

Công nghệ chế tạo và khảo sát tính chất chuyển hóa quang điện của pin mặt trời hữu cơ trên cơ sở vật liệu hỗn hợp P3HT và PCBM

Trần Thị Thao¹, Đặng Hải Ninh², Ngô Đình Sáng³, Nguyễn Văn Thông⁴, Nguyễn Năng Định^{1*}

¹Trường Đại học Công nghệ, Đại học Quốc gia Hà Nội

²Trường Đại học Kỹ thuật Lê Quý Đôn

³Vụ Khoa học và Công nghệ, Môi trường, Ban Tuyên giáo Trung ương

⁴Trường Đại học Kỹ thuật - Hậu cần Công an nhân dân

Ngày nhận bài 10.8.2015, ngày chuyển phản biện 13.8.2015, ngày nhận phản biện 15.9.2015, ngày chấp nhận đăng 21.9.2015

Pin mặt trời hữu cơ (OSC) trên cơ sở chất hoạt quang tổ hợp P3HT và PCBM cấu trúc đa lớp ITO/ZnO/P3HT:PCBM/LiF/Al được chế tạo từ các lớp vô cơ và hữu cơ. Lớp hoạt tính P3HT:PCBM với tỷ lệ pha trộn 2/3, 1/1 và 3/2 được chế tạo bằng phương pháp quay phủ ly tâm, lớp đệm nano ZnO chế tạo bằng phún xạ cao tần và lớp tiếp xúc nông LiF/Al chế tạo bằng bốc bay chân không. Khảo sát đặc tuyến dòng thế của linh kiện OSC với hỗn hợp pha trộn 1/1 ở chế độ chiếu rọi của bức xạ mặt trời mật độ công suất 50 mW/cm² cho thấy, thế hở mạch đạt giá trị 0,36 V; dòng ngắn mạch - 5,80 mA/cm² và hệ số điền đầy - 0,54. Hiệu suất chuyển hóa quang - điện xác định từ các thông số hoạt động trên có giá trị bằng 2,25%. Kết quả nhận được có ý nghĩa thực tiễn trong triển khai năng lượng mặt trời, khi pin OSC được trải rộng nhằm nâng cao công suất tổng của pin.

Từ khóa: hiệu suất chuyển hóa quang điện, hỗn hợp hoạt quang P3HT:PCBM, pin mặt trời hữu cơ, quay ly tâm.

Chỉ số phân loại 2.9

Preparation and characterization of photoelectrical conversion properties of organic solar cells based on P3HT:PCBM composite materials

Summary

Organic solar cells (OSC) based on P3HT:PCBM photoactive composite materials with a multilayer structure of ITO/ZnO/P3HT:PCBM/LiF/Al were prepared in this study. The P3HT:PCBM composite thin films with 2/3, 1/1 and 3/2 ratios of P3HT/PCBM were prepared by spin-coating. The nano ZnO buffer layer was deposited by RF-sputtering, and the shallow contact of LiF/Al was made by vacuum evaporation. Measurements of current-voltage characteristics of the devices under illumination of solar radiation with a density of 50 mW/cm² showed that for the best photoactive composite (namely 1/1 of P3HT/PCBM ratio) the open-voltage reached a value as high as 0.36 V, the short-circuit current - 5.80 mA/cm² and the fill factor - 0.54; consequently, the photoelectrical conversion efficiency was found to be 2.25%. This suggests a potential application of the large-area OSCs in utilization of solar energy.

Keywords: organic solar cells, photoelectrical conversion efficiency, P3HT:PCBM photoactive composite, spin-coating.

