

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria dell'Energia

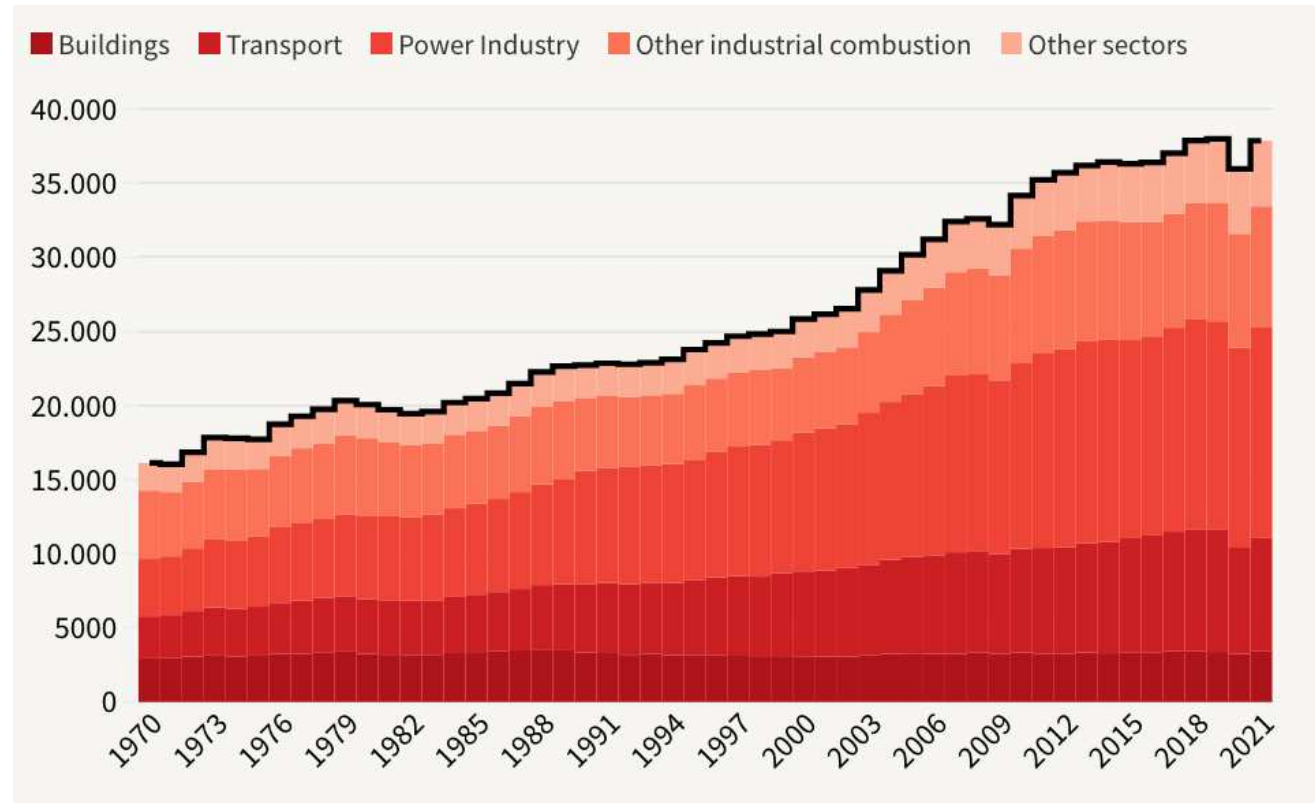
***Relazione per la prova finale
Pannelli fotovoltaici a base di
“quantum dot”***

Tutor universitario: Ing. *Colusso Elena*

Laureando: *Salafrica Filippo*

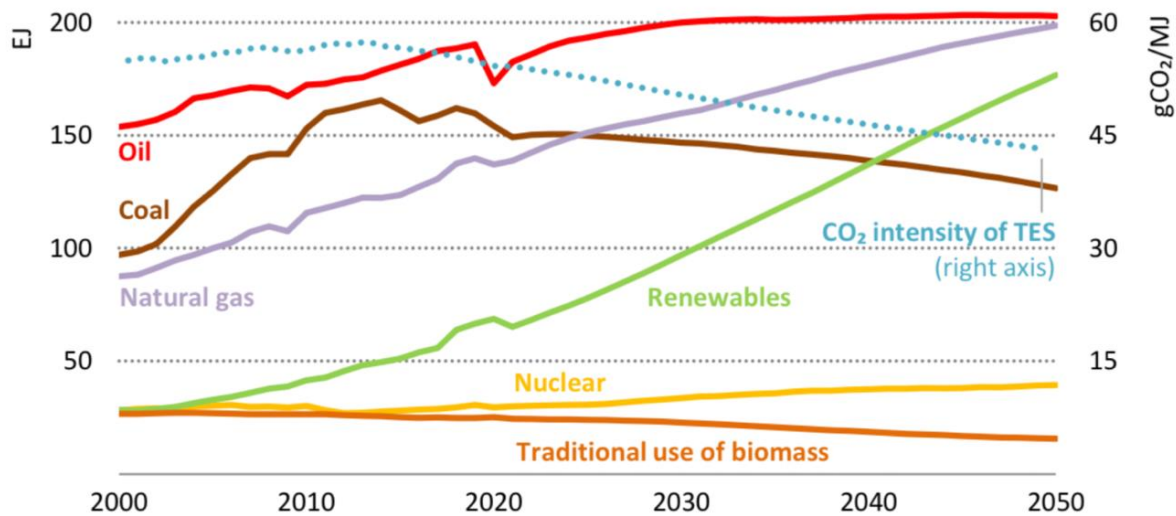
Padova, 16/11/2023

Oltre il 75% delle emissioni totali di anidride carbonica di origine antropogenica proviene dal settore energetico

