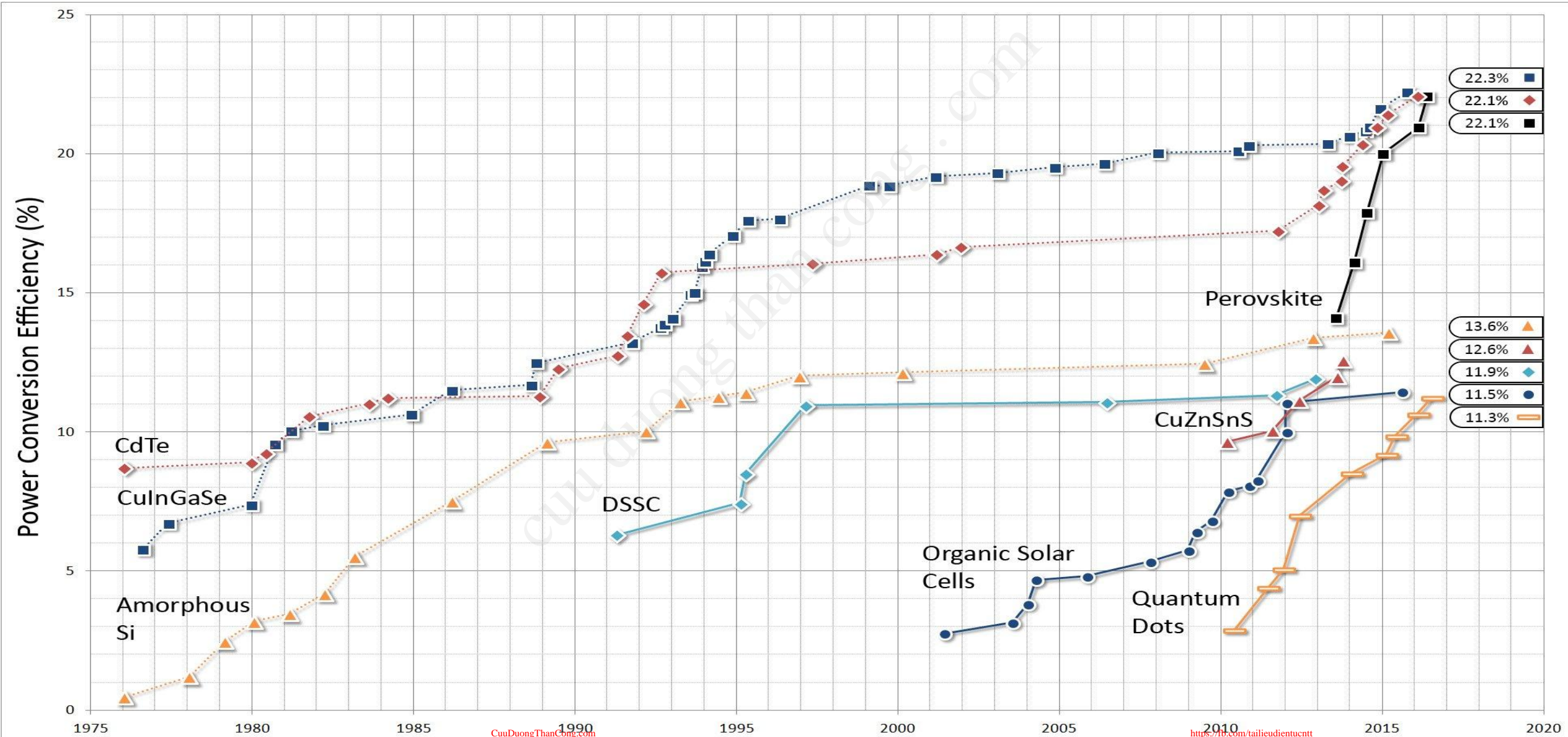


PIN MẶT TRỜI PEROVSKITE

THÀNH VIÊN:

- | | | |
|----|----------------|---------|
| 1. | Trần Minh Hải | 1419085 |
| 2. | Trần Ngọc Hiếu | 1419097 |
| 3. | Trần Huỳnh Anh | 1419002 |

HIỆU SUẤT CÁC LOẠI PIN



BẢNG SO SÁNH THÔNG SỐ CÁC LOẠI PIN

Table 1. Comparison between CH₃NH₃PbI₃-based perovskites and other photovoltaic technologies. Perovskites have many of the advantages of polycrystalline semiconductors such as CIGS and CdTe, but they are processed from solution-like organic materials or quantum dots. Material characteristics refer to values measured for materials similar to those used in the highest performing solar cells

