

CRISTINA PAVERI

La tecnologia del fotovoltaico sfrutta l'energia solare convertendo l'energia luminosa in energia elettrica con un impatto ambientale minimo. È impiegabile in diverse applicazioni, dalle calcolatrici ai sistemi più complessi per l'alimentazione a basso costo di satelliti di comunicazione, ai sistemi di illuminazione, agli elettrodomestici, alla segnaletica stradale e altro ancora.

L'IRRAGGIAMENTO SOLARE

La terra riceve solo una minima parte dell'energia irradiata dal sole con una densità media di 1.367 W/m^2 (costante solare) all'esterno dell'atmosfera terrestre. Dopo aver attraversato l'atmosfera, l'irraggiamento giunge al livello del mare a 1.000 W/m^2 , in condizioni atmosferiche ottimali. Tuttavia la quantità che raggiunge effettivamente la terra varia per ogni Paese in funzione della zona, della stagione, dell'ora, del clima e dell'inquinamento atmosferico.

MATERIALI TRADIZIONALI...

La conversione dell'energia avviene all'interno di una cella fotovoltaica. Il silicio monocristallino è stato il primo materiale utilizzato per realizzare celle ed è tuttora il più diffuso. Ogni atomo di silicio presenta 14 elettroni di cui solo 4 di valenza (in grado di formare legami con altri atomi) negli strati più esterni. L'energia di bandgap del silicio, la quantità di energia necessaria a liberare un elettrone, è di 1,1 eV. Oltre al silicio monocristallino si utilizzano anche il silicio multicristallino o amorfo (non cristallino).

... E NUOVI MATERIALI

Nella realizzazione delle celle, in alternativa al silicio è possibile utilizzare film sottili policristallini che utilizzano materiali quali tellururo di cadmio (CdTe) e diseleniuro rame indio selenio (Cis), oppure film sottili monocristallini con celle in arseniuro di gallio (GaAs).

L'EFFETTO FOTOVOLTAICO

La luce incidente su una cella solare può essere riflessa, assorbita oppure diffusa. In una cella tradizionale solamente la componente

assorbita viene trasferita agli elettroni presenti negli atomi del materiale con cui è realizzata la cella e solo i fotoni (pacchetti di energia luminosa) con un livello di energia sufficiente, vale a dire superiore all'energia di bandgap, possono liberare gli elettroni spezzandone il legame covalente negli atomi del materiale semiconduttore. E solo grazie al campo elettrico intrinseco la cella può generare la corrente necessaria a pilotare un carico esterno. Per generare il campo elettrico si utilizzano due strati di materiali semiconduttori diversi a contatto: uno strato drogato n, ad esempio nel caso del silicio mediante atomi di fosforo pentavalente, con elettroni in eccesso e una carica elettrica negativa; e uno strato drogato p, mediante atomi di boro trivalente, a maggioranza di lacune con una

zione lo strato superiore è formato da un materiale a elevato bandgap il quale, essendo trasparente, permette alla luce incidente di raggiungere lo strato inferiore a sua volta formato da un materiale a basso bandgap. L'utilizzo di materiali diversi elimina le criticità legate al drogaggio mentre lo strato a elevato bandgap riduce la resistenza serie delle celle.

La terza struttura p-i-n/n-i-p si ottiene interponendo uno strato intrinseco (di tipo i o non drogato) tra uno strato n e uno strato p. Questa geometria a tre strati genera un campo elettrico tra le regioni

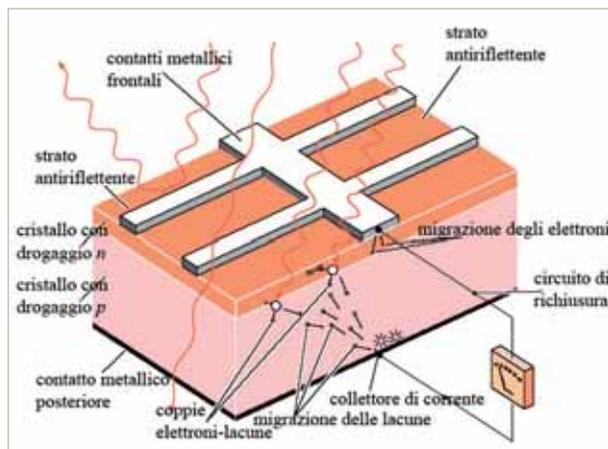
EFFICIENZA

Le celle solari devono massimizzare l'assorbimento di fotoni per liberare il numero massimo di elettroni. Una possibilità per ottimizzare l'efficienza delle celle è minimizzare la ricombinazione di elettroni e lacune utilizzando un materiale in grado di liberare gli elettroni il più possibile vicino alla giunzione. Un altro fattore di miglioramento è dato dal corretto posizionamento dei contatti elettrici al fine di minimizzare effetti di shading (ombreggiamento) e resistenze parassite.

