

## MỞ ĐẦU

Trong những năm qua, sự phát triển vượt bậc của khoa học kỹ thuật đã góp phần thúc đẩy sản xuất, phát triển các ngành công nghiệp, nâng cao đời sống vật chất tinh thần của con người. Song song với những mặt tích cực đó con người phải đối mặt với nhiều khó khăn từ mặt trái của sự phát triển đó mang lại đó là ô nhiễm môi trường, nguồn nước, bệnh tật, năng lượng.... Vật liệu bán dẫn hữu cơ đã và đang thu hút được nhiều sự quan tâm và đầu tư nghiên cứu trong các trường đại học, viện và các trung tâm nghiên cứu của các nước có nền khoa học kỹ thuật phát triển trên thế giới trong vòng hơn hai thập kỉ gần đây. Trên thực tế, đã có những kết quả nghiên cứu bước đầu được ứng dụng trong đời sống như diode phát quang hữu cơ (OLED) hay pin mặt trời hữu cơ (OSC) nhằm đáp ứng nhu cầu về khai thác sử dụng nguồn năng lượng tái tạo và thân thiện môi trường. Ở Việt Nam trong khoảng mười năm trở lại đây, nghiên cứu về khoa học và công nghệ nano ứng dụng trong các lĩnh vực quang-điện tử, y-sinh và môi trường đã có sự phát triển mạnh mẽ.

Từ lý do tác giả chọn đề tài: ***Nghiên cứu chế tạo và khảo sát tính chất của vật liệu chuyển tiếp dị chất khối cấu trúc nano trên cơ sở ống carbon nano (CNTs) và polymer dẫn, ứng dụng chế tạo pin mặt trời hữu cơ.*** Nội dung của bản luận văn tập trung vào giải quyết các vấn đề:

- Nghiên cứu chế tạo các màng vật liệu tổ hợp chuyên tiếp dị chất có thành phần khác nhau trên cơ sở CNTs, PCBM và các polymer dẫn là PVK, P3HT với tỉ lệ khác nhau về khối lượng (PVK:P3HT = 10:100; PVK:P3HT = 30:100; PVK:P3HT = 50:100 và PVK:P3HT:CNTs = 50:100:8 )

- Thực hiện tối ưu hóa vật liệu và điều kiện chế tạo màng. Khảo sát cấu trúc hình thái học, các đặc trưng tính chất quang-điện của các màng vật liệu đã chế tạo.

- Thử nghiệm ứng dụng chế tạo linh kiện pin mặt trời hữu cơ (OSC).

Ngoài phần mở đầu, phần kết luận, luận văn gồm 3 chương:

- Chương 1: Tổng quan lý thuyết về ống nano carbon, vật liệu polymer dẫn và vật liệu tổ hợp chuyên tiếp dị chất cấu trúc nano, các kiến thức cơ bản về pin mặt trời như cấu trúc, nguyên lý hoạt động, các đặc tính của pin mặt trời hữu cơ.

- Chương 2: Trình bày các phương pháp thực nghiệm nghiên cứu đã sử dụng để chế tạo ra vật liệu và nghiên cứu cấu trúc hình thái của vật liệu tạo được: tạo màng với phương pháp spin – coating, phương pháp ghi phổ hấp thụ UV – Vis, Phương pháp ghi phổ quang - huỳnh quang, hiển vi điện tử quét FE-SEM, đo chiều dày màng với hệ đo Alpha-Step IQ Profiler...

- Chương 3: Trình bày các kết quả từ các phép đo thu được về cấu trúc hình thái và các đặc tính của các màng vật liệu

tổ hợp chuyên tiếp dị chất, kết quả linh kiện pin mặt trời hữu cơ (OSC) sử dụng màng tạo được.

## CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

### 1.1 Ống Nano Carbon (CNTs):

#### 1.1.1 Lịch sử hình thành:

CNTs được phát hiện năm 1991 có cấu trúc hình trụ, được tạo bởi các nguyên tử carbon. Cấu trúc hình trụ này có đường kính vài nanometer (nm) trong khi chiều dài có thể đạt đến vài trăm micrometer ( $\mu\text{m}$ ) dẫn đến tỉ lệ chiều dài và đường kính lên tới 132.000.000 : 1 [6]. Với cấu trúc hình ống có tính chất cơ và tính chất điện siêu việt thể hiện ở sức bền cao, khả năng dẫn điện tốt, và đặc biệt có nhiều tính chất điện thú vị.

