

ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN TP. HỒ CHÍ MINH  
KHOA KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ VẬT LIỆU  
BỘ MÔN NANO – MÀNG MỎNG

# PIN MẶT TRỜI CHẮM LƯỢNG TỬ

Seminar môn Vật liệu và linh kiện lưu trữ năng lượng

**Nhóm 3**

**Nguyễn Thị Trúc Mai - 1419169**

**Hoàng Minh Nguyệt - 149199**

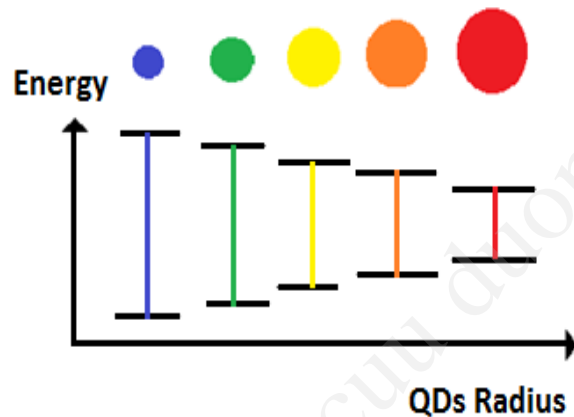
**Phạm Minh Thuận - 1419299**

# NỘI DUNG

1. Chấm lượng tử
2. Pin mặt trời chấm lượng tử
  - ❑ Tổng quan
  - ❑ Vật liệu và cấu trúc
  - ❑ Phân loại
  - ❑ Đặc điểm

# Quantum Dots

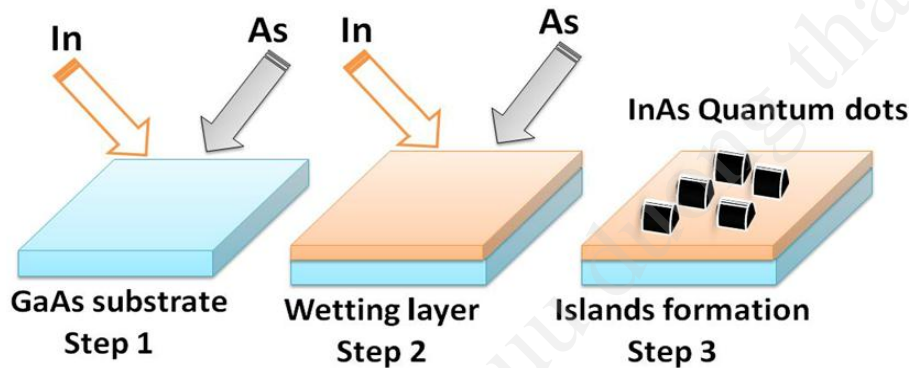
- Các hạt bán dẫn có cấu trúc là các hạt có kích thước nano (đường kính mỗi hạt **từ 2 – 10nm**).
- Với mỗi kích thước hạt khác nhau, khi được chiếu sáng sẽ có một **màu sắc phát quang** khác nhau.



- Nhiều hình dạng khác nhau: hình lập phương, hình cầu, hình chóp, v.v

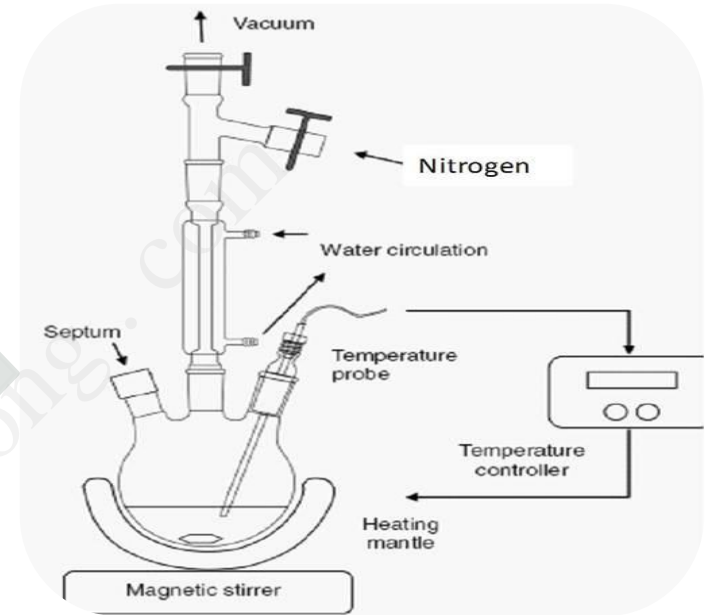
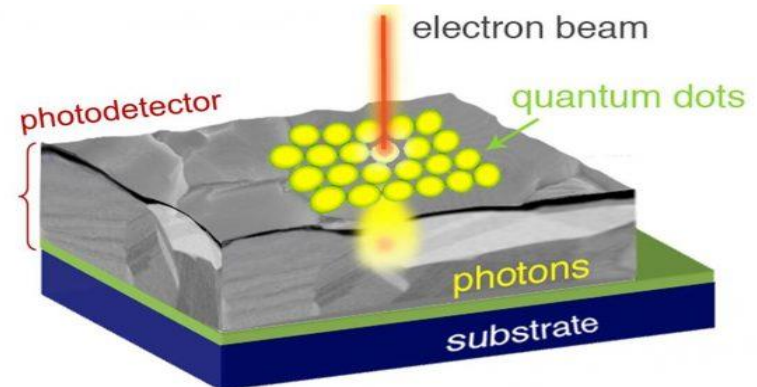
# Tổng hợp chấm lượng tử

- Keo hóa  
(epitaxy)



- Quang khắc  
(e-beam lithography)

