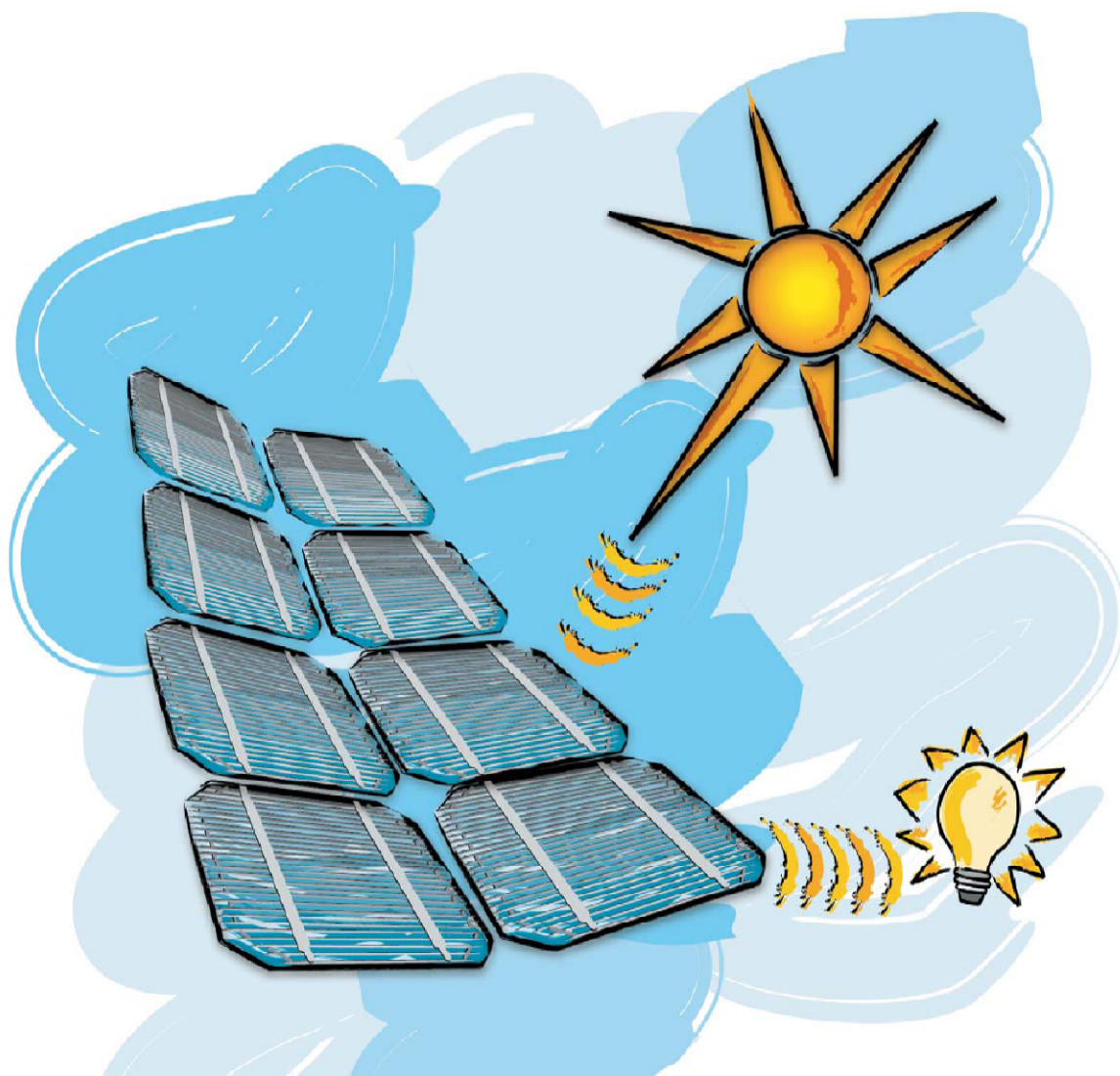
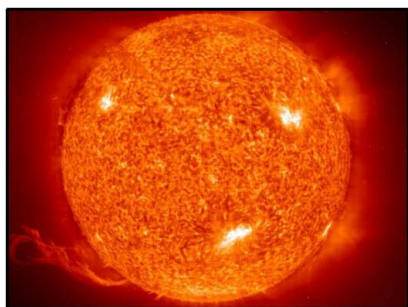


L'ENERGIA FOTOVOLTAICA



DEFINIZIONE

Il sole è una stella in cui avvengono delle reazioni di fusione nucleare di atomi di idrogeno, creando elio ed energia pura sotto forma di radiazione elettromagnetica.

