



(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)



1-0031396

(51)⁷ H01L 31/0256; H01L 31/04

(13) B

(21) 1-2016-01922

(22) 24/11/2014

(86) PCT/US2014/067024 24/11/2014

(87) WO 2015/080990 04/06/2015

(30) 61/909,168 26/11/2013 US; 61/913,665 09/12/2013 US; 14/209,013 13/03/2014 US;
14/448,053 31/07/2014 US

(45) 25/03/2022 408

(43) 27/02/2017 347A

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

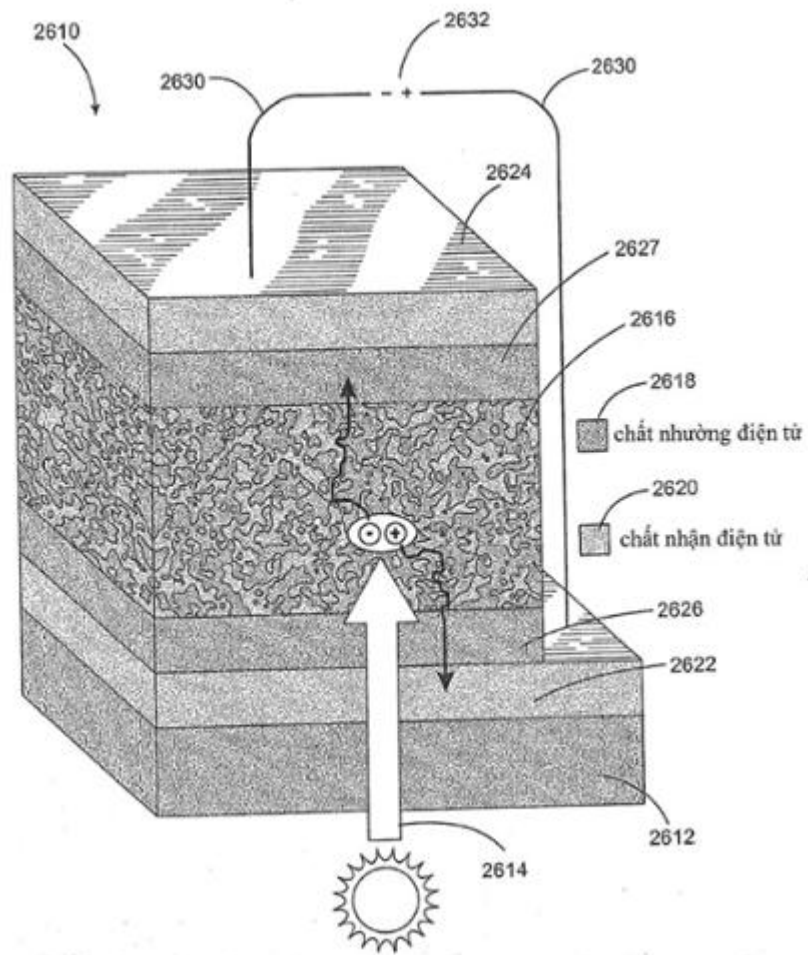
1807 Ross Ave., Suite 333, Dallas, Texas 75201, United States of America

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

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

(54) THIẾT BỊ QUANG ĐIỆN

(57) Sáng chế đề cập đến các thiết bị quang điện như pin mặt trời, tế bào-pin mặt trời lai, và các thiết bị khác có thể bao gồm lớp hoạt tính được bố trí giữa hai điện cực, lớp hoạt tính có vật liệu perovskit và vật liệu khác như vật liệu mao quản trung bình, các lớp phân cách, các lớp phân cách phủ mỏng, và các tổ hợp của chúng. Vật liệu perovskit có thể là vật liệu quang hoạt. Vật liệu perovskit có thể được bố trí giữa hai hoặc nhiều hơn hai vật liệu khác trong thiết bị quang điện. Việc đưa vào các vật liệu này theo các cách bố trí khác nhau trong lớp hoạt tính của thiết bị quang điện có thể cải thiện hiệu năng cho thiết bị. Các vật liệu khác có thể được đưa vào để cải thiện thêm hiệu năng của thiết bị, chẳng hạn như, ví dụ: các perovskit bổ sung và các lớp phân cách bổ sung.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến thiết bị quang điện.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Việc sử dụng công nghệ quang điện (photovoltaics, PVs) để tạo ra điện năng từ bức xạ hoặc năng lượng mặt trời có thể mang lại nhiều lợi ích, bao gồm, ví dụ, nguồn điện, sự phát xạ thấp hoặc không có sự phát xạ, việc sản xuất điện năng độc lập với lưới điện, cấu trúc vật lý bền (không có bộ phận chuyển động), hệ thống ổn định và đáng tin cậy, cấu trúc dạng môđun, việc lắp đặt tương đối nhanh chóng, việc sản xuất và sử dụng an toàn và nhận được ý kiến dư luận tốt và sự đồng tình của công chúng khi triển khai sử dụng.

Các dấu hiệu và ưu điểm của sáng chế sẽ là hiển nhiên đối với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật. Mặc dù nhiều thay đổi có thể được tạo ra bởi người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này, nhưng các thay đổi như vậy vẫn nằm trong nguyên lý của sáng chế.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất thiết bị quang điện bao gồm điện cực thứ nhất, điện cực thứ hai, và lớp hoạt tính được bố trí ít nhất một phần giữa điện cực thứ nhất và điện cực thứ hai. Lớp hoạt tính này bao gồm vật liệu quang hoạt bao gồm vật liệu perovskit, vật liệu mao quản trung bình có chứa NiO và lớp phân cách bao gồm ZnO.

Theo một khía cạnh khác, sáng chế đề xuất thiết bị quang điện bao gồm điện cực thứ nhất, điện cực thứ hai, và lớp hoạt tính được bố trí ít nhất một phần giữa điện cực thứ nhất và điện cực thứ hai. Lớp hoạt tính này bao gồm NiO, vật liệu perovskit và ZnO. Vật liệu perovskit có công thức CMX_3 và được bố trí giữa NiO và ZnO. C bao gồm một hoặc nhiều cation, mỗi cation được chọn từ nhóm chứa các kim loại nhóm 1, các kim loại nhóm 2, các cation hữu cơ, và các tổ hợp của chúng. M bao gồm một hoặc nhiều kim loại, mỗi kim loại được chọn từ nhóm chứa Fe, Co, Ni, Cu, Sn, Pb, Bi, Ge, Ti, Zn, và các tổ hợp của chúng. X bao gồm một hoặc nhiều anion, mỗi anion được chọn từ nhóm chứa halide, sulfite, selenua, và các tổ hợp của chúng.

Theo một khía cạnh khác, sáng chế đề xuất thiết bị quang điện bao gồm điện cực thứ nhất, điện cực thứ hai, và lớp hoạt tính được bố trí ít nhất một phần giữa điện cực thứ nhất

và điện cực thứ hai. Lớp hoạt tính này bao gồm lớp phân cách thứ nhất chứa NiO, lớp phân cách thứ hai bao gồm ZnO, và lớp quang hoạt được bố trí giữa lớp phân cách thứ hai và lớp phân cách thứ nhất. Lớp quang hoạt bao gồm perovskit có công thức CMX_3 . C bao gồm một hoặc nhiều cation, mỗi cation được chọn từ nhóm chứa các kim loại nhóm 1, các kim loại nhóm 2, các cation hữu cơ, và các tổ hợp của chúng. M bao gồm một hoặc nhiều kim loại, mỗi kim loại được chọn từ nhóm có chứa Fe, Co, Ni, Cu, Sn, Pb, Bi, Ge, Ti, Zn, và các tổ hợp của chúng. X bao gồm một hoặc nhiều anion, mỗi anion được chọn từ nhóm có chứa các halide, sulfit, selenua, và các tổ hợp của chúng.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

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

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

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

Fig.4 là hình vẽ giản lược của tế bào quang điện điển hình bao gồm lớp hoạt tính theo một số phương án của sáng chế.

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

Fig.6 là hình vẽ minh họa của các thành phần của pin PV lai làm ví dụ theo một số phương án của sáng chế.

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

Fig.8A là sơ đồ cách điệu minh họa pin PV lai theo một số phương án của sáng chế.

Fig.8B là sơ đồ điện tương đương liên quan đến pin PV lai theo một số phương án của sáng chế.

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

Fig.10 là sơ đồ cách điệu thể hiện các thành phần của thiết bị PV làm ví dụ theo một

số phương án của sáng chế.

Fig.11 là sơ đồ cách điệu thể hiện các thành phần của thiết bị PV làm ví dụ theo một số phương án của sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Việc cải tiến nhiều khía cạnh của công nghệ PV tương thích với các PV hữu cơ, phi hữu cơ và/hoặc lai hứa hẹn hạ thấp giá thành cho cả hai OPV và các PV khác. Ví dụ, một số tế bào quang điện, chẳng hạn như các tế bào quang điện tấm chất nhạy quang trạng thái rắn, có thể có lợi thế về các thành phần thay thế có độ ổn định cao và tiết kiệm chi phí mới, chẳng hạn như các vật liệu truyền tải điện tích trạng thái rắn (hoặc, thường được gọi là “chất điện phân trạng thái rắn”). Ngoài ra, các loại tế bào quang điện khác nhau có thể bao gồm các vật liệu xen kẽ và các vật liệu khác một cách có lợi mà có thể, ngoài các ưu điểm khác, tiết kiệm chi phí và bền hơn so với các tùy chọn thông thường hiện có.

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

Các ví dụ về các thành phần vật chất này có thể bao gồm, ví dụ, các vật liệu vận chuyển lỗ trống và/hoặc vật liệu thích hợp để sử dụng làm, ví dụ, các lớp phân cách, chất màu nhạy quang và/hoặc các thành phần khác của các thiết bị PV. Các hợp chất này có thể được triển khai trong nhiều thiết bị PV, chẳng hạn như các tế bào chuyển tiếp dị thể (ví dụ, hai lớp và lớn), tế bào quang điện lai (ví dụ, các chất hữu cơ với các thanh nano $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$, ZnO hoặc chấm lượng tử PbS) và tế bào quang điện tấm chất nhạy quang (dye-sensitized solar cells, DSSC). Cấu trúc DSSC tồn tại ở ba dạng: chất điện phân dung môi, chất điện phân lỏng ion và chất vận chuyển lỗ trống trạng thái rắn (hoặc DSSC trạng thái rắn, nghĩa là SS-DSSC). Cấu trúc SS-DSSC theo một số phương án của sáng chế có thể gần như không bao gồm chất điện phân, thay vào đó bao gồm các vật liệu vận chuyển lỗ trống chẳng hạn như spiro-OMeTAD, CsSnI_3 và các vật liệu hoạt tính khác.

Một số vật liệu hoặc tất cả các vật liệu theo một số phương án của sáng chế cũng có thể được sử dụng có lợi 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: pin, tranzito hiệu ứng trường (field-effect

transistor, FET), điốt phát quang (light-emitting diode, LED), thiết bị quang học phi tuyến tính, điện trở nhớ (memristor), tụ điện, bộ chỉnh lưu và/hoặc ăngten 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, pin PV lai, PV nhiều chuyển tiếp, FET, LED, v.v.). Các thiết bị này theo một số phương án bao gồm các vật liệu hoạt tính được cải thiện, lớp phân cách và/hoặc một hoặc nhiều vật liệu perovskit. Vật liệu perovskit có thể được kết hợp vào một hoặc nhiều thành phần khác nhau của PV hoặc thiết bị khác. Vật liệu perovskit theo một số phương án có thể có công thức tổng quát CMX_3 , trong đó: C bao gồm một hoặc nhiều cation (ví dụ, amin, amoni, kim loại nhóm 1, kim loại nhóm 2 và/hoặc 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, 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 nêu một cách 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 tham chiếu đến các hình vẽ minh họa khác nhau của các tế bào quang điện như được thể hiện trên Fig.1, Fig.3, Fig.4 và Fig.5. Ví dụ, một cấu trúc PV làm ví dụ theo một số phương án có thể gần như có dạng chất nền-anôt-IFL-lớp hoạt tính-IFL-catôt. Lớp hoạt tính theo một số phương án có thể là lớp quang hoạt và/hoặc lớp hoạt tính này có thể bao gồm vật liệu quang hoạt. Các lớp và vật liệu khác có thể được sử dụng trong tế bào quang điện như đã được biết đến trong lĩnh vực kỹ thuật. Ngoài ra, cần lưu ý rằng việc sử dụng thuật ngữ “lớp hoạt tính” không có nghĩa là giới hạn hoặc định ra, một cách rõ ràng hay ngầm, các đặc tính của lớp khác bất kỳ, ví dụ, theo một số phương án, một trong hai hoặc cả hai IFL cũng có thể là thành phần hoạt tính do chúng có thể là chất bán dẫn. Cụ thể là, dựa vào Fig.4, tế bào PV tổng quát cách điệu 2610 được mô tả, minh họa bản chất xen kẽ cao của một số lớp nằm trong PV. PV 2610 thể hiện cấu trúc tổng quát áp dụng được cho một vài thiết bị PV, chẳng hạn như các phương án PV DSSC. Các tế bào PV 2610 bao gồm lớp trong suốt 2612 làm từ kính (hoặc vật liệu trong suốt tương tự đối với bức xạ mặt trời) mà 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, lớp nền 1507 của Fig.1), và lớp này có thể bao gồm một hoặc nhiều vật liệu cứng hoặc mềm dẻo khác nhau chẳng hạn như: kính, polyetylen, PET, Kapton, thạch anh, lá nhôm, lá vàng hoặc thép. Lớp quang hoạt 2616 bao gồm chất nhường 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 được lưu ý trước đó, lớp hoạt tính theo một số phương án không nhất thiết là lớp quang hoạt, mặt dù trong thiết bị được thể hiện trên Fig.4, lớp này là lớp quang hoạt. Lớp điện cực 2624 là vật liệu nhôm. Các vật liệu khác có thể được sử dụng như đã được biết đến trong lĩnh vực kỹ thuật. Tế bào 2610 còn bao gồm lớp phân cách (interfacial layer, IFL) 2626, được thể hiện trong các ví dụ của Fig.4 dưới dạng vật liệu PEDOT:PSS. IFL có thể hỗ trợ trong việc phân tách điện tích. Theo một số phương án, IFL 2626 có thể bao gồm hợp chất hữu cơ quang hoạt theo sáng chế dưới dạng 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 đôi phủ mỏng, mà được nêu một cách chi tiết hơn dưới đây. Cũng có thể có IFL 2627 trên mặt nhôm-catốt của thiết bị. Theo một số phương án, IFL 2627 trên mặt nhôm-catốt của thiết bị cũng có thể hoặc thay vào đó bao gồm hợp chất hữu cơ quang hoạt theo sáng chế dưới dạng lớp đơn tự lắp ráp (SAM) hoặc dưới dạng màng mỏng. Theo các phương án khác, IFL 2627 trên mặt nhôm-catốt của thiết bị còn có thể hoặc thay vào đó bao gồm lớp đôi phủ mỏng (một lần nữa, được nêu một cách chi tiết hơn dưới đây). IFL theo một số phương án có thể là chất bán dẫn, và có thể là loại *p* hoặc loại *n*. Theo một số phương án, IFL trên mặt catốt của thiết bị (ví dụ, IFL 2627 như được thể hiện trên Fig.4) có thể là loại *p*, và IFL trên mặt 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 mặt catốt có thể là loại *n* và IFL mặt anốt có thể là loại *p*. Các tế bào 2610 được gắn vào các dây dẫn 2630 và bộ phận phóng điện 2632, chẳng hạn như pin.

Các phương án khác nữa có thể được mô tả dựa vào Fig.3, hình vẽ mô tả thiết kế thiết bị BHJ cách điệu, và bao gồm: lớp nền kính 2410; điện cực ITO (oxit indi pha thiếc) 2402, lớp phân cách (IFL) 2402; lớp quang hoạt 2404 và các catốt LiF/Al 2405. Các vật liệu của cấu trúc BHJ được đề cập đến chỉ là các ví dụ; cấu trúc BHJ khác bất kỳ đã biết trong lĩnh vực kỹ thuật có thể được sử dụng nhất quán 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 tính hoặc quang hoạt 2616 của thiết bị của Fig.4 có thể bao gồm.