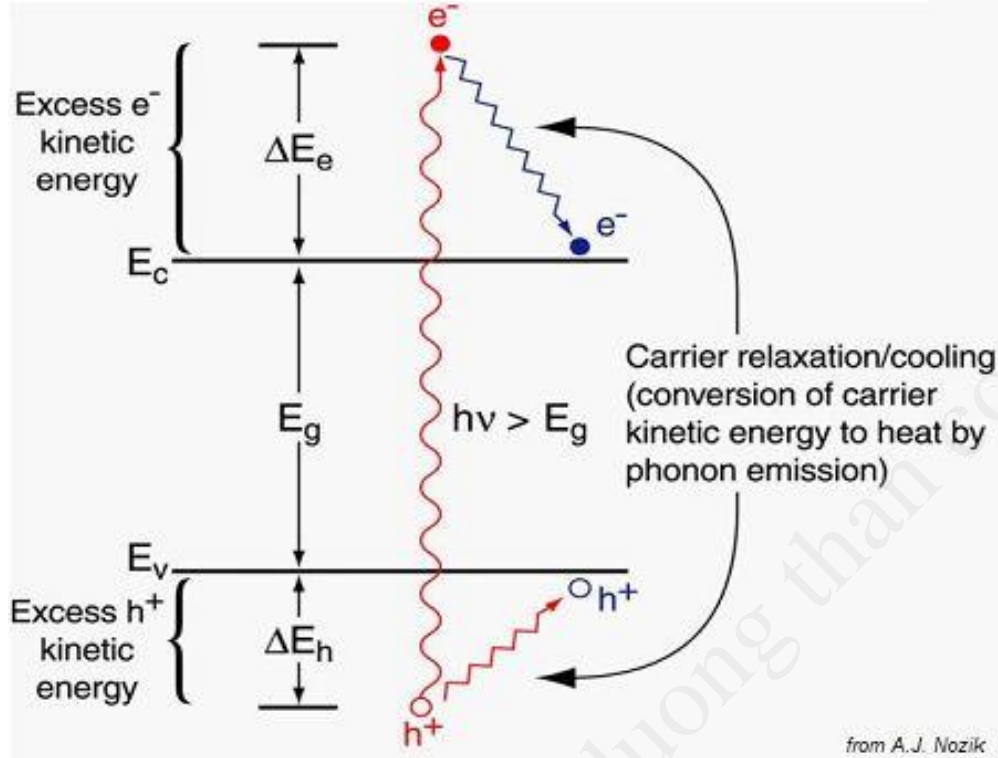
- Tổng hợp keo hóa  
(Wet chemistry)



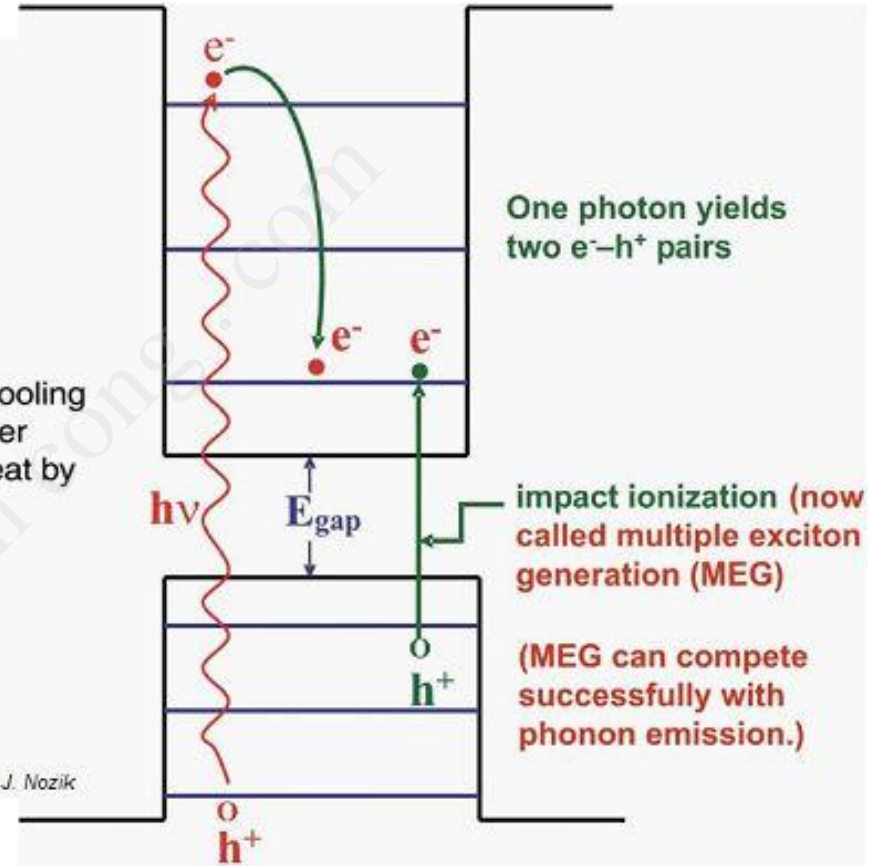
# *Pin mặt trời chấm lượng tử*

- Vật liệu hấp thụ quang điện là các chất lượng tử thay thế cho các khối vật liệu.
- Chọn chấm lượng tử làm vật liệu quang điện cho pin mặt trời vì:
  - Tăng hiệu suất hấp thụ ánh sáng mặt trời (bỏ qua giới hạn về pin mặt trời của Shockley – Queisser (33.7%)).
  - MEG (sự hình thành nhiều cặp liên kết điện tử - lỗ trống)

# MEG- Multiple Exciton Generation



(a) Bulk Semiconductor



(b) Quantum Dot

Basic Solar Cell:

1 photon = 1 exciton

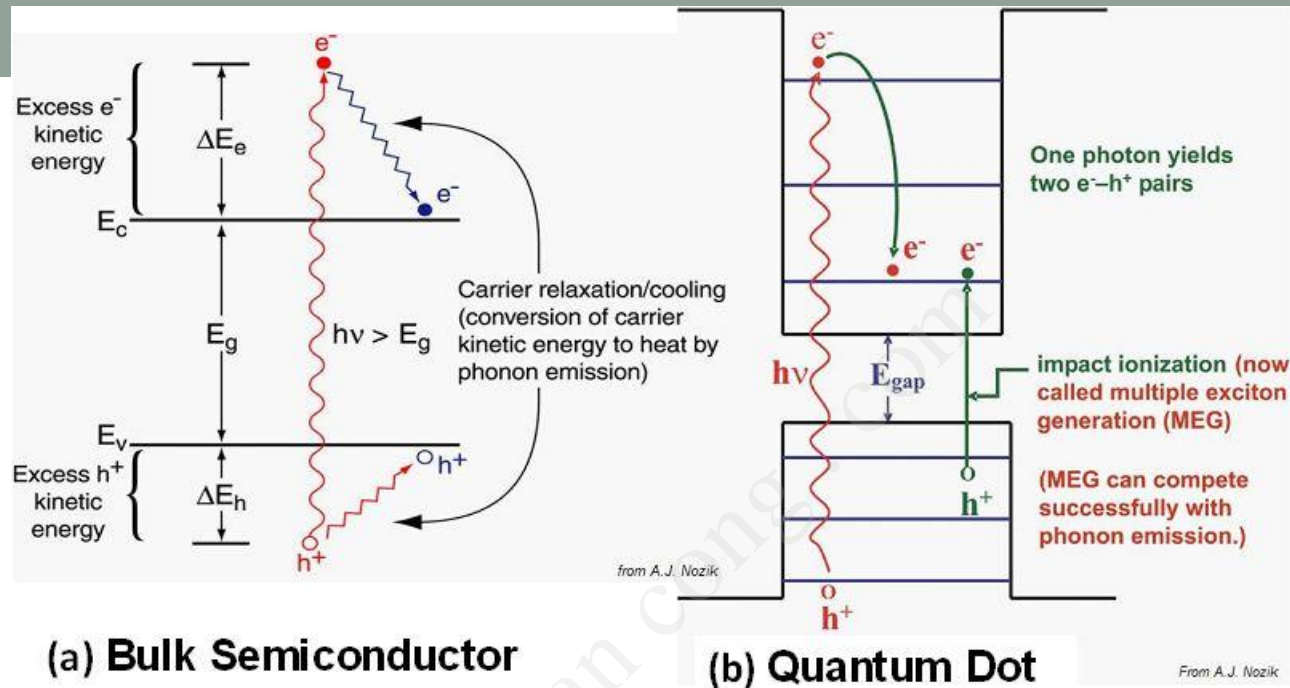
(1  $e^-$  / 1  $h^+$  + **excess energy**)

