



(12) **BẢN MÔ TẢ GIẢI PHÁP HỮU ÍCH THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN
GIẢI PHÁP HỮU ÍCH**

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



2-0003980

(51) **H01L 31/0236; H01L 31/20; H01L 31/0216** (13) **Y**
2022.01

(21) 2-2023-00613

(22) 15/05/2020

(67) 1-2020-02774

(45) 25/03/2025 444

(43) 25/09/2020 390A

(71) Trường Đại học Công nghệ - Đại học Quốc Gia Hà Nội (VN)

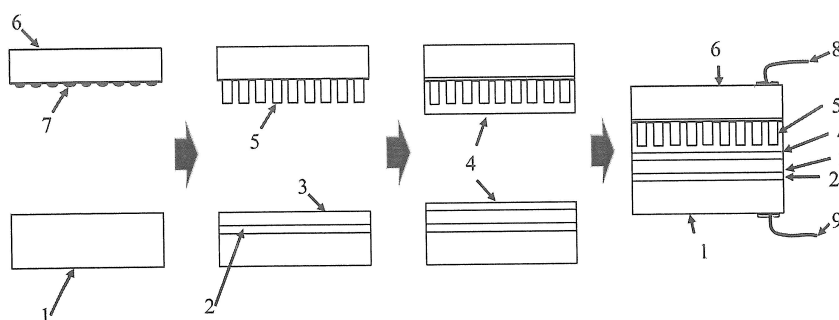
Nhà E3, 144 Xuân Thủy, Cầu Giấy, Hà Nội

(72) Nguyễn Đình Lâm (VN); Nguyễn Phương Hoài Nam (VN); Nguyễn Đức Cường (VN); Nguyễn Thị Dung (VN); Trần Minh Đức (VN); Hoàng Văn Thành (VN); Phạm Đức Thắng (VN).

(54) **CẤU TRÚC VÀ QUY TRÌNH CHẾ TẠO PIN NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI
ITO/ZNO THANH NANO/PCBM/CUO/CU₂O/CU**

(21) 2-2023-00613

(57) Sáng chế đề cập đến cấu trúc và quy trình chế tạo cấu trúc pin năng lượng mặt trời ITO/ZnO thanh nano/PCBM/CuO/Cu₂O/Cu dựa trên ý tưởng sử dụng vật liệu hữu cơ để hình thành lên lớp chuyển tiếp dị thể giữa hai loại vật liệu ô xít bán dẫn vô cơ. Cấu trúc nano ZnO trên lớp điện cực ITO được chế tạo bằng phương pháp thủy nhiệt. Cấu trúc CuO/Cu₂O được chế tạo trên tấm Cu thương mại bằng phương pháp oxy hóa nhiệt. Cấu trúc pin năng lượng mặt trời ITO/ZnO thanh nano /PCBM/CuO/Cu₂O/Cu được hình thành bằng việc ghép hai cấu trúc sử dụng vật liệu polymer hữu cơ bằng phương pháp quay phủ, nén áp lực cao và ủ nhiệt. Cấu trúc pin năng lượng mặt trời thể hiện khả năng hấp thụ dải phổ mặt trời rộng từ vùng tử ngoại đến vùng hồng ngoại gần. Hiệu suất chuyển đổi năng lượng của cấu trúc pin năng lượng mặt trời ITO/ZnO thanh nano/PCBM/CuO/Cu₂O/Cu đạt được trên 1%.



Hình 2

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Giải pháp hữu ích đề cập đến một cấu trúc mới của pin năng lượng mặt trời ITO/ZnO thanh nano/PCBM/CuO/Cu₂O/Cu và quy trình chế tạo cấu trúc này.

Tình trạng kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Việc mô tả cấu trúc và quy trình chế tạo cấu trúc pin năng lượng mặt trời ITO/ZnO thanh nano/PCBM/CuO/Cu₂O/Cu đã được thực hiện dựa trên ý tưởng sử dụng vật liệu hữu cơ để hình thành lên lớp chuyển tiếp dị thể giữa hai loại vật liệu ô xít bán dẫn vô cơ. Cấu trúc nano ZnO trên lớp điện cực ITO được chế tạo bằng phương pháp thủy nhiệt. Cấu trúc CuO/Cu₂O được chế tạo trên tấm Cu thương mại bằng phương pháp oxy hóa nhiệt. Cấu trúc pin năng lượng mặt trời ITO/ZnO thanh nano /PCBM/CuO/Cu₂O/Cu được hình thành bằng việc ghép hai cấu trúc sử dụng vật liệu polymer hữu cơ bằng phương pháp quay phủ, nén áp lực cao, và ủ nhiệt. Cấu trúc pin năng lượng mặt trời thể hiện sự hấp thụ dải phổ mặt trời từ vùng tử ngoại đến vùng hồng ngoại gần. Hiệu suất chuyển đổi năng lượng của cấu trúc pin năng lượng mặt trời ITO/ZnO thanh nano/PCBM/CuO/Cu₂O/Cu đạt được trên 1%.

