

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria Aerospaziale

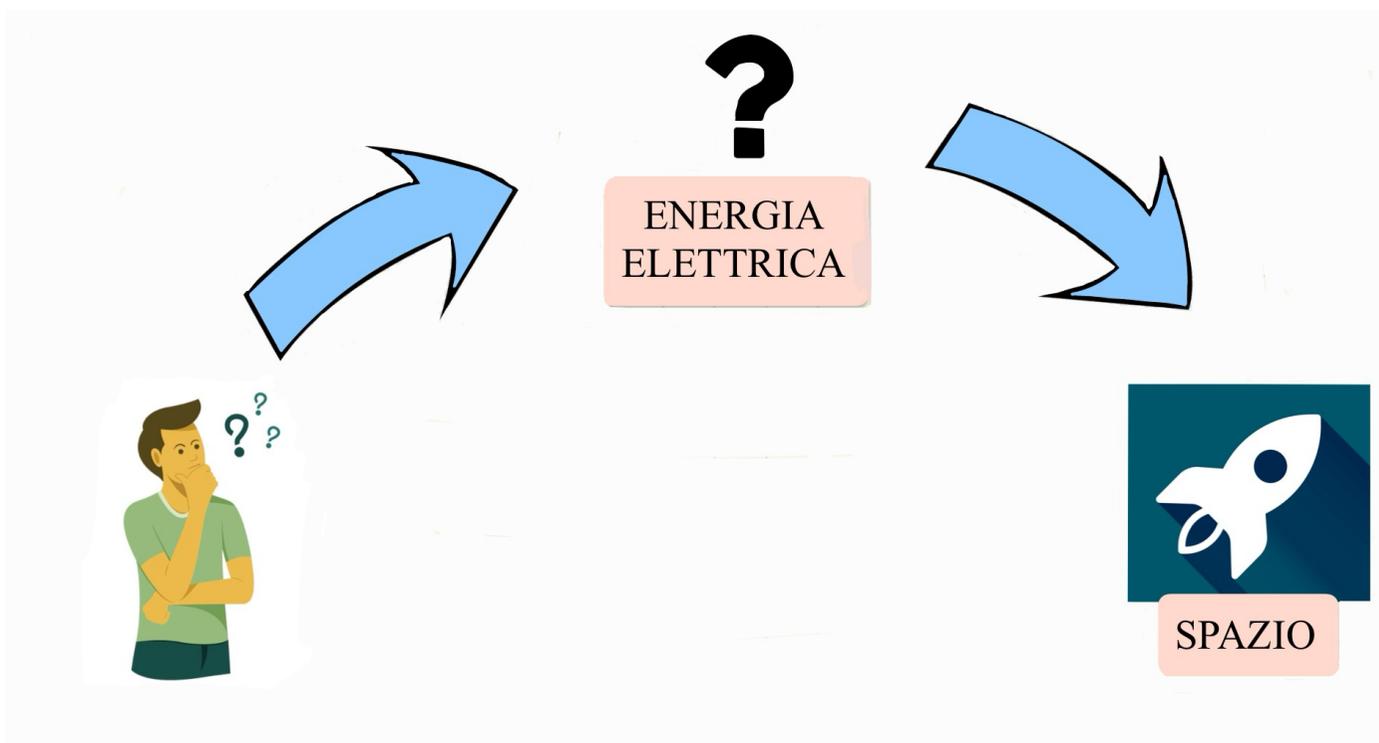
Relazione per la prova finale
***«Pannelli solari in orbita:
funzionamento, dimensionamento e
applicazioni»***

