POLITECNICO DI MILANO

Vetro e risparmio energetico
29 ottobre 2009 – Fiera Milano Rho

Il settore fotovoltaico: Quadro della situazione tecnica e normativa

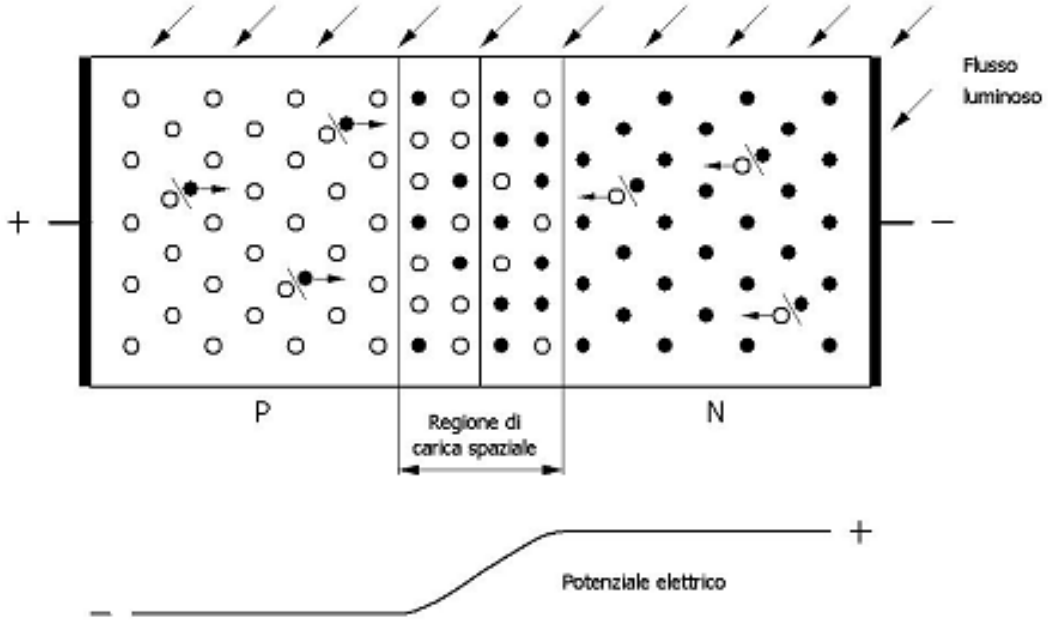
Francesco Groppi

Argomenti trattati

- La conversione fotovoltaica della luce solare
- Le celle fotovoltaiche
- I moduli fotovoltaici
- Fotovoltaico: Aspetti normativi
- Principali norme riguardanti i moduli fotovoltaici
- CEI EN 61215 e CEI EN 61646: Prove di tipo sulle prestazioni del componente

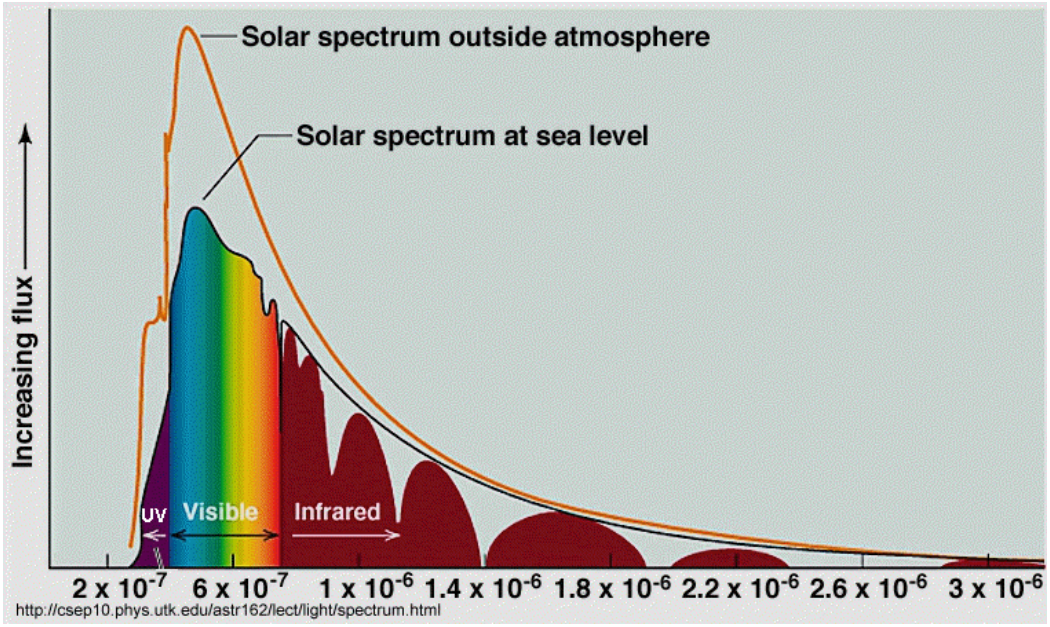
La conversione fotovoltaica della luce solare