Ánh sáng mặt trời là nguồn năng lượng dồi dào, an toàn và sạch nhất cho quá trình tăng trưởng kinh tế, phát triển xã hội bền vững. Một trong những phương pháp hiệu quả và thiết thực nhất để khai thác ánh sáng mặt trời như một nguồn năng lượng là chuyển đổi nó thành năng lượng điện thông qua việc sử dụng các tấm pin năng lượng mặt trời. Trên cơ sở đó, rất nhiều cấu trúc của pin năng lượng mặt trời đã được đề xuất như pin năng lượng mặt trời Silic, pin năng lượng mặt trời hợp chất A₃B₅, pin năng lượng mặt trời nhảy quang, pin năng lượng mặt trời chấm lượng tử, pin năng lượng mặt trời hữu cơ Các nhà khoa học Armin Richter, Martin Hermle, và Stefan W. Glunz với nghiên cứu “Reassessment of the limiting efficiency for crystalline silicon solar cells” đã chứng minh hiệu suất của pin năng lượng mặt trời đơn tinh thể Silic đạt được đến 29,4%. Bên cạnh đó, các nhà khoa học người Nhật Bản gồm Hosoya M.,

Oooka H., và Nakao H. đã có nghiên cứu về “Organic thin film photovoltaic moduls” cho thấy hiệu suất cao nhất đạt được đến thời điểm hiện tại của một pin năng lượng mặt trời hữu cơ đơn lớp chuyển tiếp có diện tích bề mặt 1 cm^2 và $0,04\text{ cm}^2$ lần lượt là 11,2% và 15,6%. Hiệu suất chuyển đổi năng lượng cao nhất có thể đạt được đến nay là 46% với cấu trúc của pin năng lượng mặt trời đa lớp chuyển tiếp dựa trên nền vật liệu bán dẫn hợp chất A3B5.

Dựa vào quá trình phân tích đánh giá tình hình nghiên cứu về pin năng lượng mặt trời, chúng tôi nhận thấy rằng, các nghiên cứu về pin năng lượng mặt trời đã đạt được những thành tựu nhất định. Mỗi loại cấu trúc của pin năng lượng mặt trời đều chứa đựng những ưu nhược điểm riêng. Những loại pin năng lượng mặt trời có hiệu suất chuyển đổi năng lượng cao thường có giá thành chế tạo cao, công nghệ chế tạo phức tạp, đòi hỏi các thiết bị chuyên dụng đắt tiền và ngược lại. Do đó, việc tìm kiếm các cấu trúc pin năng lượng mặt trời mới có quy trình chế tạo đơn giản là một trong những yêu cầu cần thiết về mặt kỹ thuật và công nghệ.

Bản chất kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Mục đích của giải pháp hữu ích là tìm kiếm một cấu trúc pin năng lượng mặt trời có hiệu suất chuyển đổi năng lượng cao, quy trình chế tạo đơn giản, chi phí sản xuất thấp, khả năng ứng dụng cao.

Để đạt được mục đích trên, giải pháp hữu ích đề xuất một cấu trúc pin năng lượng mặt trời mới như trình bày trên hình 1, bao gồm:

lớp điện cực trong suốt ITO trên đế thủy tinh;

vật liệu bán dẫn loại n ZnO;

vật liệu polyme (Phenyl-C61-butyric acid methyl ester - PCBM);

vật liệu bán dẫn loại p CuO;

vật liệu bán dẫn loại p Cu_2O ;

lớp điện cực kim loại Cu.

Giải pháp hữu ích cũng đề xuất quy trình sản xuất cấu trúc pin năng lượng mặt trời ITO/ZnO/PCBM/CuO/ Cu_2O /Cu, bao gồm các bước (hình 2):

hòa tan vật liệu kẽm axetate ($\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) trong dung môi isopropanol (IPA) với nồng độ nằm trong khoảng từ 0,1 đến 1M để tạo thành dung dịch kẽm axetate. Phủ quay dung dịch thu được bằng cách sử dụng hệ phủ quay trên tấm đế dẫn điện trong suốt (ITO) với tốc độ quay nằm trong khoảng từ 1000 đến 5000 vòng/phút, thời gian quay nằm trong khoảng từ 1 đến 5 phút, ủ nhiệt dung dịch sau khi phủ quay ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 250°C đến 500°C với thời gian nằm trong khoảng từ 0,5 đến 3 giờ để thu được lớp màng ZnO (7) trên đế ITO (6);

