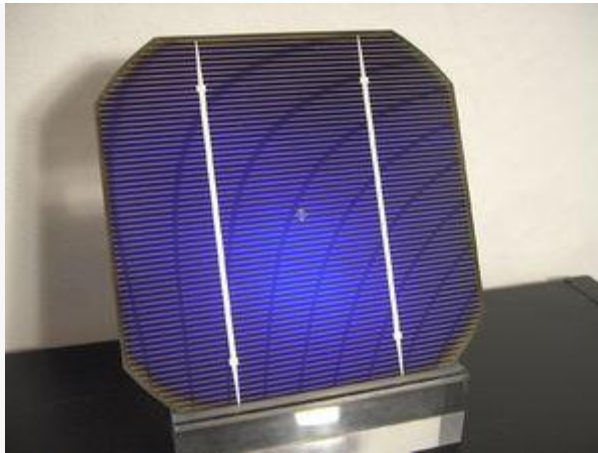


Tecnologie realizzative a confronto fonte wiki pedia



Cella solare di monocristallino

Dei molti materiali impiegabili per la costruzione dei moduli fotovoltaici, il silicio è in assoluto il più utilizzato. Il silicio viene ottenuto in wafer che vengono in seguito uniti tra loro a formare un modulo fotovoltaico.

Le tipologie costruttive delle celle fotovoltaiche più comuni sono:

- **Silicio monocristallino**: presentano efficienza dell'ordine del 16-17%. Sono tendenzialmente costose e, dato che i wafer vengono tagliati da lingotti cilindrici, è difficile ricoprire con essi superfici estese senza sprecare materiale o spazio.
- **Silicio policristallino**: celle più economiche, ma meno efficienti (15-16%), il cui vantaggio risiede nella facilità con cui è possibile tagliarle in forme adatte ad essere unite in moduli.
- **Silicio "ribbon" (a nastro)**: preparate da silicio fuso colato in strati piani. Queste celle sono ancora meno efficienti (13,5-15%), ma hanno il vantaggio di ridurre al minimo lo spreco di materiali, non necessitando di alcun taglio. Un approccio alternativo procede con la ricopertura dell'intero modulo con il materiale desiderato e il successivo disegno delle celle da parte di un laser.
- **Silicio amorfo depositato da fase vapore**: hanno un'efficienza bassa (8%), ma sono molto più economiche da produrre. Il silicio amorfo (Si-a) possiede un bandgap maggiore del silicio cristallino (Si-c) (1,7 eV contro 1,1 eV): ciò significa che è più efficiente nell'assorbire la parte visibile dello spettro della luce solare, ma meno efficace nel raccoglierne la parte infrarossa. Dato che il silicio nanocristallino (con domini cristallini dell'ordine del nanometro) ha circa lo stesso bandgap del Si-c, i due materiali possono essere combinati creando una cella a strati, in cui lo strato superiore

di Si-a assorbe la luce visibile e lascia la parte infrarossa dello spettro alla cella inferiore di silicio nanocristallino.

- **CIS:** basate su strati di calcogenuri (ad es. $\text{Cu}(\text{In}_x\text{Ga}_{1-x})(\text{SexS}_{1-x})_2$). Hanno un'efficienza fino all'11%, ma il loro costo è ancora troppo elevato.
- **Celle fotoelettrochimiche:** queste celle, realizzate per la prima volta nel 1991, furono inizialmente concepite per imitare il processo di fotosintesi. Questo tipo di cella permette un uso più flessibile dei materiali e la tecnologia di produzione sembra essere molto conveniente. Tuttavia, i coloranti usati in queste celle soffrono problemi di degrado se esposti al calore o alla luce ultravioletta. Nonostante questo problema, questa è una tecnologia emergente con un impatto commerciale previsto entro una decina di anni.
- **Cella fotovoltaica ibrida:** combina i vantaggi dei semiconduttori organici e di vari tipi di semiconduttori inorganici.
- **Cella fotovoltaica a concentrazione:** unisce alle tecnologie di cui sopra, delle lenti a concentrazione solare che aumentano

sensibilmente l'efficienza. Rappresentano la nuova promettente generazione di pannelli ancora in fase di sviluppo^[5].

Moduli cristallini

- Silicio monocristallino, in cui ogni cella è realizzata a partire da un wafer la cui struttura cristallina è omogenea (monocristallo), opportunamente drogato in modo da realizzare una giunzione p-n;
- Silicio policristallino, in cui il wafer di cui sopra non è strutturalmente omogeneo ma organizzato in grani localmente ordinati.

