thuốc nhuộm, silic, cadimi telurua, cadimi sulfua, cadimi selenit, đồng indi gali selenit, gali arsenua, germani indi phosphua, polyme bán dẫn, vật liệu quang hoạt khác)); và vật liệu phân cách. Bất kỳ một hoặc nhiều thành phần lớp hoạt tính này có thể bao gồm một hoặc nhiều vật liệu perovskit. Theo một số phương án, một số hoặc tất cả các thành phần của lớp hoạt tính có thể được sắp xếp toàn bộ hoặc một phần trong các lớp phụ. Ví dụ, lớp hoạt tính có thể bao gồm bất kỳ một hoặc nhiều: lớp phân cách bao gồm vật liệu phân cách; lớp mao quản trung bình bao gồm vật liệu mao quản trung bình; và lớp vận chuyển điện tích bao gồm vật liệu vận chuyển điện tích. Theo một số phương án, vật liệu quang hoạt như thuốc nhuộm có thể được phủ lên hoặc theo cách khác được đặt trên, bất kỳ một hoặc nhiều 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 bất kỳ hai hoặc nhiều lớp khác của lớp hoạt tính theo một số phương án và/hoặc giữa lớp và lớp phủ (như giữa lớp 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. Tham chiếu đến các lớp ở đây có thể bao gồm cả cách bố trí cuối cùng (ví dụ, các phần về cơ bản riêng biệt của mỗi vật liệu có thể xác định riêng biệt trong thiết bị) và/hoặc tham chiếu đến một lớp có thể có nghĩa là cách bố trí trong quá trình tạo ra thiết bị, bất kể khả năng trộn lẫn vật liệu sau đó trong mỗi lớp. Theo một số phương án, các lớp có thể là rời rạc và bao gồm vật liệu về cơ bản liền kề (ví dụ, các lớp có thể được minh họa theo kiểu cách điệu trên Fig. 1). Theo các phương án khác, các lớp về cơ bản có thể được trộn lẫn với nhau (như trong trường hợp, ví dụ, BHJ, pin lai và một số pin DSSC), ví dụ về

chúng được thể hiện bằng vật liệu hoạt hóa thứ nhất và thứ hai **2618** và **2620** bên trong lớp quang hoạt **2616** trên Fig. 4. Theo một số phương án, thiết bị có thể bao gồm hỗn hợp của hai loại lớp này, như thiết bị trên Fig. 4, chứa các lớp liền kề rời rạc **2627**, **2626** và **2622**, ngoài lớp quang hoạt **2616** bao gồm các lớp hỗn hợp của vật liệu hoạt hóa thứ nhất và thứ hai **2618** và **2620**. Trong mọi trường hợp, hai hoặc nhiều lớp bất kỳ thuộc loại bất kỳ có thể được bố trí liền kề nhau (và/hoặc có thể trộn lẫn với nhau) theo cách sao cho đạt được diện tích bề mặt tiếp xúc cao. Theo các phương án nhất định, lớp bao gồm vật liệu perovskit có thể được bố trí liền kề với một hoặc nhiều lớp khác để đạt được diện tích bề mặt tiếp xúc cao (ví dụ, trong đó vật liệu perovskit thể hiện độ linh động điện tích thấp). Theo các phương án khác, diện tích bề mặt tiếp xúc cao có thể là không cần thiết (ví dụ, khi vật liệu perovskit thể hiện tính linh động điện tích cao).

Thiết bị bằng vật liệu perovskit theo một số phương án tùy ý có thể bao gồm một hoặc nhiều đế. Theo một số phương án, một trong hai hoặc cả hai điện cực thứ nhất và thứ hai có thể được phủ hoặc bố trí theo cách khác trên đế, sao cho điện cực này về cơ bản được bố trí giữa đế và lớp hoạt tính. Các vật liệu cấu tạo nên thiết bị (ví dụ, đế, điện cực, lớp hoạt tính và/hoặc thành phần của lớp hoạt tính) theo các phương án khác nhau có thể toàn bộ hoặc một phần là cứng hoặc mềm dẻo. Theo một số phương án, điện cực có thể đóng vai trò làm đế, do đó loại bỏ nhu cầu về đế riêng biệt.

Ngoài ra, theo các phương án nhất định, thiết bị bằng vật liệu perovskit tùy ý có thể bao gồm vật liệu thu sáng (ví dụ, trong lớp thu sáng, như lớp thu sáng **1601** như được mô tả trên PV làm ví dụ được thể hiện trên Fig. 2). Ngoài ra, thiết bị bằng vật liệu perovskit có thể bao gồm một hoặc nhiều chất phụ gia bất kỳ, như một hoặc nhiều chất phụ gia bất kỳ được thảo luận ở trên liên quan đến một số phương án của sáng chế.

Phần mô tả một số vật liệu khác nhau có thể được bao gồm trong thiết bị bằng vật liệu perovskit một phần sẽ được tạo ra tham chiếu đến Fig. 7. Fig. 7 là sơ đồ cách điệu của thiết bị bằng vật liệu perovskit **3900** theo một số phương án. Mặc dù các thành phần khác nhau của thiết bị **3900** được minh họa là các lớp rời rạc bao gồm

vật liệu tiếp giáp, cần hiểu rằng Fig. 7 là sơ đồ cách điệu; do đó, các phương án theo đó có thể bao gồm các lớp rời rạc và/hoặc về cơ bản được trộn lẫn, các lớp không tiếp giáp, phù hợp với việc sử dụng “các lớp” được mô tả trên đây. Thiết bị **3900** bao gồm các đế thứ nhất và thứ hai **3901** và **3913**. Điện cực thứ nhất **3902** được bố trí trên bề mặt bên trong của đế thứ nhất **3901** và điện cực thứ hai **3912** được bố trí trên bề mặt bên trong của đế thứ hai **3913**. Lớp hoạt hóa **3950** được 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 vận chuyển điện tích **3910** và một số lớp phân cách. 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 tách ra bởi 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, các 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 vận chuyển điện tích **3910**. Các 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 vận chuyển điện tích **3910** và điện cực thứ hai **3912**. Bởi vậy, kết cấu của thiết bị ví dụ được minh họa trên Fig. 7 có thể được đặc trưng là: đế-điện cực-lớp hoạt tính-điện cực-đế. Kết cấu của lớp hoạt tính **3950** có thể được đặc trưng là: 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 vận chuyển điện tích-lớp phân cách. Như đã lưu ý trên đây, theo một số phương án, không cần phải có các lớp phân cách; hoặc một hoặc nhiều lớp phân cách chỉ có thể được bao gồm giữa một số thành phần nhất định chứ không phải là tất cả của lớp hoạt tính và/hoặc các thành phần của thiết bị.

Đế, như một trong hai hoặc cả hai đế thứ nhất và thứ hai **3901** và **3913**, có thể là mềm dẻo hoặc cứng. Nếu hai đế được bao gồm, ít nhất một đế cần trong suốt hoặc mờ với bức xạ điện từ (EM) (như, ví dụ, UV, bức xạ nhìn thấy hoặc IR). Nếu gồm có một đế, đế tương tự có thể là trong suốt hoặc mờ, mặc dù nó không cần là, miễn là một phần của thiết bị cho phép bức xạ EM tiếp xúc với lớp hoạt tính **3950**. Vật liệu đế thích hợp gồm có bất kỳ một hoặc nhiều: thủy tinh; sa phia; magiê 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 tổ hợp của chúng.

Như đã lưu ý trên đây, điện cực (ví dụ, một trong các điện cực **3902** và **3912** trên Fig. 7) có thể là anôt hoặc catôt. Theo một số phương án, một điện cực có thể có chức năng làm catôt và điện cực kia có thể có chức năng làm anôt. Một trong hai hoặc cả hai điện cực **3902** và **3912** có thể được ghép nối với các đầu dẫn, dây cáp, dây điện hoặc các phương tiện khác cho phép vận chuyển điện tích tới và/hoặc từ thiết bị **3900**. Điện cực có thể là bất kỳ vật liệu dẫn điện nào và ít nhất một điện cực phải trong suốt hoặc mờ với bức xạ EM và/hoặc được bố trí theo cách cho phép bức xạ EM tiếp xúc với ít nhất một phần của lớp hoạt tính **3950**. Vật liệu điện cực thích hợp có thể bao gồm bất kỳ một hoặc nhiều trong số: inđi thiếc oxit hoặc inđi oxit pha tạp thiếc (ITO); thiếc oxit pha tạp flo (FTO); cađimi oxit (CdO); kẽm inđi thiếc oxit (ZITO); nhôm kẽm oxit (AZO); nhôm (Al); vàng (Au); canxi (Ca); magiê (Mg); titan (Ti); thép; cacbon (và các đồng vị của nó); và sự kết hợp của chúng.

Vật liệu mao quản trung bình (ví dụ, vật liệu có trong lớp mao quản trung bình **3904** trên Fig. 7) có thể bao gồm vật liệu có lỗ rỗng bất kỳ. Theo một số phương án, các lỗ rỗng có thể có đường kính nằm trong khoảng từ 1 đến 100nm; theo các phương án khác, đường kính lỗ rỗng có thể nằm trong khoảng từ 2 đến 50 nm. Vật liệu mao quản trung bình thích hợp bao gồm bất kỳ một hoặc nhiều trong số: vật liệu phân cách bất kỳ và/hoặc vật liệu mao quản trung bình được thảo luận ở phần khác trong bản mô tả; nhôm (Al); bitmut (Bi); inđi (In); molybden (Mo); niobi (Nb); niken (Ni); silic (Si); titan (Ti); vanadi (V); kẽm (Zn); zirconi (Zr); oxit của bất kỳ một hoặc nhiều kim loại trên (ví dụ, nhôm oxit, xeri oxit, titan oxit, kẽm oxit, zirconi oxit, v.v.); sulfua của bất kỳ một hoặc nhiều kim loại nêu trên; nitrua của bất kỳ một hoặc nhiều kim loại nêu trên; và hỗn hợp của chúng.

