

Esperienza n. 8: PANNELLO SOLARE

Cella solare (pannello fotovoltaico)

Lo scopo dell'esperienza è quello di misurare il rendimento di conversione fra l'energia elettrica prodotta da una cella solare e l'energia luminosa incidente. Si intende per cella solare il dispositivo costituito da un solo elemento convertitore, mentre per pannello solare si intende più elementi collegati in serie.

Essendo una cella solare un generatore reale, in prima approssimazione è rappresentabile da un generatore ideale con la resistenza interna posta in serie, come in fig. 1.

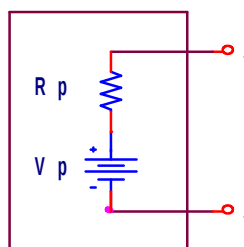


Fig. 1 Modello elettrico di pannello solare semplificato

Per eseguire le misure sarebbe necessario disporre di una sorgente di luce avente lo spettro di emissione luminosa uguale a quella solare, infatti le celle solari sono massimizzate, come rendimento di conversione, allo spettro (del sole) emesso da un corpo nero avente una temperatura di 5700 K. In laboratorio non è disponibile questo generatore di luce e si fa uso di una lampadina ad incandescenza, il cui spettro di emissione non è solo quello di un corpo riscaldato, ma è in parte corretto dall'eccitazione di gas contenuto nell'ampolla (lampada alogena). Non bisogna quindi stupirsi se il rendimento misurato risulterà essere minore di quello dichiarato dal costruttore.

Parte I – Rendimento di una cella fotovoltaica

Il disegno schematico dell'apparato sperimentale che verrà utilizzato per caratterizzare la cella solare è presentato in fig. 2. L'efficienza del pannello verrà estratta per una lampadina alogena da 50 W alimentata a 12 V. L'efficienza del pannello, definita come

$$\eta = \frac{P_{\text{prodotta dalla cella}}}{P_{\text{incidente}}} \quad \text{è ricavabile dalle misurare della corrente di cortocircuito } I_{CC} \text{ e della}$$

tensione a circuito aperto V_p della cella solare per varie distanze cella – lampadina (attenzione, l'amperometro usato ha una sua resistenza interna quindi la corrente I misurata dall'amperometro non è la I_{CC}).

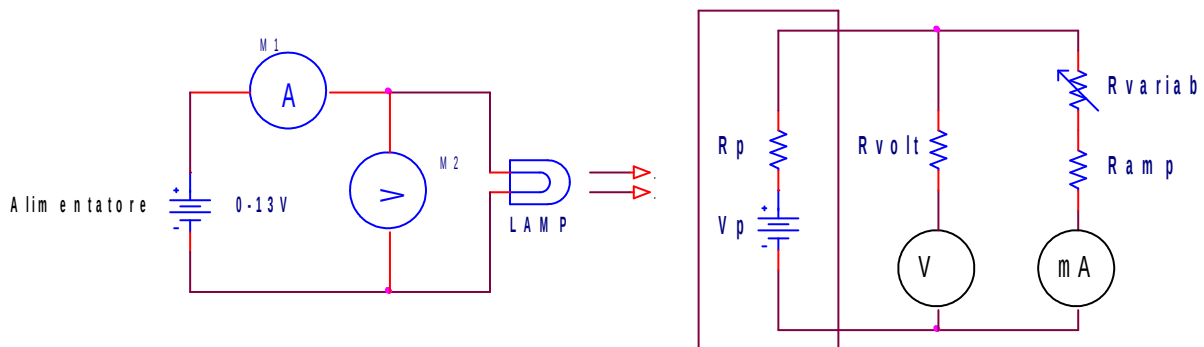
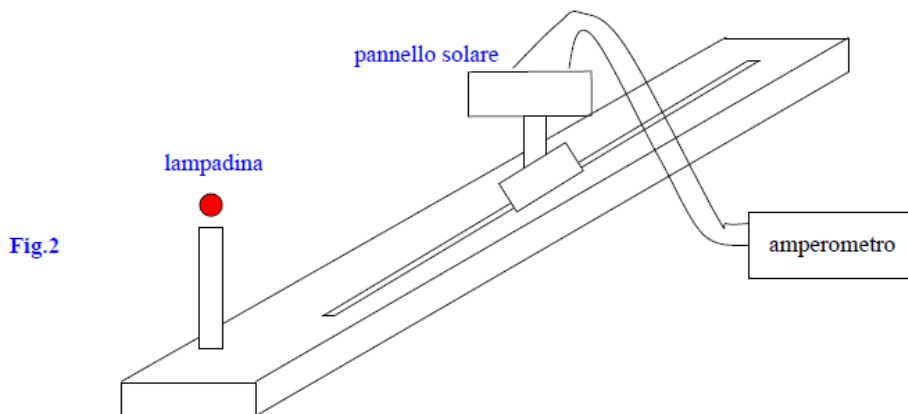