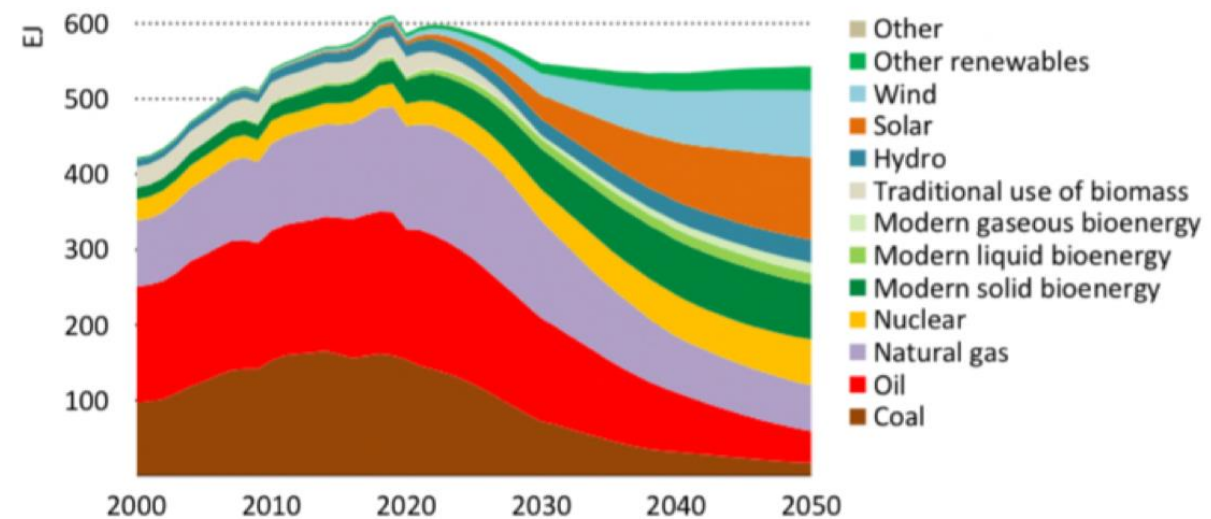


L'International Energy Agency ha elaborato diversi scenari riguardo alle tendenze future delle emissioni e alla crescita economica dei paesi.