hòa tan vật liệu kẽm nitrate hexahydrate ($\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) trong nước cất với nồng độ nằm trong khoảng từ 10 đến 50 mM để tạo thành dung dịch kẽm nitrate hexahydrate. Thực hiện quá trình thủy nhiệt bằng cách đưa dung dịch kẽm nitrate hexahydrate và lớp màng ZnO (7) trên đế ITO (6) trên vào bình thủy nhiệt và ủ ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 60 đến 120°C trong thời gian nằm trong khoảng từ 30 đến 180 phút. Lọc rửa dung dịch sau quá trình thủy nhiệt bằng dung dịch etanol và nước cất, trong đó tỷ lệ etanol: nước cất theo khối lượng nằm trong khoảng từ 1:1 đến 4:1, trong thời gian nằm trong khoảng từ 5 đến 30 phút để thu được cấu trúc ITO/ZnO thành nano (5);

lá đồng (Cu) (1) với độ dày từ 0,5 đến 3 mm được ủ nhiệt trong môi trường giàu Oxy nhiệt độ từ 300 đến 700°C trong khoảng thời gian từ 1 đến 12 giờ. Kết quả thu được cấu trúc CuO (3) /Cu₂O (2) /Cu (1);

trộn PCBM trong dung môi 1,2-dichlorobenzen ($\text{C}_6\text{H}_4\text{Cl}_2$) với nồng độ từ 10 đến 40M để thu được dung dịch PCBM. Phủ quay dung dịch PCBM bằng cách sử dụng hệ phủ quay lên cấu trúc ITO (6)/ZnO thành nano (5) với tốc độ quay nằm trong khoảng từ 500 đến 1500 vòng/phút, thời gian quay nằm trong khoảng từ 0.5 đến 5 phút, thu được cấu trúc ITO (6)/ZnO thành nano (5)/PCBM (4);

phủ quay dung dịch PCBM bằng cách sử dụng hệ phủ quay lên cấu trúc CuO (3)/Cu₂O (2)/Cu (1) với tốc độ quay nằm trong khoảng từ 500 đến 1500 vòng/phút, thời gian quay nằm trong khoảng từ 0,5 đến 5 phút, thu được cấu trúc PCBM (4)/CuO (3)/Cu₂O (2)/Cu (1);

ghép hai cấu trúc theo thứ tự ITO (6)/ZnO thanh nano (7)/PCBM (4) – PCBM (4)/CuO (3)/Cu₂O (2)/Cu (1) dưới áp lực 100 đến 500 N/m² trong khoảng thời gian 30 – 120 phút trong môi trường chân không; và

xử lý nhiệt trong khoảng nhiệt độ từ 50 đến 150 °C trong khoảng 5 đến 60 phút trong môi trường chân không. Kết quả thu được cấu trúc pin năng lượng mặt trời ITO (6)/ZnO (5)/PCBM (4)/CuO (3)/Cu₂O (2)/Cu (1).

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 là sơ đồ minh họa cấu trúc của pin năng lượng mặt trời ITO/ZnO thanh nano/PCBM/CuO/Cu₂O/Cu

Hình 2 là sơ đồ quy trình chế tạo cấu trúc pin năng lượng mặt trời ITO/ZnO thanh nano/PCBM/CuO/Cu₂O/Cu.

Hình 3 là hình ảnh bề mặt cấu trúc CuO (3)/Cu₂O (2)/Cu (1) sau khi xử lý nhiệt.

Hình 4 là giản đồ nhiễu xạ tia X của cấu trúc CuO/Cu₂O/Cu sau khi xử lý nhiệt.

Hình 5 là hình ảnh bề mặt của cấu trúc ITO (6)/ZnO thanh nano (5)

Mô tả chi tiết giải pháp hữu ích

Giải pháp hữu ích đề xuất một cấu trúc pin năng lượng mặt trời mới ITO/ZnO thanh nano/PCBM/CuO/Cu₂O/Cu, thành phần trong cấu trúc pin năng lượng mặt trời gồm:

lớp ITO (6) là lớp điện cực trong suốt: độ dày từ 100 đến 300 nm, độ truyền qua quang học trên 90% trong vùng khả kiến. Điện trở trong khoảng từ 10 đến 50 Ω/□;

lớp ZnO thanh nano (5) là lớp dẫn điện tử có độ truyền qua quang học trên 80% trong vùng khả kiến, độ dày từ 100 đến 1000 nm;

lớp PCBM (4) là lớp vật liệu polymer được sử dụng để liên kết 02 cấu trúc vô cơ ITO (6)/ZnO thanh nano (5) và CuO (3)/Cu₂O (2)/Cu (1). Lớp này có độ dày từ 100 đến 3000 nm;

lớp CuO (3) là lớp hấp thụ quang học và dẫn lỗ trống có độ dày từ 100 đến 2000 nm;

lớp Cu₂O (2) là lớp đệm ký sinh trong quá trình oxy hóa Cu có độ dày từ 5 đến 50 nm; và

lớp Cu (1) là lớp điện cực dương có độ dày từ 0,5 đến 3 mm.