Classification number 2.9

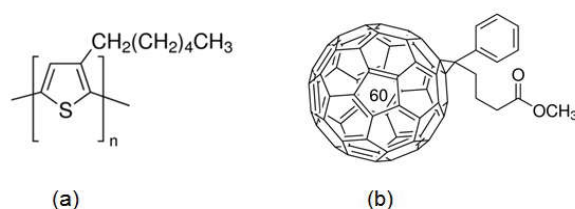
Đặt vấn đề

OSC đã và đang được nghiên cứu ngày càng nhiều vì những ưu điểm nổi trội so với pin mặt trời truyền thống như công nghệ chế tạo đơn giản, có thể tạo ra các pin tấm mềm dẻo, do đó dễ lắp đặt tại các địa hình phức tạp đa dạng. Vật liệu hoạt quang sử dụng trong OSC là các polymer dẫn điện (còn gọi là bán dẫn hữu cơ) có độ rộng vùng cấm trong khoảng 1,70 đến 2,10 eV [1]. Một trong những polymer dẫn điện đang được sử dụng rộng rãi là poly (3-hexylthiophene) - viết tắt là P3HT, với $E_g = 1,85$ eV [2]. Sự hình thành loại dẫn (n hay p) trong polymer dẫn khác hẳn với việc tạo ra loại n hay p trong bán dẫn vô cơ. Ở các chất bán dẫn vô cơ, người ta thay thế các nguyên tử nền (thí dụ Si) bằng các nguyên tử tạp chất có nhiều hơn hoặc ít hơn số điện tử hóa trị (thí dụ P hay B), nhờ đó trong chất nền sinh ra một lượng hạt tải dẫn điện là điện tử hay lỗ trống. Còn ở polymer dẫn điện, các orbita của các phân tử polymer được điền đầy một phần bởi các điện tử có xu hướng nhận thêm điện tử nhờ quá trình khử hoặc cho đi điện tử nhờ

*Tác giả liên hệ: Email: dinhnn@vnu.edu.vn

quá trình ôxy hóa để điền đầy hoặc làm trống hoàn toàn orbita định xứ và từ đó hình thành polymer dẫn điện loại n hoặc p. Đó là quá trình “tự pha tạp”.

Để tạo ra tiếp xúc p-n, bên cạnh thành phần chính là P3HT, là chất donor - chất cho điện tử (bán dẫn hữu cơ loại n), cần có một chất acceptor - chất nhận điện tử (bán dẫn loại p). Phenyl-C₆₁-butyric acid methyl ester (gọi tắt là PCBM) - một dẫn xuất của fullerene C₆₀ được sử dụng làm bán dẫn loại p. Như vậy, sử dụng P3HT và PCBM sẽ tạo ra tiếp xúc dị chất, khác với tiếp xúc p-n trong Si hay GaP. P3HT là dẫn xuất của polythiophene, một loại polymer dẫn điện có hoạt tính cao. P3HT được tổng hợp bằng nhiều phương pháp, trong đó có 2 phương pháp phổ biến nhất là trùng hợp điện hóa và trùng hợp ôxy hoá khử. Ưu điểm của P3HT là dễ gia công, có thể tan trong nhiều loại dung môi khác nhau. Cấu tạo phân tử của P3HT và PCBM được minh họa trên hình 1. P3HT là một polymer điển hình thuộc họ polythiophen có nhiều ứng dụng trong OSC.



Hình 1: cấu tạo phân tử của P3HT (a) và PCBM (b) [3]

PCBM được tổng hợp từ ester methyl của acid tosylhydrazone 4-benzoylbutyric được xử lý bằng metoxit natri, tạo ra một diazo phản ứng trung gian. Hợp chất này tạo ra phản ứng với C₆₀, sau đó loại bỏ N₂ và xử lý nhiệt, nhận được hai đồng phân [5, 6] - PCBM và [6, 6] - PCBM (C₆₁). PCBM có thể tan được trong nhiều dung môi hữu cơ, ví dụ như clorobenzen và 1,2-diclorobenzen. Đây chính là ưu điểm nổi trội của PCBM so với C₆₀.

Dưới tác dụng của bức xạ (photon năng lượng thích hợp), trên mặt phân cách của chuyển tiếp dị chất P3HT/PCBM các cặp điện tử - lỗ trống được sinh ra. Tuy nhiên, hiệu suất tách và vận chuyển hạt tải về hai phía của điện cực thường là rất thấp, nếu không sử dụng các lớp đệm xen giữa lớp hoạt quang và hai điện cực. Với cấu trúc vùng năng lượng phù hợp, lớp mỏng nano ZnO và LiF được sử dụng làm hai lớp đệm tương ứng cho phía điện cực âm và dương. Trong công trình này, chúng tôi đã chế tạo pin mặt trời đa lớp sử dụng điện cực dẫn điện trong suốt ITO (In₂O₃:Sn) làm điện

cực âm và màng mỏng nhôm làm điện cực dương. Cấu trúc của một OSC đa lớp là ITO/ZnO/P3HT:PCBM/LiF/Al.