#### 1.1.2 Phân loại ống nano các bon:

- Ống nano carbon đơn tường (SWCNTs):
- Ống nano carbon đa tường (MWCNTs):

#### 1.1.3 Tính chất của ống nano carbon:

- *Tính chất cơ*: là tính chất đặc trưng cơ bản của ống nano carbon. Phân tử là các nguyên tử carbon nên chúng nhẹ nhưng lại có độ bền cơ cao do các nguyên tử carbon đều là liên kết cộng hóa trị tạo nên cấu trúc tinh thể hoàn hảo.

- *Tính chất nhiệt*:
- *Tính chất điện*:
- *Tính chất hóa học*:

- *Tính chất quang*: Các tính chất quang của CNTs liên quan đến sự hấp thụ, sự phát quang và phổ tán xạ Raman của nó. Các tính chất này cho phép xác định đặc điểm “chất lượng ống nano carbon” nhanh chóng và chính xác.

*Hấp thụ quang*: Hấp thụ quang trong CNTs khác với hấp thụ quang trong vật liệu khối 3D thông thường bởi sự hiện diện của các đỉnh nhọn (ống nano carbon có cấu trúc 1D) thay vì một ngưỡng hấp thụ bởi sự tăng hấp thụ (trong trạng thái rắn có cấu trúc 3D).

*Sự phát quang*: Hiện tượng phát quang hóa học (PL) là một trong những công cụ quan trọng để xác định đặc điểm của ống nano carbon.

#### **1.1.4 Các phương pháp chế tạo ống nano carbon:**

- *Cơ chế mọc ống nano carbon.*
- *Chế tạo ống nano carbon bằng phương pháp lắng đọng pha hơi hóa học (CVD).*
- *Chế tạo ống nano carbon bằng phương pháp phóng điện hồ quang.*
- *Chế tạo ống nano carbon dùng nguồn laser.*
- *Chế tạo ống nano carbon bằng phương pháp nghiền bi và ủ nhiệt:*

#### **1.1.5 Một số ứng dụng của ống nano Carbon:**

CNTs đã được nghiên cứu cho một số ứng dụng trong y tế và sinh học như:

- Vận chuyển thuốc.

- Đánh dấu sinh học.
- Ứng dụng để chuyển gen.
- Chế tạo các đầu dò, cảm biến, chip sinh học.

## **1.2 Vật liệu bán dẫn hữu cơ – Polymer dẫn:**

### **1.2.1 Giới thiệu chung:**

Polymer dẫn điện, hay còn gọi là bán dẫn hữu cơ, có nhiều đặc tính nổi bật như:

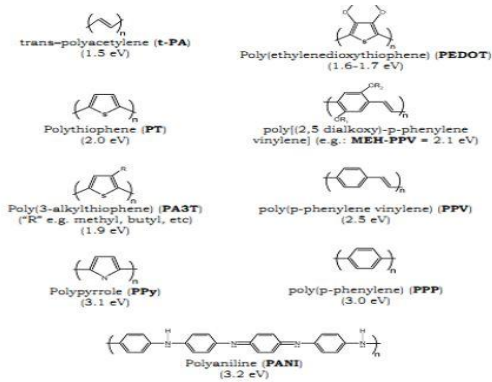
- Tương đồng với các bán dẫn vô cơ
- Giá thành thấp
- Có thể tạo được nhiều diện tích lớn
- Đáp ứng được các tính chất quang và điện đặc biệt.
- Một số tính chất ưu việt khác mà các vật liệu khác

không dễ gì có được như tính dẻo, có thể uốn cong dưới bất kỳ hình dạng nào, màu sắc trung thực, số lượng màu lớn...

Tuy nhiên chúng cũng còn một số những yếu điểm cần khắc phục:

- Độ ổn định.
- Kiểm soát độ dày màng polymer.
- Độ linh động của các hạt tải điện.

Hiện nay polymer dẫn đã được ứng dụng nhiều vào các lĩnh vực như: công nghệ chế tạo diode phát quang hữu cơ (OLED), màn hình phẳng dẻo kích thước lớn, laser, solar cell, photodetector, các loại transistor, các loại sensor, bộ nhớ (memory cell)...



