



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

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



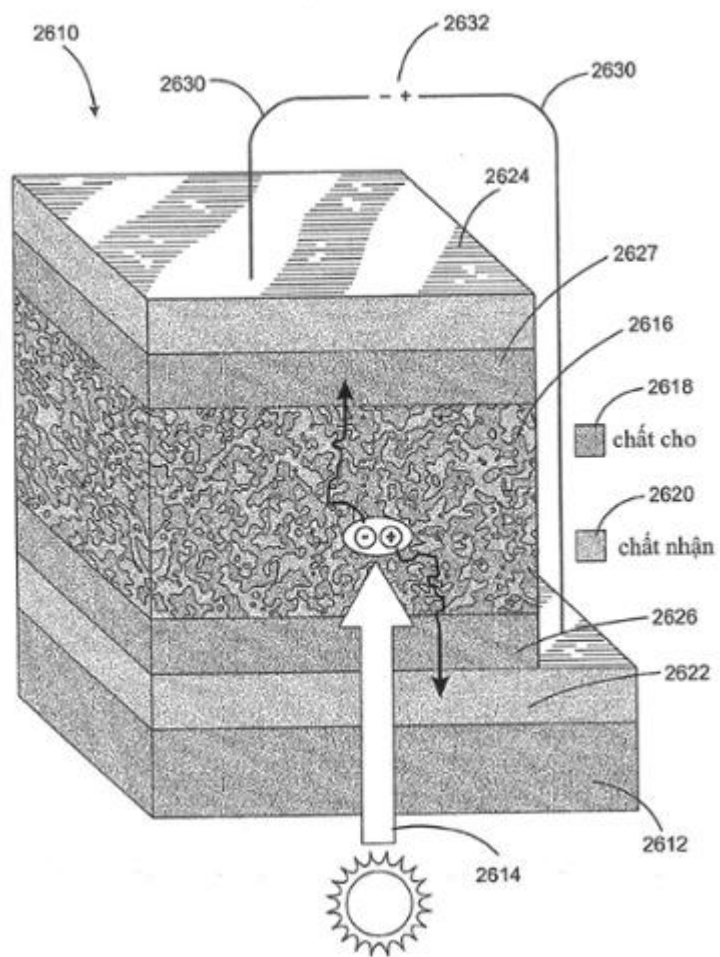
1-0035039

(51)⁷ H01L 31/04; H01L 31/18; C01G 23/04 (13) B

-
- (21) 1-2017-00621 (22) 30/07/2015
(86) PCT/US2015/042864 30/07/2015 (87) WO 2016/019124 04/02/2016
(30) 62/032,137 01/08/2014 US; 14/711,330 13/05/2015 US
(45) 27/03/2023 420 (43) 26/06/2017 351A
(73) Hunt Perovskite Technologies, L.L.C. (US)
1807 Ross Ave., Suite 333, Dallas, Texas 75201, United States of America
(72) IRWIN, Michael, D. (US); CHUTE, Jerred, A. (US); DHAS, Vivek, V. (US).
(74) Công ty TNHH Tầm nhìn và Liên danh (VISION & ASSOCIATES CO.LTD.)
-

(54) PHƯƠNG PHÁP TẠO RA VẬT LIỆU PEROVSKIT VÀ VẬT LIỆU PEROVSKIT ĐƯỢC TẠO RA BẰNG PHƯƠNG PHÁP NÀY

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp điều chế vật liệu perovskit quang hoạt. Phương pháp này bao gồm bước điều chế mực tiền chất chì halogenua. Việc điều chế mực tiền chất chì halogenua bao gồm các bước: đưa chì halogenua vào trong bình, đưa dung môi thứ nhất vào trong bình, và cho chì halogenua tiếp xúc với dung môi thứ nhất để hòa tan chì halogenua. Phương pháp này cũng bao gồm việc mạ mực tiền chất chì halogenua lên trên nền, làm khô mực tiền chất chì halogenua để tạo thành màng mỏng, tối màng mỏng, và rửa màng mỏng bằng dung môi thứ hai và muối.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

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

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Việc sử dụng quang điện (PV: Photovoltaic) để tạo ra điện năng từ bức xạ hoặc năng lượng mặt trời có thể đem lại nhiều lợi ích, bao gồm, ví dụ, nguồn điện, lượng phát xạ thấp hoặc bằng không, việc sản xuất điện không phụ thuộc vào lưới điện, kết cấu vật lý bền vững (các phần không di chuyển), hệ thống ổn định và tin cậy, thi công kiểu môđun, lắp đặt khá nhanh, sản xuất và sử dụng an toàn, và ý kiến cộng đồng và khả năng chấp nhận sử dụng tốt.

Các dấu hiệu và ưu điểm của sáng chế sẽ dễ dàng hiển nhiên với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này. Mặc dù nhiều biến đổi có thể được thực hiện bởi người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này, nhưng các thay đổi này vẫn nằm trong phạm vi của sáng chế.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Theo khía cạnh thứ nhất, sáng chế đề xuất phương pháp tạo ra vật liệu perovskit, bao gồm các bước: điều chế mực tiền chất chì halogenua, trong đó việc điều chế mực tiền chất chì halogenua bao gồm các bước: đưa chì halogenua vào trong bình; đưa dung môi thứ nhất vào trong bình này; và cho chì halogenua tiếp xúc với dung môi thứ nhất để hòa tan chì halogenua; mạ mực tiền chất chì halogenua lên trên chất nền; làm khô mực tiền chất chì halogenua này để tạo ra màng mỏng; ủ màng mỏng này; và rửa màng mỏng này bằng dung môi thứ hai và muối.

Theo khía cạnh thứ hai, sáng chế đề xuất vật liệu perovskit được tạo ra từ quy trình bao gồm các bước: điều chế mực tiền chất chì halogenua, trong đó việc điều chế mực tiền chất chì halogenua bao gồm các bước: đưa chì halogenua vào trong bình; đưa dung môi thứ nhất vào trong bình này; và cho chì halogenua tiếp xúc với dung môi thứ nhất này để hòa tan chì halogenua; mạ mực tiền chất chì halogenua lên trên chất nền;

làm khô mực tiền chất chì halogenua này để tạo ra màng mỏng; ủ màng mỏng này; và rửa màng mỏng này bằng dung môi thứ hai và muối.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

FIG. 1 là hình minh họa của bản thiết kế DSSC mô tả các lớp khác nhau của DSSC theo một số phương án của sáng chế.

FIG. 2 là hình minh họa khác của bản thiết kế DSSC mô tả các lớp khác nhau của DSSC theo một số phương án của sáng chế.

FIG. 3 là ví dụ minh họa của bản thiết kế thiết bị BHJ theo một số phương án của sáng chế.

FIG. 4 là giản đồ của pin quang điện điển hình bao gồm lớp hoạt hóa theo một số phương án của sáng chế.

FIG. 5 là giản đồ của thiết bị DSSC trạng thái rắn điển hình theo một số phương án của sáng chế.

FIG. 6 là sơ đồ cách điệu minh họa các bộ phận của thiết bị PV ví dụ theo một số phương án của sáng chế.

FIG. 7 là sơ đồ cách điệu thể hiện các bộ phận của thiết bị PV ví dụ theo một số phương án của sáng chế.

FIG. 8 là sơ đồ cách điệu thể hiện các bộ phận của thiết bị PV ví dụ theo một số phương án của sáng chế.

FIG. 9 là sơ đồ cách điệu thể hiện các bộ phận của thiết bị PV ví dụ theo một số phương án của sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Việc cải tiến các khía cạnh khác nhau của kỹ thuật PV phù hợp với các PV hữu cơ, vô cơ, và/hoặc lai hứa hẹn tiếp tục giảm chi phí của cả thiết bị OPV và các PV khác. Ví dụ, một số pin mặt trời, như pin mặt trời sử dụng chất màu nhạy sáng ở trạng thái rắn (solid-state dye-sensitized solar cell), có thể có ưu điểm về hiệu quả chi phí tốt và thành phần thay thế có sự ổn định cao, như vật liệu truyền điện tích ở trạng thái rắn (hoặc, thông thường là “chất điện phân ở trạng thái rắn”). Ngoài ra, các loại pin mặt trời khác nhau có thể thuận lợi bao gồm vật liệu xen giữa hai bề mặt và vật liệu khác

có thể, trong số các ưu điểm khác, có hiệu quả chi phí hơn và bền hơn so với các vật liệu thông thường hiện đang được sử dụng.

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

Các ví dụ về các vật liệu này có thể bao gồm, ví dụ, vật liệu truyền lỗ trống, và/hoặc vật liệu có thể thích hợp để dùng làm, ví dụ, lớp bề mặt chung, chất màu, và/hoặc các chi tiết khác của thiết bị PV. Các hợp chất này có thể được sử dụng trong nhiều loại thiết bị PV, như pin chuyển tiếp dị thể (ví dụ, lớp kẹp và khối), pin lai (ví dụ, pin hữu cơ với $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$, các sợi nano ZnO hoặc chấm lượng tử PbS), và DSSC (dye-sensitized solar cell: pin mặt trời sử dụng chất màu nhạy sáng). DSSC tồn tại ở ba dạng: chất điện phân trên cơ sở dung môi, chất điện phân lỏng ion, và vật liệu truyền lỗ trống ở trạng thái rắn (hoặc DSSC trạng thái rắn, tức là, SS-DSSC (solid-state dye-sensitized solar cell)). Cấu trúc SS-DSSC theo một số phương án có thể về cơ bản không bao gồm chất điện phân, đúng hơn là bao gồm vật liệu truyền lỗ trống như spiro-OMeTAD, CsSnI_3 , và các vật liệu hoạt tính khác.

[0001] Một số hoặc tất cả vật liệu theo một số phương án của sáng chế cũng có thể thuận lợi được sử dụng trong thiết bị điện tử hữu cơ bất kỳ hoặc thiết bị điện tử khác, với một số ví dụ bao gồm, nhưng không bị giới hạn ở: bộ pin, tranzito hiệu ứng trường (FET: field-effect transistor), diot phát quang (LED: light-emitting diode), dụng cụ quang phi tuyến, điện trở nhớ, tụ điện, máy chỉnh lưu, và/hoặc ăng-ten chỉnh lưu.

Theo một số phương án, sáng chế có thể tạo ra thiết bị PV và các thiết bị tương tự (ví dụ, bộ pin, bộ pin PV lai, PV đa tiếp giáp, FET, LED v.v.). Các thiết bị này theo một số phương án có thể bao gồm vật liệu có hoạt tính được cải tiến, lớp bề mặt chung, và/hoặc một hoặc nhiều vật liệu perovskit. Vật liệu perovskit có thể được kết hợp vào trong nhiều loại của một hoặc nhiều khía cạnh của thiết bị PV hoặc thiết bị khác. Vật liệu perovskit theo một số phương án có thể có công thức chung CMX_3 , trong đó: C bao gồm một hoặc nhiều cation (ví dụ, amin, amoni, kim loại nhóm 1, kim loại nhóm 2, và/hoặc các cation hoặc hợp chất giống cation khác); M bao gồm một

hoặc nhiều kim loại (các 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.

Pin quang điện và các thiết bị điện tử khác

Một số phương án PV có thể được mô tả bằng cách tham khảo các bản mô tả minh họa khác nhau của pin mặt trời như được thể hiện trên các FIG. 1, 3, 4, và 5. Ví dụ, kết cấu PV được lấy làm ví dụ theo một số phương án có thể về cơ bản có dạng lớp nền-anot-IFL-lớp hoạt hóa-IFL-catot (Interfacial Layer: lớp bề mặt chung). Lớp hoạt hóa của một số phương án có thể là lớp quang hoạt, và/hoặc nó có thể bao gồm vật liệu quang hoạt. Các lớp và các vật liệu khác có thể được sử dụng trong pin là đã biết trong lĩnh vực này. Hơn nữa, lưu ý rằng việc sử dụng thuật ngữ “lớp hoạt hóa” không có nghĩa là giới hạn hoặc định nghĩa, một cách rõ ràng hoặc ngụ ý, các tính chất của bất kỳ lớp khác — ví dụ, theo một số phương án, một trong hai hoặc cả hai IFL đều có thể là lớp hoạt hóa miễn là chúng có thể là có tính chất bán dẫn. Cụ thể, tham khảo FIG. 4, pin PV tổng quát được cách điệu 2610 được minh họa, minh họa bản chất xen giữa hai bề mặt lớn của một số lớp bên trong PV. PV 2610 là kết cấu chung có thể áp dụng cho một vài thiết bị PV, như các phương án DSSC PV. Pin PV 2610 bao gồm lớp trong suốt 2612 làm bằng thủy tinh (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 lớp nền (ví dụ, như lớp nền 1507 của FIG. 1), và nó có thể bao gồm một hoặc nhiều loại vật liệu cứng hoặc mềm dẻo như: thủy tinh, polyetylen, PET, Kapton, thạch anh, lá nhôm, lá vàng, hoặc thép. Lớp quang hoạt 2616 bao gồm chất cho electron hoặc vật liệu loại p 2618 và chất nhận electron hoặc vật liệu loại n 2620. Lớp hoạt hóa hoặc, như được minh họa 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 (tin-doped indium oxide: indi oxit được pha thiếc). Như đã lưu ý ở trên, lớp hoạt hóa của một số phương án không nhất thiết phải có tính quang hoạt, mặc dù trong thiết bị được thể hiện trên FIG. 4, lớp này là lớp quang hoạt. Lớp điện cực 2624 được chế tạo từ vật liệu nhôm. Các vật liệu khác có thể được sử dụng như đã được biết trong lĩnh vực này. Pin 2610 cũng bao gồm lớp bề mặt chung (IFL) 2626, được thể hiện trên ví dụ của FIG. 4 là vật liệu PEDOT:PSS. IFL có thể hỗ trợ quá trình 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 ghép (SAM) hoặc là màng mỏng. Theo các phương án khác, IFL 2626 có thể bao gồm lớp kép dưới dạng lớp phủ mỏng, được đề cập chi tiết hơn dưới đây. Chúng cũng có thể là IFL 2627 trên phía catot bằng nhôm của thiết bị. Theo một số phương án, IFL 2627 trên phía catot bằng nhôm của thiết bị cũng có thể hoặc thay vì bao gồm hợp chất hữu cơ quang hoạt theo sáng chế là lớp đơn tự lắp ghép (SAM) hoặc là màng mỏng. Theo các phương án khác, IFL 2627 trên phía catot bằng nhôm của thiết bị cũng có thể hoặc thay vì bao gồm lớp kép dưới dạng lớp phủ mỏng (một lần nữa được đề cập chi tiết hơn dưới đây). IFL theo một số phương án có thể là có tính bán dẫn, và có thể là loại p hoặc loại n. Theo một số phương án, IFL ở phía catot của thiết bị (ví dụ, IFL 2627 như được thể hiện trên FIG. 4) có thể là loại p, và IFL ở phía anot của thiết bị (ví dụ, IFL 2626 như được thể hiện trên FIG. 4) có thể là loại n. Theo các phương án khác, tuy nhiên, IFL phía catot có thể là loại n và IFL phía anot có thể là p. Pin 2610 được gắn với chì 2630 và bộ phận phóng điện 2632, như bộ pin.

Theo một phương án khác có thể được mô tả bằng cách tham khảo FIG. 3, minh họa bản thiết kế thiết bị BHJ cách điệu, và bao gồm: nền bằng thủy tinh 2401; điện cực ITO (indium oxit được pha thiếc) 2402; lớp bề mặt chung (IFL: interfacial layer) 2403; lớp quang hoạt 2404; và catot LiF/Al 2405. Vật liệu của cấu trúc BHJ chỉ nhằm mục đích ví dụ; bất kỳ cấu trúc BHJ khác đã biết trong lĩnh vực 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 lớp quang hoạt 2616 của thiết bị của FIG. 4 có thể bao gồm.