Photovoltaic technology	Power conversion efficiency* (%) ^[1]	Absorption coefficient (cm ⁻¹)†	Diffusion length (μm)‡	Carrier mobility (cm ² Vs)‡	Carrier lifetime	Band gap (eV)	Loss-in-potential (eV)§	External radiative efficiency (%)	Stability	Main element		Energy-pay-back time (years)
										Critical	Toxic	
c-Si ^{b-f}	25.6 ± 0.5	10 ²	100–300	10–10 ³	4 ms	1.1	0.4	1.3	>25 years	–	–	1.7–4
GaAs (thin film) ^{g-j}	28.8 ± 0.9	10 ⁴	1–5	>10 ³	50 ns¶	1.4	0.3	25	>20 years	Ga	As	2.3–5
CIGS ^{k-r}	21.7 ± 0.6	10 ³ –10 ⁴	0.3–0.9	10–10 ²	250 ns	1.1	0.3	10 ⁻¹	>8 years	In, Ga	–	0.3
CdTe ^{s-v}	21.0 ± 0.4	10 ³	0.4–1.6	10	20 ns	1.5	0.6	10 ⁻³	>4.5 years	Te	Cd	0.5–1.1
Dye-sensitized ^{w-y}	13.0 ± 0.5 ^y	10 ³ –10 ⁴	0.005–0.02	10 ⁻² –10	1 ns**	1.6	0.7	10 ⁻⁶	<20 months	Co	–	0.5–1.5
Organic ^{z-hh}	11.1 ± 0.3	10 ³ –10 ⁵	0.005–0.01	10 ⁻⁵ –10 ⁻⁴ ††	10-100 μs††	1.6	0.7	10 ⁻⁷	<25 days	–	–	0.2–4
Quantum dot (PbS) ⁱⁱ⁻ⁿⁿ	9.2 ± 0.2 ⁱⁱ	10 ² –10 ³	0.08–0.2	10 ⁻⁴ –10 ⁻²	30 μs	1.3	0.8	10 ⁻⁴	<6 days	–	Pb	1.51
Perovskite ^{oo-rr}	20.1 ± 0.4	10 ³ –10 ⁴	0.1–1.9	2–66	270 ns	1.6	0.5	10 ⁻²	4–42 days	–	Pb	0.9

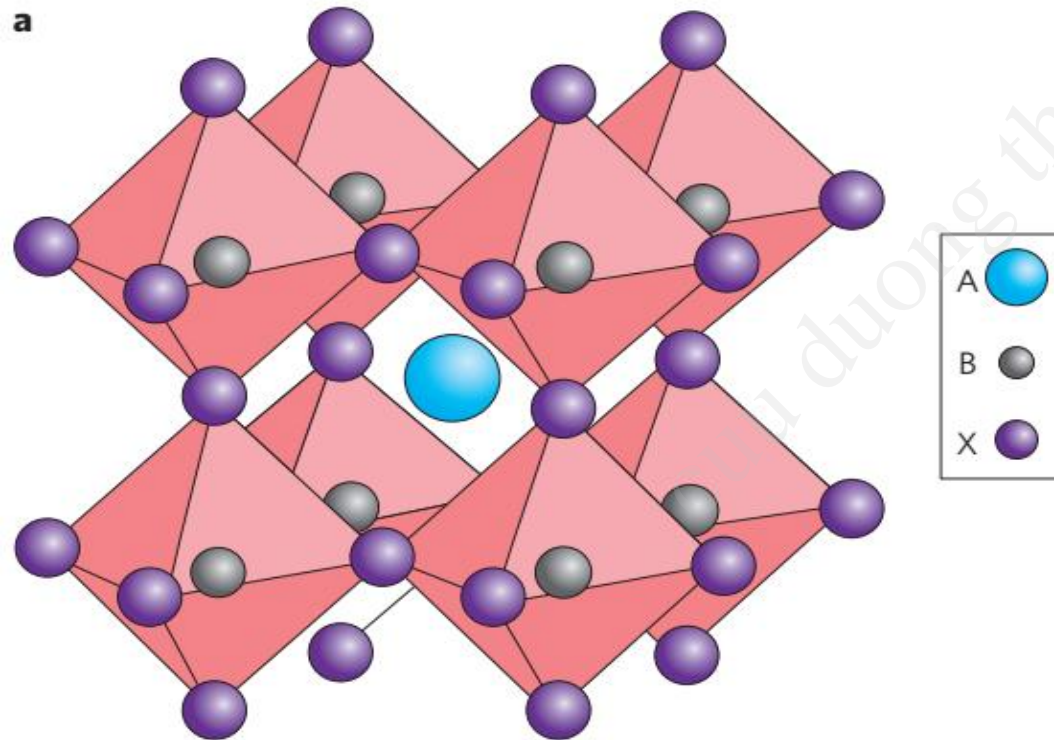
* Under AM 1.5, 100 mW/cm²; † At 300 K in the vicinity of the band edge; ‡ Of the minority carrier (c-Si, GaAs, CIGS, CdTe, perovskite) or the exciton (dye-sensitized, organic, quantum dot); § E_G–qV_{oc} (band gap—open circuit voltage); || Period at which the efficiency becomes 80% of the initial value; ¶ Corrected for photon-recycling effects; ** Of a dye in solution, not on TiO₂; †† Of the donor–acceptor blends, not the pristine material.

1. GIỚI THIỆU

Perovskite là họ vật liệu có dạng ABX_3 và có cấu trúc octahedral mineral.

Trong đó:

- A, B là các cation (trong đó có kích thước lớn hơn B). Trong ứng dụng làm pin mặt trời, A thường là các ion organic và B là các ion kim loại (chủ yếu là Pb và Sn).
- X là anion. Trong ứng dụng làm pin mặt trời, X là các ion trong nhóm halogen (Cl, Br, I).