Hình 1.2.3 Cấu trúc phân tử và độ rộng vùng cấm một số polymer dẫn

## 1.2.2 Polymer cấu trúc nối đôi liên hợp:

Các polymer có cấu trúc nối đôi liên hợp (... - C = C - C = C - ...) như polyacetylene (PA), polypyrrole (PPy), polythiophene (PT), poly phenylene vinylene (PPV), v.v... và các polymer dẫn xuất.

## 1.2.3 Cấu trúc vùng năng lượng của bán dẫn hữu cơ:

### 1.2.4 Tính chất điện:

- Cơ chế dẫn điện và tái hợp
- Độ linh động

### 1.2.5 Tính chất quang:

- Hấp thụ và phát quang
- Tính chất quang-huỳnh quang và điện-huỳnh quang

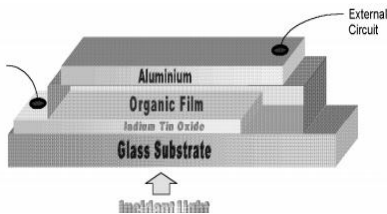
### 1.2.6 Một số loại Polymer dẫn:

- Polymer dẫn PVK và MEH - PPV
- PEDOT và các dẫn xuất
- P3HT

### 1.3 Phương pháp chế tạo màng mỏng:

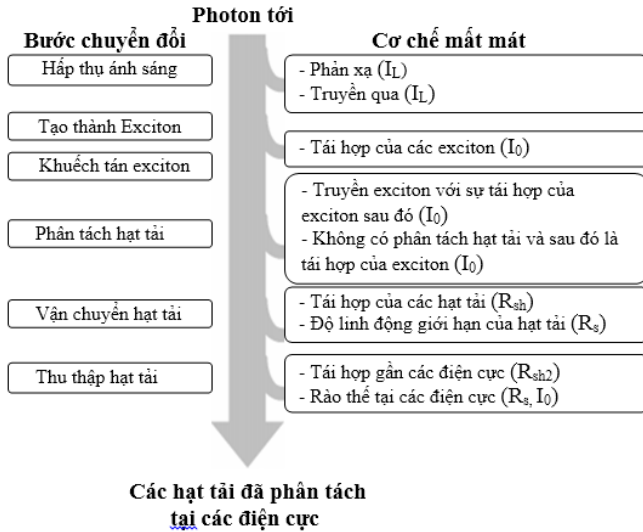
#### 1.4 Pin mặt trời:

**1.4.1 Giới thiệu:** Trên thực tế, một tế bào năng lượng mặt trời (hình 1.1) có thể được hình dung như một cái bơm mà ánh sáng mặt trời điều khiển electron: Chiều cao tối đa mà các electron có thể được “bơm” tương đương với điện áp cao nhất mà tế bào năng lượng mặt trời có thể đạt được. Dòng điện lớn nhất được quyết định bởi “*tốc độ bơm*”.



*Hình 1.1: Cấu tạo của một tế bào năng lượng mặt trời điển hình. Lớp màng hữu cơ (Organic Film) có thể là một hoặc nhiều lớp bán dẫn cũng có thể là một hỗn hợp hay một tổ hợp của chúng.*

Mô tả các bước chuyển đổi của photon thành các hạt tải tách biệt được diễn ra trong tế bào năng lượng mặt trời hữu cơ. Nó cũng cho thấy cơ chế mất mát liên quan và sự liên hệ với số lượng điện được sử dụng trong sơ đồ mạch điện tương đương (Equivalence Circuit Diagram - ECD).



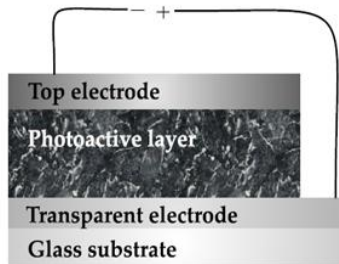
Quá trình chuyển hóa quang năng thành điện năng diễn ra gồm:

- Sự hấp thụ photon.
- Sự khuếch tán exciton.
- Sự phân tách hạt tải.
- Vận chuyển hạt tải.
- Sự thu thập hạt tải.