FIG. 1 là hình minh họa đã rút gọn của DSSC PV theo một số phương án, được nêu chỉ nhằm mục đích minh họa việc lắp ráp của các PV ví dụ này. DSSC ví dụ như được thể hiện trên FIG. 1 có thể được hiểu theo như sau: lớp điện cực 1506 (được thể hiện là oxit thiếc được pha flo, FTO: fluorine-doped tin oxide) được lắng đọng trên lớp nền 1507 (được thể hiện là thủy tinh). Lớp lỗ xốp 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 (từ trước đến nay bao gồm lớp nền 1507, lớp điện cực 1506, và lớp lỗ xốp 1505) được ngâm trong dung môi (không được thể hiện) và chất màu 1504. Bước này cho phép chất màu 1504 được liên kết với bề mặt của ML. Một điện cực đối riêng được chế tạo bao gồm lớp nền 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 đối được kết hợp, kẹp vào giữa các lớp khác nhau 1502 - 1506 giữa hai lớp nền 1501 và 1507 như được thể hiện trên FIG. 1, và cho phép các lớp điện cực 1502 và 1506 được sử dụng tương ứng làm catot và anot. Lớp chất điện phân 1503 được lắng đọng trực tiếp lên trên điện cực quang hoàn chỉnh sau lớp chất màu 1504 hoặc qua lỗ trong thiết bị, thông thường lỗ được khoan trước bằng cách phun cát trong nền điện cực đối 1501. Pin cũng có thể được gắn với chì và bộ phận phóng điện, như bộ pin (không được thể hiện). Lớp nền 1507 và lớp điện cực 1506, và/hoặc lớp nền 1501 và lớp điện cực 1502 nên đủ trong suốt để cho phép bức xạ mặt trời đi qua chất màu quang hoạt 1504. Theo một số phương án, điện cực đối và/hoặc điện cực quang có thể là cứng, trong khi một trong hai điện cực hoặc cả hai điện cực đều mềm dẻo. Lớp nền của các phương án khác nhau có thể bao gồm bất kỳ trong số một hoặc nhiều vật liệu: thủy tinh, polyetylen, PET, Kapton, thạch anh, lá nhôm, lá vàng, và thép. Theo các phương án nhất định, DSSC có thể còn bao gồm lớp thu nhận ánh sáng 1601, như được thể hiện trên FIG. 2, để phân tán ánh sáng tới để tăng chiều dài đường đi của ánh sáng qua lớp quang hoạt của thiết bị (nhờ đó làm tăng khả năng ánh sáng được hấp thụ trong lớp quang hoạt).

Theo các phương án khác, sáng chế đề cập đến DSSC trạng thái rắn. DSSC trạng thái rắn theo một số phương án có thể có ưu điểm như không gặp phải các vấn đề về rò rỉ và/hoặc ăn mòn mà có thể ảnh hưởng đến DSSC bao gồm chất điện phân lỏng. Hơn nữa, phần tử mang điện tích trạng thái rắn có thể tạo ra tính chất vật lý của thiết bị nhanh hơn (ví dụ, truyền điện tích nhanh hơn). Ngoài ra, chất điện phân trạng thái rắn có thể, theo một số phương án, có tính quang hoạt và vì thế góp phần tạo ra điện từ thiết bị DSSC trạng thái rắn.

Một số ví dụ về DSSC trạng thái rắn có thể được mô tả bằng cách tham khảo FIG. 5, là sơ đồ cách điệu của DSSC trạng thái rắn điển hình. Như với pin mặt trời được lấy làm ví dụ được mô tả trong, ví dụ, FIG. 4, lớp hoạt hóa bao gồm vật liệu có hoạt tính thứ nhất và thứ hai (ví dụ, dẫn điện và/hoặc bán dẫn) (2810 và 2815, tương ứng) được kẹp giữa các điện cực 2805 và 2820 (được thể hiện trên FIG. 5 tương ứng là Pt/FTO và FTO). Trong phương án được thể hiện trên FIG. 5, vật liệu có hoạt tính thứ nhất 2810 là vật liệu loại p có hoạt tính, và bao gồm chất điện phân trạng thái rắn. Theo các phương án nhất định, vật liệu có hoạt tính thứ nhất 2810 có thể bao gồm vật liệu hữu cơ như spiro-OMeTAD và/hoặc poly(3-hexylthiophen), phức hợp vô cơ hai

thành phần, ba thành phần, bốn thành phần, hoặc nhiều thành phần hơn, vật liệu bán dẫn dạng rắn bất kỳ, hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng. Theo một số phương án, ngoài ra vật liệu có hoạt tính thứ nhất có thể hoặc thay vì bao gồm oxit và/hoặc sulfua, và/hoặc selenua, và/hoặc iodua (ví dụ, CsSnI_3). Vì thế, ví dụ, vật liệu có hoạt tính thứ nhất của một số phương án có thể bao gồm vật liệu loại p ở trạng thái rắn, có thể bao gồm đồng indi sulfua, và theo một số phương án, nó có thể bao gồm đồng indi gali selenua. Vật liệu có hoạt tính thứ hai 2815 được thể hiện trên FIG. 5 là vật liệu có hoạt tính loại n và bao gồm TiO_2 được phủ bằng chất màu. Theo một số phương án, vật liệu có hoạt tính thứ hai có thể tương tự bao gồm vật liệu hữu cơ như spiro-OMeTAD, phức hợp vô cơ hai thành phần, ba thành phần, bốn thành phần, hoặc nhiều thành phần hơn, hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng. Theo một số phương án, vật liệu có hoạt tính thứ hai có thể bao gồm oxit như nhôm oxit, và/hoặc có thể bao gồm sulfua, và/hoặc có thể bao gồm selenua. Vì thế, theo một số phương án, vật liệu có hoạt tính thứ hai có thể bao gồm đồng indi sulfua, và theo một số phương án, có thể bao gồm đồng indi gali selenua kim loại. Vật liệu có hoạt tính thứ hai 2815 của một số phương án có thể bao gồm lớp lỗ xốp. Hơn nữa, ngoài đặc điểm là vật liệu có hoạt tính, một trong hai hoặc cả hai vật liệu có hoạt tính thứ nhất và thứ hai 2810 và 2815 có thể là vật liệu quang hoạt. Theo các phương án khác (không được thể hiện trên FIG. 5), vật liệu có hoạt tính thứ hai có thể bao gồm chất điện phân rắn. Ngoài ra, trong các phương án khi một trong hai vật liệu có hoạt tính thứ nhất và thứ hai 2810 và 2815 bao gồm chất điện phân rắn, thiết bị PV có thể không bao gồm lượng hữu hiệu của chất điện phân lỏng. Mặc dù được thể hiện và được nêu trên FIG. 5 là loại p, nhưng lớp trạng thái rắn (ví dụ, vật liệu có hoạt tính thứ nhất bao gồm chất điện phân rắn) theo một số phương án có thể thay vào đó là lớp bán dẫn loại n. Theo các phương án này, sau đó, vật liệu có hoạt tính thứ hai (ví dụ, TiO_2 (hoặc vật liệu mao quản trung bình khác) như được thể hiện trên FIG. 5) được phủ bằng chất màu có thể là vật liệu bán dẫn loại p (trái ngược với vật liệu bán dẫn loại n được thể hiện trên, và được đề cập đến trên FIG. 5).

Các lớp nền 2801 và 2825 (đều được thể hiện trên FIG. 5 là thủy tinh) tạo ra các lớp trên cùng bên ngoài và lớp đáy tương ứng của pin tương tự trên FIG. 5. Các lớp này có thể bao gồm vật liệu bất kỳ có độ trong suốt thích hợp cho phép bức xạ mặt trời đi đến lớp hoạt hóa và/hoặc lớp quang hoạt bao gồm chất màu, vật liệu có hoạt tính và/hoặc vật liệu quang hoạt thứ nhất và thứ hai 2810 và 2815, như thủy tinh,

polyetylen, PET, Kapton, thạch anh, lá nhôm, lá vàng, và/hoặc thép. Hơn nữa, trong phương án được thể hiện trên FIG. 5, điện cực 2805 (được thể hiện là Pt/FTO) là catot, và điện cực 2820 là anot. Như với pin mặt trời tương tự được mô tả trên FIG. 4, bức xạ mặt trời đi qua lớp nền 2825 và điện cực 2820 vào trong lớp hoạt hóa, sau đó ít nhất một phần của bức xạ mặt trời được hấp thụ sao cho tạo ra một hoặc nhiều exciton để có thể phát điện.

DSSC trạng thái rắn theo một số phương án có thể được hiểu theo cách về cơ bản tương tự với DSSC được mô tả ở trên với DSSC được mô tả như được cách điệu trên FIG. 1. Trong phương án được thể hiện trên FIG. 5, vật liệu có hoạt tính loại p 2810 tương ứng với chất điện phân 1503 trên FIG. 1; vật liệu có hoạt tính loại n 2815 tương ứng với cả hai chất màu 1504 và 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 nền 2801 và 2825 lần lượt tương ứng với các lớp nền 1501 và 1507.

Các phương án khác nhau của sáng chế đề cập đến vật liệu và/hoặc thiết kế được cải tiến ở các khía cạnh khác nhau của pin mặt trời và các thiết bị khác, bao gồm trong số các đặc điểm khác, vật liệu có hoạt tính (bao gồm lớp truyền lỗ trống và/hoặc truyền electron), lớp bề mặt chung, và thiết kế tổng quát của thiết bị.

Lớp bề mặt chung

Sáng chế theo một số phương án đề cập đến vật liệu và thiết kế có lợi của một hoặc nhiều lớp bề mặt chung trong PV, bao gồm IFL dưới dạng lớp phủ mỏng. IFL dưới dạng lớp phủ mỏng có thể được sử dụng trong một hoặc nhiều IFL của PV theo các phương án khác nhau được đề cập trong bản mô tả này.

Thứ nhất, như đã lưu ý ở trên, 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 của sáng chế như lớp đơn tự lắp ghép (SAM: self-assembled monolayer) hoặc là màng mỏng. Khi hợp chất hữu cơ quang hoạt của sáng chế được áp dụng là SAM, hợp chất này có thể bao gồm nhóm liên kết thông qua việc nó được liên kết cộng hóa trị hoặc được liên kết theo cách khác với bề mặt của một trong hai hoặc cả hai anot và catot. Nhóm liên kết của một số phương án có thể bao gồm bất kỳ một hoặc nhiều hợp chất trong số COOH, SiX₃ (trong đó X có thể là gốc bất kỳ thích hợp để tạo ra hợp chất silic bậc ba, như Si(OR)₃ và SiCl₃), SO₃, PO₄H, OH, CH₂X (trong

đó X có thể bao gồm halogenua nhóm 17), và O. Nhóm liên kết có thể là được liên kết cộng hóa trị hoặc được liên kết theo cách khác với gốc rút electron, gốc cho electron, và/hoặc gốc lõi. Nhóm liên kết có thể được gắn với bề mặt điện cực theo cách để tạo thành lớp định hướng, được sắp xếp của phân tử đơn (hoặc, theo một số phương án, nhiều phân tử) về độ dày (ví dụ, trong đó nhiều hợp chất hữu cơ quang hoạt được liên kết với anot và/hoặc catot). Như đã lưu ý, SAM có thể được gắn thông qua sự tương tác cộng hóa trị, nhưng theo một số phương án nó có thể được gắn thông qua tương tác ion, liên kết hydro, và/hoặc lực phân tán (tức là, Van Der Waals). Hơn nữa, theo các phương án nhất định, khi được tiếp xúc với ánh sáng, SAM có thể chuyển sang trạng thái được kích thích ion lưỡng tính, nhờ đó tạo ra IFL phân cực mạnh, mà có thể định hướng phân tử mang điện tích từ lớp hoạt hóa vào trong điện cực (ví dụ, anot hoặc catot). Theo một số phương án, việc bơm phân tử mang điện tích được tăng cường này có thể được thực hiện bằng cách tạo cực điện cho tiết diện của lớp hoạt hóa và vì thế làm tăng vận tốc trôi của phân tử mang điện tích đến điện cực tương ứng của chúng (ví dụ, lỗ trống đến anot; electron đến catot). Phân tử để sử dụng làm anot của một số phương án có thể bao gồm hợp chất điều hướng được bao gồm gốc cho electron chính được liên kết với gốc lõi, mà lần lượt được liên kết với gốc rút electron, mà lần lượt được liên kết với nhóm liên kết. Để làm catot theo một số phương án, phân tử IFL có thể bao gồm hợp chất điều hướng được bao gồm gốc nghèo electron được liên kết với gốc lõi, mà lần lượt được liên kết với gốc cho electron, mà lần lượt được liên kết với nhóm liên kết. Khi hợp chất hữu cơ quang hoạt được dùng làm IFL theo các phương án này, nó có thể giữ lại được đặc tính quang hoạt, mặc dù theo một số phương án hợp chất này không nhất thiết có tính 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 mỏng xen giữa hai bề mặt (“lớp bề mặt chung dạng lớp phủ mỏng” hoặc “IFL dưới dạng lớp phủ mỏng”) được phủ lên trên ít nhất một phần của vật liệu có hoạt tính thứ nhất hoặc thứ hai của các phương án này (ví dụ, vật liệu có hoạt tính thứ nhất hoặc thứ hai 2810 hoặc 2815 như được thể hiện trên FIG. 5). Và, lần lượt, ít nhất một phần của IFL dưới dạng lớp phủ mỏng có thể được phủ bằng chất màu. IFL dưới dạng lớp phủ mỏng có thể là một trong hai loại n- hoặc p-; theo một số phương án, nó có thể là cùng loại như các vật liệu dưới đây (ví dụ, TiO_2 hoặc vật liệu mao quản trung bình khác, như TiO_2 của vật liệu có hoạt tính thứ hai 2815). Vật liệu

có hoạt tính thứ hai có thể bao gồm TiO_2 được phủ bằng IFL dưới dạng lớp phủ mỏng bao gồm nhôm oxit (ví dụ, Al_2O_3) (không được thể hiện trên FIG. 5), mà lần lượt được phủ bằng chất màu. Trong bản mô tả này, khi nói đến TiO_2 và/hoặc titan oxit không được dự định để giới hạn tỷ lệ của thiếc và oxit trong các hợp chất thiếc-oxit được mô tả trong bản mô tả này. Đó là, hợp chất titan oxit có thể bao gồm titan ở trạng thái oxy hóa bất kỳ trong số một hoặc nhiều trạng thái oxy hóa khác nhau của nó (ví dụ, titan I, titan II, titan III, titan IV), và vì thế các phương án khác nhau có thể bao gồm hệ số tỷ lệ lượng và/hoặc lượng không hệ số tỷ lệ lượng của titan và oxit. Vì thế, các phương án khác nhau có thể bao gồm (thay vì hoặc ngoài TiO_2) Ti_xO_y , khi x có thể là giá trị bất kỳ, số nguyên hoặc không là số nguyên, nằm trong khoảng từ 1 đến 100. Theo một số phương án, x có thể nằm trong khoảng từ 0,5 đến 3. Tương tự, y có thể nằm trong khoảng từ 1,5 đến 4 (và một lần nữa không nhất thiết là số nguyên). Vì thế, một số phương án có thể bao gồm, ví dụ, TiO_2 và/hoặc Ti_2O_3 . Ngoài ra, titan oxit trong tỷ lệ hoặc tổ hợp của các tỷ lệ bất kỳ giữa titan và oxit có thể có một hoặc nhiều cấu trúc tinh thể bất kỳ theo một số phương án, bao gồm một hoặc nhiều dạng bất kỳ trong số anatasa, rutil, và vô định hình.