Thực nghiệm

Phương pháp phủ ly tâm (spin-coating) gọi tắt là SCD thường được sử dụng để chế tạo các lớp màng mỏng polymer cho diốt phát quang hữu cơ (OLED) và OSC. Trong phương pháp SCD, có 4 công đoạn chính: nhỏ dung dịch, tăng tốc, ổn định và phơi khô. Trong công đoạn đầu tiên, chất lỏng được nhỏ bằng ống nhỏ giọt dung dịch hoặc phun sương lên bề mặt đế. Nhỏ dung dịch được thực hiện tĩnh hoặc động, nhỏ tĩnh là nhỏ trên đế đứng yên, nhỏ động là quá trình chất lỏng nhỏ xuống đế đang quay ở tốc độ thấp. Tốc độ quay khoảng 500 vòng/phút thường được sử dụng trong công đoạn này. Công đoạn thứ hai là lúc đế được quay gia tốc để đạt được giá trị tốc độ quay tối đa theo yêu cầu. Công đoạn này có tác dụng kéo giãn, dàn trải và tán mỏng chất lỏng trên bề mặt đế bằng chuyển động ly tâm. Khi tốc độ quay đạt độ lớn cần thiết, chất lưu trở nên đủ mỏng để cho chuyển động kéo theo biến dạng nhót cân bằng với gia tốc quay. Công đoạn thứ ba là lúc đế được quay với tốc độ ổn định và lực nhót của chất lỏng chỉ phối sự tán mỏng chiều dày màng. Với các dung dịch chứa dung môi dễ bay hơi, thì sự tán mỏng chất lỏng nói chung là đồng đều, có thể thấy màu sắc của sự giao thoa ánh sáng, màu sắc tăng dần dần khi chiều dày của màng giảm. Công đoạn cuối cùng là thời gian quay để với tốc độ không đổi và sự bay hơi của dung môi trở thành quá trình chủ yếu chi phối chiều dày của màng trong quá trình phủ. Chiều dày của các lớp màng mỏng P3HT và hỗn hợp P3HT:PCBM được khảo sát trên thiết bị “Stylus”. Sau khi kết thúc quá trình quay phủ, màng được ủ trong môi trường khí nitơ khô tại 180°C trong 90 phút. Sau khi ủ nhiệt, mẫu được cất trong buồng chân không cho đến khi đo đặc và đóng vỏ linh kiện.

Lớp nano ZnO (nc-ZnO) trên ITO được chế tạo bằng phương pháp phún xạ cao tần (Rf-sputtering deposition - RFD). Trong quá trình phún xạ đế ITO được đốt nóng đến 450°C. Sau khi chế tạo điện cực nc-ZnO/ITO, lớp P3HT:PCBM được phủ lên trên bằng kỹ thuật PLT tạo ra hệ đa lớp P3HT:PCBM/ZnO/ITO. Chi tiết hơn về phương pháp PLT có thể tham khảo trong [4]. Lớp LiF và nhôm lần lượt được bốc bay lên trên lớp P3HT:PCBM tại 120°C trong chân không cao (áp suất P~10⁻³ Pa), sử dụng thuyền Ta và W. Phương pháp này gọi là bốc bay nhiệt (TEV). Phương pháp chế tạo

và chiều dày của các lớp được trình bày ở bảng 1. Sơ đồ cấu tạo của pin OSC cấu trúc đa lớp được trình bày ở hình 5a.