#### 1.4.2 Cấu trúc của pin mặt trời hữu cơ:

Nói chung, pin mặt trời có cấu trúc gồm 3 phần chính: Anode, Cathode (điện cực), tấm đế và lớp hoạt quang (Photoactive layer - chất vô cơ cho pin mặt trời vô cơ và chất hữu cơ với pin mặt trời hữu cơ) như được mô tả trong Hình 1.3. Các lớp đệm có thể bổ sung để tăng chất lượng của pin.





Hình 1.3 - Cấu trúc chung của 1 tế bào năng lượng mặt trời

- Tấm đế (substrate)
- Lớp anode (phải trong suốt)
- Lớp truyền lỗ trống
- Lớp truyền điện tử
- Lớp quang hoạt
- Lớp cathode

### 1.4.3 Nguyên lý hoạt động của Pin mặt trời hữu cơ

#### 1.4.4 Phân loại pin mặt trời hữu cơ:

Theo cấu trúc, pin mặt trời hữu cơ được phân theo 4 loại sau:

- Cấu trúc đơn lớp
- Cấu trúc 2 lớp
- Cấu trúc hỗn hợp
- Cấu trúc nhiều lớp

#### 1.4.5 Các đặc tính của pin mặt trời hữu cơ

Một số thuật ngữ sau đây được dùng để xét các đặc tính của pin mặt trời.

$V_{oc}$  : Điện áp hở mạch

Isc: Dòng ngắn mạch

FF: Hệ số điền đầy

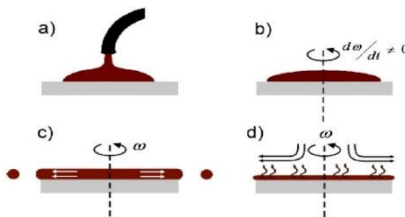
H: Hiệu suất của pin mặt trời

- Dòng điện tạo ra trong pin mặt trời
- Dòng tối

## Chương 2: CÁC PHƯƠNG PHÁP THỰC NGHIỆM VÀ NGHIÊN CỨU

### 2.1 Phương pháp quay phủ ly tâm (Spin – coating):

Kỹ thuật tạo màng bằng phương pháp quay phủ ly tâm dựa trên nguyên lý dưới tác dụng của lực ly tâm, dung dịch chất tạo màng được dàn đều trên mặt phẳng cầu để tạo thành màng.



Hình 2.1. Sơ đồ quá trình quay phủ.

Quá trình quay phủ được chia làm 4 giai đoạn: a là giai đoạn nhỏ dung dịch lên để thủy tinh và dàn đều ra toàn màng; b là giai đoạn gia tốc quay; c là giai đoạn quay với vận tốc ổn định; d là giai đoạn ngừng quay và bay hơi (làm khô). Chiều dày của màng thu được sẽ phụ thuộc vào nhiều yếu tố như độ nhớt, khối lượng riêng và nồng độ của dung dịch, thời gian và tốc độ quay.

## 2.2 Phương pháp ghi phổ hấp thụ UV – Vis:

Phổ hấp thụ UV - Vis biểu thị mối quan hệ giữa cường độ hay hệ số hấp thụ ánh sáng của vật liệu với bước sóng ánh sáng chiếu vào vật liệu. Phép đo phổ hấp thụ quang học cho ta rất nhiều thông tin về vật liệu như: độ rộng vùng cấm quang, dự đoán bước sóng huỳnh quang của vật liệu nếu vật liệu phát quang, hiệu ứng kích thước lượng tử, ước tính kích thước của các chấm lượng tử, và các dịch chuyển quang học,... .

Trong luận văn, các phép đo phổ hấp thụ của các mẫu được thực hiện trên hệ đo UV-VIS-NIR Jasco V570 của trường Đại học Công nghệ - Đại học Quốc gia Hà Nội.



*Hình 2.3. Thiết bị phổ hấp thụ UV-VIS Jasco V-570.*

## 2.3 Phương pháp ghi phổ quang - huỳnh quang:

Phổ quang - huỳnh quang biểu diễn mối quan hệ giữa cường độ huỳnh quang và bước sóng phát quang khi vật liệu nhận ánh sáng kích thích nào đó. Phổ quang - huỳnh quang cho biết bước sóng phát quang, các dịch chuyển quang học của điện tử của các tâm phát quang, các quá trình truyền năng lượng giữa các tâm phát quang...