Vật liệu quang hoạt (ví dụ, vật liệu quang hoạt thứ nhất hoặc thứ hai **3906** và **3908** trên Fig. 7) có thể bao gồm hợp chất quang hoạt bất kỳ, như bất kỳ một hoặc nhiều silic (trong một số trường hợp, silic đơn tinh thể), cađimi telurua, cađimi sulfua, cađimi selenit, đồng inđi gali selenit, gali arsenua, germani inđi phosphua, một hoặc nhiều polyme bán dẫn và hỗn hợp của chúng. Theo các phương án nhất

định, vật liệu quang hoạt có thể thay thế cho hoặc ngoài ra bao gồm thuốc nhuộm (ví dụ, N719, N3, thuốc nhuộm trên cơ sở ruteni khác). Theo một số phương án, thuốc nhuộm (của bất cứ chế phẩm nào) có thể được phủ lên lớp khác (ví dụ, lớp mao quản trung bình và/hoặc lớp phân cách). Theo một số phương án, vật liệu quang hoạt có thể bao gồm một hoặc nhiều vật liệu perovskit. Chất quang hoạt chứa vật liệu perovskit có thể có dạng rắn hoặc theo một số phương án có thể có dạng thuốc nhuộm bao gồm huyền phù hoặc dung dịch bao gồm vật liệu perovskit. Dung dịch hoặc huyền phù này có thể được phủ lên các thành phần của thiết bị khác theo cách tương tự với thuốc nhuộm khác. Theo một số phương án, vật liệu chứa perovskit rắn có thể được lắng đọng bằng phương tiện thích hợp bất kỳ (ví dụ, lắng đọng hơi, lắng đọng dung dịch, thay thế trực tiếp vật liệu rắn, v.v.). Theo các phương án khác nhau, các thiết bị có thể bao gồm một, hai, ba hoặc nhiều hợp chất quang hoạt (ví dụ, một, hai, ba hoặc nhiều vật liệu perovskit, thuốc nhuộm hoặc hỗn hợp của chúng). Theo các phương án nhất định bao gồm nhiều thuốc nhuộm hoặc vật liệu quang hoạt khác, mỗi trong số hai hoặc nhiều thuốc nhuộm hoặc vật liệu quang hoạt khác có thể được tách biệt bởi một hoặc nhiều lớp phân cách. Theo một số phương án, nhiều thuốc nhuộm và/hoặc hợp chất quang hoạt có thể được trộn lẫn ít nhất một phần.

Vật liệu vận chuyển điện tích (ví dụ, vật liệu vận chuyển điện tích của lớp vận chuyển điện tích **3910** trên Fig. 7) có thể bao gồm vật liệu vận chuyển điện tích ở trạng thái rắn (tức là, chất điện phân ở trạng thái rắn gắn nhãn theo cách gọi thông thường) hoặc nó có thể bao gồm chất điện phân lỏng và/hoặc chất lỏng ion. Bất kỳ một trong chất điện phân lỏng, chất lỏng ion và vật liệu vận chuyển điện tích ở trạng thái rắn có thể được gọi là vật liệu vận chuyển điện tích. Như được sử dụng trong bản mô tả, “vật liệu vận chuyển điện tích” dùng để chỉ vật liệu bất kỳ, rắn, lỏng hoặc theo cách khác, có khả năng thu thập các chất mang điện tích và/hoặc vận chuyển các chất mang điện tích. Chẳng hạn, trong các thiết bị PV theo một số phương án, vật liệu vận chuyển điện tích có thể có khả năng vận chuyển các chất mang điện tích tới điện cực. Các chất mang điện tích có thể có các lỗ (sự vận chuyển của nó có thể làm cho vật liệu vận chuyển điện tích ngay khi gắn nhãn chắc chắn “vật liệu vận chuyển có lỗ”) và các điện tử. Các lỗ có thể được vận chuyển về phía anốt và các

điện tử về phía catốt, phụ thuộc vào việc đặt vật liệu vận chuyển điện tích tương ứng với hoặc catốt hoặc anốt trong PV hoặc thiết bị khác. Các ví dụ thích hợp về vật liệu vận chuyển điện tích theo một số phương án có thể bao gồm bất kỳ một hoặc nhiều trong số: vật liệu perovskit; I^-/I_3^- ; phức chất Co; polythiophen (ví dụ, poly(3-hexylthiophen) và các chất dẫn xuất của chúng hoặc P3HT); chất đồng trùng hợp trên cơ sở carbazol như polyheptadecanylcarbazol dithienylbenzothiadiazol và các chất dẫn xuất của chúng (ví dụ, PCDTBT); các chất đồng trùng hợp khác như polyxyclopentadithiophen-benzothiadiazol và các chất dẫn xuất của chúng (ví dụ, PCPDTBT); các hợp chất poly(triaryl amin) và các chất dẫn xuất của chúng (ví dụ, PTAA); Spiro-OMeTAD; các fuleren và/hoặc các chất dẫn xuất fuleren (ví dụ, C60, PCBM); và hỗn hợp của chúng. Theo các phương án nhất định, vật liệu vận chuyển điện tích có thể bao gồm vật liệu bất kỳ, rắn hoặc lỏng, có khả năng thu thập các chất mang điện tích (các điện tử hoặc các lỗ) và/hoặc có khả năng vận chuyển các chất mang điện tích. Vật liệu vận chuyển điện tích theo một số phương án do đó có thể là vật liệu hoạt hóa loại n hoặc p và/hoặc vật liệu bán dẫn. Vật liệu vận chuyển điện tích có thể được bố trí gần với một trong các điện cực thứ nhất của thiết bị. Theo một số phương án, vật liệu có thể được bố trí liền kề với điện cực, mặc dù theo các phương án khác, lớp phân cách có thể được bố trí giữa vật liệu vận 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 vận chuyển điện tích có thể được chọn dựa trên điện cực mà nó ở gần. Ví dụ, nếu vật liệu vận chuyển điện tích thu gom và/hoặc vận chuyển các lỗ, nó có thể gần anốt để vận chuyển các lỗ tới anốt. Tuy nhiên, thay vào đó, vật liệu vận chuyển điện tích có thể được bố trí gần catốt và được chọn hoặc tạo kết cấu để vận chuyển các điện tử tới catốt.

Như đã lưu ý trên đây, các thiết bị theo các phương án khác nhau tùy ý có thể bao gồm lớp phân cách giữa hai lớp và/hoặc vật liệu bất kỳ, mặc dù các thiết bị theo một số phương án không cần phải chứa các lớp phân cách bất kỳ. Do đó, ví dụ, thiết bị bằng vật liệu perovskit có thể chứa 0, 1, 2, 3, 4, 5 lớp phân cách hoặc nhiều hơn (như 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 phủ mỏng theo các phương án được

mô tả trên đây trong bản mô tả (ví dụ, bao gồm nhôm oxit và/hoặc các hạt oxit kim loại khác và/hoặc lớp kép của titan oxit/kim loại-oxit và/hoặc các hợp chất khác theo các lớp phân cách phủ mỏng như được mô tả trong phần khác của bản mô tả). Theo một số phương án, lớp phân cách có thể bao gồm vật liệu thích hợp bất kỳ để tăng cường sự vận chuyển điện tích và/hoặc thu gom giữa hai lớp hoặc vật liệu; cũng có thể giúp ngăn ngừa hoặc giảm khả năng tái tổ hợp điện tích một khi điện tích được chuyển đi từ một trong các vật liệu liền kề lớp phân cách. Vật liệu phân cách thích hợp có thể bao gồm bất kỳ một hoặc nhiều trong số: vật liệu bất kỳ mao quản trung bình và/hoặc vật liệu phân cách được mô tả trong phần khác của bản mô tả; Al; Bi; In; Mo; Ni; bạch kim (Pt); Si; Ti; V; Nb; Zn; Zr; các oxit của kim loại bất kỳ trong số các kim loại nêu trên (ví dụ, nhôm oxit, silic oxit, titan oxit); sulfua của kim loại bất kỳ trong các kim loại nêu trên; nitrua của kim loại bất kỳ trong số các kim loại nêu trên; các nhóm alkyl silyl được tạo chức hoặc không được tạo chức; graphit; graphen; các fuleren; các ống nano cacbon; và hỗn hợp của chúng (theo một số phương án bao gồm các lớp kép của vật liệu kết hợp). Theo một số phương án, lớp phân cách có thể bao gồm vật liệu perovskit.

Thiết bị theo thể hiện cách điệu trên Fig. 7, theo một số phương án, có thể là PV, như DSSC, BHJ hoặc pin mặt trời lai. Theo một số phương án, thiết bị trên Fig. 7 có thể nối song song hoặc nối tiếp PV nhiều pin, ắc quy, ắc quy PV lai, FET, LED và/hoặc bất kỳ thiết bị khác mô tả trong bản mô tả. Ví dụ, BHJ theo một số phương án có thể bao gồm hai điện cực tương ứng với các điện cực **3902** và **3912** và lớp hoạt tính bao gồm ít nhất hai vật liệu ở giao diện tiếp xúc dị thể (ví dụ, hai vật liệu bất kỳ trong số các vật liệu và/hoặc các lớp của lớp hoạt tính **3950**). Theo các phương án nhất định, các thiết bị khác (như ắc quy PV lai, PV song song hoặc nối tiếp, v.v.) có thể bao gồm lớp hoạt tính bao gồm vật liệu perovskit, tương ứng với lớp hoạt tính **3950** trên Fig. 7. Tóm lại, bản chất cách điệu của việc mô tả về thiết bị mẫu trên Fig. 7 không nên giới hạn kết cấu được phép hoặc kiến trúc của các thiết bị theo các phương án khác nhau theo Fig. 7.

