



(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)



1-0033472

(51)⁷ H01L 31/0296; H01L 31/18; H01L
31/073

(13) B

(21) 1-2018-05930

(22) 31/05/2017

(86) PCT/US2017/035185 31/05/2017

(87) WO2017/210280 07/12/2017

(30) 62/343,397 31/05/2016 US

(45) 25/10/2022 415

(43) 25/03/2019 372A

(73) FIRST SOLAR, INC. (US)

350 West Washington Street, 6th Floor, Tempe, AZ 85281, United States of America

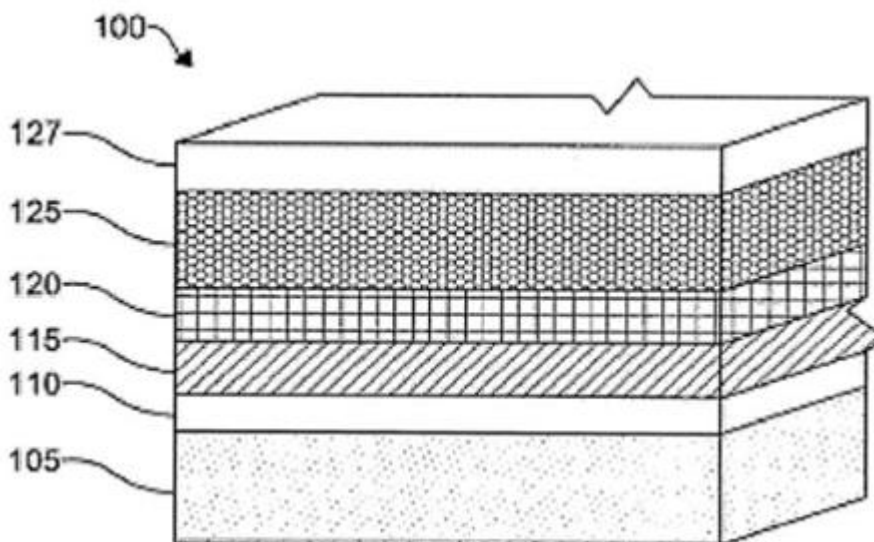
(72) RING, Kenneth (US); HUBER, William, H. (US); PENG, Hongying (CN);

GLOECKLER, Markus (DE); MOR, Gopal (IN); LIAO, Feng (US); ZHAO, Zhibo (US); LOS, Andrei (UA).

(74) Công ty Luật TNHH T&G (TGVN)

(54) THIẾT BỊ QUANG ĐIỆN

(57) Sáng chế đề cập tới thiết bị quang điện được pha tạp. Thiết bị quang điện chứa lớp hấp thụ bán dẫn hoặc chồng được bố trí giữa tiếp xúc trước và tiếp xúc sau. Lớp hấp thụ bao gồm catmi, selen, và telur được pha tạp với Ag, và tùy chọn là với Cu. Chất pha tạp Ag có thể được thêm vào chất hấp thụ với các lượng thay đổi từ $5 \times 10^{15}/\text{cm}^3$ tới $2,5 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ thông qua phương pháp bất kỳ trong số nhiều phương pháp áp dụng trước, trong quá trình, hoặc sau khi lắng đọng lớp hấp thụ. Thiết bị quang điện có hệ số Fill được cải thiện và P_{MAX} tại các trị số PT (= tích $I_{\text{SC}} \cdot V_{\text{OC}}$) cao hơn, ví dụ khoảng 160 W, tạo thành hiệu suất biến đổi được cải thiện, khi so sánh với thiết bị không được pha tạp với Ag. P_{T} được cải thiện có thể tạo thành I_{SC} tăng, V_{OC} tăng hoặc cả hai.



Lĩnh vực kĩ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập tới thiết bị quang điện. Cụ thể hơn, sáng chế đề cập tới các thiết bị quang điện chứa các chất bán dẫn II-VI như catmi, kẽm, telua, và selen, và tới phương pháp sản xuất các thiết bị quang điện này.

Tình trạng kĩ thuật của sáng chế

Các tế bào pin mặt trời màng mỏng hoặc các thiết bị quang điện (photovoltaic - PV) thường chứa tiếp xúc trước, tiếp xúc sau, và nhiều lớp bán dẫn được bố trí trên đế trong suốt. Các lớp bán dẫn tạo thành lớp chồng bán dẫn tạo thành tiếp giáp p-n dẫn dòng điện khi các quang tử được hấp thụ trong các vật liệu tạo nên tiếp giáp p-n. Tiếp giáp p-n có thể là “tiếp giáp đồng thể,” được tạo thành từ một số thành phần với các chất pha tạp được thêm vào để tạo ra các vùng loại n- hoặc loại p-; hoặc là “tiếp giáp dị thể” được tạo thành từ các vật liệu khác nhau có, hoặc được pha tạp để có các tính chất loại p- hoặc n-. Do đó, tiếp giáp p-n có thể được tạo thành bởi lớp kép trong đó lớp thứ nhất có tính chất loại n-, đôi khi còn được đề cập tới như là lớp cửa sổ, và trong đó lớp thứ hai có các tính chất loại p-, đôi khi còn được đề cập tới như là lớp hấp thụ. Nếu có mặt, lớp cửa sổ cho phép sự xâm nhập của bức xạ mặt trời đi tới được trong lớp hấp thụ, mà tại đó năng lượng từ bức xạ mặt trời được biến đổi thành năng lượng điện bằng cách tách các điện tử từ các hạt nhân của chúng trong vật liệu làm chất hấp thụ.

Công suất ra (P) của thiết bị PV là tích của dòng điện (I) và điện thế (V) như được thể hiện bởi đường cong IV, được biểu diễn trên Fig.1. Dọc theo trục x tại dòng điện bằng không hoặc “mạch hở,” điện thế tối đa được tạo ra là (V_{OC}) và dọc theo trục y tại điện thế bằng không hoặc “đoản mạch,” dòng điện tối đa được tạo ra là (I_{SC}). Tích của chúng là công suất tiềm năng tổng cộng (P_T), được tính theo watt (W), nhưng điều này là không thể đạt được trong thực tế. Công suất ra tối đa (P_{MAX}) có thể đạt được, được định nghĩa bởi điểm trên đường cong IV tạo ra tích $I * V$ lớn nhất, được thể hiện trên các trục trên Fig.1 là I_{MP} và V_{MP} . Hệ số Fill (Fill Factor - FF) được định nghĩa như là tỉ

lệ của P_{MAX} so với P_T , tức là tích của $I_{MP} * V_{MP}$ được chia bởi tích của $I_{SC} * V_{OC}$, như được thể hiện trên EQ1:

$$FF = \frac{P_{MAX}}{P_T} = \frac{I_{MP} \times V_{MP}}{I_{SC} \times V_{OC}} \quad \text{EQ 1}$$

Đề cập tới Fig.1, P_{MAX} và P_T có thể được tương tượng một cách trực quan như là diện tích của các hình chữ nhật từ gốc tới P_{MAX} và P_T một cách tương ứng, và FF là tỉ lệ của hai diện tích này. Đường cong IV càng vuông vắn (tức là hình chữ nhật), thì FF càng cao và hiệu suất tế bào càng lớn. Hiệu suất biến đổi của thiết bị PV là hàm của công suất tiềm năng tổng cộng (P_T) được giảm bởi FF như là phân số của công suất tới ($P_{INCIDENT}$), và có thể được biểu diễn theo cách toán học như sau:

$$\text{Hiệu suất} = P_{MAX}/P_{INCIDENT} = (I_{SC} * V_{OC} * FF) / P_{INCIDENT} \quad \text{EQ 2}$$

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Một trong các mục đích chính trong lĩnh vực thiết bị quang điện là nhằm cải thiện hiệu suất biến đổi. Việc tăng thành phần sulfua hoặc selen nằm trong chất hấp thụ chứa chủ yếu là CdTe là đã biết để làm giảm năng lượng độ rộng vùng cấm, vốn cải thiện việc hấp thụ hồng ngoại và dẫn tới I_{SC} được tăng. Ngoài ra, việc tăng kích cỡ hạt và/hoặc độ dày của lớp hấp thụ CdTe để tăng V_{OC} là đã biết. Trong khi mỗi thành phần trong cách thành phần này một cách riêng rẽ hoặc được kết hợp, về mặt lý thuyết sẽ dẫn tới tích $P_T = (I_{SC} * V_{OC})$ cao hơn, nhưng kinh nghiệm của người nộp đơn cho thấy rằng khoảng trị số cao được mong muốn của các trị số tích ($I_{SC} * V_{OC}$) (tức là tại P_T cao hơn), FF có xu hướng giảm nhanh, do đó tạo ra hiệu suất biến đổi bị giảm cho thiết bị.

Do đó, vẫn còn có nhu cầu về các thiết bị quang điện màng mỏng được cải thiện, các cấu hình và các phương pháp sản xuất chúng.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Các đặc điểm, dấu hiệu và ưu điểm này cũng như các đặc điểm, dấu hiệu và ưu điểm khác của sáng chế sẽ được hiểu rõ hơn khi phần mô tả chi tiết sau được đọc với sự tham khảo tới các hình vẽ kèm theo, trong đó,:

Fig.1 là biểu diễn sơ lược của đường cong IV thể hiện quan hệ giữa dòng điện và điện thế với P_{MAX} và P_T và hệ số Fill.

Fig.2 là biểu diễn phương án thực hiện làm ví dụ của thiết bị PV.

Fig.3 là biểu diễn của biên dạng Se trong chất hấp thụ tam nguyên được phân cấp.

Fig.4 là đồ thị của FF so với P_T như được giải thích trong phần mô tả.

Fig.5 là đồ thị của P_{MAX} tương đối so với P_T như được giải thích bởi phần mô tả.