- La conversione fotovoltaica avviene per mezzo di opportuni materiali semiconduttori che compongono le celle fotovoltaiche
- In questi materiali, i fotoni che compongono la radiazione solare liberano delle coppie elettrone/lacuna
- Le cariche, positive e negative, messe in movimento dalla giunzione polarizzata generano energia elettrica



La conversione fotovoltaica della luce solare

- Per la valutazione della produzione di energia fotovoltaica di una cella è importante conoscere:
  - L'irraggiamento solare incidente [W/m^2]
  - La composizione dello spettro solare
- L'atmosfera e i rivestimenti protettivi delle celle agiscono da filtro, in particolare per alcune componenti dello spettro solare



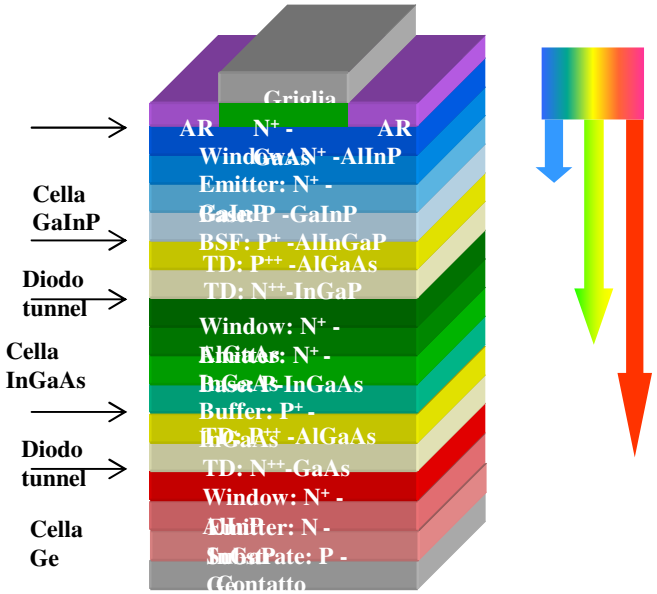
$$E = h \times f$$

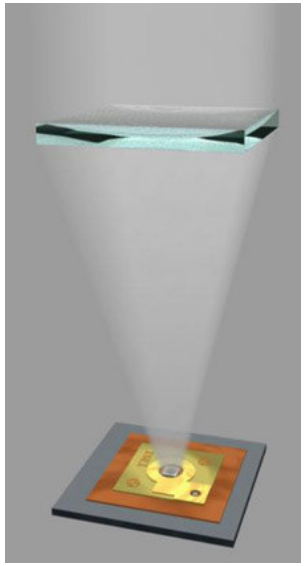
$$f = c / \lambda$$

$$(h=6{,}626\times10^{-34}\ J)$$

La conversione fotovoltaica della luce solare

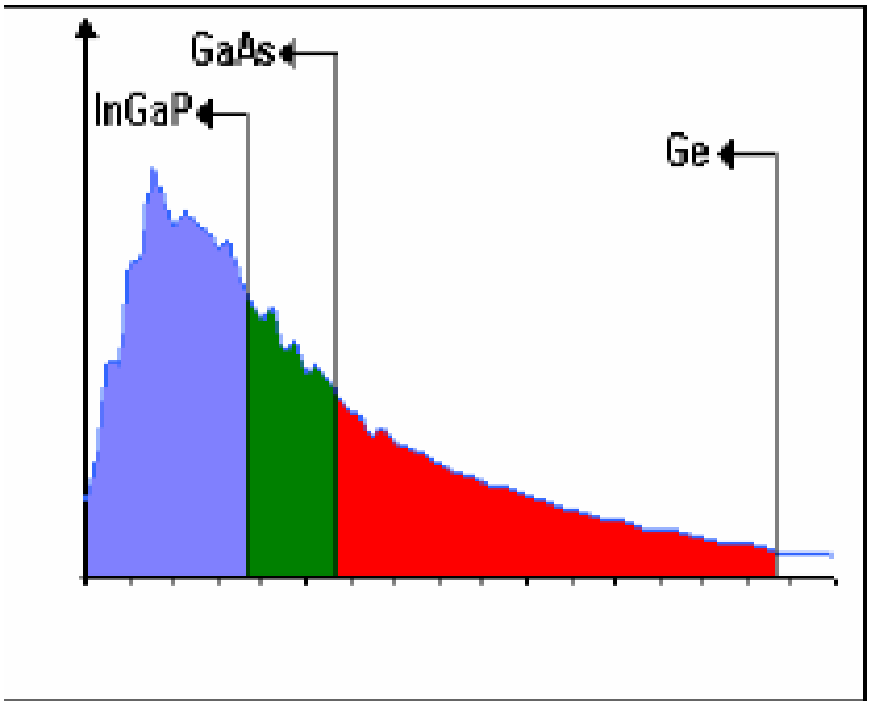
- Solo le componenti spettrali di frequenza sufficiente (e quindi di energia sufficiente) riescono a liberare delle coppie elettrone/lacuna nel semiconduttore
- Al crescere della frequenza della radiazione luminosa si evidenzia un surplus di energia che va perso
- Le celle fotovoltaiche multi-giunzione tendono a sfruttare meglio lo spettro solare ma spesso richiedono dei sistemi a concentrazione