Hệ thống thiết bị ghi phổ quang - huỳnh quang được sử dụng trong nghiên cứu của đề tài là hệ ghi phổ quang huỳnh quang phân giải cao dùng đèn laser He-Cd của Viện Khoa học vật liệu – Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.



*Hình 2.4. Hệ đo huỳnh quang phân giải cao dùng laser He-Ne.*

## **2.4 Phương pháp chụp ảnh kính hiển vi điện tử quét FE-SEM:**

Hiển vi điện tử quét phát xạ trường (FE-SEM) có độ phân giải cao hơn một bậc so với kính hiển vi điện tử quét (SEM) thông thường. Vì vậy sử dụng FE-SEM có thể chụp cấu trúc hình thái học của các hạt nano tinh thể với độ nét rất cao. SEM hoạt động theo nguyên lý sau: điện tử thứ cấp phát xạ nhờ các điện tử của súng điện tử có năng lượng cao bắn phá vào bề mặt của mẫu khảo sát. Số lượng điện tử thứ cấp phát xạ càng nhiều khi bề mặt mẫu nhô lên càng cao và ngược lại khi bề mặt bị lõm xuống, tương ứng với những điểm sáng - tối được hiện trên ảnh nhờ bộ chuyển đổi tín hiệu từ điện tử phát xạ sang ánh sáng nhìn thấy.

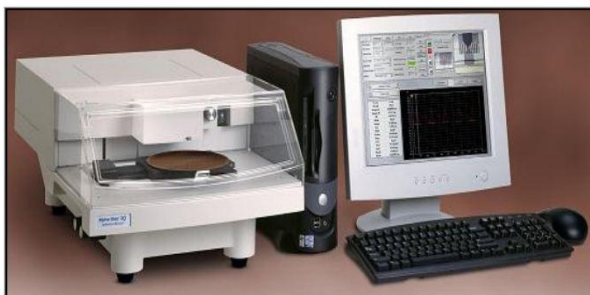
Các mẫu nghiên cứu của đề tài được chụp trên hệ FE-SEM của Phòng thí nghiệm trọng điểm - Viện Khoa học vật liệu (Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam).



*Hình 2.5. Thiết bị FE-SEM Hitachi - S4800.*

## **2.5 Phương pháp đo chiều dày màng:**

Chiều dày của màng mỏng nano được xác định trên hệ đo Alpha-Step IQ Profiler có độ chính xác đến 0,8 nm của Viện Khoa học vật liệu – Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.



*Hình 2.6. Hệ đo Alpha-Step IQ.*

## **2.6 Nghiên cứu chế tạo pin mặt trời hữu cơ:**

- Chế tạo màng điện cực ITO bằng phương pháp ăn mòn hóa học ướt.
- Chế tạo lớp hoạt quang của Pin mặt trời hữu cơ.
- Chế tạo điện cực Al bằng phương pháp bốc bay nhiệt chân không.
- Khảo sát các thông số đặc trưng của Pin mặt trời hữu cơ.

### **Chương 3: KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN**

#### **3.1 Nghiên cứu chế tạo và khảo sát tính chất của vật liệu chuyển tiếp dị chất khối cấu trúc nano trên cơ sở CNTs và polymer dẫn:**

Trong đề tài này, chúng tôi đã sử dụng ống carbon nano đa vách (CNTs) được biến tính bằng hệ axit oxi hóa mạnh  $H_2SO_4:HNO_3 = 1:3$  (theo thể tích) trong chế tạo vật liệu tổ hợp chuyển tiếp dị chất khối cấu trúc nano. Tổ hợp blend polymer của poly (N-vinylcarbazole) – PVK và poly (N-hexylthiophene) – P3HT với các tỉ lệ thành phần khác nhau theo khối lượng đã được khảo sát.

$$PVK:P3HT = 10:100$$

$$PVK:P3HT = 30:100$$

$$PVK:P3HT = 50:100$$

$$PVK:P3HT:CNTs = 50:100:8$$

Mẫu vật liệu chuyển tiếp dị chất khối cấu trúc nano trên cơ sở blend polymer dẫn PVK:P3HT và [6,6]-phenyl- $C_{61}$ -

butyric acid methyl ester (PCBM), CNTs được chế tạo với thành phần:

PVK:P3HT:PCBM = 50:100:150 (theo khối lượng)