Khác với các cấu trúc pin năng lượng mặt trời thông thường, cấu trúc pin năng lượng mặt trời trong giải pháp hữu ích này được cấu tạo từ lớp tiếp xúc p-CuO (3)/polyme(PCBM) (4)/n-ZnO (5) được hình thành thông qua quá trình ghép cơ học và xử lý nhiệt. Cấu trúc pin năng lượng mặt trời ITO (6)/ZnO thanh nano (5)/PCBM (4)/CuO (3)/Cu₂O (2)/Cu (1) trong giải pháp hữu ích này lần đầu tiên được đề xuất.

Quy trình chế tạo pin năng lượng mặt trời ITO/ZnO thanh nano/PCBM/CuO/Cu₂O/Cu theo giải pháp hữu ích bao gồm các bước:

(i) hòa tan vật liệu kẽm axetate ($\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) trong dung môi isopropanol (IPA) với nồng độ nằm trong khoảng từ 0,1 đến 1M để tạo thành dung dịch kẽm axetate;

(ii) phủ quay dung dịch thu được bằng cách sử dụng hệ phủ quay trên tấm đế dẫn điện trong suốt (ITO) (6) với tốc độ quay nằm trong khoảng từ 1000 đến 5000 vòng/phút, thời gian quay nằm trong khoảng từ 1 đến 5 phút;

(iii) ủ nhiệt dung dịch sau khi phủ quay ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 250°C đến 500°C với thời gian nằm trong khoảng từ 0,5 đến 3 giờ để thu được lớp màng ZnO (7) trên đế ITO (6);

(iv) hòa tan vật liệu kẽm nitrate hexahydrate ($\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) trong nước cất với nồng độ nằm trong khoảng từ 10 đến 50 mM để tạo thành dung dịch kẽm nitrate hexahydrate;

(v) thực hiện quá trình thủy nhiệt bằng cách đưa dung dịch kẽm nitrate hexahydrate và lớp màng ZnO (7) trên đế ITO (6) trên vào bình thủy nhiệt và ủ ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 60 đến 120°C trong thời gian nằm trong khoảng từ 30 đến 180 phút;

(vi) lọc rửa dung dịch sau quá trình thủy nhiệt bằng dung dịch etanol và nước cất, trong đó tỷ lệ etanol: nước cất theo khối lượng nằm trong khoảng từ 1:1 đến 4:1, trong thời gian nằm trong khoảng từ 5 đến 30 phút để thu được cấu trúc ITO (6)/ZnO thanh nano (5);

(vii) lá đồng (Cu) (1) với độ dày từ 0,5 đến 3 mm được ủ nhiệt trong môi trường giàu Oxy nhiệt độ từ 300 đến 700°C trong khoảng thời gian từ 1 đến 12 giờ. Kết quả thu được cấu trúc CuO (3)/Cu₂O (2)/Cu (1);

(viii) trộn PCBM trong dung môi 1,2-dichlorobenzen (C₆H₄Cl₂) với nồng độ từ 10 đến 40M để thu được dung dịch PCBM;

(ix) phủ quay dung dịch PCBM bằng cách sử dụng hệ phủ quay lên cấu trúc ITO (6)/ZnO thanh nano (5) với tốc độ quay nằm trong khoảng từ 500 đến 1500 vòng/phút, thời gian quay nằm trong khoảng từ 0,5 đến 5 phút, thu được cấu trúc ITO (6)/ZnO thanh nano (5)/PCBM (4);

(x) phủ quay dung dịch PCBM bằng cách sử dụng hệ phủ quay lên cấu trúc CuO (3)/Cu₂O (2)/Cu (1) với tốc độ quay nằm trong khoảng từ 500 đến 1500 vòng/phút, thời gian quay nằm trong khoảng từ 0,5 đến 5 phút, thu được cấu trúc PCBM (4)/CuO (3)/Cu₂O (2)/Cu (1);

(xi) ghép hai cấu trúc theo thứ tự ITO (6)/ZnO thanh nano (5)/PCBM (4)- PCBM (4)/CuO (3)/Cu₂O (2)/Cu (1) dưới áp lực 100 đến 500 N/m² trong khoảng thời gian 30 – 120 phút trong môi trường chân không; và

(xii) xử lý nhiệt trong khoảng nhiệt độ từ 50 đến 150 °C trong khoảng 5 đến 60 phút trong môi trường chân không. Kết quả thu được cấu trúc pin năng lượng mặt trời ITO/ZnO thanh nano/PCBM/CuO/Cu₂O/Cu.