MEG Solar Cell:

1 photon = 2+excitons

(2+  $e^-$  / 1  $h^+$  – **no heat!**)





(a) Bulk Semiconductor

(b) Quantum Dot

From A. J. Nozik

- Do QDs có độ rộng vùng cấm nhỏ hơn chất bán dẫn thông thường nên có thể hấp thụ hoàn toàn năng lượng của 1 photon và tạo ra được 2 exciton.
- 1 electron sinh ra nhờ năng lượng photon như bình thường, sẽ bức ra từ vùng hóa trị lên mức năng lượng cao nhất của vùng dẫn
- 1 electron còn lại do ảnh hưởng của quá trình ion hóa nên nhảy lên một mức năng lượng thấp hơn trong vùng dẫn

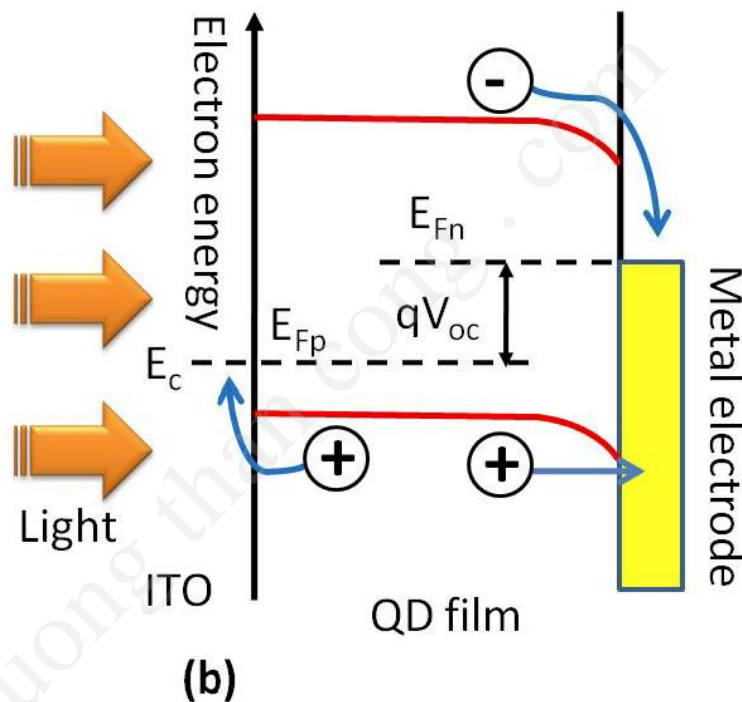
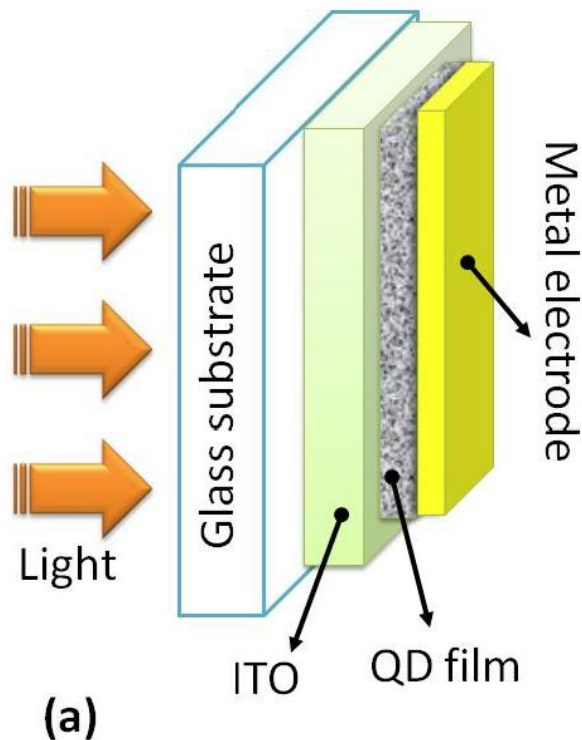
=> **Hiệu ứng MEG**

# Phân loại pin mặt trời QDs

1. Pin mặt trời tiếp xúc kim loại – bán dẫn
2. Pin mặt trời hydrib silicones/NCs
3. Pin mặt ròi cấu trúc p-i-n
4. Pin mặt trời cấu trúc bán dẫn - polyme
5. Pin mặt trời Quantum dot tiếp giáp dị thể
6. Pin mặt trời Quantum dot nhạy quang
7. Pin mặt trời Quantum dot- chất màu nhạy quang