Fig.6 là đồ thị thể hiện sự cải thiện của độ ổn định như được giải thích bởi phần mô tả.

Mô tả chi tiết sáng chế

Các tế bào PV dựa trên tiếp giáp dị thể catmi telurit/catmi fulfua ($CdTe/CdS$) là một ví dụ của tế bào pin mặt trời tiếp giáp dị thể màng mỏng. Các ô này có thể chứa các chất hấp thụ $CdTe$ được pha tạp với Cu để cải thiện mật độ phân tử mang. Các nguyên tố nhóm IB khác, đáng chú ý là Ag hoặc Au, có thể được sử dụng làm các thành phần pha tạp thay thế trong các chất hấp thụ $CdTe$. Việc pha tạp với Cu và Ag được sử dụng cùng nhau làm các thành phần đồng pha tạp theo các tỉ lệ cụ thể, như được mô tả ở đây, có thể tạo thành các lợi ích về hiệu suất chuyển đổi. Ví dụ, một số phương án thực hiện đạt được V_{OC} cao hơn và/hoặc I_{SC} cao hơn – và do đó là tổng công suất thế cao hơn, P_T – mà không có việc giảm tương ứng trong FF và không có tổn thất tương ứng trong hiệu suất biến đổi tổng thể.

Như được thảo luận chi tiết ở dưới, một số phương án thực hiện của sáng chế này đề xuất các thiết bị quang điện chứa các chất bán dẫn II-VI như catmi, thiếc, sunphua, selen, và telua. Các chất bán dẫn này tạo thành các cấu trúc mạng như các nguyên tố nhóm II (Cd , Zn) là xấp xỉ bằng với các nguyên tố nhóm VI (S , Se , Te).

Ngôn ngữ xấp xỉ, như được sử dụng trong suốt bản mô tả và yêu cầu bảo hộ, có thể được áp dụng để thay đổi bất kỳ miêu tả định lượng nào vốn có thể thay đổi được mà không dẫn đến sự thay đổi về chức năng cơ bản liên quan đến nó. Do đó, trị số được

điều chỉnh bởi thuật ngữ hoặc các thuật ngữ, như “khoảng”, và “về cơ bản là” là không bị hạn chế vào các trị số cụ thể đã được chỉ ra. Trong một số ví dụ, ngôn ngữ xấp xỉ có thể tương ứng với độ chính xác của thiết bị đo giá trị. Ở đây và trong suốt bản mô tả và phần yêu cầu bảo hộ này, các giới hạn của khoảng có thể được kết hợp và/hoặc được trao đổi, sao cho các khoảng giới hạn này được nhận diện và chứa tất cả các khoảng giới hạn con được chứa trong đó, trừ khi văn cảnh hoặc ngôn ngữ chỉ ra theo cách khác.

Trong bản mô tả và phần yêu cầu bảo hộ, dạng số ít bao gồm cả dạng số nhiều, trừ khi văn cảnh chỉ rõ ràng theo cách khác. Như được sử dụng ở đây, thuật ngữ “hoặc” không có nghĩa nhằm giới hạn và dùng để chỉ ít nhất một thành phần trong số các thành phần tham khảo (ví dụ, lớp) có mặt và bao gồm các trường hợp trong đó tổ hợp của các hợp phần tham khảo có thể có mặt, trừ khi văn cảnh chỉ rõ ràng theo cách khác.

Các thuật ngữ “vùng trong suốt” và “lớp trong suốt” như được sử dụng ở đây, đề cập tới vùng hoặc lớp cho phép truyền qua trung bình ít nhất khoảng 70% bức xạ điện từ đi tới có bước sóng trong khoảng giới hạn từ 350nm tới khoảng 1000nm.

Như được sử dụng ở đây, thuật ngữ “lớp” đề cập tới vật liệu được bố trí trên ít nhất một phần của bề mặt nằm dưới, theo cách liên tục hoặc không liên tục. Ngoài ra, thuật ngữ “lớp” không nhất thiết phải có nghĩa là độ dày đồng đều của vật liệu được bố trí, và vật liệu được bố trí có thể có độ dày đồng đều hoặc độ dày thay đổi. Ngoài ra, thuật ngữ “lớp” như được sử dụng ở đây để đề cập tới lớp đơn hoặc nhiều lớp, trừ khi văn cảnh chỉ rõ ràng theo cách khác.

Như được sử dụng ở đây, thuật ngữ “được bố trí trên” đề cập tới các lớp được bố trí một cách trực tiếp tiếp xúc với nhau hoặc một cách gián tiếp bởi các lớp xen kẽ ở giữa đó, trừ khi được chỉ ra cụ thể theo cách khác. Thuật ngữ “liền kề” như được sử dụng ở đây có nghĩa là hai lớp được bố trí tiếp giáp và tiếp xúc trực tiếp với nhau.

Theo sáng chế này, khi lớp được mô tả như là “trên” lớp khác hoặc trên để, nó cần được hiểu là việc tiếp xúc trực tiếp với lớp khác hoặc có một (hoặc nhiều) lớp hoặc đặc điểm khác giữa các lớp. Tiếp theo, thuật ngữ “trên” mô tả vị trí tương đối của các lớp so với nhau và không nhất thiết phải là “trên đỉnh của” do vị trí tương đối trên hoặc dưới

phụ thuộc vào định hướng của thiết bị so với người nhìn. Ngoài ra, việc sử dụng của các thuật ngữ “đỉnh,” “đáy,” “ở trên,” “bên dưới,” và các biến thể của các thuật ngữ này được tạo ra để tạo thuận tiện và không yêu cầu hướng cụ thể bất kỳ nào của các thành phần, trừ khi được chỉ ra theo cách khác.

Thuật ngữ “nồng độ nguyên tử - atomic (at) concentration” như được sử dụng ở đây liên quan tới nguyên tử đã được đặt tên (ví dụ Se hoặc Ag) để cập tới số trung bình của các nguyên tử này cho mỗi đơn vị thể tích của lớp đã cho. Các thuật ngữ “nồng độ nguyên tử - atomic concentration” và “nồng độ” được sử dụng ở đây có thể trao đổi cho nhau trong suốt tài liệu này. Thuật ngữ “thay đổi qua độ dày” như được sử dụng ở đây liên quan tới nguyên tử đã được gắn tên (ví dụ Se hoặc Ag) nghĩa là nồng độ của nguyên tử này thay đổi qua độ dày của lớp hấp thụ theo cách liên tục hoặc không liên tục.

Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất thiết bị quang điện có tiếp xúc trước trên phía đi tới của ánh sáng, tiếp xúc sau và đế, thiết bị bao gồm:

lớp hấp thụ được tạo thành giữa tiếp xúc trước và tiếp xúc sau, lớp hấp thụ có độ dày và giao diện thứ nhất với lớp liền kề về phía tiếp xúc trước và giao diện thứ hai với lớp liền kề về phía tiếp xúc sau, lớp hấp thụ bao gồm vật liệu bán dẫn II-VI bao gồm catmi, selen, và telur; trong đó lớp hấp thụ được pha tạp với Ag.

Liên quan tới khía cạnh này, theo một số phương án thực hiện, chất hấp thụ có thể chứa mức được phân cấp của selen, sao cho nó là cao hơn tại giao diện thứ nhất hơn so với tại giao diện thứ hai; theo một số phương án thực hiện chất hấp thụ có thể được pha tạp với cả Cu và Ag, sao cho chất pha tạp đồng có thể thay đổi từ khoảng $5 \times 10^{15}/\text{cm}^3$ tới khoảng $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$, ví dụ từ khoảng $5 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ tới khoảng $5 \times 10^{17}/\text{cm}^3$, trong khi lượng chất pha tạp bạc có thể thay đổi từ khoảng $1 \times 10^{15}/\text{cm}^3$ tới khoảng $5 \times 10^{17}/\text{cm}^3$, ví dụ từ khoảng $5 \times 10^{15}/\text{cm}^3$ tới khoảng $2,5 \times 10^{17}/\text{cm}^3$; theo một số phương án thực hiện, chất pha tạp Ag có thể được phân phối tới lớp chất hấp thụ từ được lắng đọng như là tiếp xúc sau, ví dụ $\text{Cd}_y\text{Zn}_{1-y}\text{Te:Ag}$, trong đó y có thể thay đổi từ 0 tới khoảng 0,6.

Theo một khía cạnh khác, sáng chế đề cập đến phương pháp pha tạp thiết bị quang điện, bao gồm các bước; tạo thành lớp hấp thụ trên đế, chất hấp thụ bao gồm vật liệu

bán dẫn II-VI; tạo thành tiếp xúc sau trên lớp hấp thụ, tiếp xúc sau bao gồm kim loại Ag hoặc hợp kim chứa Ag, và xử lý nhiệt thiết bị để gây ra việc phân tán của Ag vào trong lớp hấp thụ như là chất pha tạp Ag. Liên quan tới khía cạnh này, vật liệu bán dẫn II-VI có thể chứa hoặc không chứa Se, và nó cũng có thể hoặc không thể được pha tạp với Cu.

Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất thiết bị quang điện có tiếp xúc trước trên phía đi tới của ánh sáng, tiếp xúc sau và đế, thiết bị bao gồm:

lớp hấp thụ được tạo thành giữa tiếp xúc trước và tiếp xúc sau, lớp hấp thụ có độ dày và giao diện thứ nhất với lớp liền kề về phía tiếp xúc trước và giao diện thứ hai với lớp liền kề về phía tiếp xúc sau, lớp hấp thụ bao gồm vật liệu bán dẫn II-VI bao gồm catmi, selen, và telur; trong đó, lớp hấp thụ được pha tạp với Cu ở nồng độ từ khoảng $5 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ tới khoảng $5 \times 10^{17}/\text{cm}^3$, và trong đó, lớp hấp thụ cũng được pha tạp với Ag ở nồng độ từ khoảng $5 \times 10^{15}/\text{cm}^3$ tới khoảng $2,5 \times 10^{17}/\text{cm}^3$.