Ví dụ thực hiện giải pháp hữu ích

Sản xuất tấm pin năng lượng mặt trời ITO/ZnO thanh nano/PCBM/CuO/Cu₂O/Cu theo quy trình công nghệ của giải pháp hữu ích.

(B1) Hòa tan 0,22 g Zn(CH₃COO)₂.2H₂O trong 10 ml dung dịch IPA để tạo dung dịch kẽm axetate nồng độ 0.1M.

(B2) Sử dụng hệ phủ quay (spin-coating) phủ quay dung dịch thu được trong (B1) trên đế dẫn điện trong suốt (ITO) (6). Tốc độ quay từ 1000 vòng/phút, thời gian quay là 5 phút.

(B3) Dung dịch sau khi được quay phủ trên đế ITO thu được trong bước 2 được ủ tại nhiệt độ từ 300 °C trong vòng 3 giờ. Kết quả thu được lớp màng ZnO (7) được hình thành trên đế ITO (6).

(B4) Hòa tan 1,2 g $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ trong 200 ml nước cất để tạo dung dịch kẽm nitrate 20 mM.

(B5) Cho đế ITO (6) có lớp màng ZnO (7) hình thành trong B3 và 100 ml dung dịch hình thành trong B4 vào bình thủy nhiệt. Thực hiện quy trình thủy nhiệt tại nhiệt độ tại 100 °C trong khoảng thời gian từ 180 phút. Kết quả thu được cấu trúc ITO (6)/ZnO thanh nano (5).

(B6) 50 mg PCBM được trộn đều trong 3 ml dung môi 1,2-dichlorobenzen ($\text{C}_6\text{H}_4\text{Cl}_2$) tạo thành hỗn hợp PCBM (4). Hỗn hợp được quay phủ lên cấu trúc ITO (6)/ZnO thanh nano (5) hình thành trong B5. Tốc độ quay phủ 1500 vòng/phút, thời gian quay 3 phút. Kết quả thu được cấu trúc ITO (6)/ZnO thanh nano (5)/PCBM (4).

(B7) Lá đồng (Cu) (1) với độ dày từ 0.5 mm được ủ nhiệt trong môi trường giàu Oxy nhiệt độ từ 400 °C trong khoảng thời gian từ 5 giờ. Kết quả thu được cấu trúc CuO (3)/Cu₂O (2)/Cu (1).

(B8) Quay phủ hỗn hợp PCBM tạo được trong B6 lên trên cấu trúc CuO (3)/Cu₂O (2)/Cu (1) hình thành trong B7. Tốc độ quay phủ 1500 vòng/phút, thời gian quay từ 3 phút. Kết quả thu được cấu trúc PCBM (4)/CuO (3)/Cu₂O (2)/Cu (1).

(B9) Cho hai cấu trúc thu được trong B6 và B8 liên kết cơ học dưới áp lực 300 N/m² trong khoảng thời gian 60 phút trong môi trường chân không.

(B9) Xử lý nhiệt trong khoảng nhiệt độ từ 80 °C trong khoảng 60 phút trong môi trường chân không. Kết quả thu được cấu trúc pin năng lượng mặt trời hữu cơ ITO/ZnO thanh nano/PCBM/CuO/Cu₂O/Cu.

Hiệu quả đạt được của giải pháp hữu ích

Bằng các kỹ thuật đơn giản, chi phí thấp, không yêu cầu môi trường chân không cao, cấu trúc của pin năng lượng mặt trời ITO/ZnO/PCBM/CuO/Cu₂O/Cu được chế tạo thành công theo quy trình công nghệ của giải pháp hữu ích. Do đó với cấu trúc và quy trình chế tạo của giải pháp hữu ích sẽ làm giảm giá thành trên mỗi đơn vị điện năng, làm tăng khả năng thương mại hóa của sản phẩm pin năng lượng mặt trời hữu cơ. Việc đề xuất một cấu trúc pin năng lượng mặt trời mới và quy trình chế tạo cấu trúc này có ý nghĩa quan trọng trong ngành năng lượng sạch.