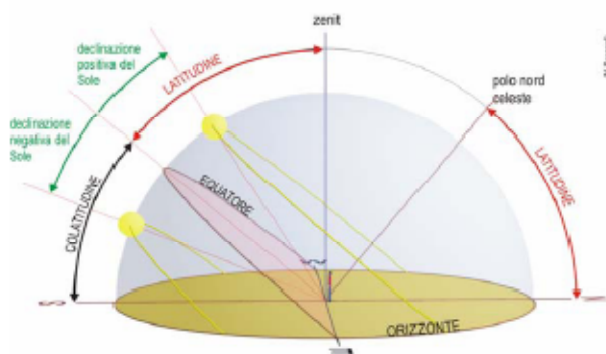


Questa radiazione elettromagnetica investe costantemente la terra sotto forma di fotoni di varia lunghezza d'onda. Ma la rotazione della terra intorno al suo asse determina che questo flusso costante di energia colpisca solo una porzione della superficie terrestre, determinando anche la sua illuminazione (il giorno). La restante parte della terra invece non essendo investita risulta al buio (la

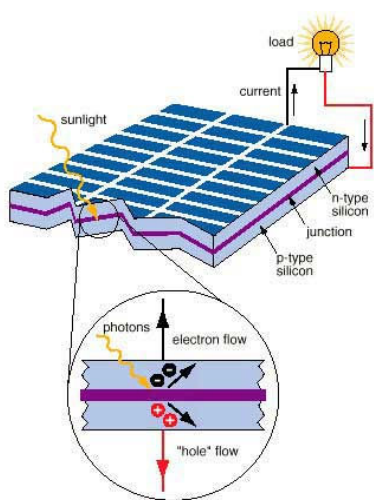
notte).

Dunque se la rotazione da una parte permette di diffondere l'energia che proviene dal sole in modo uniforme su tutta la superficie terrestre, d'altra parte comporta una discontinuità di presenza di energia solare nell'arco delle 24 ore.

La stessa energia che colpisce la terra non è però costante su tutta la superficie terrestre ma dipende dalla latitudine. Per definire la quantità di energia che riceve la terra per ogni unità di superficie viene utilizzata la seguente unità di misura: KWh/m^2



TECNOLOGIA



La tecnologia **Fotovoltaica** consente di trasformare in maniera diretta l'energia associata alla radiazione solare in energia elettrica sfruttando il fenomeno fotoelettrico.

Il **Fotovoltaico** è un processo di conversione della radiazione solare in una corrente di elettroni. La conversione diretta dell'energia solare in energia elettrica, realizzata con la cella fotovoltaica, utilizza il fenomeno fisico dell'interazione della radiazione luminosa con gli elettroni di valenza nei materiali semiconduttori, denominato effetto fotovoltaico.

Gli impianti fotovoltaici in pratica consentono di trasformare, direttamente e istantaneamente, l'energia solare in energia elettrica senza l'uso di alcun combustibile. Producono elettricità là dove serve, non richiedono praticamente manutenzione, non danneggiano l'ambiente e offrono il vantaggio di

essere costruiti "su misura", secondo le reali necessità dell'utente.

Il componente elementare di un generatore fotovoltaico è la cella. È lì che avviene la conversione della radiazione solare in corrente elettrica. Essa è costituita da una sottile fetta di un materiale semiconduttore dello spessore di circa 0,3mm.

Celle Fotovoltaiche

La cella rappresenta la base di un sistema fotovoltaico. La superficie di una cella è pari a circa 100 cmq ma ci sono anche celle di dimensioni maggiori. Può essere

realizzata in diverse forme, ma solitamente è di forma quadrata, anche se sono diversi i materiali di cui può essere costituita, ben l'80% delle celle attualmente disponibili sul mercato sono realizzate in silicio mono o policristallino, l'altro 20% è coperto principalmente dalla tecnologia amorfa. La tecnologia amorfa è principalmente utilizzata nelle microapplicazioni, come ad esempio nell'alimentazione di calcolatrici, orologi o altri oggetti simili, per i quali sono necessarie celle di bassa potenza e peso contenuto, facilmente ottenibili con questa tecnologia.