Fig.1 là hình vẽ minh họa được đơn giản hóa của các PV DSSC theo một số phương án, được đề cập ở đây nhằm mục đích minh họa việc lắp ráp các PV làm ví dụ này. DSSC làm ví dụ như được thể hiện trên Fig.1 có thể được tạo kết cấu như sau: lớp điện cực 1506 (được thể hiện dưới dạng oxit thiếc pha flo (FTO)) được lắng đọng trên lớp nền 1507 (được

thể hiện dưới dạng kính). Lớp mao quản trung bình ML 1505 (mà theo một số phương án có thể là TiO_2) được lắng đọng lên trên lớp điện cực 1506, sau đó quang điện cực (cho đến lúc này bao gồm lớp nền 1507, lớp điện cực 1506 và lớp mao quản trung bình 1505) được nhúng trong dung môi (không được thể hiện trên hình vẽ) và chất màu nhạy quang 1504. Điều này khiến chất màu nhạy quang 1504 liên kết vào bề mặt của ML. Điện cực đối tách biệt được tạo ra bao gồm lớp nền 1501 (còn được thể hiện dưới dạng kính) và lớp điện cực 1502 (được thể hiện dưới dạng Pt/FTO). Quang điện cực và điện cực đối được kết hợp, kẹp nhiều lớp từ 1502 đến 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 lần lượt được sử dụng làm catốt và anốt. Lớp chất điện phân 1503 được lắng đọng trực tiếp trên quang điện cực hoàn thiện sau lớp chất màu nhạy quang 1504 hoặc thông qua khe hở của thiết bị, thường là lỗ được khoan trước bằng cách phun cát vào lớp nền của điện cực đối 1501. Tế bào này cũng có thể được gắn vào các dây dẫn và bộ phận phóng điện, chẳng hạn như pin (không được thể hiện trên hình vẽ). Lớp nền 1507 và lớp điện cực 1506, và/hoặc lớp nền 1501 và lớp điện cực 1502 cần trong suốt đủ để cho phép bức xạ mặt trời đi xuyên qua đến chất màu nhạy quang hoạt động 1504. Theo một số phương án, điện cực đối và/hoặc quang điện cực có thể cứng, trong khi theo các phương án khác, một trong hai hoặc cả hai điện cực này có thể dẻo. Các lớp nền theo các phương án khác nhau có thể bao gồm một hoặc nhiều vật liệu trong số: kính, polyetylen, PET, Kapton, thạch anh, là nhôm, lá vàng và thép. Theo các phương án nhất định, DSSC có thể còn bao gồm lớp bẫy ánh sáng 1601, như được thể hiện trên Fig.2, để tán xạ ánh sáng tới để tăng chiều dài của đường truyền ánh sáng thông qua lớp quang hoạt của thiết bị (nhờ đó tăng khả năng ánh sáng được hấp thụ ở lớp quang hoạt).

Theo một số phương án khác, sáng chế đề xuất DSSC trạng thái rắn. DSSC trạng thái rắn theo một số phương án có thể tạo ra các ưu điểm chẳng hạn như không xảy ra vấn đề rò rỉ và/hoặc ăn mòn mà có thể ảnh hưởng đến DSSC bao gồm chất điện môi lỏng. Ngoài ra, chất mang điện tích trạng thái rắn có thể giúp tăng cường các tính chất vật lý của thiết bị (ví dụ, truyền tải điện tích nhanh hơn). Ngoài ra, chất điện môi trạng thái rắn có thể, theo một số phương án, là chất quang hoạt và do đó đóng góp vào nguồn năng lượng bắt nguồn từ thiết bị DSSC trạng thái rắn.

Một vài ví dụ về DSSC trạng thái rắn có thể được mô tả dựa vào Fig.5, hình vẽ này là sơ đồ cách điệu của DSSC trạng thái rắn điển hình. Đối với tế bào quang điện làm ví dụ được mô tả, ví dụ, trên Fig.4, lớp hoạt tính biểu diễn vật liệu hoạt tính thứ nhất và thứ hai

(ví dụ, vật liệu dẫn và/hoặc bán dẫn) (lần lượt là 2810 và 2815) được kẹp giữa các điện cực 2805 và 2820 (lần lượt được thể hiện trên Fig.5 dưới dạng Pt/FTO và FTO). Theo phương án được thể hiện trên Fig.5, vật liệu hoạt tính thứ nhất 2810 là vật liệu hoạt tính loại p, và bao gồm chất điện môi trạng thái rắn. Theo các phương án nhất định, vật liệu hoạt tính thứ nhất 2810 có thể bao gồm vật liệu hữu cơ chẳng hạn như spiro-OMeTAD và/hoặc poly(3-hexylthiophen), phức hợp vô cơ bậc hai, bậc ba, bậc bốn hoặc phức tạp hơn, vật liệu bán dẫn rắn, hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng. Theo một số phương án, vật liệu hoạt tính thứ nhất có thể ngoài ra hoặc thay vào đó bao gồm oxit và/hoặc sulfit và/hoặc selenit và/hoặc iodua (ví dụ, CsSnI₃). Do đó, ví dụ, vật liệu hoạt tính thứ nhất theo một số phương án có thể bao gồm vật liệu loại p trạng thái rắn, vật liệu này có thể bao gồm đồng iodua sulfit, và theo một số phương án, có thể bao gồm đồng iodua gali selen. Vật liệu hoạt tính thứ hai 2815 được thể hiện trên Fig.5 là vật liệu hoạt tính loại n và bao gồm TiO₂ được phủ chất màu nhạy quang. Theo một số phương án, vật liệu hoạt tính thứ hai có thể bao gồm vật liệu hữu cơ chẳng hạn như spiro-OMeTAD, phức hợp vô cơ bậc hai, bậc ba, bậc bốn hoặc phức tạp hơn, hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng. Theo một số phương án, vật liệu hoạt tính thứ hai có thể bao gồm oxit chẳng hạn như nhôm oxit và/hoặc nó có thể bao gồm sulfit và/hoặc nó có thể bao gồm selen. Do đó, theo một số phương án, vật liệu hoạt tính thứ hai có thể bao gồm đồng iodua, và theo một số phương án, nó có thể bao gồm kim loại đồng iodua gali selen. Vật liệu hoạt tính thứ hai 2815 theo một số phương án có thể tạo thành lớp mao quản trung bình. Ngoài ra, ngoài việc là chất hoạt tính, một trong hai hoặc cả hai vật liệu hoạt tính thứ nhất 2810 và thứ hai 2815 có thể là chất quang hoạt. Theo một số phương án (không được thể hiện trên Fig.5), vật liệu hoạt tính thứ hai có thể bao gồm chất điện phân rắn. Ngoài ra, theo các phương án trong đó vật liệu hoạt tính thứ nhất 2810 và thứ hai 2815 bao gồm chất điện phân rắn, thiết bị PV có thể thiếu lượng chất điện phân lỏng cần thiết. Mặc dù được thể hiện và tham chiếu đến trên Fig.5 dưới dạng lớp trạng thái rắn, loại p (ví dụ, vật liệu hoạt tính thứ nhất bao gồm chất điện phân rắn) thay vào đó có thể, theo một số phương án, là chất bán dẫn loại n. Theo các phương án này, thì, vật liệu hoạt tính thứ hai (ví dụ, TiO₂ (hoặc vật liệu mao quản trung bình khác) như được thể hiện trên Fig.5) được phủ bằng chất màu nhạy quang có thể là chất bán dẫn loại p (đôi nghịch với chất bán dẫn loại n như được thể hiện, và thảo luận liên quan đến Fig.5).

Các lớp nền 2810 và 2825 (cả hai lớp này được thể hiện trên Fig.5 dưới dạng kính) tạo ra các lớp trên cùng và dưới cùng tương ứng của các tế bào quang điện làm ví dụ của

Fig.5. Các lớp này có thể bao gồm vật liệu đủ trong suốt để cho phép bức xạ mặt trời đi xuyên qua đến lớp hoạt tính/quang hoạt bao gồm chất màu nhạy quang, vật liệu hoạt tính và/hoặc quang hoạt thứ nhất 2810 và thứ hai 2815, chẳng hạn như kính, polyetylen, PET, Kapton, thạch anh, lá nhôm, lá vàng và/hoặc thép. Ngoài ra, theo phương án được thể hiện trên Fig.5, điện cực 2805 (được thể hiện dưới dạng Pt/FTO) là catôt và điện cực 2820 là anôt. Đối với tế bào quang điện được mô tả, ví dụ, trên Fig.4, bức xạ mặt trời đi xuyên qua lớp nền 2825 và điện cực 2820 đến lớp hoạt tính, sau đó ít nhất một phần bức xạ mặt trời được hấp thụ để tạo ra một hoặc nhiều exciton để tạo ra điện.

DSSC trạng thái rắn theo một số phương án có thể được tạo kết cấu theo cách gần như tương tự với cách được mô tả liên quan đến DSSC được mô tả dưới dạng được cách điệu trên Fig.1. Theo phương án được thể hiện trên Fig.5, vật liệu hoạt tính loại p 2810 tương ứng với chất điện phân 1503 của Fig.1; vật liệu hoạt tính loại n 2815 tương ứng với chất màu nhạy quang 1504 và ML 1505 của Fig.1; điện cực 2805 và 2820 lần lượt tương ứng với các lớp điện cực 1502 và 1506 của Fig.1; và các lớp nền 2801 và 2825 lần lượt tương ứng với lớp nền 1501 và 1507.

Các phương án khác nhau theo sáng chế đề xuất vật liệu và/hoặc thiết kế được cải thiện theo các khía cạnh khác nhau của tế bào quang điện và thiết bị khác, bao gồm, ngoài các vật liệu khác, vật liệu hoạt tính (bao gồm các lớp vận chuyển lỗ trống và vận chuyển điện tử), các lớp phân cách và thiết kế thiết bị tổng thể.

Lớp phân cách

Một số phương án theo sáng chế đề cập đến vật liệu và thiết kế có lợi của một hoặc nhiều lớp phân cách trong PV, bao gồm các IFL phủ mỏng. IFL phủ mỏng có thể được sử dụng trong một hoặc nhiều IFL của PV theo nhiều phương án được nêu ở đây.

Trước tiên, như được đề cập trước đó, 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 lắp ráp (self-assembled monolayer, SAM) hoặc ở dạng màng mỏng. Khi hợp chất hữu cơ quang hoạt theo sáng chế được áp dụng ở dạng SAM, nó có thể bao gồm nhóm liên kết qua đó liên kết cộng hóa trị hoặc liên kết khác được liên kết với bề mặt của một trong hai hoặc cả hai anôt và catôt. Nhóm liên kết theo một số phương án có thể bao gồm một hoặc nhiều COOH, SiX₃ (trong đó X có thể là gốc bất kỳ thích hợp để tạo ra hợp chất silic bậc bốn, chẳng hạn như Si(OR)₃ và SiCl₃), SO₃,

PO_4H , OH , CH_2X (trong đó X có thể bao gồm halide nhóm 17) và O. Nhóm liên kết có thể là liên kết cộng hóa trị hoặc liên kết khác được liên kết với gốc thu điện tử, gốc nhường điện tử và/hoặc gốc lõi. Nhóm liên kết có thể gắn vào bề mặt điện cực theo cách để tạo ra lớp có tổ chức, định hướng của một phân tử duy nhất (hoặc, theo một số phương án, nhiều phân tử) theo chiều dày (ví dụ, trong đó nhiều hợp chất hữu cơ quang hoạt được liên kết với anốt và/hoặc catốt). Như được lưu ý, SAM có thể liên kết thông qua tương tác cộng hóa trị, nhưng theo một số phương án, có thể liên kết thông qua tương tác ion, liên kết hydro và/hoặc lực phân tán (nghĩa là, Van Der Waals). Ngoài ra, theo một số phương án, khi tiếp xúc với ánh sáng, SAM có thể trở thành trạng thái kích thích chất lưỡng tính, nhờ đó tạo ra IFL phân cực cao, IFL này có thể trực tiếp thay đổi chất mang từ lớp hoạt tính thành điện cực (ví dụ, một trong hai anốt hoặc catốt). Việc đưa vào chất mang điện tích năng cao này, theo một số phương án, được hoàn thành bằng cách tạo cực mặt cắt của lớp hoạt tính và nhờ đó tăng vận tốc dịch chuyển chất mang điện tích về phía điện cực tương ứng của chúng (ví dụ, lỗ trống đến anốt; điện tử đến catốt). Các phân tử dùng cho các ứng dụng anốt theo một số phương án có thể bao gồm các hợp chất điều hướng được, các phân tử này bao gồm gốc nhường điện tử chính được liên kết với các gốc lõi, gốc này đến lượt nó được liên kết với gốc thu điện tử, gốc này đến lượt nó được liên kết với nhóm liên kết. Trong các ứng dụng theo một số phương án, phân tử IFL có thể bao gồm hợp chất điều hướng được bao gồm gốc nghèo điện tử được liên kết với gốc lõi, gốc này đến lượt nó được liên kết với gốc nhường điện tử, gốc này đến lượt nó lại được liên kết với nhóm liên kết. Khi hợp chất hữu cơ quang hoạt được sử dụng làm IFL theo phương án này, thì có thể duy trì đặc điểm quang hoạt, mặc dù theo một số phương án nó không cần thiết là chất quang hoạt.

Ngoài 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 trên ít nhất một phần của vật liệu hoạt tính thứ nhất hoặc thứ hai theo các phương án này (ví dụ vật liệu hoạt tính thứ nhất 2810 hoặc thứ hai 2815 như được thể hiện trên Fig.5). Và, đến lượt nó, ít nhất một phần của lớp IFL phủ mỏng có thể được phủ bằng chất màu nhạy quang. IFL phủ mỏng có thể không phải là một trong hai loại n hoặc loại p; theo một số phương án, nó có thể là cùng loại với vật liệu nằm bên dưới (ví dụ, TiO_2 hoặc vật liệu mao quản trung bình khác, chẳng hạn như TiO_2 của vật liệu hoạt tính thứ hai 2815). Vật liệu hoạt tính thứ hai có thể bao gồm TiO_2 được phủ với IFL phủ mỏng bao gồm nhôm oxit (ví dụ, Al_2O_3) (không được thể hiện trên Fig.5), IFL này đến lượt nó lại được phủ bằng chất

màu nhạy quang. Các tham chiếu đến TiO_2 và/hoặc titan oxit không nhằm giới hạn tỉ lệ của thiếc và oxit trong các hợp chất thiếc oxit được mô tả ở đây. Nghĩa là, hợp chất titan oxit có thể bao gồm titan ở một hoặc nhiều trạng thái oxy hóa khác nhau của nó (ví dụ, titan I, titan II, titan III, titan IV), và do đó theo các phương án khác nhau có thể bao gồm lượng titan và oxit tỷ lệ và/hoặc phi tỷ lệ. Do đó, nhiều phương án có thể bao gồm (thay vì hoặc ngoài TiO_2) Ti_xO_y , trong đó x có thể là giá trị bất kỳ, số nguyên hoặc không phải là số nguyên, nằm giữa 1 và 100. Theo một số phương án, x có thể nằm trong khoảng xấp xỉ từ 0,5 đến 3. Tương tự, y có thể nằm trong khoảng xấp xỉ từ 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 theo tỉ lệ bất kỳ hoặc tổ hợp của các tỉ lệ giữa titan và oxit có thể là một hoặc nhiều cấu trúc tinh thể bất kỳ theo một số phương án, bao gồm một hoặc nhiều chất trong số anatase, rutile 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 oxit kim loại bán dẫn, chẳng hạn như NiO , WO_3 , V_2O_5 hoặc MoO_3 . Các phương án làm ví dụ này trong đó vật liệu hoạt tính 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 ra, ví dụ, bằng vật liệu tiền chất chẳng hạn như $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$, hoặc vật liệu thích hợp khác bất kỳ để lắng đọng Al_2O_3 trên TiO_2 , sau đó là ủ nhiệt và phủ chất màu nhạy quang. Theo một số phương án trong đó lớp phủ MoO_3 thay vào đó được sử dụng, lớp phủ này có thể được tạo ra bằng vật liệu tiền chất chẳng hạn như $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; trong đó lớp phủ V_2O_5 theo các phương án có thể được tạo ra bằng vật liệu tiền chất chẳng hạn như NaVO_3 ; và lớp phủ WO_3 theo một số phương án có thể được tạo ra bằng vật liệu tiền chất chẳng hạn 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 của màng (ở đây, là Al_2O_3) được lắng đọng trên TiO_2 hoặc vật liệu hoạt tính. Do đó, việc biến đổi nồng độ của vật liệu tiền chất có thể là phương pháp mà nhờ đó độ dày của màng có thể được kiểm soát. Ví dụ, độ dày của màng lớn hơn có thể do nồng độ của vật liệu tiền chất 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. Do đó, phương pháp theo sáng chế có thể bao gồm lớp phủ TiO_2 (hoặc lớp mao quản trung bình) sử dụng vật liệu tiền chất có nồng độ nằm trong khoảng xấp xỉ từ 0,5 đến 10 mM; các phương án khác có thể bao gồm việc phủ lớp này bằng vật liệu tiền chất có nồng độ nằm trong khoảng xấp xỉ từ 2,0 đến 6,0 mM; hoặc theo các phương án khác, xấp xỉ từ 2,5 đến 5,5 mM.