Cấu trúc tinh thể của Perovskite



$CaTiO_3$: Perovskite lần đầu được phát hiện bởi Lev Perovski (1839)

1. GIỚI THIỆU

Việc chọn A,B,X còn phụ thuộc vào hệ số t (tolerance factor) và hệ số μ (octahedral factor) được định nghĩa bằng biểu thức:

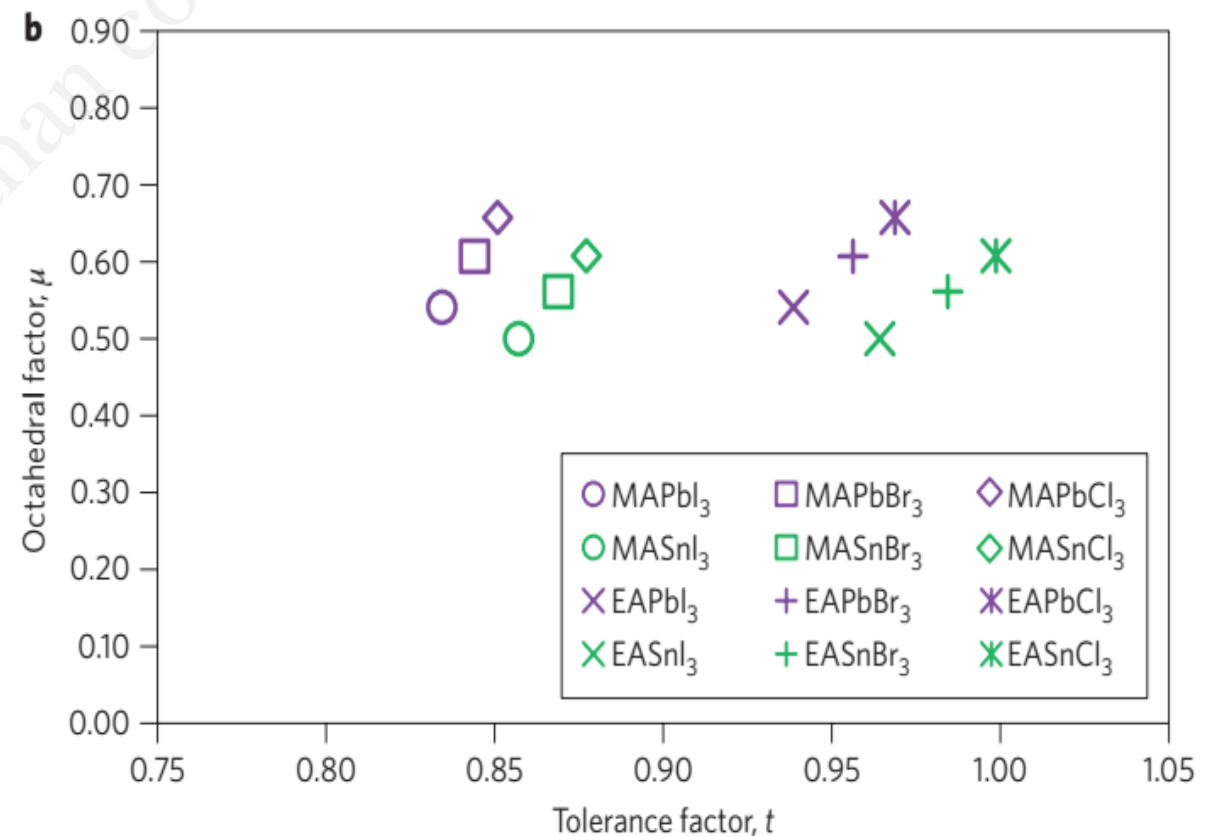
$$t = \frac{R_A + R_X}{\sqrt{2(R_B + R_X)}} u = \frac{R_B}{R_X}$$

Hệ số t đánh giá **khả năng kết hợp** của **cation A** với các octahedral xung quanh. Cấu trúc perovskite có $0.8 \leq t \leq 1$.

Hệ số μ đánh giá **khả năng kết hợp** của **cation B** với nhóm các nguyên tử X_6 ở xung quanh. Khi $\mu > 0.44$ thì phù hợp để tạo cấu trúc perovskite.