Per potere operare un **confronto tra le prestazioni di diverse celle** è necessario determinare delle condizioni operative di riferimento (STC standard test condition) e che sono state stabilite convenzionalmente nel seguente modo:

- **Intensità della radiazione solare** pari a 1000 W/m² (equivalente alle condizioni di insolazione in una giornata di sole con cielo limpido);
- **Temperatura** della cella pari a 25°C
- **Spettro solare AM 1,5** (composizione spettrale che la radiazione solare assume dopo aver percorso una massa atmosferica pari a 1,5 volte quella terrestre).

L'unità di misura teorica della potenza fotovoltaica è il Watt di picco Wp, e misura la potenza di una cella fotovoltaica nelle condizioni standard. Il Watt di picco dunque è una unità di misura che si riferisce esclusivamente alle condizioni standard di esercizio per cui non necessariamente corrisponde alla potenza effettiva di un impianto.

L'efficienza di conversione rappresenta il parametro più importante che caratterizza una cella fotovoltaica. Essa rappresenta il rapporto tra la potenza massima ottenuta dalla cella e la potenza della radiazione incidente sulla sua superficie frontale.

Le celle commerciali in silicio monocristallino hanno un'efficienza di conversione pari al 18% mentre quelle in silicio policristallino pari al 14% al massimo. Questo non vuol dire semplicemente che le celle in silicio monocristallino hanno un'efficienza maggiore di quelle in silicio policristallino ma è più giusto dire che la superficie captante necessaria a raggiungere una determinata potenza è minore nel caso di cella in monocristallo.

L'efficienza di celle al silicio è influenzata dalla temperatura della cella. All'aumentare della temperatura della cella infatti viene ostacolato il passaggio degli elettroni nel semiconduttore con un conseguente decadimento delle prestazioni del sistema fotovoltaico. La tensione diminuisce al crescere della temperatura di circa 2,25 mV/°C per le celle al silicio. Nel caso di integrazione architettonica è opportuno prevedere un'intercapedine che permetta il passaggio di aria dietro ai moduli per ostacolare il riscaldamento della cella e quindi la sua perdita di efficienza.

Silicio Cristallino

Il silicio è il semiconduttore più utilizzato nella produzione di celle fotovoltaiche. Principalmente ciò è dovuto alla sua illimitata disponibilità sulla terra.

Silicio Monocristallino

Le celle in silicio monocristallino hanno un grado di purezza più elevato rispetto alle celle in policristallino ed hanno un'efficienza maggiore che va dal 14 al 17%, ed è per questo che risultano più costose. Inoltre il silicio monocristallino è utilizzato anche nell'industria elettronica, come precedentemente detto, e questa circostanza ne fa lievitare ulteriormente il prezzo. Hanno un'affidabilità garantita dalle aziende produttrici garantita per oltre 25 anni, anche se la loro vita media può

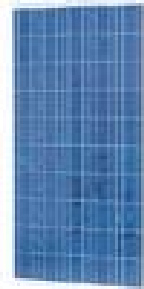


superare anche i 30 anni. Le principali applicazioni riguardano gli impianti stand alone in particolare in condizioni climatiche poco favorevoli, in quanto le celle presentano un'elevata efficienza con una superficie captante piccola

La realizzazione di celle in silicio monocristallino avviene mediante il metodo Czochralsky. Si immerge per pochi millimetri un seme monocristallino di silicio in un crogiolo in cui vi è silicio puro fuso. Gli atomi di silicio fuso, a contatto con il seme monocristallino introdotto si orientano secondo il reticolo atomico della struttura del silicio. A questo punto si procede molto lentamente a sollevare il seme monocristallino, estraendolo dalla massa fusa. Il silicio fuso aderente al seme si solidifica molto rapidamente conservando la struttura monocristallina del seme. Mediante un controllo rigoroso della temperatura del materiale fuso, dell'atmosfera nella camera, e della velocità di estrazione, ed evitando ogni tipo di vibrazione, è possibile ottenere dei fusi omogenei di forma cilindrica con un diametro di circa 13 - 20 cm e lunghezza che può raggiungere i 200 cm. Il fuso viene poi tagliato mediante un disco diamantato in sottili fettine chiamate wafer con spessore di circa 250 - 350 μm .