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

Tương tự, mặc dù tham chiếu đến MoO_3 , WO_3 và V_2O_5 , nhưng các hợp chất này có thể thay vào đó hoặc ngoài ra, lần lượt được thể hiện dưới dạng Mo_xO_y , W_xO_y và V_xO_y . Liên quan đến mỗi trong số Mo_xO_y và W_xO_y , x có thể là giá trị bất kỳ, số nguyên hoặc không phải là số nguyên, nằm trong khoảng xấp xỉ từ 0,5 đến 100; theo một số phương án, nó có thể nằm trong khoảng xấp xỉ từ 0,5 đến 1,5. Tương tự, y có thể là giá trị bất kỳ, số nguyên hoặc không phải là số nguyên, nằm trong khoảng xấp xỉ từ 1 đến 100. Theo một số phương án, x có thể là giá trị bất kỳ nằm trong khoảng xấp xỉ từ 1 đến 4. Liên quan đến V_xO_y , x có thể là giá trị bất kỳ, số nguyên hoặc không phải là số nguyên, nằm trong khoảng xấp xỉ từ 0,5 đến 100; theo một số phương án, nó có thể nằm trong khoảng xấp xỉ từ 0,5 đến 1,5. Tương tự, y có thể là giá trị bất kỳ, số nguyên hoặc không phải là số nguyên, nằm trong khoảng xấp xỉ từ 1 đến 100; theo các phương án nhất định, nó có thể là giá trị nguyên hoặc không nằm trong khoảng xấp xỉ từ 1 đến 10.

Tương tự, các tham chiếu đến CsSnI_3 theo một số phương án làm ví dụ không được dự định để giới hạn các tỉ lệ của các yếu tố thành phần trong hợp chất xesi-thiếc-iot theo các phương án khác nhau. Một số phương án có thể bao gồm lượng thiếc và iot dựa tỷ lệ lượng và/hoặc phi tỷ lệ lượng, và do đó các phương án này có thể thay vào đó hoặc ngoài ra bao gồm các tỉ lệ khác nhau của xesi, thiếc và iot, chẳng hạn như một hoặc nhiều hợp chất xesi-thiếc-iot bất kỳ, mỗi hợp chất này có tỉ lệ $\text{Cs}_x\text{Sn}_y\text{I}_z$. Theo một số phương án này, x có thể là giá trị bất kỳ, số nguyên hoặc không phải là số nguyên, nằm trong khoảng từ 0,1 đến 100. Theo

một số phương án, x có thể nằm trong khoảng xấp xỉ từ 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 không phải là số nguyên, nằm trong khoảng từ 0,1 đến 100. Theo một số phương án, y có thể nằm trong khoảng xấp xỉ từ 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 không phải là số nguyên, nằm trong khoảng từ 0,1 đến 100. Theo một số phương án, z có thể nằm trong khoảng xấp xỉ từ 2,5 đến 3,5. Ngoài ra, CsSnI_3 có thể được pha tạp hoặc được kết hợp với các hợp chất khác, chẳng hạn như SnF_2 , với tỉ lệ là $\text{CsSnI}_3:\text{SnF}_2$ nằm trong khoảng từ 0,1:1 đến 100:1, bao gồm tất cả các giá trị (số nguyên hoặc không phải là số nguyên) nằm giữa.

Ngoài ra, IFL phủ mỏng có thể bao gồm hai lớp. Do đó, quay trở lại ví dụ trong đó IFL phủ mỏng bao gồm kim loại oxit (chẳng hạn như nhôm oxit), IFL phủ mỏng có thể bao gồm TiO_2 -và-kim loại oxit. IFL phủ mỏng này có thể có khả năng lớn hơn để duy trì tái kết hợp điện tích khi so sánh với TiO_2 mao quản trung bình hoặc vật liệu hoạt tính khác độc lập. Ngoài ra, khi tạo ra lớp TiO_2 , lớp phủ TiO_2 thứ cấp thường cần thiết để tạo ra liên kết vật lý đủ mạnh đối với 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 tính mao quản trung bình khác) có thể bao gồm tổ hợp của lớp phủ sử dụng hợp chất bao gồm cả hai oxit kim loại và TiCl_4 , tạo ra IFL phủ mỏng hai lớp bao gồm tổ hợp của kim loại oxit và lớp phủ TiO_2 thứ cấp, lớp này có thể tạo ra hiệu năng cải thiện so với việc sử dụng chỉ một loại vật liệu.

Các IFL phủ mỏng và các phương pháp phủ các IFL này lên TiO_2 được nêu ở trên, theo một số phương án, có thể được sử dụng trong các DSSC bao gồm các chất điện phân lỏng. Do đó, quay trở lại ví dụ về IFL phủ mỏng và quay trở lại Fig.1, DSSC dựa vào Fig.1 có thể còn bao gồm IFL phủ mỏng như được mô tả ở trên được phủ trên lớp mao quản trung bình 1505 (nghĩa là, IFL phủ mỏng có thể được chèn giữa lớp mao quản trung bình 1505 và chất màu nhạy quang 1504).

Theo một số phương án, IFL phủ mỏng được nêu trước đó trong ngữ cảnh DSSC có thể được sử dụng ở lớp phân cách bất kỳ của thiết bị bán dẫn chẳng hạn như PV (ví dụ, PV lai hoặc PV khác), tranzito hiệu ứng trường, điốt phát quang, thiết bị quang học phi tuyến tính, điện trở nhớ, tụ điện, bộ chỉnh lưu, ăngten chỉnh lưu, v.v.. Ngoài ra, IFL phủ mỏng theo một số phương án có thể được sử dụng trong nhiều thiết bị trong tổ hợp với các hợp chất khác được nêu trong phần mô tả này, bao gồm nhưng không bị giới hạn ở một hoặc nhiều vật liệu bất kỳ theo các phương án khác nhau của sáng chế trong số: vật liệu vận

chuyển lỗ trống rấn chẳng hạn như vật liệu hoạt tính và các chất phụ trợ (chẳng hạn như, theo một số phương án, axit chenodeoxycholic hoặc 1,8-diiodooctan).

Các thiết bị điện minh họa khác

Các thiết bị làm ví dụ khác theo một số phương án là PV màng mỏng monoliti và pin hoặc pin PV lai.

Pin PV lai theo sáng chế có thể thường bao gồm tế bào PV và phần pin dùng chung điện cực và được ghép nối điện theo cách nối tiếp hoặc song song. Ví dụ, các pin PV lai theo một số phương án có thể được mô tả dựa vào Fig.6, mà là sơ đồ được cách điệu của các thành phần của pin PV lai làm ví dụ, và bao gồm: lớp bọc 3601; ít nhất ba điện cực 3602, 3604 và 3606, ít nhất một trong số các điện cực này là điện cực chung (ở đây, là 3604) được chia sẻ bởi phần PV của thiết bị và phần pin của thiết bị; lớp hoạt tính PV 3603; lớp hoạt tính pin 3605; và lớp nền 3607. Theo các phương án làm ví dụ, các tế bào PV của thiết bị có thể bao gồm một điện cực 3602 (điện cực này theo một số phương án được tham chiếu đến dưới dạng điện cực PV) và lớp hoạt tính PV 3603, trong khi pin của thiết bị có thể bao gồm điện cực không dùng chung 3606 (điện cực này theo một số phương án có thể được tham chiếu đến dưới dạng điện cực của pin) và lớp hoạt tính của pin 3605. Tế bào PV và phần pin theo phương án này dùng chung điện cực 3604. Theo một số phương án, pin PV lai có thể là pin monoliti, nghĩa là, được in trên một lớp nền duy nhất. Theo các phương án này, cả hai tế bào PV và thành phần pin nên là các thiết bị loại màng mỏng. Theo một số phương án, cả hai tế bào PV và pin có thể có khả năng được in bằng các kỹ thuật thông lượng cao chẳng hạn như in phun, in phủ, in lốm và in cuộn.

Tế bào PV theo một số phương án có thể bao gồm DSSC, BHJ, PV lai hoặc loại PV khác bất kỳ đã biết trong lĩnh vực kỹ thuật, chẳng hạn như các PV catmi telurit (CdTe) hoặc PV CIGS (đồng-inđi-gali-selen). Ví dụ, theo một số phương án trong đó tế bào PV của pin PV lai bao gồm DSSC, tế bào PV có thể được mô tả bằng cách so sánh giữa chất điện phân lỏng làm ví dụ DSSC của Fig.1 và tế bào PV của pin PV lai làm ví dụ của Fig.6. Cụ thể là, điện cực PV 3602 có thể tương ứng với lớp điện cực 1502; lớp hoạt tính PV 3603 có thể tương ứng với chất điện phân 1503, chất màu nhạy quang 1504 và ML 1505; và điện cực chung 3604 có thể tương ứng với lớp điện cực 1506. PV khác bất kỳ có thể tương ứng với các thành phần của tế bào PV theo một số phương án của pin PV lai, với lợi ích của sáng chế sẽ là hiển nhiên đối với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật kỹ thuật

liên quan. Ngoài ra, đối với thiết bị PV được nêu ở đây, lớp hoạt tính PV trong tế bào PV của thiết bị này, theo một số phương án, có thể bao gồm một hoặc nhiều vật liệu trong số: lớp phân cách và vật liệu hoạt tính thứ nhất và/hoặc thứ hai (mỗi trong số các vật liệu này có thể là chất bán dẫn loại n hoặc loại p, và một trong hai hoặc cả hai vật liệu này có thể bao gồm lớp phân cách kim loại oxit theo các phương án khác nhau được nêu ở đây).

Phần pin của thiết bị này có thể cấu tạo từ, theo pin đã được biết đến trong lĩnh vực kỹ thuật, ion liti hoặc kẽm không khí. Theo một số phương án, pin có thể là pin màng mỏng.

Do đó, ví dụ, pin PV lai theo một số phương án có thể bao gồm DSSC được tích hợp pin kẽm không khí. Cả hai thiết bị thuộc kiểu màng mỏng và có khả năng được in bằng các kỹ thuật thông lượng cao chẳng hạn như in phun, in cuộn theo một số phương án của sáng chế. Trong ví dụ này, pin kẽm không khí được in trước tiên trên lớp nền (tương ứng với lớp nền 3607) được hoàn thành bởi điện cực đối. Điện cực đối của pin sau đó trở thành điện cực chung (tương ứng với điện cực chung 3604) dưới dạng lớp quang hoạt (tương ứng với lớp hoạt tính PV 3603) được in sau đó trên điện cực 3604. Thiết bị này được hoàn thành bằng điện cực cuối cùng (tương ứng với điện cực PV 3602), và được bọc bằng lớp bọc (tương ứng với lớp bọc 3601). Chất bọc này có thể bao gồm epoxi, polyvinyliden fluorit (PVDF), etyl-vinyl axetat (EVA), Parylen C hoặc vật liệu khác bất kỳ thích hợp để bảo vệ thiết bị khỏi môi trường.

Theo một số phương án, pin PV lai có thể tạo ra một số ưu điểm so với pin hoặc thiết bị PV đã biết. Theo các phương án trong đó pin PV lai là pin monoliti, pin này có thể có độ bền được gia tăng do không có dây dẫn. Tổ hợp của hai thiết bị tách biệt thành một (PV và pin) còn có thể làm giảm đáng kể kích thước và trọng lượng khi so sánh với việc sử dụng PV riêng để nạp điện pin riêng. Theo các phương án trong đó pin PV lai bao gồm tế bào PV loại màng mỏng và phần pin, tế bào PV loại mỏng một cách có lợi có thể có khả năng được in cùng hàng với pin trên lớp nền được biết đến trong công nghiệp pin, chẳng hạn như polyimide (ví dụ, Kapton hoặc polyetylen terephthalat (PET)). Ngoài ra, hình thức cuối cùng của pin PV lai có thể, theo một số phương án, được thực hiện để phù hợp với hình thức pin chuẩn (ví dụ, để sử dụng trong các thiết bị điện tử tiêu dùng), chẳng hạn như dạng đồng xu, AAA, AA, C, D hoặc dạng khác; hoặc để sử dụng trong, ví dụ, điện thoại di động). Theo một số phương án, pin có thể được nạp bằng cách lấy ra khỏi thiết bị và đặt ngoài ánh sáng mặt trời. Theo một số phương án khác, pin có thể được thiết kế sao cho tế bào PV của pin quay mặt ra bên ngoài thiết bị (ví dụ, pin không được bọc trong thiết bị) để thiết bị có thể

được nạp điện bằng cách tiếp xúc với ánh sáng mặt trời. Ví dụ, điện thoại di động có thể bao gồm pin PV lai với tế bào PV của pin đối mặt với phần bên ngoài của điện thoại (ngược lại với việc đặt toàn bộ pin bên trong phần được đẩy của điện thoại).

Ngoài ra, một số phương án theo sáng chế có thể đề xuất tế bào PV nhiều lớp quang hoạt. Tế bào này có thể bao gồm ít nhất hai lớp quang hoạt, mỗi lớp quang hoạt được tách biệt với nhau bằng lớp nền dẫn điện hai mặt dùng chung (nghĩa là lớp dẫn điện/lớp cách điện/lớp dẫn điện). Lớp quang hoạt và (các) lớp nền dùng chung theo một số phương án có thể được kẹp giữa các lớp dẫn điện (ví dụ, lớp nền dẫn điện, hoặc các lớp dẫn điện được liên kết hoặc ghép nối với lớp nền). Theo một số phương án, một hoặc nhiều lớp dẫn điện và/hoặc lớp nền có thể trong suốt đối với ít nhất một số bức xạ điện từ nằm trong phổ UV, phổ nhìn thấy hoặc phổ IR.

Mỗi lớp quang hoạt có thể được bố trí theo các lớp hoạt tính và/hoặc quang hoạt của thiết bị PV bất kỳ trong số các thiết bị PV khác nhau được nêu trong bản mô tả này (ví dụ, DSSC, BHJ, lai). Theo một số phương án, mỗi lớp quang hoạt có thể có khả năng hấp thụ các bước sóng khác nhau của bức xạ điện từ. Kết cấu này có thể được tạo ra bởi phương tiện bất kỳ mà là hiển nhiên đối với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật.