➤ Stated Policy Scenario

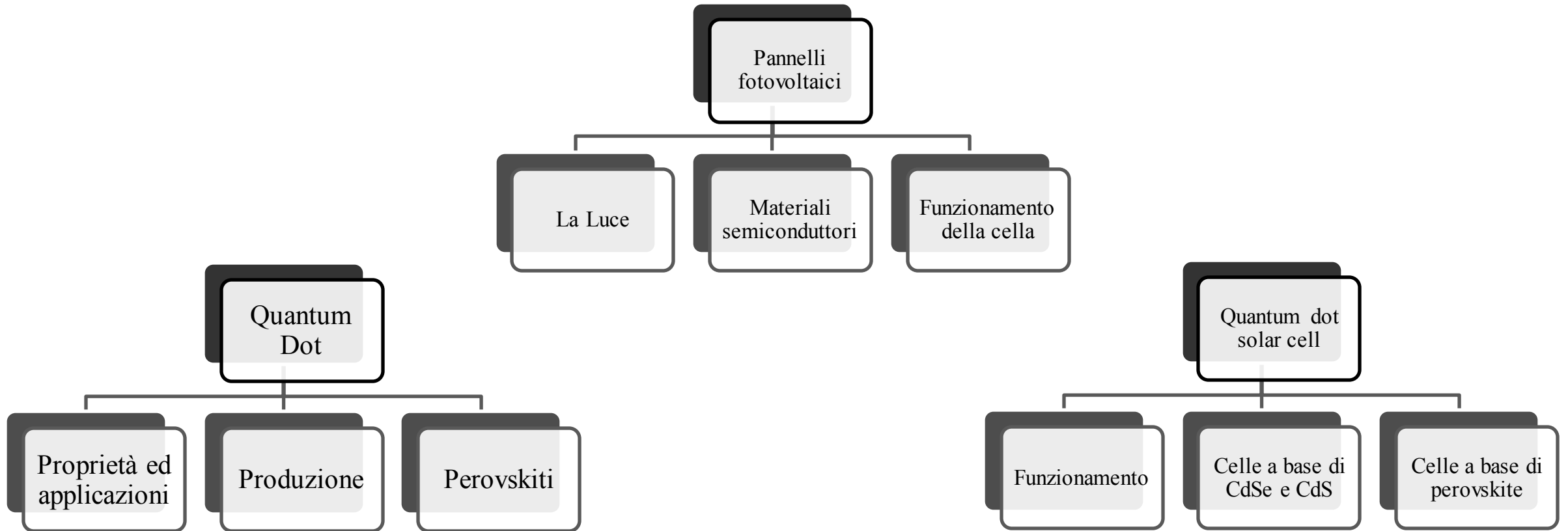


➤ Net Zero Emission by 2050 Scenario



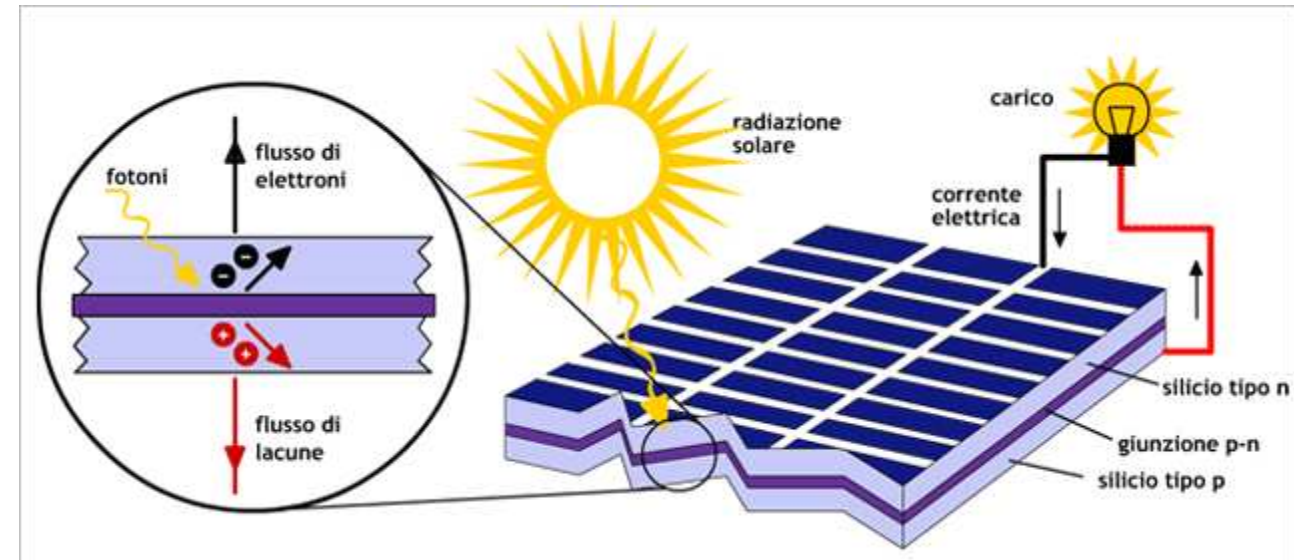
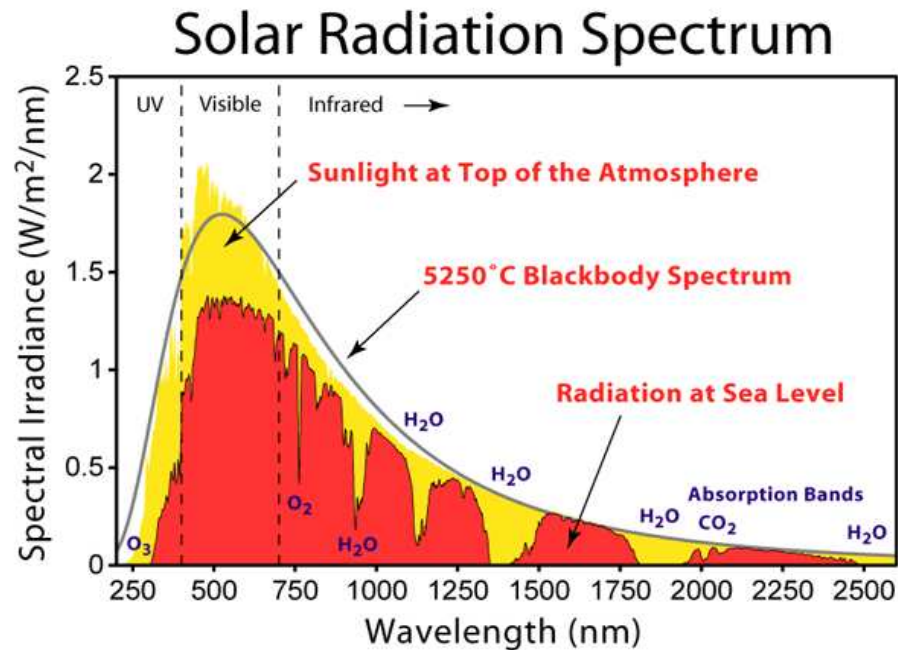
IEA. All rights reserved.

Analisi dell'utilizzo di materiali quantum dot per la realizzazione di celle fotovoltaiche



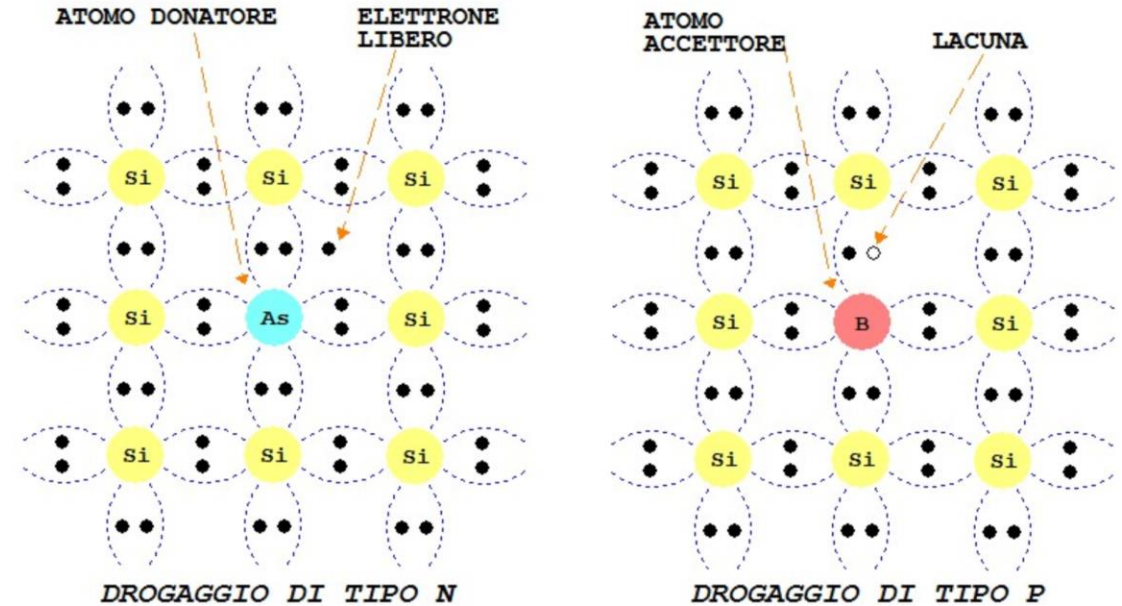
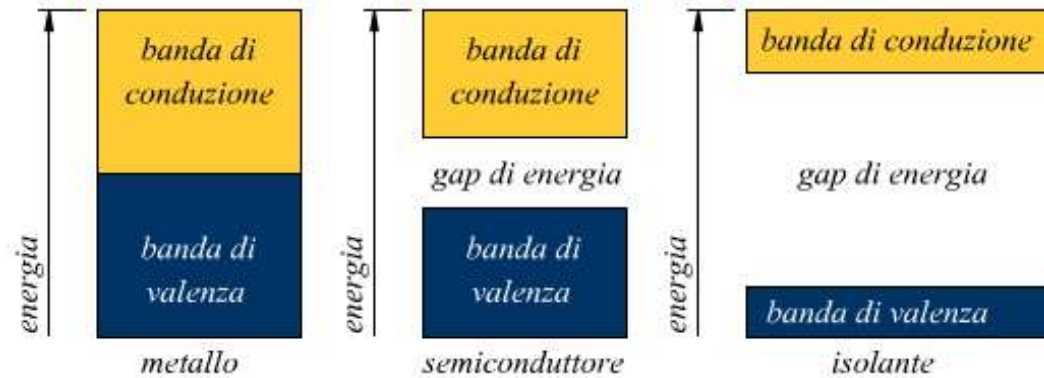
La luce è una forma di energia che si propaga sotto forma di onde elettromagnetiche. Il flusso di potenza medio che il sole emette verso la Terra è di $1353 \text{ W/m}^2 \pm 3\%$

Quando un fascio di luce colpisce una cella fotovoltaica, è possibile convertire l'energia luminosa in energia elettrica attraverso l'effetto fotovoltaico.