Bảng 1: công nghệ chế tạo các lớp thành phần của linh kiện OSC

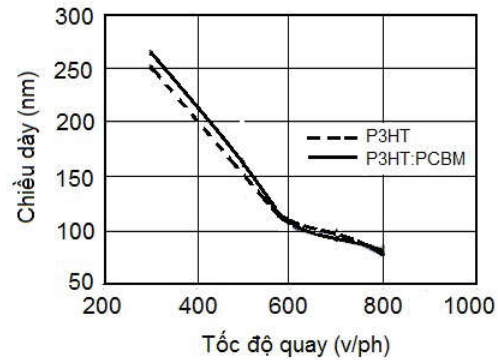
STT	Màng mỏng	Phương pháp chế tạo	Chiều dày (nm)	Vật liệu gốc
1	ITO	CVD	70	Thương mại
2	ZnO	RFD	30	Bia ZnO sạch 5N
3	Hỗn hợp P3HT:PCBM	SCD	100	P3HT và PCBM (5N)
4	LiF	TEV	10	Bột LiF (5N)
5	Al	TEV	80	Từ dây nhôm (5N)

Phổ hấp thụ được đo trên hệ UV-Vis-NIR “Jasco-V570”, khảo sát các thông số hoạt động của OSC được tiến hành bằng cách ghi phổ điện thế quét vòng (CV) kết hợp chiếu rọi từ nguồn mặt trời “Sol 1A- Newport” có phổ bức xạ tương tự phổ mặt trời và có thể điều chỉnh mật độ công suất liên tục từ 0 đến 100 mW/cm^2 . Trong công trình này, chúng tôi sử dụng công suất chiếu rọi bằng 50 mW/cm^2 .

Kết quả và thảo luận

Ảnh hưởng của tốc độ quay lên chiều dày của màng P3HT và P3HT:PCBM

Chiều dày của màng được quyết định bởi nhiều thông số, trong đó quan trọng nhất là tốc độ quay, độ nhớt của dung dịch và bề mặt đế. Hình 2 cho thấy mối quan hệ giữa chiều dày của màng và tốc độ quay. Nhìn chung, khi tăng tốc độ quay, chiều dày màng giảm dần, tuy nhiên hai thông số này không tuyến tính với nhau. Khi tăng từ 300 đến 600 v/ph, chiều dày màng giảm nhanh từ 265 đến 105 nm, khi tăng tốc độ từ 600 đến 800 v/ph, chiều dày màng giảm chậm hơn, từ 105 đến 77 nm. Chiều dày nhỏ nhất có thể đạt được khoảng 70 nm. Hỗn hợp P3HT và PCBM được pha trộn theo tỷ lệ khối lượng 2/1, 1/1 và 2/3. Hỗn hợp này hòa tan trong dung môi clorobenzen nồng độ 1% t.l. Thực nghiệm cho thấy, chiều dày của hai loại màng tạo ra từ dung dịch P3HT và P3HT:PCBM không có sự khác biệt đáng kể (hình 2).

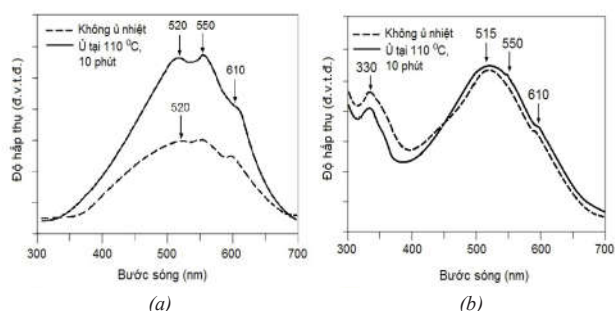


Hình 2: đồ thị biểu diễn chiều dày màng theo tốc độ quay

Trên cơ sở so sánh về sự đồng đều của màng, 100 nm là chiều dày tối ưu của màng đối với dung dịch P3HT:PCBM nồng độ 1% t.l, ứng với tốc độ quay 600 v/ph, phù hợp với công bố [5, 6].