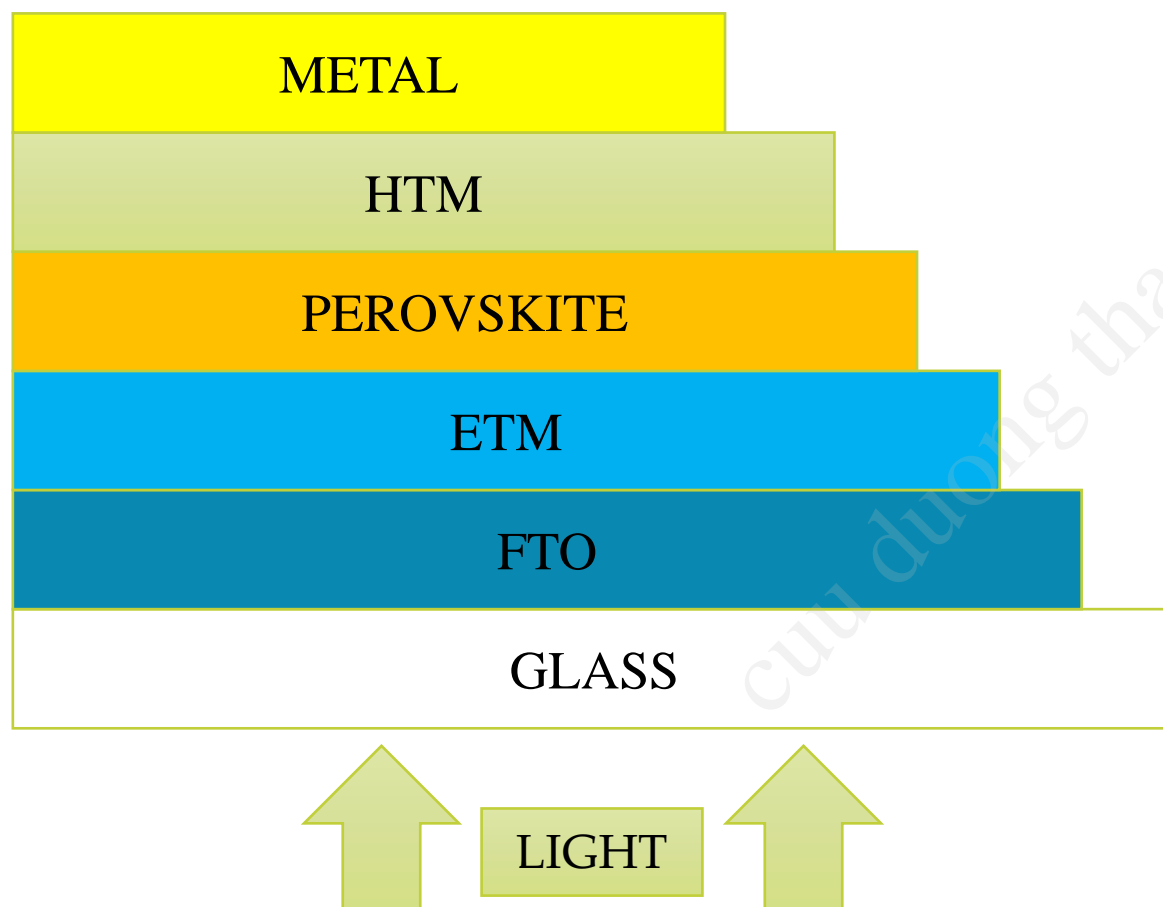
Tuy nhiên, sau rất nhiều nghiên cứu về pin perovskite đã chỉ ra việc sử dụng 2 nguyên tố halogen khác nhau cho ra hiệu suất cao hơn.

Perovskite phổ biến: $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_{3-x}\text{Cl}_x$ (Br)



2. CẤU TẠO PIN

Cấu tạo chung của pin perovskite:



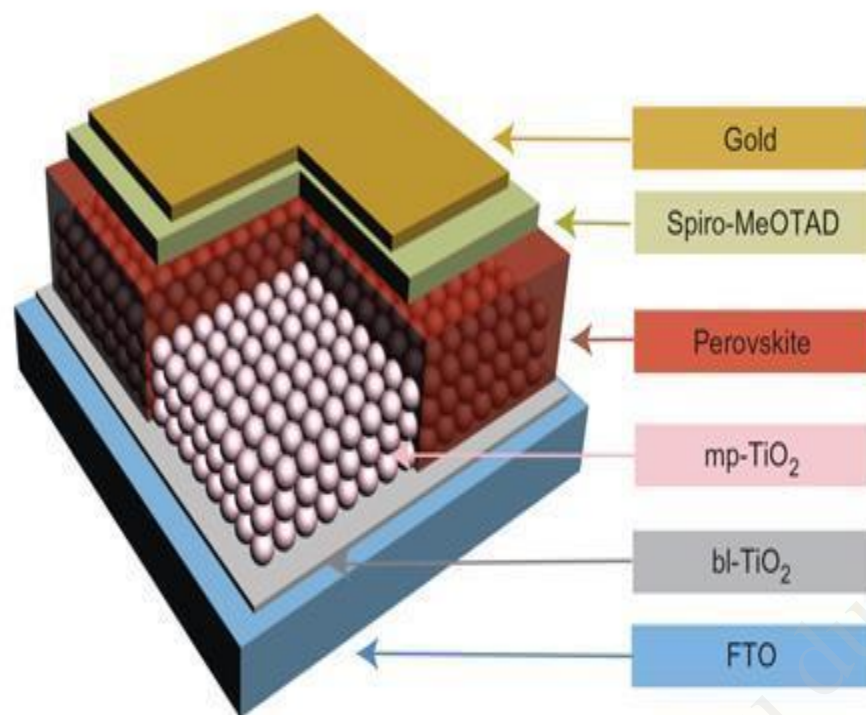
Glass – nhận ánh sáng mặt trời và cho ánh sáng truyền qua. Thường được phủ 1 lớp màng mỏng lên bề mặt để giảm sự phản xạ và tăng hiệu suất của pin.

FTO – lớp điện cực đóng vai trò dẫn dòng điện ra ngoài. Bên cạnh đó vẫn cho ánh sáng đi qua.

Perovskite – là lớp hấp thụ ánh sáng và giải phóng ra các electron và lỗ trống để tạo thành dòng điện. Để cho hiệu suất chuyển đổi cao, người ta thường dùng 2 loại halogen khác nhau (I/Br hoặc I/Cl).

Metal – là lớp điện cực để.

2. CẤU TẠO PIN



ETM – nhận electron từ lớp hấp thụ ánh sáng (perovskite) và vận chuyển theo lớp điện cực FTO ra ngoài tạo thành dòng điện. Hầu hết các loại pin perovskite cho hiệu suất cao đều sử dụng 2 lớp ETM là bl-TiO₂/mp-TiO₂ hoặc bl-TiO₂/mp-Al₂O₃.