Ngoài ra, cụ thể hơn, các phương án ví dụ của các thiết bị perovskit sẽ được mô tả theo các thuật ngữ mô tả cách điệu các thiết bị ví dụ. Bản chất cách điệu của

các mô tả này, các hình vẽ Fig. 8 và Fig.9, tương tự không được dự định để giới hạn loại thiết bị theo một số phương án có thể được tạo kết cấu theo bất kỳ một hoặc nhiều hình vẽ bất kỳ trong số Fig. 8 và Fig.9. Tức là, các kiến trúc được thể hiện trên Fig. 8 và Fig.9 có thể được làm thích ứng để tạo ra BHJ, ắc quy, FET, ắc quy PV lai, PV nhiều pin nối tiếp, PV đa tế bào song song và các thiết bị tương tự khác theo các phương án khác của sáng chế, theo phương tiện thích hợp bất kỳ (bao gồm cả thiết bị được mô tả trong phần khác của bản mô tả và phương tiện thích hợp khác, sẽ là rõ ràng đối với người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực liên quan nhờ lợi ích của sáng chế).

Fig. 8 minh họa thiết bị ví dụ **4100** theo các phương án khác nhau. Thiết bị **4100** minh họa các phương án bao gồm các đế thủy tinh thứ nhất và thứ hai **4101** và **4109**. Mỗi đế thủy tinh có điện cực FTO được bố trí trên bề mặt bên 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 bố trí trên bề mặt bên trong của nó: Lớp phân cách TiO_2 thứ nhất **4103** được bố trí trên điện cực thứ nhất **4102** và lớp phân cách thứ hai Pt **4107** được bố trí trên điện cực thứ hai **4108**. Được 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 perovskit MAPbI_3); và lớp vận chuyển điện tích **4106** (ở đây bao gồm CsSnI_3).

Fig. 9 minh họa thiết bị ví dụ **4300** bỏ qua lớp mao quản trung bình. Thiết bị **4300** bao gồm hợp chất quang hoạt vật liệu perovskit **4304** (bao gồm MAPbI_3) được kẹp giữa các 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 titan oxit **4303** được phủ lên điện cực thứ nhất FTO **4302**, đến lượt được được bố trí trên bề mặt bên trong của đế thủy tinh **4301**. Lớp vận chuyển điện tích spiro-OMeTAD **4306** được phủ lên lớp phân cách nhôm oxit **4305** và được bố trí trên bề mặt bên trong của điện cực thứ hai bằng vàng **4307**.

Như sẽ rõ ràng đối với người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực liên quan với lợi ích của sáng chế, có thể có các phương án khác nhau, như thiết bị có nhiều lớp quang hoạt (như được nêu làm ví dụ là các lớp quang hoạt **3906** và **3908** của thiết bị

ví dụ trên Fig. 7). Theo một số phương án, như đã mô tả ở trên, mỗi lớp quang hoạt có thể được phân tách bằng lớp phân cách (như được thể hiện bởi lớp phân cách thứ ba **3907** trên Fig. 7). Ngoài ra, lớp mao quản trung bình có thể được bố trí trên điện cực như được minh họa trên Fig. 7 nhờ lớp mao quản trung bình **3904** được bố trí trên điện cực thứ nhất **3902**. Mặc dù Fig. 7 minh họa lớp phân cách đan xen **3903** được bố trí giữa hai, theo một số phương án, lớp mao quản trung bình có thể được bố trí trực tiếp trên điện cực.

Các ví dụ về thiết bị bằng vật liệu perovskit bổ sung

Các kiến trúc của thiết bị bằng vật liệu perovskit ví dụ khác sẽ trở nên rõ ràng đối với người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực liên quan với lợi ích của sáng chế. Các ví dụ bao gồm, nhưng không giới hạn ở, các thiết bị chứa các lớp hoạt tính có kết cấu bất kỳ trong số các kiến trúc sau đây: (1) chất điện phân lỏng-vật liệu perovskit-lớp mao quản trung bình; (2) vật liệu perovskit-thuốc nhuộm-lớp mao quản trung bình; (3) vật liệu perovskit thứ nhất-vật liệu perovskit thứ hai-lớp mao quản trung bình; (4) vật liệu perovskit thứ nhất-vật liệu perovskit thứ hai; (5) vật liệu perovskit thứ nhất-thuốc nhuộm-vật liệu perovskit thứ hai; (6) vật liệu vận chuyển điện tích ở trạng thái rắn-vật liệu perovskit; (7) vật liệu vận chuyển điện tích ở trạng thái rắn-thuốc nhuộm-vật liệu perovskit-lớp mao quản trung bình; (8) vật liệu vận chuyển điện tích ở trạng thái rắn-vật liệu perovskit-thuốc nhuộm-lớp mao quản trung bình; (9) vật liệu vận chuyển điện tích ở trạng thái rắn-thuốc nhuộm-vật liệu perovskit-lớp mao quản trung bình; và (10) vật liệu vận chuyển điện tích ở trạng thái rắn-vật liệu perovskit-thuốc nhuộm-lớp mao quản trung bình. Các thành phần riêng biệt của mỗi kiến trúc ví dụ (ví dụ, lớp mao quản trung bình, vật liệu vận chuyển điện tích, v.v.) có thể phù hợp với phần mô tả trên đây đối với mỗi thành phần. Ngoài ra, mỗi kiến trúc ví dụ được mô tả chi tiết hơn dưới đây.

Là một ví dụ cụ thể về một số lớp hoạt tính nêu trên, theo một số phương án, lớp hoạt tính có thể gồm chất điện phân lỏng, vật liệu perovskit và lớp mao quản trung bình. Lớp hoạt tính theo các phương án nhất định về cơ bản có thể có kết cấu: chất điện phân lỏng-vật liệu perovskit-lớp mao quản trung bình. Chất điện phân lỏng bất kỳ có thể là phù hợp; và lớp mao quản trung bình bất kỳ (ví dụ, TiO_2) có thể là

thích hợp. Theo một số phương án, vật liệu perovskit có thể được lắng đọng khi lớp mao quản trung bình và trên đó được phủ chất điện phân lỏng. Vật liệu perovskit của một số phương án như vậy có thể hoạt động ít nhất một phần là thuốc nhuộm (do đó, vật liệu này có thể là quang hoạt).

Theo các phương án ví dụ khác, lớp hoạt tính có thể bao gồm vật liệu perovskit, 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 kết cấu: vật liệu perovskit-thuốc nhuộm-lớp mao quản trung bình. Thuốc nhuộm có thể được phủ khi lớp mao quản trung bình và vật liệu perovskit có thể được đặt lên lớp mao quản trung bình phủ thuốc nhuộm. Vật liệu perovskit có thể có chức năng làm vật liệu vận chuyển dạng lỗ theo phương án nhất định trong số các phương án này.

Theo các phương án ví dụ khác nữa, lớp hoạt tính có thể bao gồm vật liệu perovskit thứ nhất, vật liệu perovskit 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 kết cấu: vật liệu perovskit thứ nhất-vật liệu perovskit thứ hai-lớp mao quản trung bình. Mỗi vật liệu perovskit thứ nhất và thứ hai có thể bao gồm cùng (các) vật liệu perovskit hoặc các vật liệu này có thể bao gồm các vật liệu perovskit khác nhau. Một trong các vật liệu perovskit thứ nhất và thứ hai có thể là quang hoạt (ví dụ, vật liệu perovskit thứ nhất và/hoặc thứ hai theo các phương án như vậy có thể có chức năng ít nhất một phần làm thuốc nhuộm).

Theo các phương án ví dụ nhất định, lớp hoạt tính có thể bao gồm vật liệu perovskit thứ nhất và vật liệu perovskit thứ hai. Lớp hoạt tính theo phương án nhất định trong số các phương án này về cơ bản có thể có kết cấu: vật liệu perovskit thứ nhất-vật liệu perovskit thứ hai. Mỗi vật liệu perovskit thứ nhất và thứ hai có thể bao gồm cùng (các) vật liệu perovskit hoặc chúng có thể bao gồm các vật liệu perovskit khác nhau. Một trong các vật liệu perovskit thứ nhất và thứ hai có thể là quang hoạt (ví dụ, vật liệu perovskit thứ nhất và/hoặc thứ hai theo các phương án như vậy có thể có chức năng ít nhất một phần làm thuốc nhuộm). Ngoài ra, vật liệu perovskit thứ nhất và thứ hai về cơ bản có thể có khả năng có chức năng làm vật liệu vận chuyển dạng lỗ. Theo một số phương án, một trong số các vật liệu perovskit thứ nhất

và thứ hai có chức năng làm vật liệu vận chuyển điện tử và vật liệu khác trong số vật liệu perovskit thứ nhất và thứ hai có chức năng làm thuốc nhuộm. Theo một số phương án, vật liệu perovskit thứ nhất và thứ hai có thể được bố trí bên trong lớp hoạt tính theo cách đặt được điện tích mặt phân cách cao giữa vật liệu perovskit thứ nhất và vật liệu perovskit thứ hai, như theo cách bố trí được thể hiện đối với vật liệu hoạt hóa thứ nhất và thứ hai **2810** và **2815**, một cách tương ứng, trên Fig. 5 (hoặc như được thể hiện tương tự lần lượt bởi vật liệu loại p và loại 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 perovskit thứ nhất, thuốc nhuộm và vật liệu perovskit thứ hai. Lớp hoạt tính theo phương án nhất định trong số các phương án này về cơ bản có thể có kết cấu: vật liệu perovskit thứ nhất-thuốc nhuộm-vật liệu perovskit thứ hai. Một trong số các vật liệu perovskit thứ nhất và thứ hai có thể có chức năng làm vật liệu vận chuyển điện tích và vật liệu khác trong số vật liệu perovskit thứ nhất và thứ hai về có thể có chức năng làm thuốc nhuộm. Theo một số phương án, cả hai vật liệu perovskit thứ nhất và thứ hai có thể ít nhất một phần chồng lên nhau, có chức năng tương tự và/hoặc giống nhau (ví dụ, cả hai có thể đóng vai trò làm thuốc nhuộm và/hoặc cả hai có thể đóng vai trò làm vật liệu vận chuyển dạng lỗ).