Tế bào PV nhiều lớp quang hoạt làm ví dụ theo một số phương án có thể được mô tả bằng cách tham chiếu đến sơ đồ cách điệu của Fig.7, mà minh họa kết cấu cơ bản của một số tế bào PV này. Fig.7 thể hiện các lớp quang hoạt thứ nhất và thứ hai (lần lượt là 3701 và 3705) được tách biệt bởi lớp nền dẫn điện hai mặt dùng chung 3710 (ví dụ, Fig.7 thể hiện cấu trúc của lớp dẫn điện/lớp cách điện/lớp dẫn điện tổng quát). Hai lớp quang hoạt 3701 và 3705 và lớp nền 2710, được kẹp giữa lớp nền dẫn điện thứ nhất 3715 và thứ hai 3720. Trong cách thiết kế này, mỗi lớp quang hoạt 3701 và 3705 bao gồm chất màu nhạy quang theo kết cấu giống như DSSC. Hơn nữa, chất màu nhạy quang 3710 có khả năng hấp thụ bức xạ điện từ ở phần thứ nhất của phổ EM nhìn thấy (ví dụ, ánh sáng tới màu xanh lam 3750 và xanh lục 3751), trong khi đó chất màu nhạy quang của lớp quang hoạt 3705 có khả năng hấp thụ bức xạ điện từ ở phần thứ hai, khác của phổ EM nhìn thấy (ví dụ, ánh sáng đỏ 3755 và vàng 3756). Cần lưu ý rằng, mặc dù không phải là trường hợp được minh họa trên Fig.7, nhưng các thiết bị theo một số phương án có thể bao gồm các chất màu nhạy quang (hoặc các vật liệu của lớp quang hoạt khác) có khả năng hấp thụ bức xạ nằm trong phạm vi của bước sóng mà, nếu khác nhau, thì chồng lấn. Khi kích thích mỗi lớp quang hoạt (ví dụ, bằng bức xạ mặt trời tới), thì các lỗ trống có thể di chuyển từ lớp quang hoạt thứ nhất 3701 đến lớp nền

dẫn điện thứ nhất 3715 và tương tự từ lớp quang hoạt thứ hai 3705 đến lớp nền dẫn điện thứ hai 3720. Theo đó, việc vận chuyển điện tử đồng hành có thể diễn ra từ mỗi lớp quang hoạt 3701 và 3705 đến lớp nền dẫn điện 3710. Chất dẫn điện hoặc các chất dẫn điện (dây dẫn chính 3735 như trên Fig.7) có thể còn vận chuyển các lỗ trống ra khỏi mỗi trong số các lớp nền dẫn điện thứ nhất 3715 và thứ hai 3720 về hướng cực âm 3730 của mạch điện (ví dụ, về phía catôt, đầu cuối của cực âm của pin, v.v.), trong khi chất dẫn điện hoặc các chất dẫn điện (ví dụ, dây dẫn chính 3745 và 3746 như trên Fig.7) có thể mang các điện tử ra khỏi lớp nền dùng chung 3710, về phía hướng cực dương 3735 của mạch điện.

Theo một số phương án, hai hoặc nhiều hơn hai tế bào PV nhiều lớp quang hoạt có thể được nối hoặc ghép nối điện (ví dụ, nối tiếp). Ví dụ, tham chiếu lại phương án làm ví dụ của Fig.7, dây dẫn 3735 dẫn các điện tử ra khỏi mỗi trong số các lớp nền dẫn điện thứ nhất 3715 và thứ hai 3720 có thể đến lượt nó được nối với lớp nền dẫn điện dùng chung hai mặt của tế bào PV nhiều lớp quang hoạt thứ hai (ví dụ, lớp nền dẫn điện dùng chung tương ứng với lớp nền dẫn điện dùng chung 3710 của tế bào PV làm ví dụ của Fig.7). Số lượng tế bào PV bất kỳ cũng có thể được nối nối tiếp. Theo đó, hiệu quả theo một số phương án là nhiều cặp tế bào PV song song được ghép nối nối tiếp (trong đó mỗi tế bào PV nhiều lớp quang hoạt có hai lớp quang hoạt và lớp nền dẫn điện hai mặt dùng chung có thể được coi là một cặp tế bào PV song song). Tương tự, tế bào PV nhiều lớp quang hoạt có ba lớp quang hoạt và hai lớp nền dẫn điện hai mặt dùng chung được kẹp giữa mỗi lớp quang hoạt có thể được coi là bộ ba tế bào PV song song, và do đó các tế bào PV nhiều lớp quang hoạt bao gồm bốn, năm và nhiều hơn năm lớp quang hoạt.

Ngoài ra, các tế bào PV nhiều lớp quang hoạt được ghép nối điện có thể còn được ghép nối điện với một hoặc nhiều pin để tạo ra pin PV lai theo các phương án nhất định.

Theo các phương án nhất định, việc ghép nối điện hai hoặc nhiều hơn hai tế bào PV nhiều lớp quang hoạt (ví dụ, kết nối nối tiếp của hai hoặc nhiều hơn hai đơn vị của cặp tế bào PV song song) theo cách nối tiếp có thể được thực hiện theo cách tương tự với cách được minh họa trên Fig.8A, mà mô tả việc ghép nối điện nối tiếp của bốn tế bào PV nhiều lớp quang hoạt 3810, 3820, 3830 và 3840 giữa anôt được phủ 3870 và catôt được phủ 3880. Các tế bào PV 3810, 3820, 3830 và 3840 có lớp nền bên ngoài thứ nhất chung 3850, và tế bào PV 3820 và 3830 có cùng lớp nền bên ngoài thứ hai chung 3851. Ngoài ra, lớp nền dùng chung chung 3885 chạy theo chiều dài của kết nối nối tiếp, và đối với mỗi tế bào PV tương ứng với lớp nền 3710 của phương án được cách điệu trên Fig.7. Mỗi trong số các tế

bào PV nhiều lớp quang hoạt 3810, 3820, 3830 và 3840 được thể hiện theo phương án của Fig.8A bao gồm hai lớp quang hoạt (ví dụ, các lớp quang hoạt 3811 và 3812 trong tế bào PV 3810) và hai quang điện cực (ví dụ, quang điện cực 3815 và 3816 trong tế bào PV 3810). Lớp quang hoạt theo các phương án này và các phương án tương ứng khác có thể bao gồm vật liệu quang hoạt và/hoặc hoạt tính bất kỳ như được bộc lộ ở trên (ví dụ, vật liệu hoạt tính thứ nhất, vật liệu hoạt tính thứ hai và/hoặc một hoặc nhiều lớp phân cách), và quang điện cực có thể bao gồm lớp nền và/hoặc vật liệu dẫn điện bất kỳ như điện cực được nêu trong bản mô tả này. Theo một số phương án, việc bố trí các lớp quang hoạt và quang điện cực có thể luân phiên từ tế bào này đến tế bào khác (ví dụ, để thiết lập ghép nối điện nối tiếp). Ví dụ, như được thể hiện trên Fig.8A, tế bào 3810 được bố trí giữa các lớp nền bên ngoài dùng chung theo cấu trúc: quang điện cực-lớp quang hoạt-lớp nền dùng chung-lớp quang hoạt-quang điện cực, trong khi tế bào 3820 thể hiện cách bố trí trong đó các quang điện cực và các lớp quang hoạt được đổi chỗ với nhau so với tế bào liền kề 3810, và tế bào 3830 tương tự thể hiện cách bố trí trong đó các quang điện cực và các lớp quang hoạt được đổi chỗ với nhau so với tế bào liền kề 3820 (và do đó được bố trí tương tự với tế bào 3810). Fig.8A bổ sung thêm nhiều chất bán dẫn trong suốt (3801, 3802, 3803, 3804, 3805, 3806, 3807 và 3808) được ghép nối với các phần của mỗi trong số các lớp nền chung 3850, 3851 và 3855 để cho phép ghép nối điện các tế bào PV 3810, 3820, 3830 và 3840. Ngoài ra, Fig.8A thể hiện việc ghép nối điện của nhiều tế bào PV với pin (ở đây là pin Li-Ion 3860) theo một số phương án. Việc ghép nối này cho phép các tế bào PV sạc pin Li-Ion theo cách tương tự với việc sạc các pin PV lai theo một số phương án đã được nêu trước đó. Fig.8B là sơ đồ điện tương đương thể hiện dòng điện thu được trong thiết bị của Fig.8A.

Các chất phụ trợ

Như được lưu ý trước đó, PV và các thiết bị khác theo một số phương án có thể bao gồm các chất phụ trợ (mà có thể là, ví dụ, một hoặc nhiều axit axetic, axit propanoic, axit trifloaxetic, axit chenodeoxycholic, axit deoxycholic, 1,8-diiodooctan và 1,8-đitiooctan). Các chất phụ trợ này có thể được sử dụng trực tiếp làm chất tiền xử lý trước khi ngâm chất màu nhạy quang hoặc được trộn theo các tỉ lệ khác nhau với chất màu nhạy quang để tạo ra dung dịch ngâm. Chất phụ trợ này, trong một số trường hợp, có thể có chức năng, ví dụ, tăng độ tan của chất màu nhạy quang, ngăn phân tử chất màu nhạy quang bị phân tán, chặn mở vị trí hoạt tính và cảm ứng trật tự phân tử trong số các phân tử chất màu nhạy quang. Chúng có thể được sử dụng với chất màu nhạy quang thích hợp bất kỳ, bao gồm hợp chất

quang hoạt theo các phương án khác nhau của sáng chế như được nêu ở đây.

Thiết kế thiết bị bao gồm vật liệu perovskit tổng hợp

Theo một số phương án, sáng chế có thể đề xuất thiết kế PV tổng hợp và các thiết bị tương tự khác (ví dụ, pin, pin PV lai, FET, LED, v.v.) bao gồm một hoặc nhiều vật liệu perovskit. Vật liệu perovskit có thể được kết hợp vào một hoặc nhiều thành phần khác nhau của PV hoặc thiết bị khác. Vật liệu perovskit theo các phương án sáng chế có thể có công thức tổng quát CMX_3 , trong đó: C bao gồm một hoặc nhiều cation (ví dụ, amin, amoni, kim loại nhóm 1, kim loại nhóm 2 và/hoặc 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, 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, catio hữu cơ có công thức tổng quát $[NR_4]^+$ trong đó nhóm R có thể là các nhóm giống hoặc khác nhau. Nhóm R thích hợp bao gồm, nhưng không bị giới hạn ở: metyl, etyl, propyl, butyl, nhóm pentyl hoặc isome của nó; alkan, alken hoặc alkyn C_xH_y bất kỳ, trong đó $x = 1 - 20$, $y = 1 - 42$, dạng vòng, phân nhánh hoặc thẳng; alkyl halide, $C_xH_yX_z$, $x = 1 - 20$, $y = 0 - 42$, $z = 1 - 42$, $X = F, Cl, Br$ hoặc I ; nhóm thơm bất kỳ (ví dụ, phenyl, alkylphenyl, alkoxyphenyl, pyridin, naphtalen); phức hợp vòng trong đó ít nhất một nitơ được chứa trong vòng (ví dụ, pyridin, pyrrole, pyrrolidin, piperidin, tetrahydroquinolin); nhóm chứa lưu huỳnh bất kỳ (ví dụ, sulfoxit, thiol, alkyl sulfid); nhóm chứa nitơ bất kỳ (nitroxit, amin); nhóm chứa photpho bất kỳ (photphat); nhóm chứa bo bất kỳ (ví dụ, axit boric); axit hữu cơ bất kỳ (ví dụ, axit axetic, axit propanoic); và este hoặc dẫn xuất amit của nó; axit amin (ví dụ, glyxin, xystein, prolin, axit glutamic, arginin, serin, histindin, axit 5-ammoniumvaleric) bao gồm các dẫn xuất alpha, beta, gamma, hoặc phức tạp hơn; nhóm chứa silic (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 tổng quát $[R_2NCHNR_2]^+$ trong đó nhóm R có thể là các nhóm giống hoặc khác nhau. Nhóm R thích hợp bao gồm, nhưng không bị giới hạn ở: hydrogen, metyl, etyl, propyl, butyl, nhóm pentyl hoặc isome của nó; alkan, alken, hoặc alkyn C_xH_y bất kỳ, trong đó $x = 1 - 20$, $y = 1 - 42$, dạng vòng, phân nhánh hoặc thẳng; alkyl halide, $C_xH_yX_z$, $x = 1 - 20$, $y = 0 - 42$, $z = 1 - 42$, $X = F, Cl, Br$, hoặc I ; nhóm thơm bất kỳ (ví dụ, phenyl, alkylphenyl,

alkoxyphenyl, pyridin, naphtalen); phức hợp vòng trong đó ít nhất một nitơ được chứa trong vòng (ví dụ, imidazol, benzimidazol, dihydropyrimidin, (azolidinylidenemetyl)pyrrolidin, triazol); nhóm chứa lưu huỳnh bất kỳ (ví dụ, sulfoxit, thiol, alkyl sulfid); nhóm chứa nitơ bất kỳ (nitroxit, amin); nhóm chứa photpho bất kỳ (photphat); nhóm chứa bo bất kỳ (ví dụ, axit boric); axit hữu cơ bất kỳ (ví dụ, axit axetic, axit propanoic); và este hoặc dẫn xuất amit của nó; axit amin (ví dụ, glyxin, xystein, prolin, axit glutamic, arginin, serin, histindin, axit 5-ammoniumvaleric) bao gồm các dẫn xuất alpha, beta, gamma, hoặc phức tạp hơn; nhóm chứa silic (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 tổng quát $[(R_2N)_2C=NR_2]^+$ trong đó nhóm R có thể là các nhóm giống hoặc khác nhau. Nhóm R thích hợp bao gồm, nhưng không bị giới hạn ở: hydrogenn, metyl, etyl, propyl, butyl, nhóm pentyl hoặc isome của nó; alkan, alken, hoặc alkyn C_xHy bất kỳ, trong đó $x = 1 - 20$, $y = 1 - 42$, dạng vòng, phân nhánh hoặc thẳng; alkyl halide, C_xHyXz , $x = 1 - 20$, $y = 0 - 42$, $z = 1 - 42$, $X = F, Cl, Br$, hoặc I ; nhóm thơm bất kỳ (ví dụ, phenyl, alkylphenl, alkoxyphenyl, pyridin, naphtalen); phức hợp 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 sulfid); nhóm bao gồm nitơ bất kỳ (nitroxit, amin); nhóm chứa photpho bất kỳ (photphat); nhóm chứa bo bất kỳ (ví dụ, axit boric); axit hữu cơ bất kỳ (ví dụ, axit axetic, axit propanoic); và este hoặc dẫn xuất amit của nó; axit amin (ví dụ, glyxin, xystein, prolin, axit glutamic, arginin, serin, histindin, axit 5-ammoniumvaleric) bao gồm các dẫn xuất alpha, beta, gamma, hoặc phức tạp hơn; nhóm bao gồm silic (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 etylen tetramin, cation hữu cơ có công thức tổng quát $[(R_2N)_2C=NR_2]^+$ trong đó nhóm R có thể là các nhóm giống hoặc khác nhau. Nhóm R thích hợp bao gồm, nhưng không bị giới hạn ở: hydrogenn, metyl, etyl, propyl, butyl, nhóm pentyl hoặc isome của nó; alkan, alken, hoặc alkyn C_xHy bất kỳ, trong đó $x = 1 - 20$, $y = 1 - 42$, dạng vòng, phân nhánh hoặc thẳng; alkyl halide, C_xHyXz , $x = 1 - 20$, $y = 0 - 42$, $z = 1 - 42$, $X = F, Cl, Br$, hoặc I ; nhóm thơm bất kỳ (ví dụ, phenyl, alkylphenl, alkoxyphenyl, pyridin, naphtalen); phức hợp vòng trong đó ít nhất một nitơ được chứa trong vòng (ví dụ, 2-hexahydropyrimidin-2-ylidenehexahydropyrimidin,

octahydropyrazino[2,3-b]pyrazine, pyrazino[2,3-b]pyrazin, quinoxalino[2,3-b]quinoxalin); nhóm chứa lưu huỳnh bất kỳ (ví dụ, sulfoxit, thiol, alkyl sulfid); nhóm bao gồm nitơ bất kỳ (nitroxit, amin); nhóm chứa photpho bất kỳ (photphat); nhóm chứa bo bất kỳ (ví dụ, axit boric); axit hữu cơ bất kỳ (ví dụ, axit axetic, axit propanoic); và este hoặc dẫn xuất amit của nó; axit amin (ví dụ, glyxin, xystein, prolin, axit glutamic, arginin, serin, histindin, axit 5-ammoniumvaleric) bao gồm các dẫn xuất alpha, beta, gamma, hoặc phức tạp hơn; nhóm bao gồm silic (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 halide. Theo các phương án nhất định, X có thể bao gồm anion nhóm 16. Theo các phương án nhất định, anion nhóm 16 có thể là sulfit hoặc selenit. 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 hai cation C và kim loại M. Các ví dụ về vật liệu perovskit theo các phương án bao gồm $CsSnI_3$ (được nêu trước đó) và $Cs_xSn_yI_z$ (với x, y và z theo phần mô tả trước đó). Ví dụ khác bao gồm các hợp chất có công thức tổng quát $CsSnX_3$, trong đó X có thể là một hoặc nhiều chất trong số: I_3 ; $I_{2.95}F_{0.05}$; I_2Cl ; ICl_2 ; và Cl_3 . Theo các phương án khác, X có thể bao gồm một hoặc nhiều chất trong số I, Cl, F và Br với lượng sao cho tỉ lệ tổng số của X khi so sánh với Cs và Sn dẫn đến tỷ lệ chung của $CsSnX_3$. Theo một số phương án, tỉ lệ kết hợp của các thành phần mà tạo thành X có thể tuân theo cùng quy tắc với I_z như được nêu đối với $Cs_xSn_yI_z$. Các ví dụ khác bao gồm các hợp chất có công thức tổng quát RNH_3PbX_3 , trong đó R có thể là C_nH_{2n+1} , với n nằm trong khoảng từ 0 đến 10, và X có thể bao gồm chất bất kỳ trong số F, Cl, Br và I với lượng sao cho tổng tỉ lệ của X khi so sánh với cation RNH_3 và Pb dẫn đến tỉ lệ chung 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 , $CH_3CH_2CH_2$ và v.v.), và axit amin (ví dụ, glyxin, xystein, prolin, axit glutamic, arginin, serin, histindin, axit 5-ammoniumvaleric).