Gli elettroni percorrono orbite attorno al nucleo con livelli discreti di energia. Quando quando più atomi si combinano per formare una struttura, la vicinanza crea una banda energetica continua

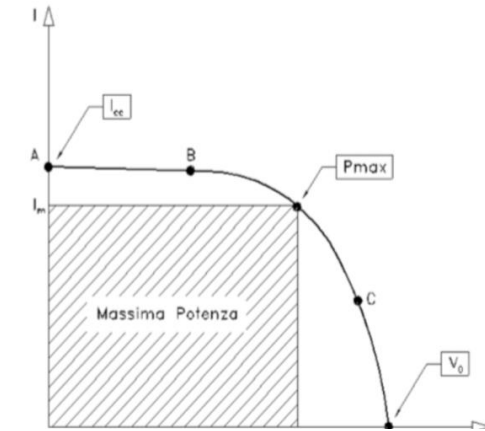
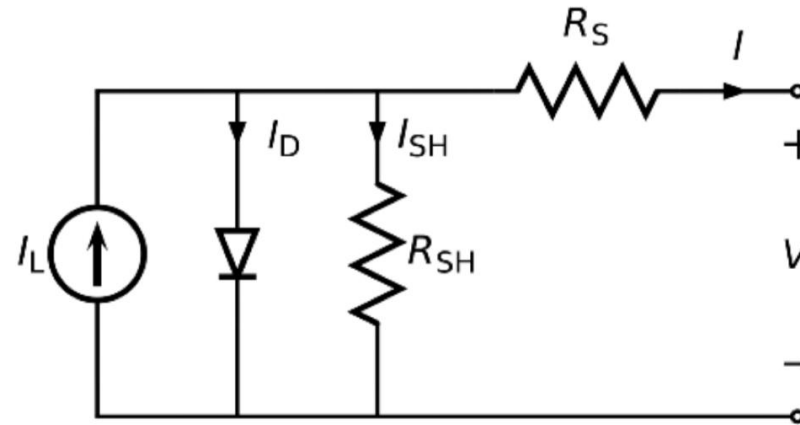
I fotoni incidenti con materiali semiconduttori possono trasmettere la loro energia e formare coppie elettrone-lacuna. Effetto migliorabile inserendo impurità nel materiale (*drogaggio*)



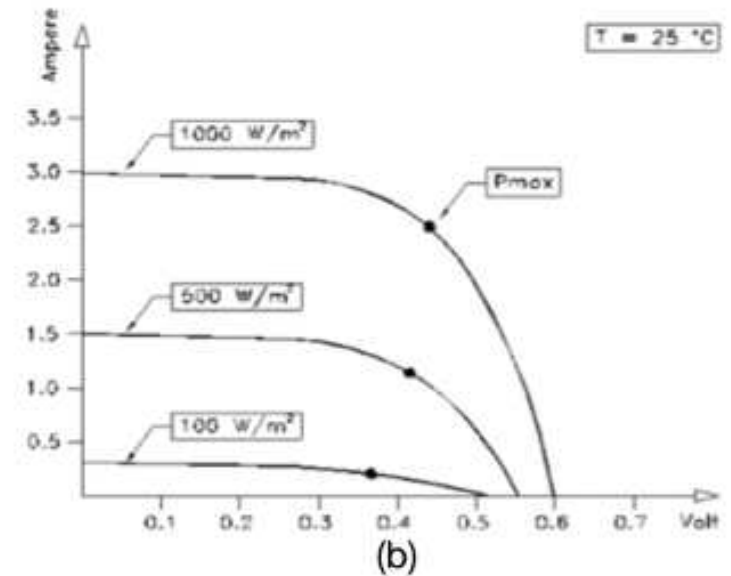
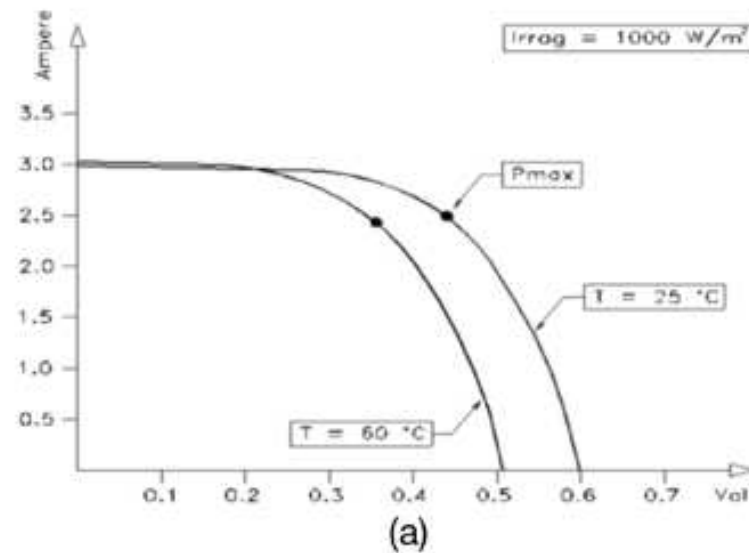
Applicando ad un materiale da una parte drogaggio di tipo “p” e dall’altra di tipo “n”, si viene a creare un campo elettrostatico E che si oppone al passaggio delle cariche. Formando la *zona di svuotamento*.

Quando un fascio di luce colpisce una giunzione $p-n$ si formano coppie elettrone-lacuna che il campo E tende a separare, creando un flusso di cariche.