Liên quan tới khía cạnh này, các chất pha tạp Cu và Ag có thể được đặt trong lớp hấp thụ thông qua phương pháp đã biết, bao gồm phương pháp bất kỳ trong số các phương pháp được mô tả ở đây. Lượng tương đối – hoặc tỉ lệ – của chất pha tạp Cu so với chất pha tạp Ag trong lớp hấp thụ là từ khoảng 1 tới khoảng 50.

Các thiết bị quang điện (*photovoltaic* - PV) và các phương pháp tạo thành chúng

Các thiết bị quang điện thường chứa nhiều lớp vật liệu được bố trí trên đế. Các lớp thiết yếu bao gồm chất hấp thụ bán dẫn để biến đổi năng lượng photon thành dòng điện, và các tiếp xúc trước và tiếp xúc sau thu và dẫn dòng điện được sinh ra tới hoặc từ thiết bị. Tiếp giáp p-n thường được tạo thành từ hoặc là nằm trong lớp hấp thụ (“tiếp giáp đồng thể - homojunction”), hoặc giữa chất hấp thụ và lớp bổ sung khác (“tiếp giáp dị thể - heterojunction”), thường được gọi là lớp cửa sổ, nhưng cũng có thể là bộ phận đệm hoặc lớp giao diện. Nhiều lớp khác có thể có mặt theo cách tùy chọn để cải thiện hiệu quả của thiết bị.

Fig.2 mô tả thiết bị quang điện 100 theo sáng chế này trong đó, số lớp được thể hiện chung và được mô tả ở đây. Các lớp được mô tả ở đây, các vật liệu được sử dụng

để tạo thành các lớp, và/hoặc các phương pháp tạo thành các lớp thiết bị quang điện 100 có thể được thay thế, được chứa, bên cạnh các lớp đã được mô tả, hoặc không có mặt trong các phương án thực hiện của sáng chế được mô tả bên dưới và được minh họa trong các hình vẽ kèm theo.

Thiết bị quang điện 100 có thể chứa lớp đế 105, lớp oxit dẫn điện trong suốt (transparent conductive oxide - TCO) 110 làm tiếp xúc trước, lớp cửa sổ 115 tùy chọn (tức là, theo một số phương án thực hiện lớp cửa sổ 115 được bỏ qua), lớp hấp thụ 120 hoặc chồng có thể là đơn lớp hoặc đa lớp, tiếp xúc sau 125, và điện cực kim loại sau 127. Thiết bị quang điện 100 còn có thể chứa lớp phân giới, như lớp đệm, ví dụ, giữa các lớp khác nhau của thiết bị. Theo một số phương án thực hiện, lớp đệm còn có thể được đặt giữa lớp cửa sổ 115 và lớp hấp thụ 120. Theo cách khác, lớp đệm có thể thay thế lớp cửa sổ 115, tức là, lớp đệm có thể được đặt giữa lớp TCO 110 và lớp hấp thụ 120. Các thiết bị quang điện có thể còn chứa các kết nối điện, không được thể hiện, tạo ra đường dẫn dòng để liên lạc các luồng dòng điện được sinh ra, như từ một tế bào quang điện tới các tế bào liên kề trong môđun hoặc từ một môđun quang điện tới các môđun liên kề trong mảng. Theo cách khác, các kết nối điện có thể liên lạc luồng dòng điện tới thiết bị tải bên ngoài, trong đó dòng được sinh ra nhờ quang học sẽ tạo ra năng lượng.

Mỗi lớp trong các lớp của thiết bị quang điện 100 và các thiết bị được mô tả ở đây có thể được lắng đọng nhờ quy trình phun xạ hoặc lắng đọng. Nói chung, việc phun xạ bao gồm việc mọc của các nguyên tử từ bề mặt của vật liệu đích thông qua việc bắn phá năng lượng của các ion trên bề mặt của đích. Theo cách khác, các lớp có thể được tạo thành bởi quy trình lắng đọng thích hợp bất kỳ khác đã biết tới trong tình trạng kỹ thuật của sáng chế, bao gồm nhưng không giới hạn ở, lắng đọng xung laze (pulse laser deposition - PLD), lắng đọng hơi hóa học (chemical vapor deposition - CVD), lắng đọng điện hóa (electrochemical deposition - ECD), lắng đọng lớp nguyên tử (atomic layer deposition - ALD), việc bay hơi, thăng hoa không gian đóng (close space sublimation - CSS), hoặc lắng đọng vận chuyển hơi (vapor transport deposition - VTD). Cần hiểu rằng mỗi lớp trong các lớp có thể được lắng đọng trong việc lắng đọng lớp đơn từ vật liệu đơn, từ việc lắng đọng nhiều lớp từ vật liệu đơn, hoặc từ việc lắng đọng nhiều lớp từ nhiều vật liệu, nếu muốn.

Mỗi lớp có thể che phủ tất cả hoặc một phần của thiết bị và/hoặc tất cả hoặc một phần của lớp hoặc vật liệu nằm bên dưới lớp. Ví dụ, "lớp" có thể có nghĩa là lượng bất kỳ của vật liệu tiếp xúc với tất cả hoặc một phần bề mặt. Trong suốt quy trình tạo thành một lớp trong số các lớp, lớp được tạo thành, tạo thành trên bề mặt bên ngoài, thường là bề mặt trên, của đế hoặc cấu trúc đế. Cấu trúc đế có thể chứa lớp đế được đưa vào trong quy trình lắng đọng và lớp khác hoặc các lớp bổ sung bất kỳ có thể được lắng đọng lên trên lớp đế trong quy trình lắng đọng trước đó. Các lớp có thể được lắng đọng qua toàn bộ đế với các phần cụ thể của vật liệu sau đó được loại bỏ nhờ việc cắt bỏ, khắc lazer hoặc nhờ quy trình loại bỏ vật liệu khác.

Lớp đế 105 có thể được tạo thành từ thủy tinh, ví dụ, thủy tinh vôi natri cacbonat hoặc thủy tinh nổi. Theo cách khác, lớp đế 105 có thể được tạo thành từ các vật liệu polyme, gốm, hoặc các vật liệu khác tạo cấu trúc bền vững để tạo thành đế của tế bào quang điện. Lớp đế 105 có thể có các lớp bổ sung được sử dụng thúc đẩy việc truyền của các photon qua độ dày của nó, có thể chứa các lớp phủ chống phản xạ hoặc các lớp phủ chống làm bẩn.

Theo một số phương án thực hiện, đế 105 là trong suốt qua khoảng giới hạn của các bước sóng mà việc truyền được mong muốn với nó. Theo một phương án thực hiện, đế 105 có thể là trong suốt với ánh sáng nhìn thấy có bước sóng nằm trong khoảng giới hạn từ khoảng 350 nm tới khoảng 1000 nm. Theo một số phương án thực hiện, đế 105 chứa vật liệu có khả năng chịu được các nhiệt độ xử lý lớn hơn khoảng 600°C, như, ví dụ, silic hoặc thủy tinh bosilicat. Theo các phương án thực hiện khác, phần đỡ 111 chứa vật liệu có nhiệt độ làm mềm thấp hơn 600°C, như, ví dụ, thủy tinh vôi natri cacbonat hoặc polyimit. Lớp đế 105 có lớp TCO 110 được lắng đọng trên đó.

Lớp TCO 110 có thể được tạo thành từ oxit dẫn trong suốt thích hợp bất kỳ, bao gồm nhưng không giới hạn ở, oxit indium gali, stanat catmi, oxit catmi thiếc, oxit silic, oxit thiếc, oxit catmi indium, oxit thiếc được pha tạp flo, oxit kẽm được pha tạp nhôm, oxit thiếc indium, hoặc các tổ hợp khác nhau của chúng. Thuật ngữ "lớp oxit dẫn trong suốt" "transparent conductive oxide layer - lớp TCO" như được sử dụng ở đây đề cập tới lớp về cơ bản là trong suốt có khả năng hoạt động như là một bộ thu dòng điện ở

phía trước. Theo một số phương án thực hiện, lớp TCO 110 chứa oxit dẫn trong suốt (transparent conductive oxide - TCO). Các ví dụ không hạn chế của TCO bao gồm catmi thiếc oxit (Cd_2SnO_4 hoặc CTO); indi thiếc oxit (ITO); oxit thiếc được pha tạp florua (SnO:F hoặc FTO); oxit catmi được pha tạp indi; oxit kẽm được pha tạp (ZnO), như oxit kẽm được pha tạp nhôm (ZnO:Al hoặc AZO), oxit kẽm-indi (IZO), và oxit thiếc, kẽm (ZnSnO_x); hoặc các tổ hợp của chúng. Phụ thuộc vào TCO cụ thể được sử dụng và điện trở tấm của nó mà theo một phương án thực hiện, độ dày của lớp TCO 110 có thể ở trong khoảng giới hạn từ khoảng 50 nm tới khoảng 600 nm.

Thuật ngữ “lớp đệm” như được sử dụng ở đây đề cập tới lớp tùy chọn được xen giữa lớp oxit dẫn trong suốt 110 và lớp hấp thụ 120. Nói chung, lớp đệm có điện trở tấm cao hơn điện trở tấm của lớp TCO 110. Lớp đệm đôi khi còn được đề cập tới trong tình trạng kỹ thuật của sáng chế như là “lớp oxit dẫn trong suốt có điện trở cao” “high-resistivity transparent conductive oxide layer - HRT layer”. Lớp đệm tùy chọn có thể được tạo thành từ các vật liệu bán dẫn như, ví dụ, thiếc oxit, kẽm magiê oxit, catmi, catmi thiếc oxit, kẽm thiếc oxit, catmi oxit, kẽm nhôm oxit, kẽm silic oxit, kẽm zirconi oxit, thiếc nhôm oxit, thiếc silic oxit, thiếc zirconi oxit, hoặc vật liệu có độ rộng vùng cấm lớn và ổn định thích hợp khác.