Theo một số phương án, vật liệu perovskit có thể có trong PV hoặc thiết bị khác dưới dạng vật liệu hoạt tính. Ví dụ, một hoặc nhiều vật liệu perovskit có thể dùng làm một trong hai hoặc cả hai vật liệu hoạt tính thứ nhất và thứ hai theo một số phương án (ví dụ, các vật liệu hoạt tính 2810 và 2815 của Fig.5). Tổng quát hơn, một số phương án theo sáng chế đề xuất PV hoặc thiết bị khác có lớp hoạt tính bao gồm một hoặc nhiều vật liệu perovskit. Theo các phương án này, vật liệu perovskit (nghĩa là, vật liệu bao gồm một hoặc nhiều vật liệu bất kỳ trong số các vật liệu perovskit) có thể được sử dụng trong các lớp hoạt tính của các cấu

trúc khác nhau. Ngoài ra, vật liệu perovskit có thể có chức năng của một hoặc nhiều thành phần hoạt tính (ví dụ, vật liệu truyền tải điện tích, vật liệu mao quản trung bình, vật liệu quang hoạt và/hoặc vật liệu xen kẽ, mỗi trong số các vật liệu này sẽ được nêu một cách chi tiết hơn dưới đây). Theo một số phương án, các vật liệu perovskit tương tự có thể có nhiều chức năng như vậy, mặc dù theo các phương án khác, nhiều vật liệu perovskit có thể có trong thiết bị, mỗi vật liệu perovskit phục vụ một hoặc nhiều chức năng này. Theo các phương án nhất định, bất kể vai trò nào mà vật liệu perovskit có thể phục vụ, nó có thể được chuẩn bị và/hoặc có mặt trong thiết bị ở các trạng thái khác nhau. Ví dụ, nó có thể gần như có dạng rắn theo một số phương án. Theo các phương án khác, nó có thể ở dạng dung dịch (ví dụ, vật liệu perovskit có thể được hòa tan trong chất lỏng và có mặt trong chất lỏng này ở dạng ion riêng lẻ) hoặc nó có thể ở dạng huyền phù (ví dụ, các hạt vật liệu perovskit). Dung dịch hoặc huyền phù có thể được phủ hoặc theo cách khác được lắng đọng trong thiết bị (ví dụ, trên các thành phần khác của thiết bị chẳng hạn như lớp mao quản trung bình, lớp phân cách, lớp truyền tải điện tích, lớp quang hoạt hoặc lớp khác và/hoặc điện cực). Các vật liệu perovskit theo một số phương án có thể được tạo ra tại chỗ trên bề mặt của một thành phần khác của thiết bị (ví dụ, bằng cách lắng đọng hơi dưới dạng chất rắn màng mỏng). Các phương tiện thích hợp khác bất kỳ để tạo ra lớp rắn hoặc lỏng bao gồm vật liệu perovskit có thể được sử dụng.

Nói chung, thiết bị bao gồm 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 các điện cực thứ nhất và 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 anốt hoặc catốt còn lại. Lớp hoạt tính theo các phương án có thể bao gồm một hoặc nhiều thành phần lớp hoạt tính, bao gồm một hoặc nhiều vật liệu bất kỳ trong số: vật liệu truyền tải điện tích, chất điện phân lỏng, vật liệu mao quản trung bình, vật liệu quang hoạt (ví dụ, chất màu nhạy quang, silic, catmi telurit, catmi sunfit, catmi selen, đồng indium gali selen, gali arsenit, germanium indium photphit, polymer bán dẫn, các vật liệu quang hoạt khác); và vật liệu xen kẽ. Một hoặc nhiều thành phần bất kỳ trong số các thành phần của lớp hoạt tính này có thể bao gồm một hoặc nhiều vật liệu perovskit. Theo một số phương án, một số thành phần hoặc tất cả các thành phần của lớp hoạt tính có thể được bố trí toàn bộ hoặc một phần trong các lớp phụ. Ví dụ, lớp hoạt tính có thể bao gồm một hoặc nhiều lớp bất kỳ trong số: lớp phân cách bao gồm vật liệu xen kẽ; lớp mao quản trung bình bao gồm vật liệu mao quản trung bình; và lớp

truyền tải điện tích bao gồm vật liệu truyền tải điện tích. Theo một số phương án, vật liệu quang hoạt chẳng hạn như chất màu nhạy quang có thể được phủ trên hoặc theo cách khác được bố trí trên, một hoặc nhiều lớp bất kỳ 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 phân cách có thể được bao gồm giữa hai hoặc nhiều hơn hai lớp hoạt tính khác theo một số phương án, và/hoặc giữa một lớp và lớp phủ (chẳng hạn như giữa chất màu nhạy quang và lớp mao quản trung bình), và/hoặc giữa hai lớp phủ (chẳng hạn như giữa chất điện phân lỏng và chất màu nhạy quang), và/hoặc giữa thành phần lớp hoạt tính và điện cực. Các lớp ở đây có thể bao gồm cách bố trí cuối cùng (ví dụ, phần gần như rời rạc của mỗi vật liệu có thể định rõ tách biệt trong thiết bị), và/hoặc lớp này có thể bố trí trong quá trình chế tạo thiết bị, tuy nhiên sau đó có thể thực hiện việc trộn (các) vật liệu trong mỗi lớp. Theo một số phương án, các lớp này có thể rời rạc và bao gồm vật liệu gần như tiếp giáp (ví dụ, các lớp có thể được minh họa cách điệu trên Fig.1). Theo các phương án khác, các lớp có thể gần như được trộn (như trong trường hợp, ví dụ, một số tế bào BHJ, tế bào lai và tế bào DSSC), ví dụ về điều này được thể hiện bởi vật liệu hoạt tính thứ nhất 2618 và vật liệu hoạt tính thứ hai 2620 trong lớp quang hoạt 2616 trên Fig.4. Theo một số phương án, thiết bị này có thể bao gồm hỗn hợp của hai loại lớp, như được thể hiện bởi thiết bị của Fig.4, mà bao gồm các lớp tiếp giáp rời rạc 2627, 2626 và 2622, ngoài lớp quang hoạt 2616 bao gồm các lớp vật liệu hoạt tính thứ nhất 2618 và thứ hai 2620 trộn lẫn. Trong trường hợp bất kỳ, hai hoặc nhiều hơn hai lớp bất kỳ thuộc loại bất kỳ, theo các phương án nhất định, có thể được bố trí liền kề bởi nhau (và/hoặc trộn với nhau) theo cách để tạo ra diện tích bề mặt tiếp xúc lớn. 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 tạo ra diện tích bề mặt tiếp xúc lớn (ví dụ, vật liệu perovskit thể hiện tính chuyển động điện tích thấp). Theo các phương án khác, diện tích bề mặt tiếp xúc lớn có thể không cần thiết (ví dụ, vật liệu perovskit thể hiện tính chuyển động điện tích cao).

Thiết bị bao gồm vật liệu perovskit theo một số phương án có thể tùy ý bao gồm một hoặc nhiều lớp nền. Theo một số phương án, một trong hai hoặc cả hai điện cực thứ nhất và thứ hai có thể được phủ hoặc theo cách khác được bố trí trên lớp nền, sao cho điện cực này được bố trí gần như ở giữa lớp nền và lớp hoạt tính. Các vật liệu của các thành phần của thiết bị (ví dụ, lớp nền, điện cực, lớp hoạt tính và/hoặc thành phần của lớp hoạt tính) có thể hoặc là cứng hoặc là dẻo một phần hoặc toàn bộ theo các phương án khác nhau. Theo một số phương án, một điện cực có thể có vai trò như một lớp nền, nhờ đó phủ định sự cần thiết

của lớp nền rời rạc.

Ngoài ra, thiết bị bao gồm vật liệu perovskit theo một số phương án có thể tùy ý bao gồm vật liệu hấp thụ ánh sáng (ví dụ, lớp hấp thụ ánh sáng, chẳng hạn như lớp hấp thụ ánh sáng 1601 như được mô tả trong PV làm ví dụ được thể hiện trên Fig.2). Ngoài ra, thiết bị bao gồm vật liệu perovskit có thể bao gồm một hoặc nhiều chất phụ trợ, chẳng hạn như một hoặc nhiều chất phụ trợ được nêu ở trên liên quan đến các phương án của sáng chế.

Các phần mô tả về một số vật liệu khác nhau mà có thể có trong thiết bị bao gồm vật liệu perovskit sẽ được thực hiện dựa vào Fig.9. Fig.9 là sơ đồ cách điệu của thiết bị bao gồm vật liệu 3900 theo một số phương án. Mặc dù các thành phần của thiết bị 3900 được minh họa dưới dạng các lớp rời rạc bao gồm vật liệu tiếp giáp, cần hiểu rằng Fig.9 là sơ đồ cách điệu, do đó, các phương án theo đó có thể bao gồm các lớp rời rạc này, và/hoặc các lớp trộn, hoặc không tiếp giáp tương ứng với việc sử dụng “các lớp” được mô tả ở trên trong bản mô tả này. Thiết bị 3900 bao gồm các lớp nền thứ nhất 3901 và thứ hai 3913. Điện cực thứ nhất 3902 được bố trí trên bề mặt bên trong của lớp nền thứ nhất 3901, và điện cực thứ hai 3912 được bố trí trên bề mặt bên trong của lớp nền thứ hai 3913. Lớp hoạt tính 3950 được kẹp giữa hai điện cực 3902 và 3912. Lớp hoạt tính 3950 bao gồm lớp mao quản trung bình 3904; các vật liệu quang hoạt thứ nhất 3906 và thứ hai 3908; lớp vận chuyển điện tử 3910 và một vài lớp phân cách. Fig.9 còn minh họa thiết bị làm ví dụ 3900 theo các phương án trong đó các lớp phụ của lớp hoạt tính 3950 được tách biệt bởi các lớp phân cách, và ngoài ra trong đó các lớp phân cách được bố trí trên mỗi điện cực 3902 và 3912. Nói chung, các lớp phân cách thứ hai 3905, thứ ba 3907 và thứ tư 3909 lần lượt được bố trí giữa mỗi trong số các lớp mao quản trung bình 3904, vật liệu quang hoạt thứ nhất 3906, vật liệu quang hoạt thứ hai 3908 và lớp truyền tải điện tích 3910. Các lớp phân cách thứ nhất 3903 và thứ năm 3911 lần lượt được bố trí giữa (i) điện cực thứ nhất 3902 và lớp mao quản trung bình 3904; và (ii) lớp truyền tải điện tích 3910 và điện cực thứ hai 3912. Do đó, cấu trúc của thiết bị làm ví dụ được mô tả trên Fig.9 có thể khác biệt ở chỗ: lớp nền-điện cực-lớp hoạt tính-điện cực-lớp nền. Cấu trúc của lớp hoạt tính 3950 có thể khác biệt ở chỗ: 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 truyền tải điện tích-lớp phân cách. Như được lưu ý trước đó, theo một số phương án, các lớp phân cách không cần có mặt; hoặc một hoặc nhiều lớp phân cách có thể chỉ bao gồm một vài, nhưng không phải là tất cả, các thành phần của lớp hoạt tính và/hoặc các thành phần của thiết bị.

Lớp nền, chẳng hạn như một trong hai hoặc cả hai lớp nền 3901 và 3913, có thể mềm hoặc cứng. Nếu hai lớp nền được bao gồm, thì ít nhất một lớp nền cần trong suốt hoặc mờ đối với bức xạ điện từ EM (chẳng hạn như bức xạ UV, bức xạ nhìn thấy hoặc bức xạ IR). Nếu có một lớp nền, nó có thể trong suốt hoặc mờ tương tự, mặc dù không cần thiết, miễn là một phần của thiết bị cho phép bức xạ EM tiếp xúc với lớp hoạt tính 3950. Các vật liệu lớp nền thích hợp bao gồm một hoặc nhiều vật liệu bất kỳ trong số: kính; saphia; magie oxit (MgO); mica; polyme (ví dụ, PET, PEG, polypropylen, polyetylen); xeramic; sợi (ví dụ, bông, lụa, len); gỗ; kim loại; hoặc tổ hợp của chúng.

Như được lưu ý trước đó, điện cực (ví dụ, một trong số các điện cực 3902 và 3912 của Fig.9 có thể là anốt hoặc catốt. Theo một số phương án, một điện cực có thể có chức năng làm catốt, và điện cực khác có thể có chức năng làm anốt. Một trong hai hoặc cả hai điện cực 3902 và 3912 có thể được nối với chì, cáp, dây dẫn hoặc phương tiện khác cho phép truyền tải điện tích đến và/hoặc từ thiết bị 3900. Điện cực có thể tạo thành vật liệu dẫn điện bất kỳ, và ít nhất một điện cực có thể là trong suốt hoặc mờ đối 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 một hoặc nhiều: indi thiếc oxit hoặc indi oxit pha thiếc (ITO); thiếc oxit pha flo (FTO); catmi oxit (CdO); kẽm indi thiếc oxit (ZITO); nhôm kẽm oxit (AZO); nhôm (Al); vàng (Au); canxi (Ca); magie (Mg); titan (Ti); thép; cacbon (và các dạng thù hình của nó); và tổ hợp bất kỳ của chúng.

Vật liệu mao quản trung bình (ví dụ, vật liệu có trong lớp mao quản trung bình 3904 của Fig.9) có thể bao gồm vật liệu chứa lỗ bất kỳ. Theo một số phương án, các lỗ này có đường kính nằm trong khoảng từ khoảng 1 nm đến khoảng 100 nm; theo các phương án khác, các đường kính của lỗ có thể nằm trong khoảng từ khoảng 2 nm đến khoảng 50 nm. Vật liệu mao quản trung bình thích hợp bao gồm vật liệu bất kỳ trong số: vật liệu xen kẽ và/hoặc vật liệu mao quản trung bình được nêu ở đây; nhôm (Al); bitmut (Bi); indi (In); molybden (Mo); niobi (Nb); nickel (Ni); silic (Si); titan (Ti); vanadi (V); kẽm (Zn); zirconi (Zr); oxit của kim loại bất kỳ trong số các kim loại nêu trên (ví dụ, nhôm oxit, ceria, titania, kẽm oxit, zircona, vân vân);

Vật liệu quang hoạt (ví dụ, vật liệu quang hoạt thứ nhất 3906 hoặc thứ hai 3908 của Fig.9) có thể bao gồm hợp chất quang hoạt bất kỳ, chẳng hạn như một hoặc nhiều chất bất kỳ trong số silic (trong một số trường hợp, silic đơn tinh thể), catmi telurit, catmi sunfit, catmi selen, đồng indi gali selen, gali arsenit, germanium indi photphit, một hoặc nhiều

polyme bán dẫn và các tổ hợp của chúng. Theo các phương án nhất định, vật liệu quang hoạt thay vào đó hoặc ngoài ra bao gồm chất màu nhạy quang (ví dụ, N719, N3, chất màu nhạy quang trên cơ sở rutheni). Theo một số phương án, chất màu nhạy quang (hoặc hợp chất bất kỳ) có thể được phủ lên một 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 ở dạng rắn, hoặc theo một số phương án, có thể tồn tại ở dạng huyền phù hoặc dung dịch bao gồm vật liệu perovskit. Dung dịch hoặc huyền phù có thể được phủ lên các thành phần khác của thiết bị theo cách tương tự với các chất màu nhạy quang khác. Theo một số phương án, vật liệu bao gồm perovskit có thể được lắng đọng bằng phương tiện thích hợp bất kỳ (ví dụ, lắng đọng hơi, lắng đọng dung dịch, bố trí trực tiếp vật liệu rắn, v.v.). Các thiết bị theo các phương án khác nhau có thể bao gồm một, hai, ba hoặc nhiều hơn ba hợp chất quang hoạt (ví dụ, một, hai, ba, hoặc nhiều hơn ba vật liệu perovskit, chất màu nhạy quang, hoặc tổ hợp của chúng). Theo các phương án nhất định bao gồm nhiều chất màu nhạy quang hoặc vật liệu quang hoạt khác, mỗi trong số hai hoặc nhiều chất màu nhạy quang hoặc vật liệu quang hoạt có thể được tách biệt bởi một hoặc nhiều lớp phân cách. Theo một số phương án, nhiều chất màu nhạy quang và/hoặc hợp chất quang hoạt có thể được trộn ít nhất một phần.