Schema elettrico di una cella fotovoltaica:



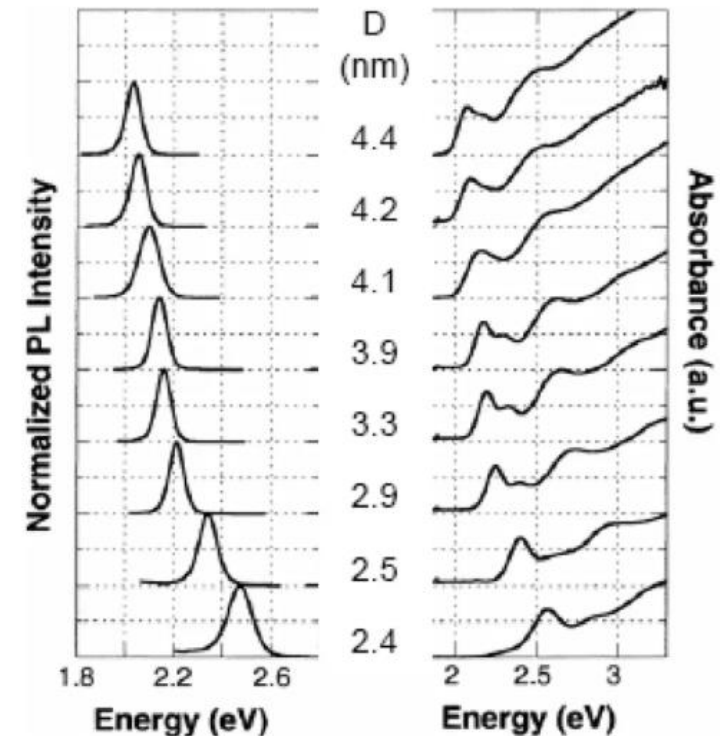
Condizioni di variazione del funzionamento della cella:



I nanomateriali hanno dimensioni tra 1 e 100 nm. Tra questi, le nanostrutture a punto quantico o *quantum dot* hanno dimensioni specifiche comprese tra 2 e 10 nm. Sono materiali semiconduttori, composti principalmente da elementi come il cadmio, il piombo o il tellurio.

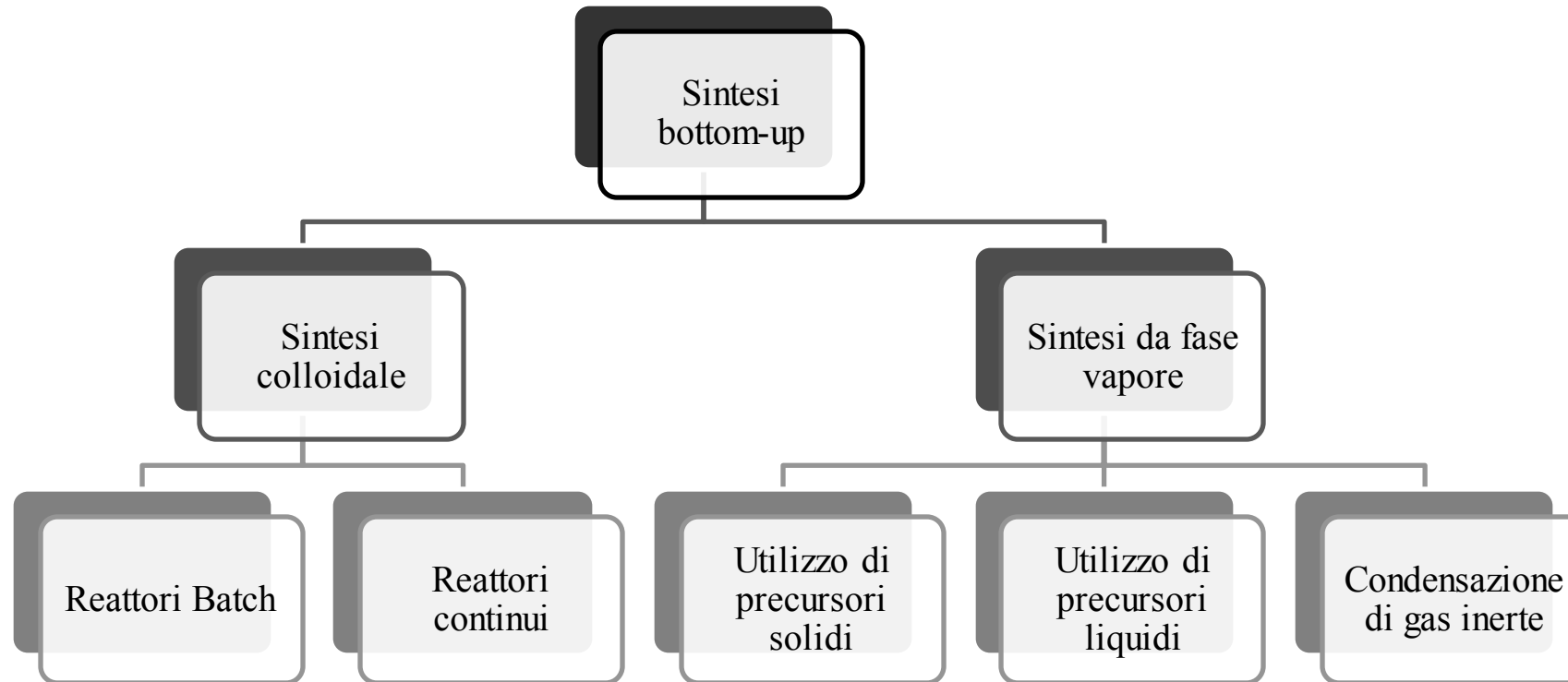
Caratterizzati da:

- Alta fotostabilità;
- Picchi di emissione simmetrici;
- Lunga durata;
- Bassi costi;
- Band Gap variabile con la dimensione.



La caratteristica più interessante di questi materiali è che unendo particelle di uno stesso materiale con dimensioni diverse si può ottenere un allargamento omogeneo del picco di assorbimento.

Per generare *quantum dots* per applicazioni fotovoltaiche, le metodologie prevalenti sono di tipo *bottom-up*, sintetizzando cristalli dalle singole molecole o atomi per ottenere prodotti di alta qualità.