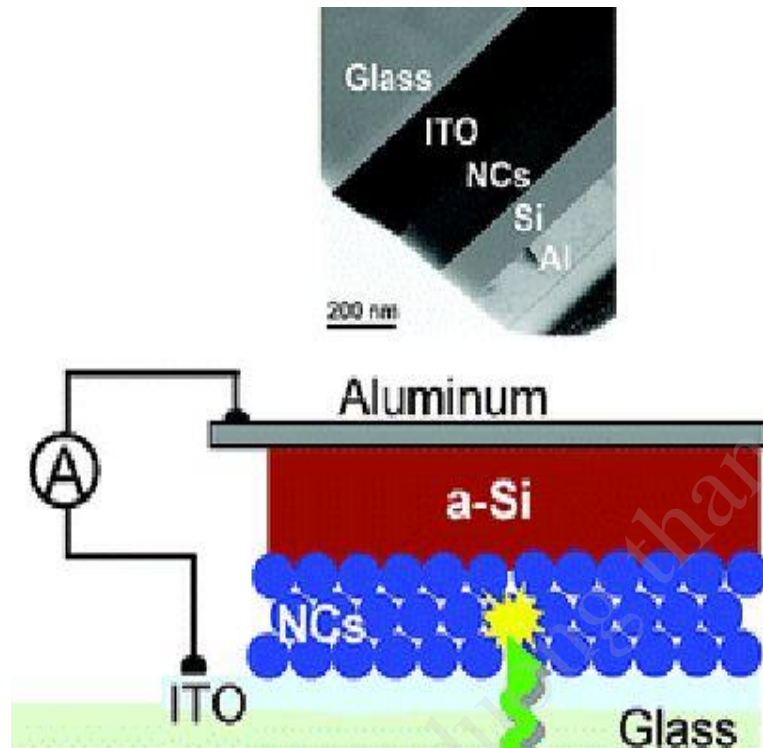
# 1. Pin mặt trời tiếp xúc kim loại – bán dẫn



Vật liệu ví dụ:  
**ZnO / PbS**  
quantum  
dots

- Cấu trúc pin gồm 1 lớp đế, lớp màng dẫn điện ITO, lớp màng bán dẫn QDs ở giữa ITO và lớp điện cực kim loại
- => Tạo ra tiếp giáp ohmic ở giữa lớp ITO và QDs

## 2. Pin mặt trời hybrid silicons/NCs

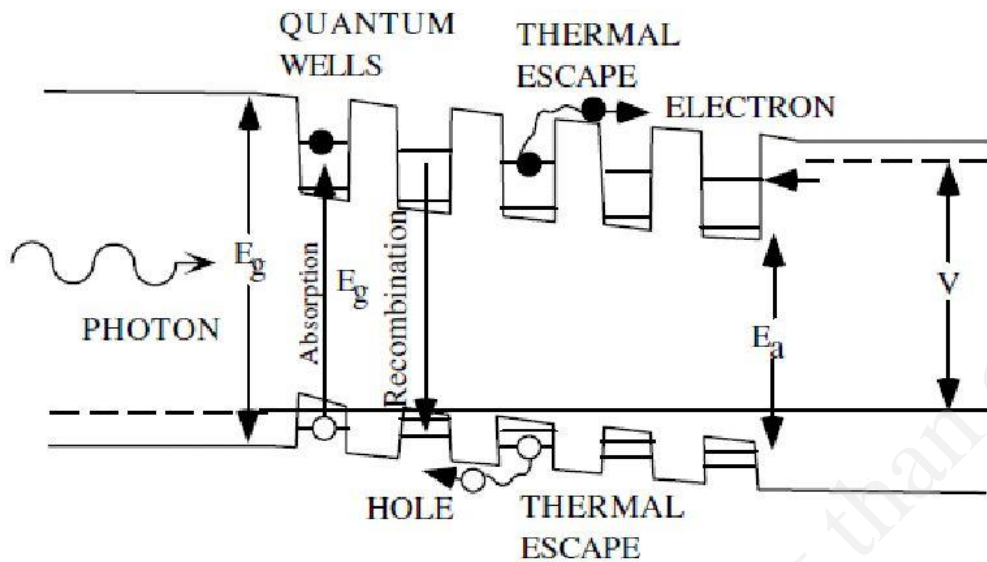


Vật liệu ví dụ:  
**silicon/PbS**  
quantum-dot

Cấu trúc giống với pin mặt trời tiếp xúc kim loại – bán dẫn nhưng có thêm 1 lớp silic thuần xem giữa lớp QDs và lớp điện cực

=> kết hợp hai vật liệu nhằm tạo ra vùng phổ hấp thu ánh sáng rộng hơn khi chỉ có một vật liệu