Per ottimizzare le prestazioni di

A proposito di energia solare

Vediamo come l'uomo riesce a incanalare l'energia del sole per utilizzarla al meglio



Struttura di una cella fotovoltaica (www.ricercaitaliana.it)

carica positiva. In questo modo si crea una giunzione p/n e quindi un campo elettrico all'interfaccia come conseguenza del flusso dei portatori di carica.

STRUTTURA DI UNA CELLA

Con i materiali descritti si realizzano celle solari a partire da 4 strutture di base denominate omogiunzione, eterogiunzione, p-i-n/n-i-p e multigiunzione. Il tipico esempio di cella a omogiunzione è la cella solare in silicio monocristallino: in questo caso un unico materiale, il silicio, viene drogato in modo da formare una giunzione p/n.

In una cella Cis la giunzione è invece formata dal contatto tra due diversi semiconduttori (CdS e CuInSe_2): l'eterogiunzione è la struttura preferenziale per realizzare celle con materiali a film sottile in grado di assorbire più luce rispetto al silicio. In un'eterogiun-

n e p nell'area resistiva intrinseca centrale. Le celle a film sottile di silicio amorfo utilizzano una struttura p-i-n in cui lo strato superiore è formato da silicio di tipo p, quello intermedio da silicio intrinseco e lo strato inferiore da silicio di tipo n. La sequenza di deposizione degli strati è invertita nelle celle CdTe formate da uno strato di solfuro di cadmio (CdS) di tipo p, uno strato di CdTe intrinseco e uno strato di tellururo di zinco di tipo n (ZnTe). Con le celle multigiunzione, che prevedono la sovrapposizione di singole celle con bandgap diversi, è

una cella in silicio è inoltre necessario minimizzare la riflessione, considerato che il silicio può fungere da specchio riflettendo fino al 30% della luce.

Si utilizza a tal fine una tecnica di rivestimento dello strato superiore con ossido di silicio (SiO_2) oppure si realizza mediante etching chimico un pattern in grado di catturare i raggi luminosi.

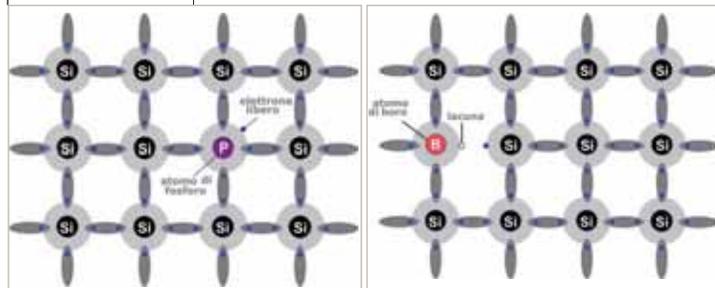
SISTEMI FV

Le singole celle realizzate con materiali semiconduttori di diverse forme e dimensioni sono collegate tra loro per formare moduli FV in grado di generare energia elettrica.

I moduli a loro volta possono essere combinati per formare array FV la cui taglia dipende

dalle richieste degli utenti in termini di potenza e di quantità di luce solare disponibile.

I moduli di array costituiscono la parte principale di un sistema FV che include inoltre collegamenti elettrici, hardware, dispositivi di condizionamento della potenza e batterie di immagazzinamento dell'energia solare.



Silicio drogato (<http://www.ingegneridelsole.it/drogaggio.htm>)

possibile migliorare l'efficienza. Le celle sono disposte in modo tale che la luce del sole raggiunga prima il materiale a bandgap più elevato. I fotoni non assorbiti dalla prima cella vengono trasmessi alla seconda e così via fino all'ultima cella a bandgap minimo.