Vật liệu truyền tải điện tích (ví dụ, vật liệu truyền tải điện tích của lớp truyền tải điện tích 3910 trên Fig.9) có thể bao gồm vật liệu truyền tải điện tích trạng thái rắn (nghĩa là, chất điện phân trạng thái rắn được tạo nhẵn thông tục), hoặc vật liệu này có thể bao gồm chất điện phân lỏng và/hoặc chất điện phân ion dạng lỏng. Chất bất kỳ trong số chất điện phân lỏng, chất điện phân ion dạng lỏng và vật liệu truyền tải điện tích trạng thái rắn có thể được coi là vật liệu truyền tải điện tích. Khi được sử dụng ở đây, “vật liệu truyền tải điện tích” đề cập đến vật liệu bất kỳ, chất rắn, chất lỏng, hoặc trạng thái khác, có khả năng tập hợp chất mang điện tích và/hoặc vận chuyển chất mang điện tích. Ví dụ, trong thiết bị PV theo một số phương án, vật liệu truyền tải điện tích có thể vận chuyển chất mang điện tích đến điện cực. Chất mang điện tích có thể bao gồm các lỗ trống (việc vận chuyển lỗ trống có thể khiến vật liệu truyền tải điện tích được tạo nhẵn là “vật liệu vận chuyển lỗ trống”) và các điện tử. Các lỗ trống có thể được vận chuyển đến anốt, và các điện tử đến catốt, phụ thuộc vào vị trí của vật liệu truyền tải điện tích liên quan đến catốt hoặc anốt trong PV hoặc thiết bị khác. Các ví dụ thích hợp về vật liệu truyền tải điện tích theo một số phương án có thể bao gồm một hoặc nhiều vật liệu trong số: vật liệu perovskit; I^-/I_3^- ; phức hệ Co;

polythiophen (ví dụ, poly(3-hexylthiophen) và dẫn xuất của chúng, hoặc P3HT); copolyme dựa trên carbazol như polyheptadecanylcarbazol đithienylbenzothiadiazol và dẫn xuất của nó (ví dụ, PCDTBT); copolyme khác chẳng hạn như polyxyclopentadithiophen—benzothiadiazol và dẫn xuất của nó (ví dụ, PCPDTBT); hợp chất poly(triaryl amin) và dẫn xuất của nó (ví dụ, PTAA); Spiro-OMeTAD; fulleren và/hoặc dẫn xuất của fulleren (ví dụ, C60, PCBM); và các tổ hợp của chúng. Theo các phương án nhất định, vật liệu truyền tải điện tích có thể bao gồm vật liệu bất kỳ, rắn hoặc lỏng, có khả năng tập hợp các chất mang điện tích (các điện tử hoặc lỗ trống), và/hoặc có thể vận chuyển các chất mang điện tích. Vật liệu truyền tải điện tích theo một số phương án do đó có thể là vật liệu hoạt tính loại n hoặc loại p và/hoặc vật liệu bán dẫn. Vật liệu truyền tải điện tích có thể được bố trí gần với một trong số các điện cực của thiết bị. Theo một số phương án, nó 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 truyền tải điện tích và điện cực (như được thể hiện, ví dụ, trên Fig.9 với lớp phân cách thứ năm 3911). Theo các phương án nhất định, loại vật liệu truyền tải điện tích có thể được chọn dựa trên điện cực mà nó ở gần. Ví dụ, nếu vật liệu truyền tải điện tích tập hợp và/hoặc vận chuyển các lỗ trống, thì nó có thể ở gần với anốt để vận chuyển các lỗ trống đến anốt. Tuy nhiên, vật liệu truyền tải điện tích có thể thay vào đó được bố trí gần với catốt, và được chọn hoặc được tạo kết cấu để vận chuyển các điện tử đến catốt.

Như được lưu ý trước đó, các thiết bị theo các phương án có thể tùy ý bao gồm lớp phân cách giữa hai lớp và/hoặc vật liệu bất kỳ, mặc dù các thiết bị theo các phương án không cần thiết bao gồm lớp phân cách. Do đó, chẳng hạn, thiết bị bao gồm vật liệu perovskit có thể bao gồm không, một, hai, ba, bốn, năm hoặc nhiều hơn năm lớp vật liệu xen kẽ (chẳng hạn như thiết bị làm ví dụ của Fig.9, mà 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 nêu trước đó (ví dụ, bao gồm nhôm oxit và/hoặc các hạt kim loại oxit khác, và/hoặc song lớp titan/kim loại oxit, và/hoặc các hợp chất khác theo các lớp phân cách phủ mỏng như được nêu ở đây). Lớp phân cách theo một số phương án có thể bao gồm vật liệu thích hợp bất kỳ để tăng cường vận chuyển và/hoặc tập hợp điện tích giữa hai lớp hoặc vật liệu; nó cũng có thể giúp ngăn cản hoặc giảm khả năng tái kết hợp điện tích khi điện tích đã được vận chuyển ra khỏi một trong số các vật liệu liền kề với lớp phân cách. Vật liệu xen kẽ thích hợp bất kỳ có thể bao gồm một hoặc nhiều vật liệu trong số: vật liệu mao quản trung bình và/hoặc vật liệu xen kẽ được nêu trong bản mô tả này; Al; Bi; In; Mo; Ni; platin (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); sulfit của kim loại bất kỳ nêu trên; nitrit của kim loại bất kỳ nêu trên; nhóm alkyl silyl bao gồm nhóm chức hoặc không; graphit, graphen; fulleren; ống nano cacbon; và các tổ hợp của chúng (theo một số phương án, bao gồm hai lớp vật liệu được kết hợp). Theo một số phương án, lớp phân cách có thể bao gồm vật liệu perovskit.

Thiết bị theo sự thể hiện được cách điệu của Fig.9 có thể, theo một số phương án, là PV, chẳng hạn như DSSC, BHJ hoặc tế bào quang điện lai. Theo một số phương án, các thiết bị theo Fig.9 có thể tạo thành các PV nhiều tế bào song song hoặc nối tiếp, pin, pin PV lai, FET, LED và/hoặc thiết bị khác được thảo luận ở đây. 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 trong giao diện chuyển tiếp dị thể (ví dụ, hai vật liệu bất kỳ trong số các vật liệu và/hoặc lớp của lớp hoạt tính 3950). Theo các phương án nhất định, các thiết bị khác (chẳng hạn như pin PV lai, các PV nhiều tế bào song song hoặc nối tiếp, v.v.), có thể bao gồm một lớp hoạt tính bao gồm vật liệu perovskit, tương ứng với lớp hoạt tính 3950 của Fig.9. Nói ngắn gọn, hình vẽ được cách điệu của thiết bị làm ví dụ của Fig.9 không làm giới hạn kết cấu hoặc cấu trúc khả thi của thiết bị theo các phương án khác nhau theo Fig.9.

Ngoài ra, cụ thể hơn, các phương án làm ví dụ của các thiết bị perovskit sẽ được thảo luận xét theo các hình vẽ được cách điệu khác của các thiết bị làm ví dụ. Sơ đồ cách điệu của các hình vẽ Fig.11 và Fig.12 tương tự không làm giới hạn loại thiết bị mà theo một số phương án có thể được tạo kết cấu theo một hoặc nhiều hình vẽ bất kỳ trong số các hình vẽ từ Fig.11 đến Fig.12. Nghĩa là, các cấu trúc được thể hiện trên các hình vẽ từ Fig.11 đến Fig.12 có thể được làm tương thích để tạo ra BHJ, pin, FET, pin PV lai, các PV nhiều tế bào mắc nối tiếp, các PV nhiều tế bào mắc song song và các thiết bị tương tự theo các phương án khác của sáng chế, phù hợp với các phương tiện thích hợp bất kỳ (bao gồm cả phương tiện đã được nêu qua ở đây, và các phương tiện phù hợp khác, mà là hiển nhiên đối với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này).

Fig.10 mô tả thiết bị làm ví dụ 4100 theo các phương án khác nhau. Thiết bị 4100 này minh họa các phương án bao gồm các lớp nền kính thứ nhất 4101 và thứ hai 4109. Mỗi lớp nền kính có điện cực FTO được bố trí trên bề mặt bên trong của nó (một cách lần lượt, điện cực thứ nhất 4120 và 4108), và mỗi điện cực có lớp phân cách được lắng đọng lên trên bề mặt bên trong của nó: lớp phân cách thứ nhất TiO_2 4103 được lắng đọng lên trên điện

cực thứ nhất 4102, và lớp phân cách thứ hai Pt 4107 được lắng đọng lên 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 truyền tải điện tích 4106 (ở đây bao gồm CsSnI_3).

Fig.11 mô tả thiết bị làm ví dụ 4300 mà lược bỏ lớp mao quản trung bình. Thiết bị 4300 bao gồm hợp chất quang hoạt bao gồm vật liệu perovskit 4304 (bao gồm MAPbI_3) được kẹp giữa các lớp phân cách thứ nhất 4303 và thứ hai 4305 (lần lượt bao gồm titan oxit và nhôm oxit). Lớp phân cách bằng titan oxit 4303 được phủ lên điện cực thứ nhất FTO 4302, điện cực này đến lượt nó được bố trí trên bề mặt bên trong của lớp nền kính 4301. Lớp truyền tải 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.

Sẽ là hiển nhiên đối với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật rằng, nhiều phương án khác là có thể, chẳng hạn như thiết bị có nhiều lớp quang hoạt (như được minh họa bởi các lớp quang hoạt 3906 và 3908 của thiết bị làm ví dụ của Fig.9). Theo một số phương án, như được thảo luận ở trên, mỗi lớp quang hoạt có thể được tách biệt bởi một lớp phân cách (như được thể hiện với lớp phân cách thứ ba 3907 trên Fig.9). Ngoài ra, lớp mao quản trung bình có thể được bố trí trên điện cực chẳng hạn như được minh họa trên Fig.9 bởi lớp mao quản trung bình 3904 được bố trí trên điện cực thứ nhất 3902. Mặc dù Fig.9 mô tả lớp phân cách xen giữa 3903 được bố trí giữa hai lớp, nhưng theo một số phương án lớp mao quản trung bình có thể được bố trí trực tiếp trên một điện cực.

Các ví dụ về thiết bị bao gồm vật liệu perovskit khác

Các cấu trúc thiết bị bao gồm vật liệu perovskit làm ví dụ khác sẽ là hiển nhiên đối với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật với ưu điểm của sáng chế này. Các ví dụ bao gồm, nhưng không bị giới hạn ở, thiết bị chứa các lớp hoạt tính có cấu trúc bất kỳ trong số các cấu trúc sau: (1) chất điện phân lỏng-vật liệu perovskit-lớp mao quản trung bình; (2) vật liệu perovskit-chất màu nhạy quang-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-chất màu nhạy quang-vật liệu perovskit thứ hai; (6) chất truyền tải điện tích trạng thái rắn-vật liệu perovskit ; (7) vật liệu truyền tải điện tích trạng thái rắn-chất màu nhạy quang-vật liệu perovskit-lớp mao quản trung bình; (8) vật liệu truyền tải điện tích trạng thái rắn-vật liệu perovskit-chất màu nhạy

quang-lớp mao quản trung bình; (9) vật liệu truyền tải điện tích trạng thái rắn-chất màu nhạy quang-vật liệu perovskit-lớp mao quản trung bình; và (10) vật liệu truyền tải điện tích trạng thái rắn-vật liệu perovskit-chất màu nhạy quang-lớp mao quản trung bình. Các thành phần rời rạc của mỗi cấu trúc làm ví dụ (ví dụ, lớp mao quản trung bình, vật liệu truyền tải điện tích, vân vân) có thể tương thích với phần mô tả ở trên đối với mỗi thành phần. Ngoài ra, mỗi cấu trúc làm ví dụ được thảo luận một cách chi tiết hơn dưới đây.

Là một ví dụ cụ thể về các lớp hoạt tính nêu trên, theo một số phương án, lớp hoạt tính có thể bao gồm chất điện phân lỏng, vật liệu perovskit và lớp mao quản trung bình. Lớp hoạt tính theo một số phương án nhất định có thể gần như có cấu trúc: chất điện phân lỏng-vật liệu perovskit-lớp mao quản trung bình. Chất điện phân lỏng bất kỳ có thể thích hợp; và lớp mao quản trung bình bất kỳ (ví dụ, TiO_2) có thể thích hợp. Theo một số phương án, vật liệu perovskit có thể được lắng đọng lên trên lớp mao quản trung bình, và sau đó được phủ bằng chất điện phân lỏng. Vật liệu perovskit theo một số phương án này có thể hoạt động ít nhất một phần như chất màu nhạy quang (do đó, nó có thể có tính chất quang hoạt).

Theo các phương án khác, lớp hoạt tính có thể bao gồm vật liệu perovskit, chất màu nhạy quang và lớp mao quản trung bình. Lớp hoạt tính theo một số phương án có thể gần như có cấu trúc: vật liệu perovskit-chất màu nhạy quang-lớp mao quản trung bình. Chất màu nhạy quang có thể được phủ lên lớp mao quản trung bình và vật liệu perovskit có thể được bố trí trên lớp mao quản trung bình được phủ chất màu nhạy quang. Vật liệu perovskit có thể có chức năng làm vật liệu vận chuyển lỗ trống theo một số phương án nhất định.

Theo các phương án làm ví dụ khác, 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 một số phương án nhất định có thể gần như có cấu trúc: vật liệu perovskit thứ nhất-vật liệu perovskit thứ hai-lớp mao quản trung bình. Vật liệu perovskit thứ nhất và thứ hai, mỗi trong số các vật liệu này có thể bao gồm cùng (các) vật liệu perovskit 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 là vật liệu quang hoạt (ví dụ, vật liệu perovskit thứ nhất và/hoặc thứ hai theo các phương án có thể ít nhất có chức năng làm chất màu nhạy quang).

Theo một số phương án nhất định, lớp hoạt tính có thể bao gồm vật liệu perovskit thứ nhất và vật liệu perovskit thứ hai. Lớp hoạt tính theo một số phương án nhất định có thể có cấu trúc: vật liệu perovskit thứ nhất-vật liệu perovskit thứ hai. Các vật liệu perovskit thứ

nhất và thứ hai, mỗi trong số các vật liệu này có thể bao gồm cùng (các) vật liệu perovskit 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 là vật liệu quang hoạt (ví dụ, vật liệu perovskit thứ nhất và/hoặc thứ hai theo các phương án có thể ít nhất có chức năng làm chất màu nhạy quang). Ngoài ra, vật liệu perovskit thứ nhất và thứ hai có thể có chức năng làm vật liệu vận chuyển lỗ trống. 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 perovskit thứ nhất và thứ hai khác có chức năng làm chất màu nhạy quang. Theo một số phương án, các vật liệu perovskit thứ nhất và thứ hai có thể được bố trí trong lớp hoạt tính theo cách để tạo ra điện tích xen kẽ lớn giữa vật liệu perovskit thứ nhất và vật liệu perovskit thứ hai, chẳng hạn như trong cách bố trí lần lượt được thể hiện cho vật liệu hoạt tính thứ nhất 2810 và thứ hai 2815, trên Fig.5 (hoặc tương tự như lần lượt được thể hiện bởi vật liệu loại p 2618 và loại n 2620) trên Fig.4).