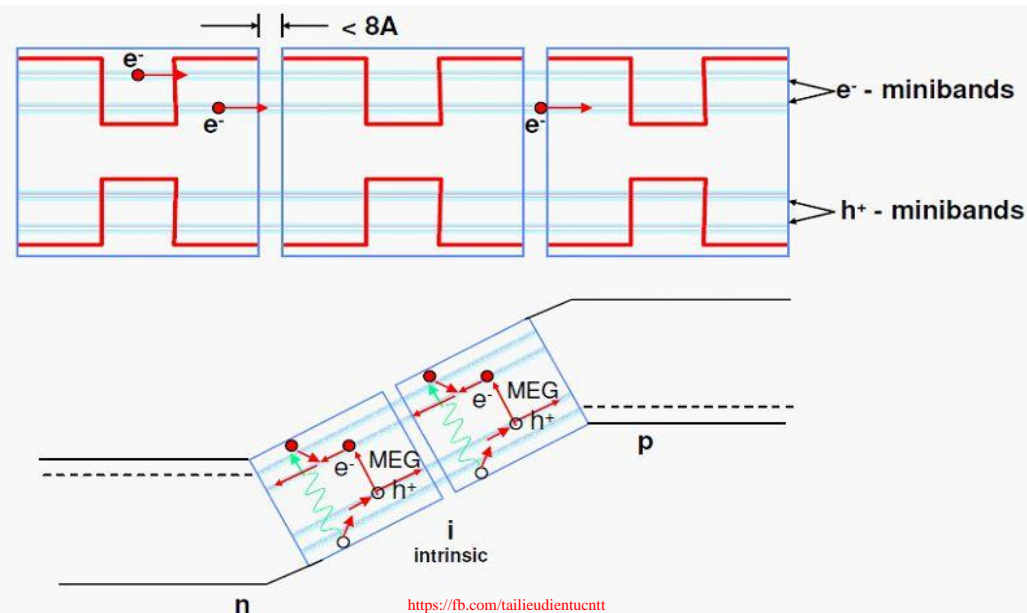
### 3. Pin mặt trời cấu trúc p-i-n



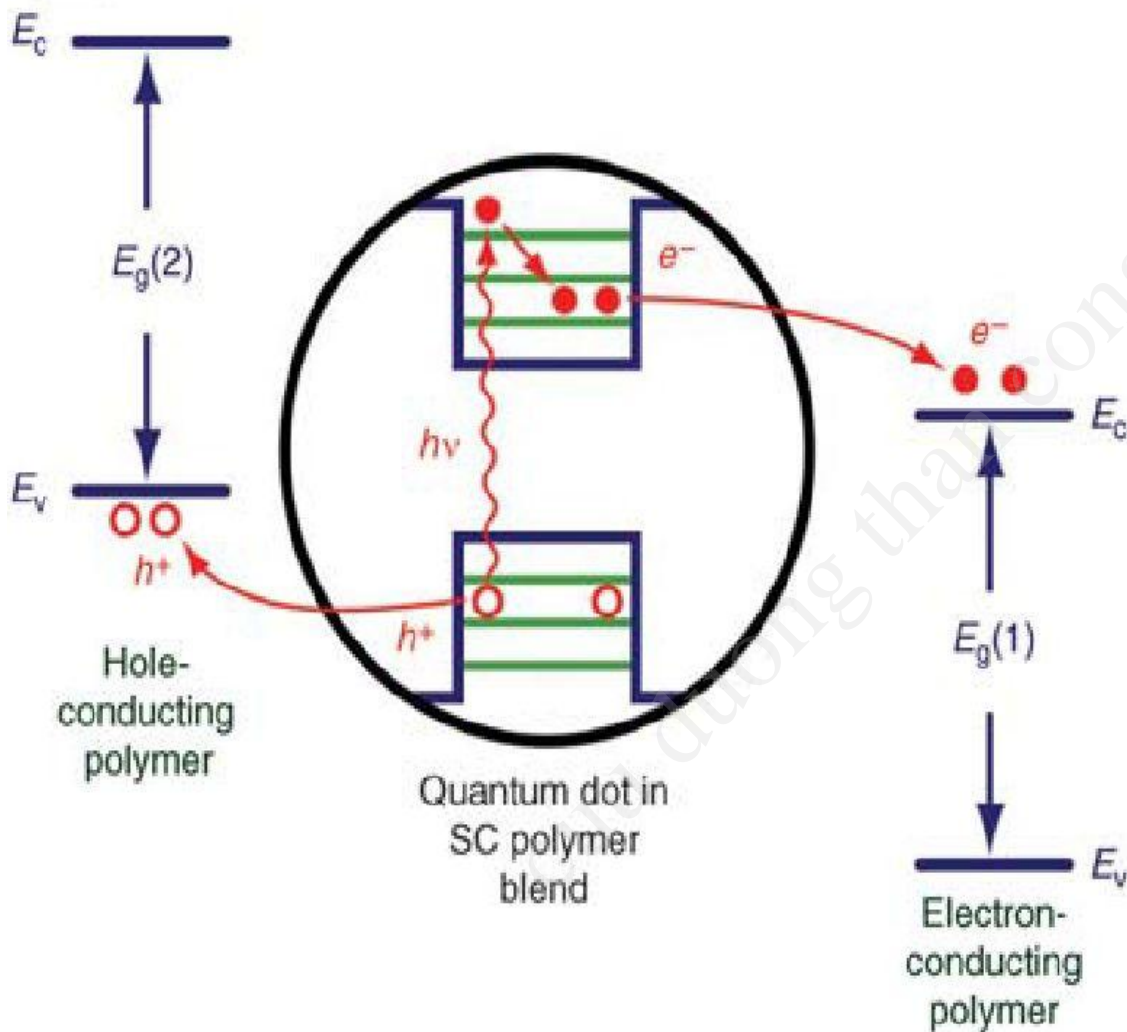
Vật liệu ví dụ:  
InAs/GaAs quantum  
dots

- Hoạt động như pin mặt trời p-n truyền thống nhưng nhờ lớp QDs mà **điện tử được tăng cường**

- Lớp cách điện được thay bằng lớp bán dẫn QDs



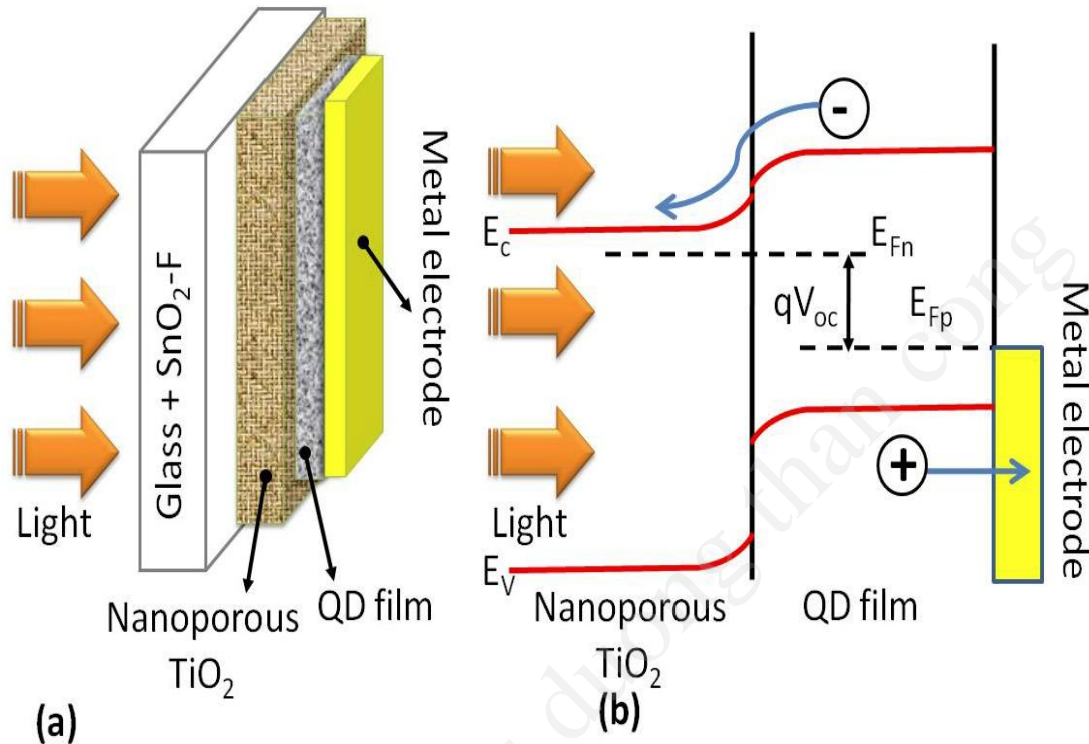
# 4. Pin mặt trời cấu trúc bán dẫn - polyme