Tính chất hấp thụ của màng P3HT và P3HT:PCBM

Khả năng hấp thụ photon một cách gián tiếp phản ánh khả năng sinh cặp điện tử - lỗ trống (exciton) của chất hoạt quang (P3HT). Khi bức xạ mang năng lượng photon chiếu lên P3HT qua đế thủy tinh và các lớp ITO/ZnO, các hiện tượng vật lý xảy ra là phản xạ, truyền qua, hấp thụ và tán xạ. Trong đó, một phần năng lượng photon được lớp hoạt quang hấp thụ tạo ra kích thích các nối liên kết π trong mạch polymer, dẫn đến hình thành các cặp điện tử - lỗ trống. Phổ mặt trời có cường độ mạnh nhất nằm trong khoảng 500-550 nm, cho nên vật liệu nào hấp thụ tốt ở vùng bức xạ này sẽ nhận được nhiều năng lượng từ mặt trời nhất. Hình 3a là phổ hấp thụ UV-Vis của màng P3HT cho thấy, P3HT hấp thụ ánh sáng trong vùng bước sóng từ 400 đến 650 nm. Trong vùng này, P3HT có 3 đỉnh hấp thụ đặc trưng nằm trong khoảng 500 đến 600 nm, các đỉnh hấp thụ mạnh nằm ở khoảng 520, 550 và 610 nm. Vị trí và hình dạng các đỉnh hấp thụ này liên quan đến nhiều tính chất khác của P3HT như độ kết tinh, khuyết tật hay chiều dài hệ nối π liên hợp. 2 đỉnh hấp thụ ở bước sóng 520 và 550 nm đặc trưng cho liên kết π - π liên hợp trên mạch P3HT, một vai tại bước sóng 610 nm đặc trưng cho liên kết liên phân tử giữa các mạch P3HT [7].



Hình 3: phổ hấp thụ UV-Vis của P3HT (a) và P3HT:PCBM (b) khi không ủ nhiệt (---) và ủ nhiệt ở 110°C trong thời gian 10 phút (—)

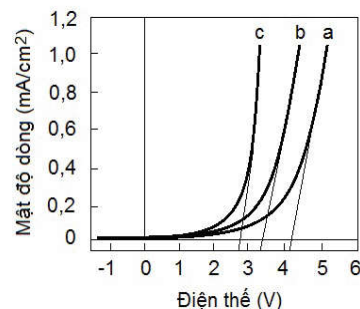
Từ phổ hấp thụ trên hình 3a cho thấy, khi mẫu được ủ nhiệt tại 110°C, cường độ hấp thụ vùng UV-Vis của P3HT lớn hơn hẳn so với mẫu không ủ. Phổ hấp thụ của P3HT phù hợp cho pin mặt trời khi các đỉnh hấp thụ lớn và dịch chuyển về vùng hồng ngoại [7]. Hình 3b là phổ hấp thụ của màng hỗn hợp P3HT:PCBM: có 4 đỉnh hấp thụ, trong đó 3 đỉnh ở vùng nhìn thấy là của P3HT và 1 đỉnh ở vùng tử ngoại (330 nm). Theo Shrotria [8], đỉnh 330 nm là đỉnh hấp thụ của PCBM, phụ thuộc vào tỷ lệ giữa P3HT và PCBM cường độ đỉnh này có thể thay đổi. Đối với màng hỗn hợp, hiệu ứng ủ nhiệt không thể hiện rõ như trong màng P3HT thuần khiết.

Chiều dày lớp hoạt quang (P3HT) càng lớn thì khả năng hấp thụ càng cao. Tuy nhiên, màng càng dày thì xác suất tái hợp điện tử - lỗ trống (hay còn gọi là tan dã exciton) càng cao, khiến cho hiệu suất tách hạt tải giảm. Điều này là không mong muốn đối với một OSC. Để cải thiện hiệu suất tách cặp điện tử - lỗ trống, chúng tôi sử dụng lớp dẫn xuất của C60 là PCBM. PCBM có nhiệm vụ phân ly hạt tải ra khỏi cặp điện tử - lỗ trống. Tuy nhiên, tỷ lệ P3HT:PCBM cần được chọn tối ưu để sự tiếp xúc giữa 2 chất này là tốt nhất và không ảnh hưởng đến khả năng chất hấp thụ của lớp hoạt quang. Khả năng truyền tải hạt dẫn phụ thuộc vào độ kết tinh của P3HT. Tinh thể P3HT càng được sắp xếp chặt chẽ, hạt tải càng có khả năng di chuyển linh động để đến được điện cực tương ứng. P3HT là một polymer có khả năng kết tinh tốt.