Blocking Layer TiO₂ – có vai trò ngăn tiếp xúc giữa lớp perovskite và lớp FTO, làm giảm sự tái tổ hợp và góp phần tăng hiệu suất pin. Bên cạnh đó cũng là nơi tiếp nhận electron từ lớp perovskite và vận chuyển ra ngoài. Lớp này thường dùng **TiO₂ rutile n-type** ở dạng **nanorod** (rutile cho độ linh động electron cao, dạng bán dẫn n-type giảm nhiệt độ cần chế tạo từ 500 -> 150°C và nanorod tăng cường khả năng nhận electron do hiệu ứng biên).

Mesoporous TiO₂ (Al₂O₃) – có kích thước nguyên tử khá lớn và cấu trúc giàn giáo (scaffold). Lớp này góp phần bẫy ánh sáng hấp thụ vào và cũng sẽ nhận electron sinh ra và vận chuyển về lớp điện cực FTO. Việc sử dụng cả 2 lớp sẽ làm giảm đáng kể dòng tối trong pin (dark current).

2. CẤU TẠO PIN

HTM – có vai trò vận chuyển lỗ trống sinh ra trong lớp perovskite sau khi electron di chuyển từ vùng hóa trị lên vùng dẫn qua lớp điện cực kim loại ra ngoài. HTM thông dụng nhất là **Spiro-OMeTAD**. Để tăng cường khả năng vận chuyển lỗ trống, người ta sẽ pha tạp **FK 209 Co(III) PF₆ salt** (p-dopant) vào tạo p-type Spiro-OMeTAD.

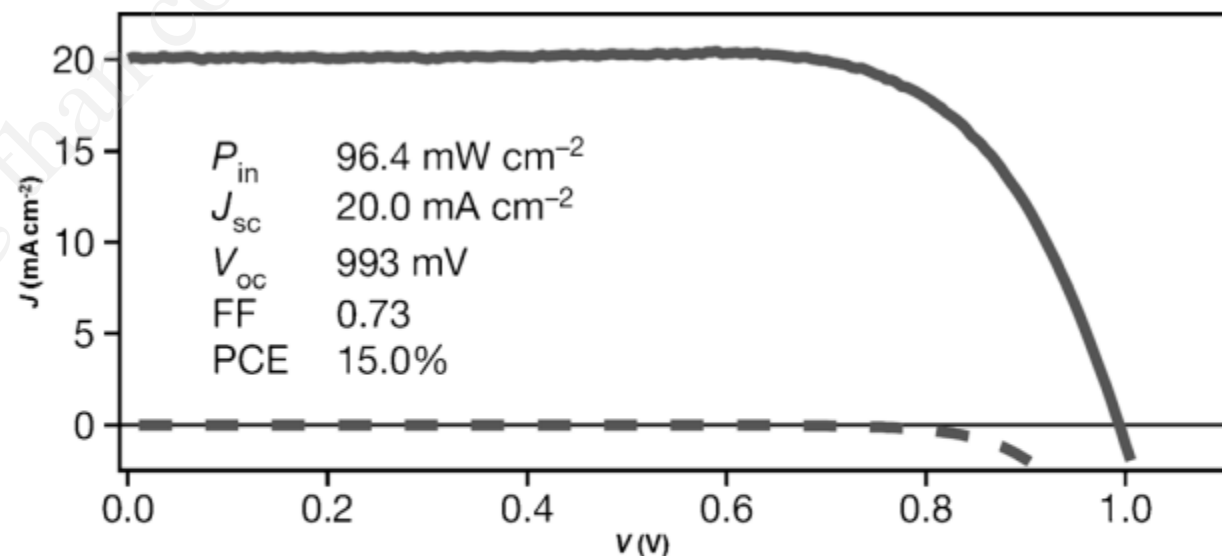
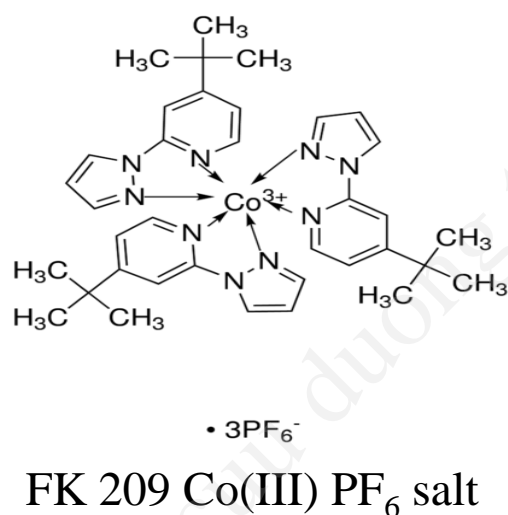
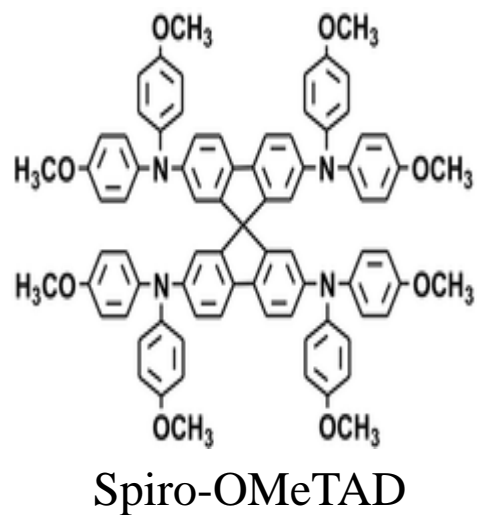
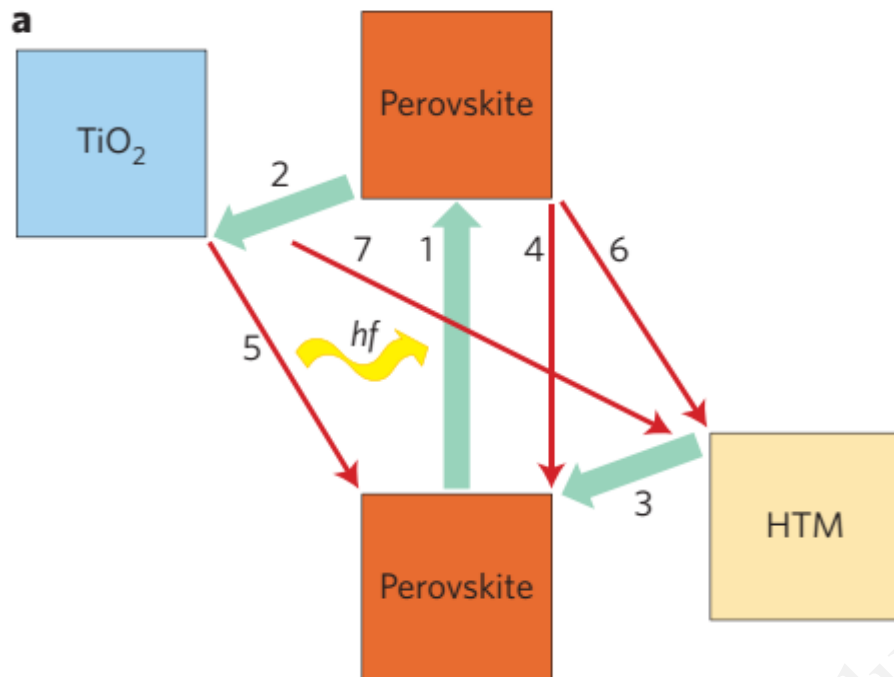