Lớp cửa sổ 115, nếu có mặt, được tạo thành trên lớp TCO 110 và có thể được tạo thành từ vật liệu bán dẫn loại n như, ví dụ, CdS , CdSSe , CdSe , thiếc kẽm sunfua (ZnS), hợp kim ZnS/CdS , ZnSO , oxit magiê kẽm, catmi magiê sunfua, oxit catmi, oxit kẽm thiếc, oxit catmi, oxit kẽm nhôm, oxit kẽm silic, oxit kẽm zirconi, oxit thiếc nhôm, oxit thiếc silic, oxit thiếc zirconi, hoặc vật liệu có khe hở băng rộng và ổn định thích hợp khác. Lớp tùy chọn này có thể là loại n khi được lắng đọng hoặc có thể trở thành loại n sau khi hoàn thành việc xử lý cấu trúc thiết bị. Cần hiểu rằng lớp đệm có thể được tạo thành giữa lớp cửa sổ 115 và lớp TCO 110. Cần hiểu rằng thiết bị quang điện 100 có thể bỏ qua lớp cửa sổ 115, nếu muốn.

Lớp hấp thụ 120 được tạo thành trên lớp cửa sổ 115 khi có mặt hoặc trên TCO hoặc lớp đệm nếu không có lớp cửa sổ 115 nào có mặt. Chất hấp thụ 120 có thể được tạo thành từ vật liệu bán dẫn II-VI bất kỳ, thường là các hợp kim nhị nguyên, tam

nguyên, tứ nguyên hoặc bậc phức tạp hơn ở dạng $(\text{Cd}, \text{Zn})(\text{S}, \text{Se}, \text{Te})$ trong đó tổng nguyên tử của các nguyên tố nhóm II xấp xỉ bằng với tổng nguyên tử của các nguyên tố nhóm VI. Các hợp chất bán dẫn II-VI làm ví dụ này bao gồm: catmi telurit (CdTe), catmi kẽm telurit, catmi selenit (CdSe), catmi sulfotelurit (CdSTe) catmi selen telurit (CdSeTe), ví dụ, $\text{CdSe}_x\text{Te}_{1-x}$ trong đó x là từ khoảng 1 at% tới khoảng 40 at%, và các tổ hợp và các hợp kim của chất bán dẫn bất kỳ trong số các chất bán dẫn II-VI nêu trên. Việc thêm vào của S hoặc Se vào lớp hấp thụ CdTe đã được thể hiện để hạ thấp độ rộng vùng cấm của vật liệu CdTe và mở rộng bước sóng của ánh sáng có thể được hấp thụ và được biến đổi thành năng lượng, nhờ đó tăng dòng điện được tạo ra. Ví dụ, $\text{CdSe}_x\text{Te}_{1-x}$ với 0% Se ($x=0$) có độ rộng vùng cấm là khoảng 1,5 eV, trong đó với 40% Se ($x=0,4$), độ rộng vùng cấm là khoảng 1,39 eV.

Lớp hấp thụ 120 có thể được tạo thành từ lớp được lắng đọng đơn, hoặc từ nhiều lớp của các vật liệu khác nhau tạo thành hợp kim nhị nguyên, tam nguyên, hoặc tứ nguyên mà chúng tái tinh thể lại trong quá trình xử lý nhiệt. Thành phần được thay đổi trong quá trình ủ tiếp theo việc lắng đọng, và việc tối ưu hóa của việc lắng đọng và ủ cho phép tối ưu hoặc biên dạng mong muốn. Với các hợp kim tam nguyên và bậc cao hơn, ít nhất một số thành phần có thể tùy chọn là tạo thành gradient qua lớp hấp thụ 120 khi nhiều lớp được ủ, sao cho nồng độ của nguyên tố đó (ví dụ Se hoặc S) thay đổi qua độ dày của lớp hấp thụ 120. Không quan tâm tới cách mà lớp hấp thụ 120 được tạo thành, lớp hấp thụ 120 được tạo thành giữa tiếp xúc trước và tiếp xúc sau, và có độ dày giữa giao diện thứ nhất về phía tiếp xúc trước, có thể được tạo thành bởi lớp TCO 110, và giao diện thứ hai về phía tiếp xúc sau 125. Theo một số phương án thực hiện, giao diện thứ nhất có thể là liền kề với lớp liền kề về phía tiếp xúc trước, và giao diện thứ hai có thể là liền kề với lớp liền kề về phía tiếp xúc sau 125. Theo một phương án thực hiện, chất hấp thụ hợp kim tam nguyên được tạo thành từ catmi, selen, và telua sao cho nồng độ của Se tại giao diện thứ nhất là cao hơn nồng độ của Se tại giao diện thứ hai. Ví dụ, lớp hấp thụ có thể chứa $\text{CdSe}_x\text{Te}_{1-x}$ trong đó x là từ khoảng 1 at% tới khoảng 40 at%, nhưng x có thể ở trong khoảng từ khoảng 10 at% tới khoảng 40 at% tại giao diện thứ nhất và từ khoảng 1 at% tới khoảng 20 at% tại giao diện thứ hai. Fig.3 minh họa biên dạng của thành phần Se được chia độ, trong đó thành phần Se là khoảng 20 at% tại giao diện thứ nhất và giảm đều đặn tới gần không tại giao diện thứ hai.

Nhiều cấu hình cụ thể khác của các lớp hấp thụ và các phương pháp lắng đọng chúng được bộc lộ trong đơn sáng chế của cùng chủ đơn, số U.S. 14/531,425, được công bố với số US 2016/0126395, ngày 5 tháng 5 năm 2016 và được kết hợp ở đây bằng cách viện dẫn. Ví dụ, trên ít nhất một phương án thực hiện, thành phần Se được chia độ trong lớp hấp thụ được thu bằng cách lắng đọng của một hoặc nhiều lớp thứ nhất chứa CdSe, lắng đọng của một hoặc nhiều lớp thứ hai chứa CdTe, và xử lý nhiệt các lớp để phân tán Se vào trong các lớp thứ hai. Theo cách khác, lớp có biên dạng Se được chia độ như được biểu diễn trên Fig.3 có thể được tạo thành bằng cách lắng đọng liên tiếp nhiều lớp $\text{CdSe}_x\text{Te}_{1-x}$ trong đó x giảm giá trị cho mỗi lớp trong các lớp được tạo thành liên tiếp. Theo một số phương án thực hiện, nồng độ nguyên tử của selen tại giao diện thứ nhất vượt quá nồng độ nguyên tử của selen tại giao diện thứ hai bởi ít nhất là 10 lần, ví dụ 20 lần, 40 lần, 80 lần, 100 lần hoặc nhiều hơn.

Theo các phương án thực hiện cụ thể, nồng độ của selen thay đổi liên tục qua độ dày của lớp hấp thụ 120. Ngoài ra, trong các tình huống này, thay đổi trong nồng độ selen có thể là đơn điệu hoặc không đơn điệu. Trong một số trường hợp, tốc độ thay đổi trong nồng độ, tự bản thân nó có thể thay đổi qua độ dày, ví dụ, tăng trong một số vùng của độ dày, và giảm trong các vùng khác của độ dày. Ngoài ra, trong một số trường hợp, nồng độ selen có thể giữ về cơ bản là không đổi cho một số phần của độ dày. Thuật ngữ “về cơ bản là không đổi” như được sử dụng trong văn cảnh này có nghĩa là thay đổi trong nồng độ nhỏ hơn 5 phần trăm qua suốt phần đó của độ dày.

Theo các phương án thực hiện khác, có ít thay đổi bậc được chia độ ít hơn, nhưng rõ rệt hơn trong nồng độ của selen qua độ dày của lớp hấp thụ.

Tiếp điểm sau 125 là lớp phân giới giữa lớp hấp thụ 120 và điện cực kim loại sau 127. Tổ hợp của tiếp điểm sau 125 và điện cực kim loại sau 127 có thể cùng nhau được đề cập chung như là tiếp điểm sau mà không có sự phân biệt nào được vẽ ra giữa các lớp. Tiếp điểm sau 125 có thể được tạo thành từ vật liệu bất kỳ chứa telua, selen, vàng, vonfram, tantalum, titan, paladin, nickel, bạc, canxi, chì, thủy ngân, graphit, và dạng tương tự. Theo một số phương án thực hiện, tiếp xúc sau 125 có thể được tạo thành từ hợp kim kẽm telurit ở dạng $\text{Cd}_y\text{Zn}_{1-y}\text{Te:D}$, trong đó y có thể thay đổi từ 0 tới khoảng

0,6, và D thể hiện chất pha tạp tùy chọn. Công thức chung này do đó chứa các hợp chất tiếp xúc sau làm ví dụ như dưới đây: ZnTe, ZnTe:Cu, ZnTe:Ag, ZnTe:Au, $Cd_yZn_{1-y}Te$:Cu, $Cd_yZn_{1-y}Te$:Ag, $Cd_yZn_{1-y}Te$:Au, trong đó y được định nghĩa ở trên. Theo một số phương án thực hiện y có thể trải dài từ khoảng 0,3 tới khoảng 0,6, ví dụ từ 0,45 tới khoảng 0,55. Theo các phương án thực hiện khác, tiếp xúc sau có thể được tạo thành từ indi nitrat, HgTe, Te, và PbTe, hoặc vật liệu thích hợp bất kỳ khác. Các chất pha tạp D, và các nồng độ mà tại đó chúng sẽ được sử dụng sẽ được mô tả ở dưới.