Các oxit kim loại tương tự khác để sử dụng trong IFL dưới dạng lớp phủ mỏng của một số phương án có thể bao gồm oxit kim loại có tính 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 tương tự trong đó vật liệu thứ hai (ví dụ, loại n) có hoạt tính bao gồm TiO_2 được phủ bằng IFL dưới dạng lớp phủ mỏng bao gồm Al_2O_3 có thể được tạo thành, ví dụ, với vật liệu tiền chất như $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$, hoặc bất kỳ vật liệu khác thích hợp để mạ Al_2O_3 lên trên TiO_2 , sau khi được tôi bằng nhiệt và phủ chất màu. Theo các phương án ví dụ trong đó lớp phủ MoO_3 thay vì được sử dụng, lớp phủ có thể được tạo thành bằng vật liệu tiền chất 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 chất như NaVO_3 ; và lớp phủ WO_3 theo một số phương án có thể được tạo thành bằng vật liệu tiền chất như $\text{NaWO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Nồng độ của vật liệu tiền chất (ví dụ, $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$) có thể ảnh hưởng đến độ dày cuối cùng của màng (ở đây, của Al_2O_3) được mạ lên TiO_2 hoặc vật liệu khác có hoạt tính. Vì thế, việc thay đổi nồng độ của vật liệu tiền chất có thể là phương pháp nhờ đó độ dày cuối cùng của màng có thể được kiểm soát. Ví dụ, độ dày màng lớn hơn có thể là do nồng độ vật liệu tiền chất lớn hơn. Độ dày màng lớn hơn có thể không nhất thiết dẫn đến PCE lớn hơn trong thiết bị

PV bao gồm lớp phủ kim loại oxit. Vì thế, phương pháp của một số phương án có thể bao gồm bước phủ lớp TiO_2 (hoặc vật liệu mao quản trung bình khác) bằng cách sử dụng vật liệu tiền chất có nồng độ nằm trong khoảng từ khoảng 0,5 đến 10,0 mM; các phương án khác có thể bao gồm bước phủ lớp bằng vật liệu tiền chất có nồng độ nằm trong khoảng từ khoảng 2,0 đến 6,0 mM; hoặc, theo các phương án khác, từ xấp xỉ 2,5 đến 5,5 mM.

Hơn nữa, mặc dù trong bản mô tả này đề cập đến Al_2O_3 và/hoặc nhôm oxit, lưu ý rằng các tỷ lệ khác nhau của nhôm oxit và oxy có thể được sử dụng để tạo nhôm oxit. Vì thế, mặc dù một số phương án được đề cập trong bản mô tả này được mô tả đề cập đến Al_2O_3 , thì việc mô tả này không được dự định để xác định tỷ lệ yêu cầu của nhôm và oxy. Đúng hơn là, các phương án có thể bao gồm bất kỳ trong số một hoặc nhiều hợp chất nhôm-oxit, mỗi hợp chất có tỷ lệ nhôm oxit theo Al_xO_y , trong đó x có thể là giá trị bất kỳ, số nguyên hoặc không là số nguyên, nằm trong khoảng từ 1 đến 100. Theo một số phương án, x có thể nằm trong khoảng từ 1 đến 3 (và, một lần nữa không nhất thiết là số nguyên). Tương tự, y có thể là giá trị bất kỳ, số nguyên hoặc không là số nguyên, nằm trong khoảng từ 0,1 đến 100. Theo một số phương án, y có thể nằm trong khoảng từ 2 đến 4 (và, một lần nữa, không nhất thiết là số nguyên). Ngoài ra, các dạng tinh thể khác nhau của Al_xO_y có thể được thể hiện trong các phương án khác nhau, như các dạng alpha, gamma, và/hoặc vô định hình của nhôm oxit.

Tương tự, mặc dù trong bản mô tả này đề cập đến MoO_3 , WO_3 , và V_2O_5 , các hợp chất này có thể được thay thế hoặc còn được biểu diễn là Mo_xO_y , W_xO_y , và V_xO_y , tương ứng. Liên quan đến mỗi hợp chất trong số Mo_xO_y và W_xO_y , x có thể là giá trị bất kỳ, số nguyên hoặc không là số nguyên, nằm trong khoảng từ 0,5 đến 100; theo một số phương án, nó có thể nằm trong khoảng từ 0,5 đến 1,5. Tương tự, y có thể là giá trị bất kỳ, số nguyên hoặc không là số nguyên, nằm trong khoảng từ 1 đến 100. Theo một số phương án, y có thể là giá trị bất kỳ nằm trong khoảng từ 1 đến 4. Liên quan đến V_xO_y , x có thể là giá trị bất kỳ, số nguyên hoặc không là số nguyên, nằm trong khoảng từ 0,5 đến 100; theo một số phương án, nó có thể nằm trong khoảng từ 0,5 đến 1,5. Tương tự, y có thể là giá trị bất kỳ, số nguyên hoặc không là số nguyên, nằm trong khoảng từ 1 đến 100; theo các phương án nhất định, nó có thể là giá trị số nguyên hoặc không là số nguyên nằm trong khoảng từ 1 đến 10.

Tương tự, trong một số các phương án tương tự trong bản mô tả này khi nói đến CsSnI_3 không được dự định để giới hạn tỷ lệ của các nguyên tố thành phần trong các hợp chất xesi-thiếc-iot theo các phương án khác nhau. Một số phương án có thể bao gồm lượng hệ số tỷ lệ và/hoặc phi hệ số tỷ lệ của thiếc và iotua, và vì thế các phương án có thể được thay thế hoặc ngoài ra bao gồm các tỷ lệ khác nhau của xesi, thiếc, và iot, như bất kỳ trong số một hoặc nhiều hợp chất xesi-thiếc-iot, mỗi hợp chất có tỷ lệ là $\text{Cs}_x\text{Sn}_y\text{I}_z$. Theo các phương án này, x có thể là giá trị bất kỳ, số nguyên hoặc không là số nguyên, nằm trong khoảng từ 0,1 đến 100. Theo một số phương án, x có thể nằm trong khoảng từ 0,5 đến 1,5 (và, một lần nữa không nhất thiết là số nguyên). Tương tự, y có thể là giá trị bất kỳ, số nguyên hoặc không là số nguyên, nằm trong khoảng từ 0,1 đến 100. Theo một số phương án, y có thể nằm trong khoảng từ 0,5 đến 1,5 (và, một lần nữa, không nhất thiết là số nguyên). Tương tự, z có thể là giá trị bất kỳ, số nguyên hoặc không là số nguyên, nằm trong khoảng từ 0,1 đến 100. Theo một số phương án, z có thể nằm trong khoảng từ 2,5 đến 3,5. Ngoài ra CsSnI_3 có thể được pha hoặc trộn với vật liệu khác, như SnF_2 , với tỷ lệ của $\text{CsSnI}_3:\text{SnF}_2$ nằm trong khoảng từ 0,1:1 đến 100:1, bao gồm tất cả các giá trị (số nguyên và không nguyên) trong khoảng này.

Ngoài ra, IFL dưới dạng lớp phủ mỏng có thể bao gồm lớp kép. Vì thế, trở lại ví dụ trong đó IFL dưới dạng lớp phủ mỏng bao gồm oxit kim loại (như nhôm oxit), IFL dưới dạng lớp phủ mỏng có thể bao gồm TiO_2 -cộng oxit kim loại. IFL dưới dạng lớp phủ mỏng như vậy có thể có khả năng lớn hơn trong việc chống lại việc tái kết hợp điện tích so với TiO_2 mao quản trung bình hoặc chỉ mình vật liệu khác có hoạt tính. Hơn nữa, để tạo ra lớp TiO_2 , lớp phủ TiO_2 thứ hai thường cần để tạo ra sự kết nối vật lý thích hợp của các phần tử TiO_2 , theo một số phương án của sáng chế. Việc phủ lớp kép IFL dưới dạng lớp phủ mỏng lên trên TiO_2 mao quản trung bình (hoặc vật liệu mao quản trung bình có hoạt tính) có thể bao gồm tổ hợp phủ bằng cách sử dụng hợp chất bao gồm cả oxit kim loại và TiCl_4 , thu được lớp kép IFL dưới dạng lớp phủ mỏng bao gồm tổ hợp của oxit kim loại và lớp phủ TiO_2 thứ hai, mà có thể tạo ra sự cải thiện về tính năng so với việc sử dụng chỉ mình vật liệu.

IFL dưới dạng lớp phủ mỏng và phương pháp phủ chúng lên trên TiO_2 được đề cập ở trên, theo một số phương án, có thể được sử dụng trong DSSC bao gồm chất điện phân lỏng. Vì thế, trở lại ví dụ của IFL dưới dạng lớp phủ mỏng và quay lại FIG.

1 như một ví dụ, DSSC trên FIG. 1 có thể còn bao gồm IFL dưới dạng lớp phủ mỏng như được mô tả ở trên được phủ lên trên lớp lỗ xốp 1505 (như vậy, IFL dưới dạng lớp phủ mỏng có thể được chèn vào giữa lớp lỗ xốp 1505 và chất màu 1504).

Theo một số phương án, IFL dưới dạng lớp phủ mỏng được đề cập ở trên trong phạm vi của DSSC có thể được sử dụng trong lớp bề mặt chung bất kỳ của thiết bị bán dẫn như PV (ví dụ, PV lai hoặc PV khác), tranzito hiệu ứng trường, điốt phát quang, thiết bị quang phi tuyến, điện trở nhớ, bộ tụ điện, bộ chỉnh lưu, ăng-ten chỉnh lưu, v.v.. Hơn nữa, IFL dưới dạng lớp phủ mỏng theo một số phương án có thể được sử dụng trong bất kỳ trong số các thiết bị khác nhau kết hợp với các hợp chất khác được nêu trong sáng chế, bao gồm nhưng không bị giới hạn ở bất kỳ trong số một hoặc nhiều các phương án khác nhau sau đây của sáng chế: vật liệu truyền lỗ trống dạng rắn như vật liệu có hoạt tính và chất phụ gia (như, theo một số phương án, axit chenodeoxycholic hoặc 1,8-diiodooctan).

Chất phụ gia

Như đã lưu ý ở trên, PV và thiết bị khác theo một số phương án có thể bao gồm chất phụ gia (mà có thể là, ví dụ, bất kỳ trong số một hoặc nhiều axit axetic, axit propanoic, axit trifloaxetic, axit chenodeoxycholic, axit deoxycholic, 1,8-diiodooctan, và 1,8-dithiooctan). Các chất phụ gia này có thể được sử dụng làm chất xử lý trước trực tiếp trước khi làm ướt chất màu hoặc được trộn trong các tỷ lệ khác nhau với chất màu để tạo thành dung dịch ngâm. Các chất phụ gia này trong một số trường hợp có thể có vai trò, ví dụ, để tăng độ tan của chất màu, ngăn chặn phân tử chất màu kết cụm, bằng cách phong bế các vị trí hoạt tính mở, và bằng cách cảm ứng việc sắp thứ tự của phân tử trong số các phân tử chất màu. Chúng có thể được sử dụng với chất màu thích hợp bất kỳ, bao gồm hợp chất quang hoạt theo các phương án khác nhau của sáng chế như được đề cập trong bản mô tả này.

Vật liệu perovskit

Vật liệu perovskit có thể được kết hợp vào trong các khía cạnh khác nhau của một hoặc nhiều khía cạnh của thiết bị PV hoặc thiết bị khác. Vật liệu perovskit theo một số phương án có thể có công thức chung CMX_3 , trong đó: C bao gồm một hoặc nhiều cation (ví dụ, amin, amoni, kim loại nhóm 1, kim loại nhóm 2, và/hoặc các cation hoặc hợp chất giống cation khác); M bao gồm một hoặc nhiều kim loại (ví dụ

bao gồm Fe, Co, Ni, Cu, Sn, Pb, Bi, Ge, Ti, và Zr); và X bao gồm một hoặc nhiều anion. Theo một số phương án, C có thể bao gồm một hoặc nhiều cation hữu cơ.

Theo các phương án nhất định, C có thể bao gồm amoni, cation hữu cơ có công thức 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 bị giới hạn ở: nhóm metyl, etyl, propyl, butyl, pentyl hoặc chất đồng phân của chúng; alkan, alken, hoặc alkyn C_xH_y bất kỳ, trong đó $x = 1 - 20$, $y = 1 - 42$, chuỗi mạch vòng, mạch nhánh hoặc mạch thẳng; alkyl halogenua, $C_xH_yX_z$, $x = 1 - 20$, $y = 0 - 42$, $z = 1 - 42$, $X = F, Cl, Br$, hoặc I ; nhóm thơm bất kỳ (ví dụ, phenyl, alkylphenyl, alkoxyphenyl, pyridin, naphtalen); phức chất dạng vòng trong đó ít nhất một nitơ được chứa trong vòng (ví dụ, pyridin, pyrol, pyrrolidin, piperidin, tetrahydroquinolin); nhóm chứa lưu huỳnh bất kỳ (ví dụ, sulfoxit, thiol, alkyl sulfua); nhóm chứa nitơ bất kỳ (nitroxit, amin); nhóm chứa phospho bất kỳ (phosphat); nhóm chứa bo bất kỳ (ví dụ, axit boric); axit hữu cơ bất kỳ (ví dụ, axit axetic, axit propanoic); và dẫn xuất este hoặc amit của chúng; axit amin bất kỳ (ví dụ, glyxin, xystein, prolin, axit glutamic, arginin, serin, histindin, axit 5-amonivaleric) bao gồm các dẫn xuất alpha, beta, gamma, và dẫn xuất lớn hơn; nhóm chứa silic bất kỳ (ví dụ, siloxan); và alkoxy hoặc nhóm bất kỳ, $-OC_xH_y$, 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 $[R_2NCHNR_2]^+$ trong đó các nhóm R có thể là các nhóm giống hoặc khác nhau. Các nhóm R thích hợp bao gồm, nhưng không bị giới hạn ở: nhóm hydro, metyl, etyl, propyl, butyl, pentyl hoặc chất đồng phân của chúng; alkan, alken, hoặc alkyn C_xH_y bất kỳ, trong đó $x = 1 - 20$, $y = 1 - 42$, chuỗi mạch vòng, mạch nhánh hoặc mạch thẳng; alkyl halogenua, $C_xH_yX_z$, $x = 1 - 20$, $y = 0 - 42$, $z = 1 - 42$, $X = F, Cl, Br$, hoặc I ; nhóm thơm bất kỳ (ví dụ, phenyl, alkylphenyl, alkoxyphenyl, pyridin, naphtalen); phức chất dạng vòng trong đó ít nhất một nitơ được chứa trong vòng (ví dụ, imidazol, benzimidazol, dihydropyrimidin, (azolidinylidenmetyl)pyrrolidin, triazol); nhóm chứa lưu huỳnh bất kỳ (ví dụ, sulfoxit, thiol, alkyl sulfua); nhóm chứa nitơ bất kỳ (nitroxit, amin); nhóm chứa phospho bất kỳ (phosphat); nhóm chứa bo bất kỳ (ví dụ, axit boric); axit hữu cơ bất kỳ (axit axetic, axit propanoic) và dẫn xuất este hoặc amit của chúng; axit amin bất kỳ (ví dụ, glyxin, xystein, prolin, axit glutamic, arginin, serin, histindin, axit 5-amonivaleric) bao gồm các dẫn xuất alpha, beta,

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

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 hoặc khác nhau. Các nhóm R thích hợp bao gồm, nhưng không bị giới hạn ở: nhóm hydro, metyl, etyl, propyl, butyl, pentyl hoặc chất đồng phân của chúng; alkan, alken, hoặc alkyn C_xHy bất kỳ, trong đó $x = 1 - 20$, $y = 1 - 42$, chuỗi mạch vòng, mạch nhánh hoặc mạch thẳng; alkyl halogenua, C_xHyXz , $x = 1 - 20$, $y = 0 - 42$, $z = 1 - 42$, $X = F, Cl, Br$, hoặc I ; nhóm thơm bất kỳ (ví dụ, phenyl, alkylphenyl, alkoxyphenyl, pyridin, naphtalen); phức chất dạng vòng trong đó ít nhất một nitơ được chứa trong vòng (ví dụ, octahydropyrimido[1,2-a]pyrimidin, pyrimido[1,2-a]pyrimidin, hexahydroimidazo[1,2-a]imidazol, hexahydropyrimidin-2-imin); nhóm chứa lưu huỳnh bất kỳ (ví dụ, sulfoxit, thiol, alkyl sulfua); nhóm chứa nitơ bất kỳ (nitroxit, amin); nhóm chứa phospho bất kỳ (phosphat); nhóm chứa bo bất kỳ (ví dụ, axit boric); axit hữu cơ bất kỳ (axit axetic, axit propanoic) và dẫn xuất este hoặc amit của chúng; axit amin bất kỳ (ví dụ, glyxin, xystein, prolin, axit glutamic, arginin, serin, histindin, axit 5-amonivaleric) bao gồm dẫn xuất alpha, beta, gamma, và dẫn xuất bất kỳ; nhóm chứa silic bất kỳ (ví dụ, siloxan); và alkoxy hoặc nhóm bất kỳ, $-OC_xHy$, trong đó $x = 0 - 20$, $y = 1 - 42$.