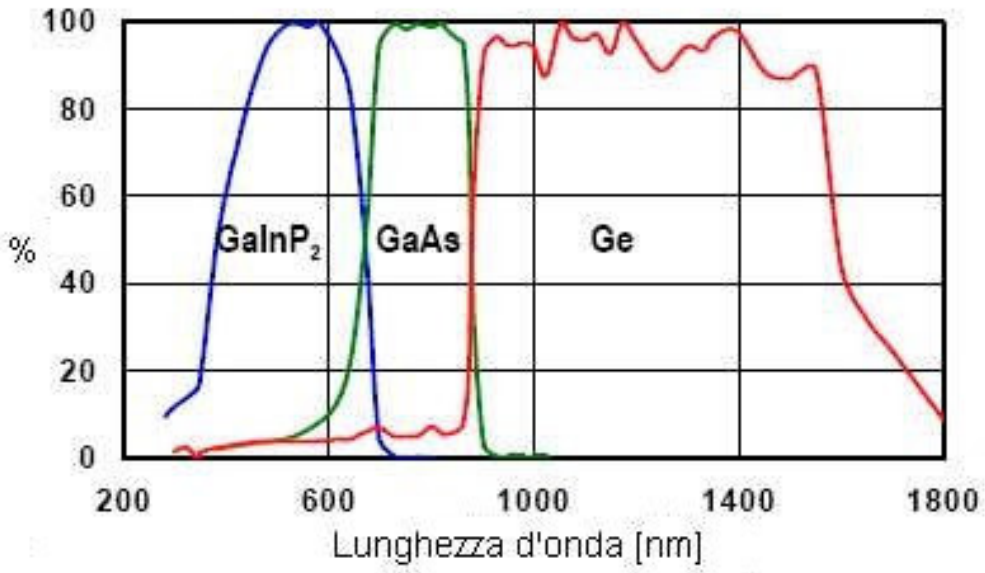




La conversione fotovoltaica della luce solare

- Per ottenere rendimenti di conversione elevati (30÷40%) è necessario impiegare dei materiali in grado di suddividere adeguatamente lo spettro solare





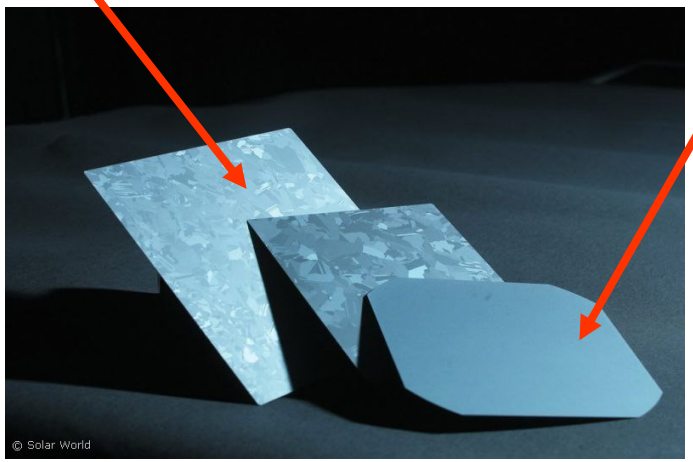
Le celle fotovoltaiche

- Costruttivamente, le celle fotovoltaiche si distinguono principalmente in:
  - Wafer di silicio
    - Monocristallino
    - Policristallino
    - Celle ibride cristallino/amorfo
  - Film sottili
    - Silicio amorfo
    - CdTe
    - CIS/CIGS
    - Celle μ-cristalline a singola giunzione e multigiunzione
- I Wafer di silicio detengono ancora la maggior parte del mercato, ma alcuni film sottili si stanno rapidamente affermando, soprattutto per via dei costi più bassi ($/Wp o €/Wp)

Le celle fotovoltaiche

- Le celle in silicio cristallino possono partire dalla solidificazione in un crogiolo o da un unico lingotto a sezione circolare