Presentano una struttura cubica ABX_3 :

- A = materiale organico o inorganico;
- B = catione metallico;
- X = ione alogenuro.

Vantaggi

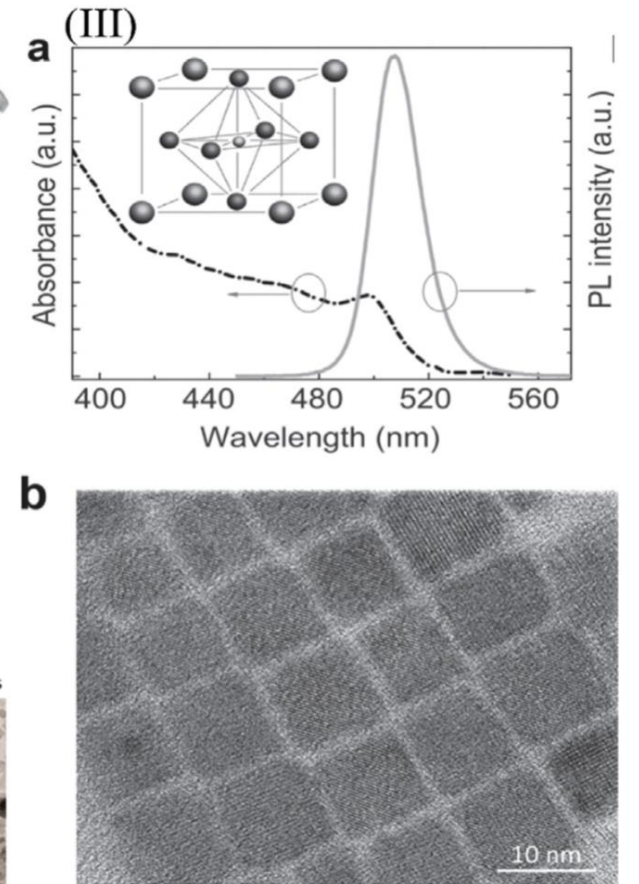
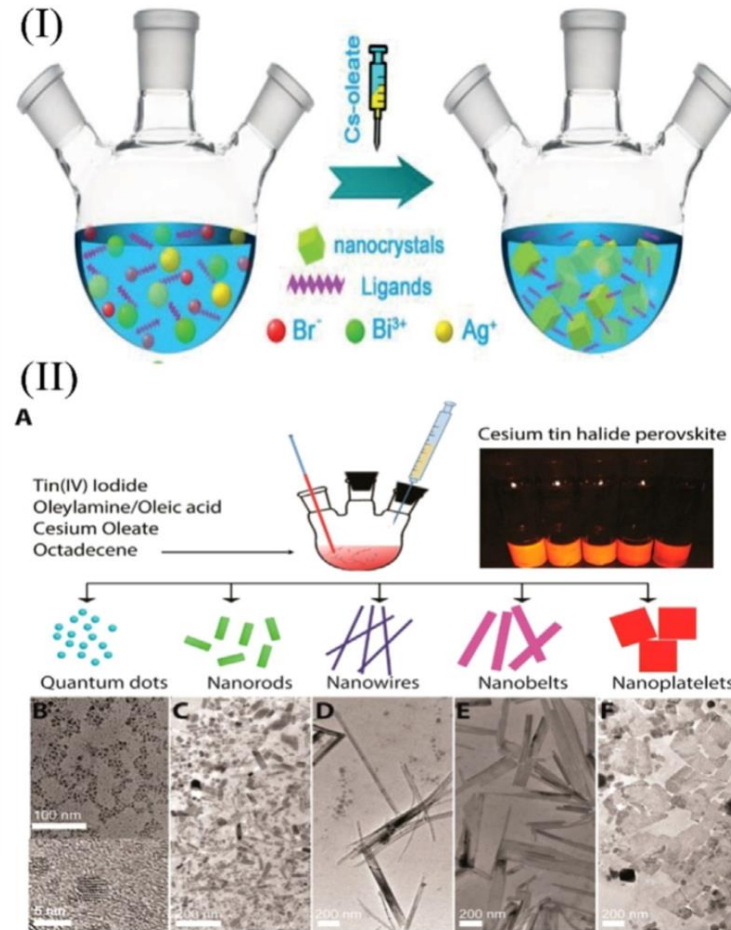
Facile controllo della struttura