Điện cực kim loại sau 127 tạo ra việc dẫn phụ của dòng điện tới mạch bên ngoài. Điện cực kim loại sau 127 có thể được tạo thành từ nhôm, đồng, nickel, vàng, bạc, molipđen nitrit, molipđen, crôm, các kim loại được oxi hóa, các nitrua kim loại, các tổ hợp của các chất nêu trên, các hợp kim của các chất nêu trên, hoặc kim loại bất kỳ khác đã biết là hữu dụng để làm bộ phận dẫn trong thiết bị quang điện. Tiếp điểm sau thích hợp 125 và điện cực kim loại sau 127 được mô tả trong đơn sáng chế đồng sở hữu WO2014/151610 cho “Thiết bị quang điện có điện cực sau được cải tiến và phương pháp tạo thành chúng - Photovoltaic Device Having Improved Back Electrode and Method of Formation” được kết hợp ở đây bằng cách viện dẫn, phần bộc lộ của nó có thể được tham khảo để cho phép thực hiện phần tiếp điểm sau 125 và điện cực kim loại sau 127 của sáng chế này.

Nếu lớp phân giới có mặt trong thiết bị quang điện 100, thì lớp phân giới có thể được tạo thành từ số bất kỳ các vật liệu và có thể được bố trí giữa lớp bất kỳ trong các lớp khác nhau của thiết bị quang điện, nếu muốn. Lớp phân giới có thể lớp đệm hoặc lớp bộ phận mang ngăn cản sự phân tán của các ion hóa học từ, vào trong, hoặc đi qua đế 105 hoặc lớp khác của thiết bị 100. Ví dụ, một lớp phân giới được chứa trong thiết bị quang điện 100 có thể lớp chắn được tạo thành giữa lớp đế 105 và lớp TCO 110. Lớp chắn có thể được tạo thành từ vật liệu thích hợp bất kỳ, bao gồm, nhưng không giới hạn silic oxit, nhôm, oxit thiếc, hoặc oxit silic nhôm. Một ví dụ khác của lớp phân giới có thể là lớp đệm được tạo thành giữa lớp TCO 110 và lớp cửa sổ 115 để làm giảm sự tái kết hợp của các lỗ trống và các điện tử tại giao diện của lớp TCO 110 và lớp cửa sổ 115. Lớp đệm có thể được tạo thành từ vật liệu thích hợp bất kỳ nào, bao gồm nhưng không giới hạn ở, ví dụ, oxit thiếc, oxit kẽm, oxit thiếc kẽm, oxit thiếc được pha tạo kẽm, oxit

indium, hỗn hợp của các oxit thiếc và kẽm, zinc stanat, oxit magiê kẽm, kẽm oxysulfua, catmi magan sunfua, hoặc catmi magiê sunfua, hoặc các tổ hợp của các chất nêu trên.

Thiết bị quang điện 100 có thể chứa các thành phần khác như, các thanh bus, việc đi dây bên ngoài, các việc khắc laze, v.v. ,ví dụ, khi thiết bị 100 tạo thành tế bào quang điện của môđun quang điện, nhiều tế bào quang điện có thể được kết nối nối tiếp để thu được điện thế mong muốn, như qua kết nối nối dây điện. Mỗi đầu cuối của các chuỗi kết nối các tế bào có thể được gắn vào điện trở thích hợp như dây hoặc thanh bus, để dẫn dòng được sinh ra tới các vị trí thuận tiện cho việc kết nối tới thiết bị hoặc hệ thống khác sử dụng dòng được sinh ra. Theo một số phương án thực hiện, laze có thể được sử dụng để khắc các lớp được lắng đọng của thiết bị quang điện 100 để chia thiết bị thành nhiều chuỗi tế bào được kết nối.

Theo một số phương án thực hiện, các thành phần khác (không được thể hiện) có thể được chứa trong thiết bị quang điện làm ví dụ 100, như, cần hoặc băng nối mạch, các hộp đấu nối, dây dẫn bên ngoài, các đường vạch dấu laze, các phần bao, v.v. Ví dụ, khi thiết bị 100 tạo thành tế bào quang điện của môđun quang điện, nhiều tế bào quang điện có thể được kết nối nối tiếp để thu được điện thế mong muốn, như qua kết nối nối dây điện. Mỗi đầu cuối của các chuỗi kết nối các tế bào có thể được gắn vào điện trở thích hợp như dây hoặc thanh bus, để dẫn dòng được sinh ra tới các vị trí thuận tiện cho việc kết nối tới thiết bị hoặc hệ thống khác sử dụng dòng được sinh ra. Theo một số phương án thực hiện màng mỏng nguyên khối, laze có thể được sử dụng để khắc các lớp được lắng đọng của thiết bị quang điện 100 để chia thiết bị thành nhiều chuỗi tế bào được kết - nối.

Các chất pha tạp và các phương pháp pha tạp

CdTe không được pha tạp được coi là bản chất với mật độ hoặc nồng độ phân tử mang khoảng $1 \times 10^{10}/\text{cm}^3$. Để tăng mật độ phân tử mang và/hoặc để biến đổi lớp hoặc vùng để có nhiều loại p hoặc nhiều loại n hơn, chất pha tạp có thể được thêm vào. Các chất pha tạp, D, có thể được thêm vào trước, trong suốt hoặc sau khi lắng đọng lớp và có thể tăng độ lớn mật độ phân tử mang điện lên nhiều bậc. Mặc dù các biên không phải là rắn nhưng vật liệu thường được xem là loại p nếu các phân tử mang nhận điện tử có

mật trong khoảng giới hạn từ $1 \times 10^{11}/\text{cm}^3$ tới khoảng $1 \times 10^{17}/\text{cm}^3$, và loại p+ nếu mật độ phần tử mang nhận là lớn hơn khoảng $1 \times 10^{17}/\text{cm}^3$. Một cách tương tự, vật liệu được coi là loại n nếu các phần tử cho điện tử có mật trong khoảng giới hạn khoảng $1 \times 10^{11}/\text{cm}^3$ tới khoảng $1 \times 10^{17}/\text{cm}^3$, và loại n+ nếu mật độ phần tử mang cho là lớn hơn khoảng $1 \times 10^{17}/\text{cm}^3$.

Các chất pha tạp nhận thích hợp có thể tạo ra chất bán dẫn II-VI giống như CdTe nhiều loại p, bao gồm: (i) các chất thay thế Cd trong mạng CdTe bao gồm, nhưng không giới hạn ở: Li, Na, K, Rb (được đề cập tới ở đây như là các chất pha tạp nhóm IA), và Cu, Ag, và Au (được đề cập tới ở đây như là các chất pha tạp nhóm IB); và (ii) các chất thay thế Te trong mạng CdTe bao gồm, nhưng không giới hạn ở: V, Nb, và Ta (được đề cập tới ở đây như là các chất pha tạp nhóm VB) và N, P, As, Sb, và Bi (được đề cập tới ở đây như là các chất pha tạp nhóm VA). Các chất pha tạp cho thích hợp có thể tạo ra chất bán dẫn II-VI giống như CdTe nhiều loại n, bao gồm: (i) các chất thay thế Cd trong mạng CdTe bao gồm, nhưng không giới hạn ở: Sc, Y, và La (được đề cập tới ở đây như là các chất pha tạp nhóm IIIB), và B, Al, Ga, và In (được đề cập tới ở đây như là các chất pha tạp nhóm IIIA); và (ii) các chất thay thế Te trong mạng CdTe bao gồm, nhưng không giới hạn ở: Mn, Tc (được đề cập tới ở đây như là các chất pha tạp nhóm VIIB), và F, Cl, Br, và I (được đề cập tới ở đây như là các chất pha tạp nhóm VIIA).

Đồng là chất pha tạp nhóm IB có thể được sử dụng để tạo ra các chất bán dẫn II-VI giống như CdTe nhiều loại p. Chất pha tạp Cu có thể được sử dụng để tạo ra tiếp xúc omic giữa lớp hấp thụ 120 và điện cực kim loại sau 127, do một số ít kim loại có công thoát đủ cao. Theo các phương án thực hiện cụ thể, lớp hấp thụ 120 còn chứa chất pha tạp đồng, có thể trải từ khoảng $5 \times 10^{15}/\text{cm}^3$ tới khoảng $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$, ví dụ từ khoảng $5 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ tới khoảng $5 \times 10^{17}/\text{cm}^3$. Theo một số phương án thực hiện, nồng độ của Cu trong chất hấp thụ là cao hơn tại giao diện thứ hai hơn so với tại giao diện thứ nhất. Bên cạnh đồng (Cu), bạc (Ag) và vàng (Au) được biết tới như là các chất pha tạp nhóm IB cho các chất bán dẫn CdTe, và các tài liệu đề xuất rằng chúng tương tự với Cu cho mục đích này.

Theo các phương án thực hiện cụ thể, lớp hấp thụ 120 còn chứa chất pha tạp bạc, có thể trải từ khoảng $1 \times 10^{15}/\text{cm}^3$ tới khoảng $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$, ví dụ từ khoảng $5 \times 10^{15}/\text{cm}^3$ tới khoảng $2,5 \times 10^{17}/\text{cm}^3$. Bạc có thể được tích hợp như là chất pha tạp trong lớp hấp thụ 120 sử dụng phương pháp bất kỳ trong số các phương pháp được mô tả ở đây. Bạc có thể được sử dụng như là chất pha tạp duy nhất trong các chất bán dẫn II-VI hoặc chất pha tạp bổ sung cùng với Cu. Khi Ag được sử dụng làm chất pha tạp duy nhất trong các chất bán dẫn II-VI, bất ngờ là cần phải có ít chất pha tạp hơn khi so sánh với các mức chất pha tạp Cu. Theo một số phương án thực hiện, từ 15% tới 70% của các mức chất pha tạp là đủ khi Ag được thay thế cho Cu, ví dụ, từ khoảng 20% tới khoảng 60%. Nó cũng đóng góp vào độ ổn định dài hạn được cải thiện như được thể hiện bởi dữ liệu ứng suất được tăng tốc trên Fig.6 (được mô tả trong ví dụ 2, bên dưới). Một cách tương tự, trong các thiết bị được pha tạp đồng thời với cả Cu và Ag, lượng Cu có thể được làm giảm theo hệ số từ 20% đến 50%, do đó làm giảm lượng cao của Cu có thể phân tán được.