Moduli a film sottile

I moduli fotovoltaici a film sottile vengono realizzati tramite la deposizione del materiale semiconduttore su un supporto di tipo vetroso, per i pannelli rigidi da utilizzare all'aperto; oppure di plastica, nel caso di pannelli flessibili per utilizzi meno convenzionali.

Il modulo in film sottile viene realizzato in maniera monolitica e non richiede l'assemblaggio di più celle, come nel caso di pannelli in silicio cristallino, inoltre la quantità di materiale semiconduttore presente nel pannello risulta notevolmente inferiore rispetto ai pannelli realizzati con celle standard riducendo i costi di produzione, d'altro canto, il materiale depositato risulta avere una elevata difettosità e di conseguenza i pannelli in film sottile avranno un rendimento inferiore rispetto ai loro equivalenti monocristallini.

I moduli in film sottile si suddividono in varie categorie a seconda dei materiali semiconduttori depositati su di esso, fra i più diffusi troviamo:

- Silicio amorfo, in cui gli atomi di silicio vengono depositi chimicamente in forma amorfa, ovvero strutturalmente disorganizzata, sulla superficie di sostegno. Questa tecnologia impiega quantità molto esigue di silicio (spessori dell'ordine del micron). I moduli in silicio amorfo mostrano in genere una efficienza meno costante delle altre tecnologie rispetto ai valori nominali, pur avendo garanzie in linea con il mercato. Il dato più interessante riguarda l'EROEI, che fornisce valori molto alti (in alcuni casi arrivano anche a 9), il che attesta l'economicità di questa tecnologia.
- Tellururo di cadmio (CdTe): sono i pannelli a film sottile più economici e col più basso rendimento termodinamico. A maggio 2011, il Consiglio d'Europa ha confermato che non esiste alcun divieto di produzione o installazione di questi pannelli, allo scopo di rispettare gli obiettivi prefissati in termini di energie rinnovabili ed efficienza energetica; contestualmente, data la sua documentata tossicità, ha inserito il cadmio nella lista dei materiali vietati nelle produzioni elettriche o elettroniche. Il divieto di utilizzo nella produzione di celle fotovoltaiche parte dal 2013 (modifica alla Direttiva: *Restriction of Hazardous Substances Directive* del 24 novembre 2010).
- Solfuro di cadmio (CdS) microcristallino, che presenta costi di produzione molto bassi in quanto la tecnologia impiegata per la sua produzione non richiede il raggiungimento delle temperature elevatissime necessarie invece alla fusione e purificazione del silicio. Esso viene applicato ad un supporto metallico per spray-coating, cioè viene letteralmente spruzzato come una vernice. Tra gli svantaggi legati alla produzione di questo genere di celle fotovoltaiche vi è la tossicità del cadmio ed il basso rendimento del dispositivo.
- Arseniuro di gallio (GaAs), una lega binaria con proprietà semiconduttive, in grado di assicurare rendimenti elevatissimi, dovuti alla proprietà di avere un gap diretto (a differenza del silicio). Viene impiegata soprattutto per applicazioni militari o scientifiche avanzate (come missioni automatizzate di esplorazione planetaria o fotorivelatori particolarmente sensibili). Tuttavia il costo proibitivo del materiale monocristallino a partire dal quale sono realizzate le celle, lo ha destinato ad un impiego di nicchia.
- Diseleniuro di indio rame (CIS), con opacità variabile dal 100% al 70% ottenuta mediante fori ricavati direttamente nel film.

- Diseleniuro di indio rame gallio (CIGS)

Varianti proprietarie

- Eterogiunzione, letteralmente giunzione tra sostanze diverse, in cui viene impiegato uno strato di silicio cristallino come superficie di sostegno di uno o più strati amorfi o cristallini, ognuno dei quali ottimizzato per una specifica sotto-banda di radiazioni;
- *Silicio microsferico*, in cui si impiega silicio policristallino ridotto in sfere del diametro di circa 0,75 µm ingabbiate in un substrato di alluminio;

Delle tecnologie citate, soltanto l'amorfo e il microsferico permettono la flessione del modulo: nel caso dell'amorfo non vi è la struttura cristallina del materiale ad impedirne la flessione, nel caso del microsferico non è la cella (sfera) a flettersi, ma la griglia a nido d'ape su cui è disposta.