Ottime caratteristiche fotoelettriche

Svantaggi

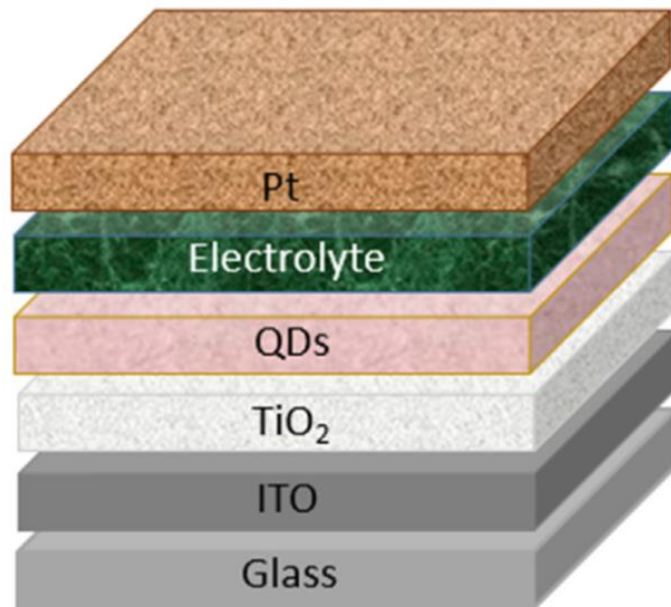
Alta tossicità

Instabilità ambientale

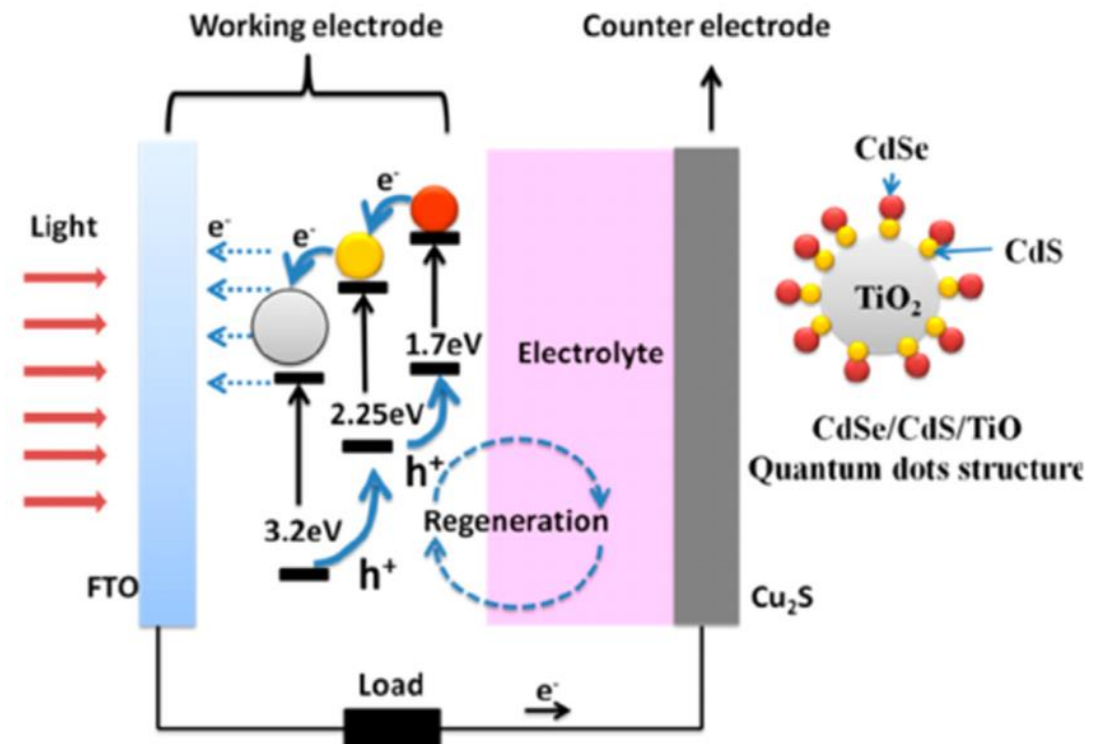


Struttura di una cella fotovoltaica:

- Fotoanodo;
- Strato fotosensibile;
- Elettrolita redox;
- Controelettrodo.



La luce eccita lo strato fotosensibile e le cariche si spostano dai quantum dot al TiO_2 . Gli elettroni fluiscono attraverso il circuito, raggiungono il contro elettrodo e ritornano allo strato fotosensibile per un ciclo continuo.