Như đã nhấn mạnh ở trên, việc đồng pha tạp của chất bán dẫn II-VI với cả Cu và Ag theo cách tỉ lệ được mô tả ở đây đã đóng góp vào cải thiện đáng kể trong hiệu suất chuyển đổi, như sẽ được thảo luận ở dưới. Trong các trường hợp này, tỉ lệ của các chất pha tạp đồng so với bạc là sao cho chất pha tạp đồng có thể trải dài từ khoảng $5 \times 10^{15}/\text{cm}^3$ tới khoảng $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$, ví dụ từ khoảng $5 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ tới khoảng $5 \times 10^{17}/\text{cm}^3$, trong khi lượng chất pha tạp bạc có thể trải dài từ khoảng $1 \times 10^{15}/\text{cm}^3$ tới khoảng $5 \times 10^{17}/\text{cm}^3$, ví dụ từ khoảng $5 \times 10^{15}/\text{cm}^3$ tới khoảng $2,5 \times 10^{17}/\text{cm}^3$. Một số phương án thực hiện với cả các chất pha tạp Cu và Ag thể hiện tỉ lệ của Cu so với Ag từ khoảng 1:1 tới khoảng 50:1. Ví dụ, tỉ lệ của Cu so với Ag trong lớp hấp thụ 120 có thể ít nhất khoảng 2:1 như, ví dụ, ít nhất khoảng 4:1 theo một phương án thực hiện, ít nhất khoảng 3:1 theo phương án thực hiện khác. Theo các phương án thực hiện khác, tỉ lệ của Cu so với Ag trong lớp hấp thụ 120 có thể lên tới khoảng 40:1, lên tới khoảng 30:1, hoặc lên tới khoảng 20:1. Trong các khoảng giới hạn bị chặn, tỉ lệ của Cu so với Ag trong lớp hấp thụ 120 có thể là giữa khoảng 5:1 và 40:1 theo một phương án thực hiện, hoặc giữa khoảng 5:1 và 30:1 theo phương án thực hiện khác, hoặc giữa khoảng 10:1 và 20:1 theo phương án thực hiện khác nữa.

Các chất pha tạp (ví dụ Cu, Ag, Au) có thể được tích hợp vào trong lớp hấp thụ 120 nhờ nhiều cách. Đầu tiên, các đích nguồn để lắng đọng hơi hoặc phún xạ có thể chứa chất pha tạp. Theo cách khác, nhiều nguồn hoặc đích – một thành phần chứa chất pha tạp và thành phần khác chứa vật liệu hấp thụ chính – có thể được đồng lắng đọng hoặc được đồng phún xạ để tích hợp chất pha tạp. Theo phương pháp khác, các lớp mỏng của chất pha tạp tinh khiết có thể được lắng đọng như là lớp giao diện trên đỉnh của hoặc trước khi lắng đọng lớp hấp thụ 120, được tiếp theo bởi việc xử lý nhiệt cho phép chất pha tạp phân tán từ lớp của nó vào trong các lớp liền kề của chất hấp thụ. Ngoài ra, các chất pha tạp có thể được áp dụng bởi “các quy trình ẩm” tham gia vào việc tạo các dung dịch của chất pha tạp hoặc các muối chất pha tạp có thể được phun hoặc được phủ lên trên các bề mặt lớp, hoặc là trước hoặc sau khi lắng đọng của lớp hấp thụ 120, được tiếp theo bởi việc xử lý nhiệt cho phép chất pha tạp phân tán từ dung dịch ẩm của nó vào trong các lớp liền kề của lớp hấp thụ 120. Các chất pha tạp cũng có thể được áp dụng theo cách này bằng cách trộn lẫn dung dịch chất pha tạp với catmi clorua và áp dụng vào lớp hấp thụ trước khi xử lý nhiệt.

Theo ít nhất một phương án thực hiện, chất pha tạp được tích hợp vào trong lớp hấp thụ như là một phần của việc tạo thành tiếp xúc sau, hoặc lớp giao diện giữa chất hấp thụ và tiếp xúc sau. Như được mô tả ở trước, việc lắng đọng của tiếp xúc sau có thể chứa chất pha tạp D, ví dụ Cu, Au, hoặc Ag trong chất hấp thụ bán dẫn II-VI như CdTe, ZnTe, CdSeTe, hoặc CdZnTe. Theo các phương án thực hiện này, tiếp xúc sau 125 hoặc lớp giao diện với chất pha tạp được lắng đọng trên lớp hấp thụ 120, và được xử lý nhiệt hoặc được ủ để cho phép phân tán chất pha tạp vào trong lớp hấp thụ 120. Theo một phương án thực hiện, Ag có thể được chứa trong vật liệu tiếp xúc sau bao gồm $\text{Cd}_y\text{Zn}_{1-y}\text{Te}$, trong đó y là từ 0 tới khoảng 0,6, với người kiểm tra là từ khoảng 0,4 tới khoảng 0,6 hoặc khoảng 0,5.

Khi chất pha tạp như đồng hoặc bạc được áp dụng như là lớp của chính nó từ dung dịch hoặc lớp kim loại, đôi khi sẽ hữu dụng hơn để phân biệt tải hoặc liều chất pha tạp như là khối lượng/diện tích được che phủ. Khi thiết bị 100 được xử lý nhiệt tiếp, chất pha tạp phân tán vào trong lớp như đã được mô tả ở trên. Các liều chất pha tạp đồng hữu dụng trong sáng chế này được biểu diễn theo cách chứa từ khoảng 5 ng/cm² tới khoảng

70 ng/cm², ví dụ từ khoảng 10 ng/cm² tới khoảng 50 ng/cm². Các liều chất pha tạp bạc hữu dụng trong sáng chế này được biểu diễn theo cách chứa từ khoảng 1 ng/cm² tới khoảng 30 ng/cm², ví dụ từ khoảng 2 ng/cm² tới khoảng 20 ng/cm².

Các ví dụ và hiệu quả hoạt động về hiệu suất được cải thiện

Ví dụ 1: Thiết bị PC chất hấp thụ CdSeTe làm đối chứng được tạo thành với chất pha tạp Cu tại khoảng $2 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ trong lớp hấp thụ. Đồng được tạo ra bằng cách lắng đọng lớp ZnTe:Cu trên lớp hấp thụ, được tiếp theo bởi việc xử lý nhiệt. Các thiết bị CdSeTe PV làm ví dụ được tạo thành với chất pha tạp Cu tại khoảng $2 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ và chất pha tạp Ag tại khoảng $1,5 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ trong lớp hấp thụ. Bạc được áp dụng vào lớp hấp thụ như là dung dịch nước của bạc nitrat tại liều lượng khoảng 2 ng/cm² và được gia nhiệt để ủ các lớp và phân tán Ag vào trong chất hấp thụ. Đường con quét I-V được tạo ra cho cả các thiết bị PV làm đối chứng và làm ví dụ để thu được các trị số I_{sc} và V_{oc} như được thể hiện trên các Fig.1 và Fig.4. P_{MAX} , P_T , và FF được tính toán từ đó và P_{MAX} được chấm như là việc tăng tương đối trên Fig.5. Đường cơ sở không trên Fig.5 là đường cơ sở tùy ý cho thiết bị có độ dày cụ thể, nhưng sự cải thiện tương đối của các thiết bị làm ví dụ (các vòng tròn) qua các thiết bị đối chứng (các hình vuông) được phản ánh ở đây. Tại $P_T = \text{tích } I_{sc} * V_{oc}$ (theo watt, W) từ khoảng 161 W tới khoảng 168 W thì P_{MAX} là từ khoảng 1% tới khoảng 5% cao hơn trong thiết bị được pha tạp Ag khi so sánh với các thiết bị không được pha tạp Ag, và xu hướng là về phía cải thiện lớn hơn tại vùng $P_T = \text{tích } I_{sc} * V_{oc}$ cao hơn.

Từ ví dụ được mô tả ở trên, có bằng chứng rằng thiết bị PV có chất pha tạp bạc có hiệu quả vượt trội hơn so với thiết bị đối chứng chỉ có chất pha tạp đồng. Điều này ở mức độ nào đó là khá bất ngờ khi xem xét rằng các cấu hình vỏ điện tử là rất giống nhau (các vỏ 3d/4d đầy với 10 điện tử, và 1 điện tử chỉ trong vỏ s tiếp theo). Hơn nữa, các tài liệu cũng đề xuất là tính tương đương - không phải là vượt trội - của Ag thay cho Cu làm chất pha tạp trong các tế bào năng lượng mặt trời chất hấp thụ CdTe. Xem, ví dụ Gretener, và cộng sự, "CdTe Thin Films doped by Cu and Ag – a Comparison in Substrate Configuration Solar Cells, (2014) 2014 IEEE 40th Photovoltaic Specialist Conference, PVSC 2014, art. no. 6925689, pp. 3510-3514";

<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84912074574&partnerID=40&md5=0688dfb7339050b34e59c49b24353000> .

