



Edoardo Alcioni (isd88)

EFFETTO FOTOVOLTAICO E CELLE SOLARI IDEALI

5 December 2011

La conversione energetica dell'energia solare

In questa mia prima serie di post pubblicherò un estratto della mia tesi di laurea epurata dai formalismi inutili e semplificata dove possibile. Il tema è "Progettazione e gestione di un impianto fotovoltaico ad isola". Il primo della serie è dedicato alla teoria dell'effetto fotovoltaico così come è passata attraverso il mio cervello che la ha resa assolutamente for dummies!

Effetto fotovoltaico

La trasformazione della radiazione solare in energia elettrica è operata dalle celle solari per via dell'effetto fotovoltaico, un particolare caso di effetto fotoelettrico scoperto da Alexandre Edmond Becquerel nel 1839.

La prima applicazione pratica riguardò delle celle solari al selenio con un rendimento attorno all'1%, e fu solo con il massiccio sviluppo del drogaggio dei semiconduttori che raggiunsero rendimenti accettabili.

La tecnologia commercialmente più diffusa al giorno d'oggi è quella basata sull'impiego di silicio sia in forma cristallina che in forma amorfa.

Il drogaggio consiste nell'inserimento di singoli atomi con caratteristiche specifiche in posizione sostituzionale nella matrice cristallina del silicio (avente numero atomico 14 e 4 elettroni nello strato di valenza).

Inserendo un atomo ad esempio di Arsenico con 5 elettroni di valenza, questo lascia un elettrone nello strato esterno con spin disaccoppiato che è pronto a migrare nel reticolo (Donatore di elettroni) dando origine al silicio di tipo "n".

Inserendo invece un atomo di Boro (Avente 3 elettroni di valenza) si dà luogo ad una struttura ove uno degli elettroni di valenza negli atomi di Silicio, contigui a quello dell'elemento estraneo, ha spin disaccoppiato e ciò crea una "lacuna", cioè un accettore di elettroni, detto anche silicio di tipo p.

Accoppiando uno strato n ed uno p si ottiene all'interfaccia il cosiddetto "doppio strato" in cui nasce un campo elettrico; al suo interno gli elettroni liberi sono respinti dallo strato carico negativamente (nella zona p) e sono attratti dallo strato carico positivamente (nella zona n).

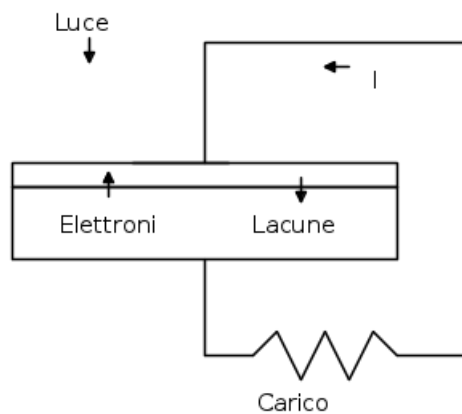
La struttura così ottenuta si presta a svariati usi; ad esempio se si collega ad una

sorgente di carica, il doppio strato permette il passaggio di corrente se si collega il polo positivo di un apparato di generazione di energia elettrica alla giunzione p e quello negativo alla giunzione n; diversamente si ha un impedimento alla circolazione della corrente.

Si è così ottenuto un diodo a giunzione.

Se si espone la giunzione p-n ad un flusso di fotoni di energia sufficiente (Maggiore di un valore detto di soglia) si ha una creazione di elettroni liberi aggiuntivi tanto nella giunzione n che in quella p.

Il campo elettrico “nel doppio strato” della giunzione p-n, permette il passaggio della carica e si produce un flusso di corrente convenzionale diretto dalla zona p alla zona n come illustrato nella figura sottostante



La cella ideale: efficienza quantica

Una giunzione al silicio ideale ha un rendimento di conversione energetica funzione solo della lunghezza d'onda della radiazione incidente. Per vincere l'attrazione che ha il nucleo verso gli elettroni di valenza è necessario infatti che l'energia posseduta dall'onda sia maggiore di quella di gap E_g .

Poiché l'energia posseduta da un fotone è esprimibile come

$$E = h\nu \quad \text{J}$$

Con $h = \text{costante di Planck} = 6.625 \cdot 10^{-34} \text{ [Js]}$

$\nu = \text{frequenza [Hz]}$

O alternativamente come

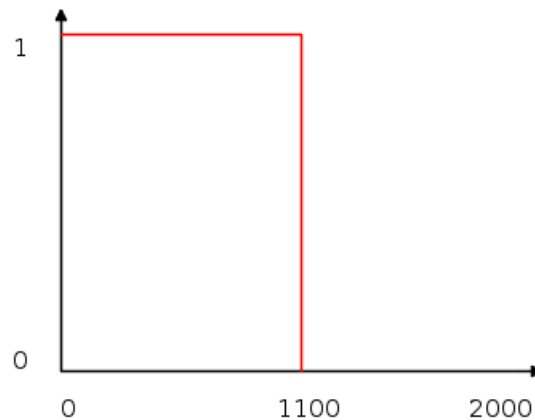
$$E = 1,242 / \lambda \text{ [eV]}$$

Con λ lunghezza d'onda in μm

Tramite questa formula si ottiene una relazione tra la lunghezza d'onda e l'energia posseduta dalla radiazione in un'unità di misura direttamente confrontabile con quella di E_g . Nell'ipotesi di un semiconduttore ideale a 20°C, l'energia necessaria alla fuga dell'elettrone dall'orbita di valenza è di circa $E_g = 1,12 \text{ eV}$ che corrispondono ad una lunghezza d'onda di 1,1 μm .

Tutti i fotoni di lunghezza d'onda superiore a 1.1 μm non partecipano quindi alla formazione di portatori di carica (coppia elettrone libero-lacuna) e quindi alla generazione energetica ma provocano solo il riscaldamento della cella solare. Inoltre tutti quei fotoni di energia sufficiente a generare un portatore di carica cedono la loro energia in surplus rispetto al valore di ionizzazione del silicio sotto forma di calore.

Ipotizzando l'esistenza di una cella solare non affetta da perdite di alcun genere si può esprimere il rendimento di conversione della radiazione incidente in termini di "quantum efficiency". Con questo termine si definisce il rapporto tra portatori di carica formati e fotoni incidenti. Una giunzione al silicio con le suddette caratteristiche avrebbe un'efficienza quantica unitaria su tutto il range di lunghezze d'onda inferiori a quella di soglia (1,1 μm) come indicato in figura.



Estratto da "<http://www.electroyou.it/mediawiki/index.php?title=UsersPages:Isd88:effetto-fotovoltaico-e-celle-solari-ideali>"