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

serin, histindin, axit 5-amonivaleric) bao gồm alpha, dẫn xuất beta, gamma, và dẫn xuất lớn hơn; hợp chất chứa silic bất kỳ (ví dụ, siloxan); và alkoxy hoặc nhóm bất kỳ, -OCxHy, trong đó $x = 0 - 20$, $y = 1 - 42$.

Theo một số phương án, X có thể bao gồm một hoặc nhiều halogenua. Theo các phương án nhất định, X có thể được thay thế hoặc ngoài ra bao gồm anion nhóm 16. Theo các phương án nhất định, anion nhóm 16 có thể là sulfua hoặc selenua. Theo một số phương án, mỗi cation hữu cơ C có thể lớn hơn mỗi kim loại M, và mỗi anion X có thể liên kết với cả cation C và kim loại M. Các ví dụ về vật liệu perovskit theo các phương án khác nhau bao gồm CsSnI_3 (được đề cập trong bản mô tả này) và $\text{Cs}_x\text{Sn}_y\text{I}_z$ (với x, y, và z thay đổi như đã được đề cập ở trên). Các ví dụ khác bao gồm hợp chất có công thức chung CsSnX_3 , trong đó X có thể là bất kỳ trong số một hoặc nhiều chất: I_3 , $\text{I}_{2,95}\text{F}_{0,05}$, I_2Cl ; ICl_2 ; và Cl_3 . Theo các phương án khác, X có thể bao gồm bất kỳ trong số một hoặc nhiều chất I, Cl, F, và Br với lượng sao cho tổng tỷ lệ của X so với Cs và Sn thu được hệ số tỷ lệ tổng quát của CsSnX_3 . Theo một số phương án, hệ số tỷ lệ kết hợp của các nguyên tố tạo thành X theo nguyên tắc tương tự như I_z như đã được đề cập ở trên với $\text{Cs}_x\text{Sn}_y\text{I}_z$. Các ví dụ khác bao gồm các hợp chất có công thức chung RNH_3PbX_3 , trong đó R có thể là $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}$, với n nằm trong khoảng từ 0–10, và X có thể bao gồm một hoặc nhiều nguyên tố trong số F, Cl, Br, và I với lượng sao cho tổng tỷ lệ của X so với cation RNH_3 và kim loại Pb thu được hệ số tỷ lệ tổng quát của RNH_3PbX_3 . Ngoài ra, một số ví dụ cụ thể về R bao gồm H, chuỗi alkyl (ví dụ, CH_3 , CH_3CH_2 , $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2$, và hợp chất tương tự), và axit amin (ví dụ, glyxin, xystein, prolin, axit glutamic, arginin, serin, histindin, axit 5-amonivaleric) bao gồm dẫn xuất alpha, beta, gamma, và dẫn xuất lớn hơn.

Thiết kế tổng hợp của thiết bị làm từ vật liệu perovskit

Theo một số phương án, sáng chế có thể đề cập đến thiết kế tổng hợp của PV và các thiết bị tương tự khác (ví dụ, bộ pin, bộ pin PV lai, FET, LED, v.v.) bao gồm một hoặc nhiều vật liệu perovskit. Ví dụ, một hoặc nhiều vật liệu perovskit có thể sử dụng như một trong hai hoặc cả hai vật liệu có hoạt tính thứ nhất và thứ hai của một số phương án (ví dụ, vật liệu có hoạt tính 2810 và 2815 trên FIG. 5). Trong các thuật ngữ chung hơn, một số phương án của sáng chế đề xuất PV hoặc thiết bị khác có lớp hoạt hóa bao gồm một hoặc nhiều vật liệu perovskit. Theo các phương án này, vật liệu perovskit (tức là, vật liệu bao gồm một hoặc nhiều vật liệu perovskit bất kỳ) có thể

được sử dụng trong lớp hoạt hóa của các kết cấu khác nhau. Hơn nữa, vật liệu perovskit có thể sử dụng các chức năng của bất kỳ trong số một hoặc nhiều thành phần của lớp hoạt hóa (ví dụ, vật liệu truyền điện tích, vật liệu mao quản trung bình, vật liệu quang hoạt, và/hoặc vật liệu xen giữa hai bề mặt, mỗi vật liệu trong số này được đề cập chi tiết hơn dưới đây). Theo một số phương án, vật liệu perovskit giống nhau có thể sử dụng nhiều chức năng như vậy, mặc dù theo các phương án khác, nhiều vật liệu perovskit có thể được bao gồm trong một thiết bị, mỗi vật liệu perovskit có một hoặc nhiều chức năng. Theo các phương án nhất định, bất kỳ vai trò nào của vật liệu perovskit sử dụng, vật liệu này có thể được điều chế và/hoặc có mặt trong thiết bị ở các trạng thái khác nhau. Ví dụ, vật liệu này về cơ bản có thể là chất rắn theo một số phương án. Theo các phương án khác, nó có thể là dung dịch (ví dụ, vật liệu perovskit có thể được hòa tan trong chất lỏng và có mặt trong chất lỏng này ở kiểu phụ ion riêng biệt của nó); hoặc nó có thể là huyền phù (ví dụ, của phân tử vật liệu perovskit). Dung dịch hoặc huyền phù có thể được phủ hoặc được mạ trong thiết bị (ví dụ, trên bộ phận khác của thiết bị như lớp mao quản trung bình, lớp bề mặt chung, lớp truyền điện tích, lớp quang hoạt, hoặc lớp khác, và/hoặc trên điện cực). Vật liệu perovskit theo một số phương án có thể được tạo ra tại chỗ (in situ) trên bề mặt của bộ phận khác của thiết bị (ví dụ, bằng cách mạ hơi thành chất rắn dạng màng mỏng). Phương pháp thích hợp khác bất kỳ để tạo ra lớp chất rắn hoặc lỏng bao gồm vật liệu perovskit có thể được sử dụng.

Nói chung, thiết bị làm từ vật liệu perovskit có thể bao gồm điện cực thứ nhất, điện cực thứ hai, và lớp hoạt hóa bao gồm vật liệu perovskit, lớp hoạt hóa được bố trí ở ít nhất một phần giữa điện cực thứ nhất và thứ hai. Theo một số phương án, điện cực thứ nhất có thể là một trong số anot và catot, và điện cực thứ hai có thể là bộ phận còn lại trong số anot và catot. Lớp hoạt hóa theo các phương án nhất định có thể bao gồm bất kỳ trong số một hoặc nhiều bộ phận lớp hoạt hóa, bao gồm bất kỳ trong số một hoặc nhiều bộ phận: vật liệu truyền điện tích; chất điện phân lỏng; vật liệu mao quản trung bình; vật liệu quang hoạt (ví dụ, chất màu, silic, cadimi telurua, cadimi sulfua, cadimi selenua, đồng indi gali selenua, gali arsenua, germani indi phosphua, polyme bán dẫn, vật liệu quang hoạt khác)); và vật liệu xen giữa hai bề mặt. Bất kỳ trong số một hoặc nhiều bộ phận lớp hoạt hóa này có thể bao gồm một hoặc nhiều vật liệu perovskit. Theo một số phương án, một số hoặc tất cả bộ phận lớp hoạt hóa có thể

được sắp xếp toàn bộ hoặc một phần trong lớp dưới. Ví dụ, lớp hoạt hóa có thể bao gồm bất kỳ trong số một hoặc nhiều lớp: lớp bề mặt chung bao gồm xen giữa hai bề mặt vật liệu; lớp lỗ xốp bao gồm vật liệu mao quản trung bình; và lớp truyền điện tích bao gồm vật liệu truyền điện tích. Theo một số phương án, vật liệu quang hoạt như chất màu có thể được phủ lên, hoặc được bố trí trên, bất kỳ trong số một hoặc nhiều các lớp này. Theo các phương án nhất định, một hoặc nhiều lớp bất kỳ có thể được phủ bằng chất điện phân lỏng. Ngoài ra, lớp bề mặt chung có thể được bao gồm giữa bất kỳ trong số hai hay nhiều lớp khác của lớp hoạt hóa theo một số phương án, và/hoặc giữa một lớp và lớp phủ (như nằm giữa chất màu và lớp lỗ xốp), và/hoặc nằm giữa hai lớp phủ (như giữa chất điện phân lỏng và chất màu), và/hoặc giữa bộ phận lớp hoạt hóa và điện cực. Khi đề cập đến các lớp trong bản mô tả này có thể bao gồm sự sắp xếp cuối cùng (ví dụ, các phần về cơ bản tách rời của mỗi vật liệu có thể xác định riêng biệt trong thiết bị), và/hoặc khi nói đến một lớp có thể có nghĩa là sự sắp xếp trong cấu trúc của của thiết bị, tuy nhiên khả năng trộn lẫn lẫn lượt của (các) vật liệu trong mỗi lớp. Các lớp có thể theo một số phương án rời nhau và bao gồm vật liệu về cơ bản liền kề (ví dụ, các lớp có thể được minh họa cách điệu trên FIG. 1). Theo các phương án khác, các lớp có thể về cơ bản được trộn lẫn (như trong trường hợp của, ví dụ, BHJ, lai, và một số pin DSSC), ví dụ về lớp được thể hiện bằng vật liệu có hoạt tính 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, cũng được thể hiện bằng thiết bị trên FIG. 4, bao gồm các lớp liền kề riêng biệt 2627, 2626, và 2622, ngoài lớp quang hoạt 2616 bao gồm các lớp trộn lẫn của vật liệu có hoạt tính thứ nhất và thứ hai 2618 và 2620. Trong trường hợp bất kỳ, bất kỳ trong số hai hay nhiều lớp của bất kỳ loại nào theo các phương án nhất định có thể được bố trí liền kề nhau (và/hoặc trộn lẫn với nhau) theo cách đạt được điện tích bề mặt tiếp xúc lớn. Theo các phương án nhất định, một lớp bao gồm vật liệu perovskit có thể được bố trí liền kề với một hoặc nhiều các lớp khác sao cho đạt được điện tích bề mặt tiếp xúc lớn (ví dụ, khi vật liệu perovskit biểu hiện độ linh động điện tích thấp). Theo các phương án khác, điện tích bề mặt tiếp xúc lớn có thể không cần thiết (ví dụ, khi vật liệu perovskit biểu hiện độ linh động điện tích cao).

Thiết bị làm từ vật liệu perovskit theo một số phương án có thể tùy ý bao gồm một hoặc nhiều nền. Theo một số phương án, một trong hai hoặc cả hai điện cực thứ

nhất và thứ hai có thể được phủ hoặc được mạ lên trên nền, sao cho điện cực được bố trí về cơ bản nằm giữa nền và lớp hoạt hóa. Vật liệu của chế phẩm của thiết bị (ví dụ, nền, điện cực, lớp hoạt hóa và/hoặc bộ phận lớp hoạt hóa) có thể trong toàn bộ hoặc một phần là cứng hoặc mềm dẻo trong các phương án khác nhau. Theo một số phương án, điện cực có thể hoạt động như nền, nhờ đó không cần phải có nền riêng.

Hơn nữa, thiết bị làm từ vật liệu perovskit theo các phương án nhất định có thể tùy ý bao gồm vật liệu thu nhận ánh sáng (ví dụ, trong lớp thu nhận ánh sáng, như lớp thu nhận ánh sáng 1601 như được minh họa trong PV được lấy làm ví dụ được thể hiện trên FIG. 2). Ngoài ra, thiết bị làm từ vật liệu perovskit có thể bao gồm bất kỳ trong số một hoặc nhiều chất phụ gia, như bất kỳ trong số một hoặc nhiều chất phụ gia đã đề cập ở trên với một số phương án của sáng chế.

Việc mô tả một số các vật liệu khác có thể được bao gồm trong thiết bị làm từ vật liệu perovskit sẽ được thực hiện một phần bằng việc tham khảo FIG. 7. FIG. 7 là sơ đồ cách điệu của thiết bị làm từ vật liệu perovskit 3900 theo một số phương án. Mặc dù các bộ phận khác nhau của thiết bị 3900 được minh họa là các lớp rời nhau bao gồm vật liệu liền kề, nên được hiểu rằng FIG. 7 là sơ đồ cách điệu; vì thế, các phương án theo nó có thể bao gồm các lớp rời nhau, và/hoặc các lớp về cơ bản được trộn lẫn, không liền kề, phù hợp với việc sử dụng “các lớp” được đề cập trong bản mô tả này. Thiết bị 3900 bao gồm nền thứ nhất và thứ hai 3901 và 3913. Điện cực thứ nhất 3902 được bố trí trên bề mặt bên trong của nền thứ nhất 3901, và điện cực thứ hai 3912 được bố trí trên bề mặt bên trong của nền thứ hai 3913. Lớp hoạt hóa 3950 được kẹp giữa hai điện cực 3902 và 3912. Lớp hoạt hóa 3950 bao gồm lớp lỗ xốp 3904; vật liệu quang hoạt thứ nhất và thứ hai 3906 và 3908; lớp truyền điện tích 3910, và một vài lớp bề mặt chung. FIG. 7 hơn nữa minh họa thiết bị tương tự 3900 theo các phương án trong đó các lớp dưới của lớp hoạt hóa 3950 được tách bằng lớp bề mặt chung, và trong đó lớp bề mặt chung được bố trí trên mỗi điện cực 3902 và 3912. Cụ thể, lớp bề mặt chung thứ hai, thứ ba, và thứ tư 3905, 3907, và 3909 được bố trí tương ứng giữa mỗi lớp lỗ xốp 3904, vật liệu quang hoạt thứ nhất 3906, vật liệu quang hoạt thứ hai 3908, và lớp truyền điện tích 3910. Lớp bề mặt chung thứ nhất và thứ năm 3903 và 3911 được bố trí tương ứng giữa (i) điện cực thứ nhất 3902 và lớp lỗ xốp 3904; và (ii) lớp truyền điện tích 3910 và điện cực thứ hai 3912. Vì thế, kết cấu của thiết bị ví dụ được mô tả trên FIG. 7 có thể được đặc trưng là: nền—điện cực—lớp hoạt hóa—điện

cực—nền. Kết cấu của lớp hoạt hóa 3950 có thể được đặc trưng là: lớp bề mặt chung—lớp lỗ xốp—lớp bề mặt chung—vật liệu quang hoạt—lớp bề mặt chung—vật liệu quang hoạt—lớp bề mặt chung—lớp truyền điện tích—lớp bề mặt chung. Như đã nêu trên, theo một số phương án, lớp bề mặt chung không nhất thiết có mặt; hoặc, một hoặc nhiều lớp bề mặt chung có thể chỉ được bao gồm giữa, nhưng không phải toàn bộ, các thành phần của các lớp hoạt hóa và/hoặc các bộ phận của thiết bị.