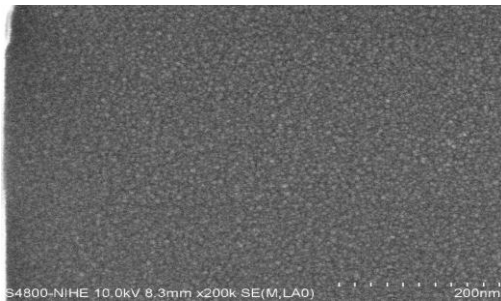
PVK:P3HT:PCBM:CNTs = 50:100:150:0,03 (0,01%

CNTs theo khối lượng)

Các màng vật liệu tổ hợp được chế tạo bằng phương pháp quay phủ li tâm (spin-coating).

### 3.1.1 Nghiên cứu cấu trúc hình thái học của màng blend PVK:P3HT và vật liệu tổ hợp

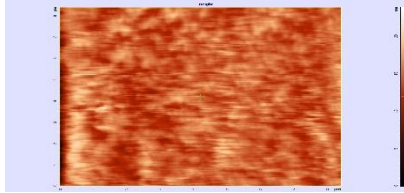
Bề mặt màng vật liệu blend polymer PVK : P3HT mịn và đồng nhất. Điều đó cho thấy hai polymer đã được phân tán tốt trong nhau. Điều này giúp làm giảm thế tiếp xúc và sự tán xạ ánh sáng của màng vật liệu tổ hợp.



Hình 3.1: Ảnh FE-SEM của màng blend PVK:P3HT = 50:100.

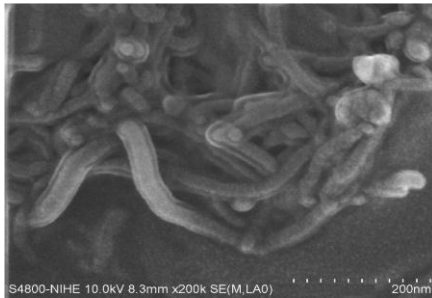
Cấu trúc hình thái học bề mặt của màng PVK:P3HT:PCBM:CNTs = 50:100:150:0,03 (theo khối lượng) được khảo sát bằng ảnh chụp kính hiển vi điện tử quét AFM.

Kết quả cho thấy bề mặt của màng vật liệu cũng mịn và đồng đều, độ nhấp nhô trung bình khoảng 13nm.



Hình 3.2. Ảnh AFM của màng PVK:P3HT:PCBM:CNTs.

Kết quả khảo sát màng PVK:P3HT:CNTs = 50:100:8 (theo khối lượng) tạo ra thông qua việc ghi ảnh FE - SEM, cho thấy các ống CNTs có đường kính trung bình khoảng 20nm được phân tán khá đồng đều trong vật liệu tổ hợp.



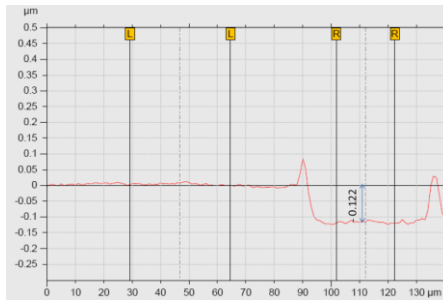
Hình 3.3. Màng vật liệu tổ hợp PVK:P3HT:CNTs.

### 3.1.2 Khảo sát độ dày của màng vật liệu tổ hợp:

Hình 3.4 trình bày kết quả đo độ dày của màng PVK:P3HT:PCBM = 50:100:150 (theo khối lượng) bằng phương pháp Alpha – Step IQ trên thiết bị KLA Tencor cho thấy màng vật liệu tổ hợp được chế tạo có độ dày khoảng 122



nm, phù hợp cho các nghiên cứu khảo sát các đặc trưng tính chất của vật liệu và linh kiện quang – điện.



Hình 3.4. Độ dày của màng PVK:P3HT:PCBM.

### 3.2 Khảo sát tính chất hấp thụ ánh sáng của vật liệu

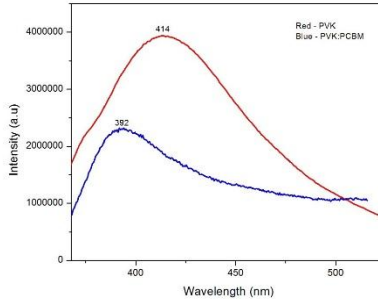
- Phổ hấp thụ UV-Vis của màng blend conducting polymer

- Phổ hấp thụ UV-Vis của vật liệu chuyển tiếp dị chất khối.