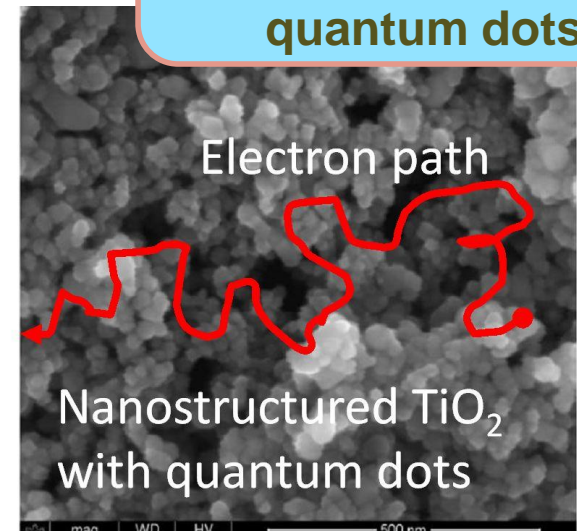
Vật liệu ví dụ:  
**MEH-PPV/CdSe**  
quantum dots

- Vật liệu hấp thụ quang điện kết hợp bán dẫn QDs với polyme
- Mục đích tạo ra nhiều mức năng lượng để giữ điện tử trong cấu trúc lâu hơn và tăng thời gian sống của electron

## 5. Pin mặt trời Quantum dot tiếp giáp dị thể



Vật liệu ví dụ:  
Nanoporous  
 $\text{TiO}_2/\text{PbS}$  colloidal  
quantum dots

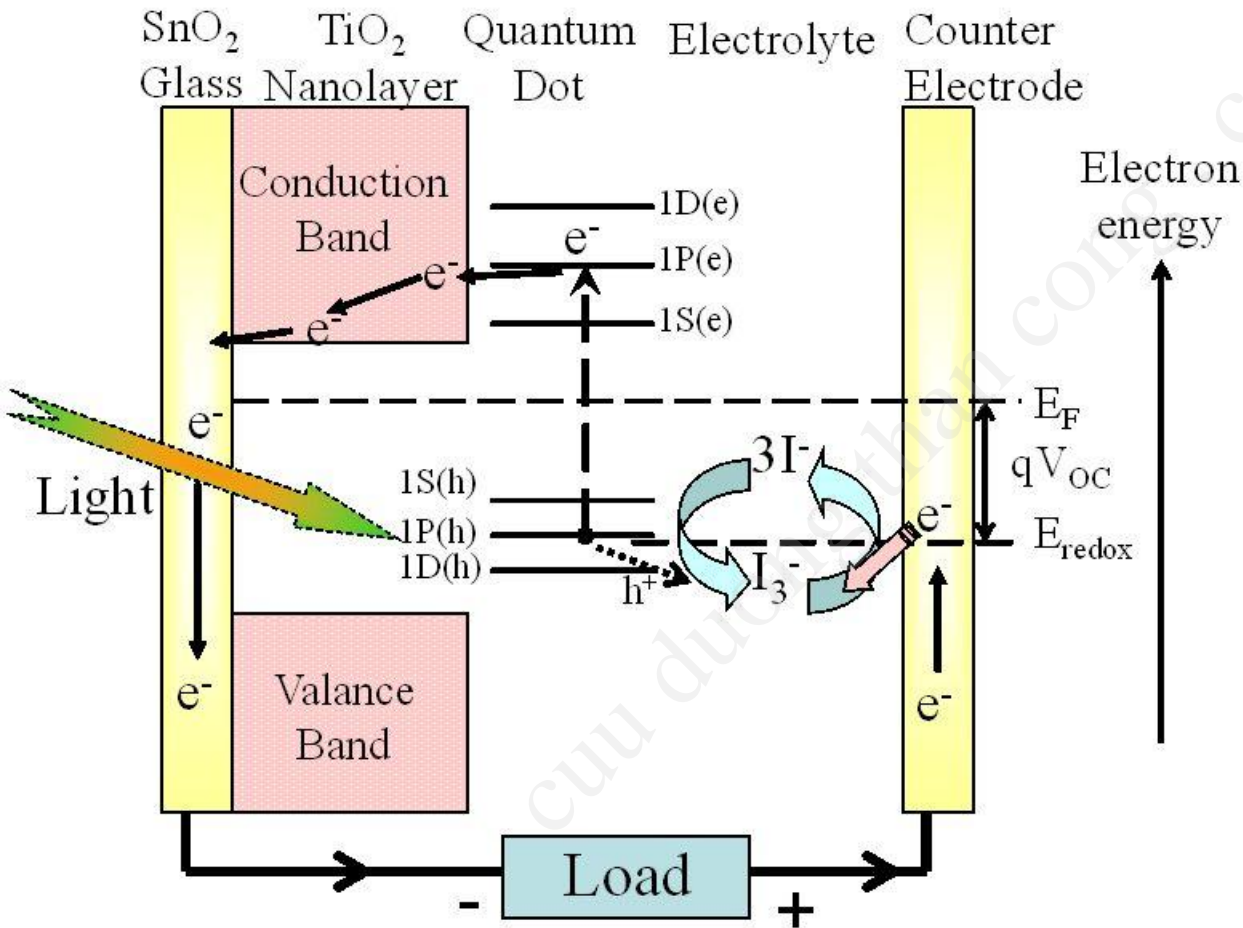


- Lớp tiếp xúc dị thể giữa QDs là lớp bán dẫn khác loại tạo nên rào thế do chênh lệch các mức năng lượng
- Nhờ đó điện tử có thể chuyển từ vùng dẫn cao hơn xuống thấp hơn, lỗ trống từ sẽ nhảy lên vùng có hóa trị cao hơn và giảm khả năng tái hợp của lỗ trống – điện tử.