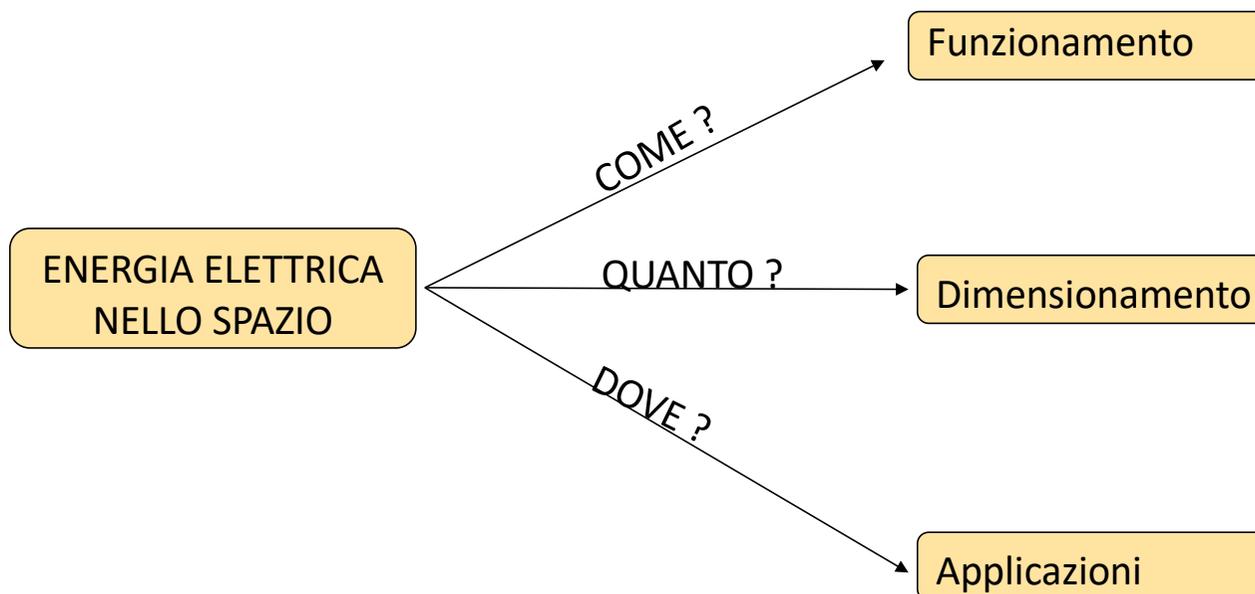
Tutor universitario: Prof. Francesco Sanniti

Laureanda: *Braggio Emma*

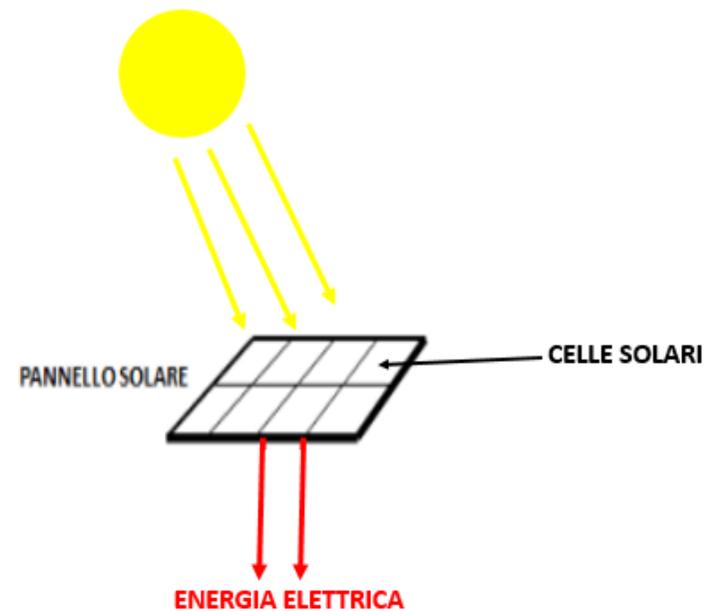
Padova, 18/11/2024

La produzione di energia elettrica nello spazio è stata una delle numerose sfide scientifico/tecnologiche che l'uomo ha dovuto affrontare all'inizio dell'era di esplorazione spaziale.



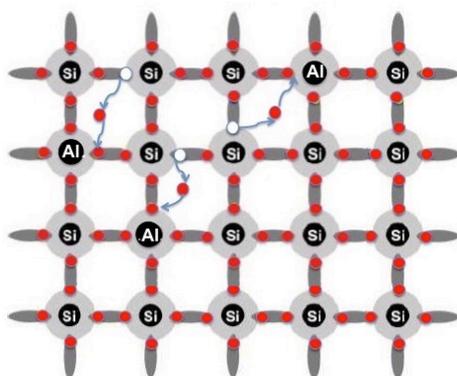


Tra tutte le possibili sorgenti primarie, le più utilizzate per le operazioni spaziale sono le **celle fotovoltaiche**, in grado di produrre energia elettrica sfruttando l'effetto fotovoltaico.

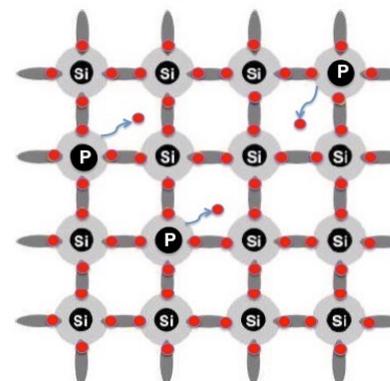


La metodologia impiegata per eliminare lo scarto energetico tra le bande nella costruzione di pannelli solari, si fonda su processi di drogaggio dei materiali. Il drogaggio consiste nell'introduzione quantità controllate di atomi estranei o impurezze in un materiale semiconduttore puro al fine di alterare le concentrazioni di portatori di carica e modificare le proprietà elettriche.