Fig. 3 collegamenti elettrici

Modo di procedere

a) Disporre la cella sul banco ottico, il più possibile vicino alla lampadina, misurare la distanza pannello – filamento ed il diametro del pannello.

b) Montare i circuiti come in figura 3.

Il circuito di sinistra è composto da un alimentatore di tensione continua in grado di fornire la potenza necessaria per alimentare la lampadina (calcolare la corrente che l'alimentatore deve poter fornire) e da una lampadina alogena.

c) Alimentare la lampadina a 12V, leggere sul generatore di tensione in continua (o sul trasformatore) la corrente I_{lamp} che assorbe e la tensione e calcolare la potenza.

ATTENZIONE: NON COLLEGARE TESTER NELLA PARTE A SINISTRA DEL CIRCUITO

Il circuito di destra comprende la cella fotovoltaica il cui modello è rappresentabile da un generatore ideale V_p e da una resistenza interna R_p , un **voltmetro** con la sua resistenza interna R_{volt} , da un **milliamperometro** con la sua resistenza interna R_{amp} e da una resistenza variabile R_{variab} . **Attenzione: R_{variab} deve essere zero nella Parte I dell'esperienza, quindi potete non inserire la scatolina di resistenze variabili in questa Parte I.**

- d)** Leggere la corrente I indicata dal milliamperometro e la tensione sul voltmetro. Il rapporto fra tensione e corrente fornisce il valore della resistenza interna del milliamperometro, che non cambia, a meno di non cambiare scala allo strumento; in questo caso è necessario ripetere la misura.
- e)** Scollegare l'amperometro e leggere la tensione indicata: essa rappresenta la tensione V_p . Osservare che la resistenza interna del pannello è di ordini di grandezza più piccola della resistenza del voltmetro.
- f)** Calcolare la resistenza interna R_p della cella attraverso i dati misurati: V_p , I , R_{amp} .
- g)** Ricavare la corrente di corto circuito della cella come:

$$I_{cc} = \frac{V_p}{R_p} .$$

- h)** Ricavare la potenza elettrica prodotta dalla cella come $P_{pannello} = I_{cc} V_p$.

- i)** Se l'ambiente è molto luminoso, oscurare la luce che prodotta dalla lampada alogena incide direttamente sul pannello e misurare la potenza prodotta dalla luce di fondo $P_{pannello\ fondo}$. Per fare ciò, ripetere la sequenza di misure d)-h) con pannello oscurato.

La potenza generata dalla luce incidente diretta sarà: $P_{pannello\ diretta} = P_{pannello} - P_{pannello\ fondo}$.

- l)** Ripetere le misure da **d)** a **i)** per circa 10-15 distanze (a intervalli di circa 5 cm l'una dall'altra) e trovare la relazione tra la potenza prodotta e la distanza lampadina – pannello.
- n)** Analisi dati: graficare la corrente I_{cc} e la V_p in funzione della distanza.

Analisi dati: efficienza di conversione per la cella elementare

Per calcolare l'efficienza di conversione della cella elementare è necessario calcolare il rapporto fra la potenza incidente sulla cella e la potenza elettrica prodotta dal pannello.