Yêu cầu bảo hộ

1. Cấu trúc pin năng lượng mặt trời ITO/ZnO/PCBM/CuO/Cu₂O/Cu được mô tả chi tiết như sau:

lớp ITO (6): lớp điện cực trong suốt có độ dày 100 - 300 nm, độ truyền qua quang học trên 90% trong vùng khả kiến, điện trở trong khoảng 10 – 50 $\Omega/\square$;

lớp ZnO thanh nano (5): lớp dẫn điện tử có độ truyền qua quang học trên 80% trong vùng khả kiến, độ dày từ 100 – 1000 nm;

lớp PCBM (4): lớp vật liệu polymer được sử dụng để liên kết 02 cấu trúc vô cơ ITO (6)/ZnO thanh nano (5) và CuO (3)/Cu₂O (2)/Cu (1), có độ dày từ 100 đến 3000 nm;

lớp CuO (3): lớp hấp thụ quang học và dẫn lỗ trống có độ dày từ 100 – 2000 nm;

lớp Cu₂O (2): lớp đệm ký sinh trong quá trình oxy hóa Cu có độ dày 5 – 50 nm;
và

lớp Cu (1): lớp điện cực dương có độ dày từ 0.5 – 3 mm.

2. Quy trình chế tạo pin năng lượng mặt trời ITO/ZnO thanh nano/PCBM/CuO/Cu₂O/Cu theo sáng chế bao gồm các bước được mô tả chi tiết dưới đây:

hòa tan vật liệu kẽm axetate ($\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) trong dung môi isopropanol (IPA) với nồng độ nằm trong khoảng từ 0,1 đến 1M để tạo thành dung dịch kẽm axetate;

phủ quay dung dịch thu được bằng cách sử dụng hệ phủ quay trên tấm đế dẫn điện trong suốt (ITO) (6) với tốc độ quay nằm trong khoảng từ 1000 đến 5000 vòng/phút, thời gian quay nằm trong khoảng từ 1 đến 5 phút;

ủ nhiệt dung dịch sau khi phủ quay ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 250°C đến 500°C với thời gian nằm trong khoảng từ 0,5 đến 3 giờ để thu được lớp màng ZnO (7) trên đế ITO (6);

hòa tan vật liệu kẽm nitrate hexahydrate ($\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) trong nước cất với nồng độ nằm trong khoảng từ 10 đến 50 mM để tạo thành dung dịch kẽm nitrate hexahydrate;

thực hiện quá trình thủy nhiệt bằng cách đưa dung dịch kẽm nitrate hexahydrate và lớp màng ZnO (7) trên đế ITO (6) trên vào bình thủy nhiệt và ủ ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 60 đến 120°C trong thời gian nằm trong khoảng từ 30 đến 180 phút;

lọc rửa dung dịch sau quá trình thủy nhiệt bằng dung dịch etanol và nước cất, trong đó tỷ lệ etanol: nước cất theo khối lượng nằm trong khoảng từ 1:1 đến 4:1, trong thời gian nằm trong khoảng từ 5 đến 30 phút để thu được cấu trúc ITO (6)/ZnO thành nano (5);

lá đồng (Cu) (1) với độ dày từ 0,5 đến 3 mm được ủ nhiệt trong môi trường giàu Oxy nhiệt độ từ 300 đến 700°C trong khoảng thời gian từ 1 đến 12 giờ, thu được cấu trúc CuO (3)/Cu₂O (2)/Cu (1);