Theo một số phương án ví dụ khác, lớp hoạt tính có thể bao gồm vật liệu vận chuyển điện tích ở trạng thái rắn và vật liệu perovskit. Lớp hoạt tính theo phương án nhất định trong số các phương án này về cơ bản có thể có kết cấu: vật liệu vận chuyển điện tích ở trạng thái rắn-vật liệu perovskit. Ví dụ, vật liệu perovskit và vật liệu vận chuyển điện tích ở trạng thái rắn có thể được bố trí bên trong lớp hoạt tính theo cách đặt được điện tích mặt phân cách cao, như theo cách bố trí được thể hiện đối với 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 lần lượt bằng vật liệu loại p và loại 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 vận chuyển điện tích ở trạng thái rắn, thuốc nhuộm, vật liệu perovskit 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 kết cấu: vật liệu vận chuyển điện tích ở trạng thái rắn-thuốc nhuộm-vật liệu perovskit-lớp mao quản trung bình. Lớp hoạt tính theo phương án nhất định khác trong số các phương án này về cơ bản có thể có kết cấu: vật liệu vận chuyển điện tích ở trạng thái rắn-vật liệu perovskit-thuốc nhuộm-lớp mao quản trung bình. Vật liệu perovskit có thể theo một số phương án đóng vai trò làm thuốc nhuộm thứ hai. Vật liệu perovskit theo các phương án này có thể gia tăng bề rộng của phổ ánh sáng nhìn thấy được thấm hút bởi PV hoặc thiết bị khác bao gồm lớp hoạt tính theo các phương án này. Theo các phương án nhất định, vật liệu perovskit cũng có thể hoặc thay vì đóng vai trò làm lớp phân cách giữa thuốc nhuộm và lớp mao quản trung bình và/hoặc giữa thuốc nhuộm và vật liệu vận chuyển điện tích.

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

Một số phương án đề xuất các thiết bị BHJ PV gồm có vật liệu perovskit. Ví dụ, BHJ theo một số 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 perovskit. Lớp quang hoạt của BHJ như vậy cũng có thể hoặc thay vì bao gồm bất kỳ một hoặc nhiều thành phần ví dụ nêu trên đã mô tả ở trên liên quan đến các lớp hoạt tính DSSC. Hơn nữa, theo một số phương án, lớp quang hoạt BHJ có thể có kiến trúc theo phương án bất kỳ trong số các phương án được nêu làm ví dụ về các lớp hoạt tính DSSC đã mô tả ở trên.

Theo một số phương án, PV bất kỳ hoặc thiết bị tương tự khác có thể bao gồm lớp hoạt tính theo bất kỳ một hoặc nhiều chế phẩm và/hoặc kết cấu đã mô tả ở trên. Như phương án ví dụ khác, lớp hoạt tính bao gồm vật liệu perovskit có thể có trong ô PV có lớp đa quang hoạt, như một trong hai hoặc cả hai lớp quang hoạt thứ nhất

và thứ hai **3701** và **3705** của tế bào được nêu làm ví dụ được thể hiện trong sơ đồ cách điệu trên Fig. 6. Pin PV lớp quang hoạt như vậy bao gồm lớp hoạt hóa với vật liệu perovskit còn có thể được kết hợp bên trong hàng loạt các pin PV nhiều lớp quang hoạt ghép nối điện.

Theo một số phương án, lớp bất kỳ trong số các lớp hoạt tính bao gồm vật liệu perovskit được kết hợp vào các PV hoặc các thiết bị khác như được mô tả trong bản mô tả có thể còn bao gồm vật liệu bất kỳ trong số các vật liệu bổ sung khác nhau cũng được mô tả trong bản mô tả là thích hợp để vùi trong lớp hoạt tính. Ví dụ, bất kỳ lớp hoạt tính nào bao gồm vật liệu perovskit cũng có thể bao gồm lớp phân cách theo các phương án khác nhau được mô tả trong bản mô tả (như, ví dụ, lớp phân cách phủ mỏng). Bằng cách lấy ví dụ, lớp hoạt tính bao gồm vật liệu perovskit còn có thể bao gồm lớp thu ánh sáng, như lớp thu sáng **1601** như được minh họa trên PV ví dụ được thể hiện trên Fig. 2.

Thành phần của lớp vật liệu hoạt hóa perovskit

Như được mô tả ở trên, theo một số phương án, vật liệu perovskit có thể có công thức chung $C_wM_yX_z$, trong đó: C bao gồm một hoặc nhiều cation (ví dụ, amin, amoni, kim loại nhóm 1, kim loại nhóm 2 và/hoặc các cation khác hoặc các hợp chất tương tự cation); M bao gồm một hoặc nhiều kim loại (các ví dụ bao gồm Fe, Co, Ni, Cu, Ag, Au, Ti, In, Sb, Sn, Pb, Bi, Ga, Ge, Ti và Zn); X bao gồm một hoặc nhiều anion; và w, y và z là các số thực nằm trong khoảng từ 1 đến 20. Theo một số phương án, vật liệu perovskit 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 và/hoặc các cation khác hoặc các hợp chất tương tự 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 perovskit có thể bao gồm $CPbI_{3-y}Cl_y$. Theo các phương án nhất định, vật liệu perovskit có thể được lắng đọng dưới dạng lớp hoạt tính trong thiết bị PV, ví dụ, bằng cách đúc rót, đúc quay, sơn ống đồng, phủ dao, sơn ống đồng đảo ngược, in khuôn có khe hở, in lưới hoặc in phun lên trên lớp nền bằng cách sử dụng các bước mô tả dưới đây.

Đầu tiên, mực tiền chất chì halogenua được tạo ra. Lượng chì halogenua có thể được đựng trong lọ khô, sạch bên trong hộp đựng bao tay (tức là, hộp khí quyển được kiểm soát với các ô cửa chứa bao tay cho phép thao tác vật liệu trong môi trường không có không khí). Chì halogenua thích hợp bao gồm nhưng không giới hạn ở, chì (II) iôđua, 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 bất kỳ tỷ lệ bậc hai, bậc ba hoặc bậc bốn bất kỳ là từ 0,001 đến 100%mol của iôđua, bromua, clorua hoặc florua. Theo một phương án, hỗn hợp chì halogenua có thể bao gồm chì (II) clorua và chì (II) iôđua theo tỷ lệ khoảng 10:90 mol:mol. Theo các phương án khác, hỗn hợp chì halogenua có thể bao gồm chì (II) clorua và chì (II) iôđua theo tỷ lệ khoảng 5:95, khoảng 7,5:92,5 hoặc khoảng 15:85 mol:mol.

Sau đó, dung môi có thể được bổ sung vào bình để hòa tan chất rắn chì để tạo ra mực tiền chất chì halogenua. Các dung môi thích hợp bao gồm nhưng không giới hạn ở, N-xyclohexyl-2-pyrrolidon khô, alkyl-2-pyrrolidon, dimetylformamit (DMF), dialkylformamit, dimetylsulfoxit (DMSO), metanol, etanol, propanol, butanol, tetrahydrofuran, formamit, tert-butylpyridin, pyridin, alkylpyridin, pyrrolidin, clobenzen, diclobenzen, diclometan, clorofom và hỗn hợp của chúng. Theo một phương án, chất rắn chì được hòa tan trong dimetylformamit khô (DMF). Chất rắn chì có thể được hòa tan ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 20°C đến 150°C. Theo một phương án, chất rắn chì được hòa tan ở nhiệt độ khoảng 85°C. Chất rắn chì có thể được hòa tan trong thời gian dài cần thiết để tạo ra dung dịch, có thể xảy ra trong khoảng thời gian đến khoảng 72 giờ. Dung dịch thu được tạo thành nền của mực tiền chất chì halogenua. Theo một số phương án, mực tiền chất chì halogenua có thể có hàm lượng chì halogenua nằm trong khoảng từ 0,001M và khoảng 10M. Theo một phương án, mực tiền chất chì halogenua có hàm lượng chì halogenua là khoảng 1 M. Theo một số phương án, mực tiền chất chì halogenua còn có thể bao gồm axit amin (ví dụ, axit 5-aminovaleric, histidin, glyxin, lyxin), axit amin hydrohalogenua

(ví dụ, hydroclorua của axit 5-amino valeric), chất biến đổi bề mặt IFL (SAM) (như các chất được mô tả trong phần trước của bản mô tả) hoặc tổ hợp của chúng.

Mực tiền chất chì halogenua sau đó có thể được lắng đọng trên đế mong muốn. Các lớp đế thích hợp có thể bao gồm lớp bất kỳ trong số các lớp đế được nhận diện sớm hơn theo sáng chế. Như đã lưu ý ở trên, mực tiền chất chì halogenua có thể được lắng đọng qua các phương tiện khác nhau, bao gồm nhưng không giới hạn ở, đúc rót, đúc quay, in khuôn có khe hở, in lưới hoặc in phun. Theo các phương án nhất định, mực tiền chất chì halogenua có thể được phủ xoay trên đế ở tốc độ nằm trong khoảng từ 500 vòng/phút đến 10.000 vòng/phút trong thời gian từ khoảng 5 giây đến 600 giây. Theo một phương án, mực tiền chất chì halogenua có thể được phủ quay trên đế ở tốc độ khoảng 3000 vòng/phút trong thời gian khoảng 30 giây. Mực tiền chất chì halogenua có thể được lắng đọng trên đế ở môi trường khí quyển trong khoảng độ ẩm nằm trong khoảng từ 0% độ ẩm tương đối đến 50% độ ẩm tương đối. Mực tiền chất chì halogenua sau đó có thể được để khô trong khí quyển về cơ bản không có nước, *tức là*, nhỏ hơn 20% độ ẩm tương đối, để tạo ra màng mỏng.

Màng mỏng sau đó có thể được ủ nhiệt trong khoảng thời gian lên đến 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 thời gian khoảng mười phút ở nhiệt độ khoảng 50 °C. Lớp vật liệu hoạt tính perovskit sau đó có thể được hoàn thiện nhờ quy trình chuyển đổi, trong đó màng tiền chất được nhúng hoặc tráng bởi dung dịch bao gồm dung môi hoặc hỗn hợp của các dung môi (ví dụ, DMF, isopropanol, metanol, etanol, butanol, clorofom clobenzen, dimetylsulfoxit, nước) và muối (ví dụ, metylamoni iôđua, formamidini iôđua, guanidini iôđua, 1,2,2-triaminovinylamoni iôđua, axit 5-aminovaleric hydroiodua) ở nồng độ nằm trong khoảng từ 0,001M đến 10M. Theo các phương án nhất định, màng mỏng cũng có thể được ủ nhiệt sau theo cách tương tự như ở dòng thứ nhất của đoạn này.