Ảnh hưởng của tỷ lệ pha trộn trong hỗn hợp P3HT:PCBM

Để khảo sát đặc tuyến dòng thế (I-V) của chuyển tiếp dị chất phụ thuộc tỷ lệ pha trộn P3HT và PCBM, chúng tôi đã chế tạo điốt kiểu pin mặt trời có cấu tạo từ các lớp chuyển tiếp dị chất khối P3HT:PCBM tỷ lệ P3HT/PCBM là 2/1, 1/1 và 2/3. Kết quả khảo sát đặc

tuyến I-V của các linh kiện theo các tỷ lệ khác nhau được trình bày ở hình 4. Tất cả các đường cong I-V của 3 loại linh kiện đều cho thấy tính chỉnh lưu của điốt là tốt, điện áp mở đối với các điốt chứa hỗn hợp P3HT:PCBM tỷ lệ 2/1, 2/3 và 1/1 lần lượt vào khoảng 4,2; 3,4 và 2,7 V.



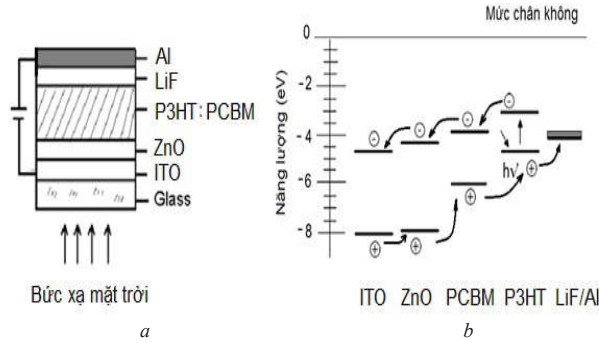
Hình 4: đặc tuyến I-V của linh kiện chứa chuyển tiếp dị chất P3HT:PCBM với các tỷ lệ pha trộn 2/1 (a), 2/3 (b) và 1/1 (c)

Đặc tuyến I-V của điốt chịu ảnh hưởng mạnh bởi thành phần PCBM, thể hiện ở độ dốc của đường I-V và giá trị điện áp mở. Từ đồ thị hình 4 cho thấy, đặc tuyến I-V của điốt có tỷ lệ 1/1 là tốt hơn cả (điện thế ngưỡng không cao, độ dốc tốt nhất). Như vậy, tỷ lệ pha trộn bằng nhau của 2 chất P3HT và PCBM tạo ra hỗn hợp chứa chuyển tiếp dị chất khối P3HT/PCBM phù hợp nhất để làm chất hoạt quang trong linh kiện OSC.

Khảo sát các thông số hoạt động của linh kiện OSC

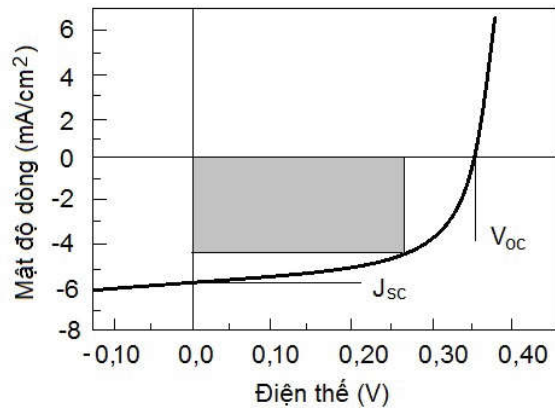
Tính chất chỉnh lưu của điốt chứa chuyển tiếp dị chất P3HT:PCBM được giải thích rõ hơn bằng giản đồ năng lượng vùng cấm trên các chuyển tiếp dị chất (hình 5b). Trên hình này còn có sơ đồ cấu tạo của linh kiện OSC với lớp hoạt quang là tổ hợp P3HT:PCBM, ZnO là lớp đệm làm tăng hiệu suất truyền hạt tải và lớp siêu mỏng LiF kết hợp với màng Al (LiF/Al) tạo ra tiếp xúc nông có tác dụng “bắt” nhanh lỗ trống. Chất PCBM được phân tán vào nền polymer P3HT làm xuất hiện các biên tiếp xúc với P3HT - đóng vai trò là chất cho điện tử (donor) và PCBM - đóng vai trò là chất nhận điện tử (acceptor). Khi chuyển tiếp này được kích thích bởi chùm photon có năng lượng lớn hơn khe năng lượng HOMO-LUMO của P3HT (tương ứng với độ rộng vùng cấm trong bán dẫn vô cơ), các điện tử trong P3HT từ mức HOMO nhảy lên mức LUMO, hình thành các cặp điện tử - lỗ trống (exciton). Trên biên phân cách xuất hiện một điện trường định xứ. Vì mức LUMO của PCBM thấp hơn mức LUMO của