Figure 7. *J*-*V* curves for a record cell measured at simulated AM1.5G solar irradiation of 96.4 mWcm⁻² (solid line) and in dark (dashed line). Reprinted from Ref. [73] with permission from Macmillan Publishers Ltd, copyright 2013.

3. NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG



(1): Electron nhận năng lượng photon bị kích thích từ vùng hóa trị lên vùng dẫn.

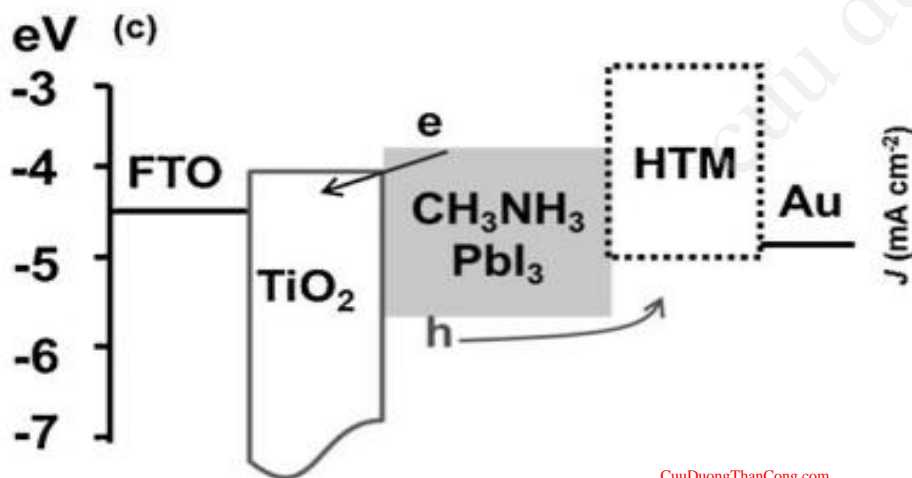
(2): Các electron ở vùng dẫn sẽ có xu hướng di chuyển xuống các mức năng lượng thấp hơn (ở đây là các lớp TiO_2).

(3): Lỗ trống sinh ra do các electron di chuyển lên vùng hóa trị sẽ được vận chuyển sang HTM (quá trình này đồng nghĩa với electron từ HTM sẽ di chuyển sang perovskite).

(4), (6): Có khả năng electron sẽ dịch chuyển ngược lại HTM hoặc bị tái tổ hợp trở lại vùng hóa trị.