## 6. Pin mặt trời Quantum dot nhạy quang

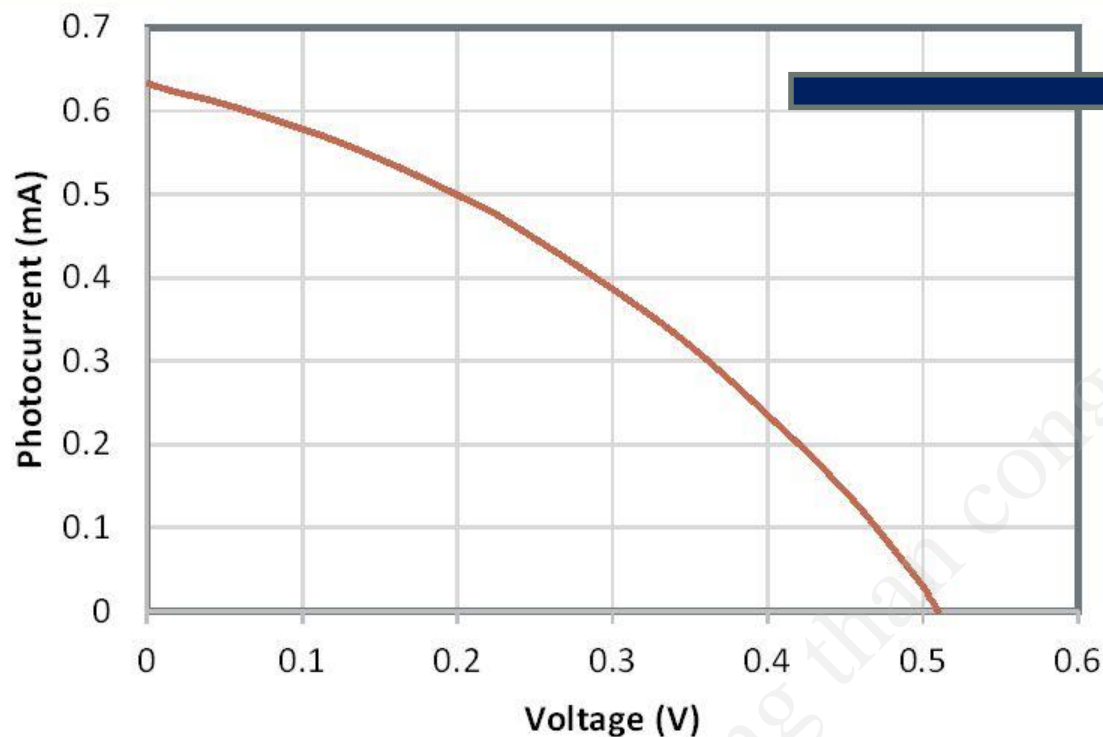
Vật liệu ví dụ:  
**OTE /  
 $\text{TiO}_2$  (Nanoparticles)/C  
dSe**



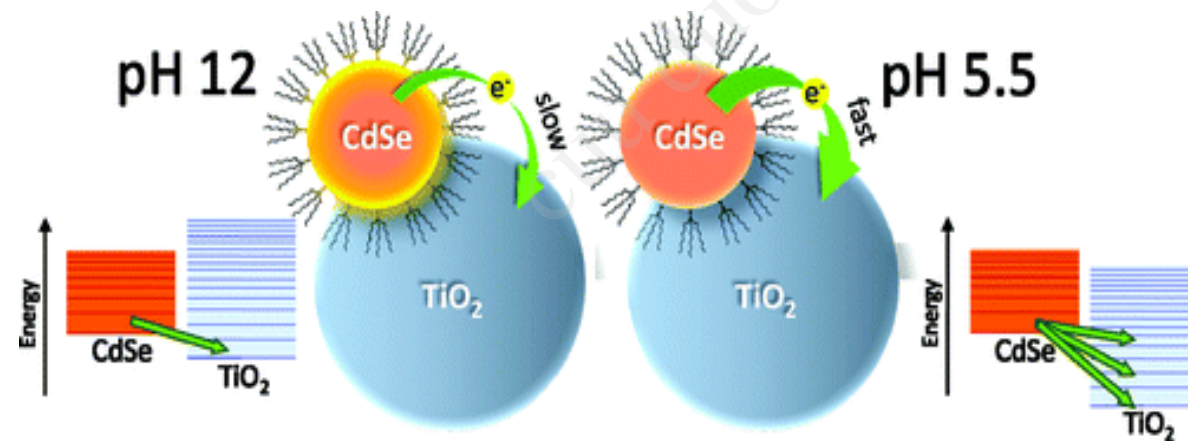
Hoạt động như pin mặt trời nhạy quang bình thường nhưng thay thế vật liệu nhạy quang bằng QDs nhằm tạo ra các mức năng lượng khác nhau

→ tăng thời gian sống của điện tử.



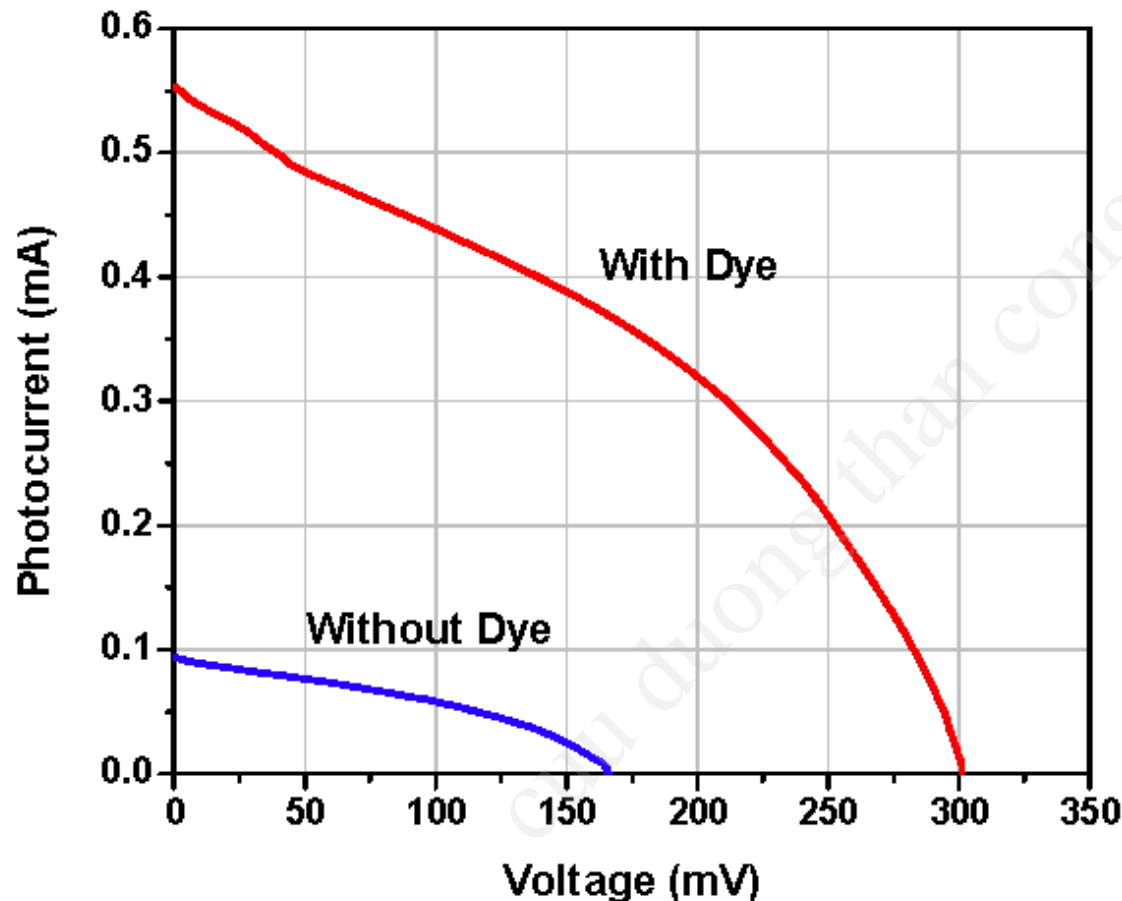


Đồ thị I-V của pin mặt trời nhạy quang PbS QDs cho thấy sử dụng vật liệu quang điện là QDs **dòng** sinh ra **không bền** khi thể tăng theo thời gian.