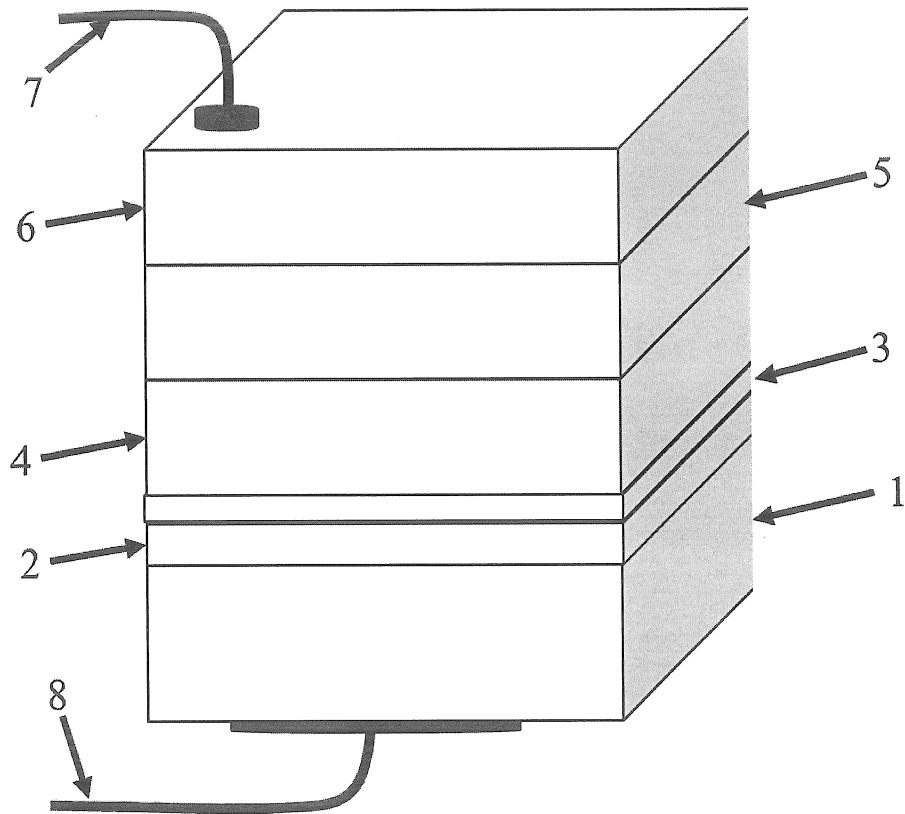
trộn PCBM trong dung môi 1,2-dichlorobenzen (C₆H₄Cl₂) với nồng độ từ 10 đến 40M để thu được dung dịch PCBM;

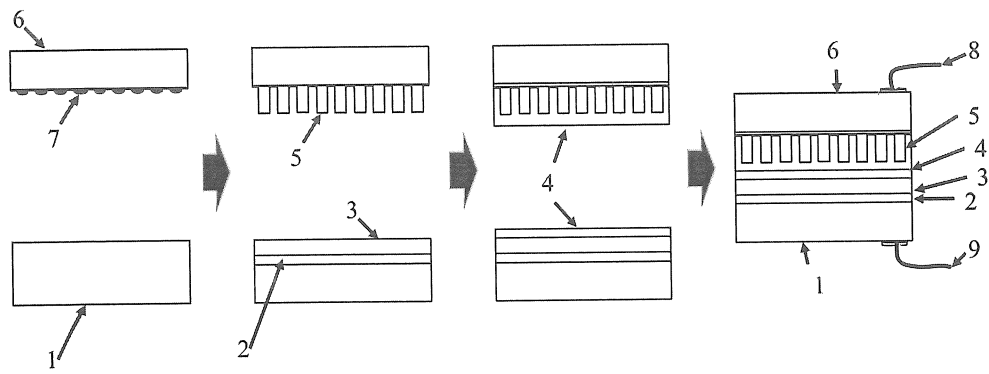
phủ quay dung dịch PCBM (4) bằng cách sử dụng hệ phủ quay lên cấu trúc ITO (6)/ZnO thành nano (5) với tốc độ quay nằm trong khoảng từ 500 đến 1500 vòng/phút, thời gian quay nằm trong khoảng từ 0,5 đến 5 phút, thu được cấu trúc ITO (6)/ZnO thành nano (5)/PCBM (4);

phủ quay dung dịch PCBM bằng cách sử dụng hệ phủ quay lên cấu trúc CuO (3)/Cu₂O (2)/Cu (1) với tốc độ quay nằm trong khoảng từ 500 đến 1500 vòng/phút, thời gian quay nằm trong khoảng từ 0,5 đến 5 phút, thu được cấu trúc PCBM (4)/CuO (3)/Cu₂O (2)/Cu (1);

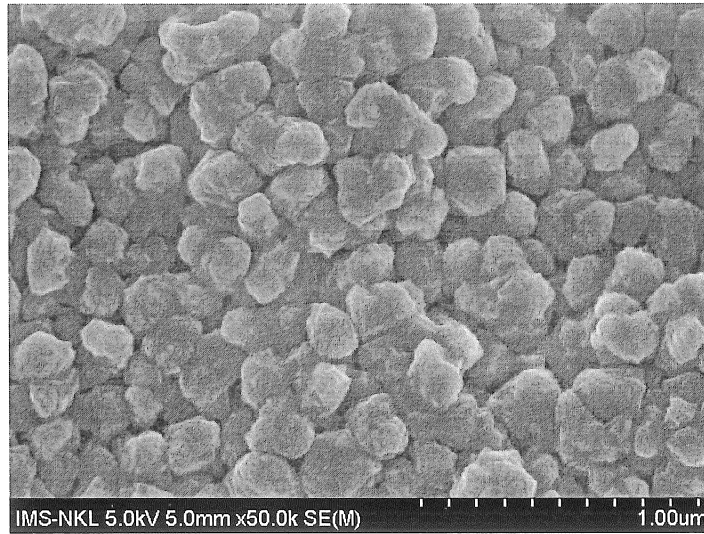
ghép hai cấu trúc theo thứ tự ITO (6)/ZnO thành nano (5)/PCBM (4) - PCBM (4)/CuO (3)/Cu₂O (2)/Cu (1) dưới áp lực 100 đến 500 N/m² trong khoảng thời gian 30 – 120 phút trong môi trường chân không; và