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

Như đã lưu ý ở trên, điện cực (ví dụ, một trong các điện cực 3902 và 3912 trên FIG. 7) có thể là anot hoặc catot. Theo một số phương án, một điện cực có thể có chức năng như catot, và điện cực còn lại có thể có chức năng như anot. Một trong hai hoặc cả hai các điện cực 3902 và 3912 có thể được nối với chì, dây cáp, dây điện, hoặc các phương tiện khác có thể truyền điện tích đến và/hoặc từ thiết bị 3900. Điện cực có thể bao gồm vật liệu dẫn điện bất kỳ, và ít nhất một điện cực nên là trong suốt hoặc trong mờ với bức xạ EM, và/hoặc được sắp xếp theo cách cho phép bức xạ EM tiếp xúc với ít nhất một phần của lớp hoạt hóa 3950. Vật liệu điện cực thích hợp có thể bao gồm bất kỳ trong số một hoặc nhiều thành phần: indi thiếc oxit hoặc indi oxit được pha thiếc (ITO); oxit thiếc được pha flo (FTO: fluorine doped tin oxide); cadimi oxit (CdO); kẽm indi thiếc oxit (ZITO: zinc indium tin oxide); nhôm kẽm oxit (AZO: aluminum zinc oxide); nhôm (Al); vàng (Au); canxi (Ca); magie (Mg); titan (Ti); thép; cacbon (và dạng thù hình của nó); và tổ hợp của chúng.

Vật liệu mao quản trung bình (ví dụ, vật liệu được bao gồm trong lớp lỗ xốp 3904 trên FIG. 7) có thể bao gồm bất kỳ vật liệu có nhiều lỗ trống rỗng. Theo một số phương án, các lỗ trống có thể có đường kính nằm trong khoảng từ khoảng 1 đến khoảng 100 nm; theo các phương án khác, đường kính lỗ trống có thể nằm trong

khoảng từ khoảng 2 đến khoảng 50 nm. Các vật liệu mao quản trung bình thích hợp bao gồm bất kỳ trong số một hoặc nhiều vật liệu như: vật liệu xen giữa hai bề mặt và/hoặc vật liệu mao quản trung bình được đề cập ở các phần khác trong bản mô tả này; nhôm (Al); bismut (Bi); indi (In); molypden (Mo); niobi (Nb); niken (Ni); silic (Si); titan (Ti); vanadi (V); kẽm (Zn); ziricon (Zr); oxit của một hoặc nhiều kim loại bất kỳ trong số các kim loại nêu trên (ví dụ, nhôm oxit, xeria, titan oxit, kẽm oxit, ziricon oxit, v.v.); sulfua của bất kỳ trong số một hoặc nhiều kim loại nêu trên; nitrua của bất kỳ trong số một hoặc nhiều của các kim loại nêu trên; và tổ hợp của chúng.

Vật liệu quang hoạt (ví dụ, vật liệu quang hoạt thứ nhất hoặc thứ hai 3906 hoặc 3908 trên FIG. 7) có thể bao gồm bất kỳ hợp chất quang hoạt, như hợp chất bất kỳ trong số một hoặc nhiều các hợp chất silic (trong một số trường hợp, silic tinh thể đơn), cadimi telurua, cadimi sulfua, cadimi selenua, đồng indi gali selenua, gali arsenua, germani indi phosphua, một hoặc nhiều polyme bán dẫn, và tổ hợp của chúng. Theo các phương án nhất định, vật liệu quang hoạt có thể được thay thế hoặc ngoài ra bao gồm chất màu (ví dụ, N719, N3, chất màu trên cơ sở ruteni). Theo một số phương án, chất màu (của thành phần bất kỳ) có thể được phủ lên trên một lớp khác (ví dụ, lớp lỗ xốp và/hoặc lớp bề mặt chung). Theo một số phương án, vật liệu quang hoạt có thể bao gồm một hoặc nhiều vật liệu perovskit. Nền quang hoạt chứa vật liệu perovskit có thể là dạng rắn, hoặc theo một số phương án nó có thể có dạng chất màu bao gồm huyền phù hoặc dung dịch chứa vật liệu perovskit. Dung dịch hoặc huyền phù này có thể được phủ lên trên thành phần khác của thiết bị theo cách tương tự với chất màu khác. Theo một số phương án, vật liệu chứa perovskit dạng rắn có thể được mạ bằng các phương pháp thích hợp bất kỳ (ví dụ, mạ hơi, mạ dung dịch, sự bố trí trực tiếp của vật liệu rắn, v.v.). Thiết bị theo các phương án khác nhau có thể bao gồm một, hai, ba, hoặc nhiều hợp chất quang hoạt (ví dụ, một, hai, ba, hoặc nhiều vật liệu perovskit, chất màu, hoặc tổ hợp của chúng). Theo các phương án nhất định bao gồm nhiều chất màu hoặc vật liệu quang hoạt khác, một trong số hai hay nhiều chất màu hoặc vật liệu quang hoạt khác có thể được tách bằng một hoặc nhiều lớp bề mặt chung. Theo một số phương án, nhiều chất màu và/hoặc hợp chất quang hoạt có thể ít nhất được trộn lẫn một phần.

Vật liệu truyền điện tích (ví dụ, vật liệu truyền điện tích của lớp truyền điện tích 3910 trên FIG. 7) có thể bao gồm vật liệu truyền điện tích ở trạng thái rắn (tức là,

thông thường được gọi là chất điện phân trạng thái rắn), hoặc có thể bao gồm chất điện phân lỏng và/hoặc chất lỏng ion. Bất kỳ trong số chất điện phân lỏng, chất lỏng ion, và vật liệu truyền điện tích ở trạng thái rắn có thể được gọi là vật liệu truyền điện tích. Như được sử dụng trong bản mô tả này, “vật liệu truyền điện tích” để chỉ vật liệu bất kỳ, rắn, lỏng, hoặc, có khả năng thu gom phân tử mang điện tích và/hoặc truyền phân tử mang điện tích. Ví dụ, trong thiết bị PV theo một số phương án, vật liệu truyền điện tích có thể có khả năng chuyển phân tử mang điện tích đến điện cực. Phân tử mang điện tích có thể bao gồm các lỗ trống (việc truyền này có thể khiến cho vật liệu truyền điện tích được gọi là “vật liệu truyền lỗ trống”) và electron. Các lỗ trống có thể được truyền đến anot, và electron đến catot, phụ thuộc vào sự bố trí của vật liệu truyền điện tích liên quan đến catot hoặc anot trong thiết bị PV hoặc thiết bị khác. Các ví dụ thích hợp về vật liệu truyền điện tích theo một số phương án có thể bao gồm bất kỳ trong số một hoặc nhiều vật liệu: vật liệu perovskit; I/I_3^- ; các phức chất Co; polythiophen (ví dụ, poly(3-hexylthiophen) và dẫn xuất của chúng, hoặc P3HT); copolyme trên cơ sở carbazol như polyheptadecanylcarbazol dithienylbenzothiadiazol và dẫn xuất của chúng (ví dụ, PCDTBT); các copolyme khác như polyxyclopentadithiophen—benzothiadiazol và dẫn xuất của chúng (ví dụ, PCPDTBT); các hợp chất poly(triaryl amin) và dẫn xuất của chúng (ví dụ, PTAA); Spiro-OMeTAD; fuleren và/hoặc dẫn xuất fuleren (ví dụ, C60, PCBM); và tổ hợp của chúng. Theo các phương án nhất định, vật liệu truyền điện tích có thể bao gồm vật liệu bất kỳ, chất rắn hoặc lỏng, có khả năng thu gom phân tử mang điện tích (electron hoặc các lỗ trống), và/hoặc có khả năng truyền phân tử mang điện tích. Vật liệu truyền điện tích theo một số phương án vì thế có thể là vật liệu hoạt tính và/hoặc vật liệu bán dẫn loại n hoặc p. Vật liệu truyền điện tích có thể được bố trí gần một trong các điện cực của thiết bị. Theo một số phương án, vật liệu truyền điện tích được bố trí liền kề điện cực, mặc dù theo các phương án khác lớp bề mặt chung có thể được bố trí giữa vật liệu truyền điện tích và điện cực (như được thể hiện, ví dụ, trên FIG. 7 với lớp bề mặt chung thứ năm 3911). Theo các phương án nhất định, loại vật liệu truyền điện tích có thể được chọn dựa vào điện cực mà nó có khoảng cách gần. Ví dụ, nếu vật liệu truyền điện tích thu gom và/hoặc truyền các lỗ trống, vật liệu này có thể nằm gần anot để truyền các lỗ trống đến anot. Tuy nhiên, vật liệu truyền điện tích có thể thay vào đó là được đặt gần catot, và được chọn hoặc được cấu tạo để truyền electron đến catot.

Như đã lưu ý ở trên, thiết bị theo các phương án khác nhau có thể tùy ý bao gồm lớp bề mặt chung nằm giữa bất kỳ trong số hai các lớp khác và/hoặc vật liệu, mặc dù thiết bị theo một số phương án không cần bao gồm lớp bề mặt chung bất kỳ. Ví thể, ví dụ, thiết bị làm từ vật liệu perovskit có thể bao gồm 0, 1, 2, 3, 4, 5, hoặc nhiều lớp bề mặt chung (như thiết bị ví dụ trên FIG. 7, bao gồm năm lớp bề mặt chung 3903, 3905, 3907, 3909, và 3911). Lớp bề mặt chung có thể bao gồm lớp bề mặt chung dạng lớp phủ mỏng theo các phương án trước đó được đề cập trong bản mô tả này (ví dụ, bao gồm các hạt nhôm oxit và/hoặc các oxit kim loại khác, và/hoặc lớp kép titan oxit/oxit kim loại, và/hoặc các hợp chất khác theo lớp phủ mỏng bề mặt chung như được đề cập ở các phần khác trong bản mô tả này). Lớp bề mặt chung theo một số phương án có thể bao gồm vật liệu thích hợp bất kỳ để tăng cường việc truyền và/hoặc thu gom điện tích giữa hai lớp hoặc vật liệu; vật liệu này cũng có thể hỗ trợ việc ngăn chặn hoặc giảm khả năng tái kết hợp điện tích khi điện tích được truyền đi xa một vật liệu liền kề với lớp bề mặt chung. Vật liệu xen giữa hai bề mặt thích hợp có thể bao gồm bất kỳ trong số một hoặc nhiều vật liệu sau: vật liệu mao quản trung bình và/hoặc vật liệu xen giữa hai bề mặt bất kỳ được đề cập ở các phần khác trong bản mô tả này; Al; Bi; In; Mo; Ni; platin (Pt); Si; Ti; V; Nb; Zn; Zr; các oxit của các kim loại bất kỳ nêu trên (ví dụ, nhôm oxit, silic oxit, titan oxit); sulfua của kim loại bất kỳ trong số các kim loại nêu trên; nitrua của kim loại bất kỳ trong số các kim loại nêu trên; các nhóm alkyl silyl được chức hóa hoặc không được chức hóa; graphit; graphen; fuleren; ống nano cacbon; và tổ hợp của chúng (bao gồm, theo một số phương án, lớp kép của vật liệu hỗn hợp). Theo một số phương án, lớp bề mặt chung có thể bao gồm vật liệu perovskit.

Thiết bị theo đại diện được 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 theo FIG. 7 có thể bao gồm PV có nhiều pin được mắc song song hoặc nối tiếp, bộ pin, bộ pin PV lai, FET, LED, và/hoặc bất kỳ thiết bị khác được đề cập trong bản mô tả này. Ví dụ, BHJ của một số phương án có thể bao gồm hai điện cực tương ứng với các điện cực 3902 và 3912, và lớp hoạt hóa bao gồm ít nhất hai vật liệu trong bề mặt chung chuyển tiếp dị thể (ví dụ, bất kỳ trong số hai vật liệu và/hoặc các lớp của lớp hoạt hóa 3950). Theo các phương án nhất định, các thiết bị khác (như bộ pin PV lai, nhiều pin PV được mắc song song hoặc nối tiếp, v.v.) có thể bao gồm lớp hoạt hóa bao gồm vật

liệu perovskit, tương ứng với lớp hoạt hóa 3950 của FIG. 7. Ngắn gọn là, bản chất cách điệu của việc minh họa thiết bị tương tự trên FIG. 7 không giới hạn cấu trúc hoặc kết cấu cho phép của thiết bị trong các phương án khác nhau theo FIG. 7.

Ngoài ra, cụ thể hơn, các phương án ví dụ của thiết bị perovskit sẽ được đề cập về sự minh họa cách điệu hơn của thiết bị ví dụ. Bản chất cách điệu của các minh họa này, các FIG. 11–12, tương tự không được dự định để giới hạn loại thiết bị có thể có theo một số phương án được hiểu theo bất kỳ trong số một hoặc nhiều các FIG. 11–12. Kết cấu này được thể hiện trên các FIG. 11–12 có thể được điều chỉnh để tạo ra BHJ, bộ pin, FET, bộ pin PV lai, PV có nhiều pin được mắc nối tiếp, PV có nhiều pin được mắc song song và các thiết bị tương tự theo các phương án khác của sáng chế, theo cách thích hợp bất kỳ (bao gồm các thiết bị được đề cập rõ ràng ở các phần khác trong bản mô tả này, và phương pháp thích hợp khác, sẽ hiển nhiên với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này với hiệu quả của sáng chế).

FIG. 8 mô tả thiết bị ví dụ 4100 theo các phương án khác nhau. Thiết bị 4100 minh họa các phương án bao gồm nền bằng thủy tinh thứ nhất và thứ hai 4101 và 4109. Mỗi nền bằng 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, tương ứng), và mỗi điện cực có lớp bề mặt chung được mạ lên trên bề mặt bên trong của nó: lớp bề mặt chung thứ nhất TiO_2 4103 được mạ trên điện cực thứ nhất 4102, và lớp bề mặt chung thứ hai Pt 4107 được mạ trên điện cực thứ hai 4108. Được kẹp giữa hai lớp bề mặt chung là: lớp lỗ xốp 4104 (bao gồm TiO_2); vật liệu quang hoạt 4105 (bao gồm vật liệu perovskit MAPbI_3); và lớp truyền điện tích 4106 (ở đây bao gồm CsSnI_3).

FIG. 9 mô tả thiết bị ví dụ 4300 bỏ qua lớp lỗ xốp. Thiết bị 4300 bao gồm hợp chất quang hoạt cấu thành vật liệu perovskit 4304 (bao gồm MAPbI_3) được kẹp giữa lớp bề mặt chung thứ nhất và thứ hai 4303 và 4305 (bao gồm titan oxit và nhôm, tương ứng). Lớp bề mặt chung titan oxit 4303 được phủ lên trên điện cực FTO thứ nhất 4302, mà lần lượt được bố trí trên bề mặt bên trong của nền bằng thủy tinh 4301. Lớp truyền điện tích spiro-OMeTAD 4306 được phủ lên trên lớp bề mặt chung nhôm oxit 4305 và được bố trí trên bề mặt bên trong của điện cực thứ hai bằng vàng 4307.

Do sẽ hiển nhiên với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này vì lợi ích của sáng chế, các phương án khác khác nhau cũng có thể bao gồm, như thiết bị có

nhều lớp quang hoạt (được ví dụ bằng lớp quang hoạt 3906 và 3908 của thiết bị ví dụ trên FIG. 7). Theo một số phương án, như đã đề cập ở trên, mỗi lớp quang hoạt có thể được tách bằng lớp bề mặt chung (như được thể hiện bằng lớp bề mặt chung thứ hai 3907 trên FIG. 7). Hơn nữa, lớp lỗ xốp có thể được bố trí trên điện cực như được minh họa trong FIG. 7 bằng lớp lỗ xốp 3904 được bố trí trên điện cực thứ nhất 3902. Mặc dù FIG. 7 mô tả lớp xen kẽ giữa hai bề mặt 3903 được bố trí giữa hai, theo một số phương án lớp lỗ xốp có thể được bố trí trực tiếp trên điện cực.