Theo một số phương án làm ví dụ khác, lớp hoạt tính có thể bao gồm vật liệu perovskit thứ nhất, chất màu nhạy quang và vật liệu perovskit thứ hai. Lớp hoạt tính theo một số phương án nhất định có thể gần như có cấu trúc: vật liệu perovskit thứ nhất-chất màu nhạy quang-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 tử, và các vật liệu perovskit thứ nhất và thứ hai khác có thể có chức năng làm chất màu nhạy quang. Theo một số phương án, cả hai vật liệu perovskit thứ nhất và thứ hai có thể ít nhất một phần có chức năng chồng lấp, hoặc tương tự và/hoặc giống hệt (ví dụ, cả hai có thể có vai trò là chất màu nhạy quang và/hoặc có vai trò là vật liệu vận chuyển lỗ trống).

Theo một số phương án làm ví dụ khác, lớp hoạt tính có thể bao gồm vật liệu truyền tải điện tích trạng thái rắn và vật liệu perovskit. Lớp hoạt tính theo một số phương án nhất định có thể gần như có cấu trúc: vật liệu truyền tải điện tích trạng thái rắn-vật liệu perovskit. Ví dụ, vật liệu perovskit và vật liệu truyền tải điện tích trạng thái rắn có thể được bố trí trong lớp hoạt tính theo cách để tạo ra điện tích xen kẽ lớn, chẳng hạn như trong cách bố trí lần lượt được thể hiện cho vật liệu hoạt tính thứ nhất 2810 và thứ hai 2815, trên Fig.5 (hoặc tương tự như lần lượt được thể hiện bởi vật liệu loại p 2618 và loại n 2620) trên Fig.4).

Theo các phương án làm ví dụ khác, lớp hoạt tính có thể bao gồm vật liệu truyền tải điện tích trạng thái rắn, chất màu nhạy quang, vật liệu perovskit và lớp mao quản trung bình. Lớp hoạt tính theo một số phương án nhất định có thể gần như có cấu trúc: vật liệu truyền tải điện tích trạng thái rắn-chất màu nhạy quang-vật liệu perovskit-lớp mao quản

trung bình. Lớp hoạt tính theo một số phương án nhất định có thể gần như có cấu trúc: vật liệu truyền tải điện tích trạng thái rắn-vật liệu perovskit-chất màu nhạy quang-lớp mao quản trung bình. Vật liệu perovskit theo một số phương án có thể có vai trò là chất màu nhạy quang thứ hai. Vật liệu perovskit theo một số phương án có thể tăng độ rộng của phổ ánh sáng nhìn thấy được hấp thụ 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 có thể cũng hoặc thay vào đó có vai trò là lớp phân cách giữa chất màu nhạy quang và lớp mao quản trung bình và/hoặc giữa chất màu nhạy quang và vật liệu truyền tải điện tích.

Theo một số phương án làm ví dụ, lớp hoạt tính có thể bao gồm chất điện phân lỏng, chất màu nhạy quang, vật liệu perovskit và lớp mao quản trung bình. Lớp hoạt tính theo một số phương án nhất định có thể gần như có cấu trúc: vật liệu truyền tải điện tích trạng thái rắn-chất màu nhạy quang-vật liệu perovskit-lớp mao quản trung bình. Lớp hoạt tính theo một số phương án nhất định có thể gần như có cấu trúc: vật liệu truyền tải điện tích trạng thái rắn-vật liệu perovskit-chất màu nhạy quang-lớp mao quản trung bình. Vật liệu perovskit có thể có vai trò là vật liệu quang hoạt, lớp phân cách và/hoặc tổ hợp của chúng.

Một số phương án đề xuất các thiết bị PHJ PV bao gồm các vật liệu perovskit. Ví dụ, BHJ theo một số phương án có thể bao gồm lớp quang hoạt (ví dụ, lớp quang hoạt 2404 của Fig.3), mà có thể bao gồm một hoặc nhiều vật liệu perovskit. Lớp quang hoạt của BHJ này cũng có thể hoặc thay vào đó bao gồm một hoặc nhiều thành phần bất kỳ trong số các thành phần làm ví dụ được nêu ở trên liên quan đến các lớp hoạt tính DSSC. Ngoài ra, theo một số phương án, lớp quang hoạt BHJ có thể có cấu trúc theo phương án bất kỳ trong số các phương án làm ví dụ về lớp hoạt tính DSSC được nêu ở trên.

Theo một số phương án, PV hoặc thiết bị tương tự khác có thể bao gồm lớp hoạt tính bất kỳ theo một hoặc nhiều thành phần và/hoặc cấu trúc bất kỳ trong số các thành phần và/hoặc cấu trúc được nêu ở trên. Ví dụ, lớp hoạt tính bao gồm vật liệu perovskit có thể có trong pin PV lai, ví dụ như lớp hoạt tính PV 3603 của pin PV lai được mô tả trên Fig.6 và/hoặc lớp hoạt tính của pin 3605 trên Fig.6. Theo một phương án làm ví dụ khác, lớp hoạt tính bao gồm vật liệu perovskit có thể có trong tế bào PV nhiều lớp quang hoạt, chẳng hạn như một trong hai hoặc cả hai lớp quang hoạt thứ nhất 3701 và thứ hai 3705 của tế bào làm ví dụ được thể hiện trên sơ đồ cách điệu của Fig.7. Tế bào nhiều lớp quang hoạt này bao gồm lớp hoạt tính với vật liệu perovskit có thể còn được tích hợp trong các tế bào PV nhiều lớp quang hoạt được ghép nối điện nối tiếp (theo một số phương án, tương ứng với cấu trúc

như được thể hiện, ví dụ, trên Fig.8A).

Theo một số phương án, lớp hoạt tính bất kỳ bao gồm các vật liệu perovskit được kết hợp vào các PV hoặc các thiết bị khác được nêu ở đây còn bao gồm vật liệu bất kỳ trong số các vật liệu bổ sung khác nhau thích hợp để đưa vào lớp hoạt tính cũng được nêu ở đây. Ví dụ, nhiều lớp hoạt tính bao gồm vật liệu perovskit có thể còn bao gồm lớp phân cách theo các phương án khác nhau được mô tả ở đây (chẳng hạn như, lớp phân cách phủ mỏng). Bằng cách lấy ví dụ khác, lớp hoạt tính bao gồm vật liệu perovskit có thể còn bao gồm lớp bẫy ánh sáng, chẳng hạn như lớp bẫy ánh sáng 1601 như được mô tả trong PV làm ví dụ được thể hiện trên Fig.2.

Do đó, sáng chế được làm tương thích để đạt được các mục đích và ưu điểm được đề cập cũng như các mục đích khác kế thừa từ nó. Các phương án cụ thể được mô tả ở trên chỉ nhằm mục đích minh họa, vì sáng chế có thể được cải biến và thực hiện theo cách khác mà theo cách tương tự là hiển nhiên đối với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật có ưu điểm theo các nguyên lý ở đây. Hơn nữa, không có giới hạn về chi tiết của cấu trúc hoặc thiết kế được thể hiện ở đây, ngoài các chi tiết được mô tả trong các điểm yêu cầu bảo hộ dưới đây. Do đó rõ ràng rằng các phương án minh họa cụ thể được bộc lộ ở trên có thể bị thay đổi hoặc biến đổi và tất cả các biến đổi này nằm trong phạm vi và mục đích của sáng chế. Cụ thể, tất cả các khoảng giá trị (ở dạng, “từ khoảng a đến khoảng b”, hoặc tương đương, “từ xấp xỉ a đến b”, hoặc tương đương, “từ xấp xỉ a-b”) được bộc lộ ở đây được hiểu là đề cập đến một tập (tập của tất cả các tập con) của các khoảng giá trị tương ứng, và đưa ra mọi khoảng nằm trong khoảng giá trị lớn hơn. Ngoài ra, các thuật ngữ trong các điểm yêu cầu bảo hộ có nghĩa thông thường, đơn giản trừ khi được định nghĩa rõ ràng và cụ thể bởi chủ đơn.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Thiết bị quang điện bao gồm:

điện cực thứ nhất;

điện cực thứ hai; và

lớp hoạt tính được bố trí ít nhất một phần giữa điện cực thứ nhất và điện cực thứ hai, lớp hoạt tính này chứa NiO, vật liệu perovskit, và lớp phân cách ZnO được bố trí giữa điện cực thứ hai và NiO, trong đó vật liệu perovskit có công thức CMX₃ và được bố trí giữa NiO và ZnO, và còn liền kề và tiếp xúc với lớp này;

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

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

trong đó X bao gồm một hoặc nhiều anion, mỗi anion được chọn từ nhóm có chứa các halide, sulfit, selenua, và các tổ hợp của chúng.

2. Thiết bị quang điện theo điểm 1, trong đó C là metylamoni, M là Pb, và trong đó X bao gồm một hoặc nhiều halide.

3. Thiết bị quang điện theo điểm 1, trong đó C là metylamoni, M là Sn, và trong đó X bao gồm một hoặc nhiều halide.

4. Thiết bị quang điện theo điểm 1, trong đó C là formamidini, M là Pb, và trong đó X bao gồm một hoặc nhiều halide.

5. Thiết bị quang điện theo điểm 1, trong đó C là formamidini, M là Sn, và trong đó X bao gồm một hoặc nhiều halide.

6. Thiết bị quang điện theo điểm 1, trong đó NiO là vật liệu mao quản trung bình.

7. Thiết bị quang điện theo điểm 1, trong đó NiO tạo thành ít nhất một phần của lớp phân cách.

8. Thiết bị quang điện theo điểm 1, trong đó NiO ở gần với điện cực thứ nhất và ZnO ở gần với điện cực thứ hai; và hơn nữa, trong đó điện cực thứ nhất là anôt và điện cực thứ hai là catôt.

9. Thiết bị quang điện theo điểm 1, trong đó ZnO là vật liệu mao quản trung bình.

10. Thiết bị quang điện theo điểm 9, trong đó NiO ở gần với điện cực thứ nhất và ZnO ở gần với điện cực thứ hai; và hơn nữa trong đó điện cực thứ nhất là anôt và điện cực thứ hai là catôt.

11. Thiết bị quang điện theo điểm 1, trong đó thiết bị này còn bao gồm vật liệu truyền tải điện tích chứa P3HT.

12. Thiết bị quang điện bao gồm:

điện cực thứ nhất;

điện cực thứ hai; và

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

lớp phân cách thứ nhất chứa NiO;

lớp phân cách thứ hai chứa ZnO;

vật liệu truyền tải điện tích được bố trí liền kề và tiếp xúc với NiO; và

lớp quang hoạt được bố trí ở giữa, và liền kề và tiếp xúc với, lớp phân cách thứ hai và lớp phân cách thứ nhất, lớp quang hoạt này chứa perovskit có công thức CMX_3 ;

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

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

trong đó X bao gồm một hoặc nhiều anion, mỗi anion được chọn từ nhóm có chứa các halide, sulfit, selenua, và các tổ hợp của chúng.

13. Thiết bị quang điện theo điểm 12, trong đó C là metylamoni, M là Pb, và trong đó X bao gồm một hoặc nhiều halide.

14. Thiết bị quang điện theo điểm 12, trong đó C là metylamoni, M là Sn, và trong đó X bao gồm một hoặc nhiều halide.

15. Thiết bị quang điện theo điểm 12, trong đó C là formamidini, M là Pb, và trong đó X bao gồm một hoặc nhiều halide.

16. Thiết bị quang điện theo điểm 12, trong đó C là formamidini, M là Sn, và trong đó X bao gồm một hoặc nhiều halide.

17. Thiết bị quang điện theo điểm 12, trong đó:

lớp phân cách thứ nhất gần với điện cực thứ nhất hơn lớp phân cách thứ hai;
lớp phân cách thứ hai gần với điện cực thứ hai hơn lớp phân cách thứ nhất; và
điện cực thứ nhất là anôt và điện cực thứ hai là catôt.