**DROGAGGIO DI
TIPO P**



**DROGAGGIO DI
TIPO N**



I fotoni rappresentano la quantità elementare discreta dell'energia del Sole. L'energia della radiazione solare è infatti discretizzata in singoli pacchetti indivisibili secondo la seguente formula:

$$E = h \cdot f$$

Costante di Planck
 $h = 6.63 \cdot 10^{-34}$

Frequenza dell'onda elettromagnetica
 $f = \frac{1}{\lambda}$

L'emissione solare avviene sotto forma di onde elettromagnetiche, le quali vengono emesse in tutte le direzioni e a tutte le lunghezze d'onda. La caratteristica emissiva del Sole, così come la sua tendenza ad assorbire tutte le radiazioni incidenti sulla sua superficie, rendono il Sole assibilabile a un corpo nero. Un corpo nero è un emettitore e assorbitore ideale. Alla luce di tale somiglianza è possibile impiegare le leggi di corpo nero per analizzare il comportamento dello spettro solare.

SOLE \cong CORPO NERO

SOLE \cong CORPO NERO \Rightarrow LEGGI DI CORPO NERO

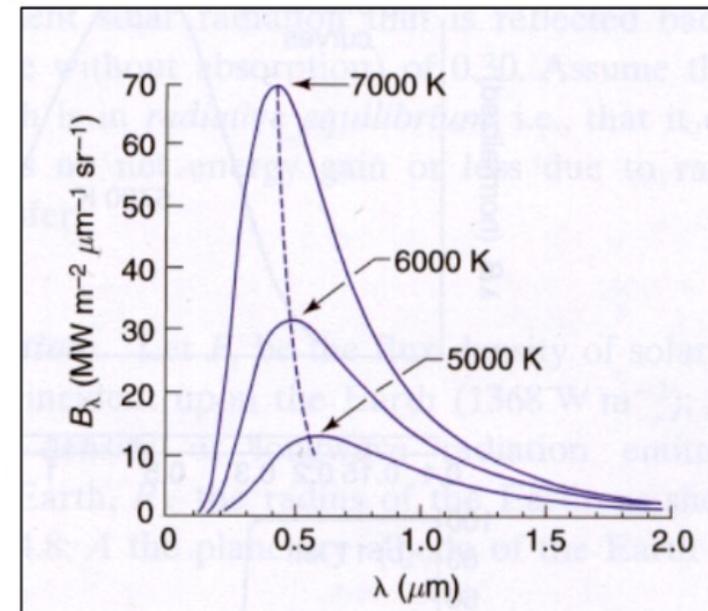
DISTRIBUZIONE PLANCKIANA

1° LEGGE DI CORPO NERO $\longrightarrow B_{\lambda}(T) = \frac{2hc^2}{h^5[e^{\frac{hc}{\lambda T}} - 1]}$

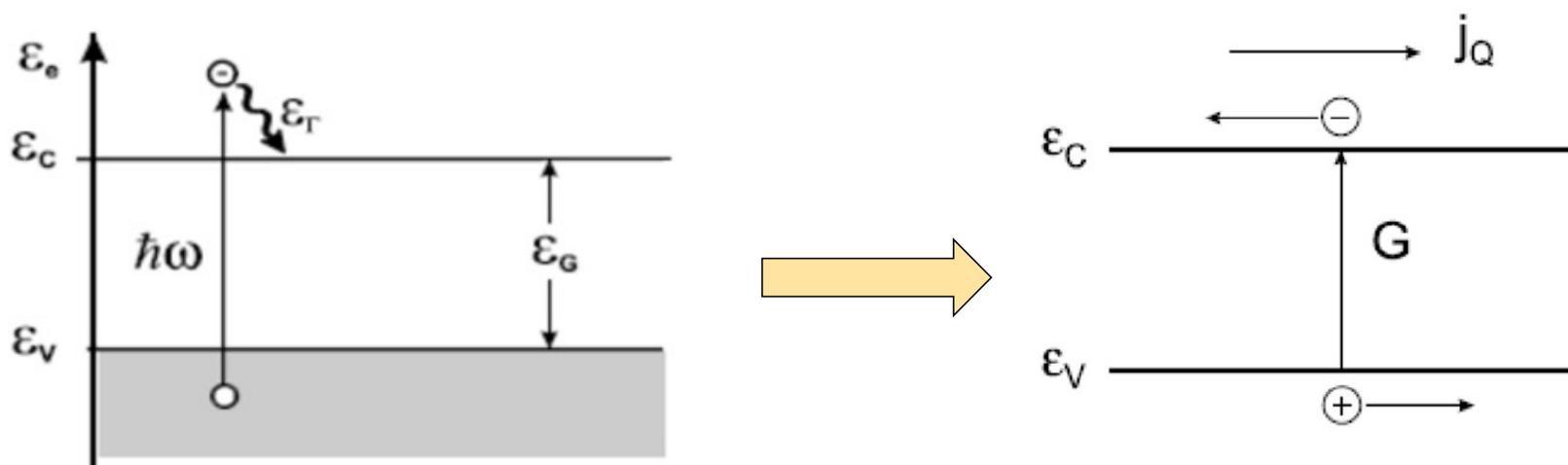
2° LEGGE DI CORPO NERO $\longrightarrow \lambda_{max} \cdot T = 2.8978 \cdot 10^{-3}$