xử lý nhiệt trong khoảng nhiệt độ từ 50 đến 150 °C trong khoảng 5 đến 60 phút trong môi trường chân không, thu được cấu trúc pin năng lượng mặt trời ITO/ZnO/PCBM/CuO/Cu₂O/Cu.

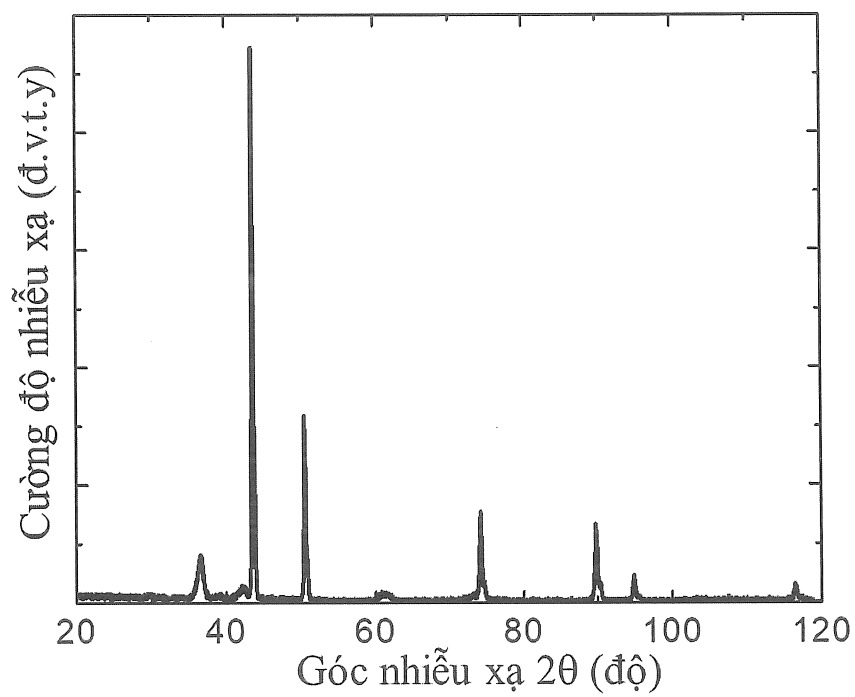
**Hình 1**

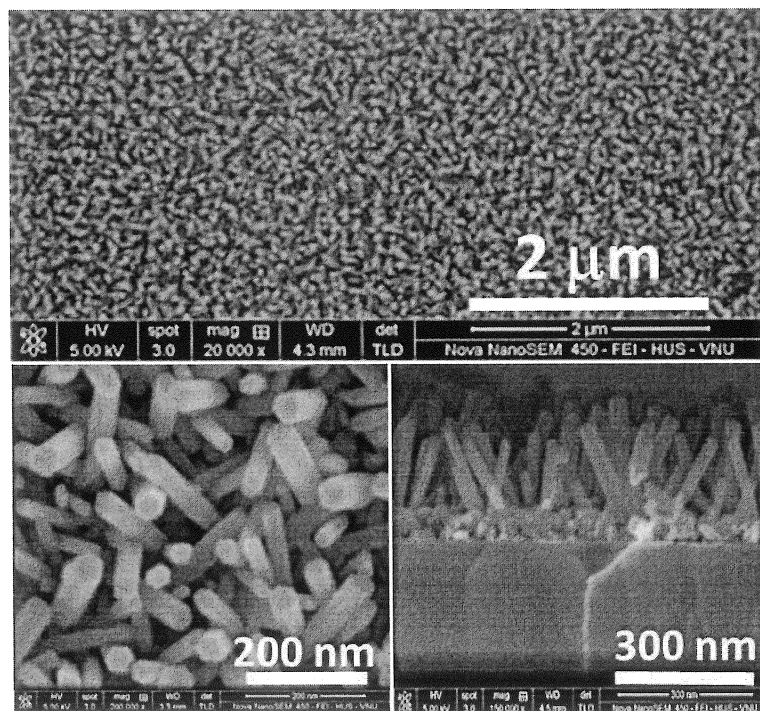


Hình 2



Hình 3

**Hình 4**



Hình 5