Tuy nhiên, người nộp đơn cũng đã thấy rằng hiệu quả hoạt động về hiệu suất được cải thiện tới từ dạng của I_{sc} lớn hơn, V_{OC} lớn hơn, hoặc cả hai, tạo thành P_T cao hơn như được thể hiện trên các hình vẽ Fig.4 và Fig.5. Mặc dù FF không giảm tại $P_T = \text{tích } I_{sc} * V_{OC}$ cao hơn, nhưng nó diễn ra như vậy tại $P_T = \text{tích } I_{sc} * V_{OC}$ cao hơn nhiều, vốn which biến đổi tới P_{MAX} cao hơn và hiệu suất biến đổi cao hơn. Bằng cách duy trì FF cao hơn tại P_T tăng, sẽ thu được P_{MAX} cao hơn. Có bằng chứng từ Fig.4, trong đó, các thiết bị được pha tạp Ag (các hình tròn) thể hiện từ khoảng 1 tới khoảng 3 điểm phần trăm cao hơn FF tại $P_T = \text{tích } I_{sc} * V_{OC}$ đã cho, cao hơn so với các thiết bị không được pha tạp bạc (các hình vuông), và hiệu quả là tốt nhất tại các trị số P_T cao nhất. Bằng cách tăng FF trong khi tại P_T đã cho, sẽ thu được P_{MAX} cao hơn.

Như được thể hiện trên các Fig.4 và Fig.5, lợi ích của việc tăng của việc đồng pha tạp Ag là tích " $I_{sc} * V_{OC}$ " cũng tăng. Trị số $P_T (= \text{tích } I_{sc} * V_{OC})$ này có thể được điều chỉnh tới các trị số cao hơn bằng cách tăng thành phần selen của chất hấp thụ để làm giảm độ rộng vùng cấm. Đây là sự phát triển quan trọng do hiện tại các chất hấp thụ CdSeTe với thành phần selen cao hơn có thể được sử dụng để tối đa hóa việc hấp thụ của ánh sáng tới, đặc biệt là trong khoảng hồng ngoại trên khoảng 800 nm. Nó đã xác định được rằng gờ hấp thụ của các chất hấp thụ mới này có thể được đẩy 1-10 nm, ví dụ khoảng 5 nm, xa hơn vào trong khoảng IR.

Ví dụ 2: Các thiết bị PV chất hấp thụ CdSeTe được tạo thành với chất pha tạp được cung cấp bởi tiếp xúc sau được phún xạ chứa chất pha tạp, được tiếp theo bởi việc xử lý nhiệt. Các thiết bị PV đối chứng được tạo thành với chất pha tạp Cu tại mức 1,0% trong đích phún xạ tiếp xúc sau để sinh ra nồng độ chất hấp thụ được ước lượng khoảng $2 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ trong lớp hấp thụ. Các thiết bị PV làm ví dụ được thực hiện với chất pha tạp Ag tại 0,3% trong đích phún xạ tiếp xúc sau. Hiệu suất biến đổi của các thiết bị được đo tại thời gian bắt đầu và đo lại sau thử nghiệm ứng suất tăng tốc để bắt chước việc sử dụng trong thời gian dài. Dữ liệu được thể hiện trên Fig.6. Theo đo đạc ban đầu, hiệu suất của các thiết bị Ag (với khoảng 1/3 tổng chất pha tạp) là khoảng 6% cao hơn so với

các thiết bị được pha tạp Cu đối chứng, đã được chuẩn hóa tới trị số 1,0 trên hình vẽ. Ngoài ra, sau khi mỗi mẫu được đưa vào trong thử nghiệm ứng suất tăng tốc, thì các thiết bị Cu làm đối chứng thể hiện ảnh hưởng xấu tới hiệu suất lớn hơn 15%, nhưng các thiết bị pha tạp Ag thể hiện ảnh hưởng xấu chỉ khoảng 8%. Đáng chú ý là, hiệu suất biến đổi sau ứng suất của các thiết bị được pha tạp Ag nằm trong khoảng vài % của hiệu suất ban đầu (không được tạo ứng suất) của các thiết bị được pha tạp Cu.

Các yêu cầu bảo hộ kèm theo nhằm yêu cầu bảo hộ sáng chế rộng nhất như nó có thể được hiểu và các ví dụ được thể hiện ở đây chỉ minh họa các phương án thực hiện được chọn từ tất cả các phương án thực hiện đa dạng, khả thi. Do đó, đó là mục đích của người nộp đơn đến các yêu cầu bảo hộ kèm theo không bị hạn chế bởi lựa chọn của các ví dụ được tận dụng để minh họa các đặc điểm của sáng chế này. Như được sử dụng trong các yêu cầu bảo hộ, từ "bao gồm" và các biến thể ngữ pháp của nó về logic cũng thay thế và chứa các cụm mở rộng thay đổi và khác như ví dụ là, nhưng không giới hạn ở "về cơ bản tạo thành từ" và "tạo thành từ." Khi cần thiết, các khoảng giới hạn sẽ được đề cập; các khoảng giới hạn này chứa các khoảng giới hạn nhỏ hơn nằm ở giữa chúng. Cũng hiểu rằng các thay đổi trong các khoảng giới hạn này sẽ là tự nhiên đối với những người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật và không có tính chuyên môn với số đông, các biến thể này được bao hàm trong các yêu cầu bảo hộ kèm theo. Cũng cần hiểu rằng các tiến bộ trong khoa học và công nghệ sẽ tạo ra các phương án tương đương và thay thế khả thi mà hiện chưa được đề cập tới do lý do của sự không chính xác của ngôn ngữ và các biến thể này cũng được coi là được bao hàm trong các yêu cầu bảo hộ kèm theo.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Thiết bị quang điện bao gồm:

lớp hấp thụ biến đổi năng lượng photon thành dòng điện, trong đó,:

lớp hấp thụ bao gồm vật liệu bán dẫn II-VI bao gồm catmi, selen, và telua; và

lớp hấp thụ được pha tạp với đồng và bạc ở tỉ lệ của đồng so với bạc lớn hơn 2:1.

2. Thiết bị quang điện theo điểm 1, trong đó, tỉ lệ của đồng so với bạc là giữa 5:1 và 40:1.

3. Thiết bị quang điện theo điểm 1, trong đó, lớp hấp thụ được pha tạp với đồng ở nồng độ giữa $5 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ và $5 \times 10^{17}/\text{cm}^3$.

4. Thiết bị quang điện theo điểm 1, trong đó, lớp hấp thụ được pha tạp với bạc ở nồng độ giữa $5 \times 10^{15}/\text{cm}^3$ và $2,5 \times 10^{17}/\text{cm}^3$.

5. Thiết bị quang điện theo điểm 1, bao gồm tiếp xúc sau trên lớp hấp thụ, trong đó, tiếp xúc sau được pha tạp với Ag.

6. Thiết bị quang điện theo điểm 5, trong đó, tiếp xúc sau bao gồm ZnTe.

7. Thiết bị quang điện theo điểm 5, bao gồm tiếp xúc trước trên phía đi tới của ánh sáng, trong đó,:

lớp hấp thụ có độ dày giữa giao diện thứ nhất về phía tiếp xúc trước và giao diện thứ hai về phía tiếp xúc sau;

nồng độ của selen thay đổi trong suốt độ dày của lớp hấp thụ từ mức cao nhất tại giao diện thứ nhất tới mức thấp nhất tại giao diện thứ hai.

8. Thiết bị quang điện theo điểm 7, trong đó, lớp hấp thụ được tạo thành từ nguồn $\text{CdSe}_x\text{Te}_{1-x}$ trong đó, x là từ khoảng 1 at% tới khoảng 40 at%.

9. Thiết bị quang điện theo điểm 8, trong đó, x là từ khoảng 10 at% tới khoảng 40 at% tại giao diện thứ nhất và từ khoảng 0 at% tới khoảng 20 at% tại giao diện thứ hai.