Theo một phương án khác, vật liệu perovskit có thể bao gồm $C'CPbX_3$, trong đó C' là một hoặc nhiều kim loại thuộc nhóm 1 (tức là Li, Na, K, Rb, Cs). Theo phương án cụ thể, M' có thể là xesi (Cs). Theo phương án khác, C' có thể là rubidi (Rb). Theo phương án khác, C' có thể là natri (Na). Theo phương án khác, C' có thể

là kali (K). Theo các phương án khác nữa, vật liệu perovskit có thể bao gồm $C'_vC_wPb_yX_z$, trong đó C' là một hoặc nhiều kim loại thuộc nhóm 1 và v, w, y và z là các số thực nằm trong khoảng từ 1 đến 20. Theo các phương án nhất định, vật liệu perovskit có thể được lắng đọng dưới dạng lớp hoạt tính trong thiết bị PV, ví dụ, bằng cách đúc rót, đúc quay, sơn ống đồng, phủ dao, sơn ống đồng đảo ngược, trong khuôn có khe hở, in lưới hoặc in phun lên trên lớp nền bằng cách sử dụng các bước được mô tả dưới đây.

Đầu tiên, dung dịch chì halogenua được tạo ra. Lượng chì halogenua có thể được đựng trong thùng khô, sạch trong môi trường khí quyển có kiểm soát. Các chì halogenua thích hợp bao gồm nhưng không giới hạn ở, chì (II) iôđua, 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 một phương án, chì halogenua có thể bao gồm chì (II) iôđua. Theo các phương án nhất định, hỗn hợp chì halogenua có thể bao gồm bất kỳ tỷ lệ bậc hai, bậc ba hoặc bậc bốn nằm trong khoảng từ 0,001 đến 100%mol của iôđua, bromua, clorua hoặc florua. Theo một phương án, hỗn hợp chì halogenua có thể bao gồm chì (II) clorua và chì (II) iôđua theo tỷ lệ khoảng 10:90 mol:mol. Theo các phương án khác, hỗn hợp chì halogenua có thể bao gồm chì (II) clorua và chì (II) iôđua theo tỷ lệ khoảng 5:95, khoảng 7,5:92,5 hoặc khoảng 15:85 mol:mol.

Theo cách khác, tiền chất muối chì khác có thể được sử dụng cùng với hoặc thay cho muối halogenua của chì để tạo ra dung dịch muối chì. Các tiền chất muối chì thích hợp có thể bao gồm tổ hợp bất kỳ của chì (II) hoặc chì (IV) và các anion sau đây: nitrat, nitrit, carboxylat, axetat, format, oxylat, sulfat, sulfua, thiosulfat, phosphat, tetrafloroborat, hexaflorophosphat, tetra(perflorophenyl) borat, hydrit, oxit, peroxit, hydroxit, nitrua, arsenat, arsenua, perchlorat, cacbonat, bicarbonat, cromat, dicromat, iodat, bromat, clorat, clorit, hypoclorit, hypobromit, xyanua, xyanat, isoxyanat, fulminat, thioxyanat, isothioxyanat, azit, tetracarbonylcobaltat, carbamoyldixyanometanit, dixyanonitrosometanit, dixyanamit, trixyanometanit, amit và permanganat.

Dung dịch muối chì còn có thể bao gồm muối chì (II) hoặc chì (IV) theo tỷ lệ mol nằm trong khoảng từ 0 đến 100% vào các ion kim loại sau đây: Fe, Cd, Co, Ni, Cu, Hg, Sn, Pb, Bi, Ge, Ti, Zn và Zr làm muối của anion nêu trên.

Sau đó, dung môi có thể được bổ sung vào bình để hòa tan các chất rắn chì halogenua để tạo ra dung dịch chì halogenua. Các dung môi thích hợp bao gồm nhưng không giới hạn ở, N-xyclohexyl-2-pyrrolidon khô, alkyl-2-pyrrolidon, dimetylformamit (DMF), dialkylformamit, dimetylsulfoxit (DMSO), metanol, etanol, propanol, butanol, tetrahydrofuran, formamit, tert-butylpyridin, pyridin, alkylpyridin, pyrrolidin, clobenzen, diclobenzen, diclometan, clorofom và hỗn hợp của chúng. Theo một phương án, các chất rắn chì được hòa tan trong dimetylformamit khô (DMF). Các chất rắn chì halogenua có thể được hòa tan ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 20°C đến 150°C. Theo một phương án, các chất rắn chì halogenua được hòa tan ở nhiệt độ khoảng 85°C. Các chất rắn chì halogenua có thể hòa tan trong thời gian dài cần thiết để tạo ra dung dịch, có thể xảy ra trong khoảng thời gian đến 72 giờ. Dung dịch thu được tạo thành nền của mực tiền chất chì halogenua. Theo một số phương án, mực tiền chất chì halogenua có thể có hàm lượng chì halogenua nằm trong khoảng từ 0,001M đến 10M. Theo một phương án, mực tiền chất chì halogenua có hàm lượng chì halogenua là khoảng 1 M. Theo một số phương án, dung dịch chì halogenua còn có thể 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 biến đổi bề mặt IFL (SAM) (như các chất được mô tả trong phần trên của bản mô tả) hoặc tổ hợp của chúng.

Sau đó, dung dịch halogenua của kim loại nhóm 1 được tạo ra. Lượng halogenua của kim loại nhóm 1 có thể được đựng trong thùng khô, sạch trong môi trường khí quyển có kiểm soát. Các halogenua kim loại nhóm thích hợp 1 bao gồm nhưng không giới hạn ở, xesi iôđua, xesi bromua, xesi clorua, xesi florua, rubidi iôđua, rubidi bromua, rubidi clorua, rubidi florua, lithi iôđua, lithi bromua, lithi clorua, lithi florua, natri iôđua, natri bromua, natri clorua, natri florua, kali iôđua, kali bromua, kali clorua, kali florua. Halogenua của kim loại nhóm 1 có thể bao gồm một loại halogenua của kim loại nhóm hoặc nó có thể bao gồm hỗn hợp của

halogenua của kim loại nhóm 1 theo tỷ lệ chính xác. Theo một phương án, halogenua của kim loại nhóm 1 có thể bao gồm xesi iôđua. Theo một phương án khác, halogenua của kim loại nhóm 1 có thể bao gồm rubidi iôđua. Theo một phương án khác, halogenua của kim loại nhóm 1 có thể bao gồm natri iôđua. Theo một phương án khác, halogenua của kim loại nhóm 1 có thể bao gồm kali iôđua.

Theo cách khác, các tiền chất của muối kim loại thuộc nhóm 1 khác có thể được sử dụng cùng với hoặc thay cho các muối halogenua kim loại thuộc nhóm 1 để tạo ra dung dịch muối kim loại nhóm 1. Các muối kim loại nhóm 1 tiền chất phù hợp có thể bao gồm tổ hợp bất kỳ của kim loại thuộc nhóm 1 và các anion sau đây: nitrat, nitrit, carboxylat, axetat, format, oxylat, sulfat, sulfua, thiosulfat, phosphat, tetrafloroborat, hexaflorophosphat, tetra(perflorophenyl) borat, hydrit, oxit, peroxit, hydroxit, nitrua, arsenat, arsenua, perchlorat, cacbonat, bicarbonat, cromat, dicromat, iodat, bromat, clorat, clorit, hypoclorit, hypobromua, xyanua, xyanat, isoxyanat, fulminat, thioxyanat, isothioxyanat, azit, tetracarbonylcobaltat, carbamoyldixyanometanit, dixyanonitrosomeanit, dixyanamit, trixyanometanit, amit và permanganat.

Sau đó, dung môi có thể được bổ sung vào bình để hòa tan các chất rắn halogenua của kim loại nhóm 1 để tạo ra dung dịch halogenua của kim loại nhóm 1. Các dung môi thích hợp bao gồm nhưng không giới hạn ở, N-xyclohexyl-2-pyrrolidon khô, alkyl-2-pyrrolidon, dimetylformamit (DMF), dialkylformamit, dimetylsulfoxit (DMSO), metanol, etanol, propanol, butanol, tetrahydrofuran, formamit, tert-butylpyridin, pyridin, alkylpyridin, pyrrolidin, clobenzen, diclobenzen, diclometan, clorofom và hỗn hợp của chúng. Theo một phương án, các chất rắn chỉ được hòa tan trong dimetylsulfoxit (DMSO) khô. Các chất rắn halogenua kim loại thuộc nhóm 1 có thể ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 20°C đến 150°C. Theo một phương án, các chất rắn halogenua của kim loại nhóm 1 được hòa tan ở nhiệt độ trong phòng (tức là khoảng 25°C). Các chất rắn halogenua kim loại thuộc nhóm 1 có thể hòa tan trong thời gian dài cần thiết để tạo ra dung dịch, mà có thể xảy ra trong khoảng thời gian lên đến 72 giờ. Dung dịch thu được tạo thành dung dịch halogenua của kim loại nhóm 1. Theo một số phương án, dung dịch halogenua

của kim loại nhóm 1 về cơ bản có thể có hàm lượng halogenua của kim loại nhóm 1 nằm trong khoảng từ 0,001M đến khoảng 10M. Theo một phương án, dung dịch halogenua của kim loại nhóm 1 có hàm lượng halogenua của kim loại nhóm 1 là khoảng 1 M. Theo một số phương án, dung dịch halogenua của kim loại nhóm 1 có thể còn bao gồm axit amin (ví dụ, axit 5-aminovaleric, histidin, glyxin, lyxin), hydrohalogenua axit amin (ví dụ, hydroclorua của axit 5-amino valeric), chất biến đổi bề mặt IFL (SAM) (như các dung dịch được mô tả trong phần trên của bản mô tả) hoặc tổ hợp của chúng.