CdSe QDs kết hợp với  $\text{TiO}_2$

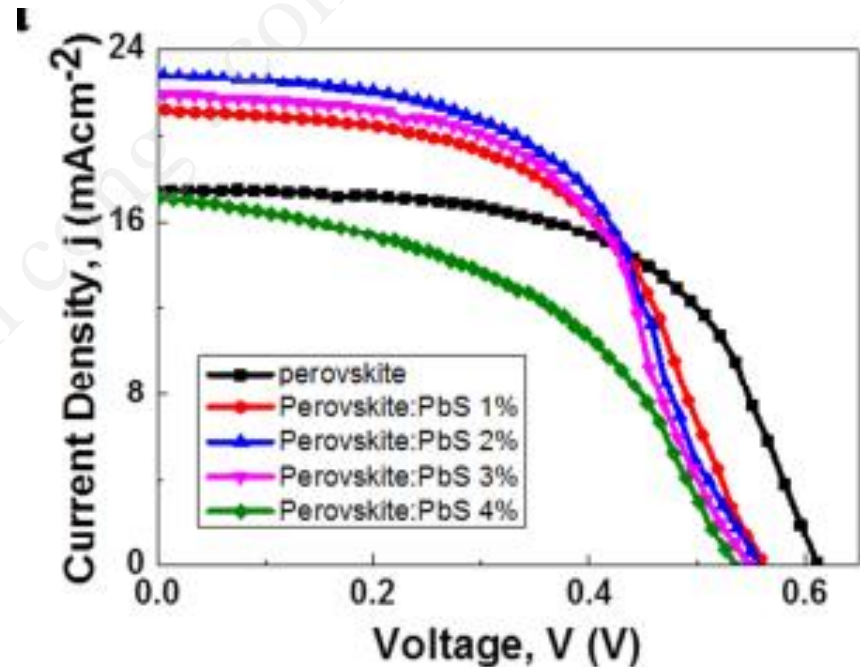
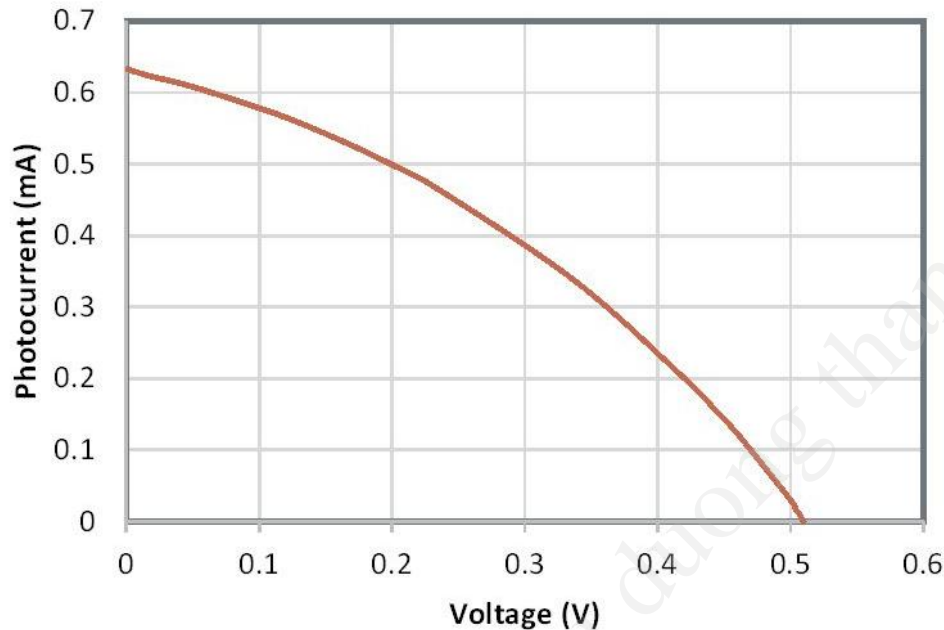
## 7. Pin mặt trời Quantum dot-chất màu nhạy quang



Vật liệu ví dụ:  
nanocrystalline  $\text{TiO}_2$ /CdS QD  
+amorphous  $\text{TiO}_2$ /N719 dye

- Pin mặt trời kết hợp cả vật liệu QDs với chất màu nhạy quang để giải quyết khả năng sinh dòng.
- Tạo ra nhiều mức năng lượng để duy trì thời gian sống của điện tử trong pin nhưng kết quả thu được vẫn không khả quan.

# Cải thiện hiệu suất pin mặt trời QDs



Pin mặt trời QD: cho  $I$  lớn nhưng giảm nhanh khi tăng  $V$

- ➔ kết hợp vật liệu **perovskite** ưu điểm ổn định dòng khi tăng  $V$
- ➔ tăng hiệu suất cho pin

# Đặc Điểm

## ✓ Tăng hiệu suất

- Bỏ qua giả định giới hạn Shockley – Queisser (33.7%)
- MEG
- Exciton – Trạng thái liên kết của 1 cặp điện tử - lỗ trống

## ✓ Linh hoạt

## ✓ Giảm giá thành

## ✗ Độc hại do sử dụng kim loại nặng: Cadmium, Lead,...

# Định hướng và thách thức tương lai

- ✓ Cải thiện hiệu suất MEG
- ✓ Cải tiến màng QD và cấu tạo thiết bị
- ✓ Khám phá MEG trong cấu trúc khác  
(2D: QD rods/wires, 1D: QD platelets)

# Tài liệu tham khảo

- [1] **Nanotechnology For Dummies** (2nd Edition) – Earl Boysen, Richard Booker, 2005
- [2] **Quantum dot solar cells** - A.J. Nozik, 2002
- [3] **Solar cells new approaches and reviews** - Khalil Ebrahim Jasim, 2015
- [4] **Solar cell efficiency tables (version 50)** - Martin A. Green, 2017



**THANK YOU!**