- Ảnh hưởng của CNTs đến phổ hấp thụ UV-Vis của vật liệu chuyển tiếp dị chất khối

### 3.3 Khảo sát hiệu ứng dập tắt huỳnh quang của vật liệu tổ hợp chuyển tiếp dị chất khối

#### 3.3.1 Hiệu ứng dập tắt huỳnh quang của màng PVK:PCBM

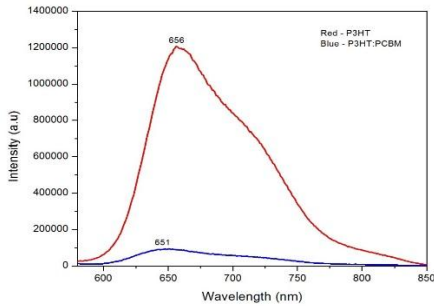


Hình 3.9. Phổ quang - huỳnh quang của màng PVK và PVK:PCBM, bước sóng kích thích 325nm.

Từ hình 3.9 cho thấy khi bị kích thích quang, màng PVK thuần phát ra ánh sáng tím với đỉnh cực đại tại 414nm. Điều này là do quá trình phát sinh và tái hợp của các cặp điện tử - lỗ trống (exciton). Cường độ phát quang của màng vật liệu tổ hợp PVK:PCBM suy giảm đáng kể (khoảng 41%) so với cường độ phát quang của màng PVK thuần, đỉnh phát xạ có sự dịch chuyển về phía bước sóng ngắn (blue shift)

### 3.3.2 Hiệu ứng dập tắt huỳnh quang của màng P3HT:PCBM:

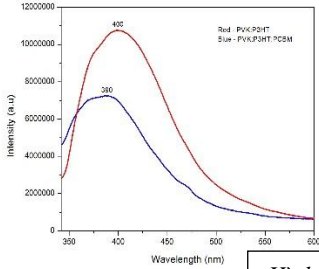
Tương tự như màng PVK: PCBM, hiện tượng dập tắt huỳnh quang của màng P3HT:PCBM = 1:1 (theo khối lượng) cũng xảy ra nhưng với cường độ mạnh hơn nhiều (hình 3.11). Cường độ phát quang của màng P3HT:PCBM suy giảm mạnh (khoảng 92%) so với cường độ phát quang của màng P3HT thuần.



Hình 3.11. Phổ quang - huỳnh quang của màng P3HT:PCBM = 1:1, bước sóng kích thích 530nm.

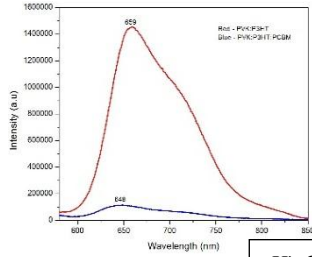
### 3.3.3 Hiệu ứng dập tắt huỳnh quang của màng PVK:P3HT:PCBM:

Từ hình 3.12 nhận thấy khi kích thích ở bước sóng ngắn, hiện tượng dập tắt huỳnh quang của màng vật liệu PVK:P3HT:PCBM xảy ra tương tự như đối với màng PVK:PCBM, cường độ dập tắt huỳnh quang đạt khoảng 33%. Điều này cho thấy khi kích thích ở bước sóng ngắn 325nm, chỉ có các phân tử của PVK trong vật liệu tổ hợp bị kích thích. Khi kích thích vật liệu tổ hợp ở bước sóng dài 530nm, các phân tử P3HT sẽ bị kích thích và hiện tượng dập tắt huỳnh quang xảy ra mạnh mẽ với cường độ dập tắt huỳnh quang đạt khoảng 92% tương tự như đối với màng P3HT:PCBM. Đỉnh huỳnh quang của màng PVK:P3HT:PCBM có sự dịch chuyển về phía bước sóng ngắn (hình 3.13).



Hình 3.12

Hình 3.12. Phổ quang - huỳnh quang của màng PVK:P3HT:PCBM, bước sóng kích thích 325nm.