Silicio Policristallino

Le celle in silicio policristallino hanno un'efficienza che va dal 12 al 14%. Si realizzano riciclando componenti elettronici scartati, ossia il cosiddetto "scraps di silicio" il quale viene rifiuto per ottenere una composizione cristallina compatta. Questi scarti di silicio vengono fusi all'interno di un crogiolo in modo da creare un composto omogeneo che poi viene raffreddato in modo tale da generare una cristallizzazione che si sviluppa in verticale. Si ottiene così un pane di circa 150-200 kg che poi viene tagliato verticalmente in lingotti di forma parallelepipedica. Con un altro taglio, questa volta orizzontale, si ricavano delle fette di spessore simile ai wafer del monocristallo.



Silicio Amorfo

Un'alternativa alla tecnologia del silicio cristallino è rappresentata dal silicio amorfo.



La produzione di silicio amorfo si realizza mediante un processo di deposizione di uno strato di 1-2 micrometri di silicio cristallino su di una superficie di vetro o plastica. Non si parla più di celle in quanto possono essere ricoperte superfici anche consistenti in modo continuo. Questo tipo di tecnologia presenta un'efficienza inferiore rispetto a quella del cristallino, che va dal 5 al 6.8%. Inoltre a causa del cosiddetto effetto "Staebler - Wronsky" che si verifica già nei primi mesi di esercizio è opportuno sovradimensionare il progetto per evitare di deludere le aspettative di produzione elettrica. La vita media di un sistema fotovoltaico in silicio amorfo è di circa 10 anni, sicuramente inferiore rispetto a quella del silicio cristallino. Esistono però alcuni aspetti interessanti nell'applicazione del silicio amorfo in sistemi fotovoltaici. Ad esempio il

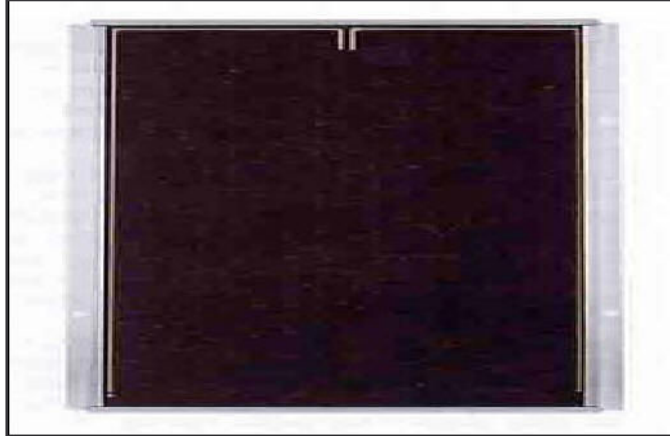
fatto che lo spessore di silicio depositato sia molto ridotto permette un grande risparmio sul materiale, inoltre è possibile riciclare il materiale di scarto della tecnologia cristallina. Questo si traduce in termini di costi molto competitivi. Tuttavia

il processo produttivo non ha ancora raggiunto una diffusione su vasta scala tale da permettere risultati economici interessanti. Poiché la deposizione del silicio può essere realizzata su materiali di diversa natura, si può utilizzare tale tecnologia per ottenere prodotti particolari.

Celle a film sottile in CdTe (Telloruro di Cadmio)

Sono costituite da un materiale semiconduttore con caratteristiche simili a quelle dell'arseniuro di Gallio (GaAs) ma sono meno costose.

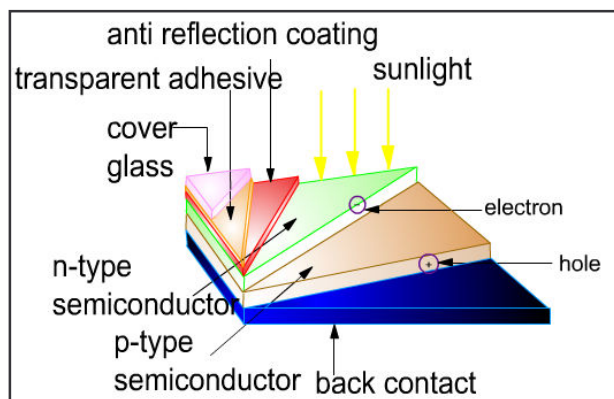
Il processo produttivo detto di "sublimazione in spazio chiuso" risulta tecnologicamente semplice e permette la produzione di celle con efficienze del 15% e con buone caratteristiche di resistenza agli sbalzi termici. Un esempio di cella CdTe è quella costituita da quattro strati e tre giunzioni; questa soluzione migliora le caratteristiche di assorbimento dello spettro solare.