18. Thiết bị quang điện theo điểm 12, trong đó vật liệu truyền tải điện tích chứa P3HT.

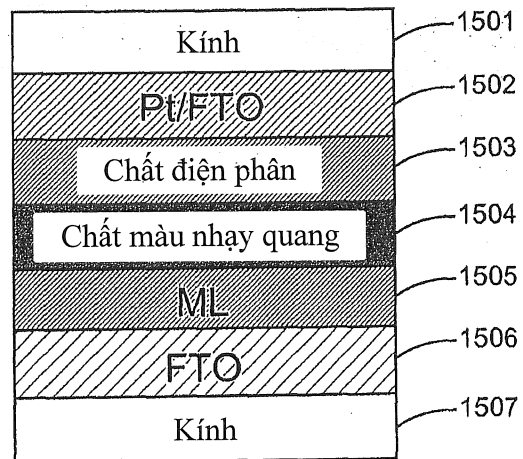


Fig. 1

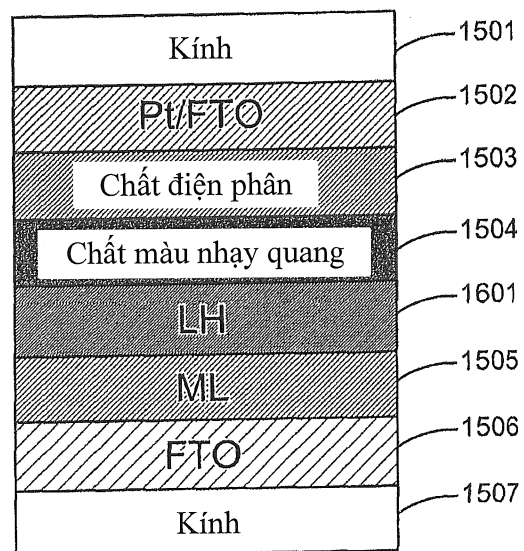


Fig. 2

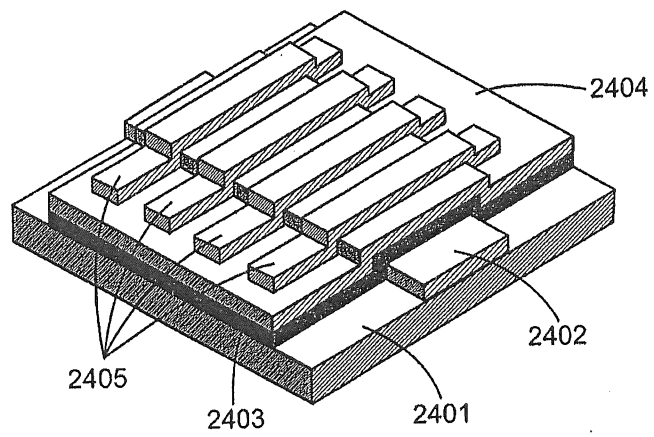


Fig. 3

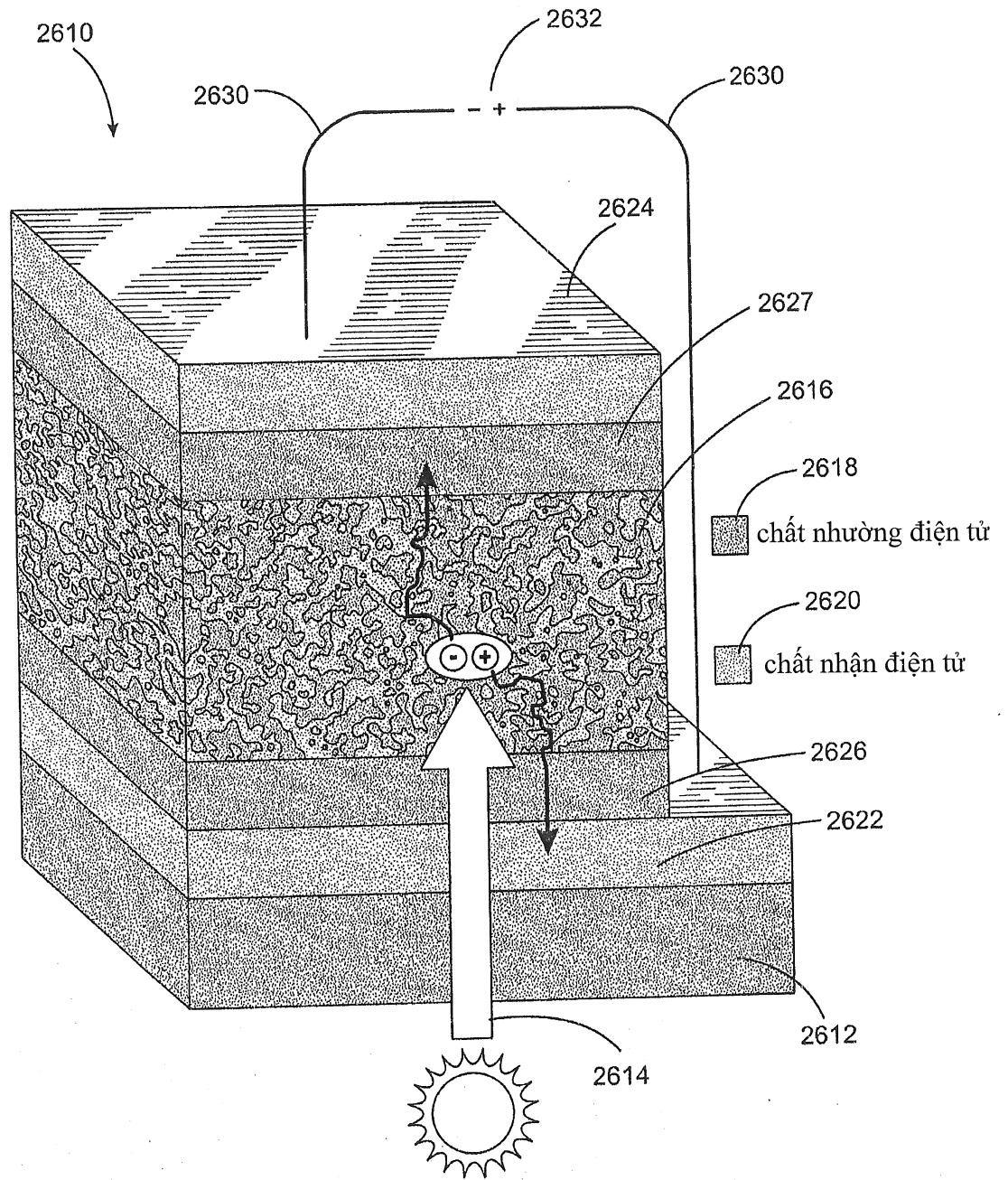


Fig. 4

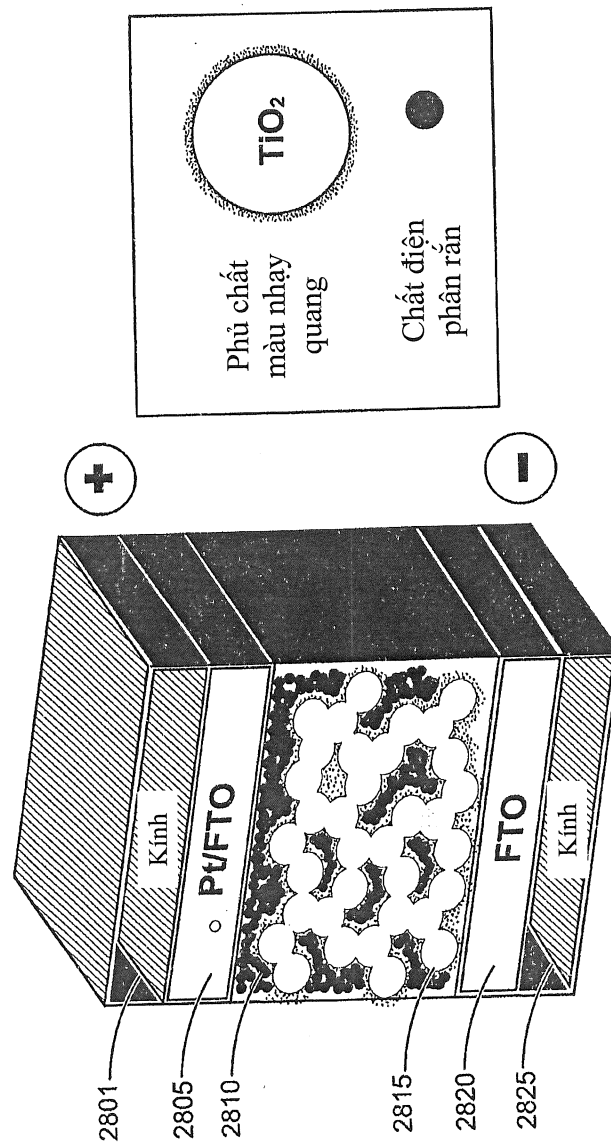


Fig. 5

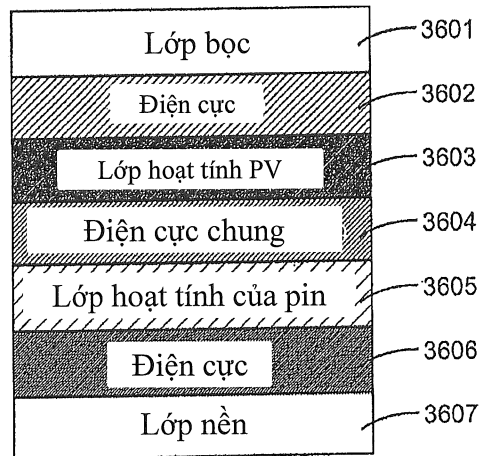


Fig. 6

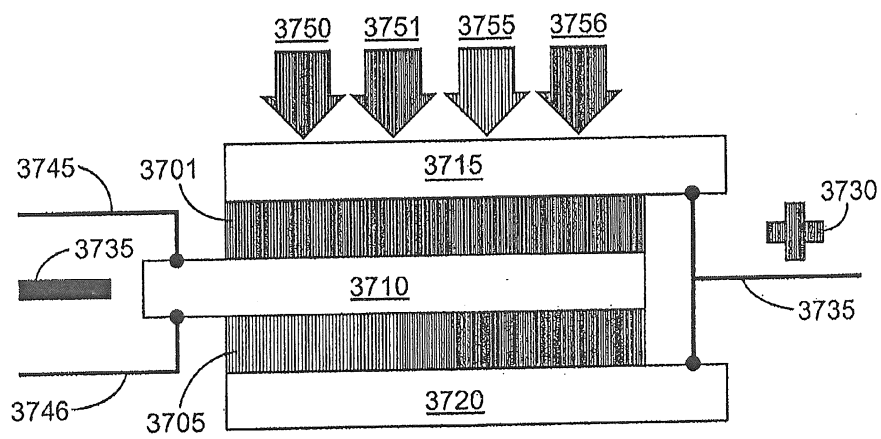


Fig. 7

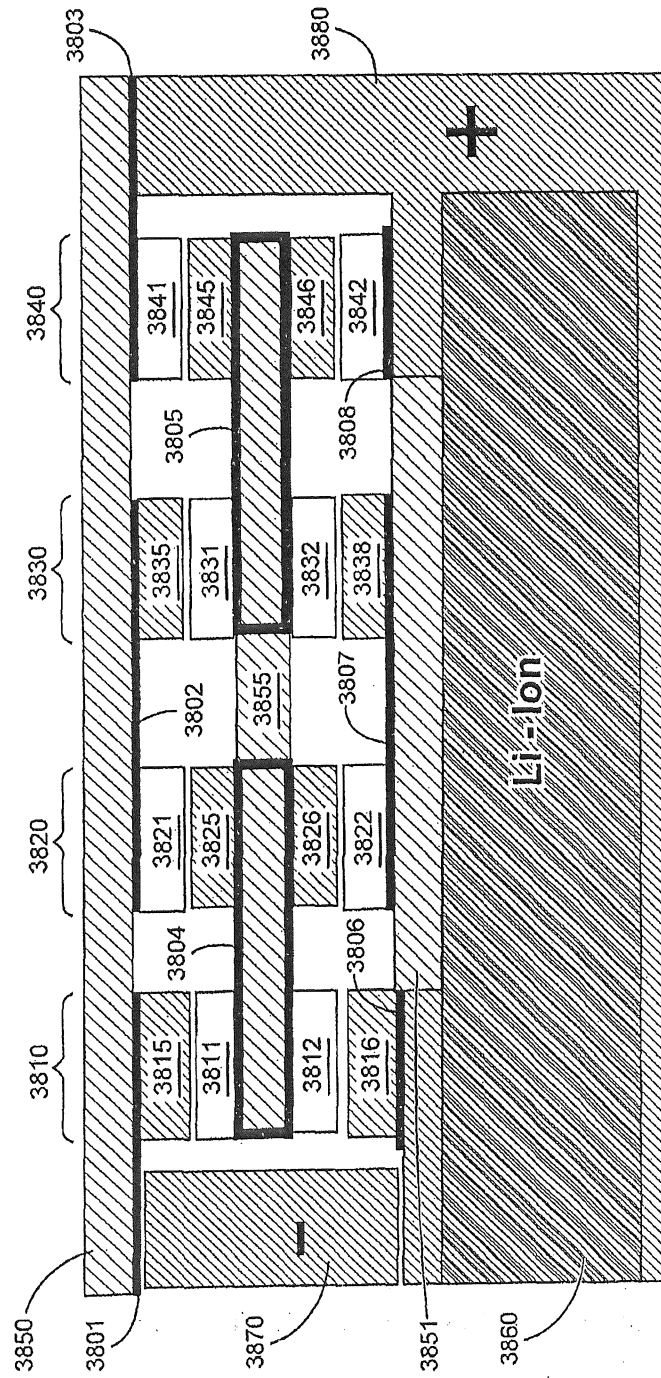


Fig 8A

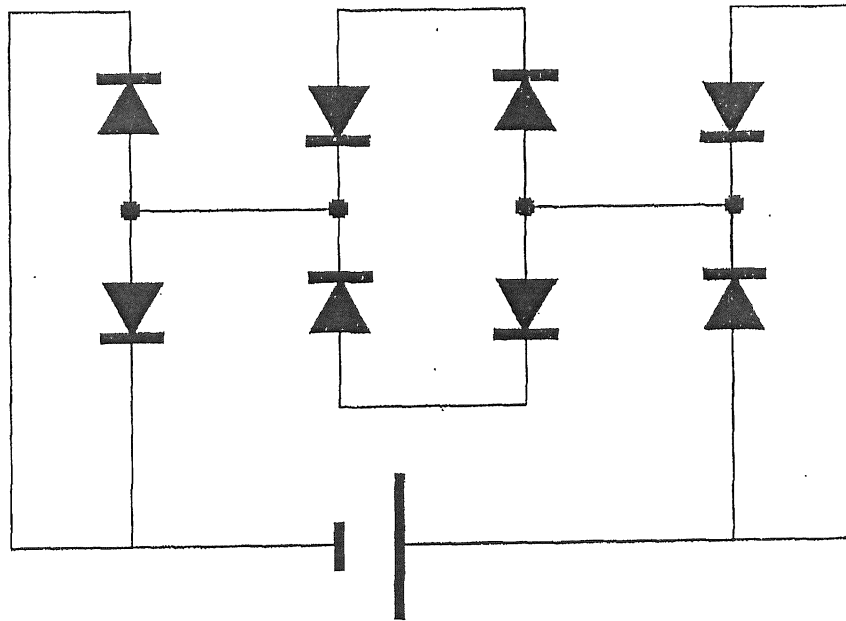


Fig. 8B

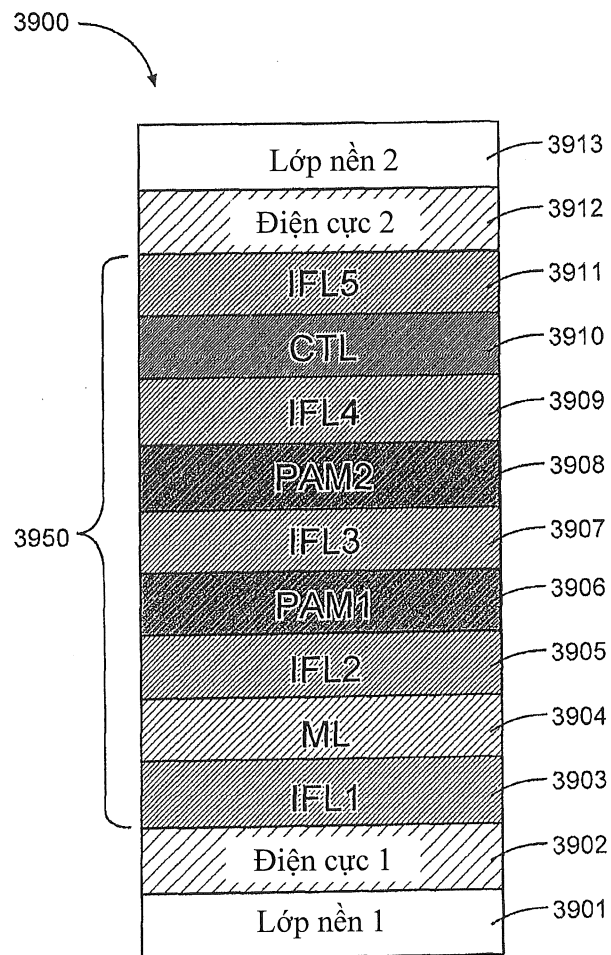


Fig. 9

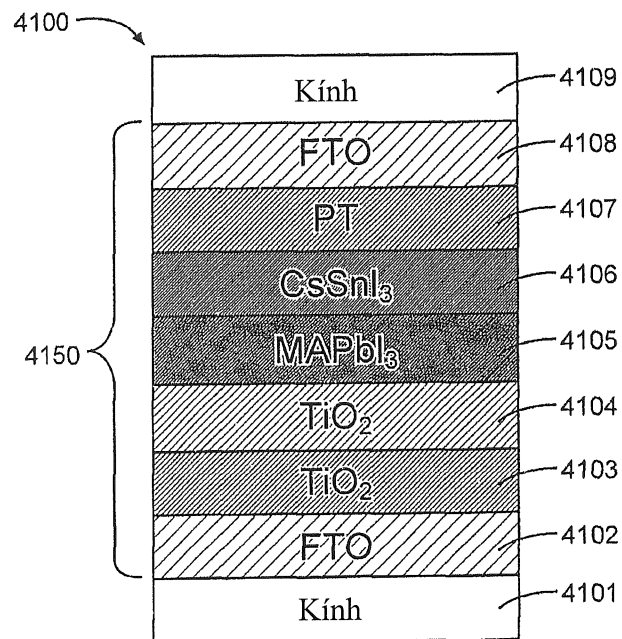


Fig. 10

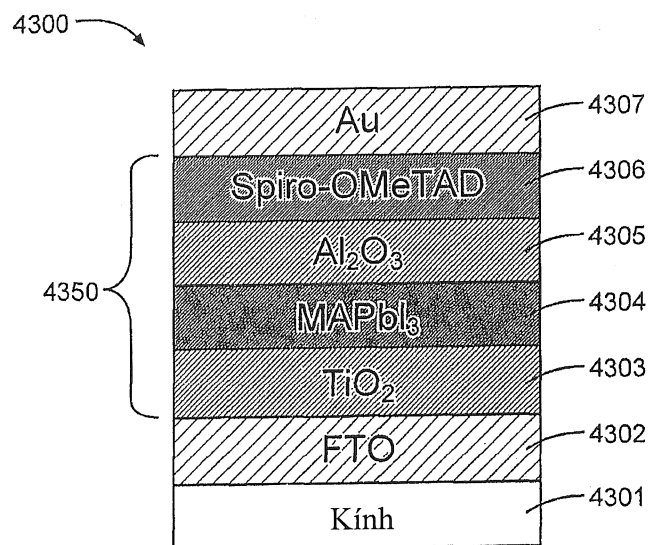


Fig. 11