La potenza incidente sul pannello è ricavabile dall'angolo solido Ω sotteso dal pannello solare:

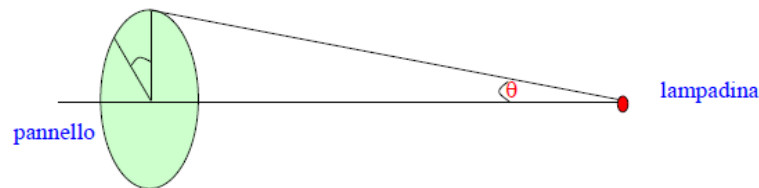


Fig. 5

$$\Omega = \int_0^{2\pi} d\phi \int_0^\theta \sin \alpha d\alpha = 2\pi(1 - \cos \theta) .$$

La lampadina emette potenza su tutto l'angolo solido (4π), quindi la potenza che arriva sul pannello è la frazione $\Omega/4\pi$:

$$P_{incidente} = \frac{1 - \cos \theta}{2} P_{lampadina} . \quad (1)$$

Indicando con r il raggio del pannello è possibile esprimere $\cos \theta$ in termini di lunghezze:

$$\cos \theta = \frac{d}{\sqrt{r^2 + d^2}} . \quad (2)$$

L'efficienza del pannello, in funzione della distanza d dalla sorgente, è data dalla formula:

$$\eta = \frac{P_{\text{pannello}}}{P_{\text{incidente}}}.$$

- Graficare P_{pannello} in funzione della distanza e provare ad effettuare una regressione sui dati sfruttando le relazioni sopra ricavate. In quale configurazione vanno bene? Qual è l'andamento approssimato per grandi distanze dal pannello?
- Graficare l'efficienza in funzione della distanza.

Parte II – Massimo trasferimento di potenza

- Disporre la cella a una certa distanza dalla lampadina (non troppo vicino alla sorgente, per evitare effetti termici sul pannello).
- Ripetere le misure d - I) come nella prima parte, ma facendo variare la resistenza R_{variab} .

Analisi dati:

- Graficare la corrente generata dalla cella in funzione della tensione.
- Graficare la potenza fornita al carico (composto dalla R_{variab} e dalla resistenza R_{amp}). Se il modello proposto è corretto dovrà risultare un massimo della potenza trasferita per

$$R_p = R_{\text{variab}} + R_{\text{amp}}$$

Appendice alla prima parte

In taluni casi la sorgente luminosa è molto distante dai pannelli. In tal caso è possibile semplificare le relazioni tra potenza incidente e potenza prodotta approssimando la superficie del pannello ad una calotta sferica:

$$P_{\text{incidente}} = \frac{S_{\text{pannello}}}{S_{\text{sfera}}} \cdot P_{\text{lampada}}$$

con $P_{\text{lampada}} = VI$ con V tensione di alimentazione della lampada
 I corrente che passa nella lampada

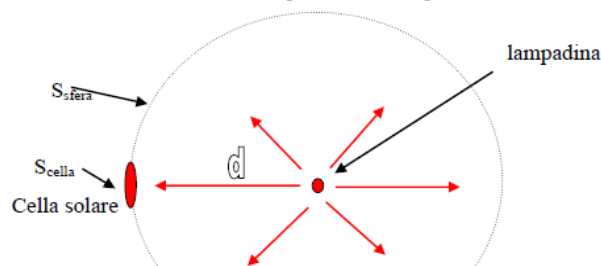


Fig. 4

La potenza che arriva sulla cella è

$$P_{\text{incidente}} = \frac{\pi r^2}{4\pi d^2} \cdot P_{\text{lampadina}} = \frac{r^2}{4d^2} P_{\text{lampadina}}$$

Da notare che questo caso si ottiene facilmente anche dalla relazione (1) osservando che la (2) per $r \ll d$ è approssimabile a:

$$\cos \theta = \frac{d}{\sqrt{r^2 + d^2}} = 1 - \frac{1}{2} \frac{r^2}{d^2}.$$