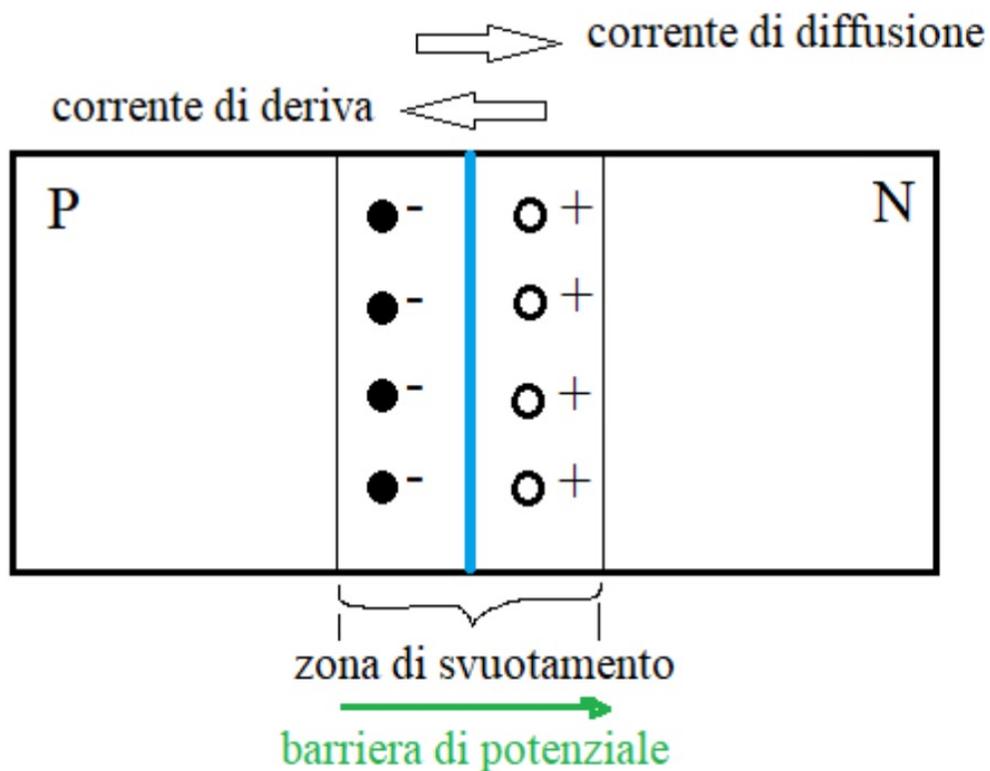
$$\lambda_{max} \cdot 5760 = 2.8977685 \cdot 10^{-3} ;$$

$$\lambda_{max} = \frac{2.8978 \cdot 10^{-3}}{5760} = 499 [nm]$$



Se l'energia del fotone incidente ($h \cdot f$) è tale da colmare l'energy gap allora gli elettroni passeranno dalla banda di valenza a quella di conduzione. Per garantire il flusso delle cariche, è necessario separare gli elettroni e le lacune estraendoli lungo percorsi differenti.





UNIONE REGIONE P E REGIONE N

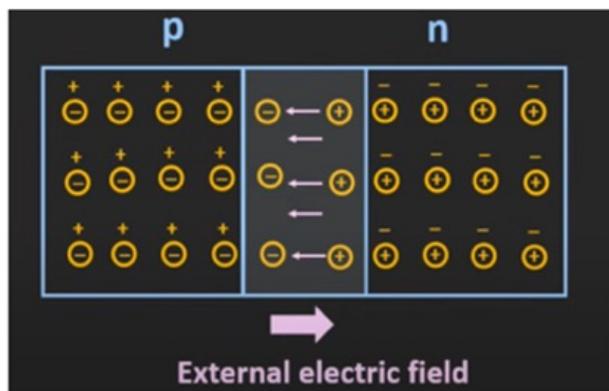


GIUNZIONE P-N

Lo spostamento di cariche maggioritarie dà origine a una **corrente di diffusione**. Il movimento delle cariche minoritarie dà origine a una **corrente di deriva**.