Các ví dụ bổ sung về thiết bị làm từ vật liệu perovskit

Các kết cấu của thiết bị làm từ vật liệu perovskit được lấy làm ví dụ khác sẽ hiển nhiên với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này vì lợi ích của sáng chế. Các ví dụ bao gồm, nhưng không bị giới hạn ở, thiết bị bao gồm lớp hoạt hóa có kết cấu bất kỳ trong số các kết cấu sau đây: (1) chất điện phân lỏng-vật liệu perovskit-lớp lỗ xốp; (2) vật liệu perovskit-chất màu-lớp lỗ xốp; (3) vật liệu perovskit thứ nhất-vật liệu perovskit thứ hai-lớp lỗ xốp; (4) vật liệu perovskit thứ nhất-vật liệu perovskit thứ hai; (5) vật liệu perovskit thứ nhất-chất màu-vật liệu perovskit thứ hai; (6) vật liệu truyền điện tích ở trạng thái rắn-vật liệu perovskit; (7) vật liệu truyền điện tích ở trạng thái rắn-chất màu-vật liệu perovskit-lớp lỗ xốp; (8) vật liệu truyền điện tích ở trạng thái rắn-vật liệu perovskit-chất màu-lớp lỗ xốp; (9) vật liệu truyền điện tích ở trạng thái rắn-chất màu-vật liệu perovskit-lớp lỗ xốp; và (10) vật liệu truyền điện tích ở trạng thái rắn-vật liệu perovskit-chất màu-lớp lỗ xốp. Các bộ phận riêng rẽ của mỗi kết cấu ví dụ (ví dụ, lớp lỗ xốp, vật liệu truyền điện tích, v.v.) có thể theo phần thảo luận ở trên cho mỗi bộ phận. Hơn nữa, mỗi kết cấu ví dụ được thảo luận chi tiết hơn dưới đây.

Là ví dụ cụ thể của một số lớp hoạt hóa trong số các lớp hoạt hóa nêu trên, theo một số phương án, lớp hoạt hóa có thể bao gồm chất điện phân lỏng, vật liệu perovskit, và lớp lỗ xốp. Lớp hoạt hóa của các phương án này có thể về cơ bản có kết cấu: chất điện phân lỏng-vật liệu perovskit-lớp lỗ xốp. Chất điện phân lỏng bất kỳ có thể thích hợp; và lớp lỗ xốp bất kỳ (ví dụ, TiO_2) có thể thích hợp. Theo một số phương án, vật liệu perovskit có thể được mạ trên lớp lỗ xốp, và do đó được phủ bằng chất điện phân lỏng. Vật liệu perovskit của một số các phương án này có thể hoạt động ít nhất một phần như chất màu (vì thế, nó có thể có tính quang hoạt).

Trong các ví dụ khác, lớp hoạt hóa có thể bao gồm vật liệu perovskit, chất màu, và lớp lỗ xốp. Lớp hoạt hóa của các phương án này có thể về cơ bản có kết cấu: vật liệu perovskit—chất màu—lớp lỗ xốp. Chất màu có thể được phủ lên trên lớp lỗ xốp và vật liệu perovskit có thể được bố trí trên lớp lỗ xốp được phủ chất màu. Vật liệu perovskit có thể có chức năng như vật liệu truyền lỗ trống trong các phương án này.

Theo các phương án ví dụ khác, lớp hoạt hóa có thể bao gồm vật liệu perovskit thứ nhất, vật liệu perovskit thứ hai, và lớp lỗ xốp. Lớp hoạt hóa của các phương án này có thể về cơ bản có kết cấu: vật liệu perovskit thứ nhất—vật liệu perovskit thứ hai—lớp lỗ xốp. Mỗi vật liệu perovskit thứ nhất và thứ hai có thể bao gồm (các) vật liệu perovskit giống nhau 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 có tính quang hoạt (ví dụ, vật liệu perovskit thứ nhất và/hoặc thứ hai của các phương án này có thể có vai trò ít nhất là một phần như chất màu).

Theo các phương án ví dụ, lớp hoạt hóa có thể bao gồm vật liệu perovskit thứ nhất và vật liệu perovskit thứ hai. Lớp hoạt hóa của các phương án này có thể về cơ bản 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 (các) vật liệu perovskit giống nhau hoặc chúng có thể bao gồm các vật liệu perovskit khác nhau. Một trong số vật liệu perovskit thứ nhất và thứ hai có thể có tính quang hoạt (ví dụ, vật liệu perovskit thứ nhất và/hoặc thứ hai của các phương án này có thể có vai trò ít nhất là một phần như chất màu). Ngoài ra, một trong số vật liệu perovskit thứ nhất và thứ hai có thể có khả năng có vai trò như vật liệu truyền lỗ trống. Theo một số phương án, một trong số các vật liệu perovskit thứ nhất và thứ hai có vai trò như vật liệu truyền electron, và vật liệu còn lại trong số vật liệu perovskit thứ nhất và thứ hai có vai trò như chất màu. Theo một số phương án, vật liệu perovskit thứ nhất và thứ hai có thể được bố trí trong lớp hoạt hóa theo cách đặt được vùng xen giữa hai bề mặt cao giữa vật liệu perovskit thứ nhất và vật liệu perovskit thứ hai, như trong cách sắp xếp được thể hiện cho vật liệu có hoạt tính thứ nhất và thứ hai 2810 và 2815, tương ứng, trên FIG. 5 (hoặc được thể hiện tương tự bằng vật liệu loại p và n 2618 và 2620, tương ứng, trên FIG. 4).

Trong các phương án khác, lớp hoạt hóa có thể bao gồm vật liệu perovskit thứ nhất, chất màu, và vật liệu perovskit thứ hai. Lớp hoạt hóa của các phương án này có thể về cơ bản có kết cấu: vật liệu perovskit thứ nhất-chất màu-vật liệu perovskit thứ

hai. Một trong số vật liệu perovskit thứ nhất và thứ hai có thể có chức năng như vật liệu truyền điện tích, và vật liệu còn lại trong số hai vật liệu perovskit thứ nhất và thứ hai có thể có chức năng như chất màu. Theo một số phương án, cả hai vật liệu perovskit thứ nhất và thứ hai có thể ít nhất là một phần có vai trò trùng lặp, tương tự, và/hoặc giống nhau (ví dụ, cả hai vật liệu đều có thể sử dụng như chất màu và/hoặc cả hai vật liệu có thể sử dụng như vật liệu truyền lỗ trống).

Theo một số các phương án ví dụ, lớp hoạt hóa có thể bao gồm vật liệu truyền điện tích ở trạng thái rắn và vật liệu perovskit. Lớp hoạt hóa của các phương án này có thể về cơ bản có kết cấu: vật liệu truyền điện tích ở trạng thái rắn—vật liệu perovskit. Ví dụ, vật liệu perovskit và vật liệu truyền điện tích ở trạng thái rắn có thể được bố trí bên trong lớp hoạt hóa theo cách đặt được vùng xen giữa hai bề mặt cao, như trong cách sắp xếp được thể hiện cho vật liệu có hoạt tính thứ nhất và thứ hai 2810 và 2815, tương ứng, trên FIG. 5 (hoặc như được thể hiện tương tự bằng vật liệu loại p và n 2618 và 2620, tương ứng, trên FIG. 4).

Trong các ví dụ khác, lớp hoạt hóa có thể bao gồm vật liệu truyền điện tích ở trạng thái rắn, chất màu, vật liệu perovskit, và lớp lỗ xốp. Lớp hoạt hóa của các phương án này có thể về cơ bản có kết cấu: vật liệu truyền điện tích ở trạng thái rắn—chất màu—vật liệu perovskit—lớp lỗ xốp. Lớp hoạt hóa của các phương án này có thể về cơ bản có kết cấu: vật liệu truyền điện tích ở trạng thái rắn—vật liệu perovskit—chất màu—lớp lỗ xốp. Theo một số phương án, vật liệu perovskit có thể sử dụng làm chất màu thứ hai. Vật liệu perovskit theo các phương án này có thể làm tăng bề rộng của phổ của ánh sáng nhìn thấy được hấp thụ bằng thiết bị PV hoặc thiết bị khác bao gồm lớp hoạt hóa của các phương án này. Theo các phương án nhất định, vật liệu perovskit cũng có thể hoặc thay vì làm lớp bề mặt chung giữa lớp chất màu và lớp lỗ xốp, và/hoặc giữa lớp chất màu và vật liệu truyền điện tích.

Theo một số phương án ví dụ, lớp hoạt hóa có thể bao gồm chất điện phân lỏng, chất màu, vật liệu perovskit, và lớp lỗ xốp. Lớp hoạt hóa của các phương án này có thể về cơ bản có kết cấu: vật liệu truyền điện tích ở trạng thái rắn—chất màu—vật liệu perovskit—lớp lỗ xốp. Lớp hoạt hóa của các phương án này có thể về cơ bản có kết cấu: vật liệu truyền điện tích ở trạng thái rắn—vật liệu perovskit—chất màu—lớp lỗ xốp. Vật liệu perovskit có thể sử dụng làm vật liệu quang hoạt, lớp bề mặt chung, và/hoặc tổ hợp của chúng.

Một số phương án đề xuất thiết bị BHJ PV bao gồm vật liệu perovskit. Ví dụ, BHJ của 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 cũng có thể hoặc thay vì bao gồm bất kỳ trong số một hoặc các bộ phận được liệt kê ở trên đã đề cập ở trên với lớp hoạt hóa DSSC. Ngoài ra, theo một số phương án, lớp quang hoạt BHJ có thể có kết cấu theo kết cấu bất kỳ của các phương án được lấy làm ví dụ của lớp hoạt hóa DSSC đã đề cập ở trên.

Theo một số phương án, thiết bị PV hoặc thiết bị tương tự khác bất kỳ có thể bao gồm lớp hoạt hóa theo bất kỳ trong số một hoặc nhiều vật liệu và/hoặc kết cấu đã đề cập ở trên. Như một phương án ví dụ khác, lớp hoạt hóa bao gồm vật liệu perovskit có thể được bao gồm trong pin PV có nhiều lớp quang hoạt, như một trong hai hoặc cả hai của lớp quang hoạt thứ nhất và thứ hai 3701 và 3705 của pin được lấy làm ví dụ được thể hiện trên sơ đồ cách điệu của FIG. 6. Pin PV có nhiều lớp quang hoạt bao gồm lớp hoạt hóa với vật liệu perovskit hơn nữa có thể được kết hợp vào trong một loạt pin PV được nối điện có nhiều lớp quang hoạt.

Theo một số phương án, lớp bất kỳ trong số các lớp hoạt hóa bao gồm vật liệu perovskit được kết hợp vào trong thiết bị PV hoặc thiết bị khác như được đề cập trong bản mô tả này có thể còn bao gồm vật liệu bổ sung bất kỳ trong số các vật liệu bổ sung khác cũng được đề cập trong bản mô tả này khi thích hợp để kết hợp vào trong lớp hoạt hóa. Ví dụ, lớp hoạt hóa bất kỳ bao gồm vật liệu perovskit có thể còn bao gồm lớp bề mặt chung theo các phương án khác nhau được đề cập trong bản mô tả này (như, ví dụ, lớp bề mặt chung dạng lớp phủ mỏng). Nhằm mục đích ví dụ, lớp hoạt hóa bao gồm vật liệu perovskit có thể còn bao gồm lớp thu nhận ánh sáng, như lớp thu nhận ánh sáng 1601 như được minh họa trong PV được lấy làm ví dụ được thể hiện trên FIG. 2.

Thành phần của lớp hoạt hóa vật liệu perovskit

Như được đề cập ở trên, theo một số phương án, vật liệu perovskite trong lớp hoạt hóa 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 hoặc hợp chất giống cation); M bao gồm một hoặc nhiều kim loại (ví dụ, Fe, Cd, Co, Ni, Cu, Hg, Sn, Pb, Bi, Ge, Ti, Zn, và Zr); và X và X' bao gồm một hoặc nhiều

anion. Theo một phương án, vật liệu perovskit có thể bao gồm $\text{CPbI}_{3-y}\text{Cl}_y$. Theo các phương án nhất định, vật liệu perovskit có thể được mạ như lớp hoạt hóa trong thiết bị PV bằng, ví dụ, kỹ thuật thả đúc, đúc quay, in khe hẹp, in lưới, hoặc in phun mực lên trên lớp nền bằng cách sử dụng các bước được mô tả dưới đây.

Đầu tiên, mực tiền chất chì halogenua được tạo ra. Lượng chì halogenua có thể được cân trong lọ sạch, khô bên trong hộp găng tay (tức là, hộp kiểm soát không khí với cổng lỗ trống chứa găng tay cho phép thao tác với vật liệu trong môi trường không có không khí). Chì halogenua thích hợp bao gồm, nhưng không bị giới hạn ở, chì (II) iodua, chì (II) bromua, chì (II) clorua, và chì (II) florua. Chì halogenua có thể bao gồm một loại chì halogenua hoặc có thể bao gồm hỗn hợp chì halogenua với tỷ lệ chính xác. Theo các phương án nhất định, hỗn hợp chì halogenua có thể bao gồm tỷ lệ của hai thành phần, ba thành phần, hoặc bốn thành phần bất kỳ nằm trong khoảng từ 0,001 đến 100 mol% của iodua, bromua, clorua, hoặc florua. Theo một phương án, hỗn hợp chì halogenua có thể bao gồm chì (II) clorua và chì (II) iodua với 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) iodua với tỷ lệ khoảng 5:95, khoảng 7,5:92,5, hoặc khoảng 15:85 mol:mol.

Sau đó, dung môi được bổ sung vào lọ để hòa tan chì dạng rắn để tạo thành mực tiền chất chì halogenua. Dung môi thích hợp bao gồm, nhưng không bị giới hạn ở, dimethylformamit khô, dimetylsulfoxit (DMSO), metanol, etanol, propanol, butanol, tetrahydrofuran, formamit, pyridin, pyrrolidin, clobenzen, diclobenzen, diclometan, cloroform, và tổ hợp của chúng. Theo một phương án, chì dạng rắn được hòa tan trong dimethylformamit khô (DMF). Chì dạng rắn có thể được hòa tan ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 20°C đến khoảng 150°C. Theo một phương án, chì dạng rắn được hòa tan ở nhiệt độ khoảng 85°C. Chì dạng rắn có thể được hòa tan miễn là việc hòa tan này cần để tạo thành dung dịch, có thể diễn ra trong khoảng thời gian lên đến khoảng 72 giờ. Dung dịch thu được tạo thành bazơ của mực tiền chất chì halogenua. Theo một số phương án, mực tiền chất chì halogenua có thể có nồng độ chì halogenua nằm trong khoảng từ 0,001M đến khoảng 10M. Theo một phương án, mực tiền chất chì halogenua có nồng độ chì halogenua bằng khoảng 1 M. Theo một số phương án, mực tiền chất chì halogenua có thể còn 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 (SAM) IFL (như các chất đã được nêu trong bản mô tả), hoặc tổ hợp của chúng.