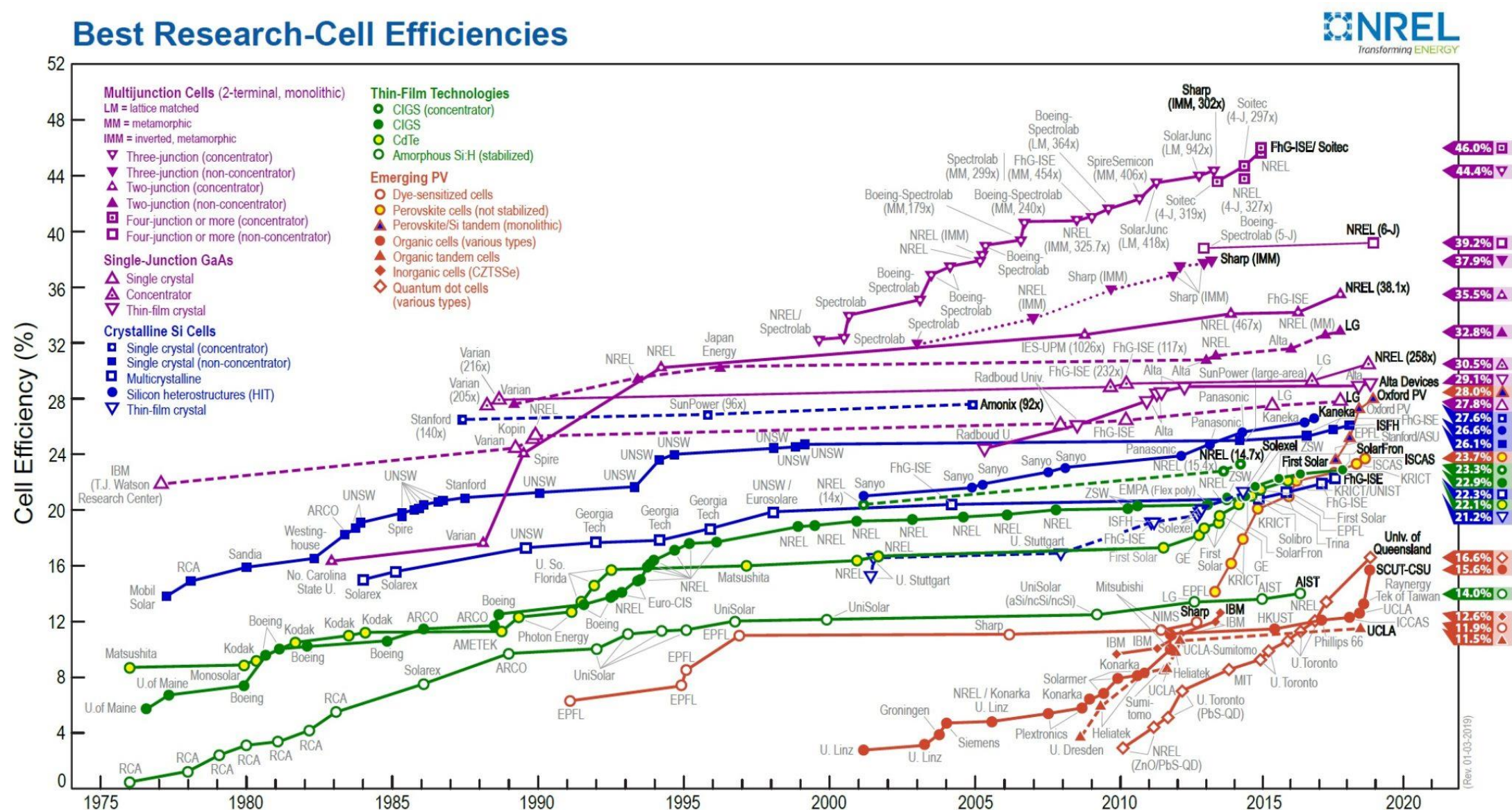


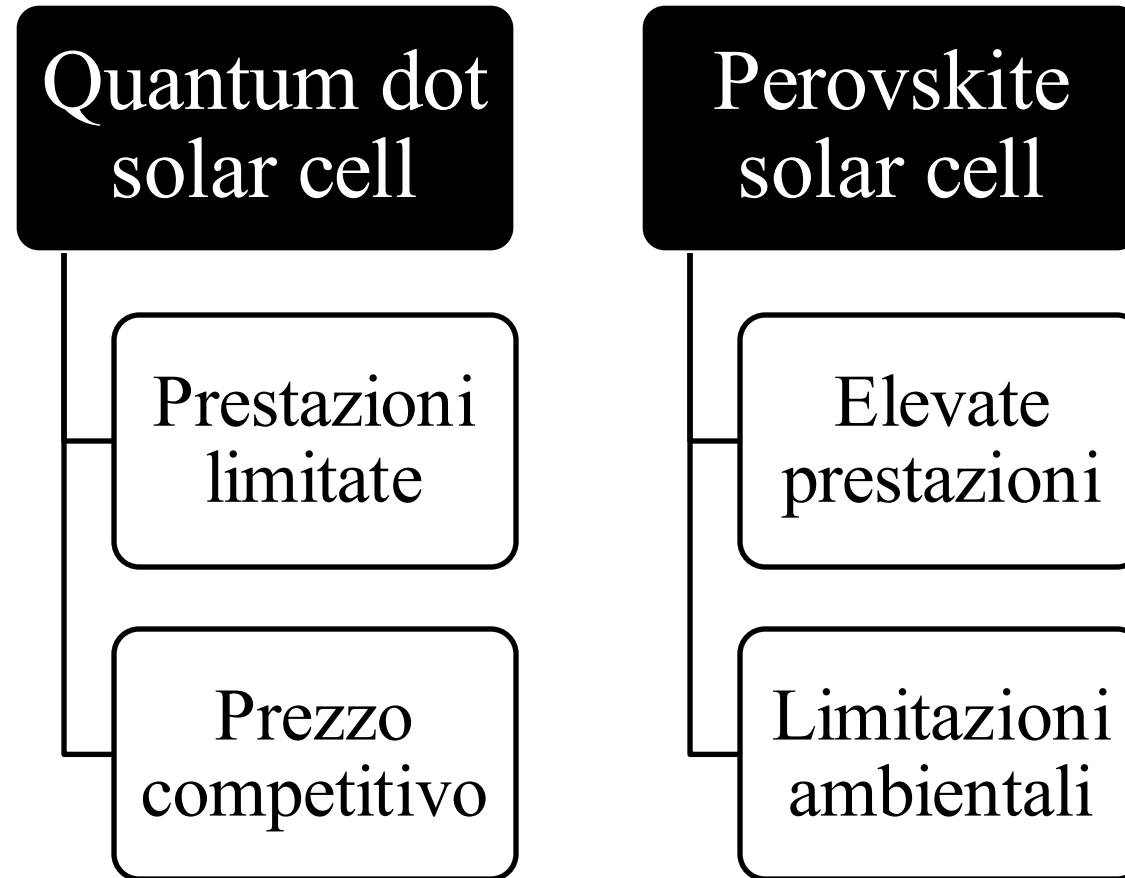
Tra tutte le tipologie di *quantum dot*, quelle a base di CdS e CdSe, sono considerate le più significative, grazie alla elevata stabilità ed al largo range di assorbimento dello spettro incidente ottenibile.

QDs material	Voc (V)	Jsc (mA cm ⁻²)	Fill factor (%)	η (%)
TiO ₂ /CdS ₃ /CdSe ₄ /ZnS, Au	0.513	16.8	0.49	4.22
TiO ₂ /CdS/InSb/CuS	0.533	18.58	49.88	4.94
Zn-Ti/CdS/CdSe/ZnS	0.57	13.36	0.52	3.95
TiO ₂ /CdS ₉ /ZnS	0.49	7.813	44.83	1.72
ZnS/CdSe/CdS/TiO ₂ @ZnO	0.45	14.57	0.46	2.99
TiO ₂ /TGA/CdS-3	1.2	3	0.89	3.2
TiO ₂ /CdS/CdSe core shell structure-inverted Type-I	0.527	18.02	0.56	5.32
Mn-doped-CdS/CdSe	0.558	20.7	0.47	5.42
TiO ₂ /ZnSe/QDs/ZnSe (CdS/CdSe)	0.61	21.49	0.55	7.24

Le perovskiti alogene organometalliche, caratterizzate da alta efficienza di emissione e assorbimento, ampia diffusione dei portatori di carica e bassi costi di produzione, sono ideali per applicazioni fotovoltaiche.

QDs material	Voc (V)	Jsc (mA cm ⁻²)	Fill factor (%)	η (%)
Phase stable CsPbI ₃	1.23	13.47	0.65	10.77
CH ₃ NH ₃ PbI ₂ Cl	0.98	17.8	0.63	10.9
CsPbI ₂ Br	1.15	15.2	0.67	11.8
CsPbI ₃	1.06	13.8	71.6	10.5
TiO ₂ /CH ₃ NH ₃ PbI ₃ /CuInS ₂ /ZnS/Au	0.924	18.6	48.7	8.38
(CsPbI ₃) _{0.05} [(FAPbI ₃) _{0.89} (MAPbBr ₃) _{0.11}] _{0.95}	1.05	25.1	0.75	19.83
Cs _{0.05} (FA _{0.92} MA _{0.08}) _{0.95} Pb(I _{0.92} Br _{0.08}) ₃	1.14	23.9	0.82	22.34





Studio ed innovazione saranno la chiave per superare le limitazioni di queste tecnologie, facilitando l'integrazione rapida nel panorama energetico.

Grazie per l'attenzione.