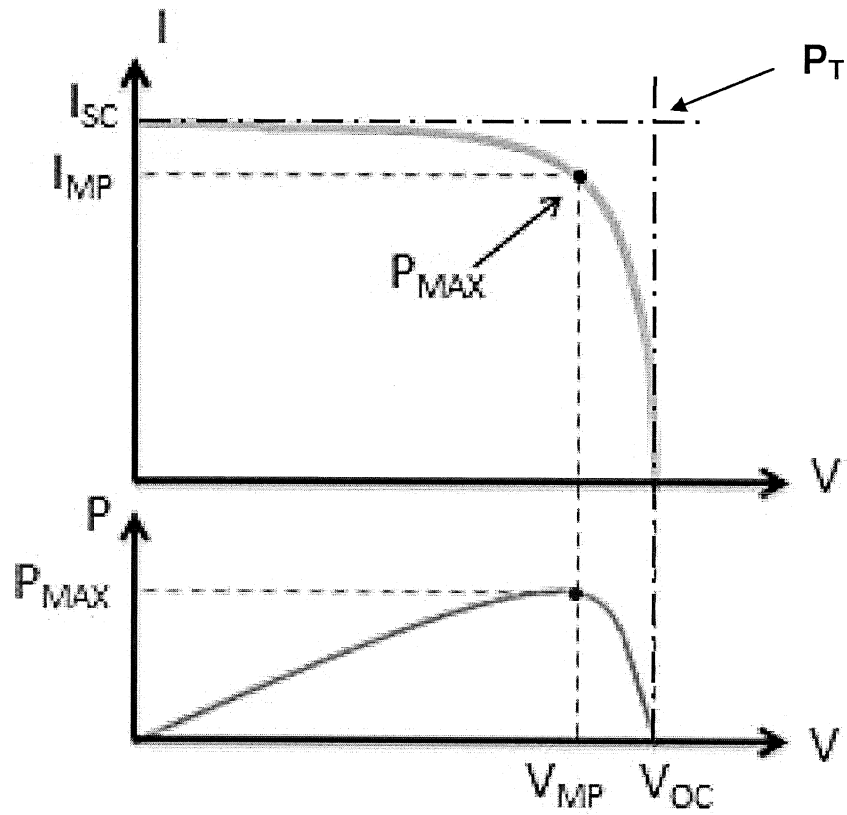


Fig. 1

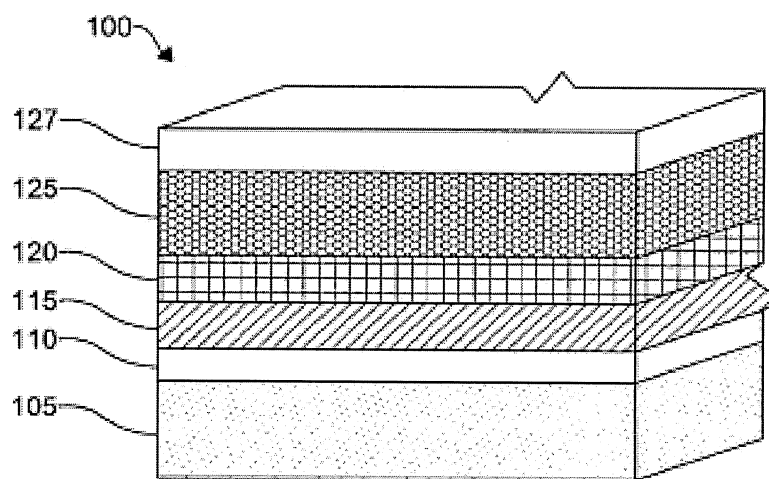


Fig. 2

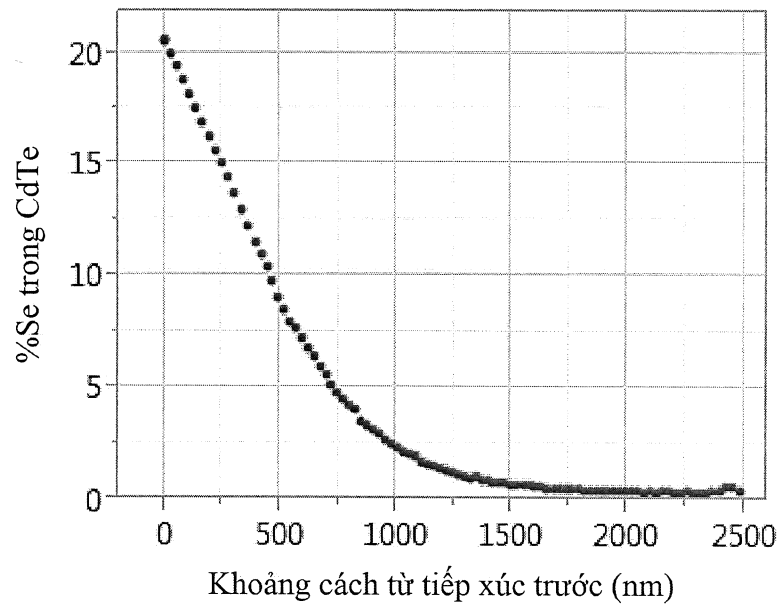
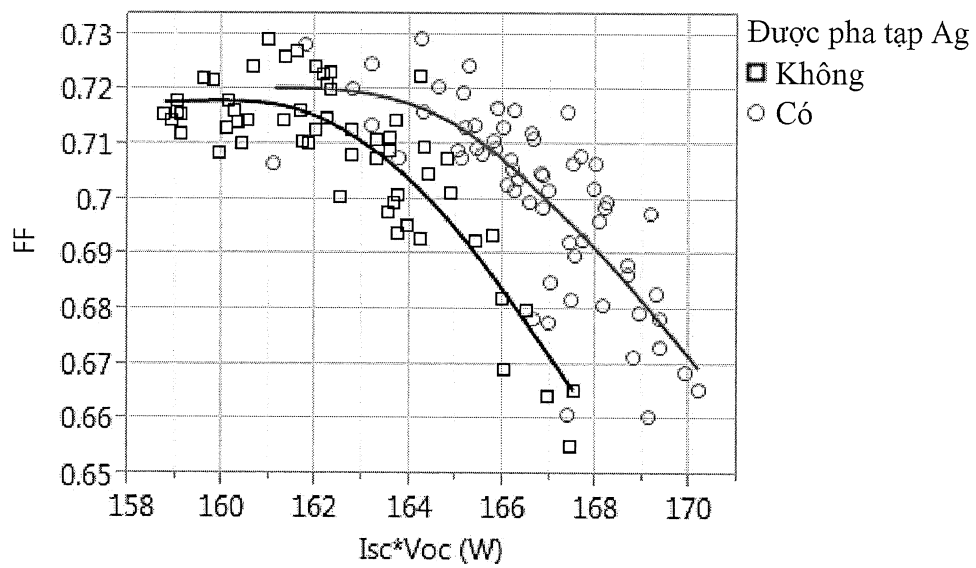


Fig. 3



— Đường cong làm khớp Spline, đã làm trơn,
 $\lambda = 47,86301 \text{ Ag}$, pha tạp="Không"

— Đường cong làm khớp Spline, đã làm trơn,
 $\lambda = 27,54229 \text{ Ag}$, pha tạp="Có"

Fig. 4

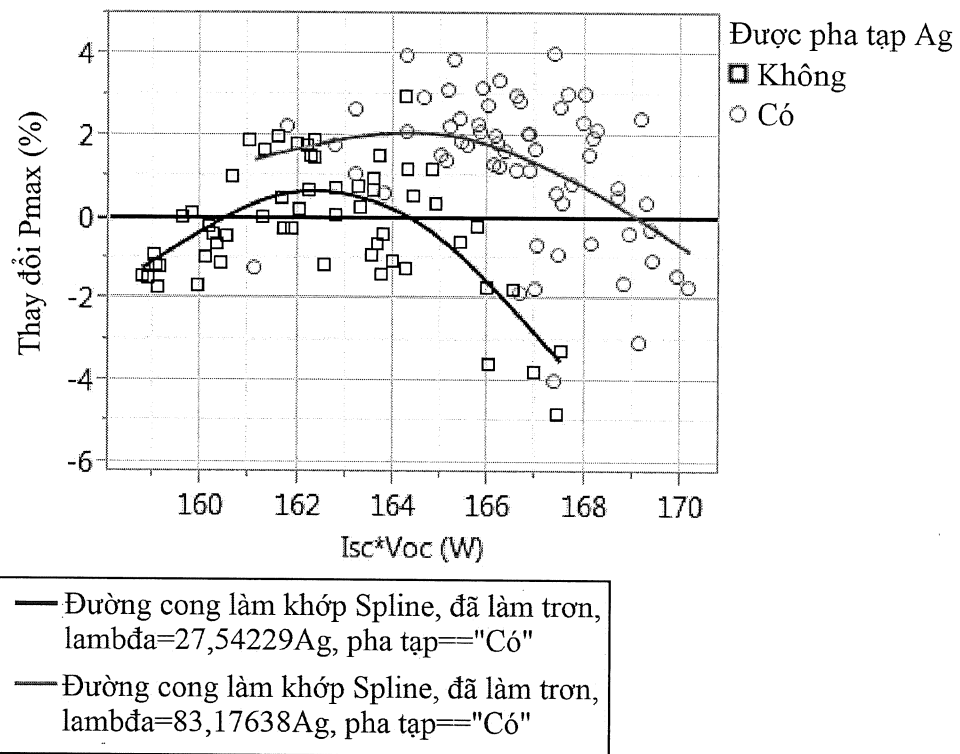


Fig. 5

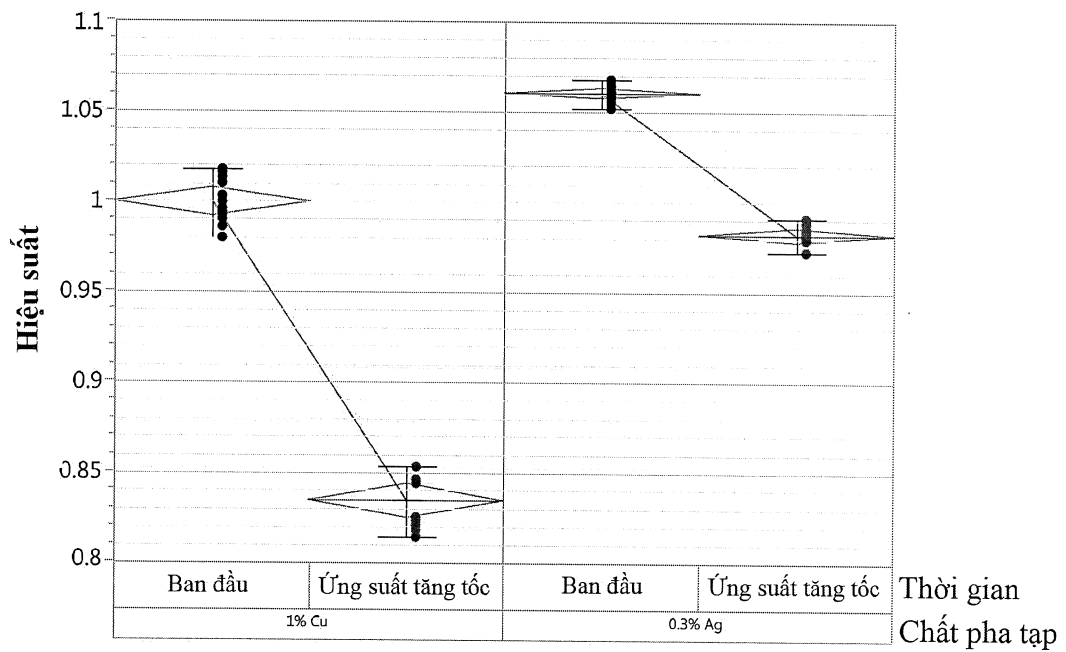


Fig. 6