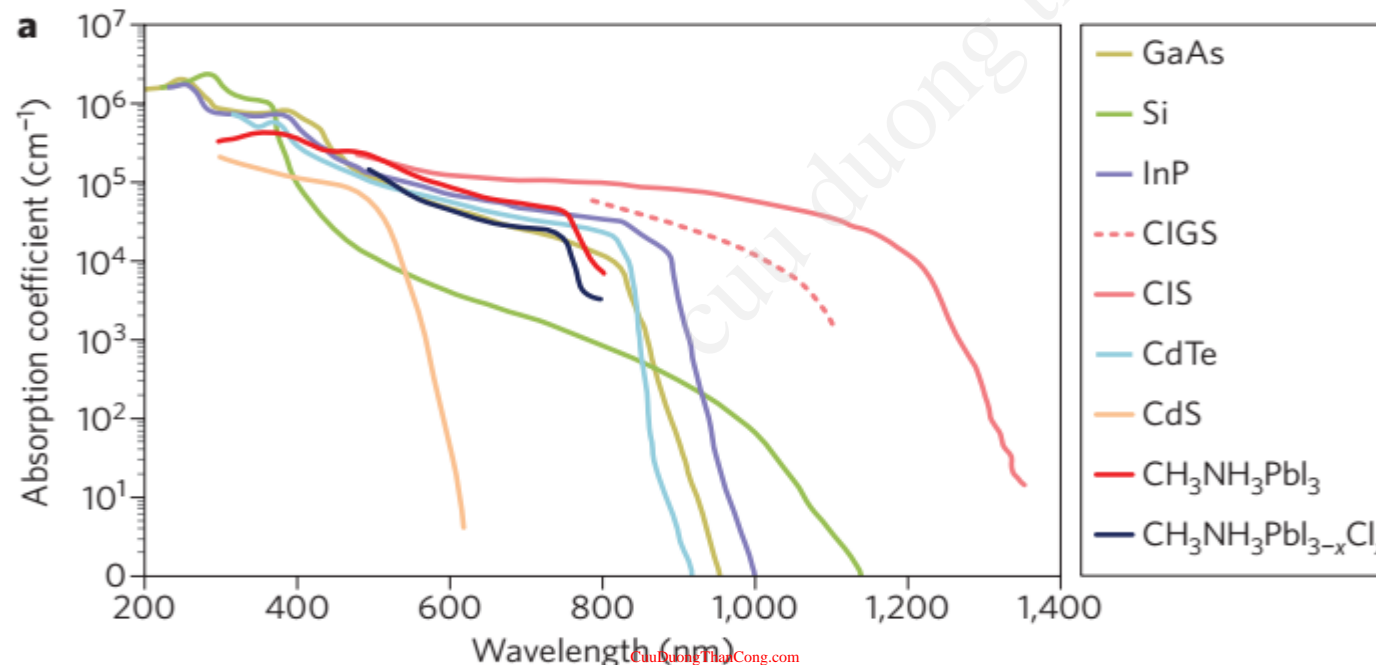
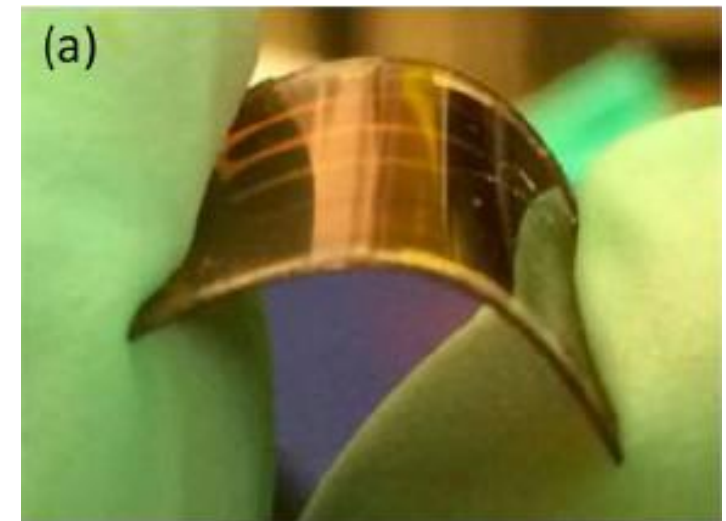
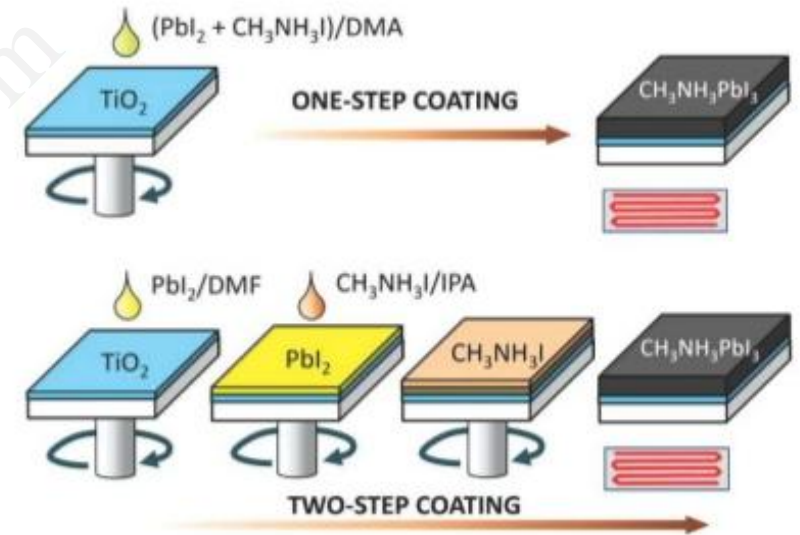
(5), (7): Có khả năng các electron ở lớp TiO_2 không được vận chuyển ra ngoài điện cực mà dịch chuyển ngược lại lớp Perovskite và HTM.

Các quá trình $4 \rightarrow 7$ là quá trình không mong muốn, tạo thành dòng tối trong pin (dark current).