P3HT, điện tử sinh ra từ kích thích trên khuếch tán sang PCBM, lỗ trống thì chuyển động ngược hướng. Đó là hiện tượng tách hạt tải nhờ chuyển tiếp dị chất. Nhờ vậy, vật liệu chứa chuyển tiếp dị chất P3HT:PCBM có thể ứng dụng để làm pin OSC.



Hình 5: a - Sơ đồ cấu tạo của pin OSC cấu trúc đa lớp: ITO(70 nm)/ZnO(30 nm)/P3HT:PCBM(100 nm)/LiF(10 nm)/Al(80 nm); b - Biểu đồ các mức năng lượng của các lớp chuyển tiếp dị chất

Khảo sát đặc tuyến J-V trong lúc chiếu rọi lên linh kiện OSC (tỷ lệ P3HT:PCBM = 1/1) với mật độ công suất nguồn “Sol 1A- Newport” $P_{in} = 50 \text{ mW/cm}^2$ cho thấy, dòng ngắn mạch (J_{sc}) là 5,8 mA, thế hở mạch (V_{oc}) là 0,36 V (hình 6).



Hình 6: đặc tuyến J-V của linh kiện OSC khi chiếu rọi mật độ công suất $P_{in} = 50 \text{ mW/cm}^2$; $V_{oc} = 0,36 \text{ V}$; $J_{sc} = 5,80 \text{ mA}$

Từ đó, hệ số điền đầy (FF) được tính bởi công thức:

$$FF = \frac{P_{max}}{J_{sc}V_{oc}} = \frac{(J \times V)_{max}}{J_{sc}V_{oc}} \quad (1)$$

Trong đó: $(J \times V)_{max}$ là giá trị công suất cực đại (P_{max}). Như trên hình 6, P_{max} được thể hiện là hình chữ nhật (màu xám) có diện tích lớn nhất trong các hình chữ nhật với hai cạnh là J_{sc} và V_{oc} . Từ đó, nhận được giá trị $P_{max} = 11,26$, do đó $FF = 0,54$.

Hiệu suất chuyển hóa quang năng thành điện năng của pin mặt trời (PCE) là tỷ lệ phần trăm giữa năng lượng điện tối đa được tạo ra so với năng lượng bức xạ chiếu rọi. Hiệu suất này được tính bởi công thức:

$$PCE = \frac{V_{oc} \times J_{sc} \times FF}{P_{in}} \quad (2)$$

Thay các giá trị trên vào công thức (2), nhận được $PCE = 2,25\%$. Các thông số của pin OSC cấu trúc đa lớp nêu trên được liệt kê ở bảng 2.

Bảng 2: các thông số hoạt động của một pin OSC với lớp hoạt quang tổ hợp P3HT:PCBM (tỷ lệ 1/1)

Cấu trúc pin	$J_{sc} \text{ (mA/cm}^2\text{)}$	$V_{oc} \text{ (V)}$	FF	PCE (%)
ITO/ZnO/P3HT:PCBM/LiF/Al	5,80	0,36	0,54	2,25

Kết quả nhận được chứng tỏ vật liệu hỗn hợp chứa chuyển tiếp dị chất P3HT/PCBM hoàn toàn có triển vọng ứng dụng trong nghiên cứu sau này nhằm cải thiện hiệu suất chuyển hóa quang - điện cũng như tuổi thọ của pin OSC.