La cella risulta comunque di spessore ridotto in modo da contenere i costi, attualmente si arriva a spessori di 5-10 μm . Inizialmente quando nei primi anni 90' sono apparse, queste celle presentavano un problema sulla costanza di isolamento dell'incapsulante durante le sperimentazioni in esterno che successivamente è stato risolto.

L'efficienza massima arriva al 16% per singole celle e nonostante esistano diversi metodi di produzione questo record non è stato ancora superato.

Il modulo fotovoltaico



Le celle vengono assemblate insieme fra uno strato superiore di vetro ed uno strato inferiore di materiale plastico (Tedlar) e racchiuse da una cornice di alluminio, in modo da costruire un'unica struttura:

il **modulo fotovoltaico**, tradizionalmente costituito da 36 – 72 unità collegate in serie e in parallelo, per una potenza di uscita che va dai 50 agli 150Wp. A

seconda della tensione richiesta dalle utenze elettriche più moduli possono esser connessi, in serie o in parallelo, a costituire una **stringa**. A loro volta più stringhe collegate in parallelo vanno a costituire il **generatore** fotovoltaico.

Un complesso di ulteriori dispositivi (**BOS**) collega il generatore alle utenze, convertendo ed adattando la corrente continua in uscita alle esigenze finali; ne fanno parte:

- sistema di controllo
- convertitore CC/CA o **inverter**

– protezione di interfaccia



In base alla loro configurazione elettrica gli impianti fotovoltaici sono suddivisi in:

- 1** STAND ALONE sistemi autonomi
- 2** GRID CONNECTED sistemi allacciati alla rete elettrica nazionale

Gli impianti stand alone sono impiegati in caso di utenze a bassissimi consumi energetici e per edifici ubicati in zone poco accessibili dalla rete elettrica e quindi difficilmente collegabili. In questa tipologia di sistemi è necessario ricorrere all'utilizzo di **batterie** per accumulare l'energia elettrica e garantire pertanto la continuità dell'erogazione anche nei periodi in cui il generatore non produce corrente. Un altro componente essenziale in caso di sistemi autonomi è il **regolatore di carica**, la cui installazione preserva le batterie da eccessi di carica ed impedisce la scarica eccessiva.

Nei sistemi grid connect la rete fornisce l'energia sufficiente a coprire la richiesta quando non viene prodotta dal generatore fotovoltaico (periodi di scarsa o nulla insolazione) e riceve il surplus di elettricità che il sistema genera nelle ore di

massima incidenza solare. I grid connect sono impiegati nelle centrali fotovoltaiche e negli impianti inseriti negli edifici.

L'integrazione dei moduli fotovoltaici negli edifici offre una serie di vantaggi:

- 1** riduzione delle perdite dovute alla distribuzione.
- 2** riduzione della domanda di picco nei mesi estivi, conseguente ad sempre un maggior impiego di condizionatori.
- 3** risparmio nei materiali di investimento degli edifici.
- 4** recupero dell'energia termica.
- 5** utilizzazione come frangisole per le superfici vetrate esposte a sud.

I moduli fotovoltaici stanno inoltre trovando sempre più spazio di diffusione commerciale in tutti quei casi in cui l'allaccio alla rete nazionale comporterebbe costi sproporzionati rispetto alle ridotte richieste di energia. Rispondono a questi requisiti: illuminazione e segnaletica stradale, ponti radio e ripetitori televisivi, stazioni per la raccolta dati, batterie di servizio di roulotte ed imbarcazioni.

La quantità di energia prodotta da un sistema fotovoltaico è legata ad una serie di fattori che variano da impianto ad impianto, ed i più importanti sono:

Latitudine del sito

Area dell'impianto

Angolo di inclinazione della superficie considerata ed angolo d'orientamento rispetto al sud

Efficienza e grado di pulizia dei moduli

Temperatura delle celle

Rendimento dell'inverter e degli altri componenti elettrici convenzionali (cavi, interruttori, etc.)

A titolo indicativo, prendendo in considerazione le latitudini dell'Italia centrale, un mq di moduli, installato su una struttura fissa, è in grado di erogare in media circa 190 kWh/anno, con una produzione maggiore d'estate e minore d'inverno.

I vantaggi principali di questo tipo di tecnologia riguardano innanzitutto la sua modularità (alta flessibilità di impiego), le ridotte esigenze di manutenzione, in quanto costituiti da materiali resistenti agli agenti atmosferici, un impatto ambientale praticamente nullo e la sua semplicità di utilizzo.