Sau đó, mực tiền chất chì halogenua có thể được mạ lên nền mong muốn. Lớp nền thích hợp có thể bao gồm bất kỳ trong số lớp nền được xác định ở trên trong sáng chế. Như đã nêu trên, mực tiền chất chì halogenua có thể được mạ bằng nhiều cách, bao gồm nhưng không bị giới hạn ở, thả đúc, đúc quay, in khe hẹp, in lưới, hoặc in phun mực. Theo các phương án nhất định, mực tiền chất chì halogenua có thể được phủ quay lên trên nền ở tốc độ bằng khoảng 500 vòng/phút đến khoảng 10.000 vòng/phút trong khoảng thời gian bằng khoảng 5 giây đến khoảng 600 giây. Theo một phương án, mực tiền chất chì halogenua có thể được phủ quay lên trên nền ở khoảng 3000 vòng/phút trong khoảng 30 giây. Mực tiền chất chì halogenua có thể được mạ lên nền ở môi trường khí xung quanh trong độ ẩm nằm trong khoảng từ độ ẩm tương đối khoảng 0% đến khoảng độ ẩm tương đối 50%. Sau đó, mực tiền chất chì halogenua có thể được để khô trong không khí về cơ bản không chứa nước, tức là, ít hơn 20% độ ẩm tương đối, để tạo thành màng mỏng.

Sau đó, màng mỏng có thể được được tôi bằng nhiệt trong khoảng thời gian lên đến khoảng 24 giờ ở nhiệt độ bằng khoảng 20°C đến khoảng 300°C. Theo một phương án, màng mỏng có thể được tôi bằng nhiệt trong khoảng 10 phút ở nhiệt độ bằng khoảng 50°C. Sau đó, lớp hoạt hóa bằng vật liệu perovskit có thể được hoàn thành bằng quy trình chuyển đổi trong đó màng tiền chất được làm ngập hoặc được rửa bằng dung dịch chứa dung môi hoặc hỗn hợp chứa dung môi (ví dụ, DMF, isopropanol, metanol, etanol, butanol, cloroform clobenzen, dimetylsulfoxit, nước) và muối (ví dụ, metylamoni iđua, formamidini iđua, guanidini iđua, 1,2,2-triaminovinylamoni iđua, hydroiđua của axit 5-aminovaleric ở nồng độ nằm trong khoảng từ 0,001M đến 10M. Theo các phương án nhất định, màng mỏng cũng có thể được tôi bằng nhiệt sau đó theo cách tương tự như trong dòng thứ nhất trong đoạn mô tả này.

Tinh chế amoni iđua

Như được đề cập ở trên, theo một số phương án, màng tiền chất cho lớp hoạt hóa của vật liệu perovskit có thể được làm ngập hoặc được rửa bằng dung dịch chứa dung môi hoặc hỗn hợp chứa dung môi bao gồm, nhưng không bị giới hạn ở, metylamoni iđua, formamidini iđua, guanidini iđua. Dưới đây mô tả quy trình tổng

hợp metyl amoni iđua (MAI). Quy trình tương tự có thể được áp dụng cho muối guanidini iđua (GAI), formamidini iđua (FAI), axit amin iđua, hoặc halogenua bất kỳ (ví dụ, iot, brom, clo, hoặc flo) của chúng.

Lượng mol dư của metyl amin trong metanol được bổ sung vào dung dịch hydroiodic chứa nước (HI) trong bình. Theo một phương án, metyl amin có nồng độ bằng khoảng 9,8 M, mặc dù nồng độ thích hợp có thể nằm trong khoảng từ khoảng 0,001M đến khoảng 12M. Theo một phương án, dung dịch HI có nồng độ bằng khoảng 57%, mặc dù nồng độ thích hợp có thể nằm trong khoảng từ khoảng 1% đến khoảng 100%. Bình thích hợp bất kỳ có thể được sử dụng, bao gồm nhưng không bị giới hạn ở, bình đáy tròn, cốc mỏ, bình Erlenmeyer, bình Schlenk hoặc bình thủy tinh bất kỳ. Phản ứng được thực hiện trong điều kiện không khí trơ không chứa oxy bằng cách bổ sung nhỏ giọt trong khi khuấy. Theo một phương án, phản ứng diễn ra ở nhiệt độ bằng khoảng 0°C, mặc dù phản ứng cũng có thể diễn ra ở nhiệt độ thấp đến khoảng -196°C hoặc cao đến khoảng 100°C. Sau khi hoàn thành việc bổ sung metyl amin, dung dịch được trộn và làm ấm đến nhiệt độ phòng trong khoảng thời gian 2 giờ. Theo một số phương án, dung dịch có thể được làm ấm đến nhiệt độ phòng trong thời gian ít nhất là khoảng 1 phút hoặc khoảng 72 giờ. Sau khi hoàn thành phản ứng, dung môi được loại bỏ bằng cách sử dụng chân không. Chất rắn còn lại, có thể có màu đỏ hoặc màu cam. Chất rắn này là dạng không tinh khiết của metyl amoni iđua, cụ thể hỗn hợp bao gồm metyl amoni iđua, vật liệu ban đầu dư, và/hoặc sản phẩm phụ của phản ứng.

Sau đó, dung môi không phân cực hoặc phân cực nhẹ (ví dụ, dietyl ete) được bổ sung vào metyl amoni iđua không tinh khiết, và hỗn hợp được nghiền bằng sóng siêu âm trong khoảng 30 trong bóng tối trước khi chất lỏng. Theo một số phương án, dung dịch có thể được nghiền bằng sóng siêu âm trong khoảng thời gian bất kỳ lên đến đến khoảng 12 giờ. Bước rửa bằng dietyl ete có thể được lặp lại với số lần bất kỳ cho đến khi chất rắn trở nên không màu hoặc có màu vàng nhạt. Theo một phương án, bước rửa bằng dietyl ete được lặp lại tất cả ba lần. Quy trình này tạo ra dạng tinh khiết hơn của metyl amoni iđua.

Sau đó, metyl amoni iđua được hòa tan trong thể tích dung môi etanol tối thiểu trong thiết bị nghiền bằng sóng siêu âm ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 20°C đến khoảng 150°C. Theo một phương án, nhiệt độ là khoảng 60°C. Dung môi thích hợp

bao gồm metanol, etanol, propanol, butanol hoặc dung môi phân cực khác. Theo một phương án, dung môi bao gồm etanol. Khi được hòa tan hoàn toàn, dung dịch được làm nguội xuống nhiệt độ phòng trong thời gian khoảng 30 phút, và sau đó được tạo lớp với thể tích tương đương (với etanol) của diethyl ete. Theo các phương án khác, tỷ lệ của etanol so với diethyl ete có thể nằm trong khoảng từ khoảng 1:10 đến khoảng 10:1 theo thể tích. Sau đó bình này được thổi bằng khí trơ (ví dụ, argon hoặc nitơ), và sau đó được đặt vào vị trí lạnh, tối. Theo một số phương án, bình này có thể được đặt trong môi trường với nhiệt độ bằng khoảng -196°C đến khoảng 25°C . Theo một phương án, bình có thể được đặt trong tủ lạnh. Bình có thể được đặt vào có thể được đặt vào nơi lạnh, tối trong khoảng thời gian bằng khoảng 1 giờ đến khoảng 168 giờ. Theo một phương án, bình có thể được đặt vào nơi lạnh, tối trong khoảng 14 giờ. Tinh thể rắn không màu thu được được phục hồi bằng phương pháp thích hợp (ví dụ, lọc chân không, lọc nhờ trọng lực, hoặc ly tâm), và sau đó được rửa bằng dung môi lạnh không phân cực hoặc phân cực nhẹ (ví dụ, diethyl ete) và được làm khô. Theo một số phương án, tinh thể rắn có thể được rửa một lần, hai lần, hoặc nhiều lần. Tinh thể này có thể được làm khô trong không khí môi trường hoặc bằng thiết bị thích hợp bất kỳ, bao gồm nhưng không bị giới hạn ở, lò chân không, lò đối lưu, buồng đốt, máy sấy chân không, hoặc đường chân không. Theo một phương án, chất rắn được làm khô trong khoảng 14 giờ ở nhiệt độ khoảng 40°C . Tuy nhiên, chất rắn có thể được làm khô trong khoảng thời gian từ khoảng 1 giờ đến khoảng 168 giờ và ở nhiệt độ từ khoảng 20°C đến khoảng 200°C .

Vì thế, sáng chế được điều chỉnh để đạt được kết quả và ưu điểm đã đề cập cũng như các ưu điểm vốn có của nó. Các phương án cụ thể được mô tả ở trên chỉ nhằm mục đích minh họa, do sáng chế có thể được cải biến và được thực hiện theo các cách khác nhau nhưng tương đương hiển nhiên với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này có lợi từ phần mô tả sáng chế. Hơn nữa, sáng chế không được dự định bị giới hạn bởi chi tiết của cấu trúc hoặc thiết kế trong bản mô tả này, khác với giới hạn như được mô tả trong bộ yêu cầu bảo hộ dưới đây. Vì thế hiển nhiên là các phương án minh họa cụ thể được mô tả ở trên có thể được biến đổi hoặc được cải biến và tất cả các biến đổi đều được coi là nằm trong phạm vi của sáng chế. Cụ thể, mỗi khoảng giá trị (có dạng, “từ khoảng a đến khoảng b,” hoặc, tương đương, “từ xấp xỉ a đến b,” hoặc, tương đương, “từ xấp xỉ a-b”) được bộc lộ trong bản mô tả này được

hiệu là tham khảo tập giá trị (tập hợp của tất cả các tập con) của khoảng giá trị tương ứng, và mỗi khoảng được nêu được bao gồm với khoảng giá trị lớn hơn. Tương tự, các thuật ngữ trong yêu cầu bảo hộ có nghĩa đơn giản, thông thường trừ khi được định nghĩa rõ ràng và dễ hiểu bởi tác giả sáng chế.

YÊU CẦU BẢO HỘ

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

điều chế mực tiền chất chì halogenua, trong đó việc điều chế mực tiền chất chì halogenua bao gồm các bước:

đưa chì halogenua vào trong bình, trong đó chì halogenua bao gồm: hỗn hợp chứa chì (II) clorua và chì (II) iotua;

đưa dung môi thứ nhất vào trong bình; và

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

mạ mực tiền chất chì halogenua lên trên nền;

làm khô mực tiền chất chì halogenua để tạo ra màng mỏng;

tôi màng mỏng; và

rửa màng mỏng bằng dung môi thứ hai và muối được chọn từ nhóm bao gồm metylamoni iotua, formamidini iotua, guanidini iotua, 1,2,2-triaminovinylamoni iotua, và hydroiotua của axit 5-aminovaleric.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó hỗn hợp chứa chì (II) clorua và chì (II) iotua được trộn với tỷ lệ 10 mol chì (II) clorua trên 90 mol chì (II) iotua.

3. Phương pháp theo điểm 1, trong đó dung môi thứ nhất được chọn từ nhóm bao gồm dimetylformamit khô, dimetylsulfoxit (DMSO), metanol, etanol, propanol, butanol, tetrahydrofuran, formamit, pyridin, pyrrolidin, clobenzen, diclobenzen, diclometan, cloroform, và tổ hợp của chúng.

4. Phương pháp theo điểm 1, trong đó việc cho chì halogenua tiếp xúc với dung môi để hòa tan chì halogenua diễn ra ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ khoảng 20°C đến khoảng 150°C.

5. Phương pháp theo điểm 1, trong đó việc cho chì halogenua tiếp xúc với dung môi để hòa tan chì halogenua diễn ra ở nhiệt độ khoảng 85°C.

6. Phương pháp theo điểm 1, trong đó mực tiền chất chì halogenua có nồng độ của chì halogenua nằm trong khoảng từ khoảng 0,001M đến khoảng 10M.

7. Phương pháp theo điểm 1, trong đó việc mạ mực tiền chất chì halogenua lên trên nền diễn ra bằng phương pháp thả đúc, đúc quay, in khe hẹp, in lưới, hoặc in phun mực.
8. Phương pháp theo điểm 1, trong đó việc tôi màng mỏng diễn ra trong thời gian lên đến 24 giờ ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ khoảng 20°C đến khoảng 300°C.
9. Phương pháp theo điểm 1, trong đó việc tôi màng mỏng diễn ra trong thời gian khoảng 10 phút ở nhiệt độ khoảng 50°C.
10. Phương pháp theo điểm 1, trong đó dung môi thứ hai được chọn từ nhóm bao gồm dimetylformamit, isopropanol, metanol, etanol, butanol, cloroform, clobenzen, dimetylsulfoxit, nước, và tổ hợp của chúng.
11. Phương pháp theo điểm 1, trong đó muối bao gồm formamidini iotua.
12. Phương pháp theo điểm 10, trong đó muối được hòa tan trong dung môi thứ hai với nồng độ nằm trong khoảng từ khoảng 0,001M đến khoảng 10M.
13. Phương pháp theo điểm 1, trong đó muối bao gồm metylamoni iotua.
14. Phương pháp theo điểm 1, trong đó việc rửa màng mỏng bao gồm ít nhất một phần chìm trong dung môi thứ hai.
15. Phương pháp theo điểm 1, trong đó việc tôi màng mỏng diễn ra trong thời gian từ khoảng 5 đến khoảng 30 phút ở nhiệt độ từ khoảng 40°C đến khoảng 60°C.
16. Vật liệu perovskit được điều chế bằng quy trình bao gồm các bước:
điều chế mực tiền chất chì halogenua, trong đó việc điều chế mực tiền chất chì halogenua bao gồm các bước:
đưa chì halogenua vào trong bình, trong đó chì halogenua bao gồm hỗn hợp chứa chì (II) clorua và chì (II) iotua;
đưa dung môi thứ nhất vào trong bình; và
cho chì halogenua tiếp xúc với dung môi thứ nhất để hòa tan chì halogenua;
mạ mực tiền chất chì halogenua lên trên nền;
làm khô mực tiền chất chì halogenua để tạo ra màng mỏng;
tôi màng mỏng; và

rửa màng mỏng bằng dung môi thứ hai và muối được chọn từ nhóm bao gồm

metylmoni ioda, formamidini ioda, guanidini ioda, 1,2,2-triaminovinylamoni ioda, và hydroioda của axit 5-aminovaleric để tạo ra vật liệu perovskit.

17. Vật liệu perovskit theo điểm 16, trong đó hỗn hợp chứa chì (II) clorua và chì (II) ioda được trộn với tỷ lệ 10 mol chì (II) clorua trên 90 mol chì (II) ioda.

18. Vật liệu perovskit theo điểm 17, trong đó dung môi thứ nhất được chọn từ nhóm bao gồm dimetylformamit khô, dimetylsulfoxit (DMSO), metanol, etanol, propanol, butanol, tetrahydrofuran, formamit, pyridin, pyrrolidin, clobenzen, diclobenzen, diclometan, cloroform, và tổ hợp của chúng.

19. Vật liệu perovskit theo điểm 16, trong đó việc cho chì halogenua tiếp xúc với dung môi để hòa tan chì halogenua diễn ra ở nhiệt độ từ khoảng 20°C đến khoảng 150°C.

20. Vật liệu perovskit theo điểm 16, trong đó việc cho chì halogenua tiếp xúc với dung môi để hòa tan chì halogenua diễn ra ở nhiệt độ khoảng 85°C.

21. Vật liệu perovskit theo điểm 16, trong đó mực tiền chất chì halogenua có nồng độ chì halogenua nằm trong khoảng từ khoảng 0,001M đến khoảng 10M.

22. Vật liệu perovskit theo điểm 16, trong đó việc mạ mực tiền chất chì halogenua lên trên nền diễn ra bằng cách thả đúc, đúc quay, in khe hẹp, in lưới, hoặc in phun mực.

23. Vật liệu perovskit theo điểm 16, trong đó việc tôi màng mỏng diễn ra trong thời gian lên đến 24 giờ ở nhiệt độ từ khoảng 20°C đến khoảng 300°C.

24. Vật liệu perovskit theo điểm 16, trong đó việc tôi màng mỏng diễn ra trong thời gian khoảng 10 phút ở nhiệt độ khoảng 50°C.

25. Vật liệu perovskit theo điểm 16, trong đó dung môi thứ hai được chọn từ nhóm bao gồm dimetylformamit, isopropanol, metanol, etanol, butanol, cloroform clobenzen, dimetylsulfoxit, nước, và tổ hợp của chúng.