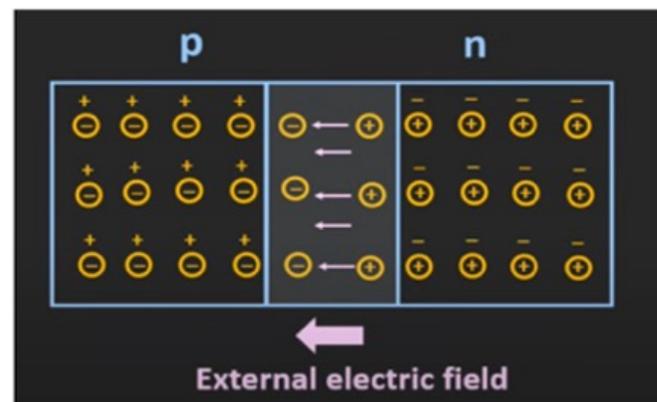
POLARIZZAZIONE DIRETTA

TERMINALE POSITIVO \Rightarrow REGIONE P
TERMINALE NEGATIVO \Rightarrow REGIONE N



POLARIZZAZIONE INVERSA

TERMINALE POSITIVO \Rightarrow REGIONE N
TERMINALE NEGATIVO \Rightarrow REGIONE P



COMPORTAMENTO DA DIODO \Rightarrow
$$I = I_{ph} - I_{SAT} \cdot \left(e^{\frac{Vq}{nKT}} - 1 \right)$$

QUANTITA' DI CARICA

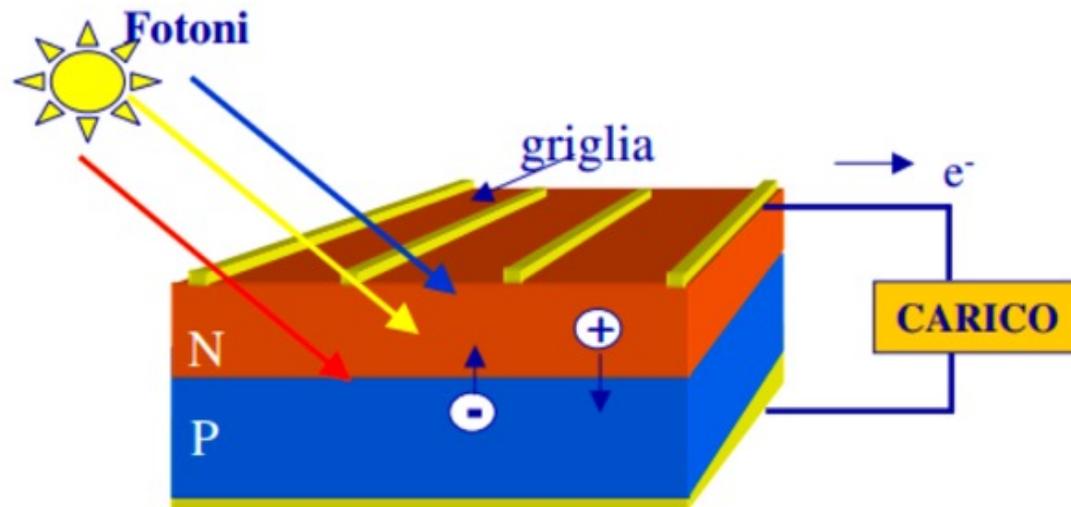
$$q \cdot N_D \cdot S \cdot X_N = q \cdot N_A \cdot S \cdot X_P \quad \Longrightarrow \quad N_D \cdot X_N = N_A \cdot X_P \quad \xrightarrow{(N_A \gg N_D)} \quad (X_N + X_P) \cong X_N$$

Integrando l'equazione di Poisson si ottiene la distribuzione del potenziale e del campo elettrico sulla larghezza della zona di deplezione. È possibile inoltre calcolare il ΔV :

$$\Delta V = V(X_N) - V(X_P)$$

Date le ipotesi iniziali è possibile semplificare il termine ΔV e ottenere la larghezza della zona di deplezione:

$$X_N \cong (X_N + X_P) = \sqrt{\frac{2\varepsilon\Delta V}{qN_D}}$$



COSTITUITA DA:

1. Giunzione P-N che
2. Contatti elettrici
3. Coverglass
4. Vetro antiriflesso

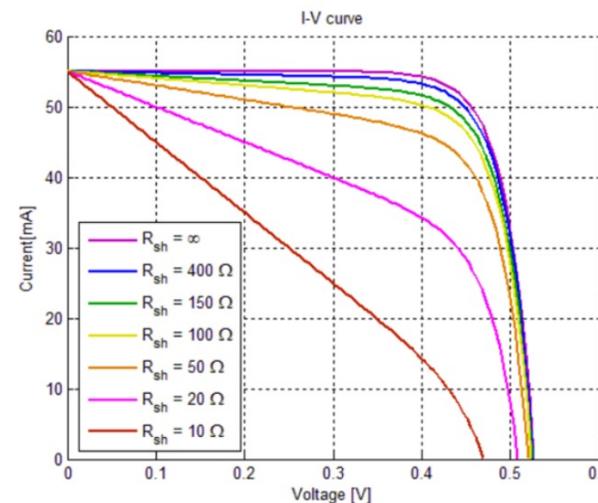
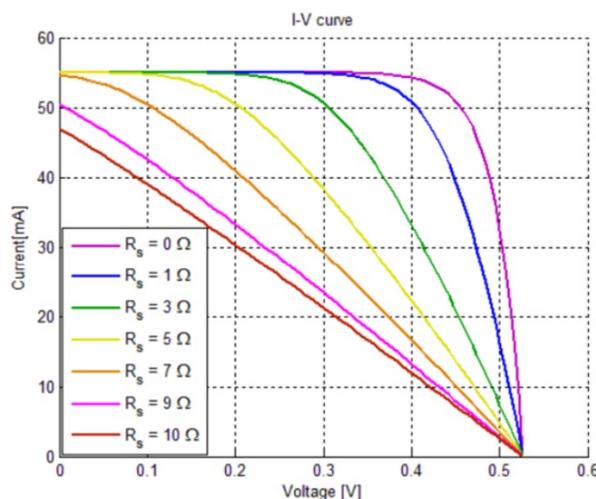
CON: **CELLA \cong CIRCUITO CON RESISTENZE**

$$\Rightarrow \eta = \frac{P_{uscente}}{P_{incidente}}$$

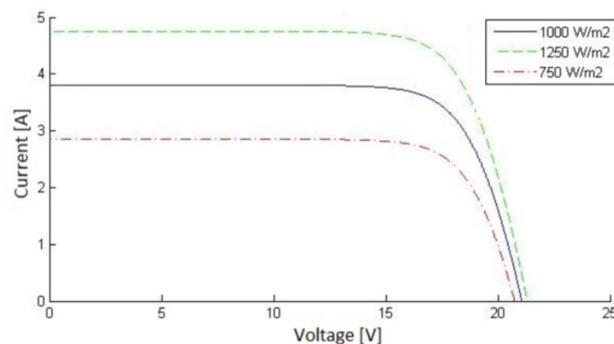
INFLUENZATO DA:

- Resistenze parassite
- Irradianza
- Temperatura

1. RESISTENZE PARASSITE: R_{sh}, R_s

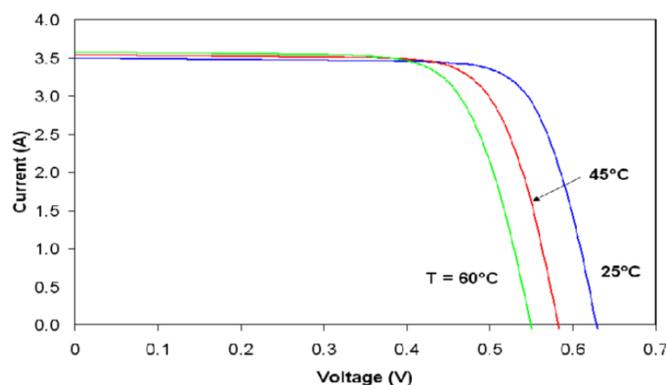


2. IRRADIANZA: J_S



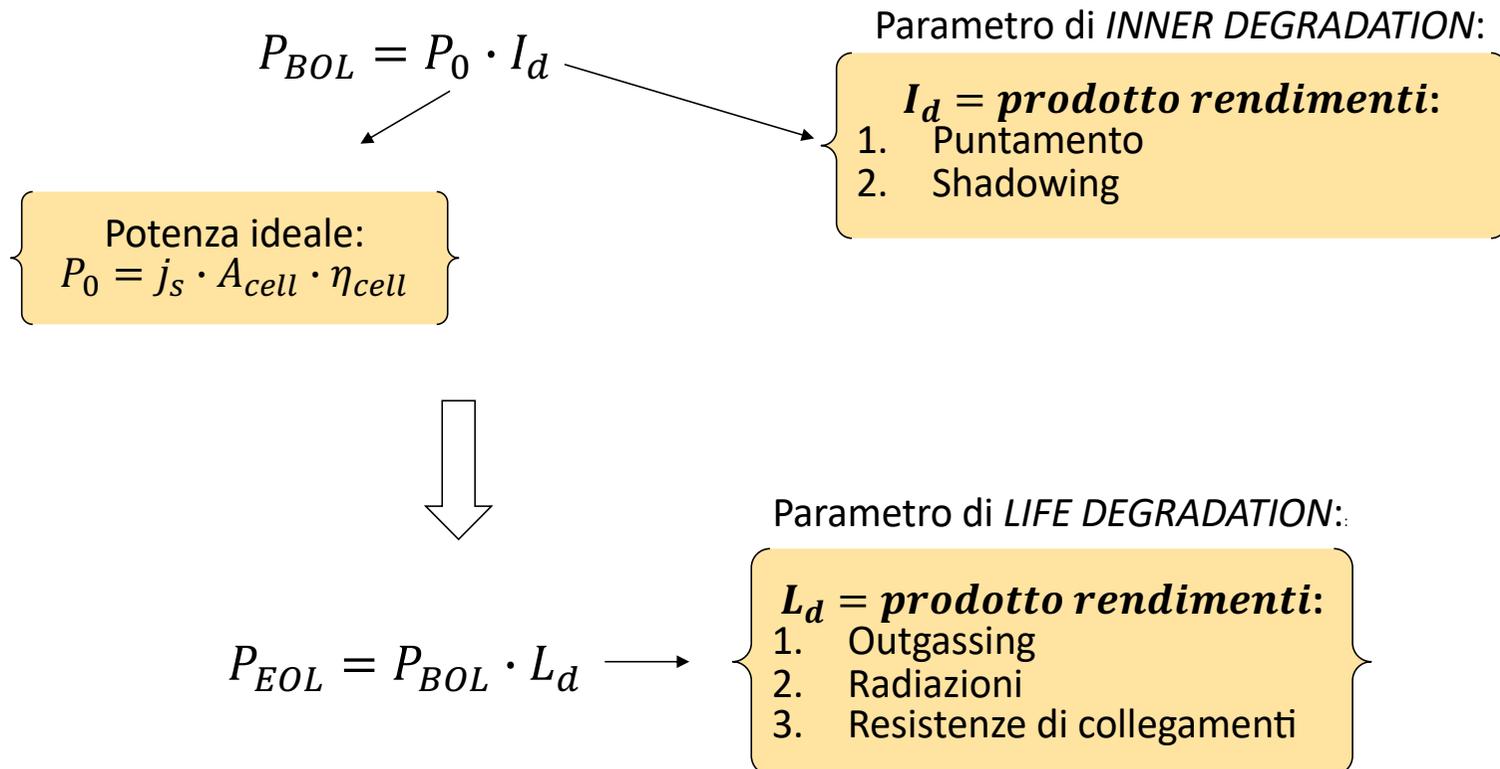
Per identificare l'effetto della J_S , si utilizza un coefficiente che semplifica la costante solare detto $H_i = \left(\frac{149}{R}\right)^2$

3. TEMPERATURA: T



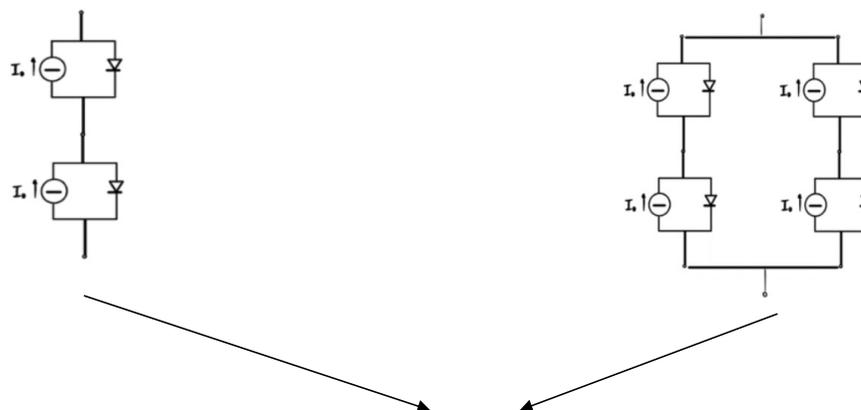
Per esprimere l'effetto della temperatura si utilizza un'espressione che approssima il comportamento del rendimento in funzione delle variazioni di temperatura:

$$\eta_t = \eta_0 [1 + k\Delta T]$$



Per conferire la potenza richiesta è necessario combinare più celle, in serie e in parallelo:

Collegamento in serie \Rightarrow **STRINGA** ; Collegamento in parallelo \Rightarrow **MODULO**



DIMENSIONO:

$$P_{prog} = \frac{\frac{P_e T_e \cdot P_d T_d}{X_e \quad X_d}}{T_d}$$

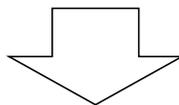


$$N_{cell} = \frac{P_{prog}}{P_{EOL}}$$

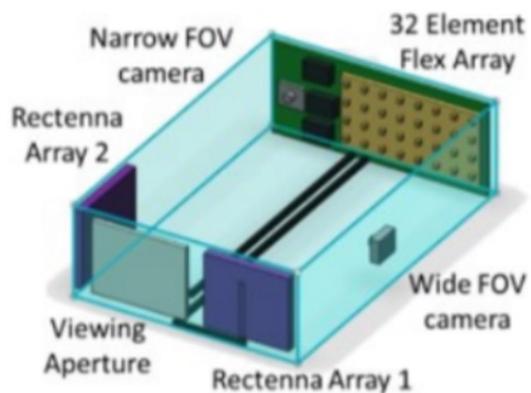


$$A = \frac{N_{cell}}{D_c}$$

Il progetto MAPLE è tra i più innovativi in ambito di applicazioni di pannelli solari

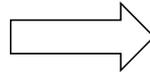


MAPLE ha dimostrato la ***possibilità di trasmissione di energia wireless dallo spazio alla terra***

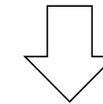


Formato da un array di 32 antenne che operano sfruttando il principio dell'interferenza, combinando le fasi per indirizzare l'energia

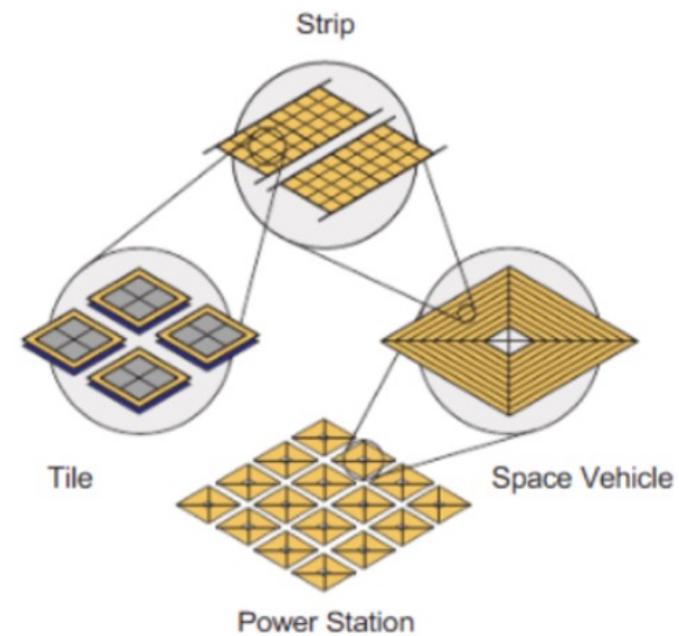
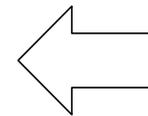
La tecnologia del MAPLE



Implementata nello **Space Solar Power Project**



L'obiettivo proposto dall' SSPP è creare dei moduli quadrati , che misurano **60 m** di lato, flessibili e ripiegabili, integrati in un unico veicolo spaziale in grado di produrre circa **900Kw** di potenza in radio frequenza.



I pannelli solari rappresentano il futuro dell'energia rinnovabile. Al giorno d'oggi esistono numerosi campi di ricerca che mirano a migliorare il rendimento di conversione. I progetti all'avanguardia in ambito di conversione fotovoltaica rappresentano un punto di svolta non solo in ambito ambientale, ma anche scientifico, in quanto contribuiscono allo sviluppo del settore spaziale. Tra tutti i progetti ad oggi proposti, SOLARIS è sicuramente tra i più ambiziosi, introducendo nuove soluzioni per rendere l'impiego della conversione fotovoltaica sempre più efficace. L'obiettivo di SOLARIS è di preparare il terreno per una possibile rivoluzione ambientale, finalizzata a creare una stazione energetica spaziale in grado di rifornire la Terra di energia pulita e accelerare così il processo di transizione ecologica verso un futuro senza emissioni di anidride carbonica.