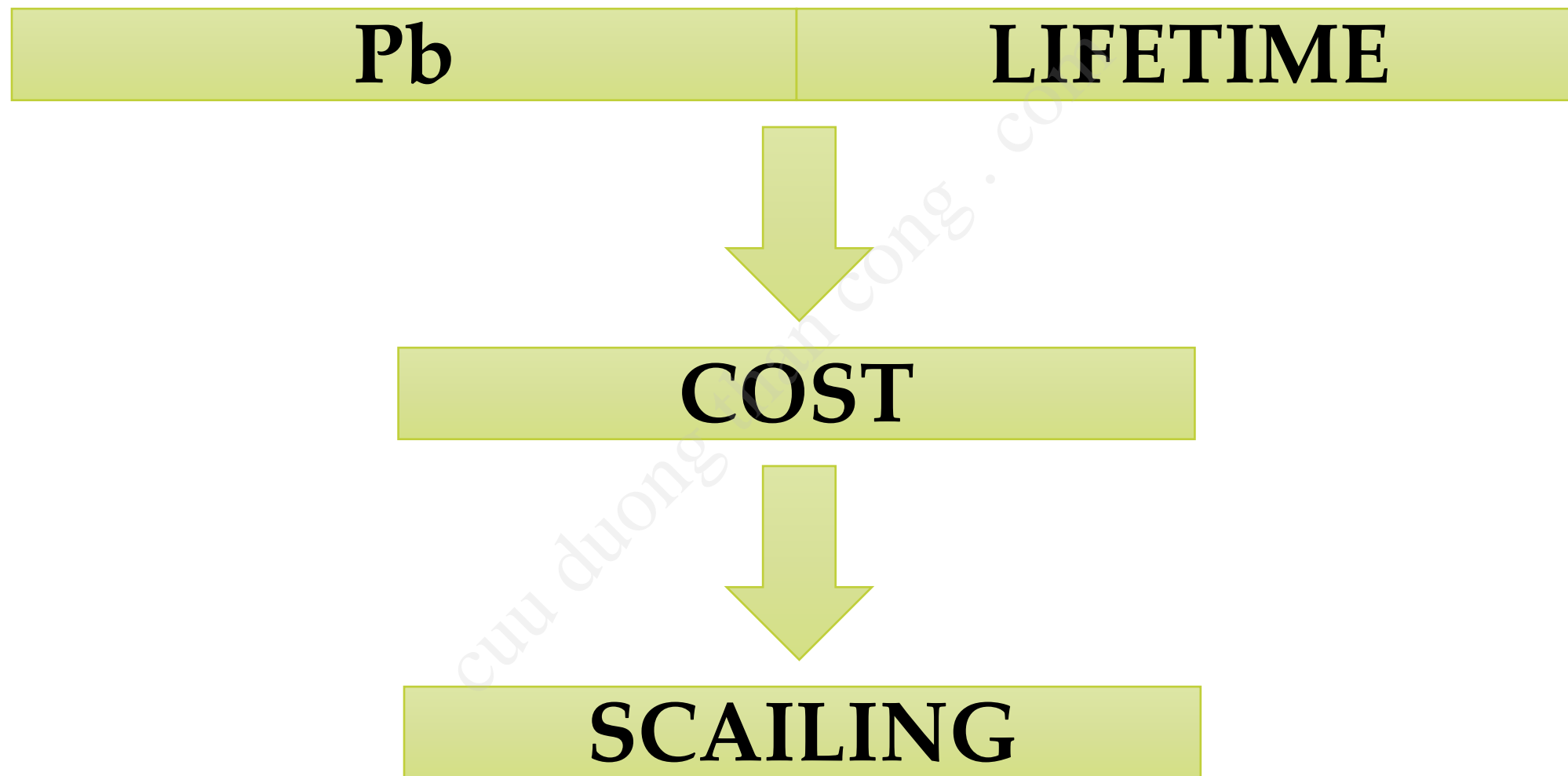


4. ƯU ĐIỂM

- Phương pháp chế tạo đơn giản : Phủ hỗn hợp $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{I}$, PbI_2 lên đế TiO_2 bằng phương pháp phủ quay (spin-coating), được “đóng gói” kỹ lưỡng (encapsulation).
- Hệ số hấp thụ quang học cao, hiệu suất rất tốt.
- Cấu trúc tinh thể cho phép khả năng vận chuyển hạt tải rất tốt.
- Giữ được hơn 80% hiệu suất ban đầu trong 500 giờ.
- Rất linh hoạt, có thể uốn dẻo.



5. THÁCH THỨC



Perovskite as Light Harvester: A Game Changer in Photovoltaics, Angewandte Minireviews by Samrana Kazim, Mohammad Khaja Nazeeruddin, Michael Grtzel, and Shahzada Ahmad.

The emergence of perovskite solar cells, Article in **Nature Photonics** July 2014 by Martin A.Green and Anita Ho-Baillie, UNSW Sydney.

The expanding world of hybrid perovskites: materials properties and emerging applications, MRS Communications (2015), 5, 7–26 © Materials Research Society, 2015 by Sarah Brittman, Gede Widia Pratama Adhyaksa, and Erik Christian Garnett (Table 1).

<https://www.ossila.com/pages/perovskites-and-perovskite-solar-cells-an-introduction> (Biểu đồ hiệu suất)