Sau đó, dung dịch chì halogenua và dung dịch halogenua của kim loại nhóm 1 được trộn để tạo ra mực tiền chất màng mỏng. Dung dịch halogenua chì và dung dịch halogenua của kim loại nhóm 1 có thể là trộn theo tỷ lệ sao cho mực tiền chất màng mỏng thu được có nồng độ mol của halogenua của kim loại nhóm 1 nằm trong khoảng từ 0% đến 25% nồng độ mol của chì halogenua. Theo các phương án cụ thể, mực tiền chất màng mỏng có thể có nồng độ mol của halogenua của kim loại nhóm 1 là 1% nồng độ mol của chì halogenua. Theo các phương án cụ thể, mực tiền chất màng mỏng có thể có nồng độ mol của halogenua của kim loại nhóm 1 là 5% nồng độ mol của chì halogenua. Theo các phương án cụ thể, mực tiền chất màng mỏng có thể có nồng độ mol của halogenua của kim loại nhóm 1 là 10% nồng độ mol của chì halogenua. Theo các phương án cụ thể, mực tiền chất màng mỏng có thể có nồng độ mol của halogenua của kim loại nhóm 1 là 15% nồng độ mol của chì halogenua. Theo các phương án cụ thể, mực tiền chất màng mỏng có thể có nồng độ mol của halogenua của kim loại nhóm 1 là 20% nồng độ mol của chì halogenua. Theo các phương án cụ thể, mực tiền chất màng mỏng có thể có nồng độ mol của halogenua của kim loại nhóm 1 là 25% nồng độ mol của chì halogenua. Theo một số phương án, dung dịch chì halogenua và dung dịch halogenua của kim loại nhóm 1 có thể được khuấy hoặc khuấy trộn trong hoặc sau khi trộn.

Mực tiền chất màng mỏng sau đó có thể được lắng đọng trên đế mong muốn. Các lớp đế thích hợp có thể bao gồm lớp bất kỳ trong số các lớp đế được nhận diện sớm hơn theo sáng chế. Như đã lưu ý ở trên, mực tiền chất màng mỏng có thể được lắng đọng qua một số loại phương tiện, bao gồm nhưng không giới hạn ở, đúc rót,

đúc quay, sơn ống đồng, phủ dao, sơn ống đồng đảo ngược, in khuôn có khe hở, in lưới hoặc in phun. Theo các phương án nhất định, mực tiền chất màng mỏng có thể được phủ xoay trên đế ở tốc độ nằm trong khoảng từ 500 vòng/phút đến 10.000 vòng/phút trong thời gian khoảng từ 5 giây đến 600 giây. Theo một phương án, mực tiền chất màng mỏng có thể được phủ xoay trên đế ở tốc độ khoảng 3000 vòng/phút trong thời gian khoảng 30 giây. Mực tiền chất màng mỏng có thể được lắng đọng trên đế ở môi trường khí quyển ở khoảng độ ẩm nêu trên 0% độ ẩm tương đối đến 50% độ ẩm tương đối. Mực tiền chất màng mỏng sau đó có thể được để khô trong khí quyển về cơ bản không có nước, tức là, nhỏ hơn 20% độ ẩm tương đối, để tạo ra màng mỏng.

Màng mỏng sau đó có thể được ủ nhiệt trong 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 thời gian khoảng mười phút ở nhiệt độ khoảng 50°C. lớp vật liệu hoạt tính perovskit sau đó có thể được hoàn thiện nhờ quy trình chuyển đổi, trong đó màng tiền chất được nhúng hoặc được tráng bằng dung dịch muối bao gồm dung môi hoặc hỗn hợp của các dung môi (ví dụ, DMF, isopropanol, metanol, etanol, butanol, clorofom clobenzen, dimetylsulfoxit, nước) và muối (ví dụ, metylamoni iôđua, formamidini iôđua, guanidini iôđua, 1,2,2-triaminovinylamoni iôđua, axit 5-aminovaleric hydroiodua) theo hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,001M đến 10M. Theo các phương án nhất định, vật liệu perovskit màng mỏng cũng có thể được ủ nhiệt sau theo cách tương tự như trong dòng thứ nhất trong đoạn này.

Theo một số phương án, dung dịch muối có thể được điều chế bằng cách cho muối vào trong bình khô, sạch trong môi trường khí quyển có kiểm soát. Các muối thích hợp bao gồm nhưng không giới hạn ở, metylamoni iôđua, formamidini iôđua, guanidini iôđua, imidazoli iôđua, eten tetramin iôđua, 1,2,2-triaminovinylamoni iôđua và axit 5-aminovaleric hydroiodua. Các muối thích hợp khác có thể bao gồm cation hữu cơ bất kỳ mô tả trên đây ở phần có tên “Vật liệu perovskit.” Muối có thể bao gồm một loại muối hoặc nó có thể bao gồm hỗn hợp muối theo tỷ lệ chính xác. Theo một phương án muối có thể bao gồm metylamoni iôđua. Theo phương án khác,

muối có thể bao gồm formamidini iôđua. Tiếp đến, dung môi sau đó có thể được bổ sung vào bình để hòa tan các muối thể rắn để tạo ra dung dịch muối. Các dung môi thích hợp bao gồm nhưng không giới hạn ở, DMF, isopropanol, metanol, etanol, butanol, clorofom clobenzen, dimetylsulfoxit, nước và hỗn hợp của chúng. Theo một phương án, các chất rắn dạng muối formamidini iôđua được hòa tan trong isopropanol. Các muối thể rắn có thể được hòa tan ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 20°C đến 150°C. Theo một phương án, các muối thể rắn được hòa tan ở nhiệt độ trong phòng (tức là khoảng 25°C). Các muối thể rắn có thể hòa tan trong thời gian dài cần thiết để tạo ra dung dịch, mà có thể xảy ra trong khoảng thời gian đến khoảng 72 giờ. Dung dịch thu được tạo thành dung dịch muối. Theo một số phương án, dung dịch muối có thể có hàm lượng muối nằm trong khoảng từ 0,001M đến 10M. Theo một phương án, dung dịch muối có hàm lượng muối là khoảng 1 M.

Ví dụ, bằng cách sử dụng quy trình được mô tả ở trên với dung dịch chì (II) iôđua, dung dịch xesi iôđua và dung dịch muối metylamoni (MA) iôđua có thể dẫn đến vật liệu perovskit có công thức Cs_iMAPbI_3 , trong đó i là số giữa 0 và 1. Là một ví dụ khác, việc sử dụng dung dịch chì (II) iôđua, dung dịch rubidi iôđua và dung dịch muối formamidini (FA) iôđua có thể dẫn đến vật liệu perovskit có công thức Rb_iFAPbI_3 , trong đó i là số giữa 0 và 1. Là một ví dụ khác, việc sử dụng dung dịch chì (II) iôđua, dung dịch xesi iôđua và dung dịch muối formamidini (FA) iôđua có thể dẫn đến vật liệu perovskit có công thức Cs_iFAPbI_3 , trong đó i là số giữa 0 và 1. Là một ví dụ khác, việc sử dụng dung dịch chì (II) iôđua, dung dịch kali iôđua và dung dịch muối formamidini (FA) iôđua có thể dẫn đến vật liệu perovskit có công thức K_iFAPbI_3 , trong đó i là số giữa 0 và 1. Là ví dụ khác, việc sử dụng dung dịch chì (II) iôđua, dung dịch natri iôđua và dung dịch muối formamidini (FA) iôđua có thể dẫn đến vật liệu perovskit có công thức Na_iFAPbI_3 , trong đó i là số giữa 0 và 1. Là ví dụ khác, việc sử dụng dung dịch hỗn hợp của chì (II) iôđua-chì (II) clorua, dung dịch xesi iôđua và dung dịch muối formamidini (FA) iôđua có thể dẫn đến vật liệu perovskit có công thức $Cs_iFAPbI_{3-y}Cl_y$, trong đó i là số nằm trong khoảng từ 0 đến 1 và y là số nằm trong khoảng từ 0 đến 3.

Do đó, sáng chế hiện tại rất phù hợp để đạt được các mục đích và ưu điểm được đề cập cũng như những ưu điểm vốn có của nó. Các phương án cụ thể được bộc lộ ở trên chỉ nhằm mục đích 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 hiểu biết trung bình về lĩnh vực liên quan nhờ lợi ích của các hướng dẫn trong bản mô tả. Hơn nữa, không có giới hạn nào dành cho các chi tiết xây dựng hoặc thiết kế được trình bày ở đây, ngoài những hạn chế được mô tả trong các điểm yêu cầu bảo hộ bên dưới. Do đó, rõ ràng là các phương án minh họa cụ thể được bộc lộ ở trên được thay đổi hoặc cải biến và tất cả các biến thể như vậy được xem là nằm trong phạm vi của sáng chế. Cụ thể, mọi khoảng giá trị (có dạng, “từ khoảng a đến b”, hoặc tương đương, “từ xấp xỉ a đến b” hoặc tương đương, “từ xấp xỉ a đến b”) được bộc lộ trong bản mô tả được hiểu là đề cập đến tập hợp (tập hợp của tất cả các tập hợp con) có phạm vi giá trị tương ứng và đặt ra mọi phạm vi được bao gồm trong phạm vi giá trị rộng hơn. Ngoài ra, các thuật ngữ trong các điểm yêu cầu bảo hộ có nghĩa đơn giản, thông thường trừ khi được chủ bằng sáng chế xác định rõ ràng và minh bạch.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp tạo ra vật liệu perovskit quang hoạt bao gồm các bước:

tạo ra mực tiền chất màng mỏng, trong đó bước tạo ra mực tiền chất màng mỏng này bao gồm các bước:

nạp chì halogenua vào thùng thứ nhất;

nạp dung môi thứ nhất vào thùng thứ nhất;

cho chì halogenua tiếp xúc với dung môi thứ nhất để hòa tan chì halogenua để tạo ra dung dịch chì halogenua;

nạp halogenua của kim loại nhóm 1 vào bình thứ hai;

nạp dung môi thứ hai vào bình thứ hai; và

cho halogenua của kim loại nhóm 1 tiếp xúc với dung môi thứ hai để hòa tan halogenua của kim loại nhóm 1 để tạo ra dung dịch halogenua của kim loại nhóm 1;

cho dung dịch chì halogenua tiếp xúc với dung dịch halogenua của kim loại nhóm 1 để tạo ra mực tiền chất màng mỏng;

làm lắng mực tiền chất màng mỏng lên trên nền;

sấy khô mực tiền chất màng mỏng để tạo ra màng mỏng;

ủ màng mỏng; và

tráng màng mỏng bằng dung dịch muối bao gồm dung môi thứ ba và muối được chọn từ nhóm bao gồm metylamoni halogenua, formamidini halogenua, guanidini halogenua, eten tetramin halogenua, imidazoli halogenua, 1,2,2-triaminovinyl amoni halogenua và hydrohalogenua của axit 5-aminovaleric.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó chì halogenua bao gồm chì (II) iôđua.