Hình 3.13

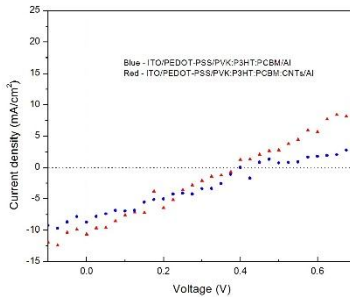
Hình 3.13. Phổ quang - huỳnh quang của màng PVK:P3HT:PCBM = 0,5:1:1,5 (theo khối lượng), bước sóng kích thích 530nm.

### 3.4 Ứng dụng vật liệu tổ hợp chuyển tiếp dị chất PVK:P3HT:PCBM:CNTs trong chế tạo pin mặt trời hữu cơ (OSC).

Cấu trúc của pin như sau:

ITO/PEDOT-PSS/PVK:P3HT:PCBM/AI

ITO/PEDOT-PSS/PVK:P3HT:PCBM:CNTs/AI



Hình 3.14. Đường đặc trưng J-V của pin mặt trời OSC.

Từ đường đặc trưng  $J - V$  của linh kiện, xác định được các thông số kỹ thuật của pin như sau:

Pin ITO/PEDOT-PSS/PVK:P3HT:PCBM/Al:

Thế hở mạch  $V_{oc} = 0,4V$

Dòng ngắn mạch  $J_{sc} = 7,5 \text{ mA/cm}^2$

Hệ số điền đầy  $FF (\%) = 38$

Hiệu suất chuyển đổi năng lượng  $PCE = 1,14\%$

Pin ITO/PEDOT-PSS/PVK:P3HT:PCBM:CNTs/Al:

Thế hở mạch  $V_{oc} = 0.39V$

Dòng ngắn mạch  $J_{sc} = 8,9 \text{ mA/cm}^2$

Hệ số điền đầy  $FF (\%) = 42$

Hiệu suất chuyển đổi năng lượng  $PCE = 1,46\%$

## KẾT LUẬN

1. Đã chế tạo vật liệu tổ hợp chuyển tiếp dị chất khối cấu trúc nano trên cơ sở các polymer dẫn (PVK, P3HT), PCBM và CNTs. Vật liệu tổ hợp có thành phần PVK:P3HT:PCBM = 50:100:150 (theo khối lượng) có độ ổn định tốt, tính hoạt quang cao và giá thành hợp lí.

2. Cấu trúc hình thái học bề mặt và tính chất quang của vật liệu tổ hợp đã được khảo sát, phân tích và so sánh. Vật liệu tổ hợp với thành phần PVK:P3HT:PCBM có khả năng hấp thụ mạnh ánh sáng vùng tử ngoại và khả kiến (bước sóng từ 400 ÷ 650 nm, nằm trong vùng bước sóng năng lượng cực đại của phổ năng lượng mặt trời). Khi kích thích ở bước sóng ngắn 325 nm

và bước sóng dài 530 nm, cường độ phát quang của màng vật liệu tổ hợp PVK:P3HT:PCBM bị suy giảm mạnh khi có sự tham gia của PCBM vào trong thành phần của vật liệu.

3. Hiện tượng dập tắt huỳnh quang xảy ra mạnh (tới 92%) khi hấp thụ ánh sáng vùng khả kiến của vật liệu tổ hợp PVK:P3HT:PCBM cho thấy loại vật liệu tổ hợp chuyển tiếp dị chất khối cấu trúc nano này rất phù hợp cho ứng dụng làm chất hoạt quang trong chế tạo pin mặt trời hữu cơ.

4. Với hàm lượng 0,01% của CNTs, phổ hấp thụ UV-Vis của vật liệu tổ hợp PVK:P3HT:PCBM:CNTs đã có sự mở rộng các đỉnh hấp thụ về vùng hồng ngoại. Do đó pin mặt trời ITO/PEDOT-PSS/PVK:P3HT:PCBM:CNTs/Al có hiệu suất chuyển đổi quang điện 1,46% cao hơn so với pin ITO/PEDOT-PSS/PVK:P3HT:PCBM/Al (1,14%).

5. Hướng tiếp theo của đề tài là tiếp tục nghiên cứu hoàn thiện công nghệ chế tạo pin ở điều kiện thường trong phòng thí nghiệm nhằm cải thiện hiệu suất của linh kiện đạt tới giá trị khoảng 3%.