Kết luận

Sử dụng các phương pháp khác nhau như quay phủ ly tâm, phún xạ cao tần và bốc bay chân không, chúng tôi đã chế tạo được pin OSC cấu trúc đa lớp ITO/ZnO/P3HT:PCBM/LiF/Al. Phân tích phổ hấp thụ và đặc tuyến dòng thế của lớp hoạt quang hỗn hợp P3HT:PCBM cho thấy, tỷ lệ pha trộn P3HT/PCBM bằng 1/1 cho hiệu suất chuyển hóa quang năng thành điện năng tốt nhất. Thông qua khảo sát đặc tuyến dòng thế của linh kiện trên ở chế độ chiếu rọi của bức xạ mặt trời với mật độ công suất 50 mW/cm^2 , xác định được thế hở mạch $V_{oc} = 0,36 \text{ V}$; dòng ngắn mạch $J_{sc} = 5,80 \text{ mA/cm}^2$ và hệ số điền đầy $FF = 0,54$. Qua đó, hiệu suất chuyển hóa quang - điện nhận được là 2,25%. Tuy giá trị này còn thấp so với hiệu suất chuyển hóa của pin mặt trời silic, nhưng nhờ khả năng trải rộng diện tích làm việc của pin OSC, công suất tổng của pin sẽ được cải thiện đáng kể, khi đó có thể ứng dụng pin OSC vào khai thác sử dụng năng lượng mặt trời.

Lời cảm ơn

Công trình nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ Phát triển KH&CN quốc gia (NAFOSTED), qua đề tài mã số 103.02-2013.39. Chúng tôi xin chân thành cảm ơn NAFOSTED.

Tài liệu tham khảo

- [1] A Heeger (2001), “Nobel Lecture: Semiconducting and metallic polymers: The fourth generation of polymeric materials”, *Rev. Mod. Phys.*, **73**, pp.681-699.
- [2] X Yang, J Loos, S.C Veenstra, W.J.H Verhees, M.M Wienk, J.M Kroon, M.A.J Michels, R.A.J Janssen (2005), “Nanoscale morphology of high-performance polymer solar cells”, *Nano Letters*, **5**, pp.579-583.
- [3] E Klimov, W Li, X Yang, G.G Homann, J Loos (2006), “Scanning near-eld and confocal Raman microscopic investigation of P3HT-PCBM systems for solar cell applications”, *Macromolecules*, **39**(13), pp.4493-4496.
- [4] T.T Thao, T.Q Trung, V.V Truong, N.N Dinh (2015), “Enhancement of Power Efficiency and Stability of P3HT-based Organic Solar Cells under Elevated Operating-Temperatures by using a Nanocomposite Photoactive Layer”, *J. Nanomaterials*, Article ID 463565, 7 p.
- [5] S Ulum, N Holmes, D Darwis, K Burke, A.L.D Kilcoyne, X Zhou, W Belcher, P Dastoor (2013), “Determining the structural motif of P3HT:PCBM nanoparticulate organic photovoltaic devices”, *Sol. Ener. Mater. Sol. Cells*, **110**, pp.43-48.
- [6] T.J Savenije, J.E Kroeze, X Yang, J Loos (2006), “The formation of crystalline P3HT fibrils upon annealing of a PCBM:P3HT bulk heterojunction”, *Thin Solid Films*, **6**, pp.511-516.
- [7] W.H Baek, H Yang, T.S Yoon, C.J Kang, H.H Lee, Y.S Kim (2009), “Effect of P3HT:PCBM concentration in solvent on performances of organic solar cells”, *Sol. Ener. Mater. Sol. Cells*, **93**, pp.1263-1267.
- [8] V Shrotriya, J Ouyang, R.J Tseng, G Li, Y Yang (2005), “Absorption spectra modification in poly(3-hexylthiophene):methanofullerene blend thin films”, *Chem. Phys. Letters*, **411**, pp.138-143.