3. Phương pháp theo điểm 1, trong đó halogenua của kim loại nhóm 1 bao gồm xesi iôđua.

4. Phương pháp theo điểm 1, trong đó halogenua của kim loại nhóm 1 bao gồm rubidi iôđua.

5. Phương pháp theo điểm 1, trong đó halogenua của kim loại nhóm 1 bao gồm natri iôđua.
6. Phương pháp theo điểm 1, trong đó halogenua của kim loại nhóm 1 bao gồm kali iôđua.
7. Phương pháp theo điểm 1, trong đó dung môi thứ nhất và dung môi thứ hai được chọn từ nhóm bao gồm N-xyclohexyl-2-pyrrolidon khô, alkyl-2-pyrrolidon, dimetylformamit (DMF), dialkylformamit, dimetylsulfoxit (DMSO), metanol, etanol, propanol, butanol, tetrahydrofuran, formamit, tert-butylpyridin, pyridin, alkylpyridin, pyrrolidin, clobenzen, diclobenzen, diclometan, clorofom và hỗn hợp của chúng.
8. Phương pháp theo điểm 1, trong đó dung môi thứ nhất bao gồm dimetylformamit khô (DMF).
9. Phương pháp theo điểm 1, trong đó dung môi thứ hai bao gồm dimetylsulfoxit (DMSO).
10. Phương pháp theo điểm 1, trong đó dung môi thứ ba được chọn từ nhóm bao gồm dimetylformamit, isopropanol, metanol, etanol, butanol, clorofom, clobenzen, dimetylsulfoxit, nước và hỗn hợp của chúng.
11. Phương pháp theo điểm 1, trong đó mực tiền chất màng mỏng có nồng độ mol của halogenua của kim loại nhóm 1 nằm trong khoảng từ 1% đến 25% nồng độ mol của chì halogenua.
12. Phương pháp theo điểm 1, trong đó bước ủ màng mỏng xuất hiện trong khoảng từ 5 đến 30 phút ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 40°C đến 60°C.
13. Phương pháp theo điểm 1, trong đó muối bao gồm formamidini iôđua.
14. Phương pháp theo điểm 1, trong đó muối bao gồm metylamoni iôđua.