26. Vật liệu perovskit theo điểm 16, trong đó muối bao gồm formamidini ioda.

27. Vật liệu perovskit theo điểm 26, trong đó muối được hòa tan trong dung môi thứ hai với nồng độ nằm trong khoảng từ khoảng 0,001M đến khoảng 10M.

28. Vật liệu perovskit theo điểm 16, trong đó muối bao gồm metylmoni ioda.

29. Vật liệu perovskit theo điểm 16, trong đó việc rửa màng mỏng bao gồm ít nhất một phần chìm trong dung môi thứ hai.

30. Vật liệu perovskit theo điểm 16, trong đó việc tôi màng mỏng diễn ra trong thời gian từ khoảng 5 đến khoảng 30 phút ở nhiệt độ từ khoảng 40°C đến khoảng 60°C.

1/7

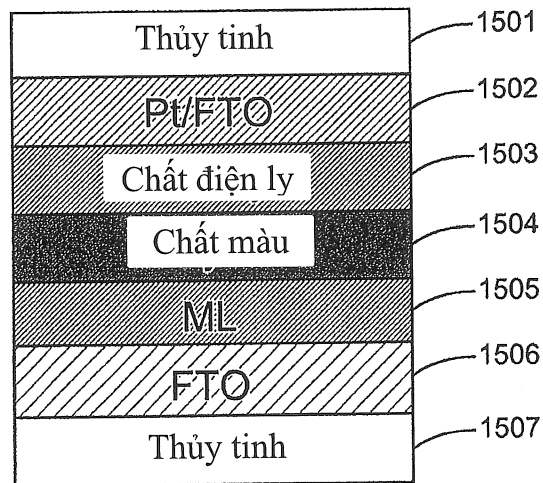


Fig. 1

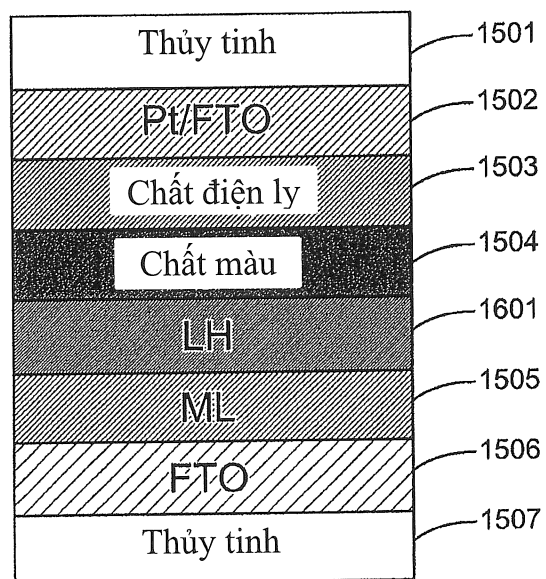


Fig. 2

2/7

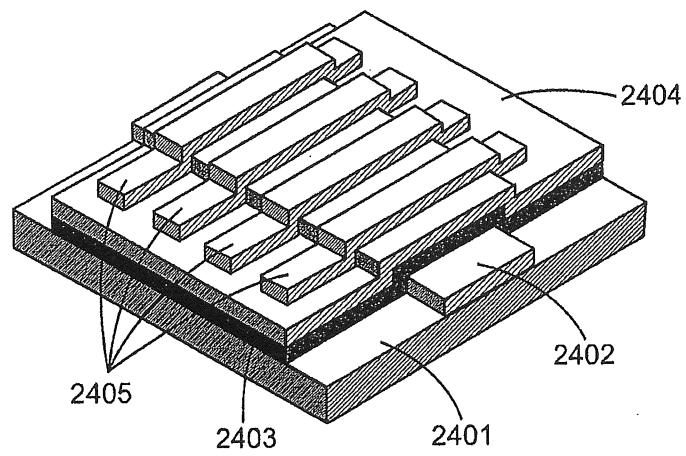


Fig. 3

3/7

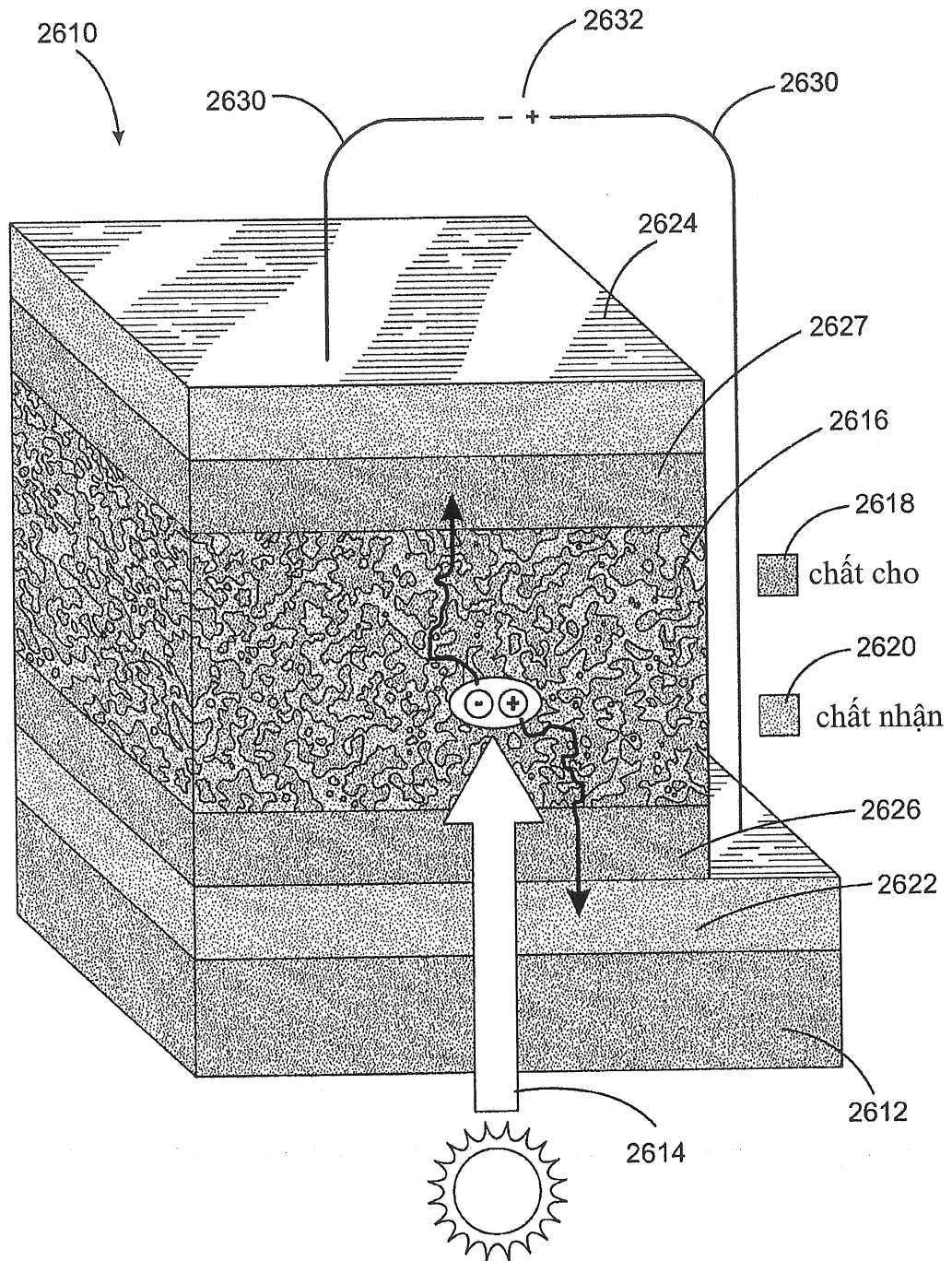


Fig. 4

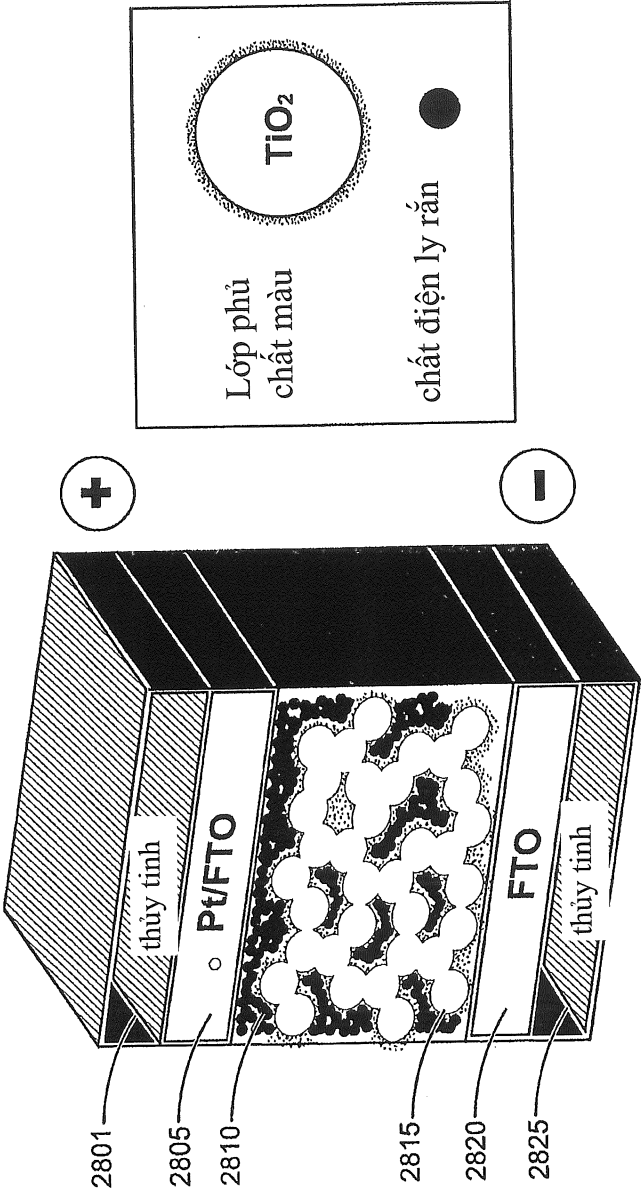


Fig. 5

5/7

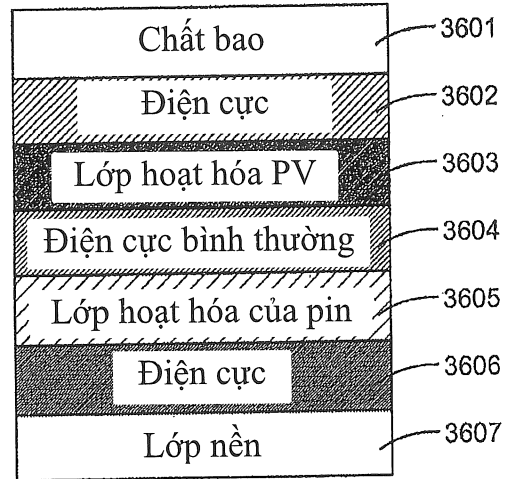


Fig. 6

6/7

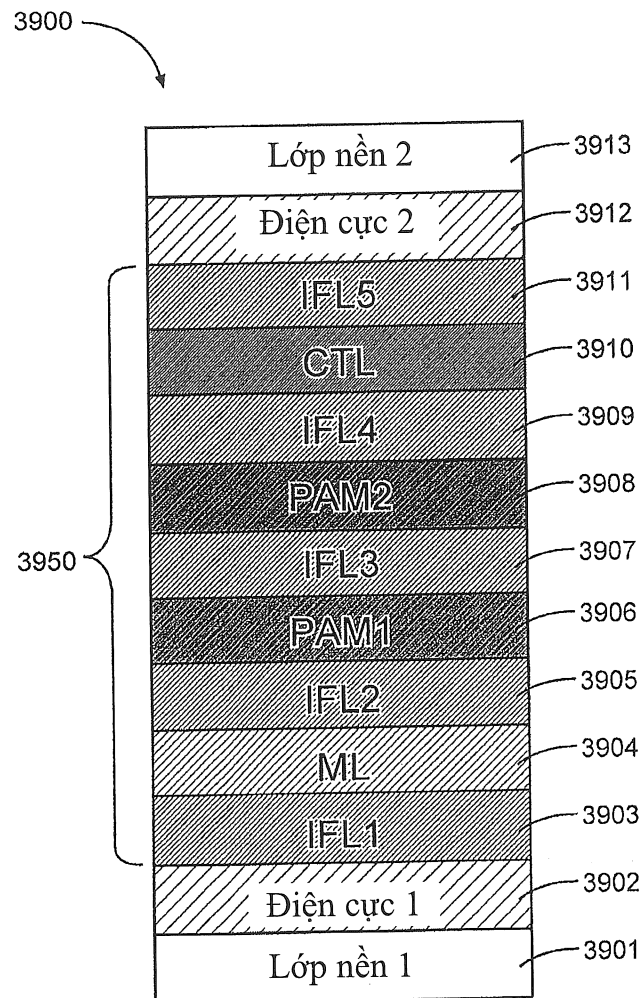


Fig. 7

7/7

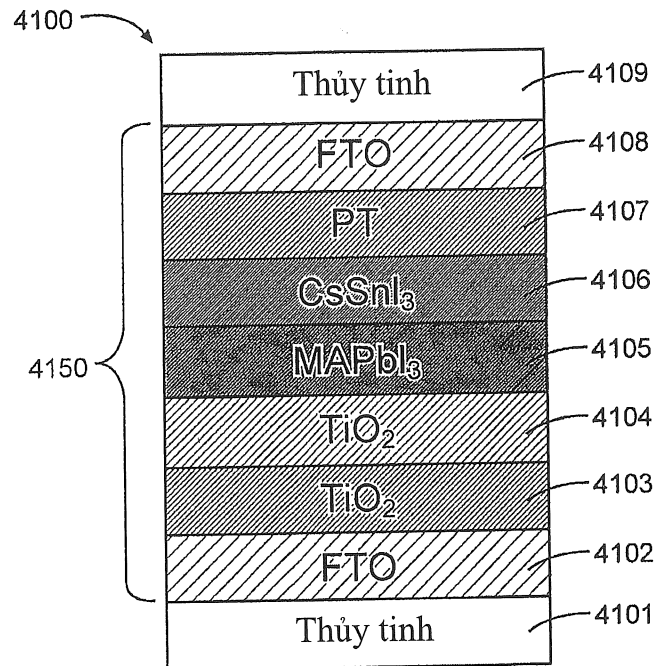


Fig. 8

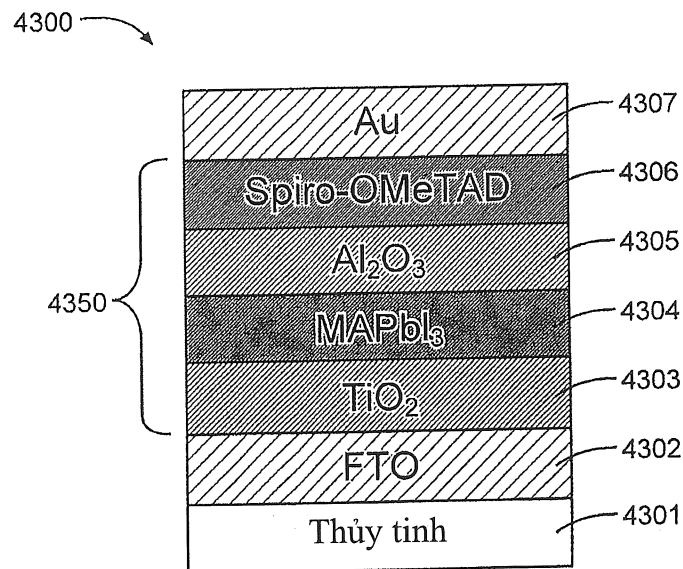


Fig.9