15. Phương pháp theo điểm 1, trong đó bước tráng màng mỏng bao gồm ít nhất một lần nhúng một phần trong dung dịch muối.

1/7

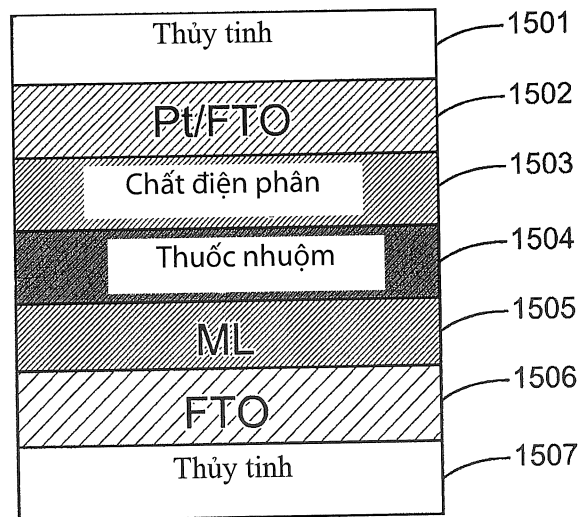


Fig. 1

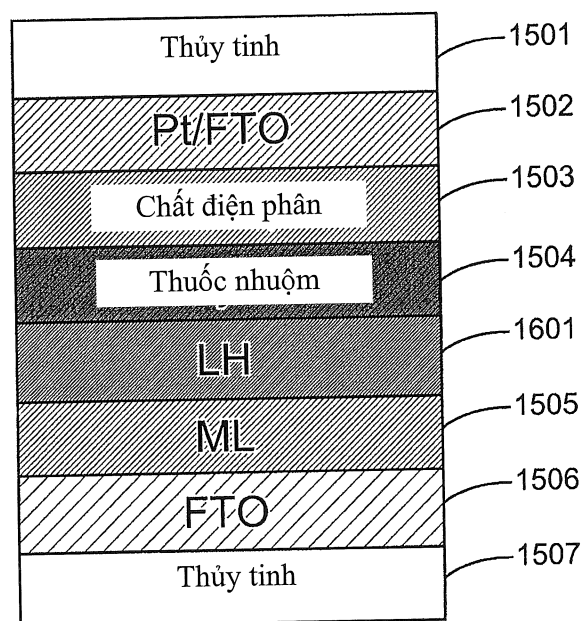


Fig. 2

2/7

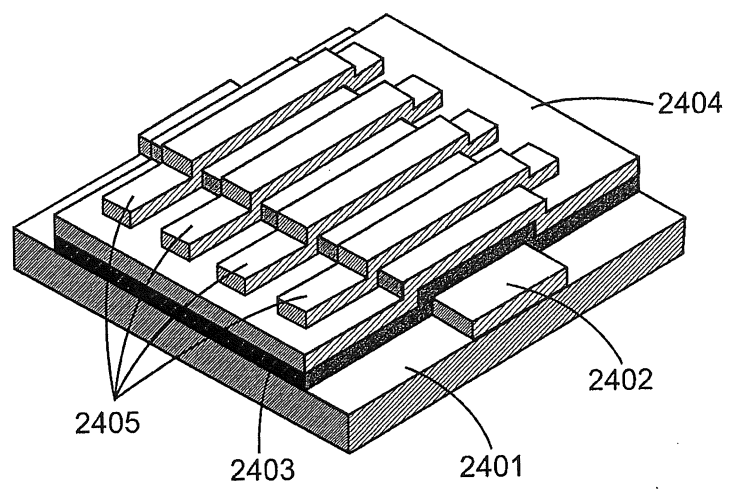


Fig. 3

3/7

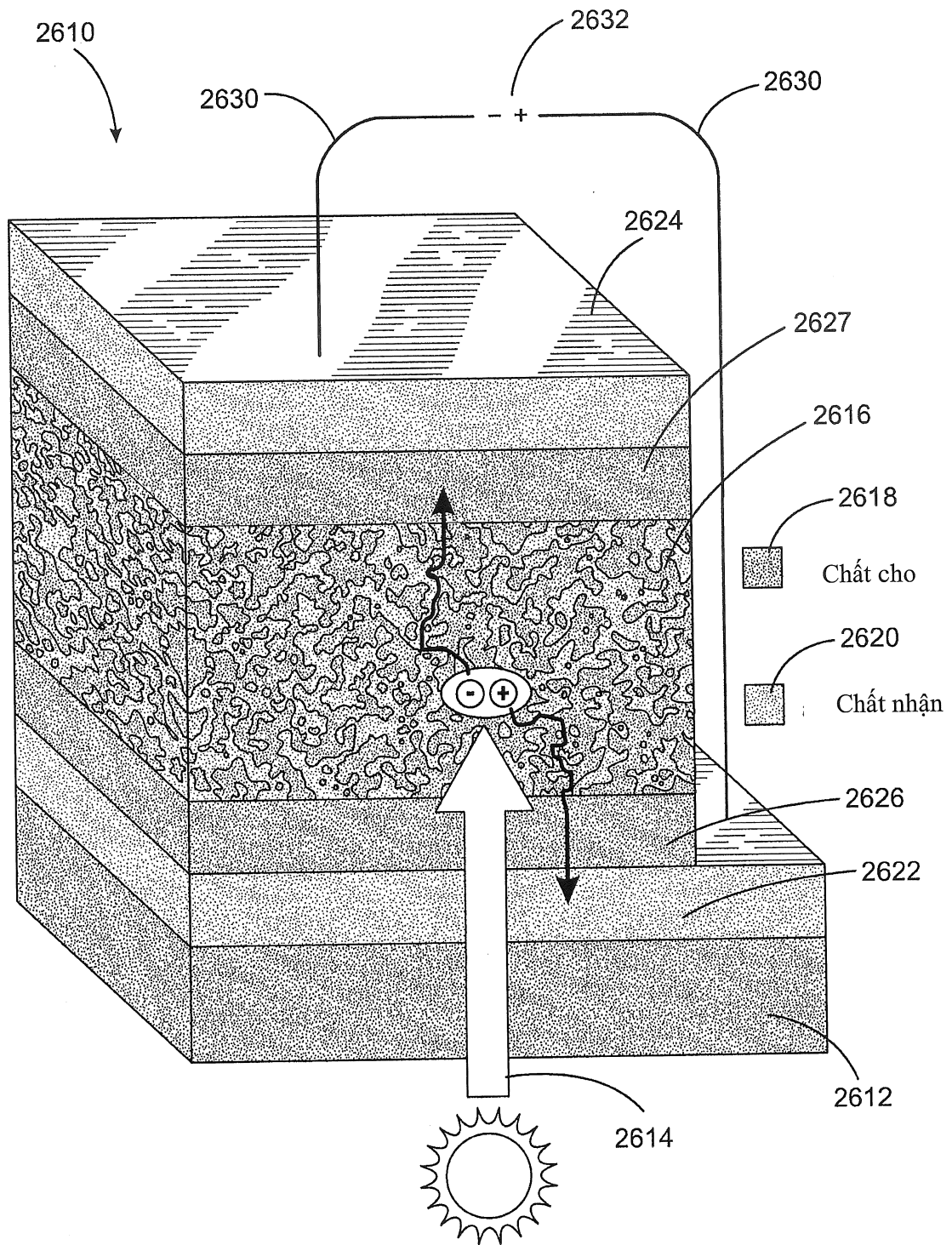


Fig. 4

4/7

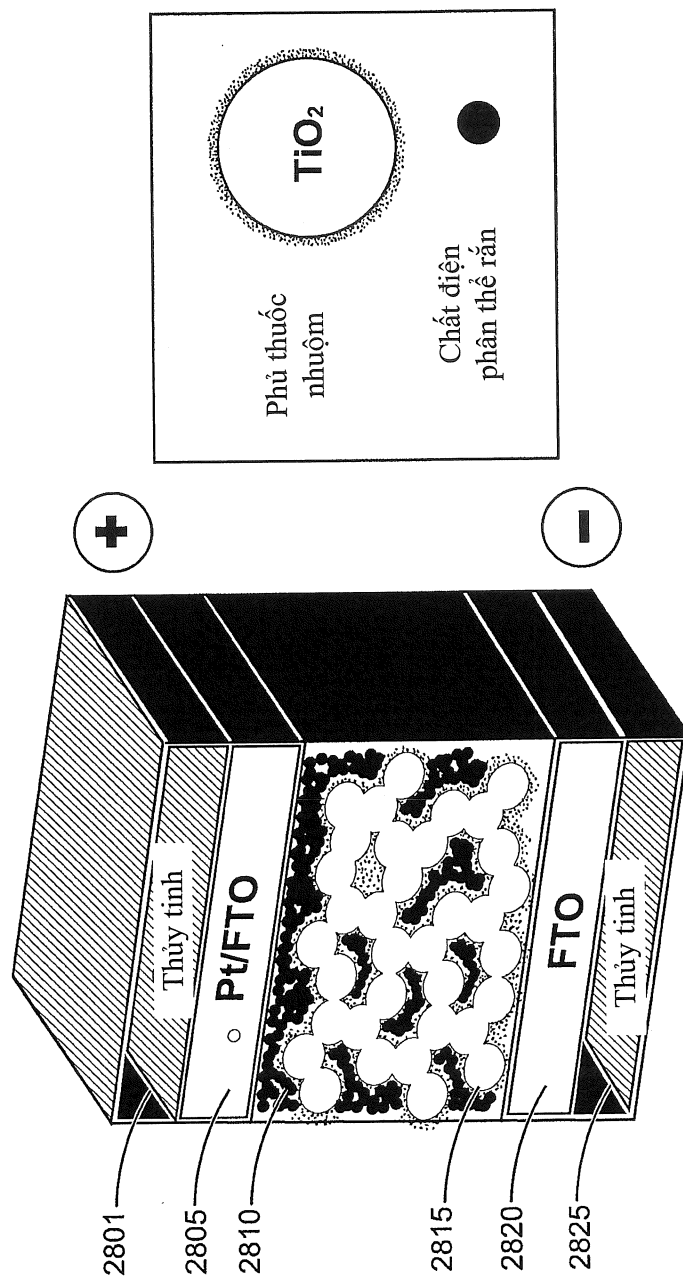


Fig. 5

5/7

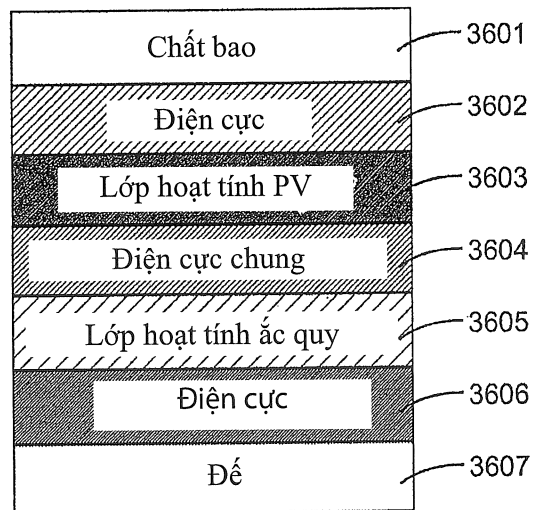


Fig. 6

6/7

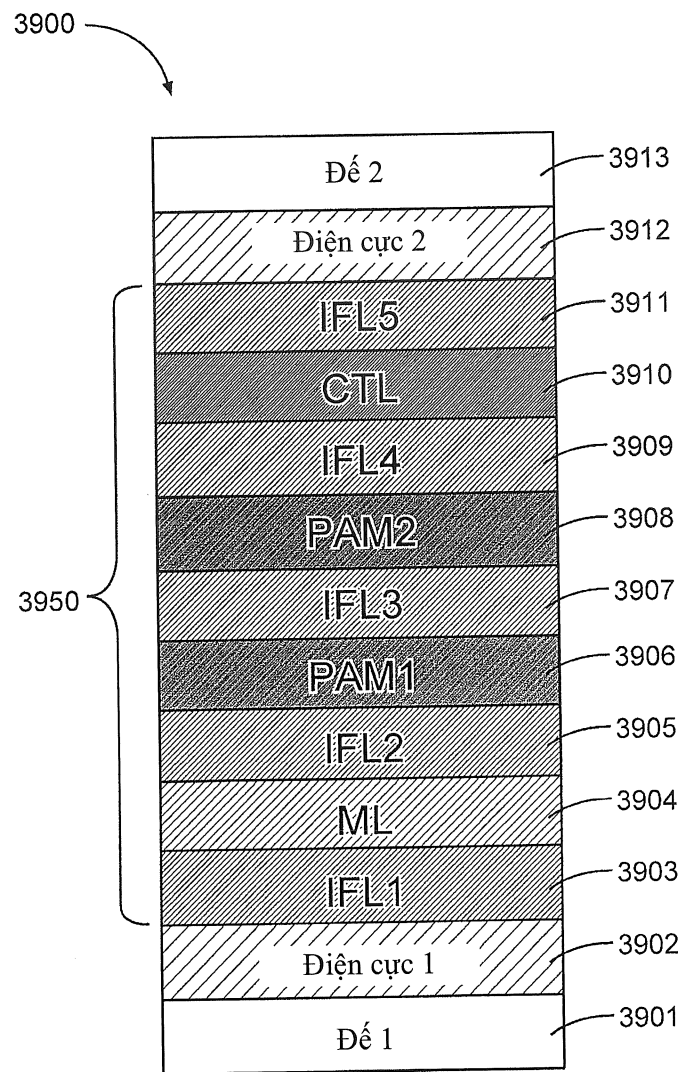


Fig. 7

7/7

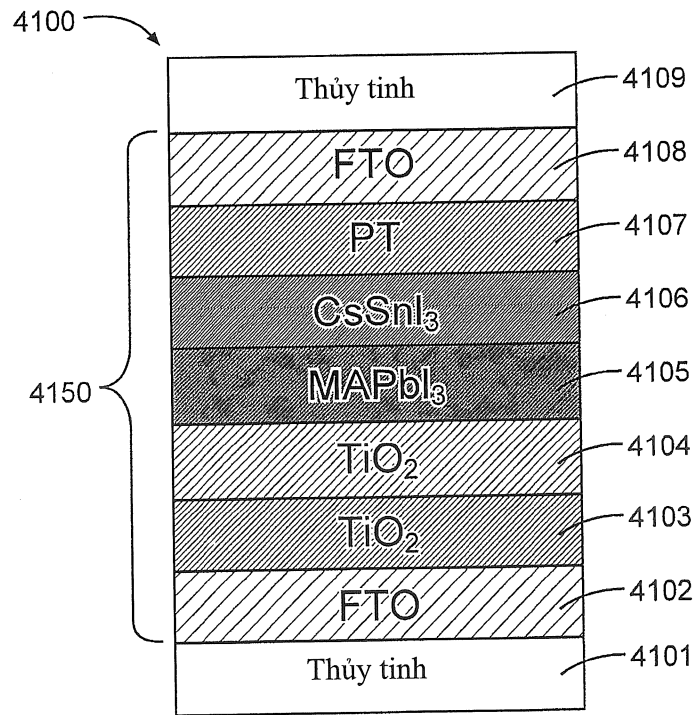


Fig. 8

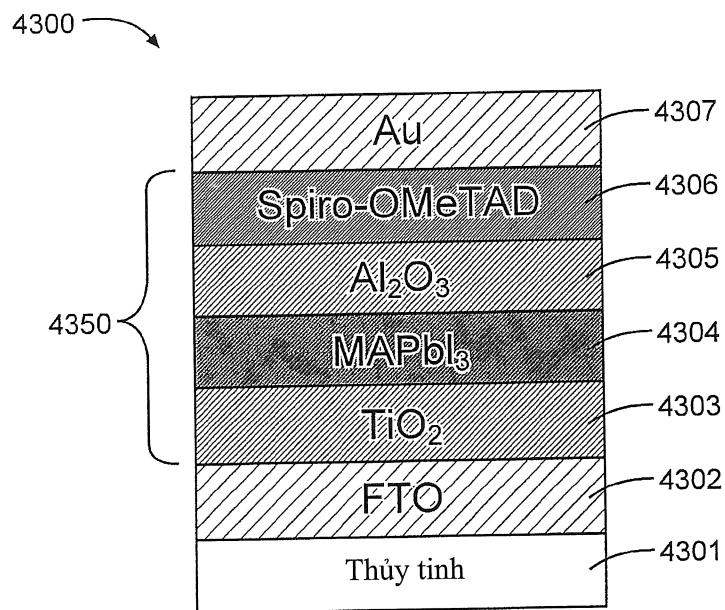


Fig.9