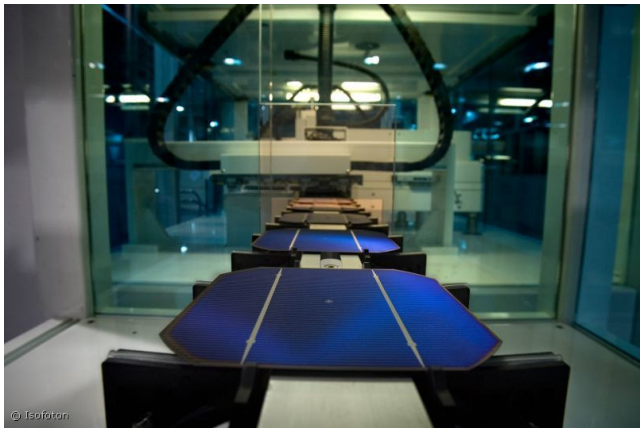
Silicio policristallino

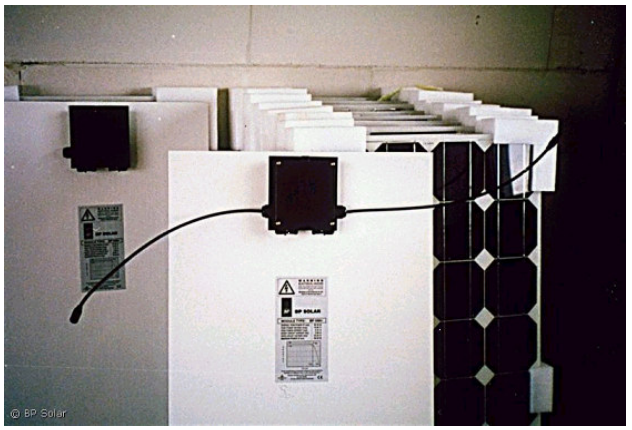


Silicio monocristallino

I moduli fotovoltaici

- La cella fotovoltaica in silicio cristallino attualmente ha uno spessore di 180÷250 μ, deve pertanto essere adeguatamente protetta
- I moduli fotovoltaici raggruppano più celle, così da formare dei dispositivi di sufficiente potenza e notevole robustezza



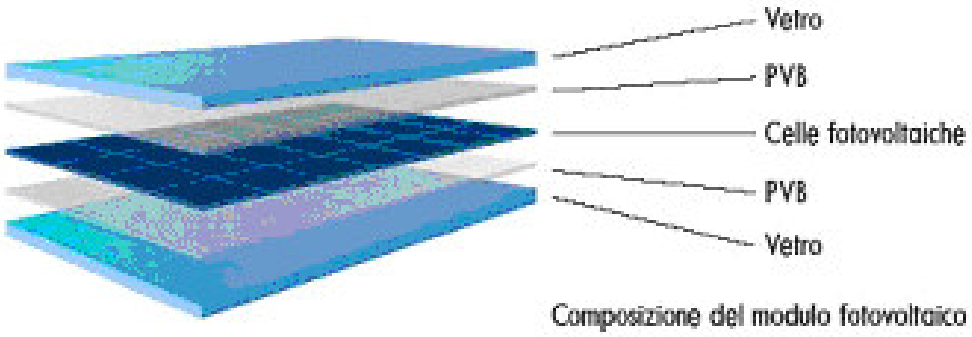


I moduli fotovoltaici

- Il vetro anteriore conferisce la necessaria robustezza al modulo fotovoltaico. Normalmente è di spessore compreso tra 3 e 4 mm
- Sono preferiti i vetri a basso contenuto di ferro per via della loro maggiore trasparenza

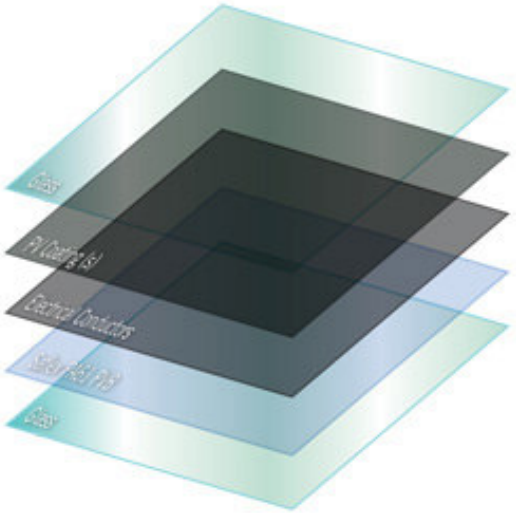
I moduli fotovoltaici

- Nella realizzazione dei moduli fotovoltaici è molto importante il processo di laminazione, che permette di saldare tra loro i singoli strati, ottenendo un “sandwich” robusto e resistente



Composizione del modulo fotovoltaico

Modulo cristallino



Modulo a film sottile

I moduli fotovoltaici

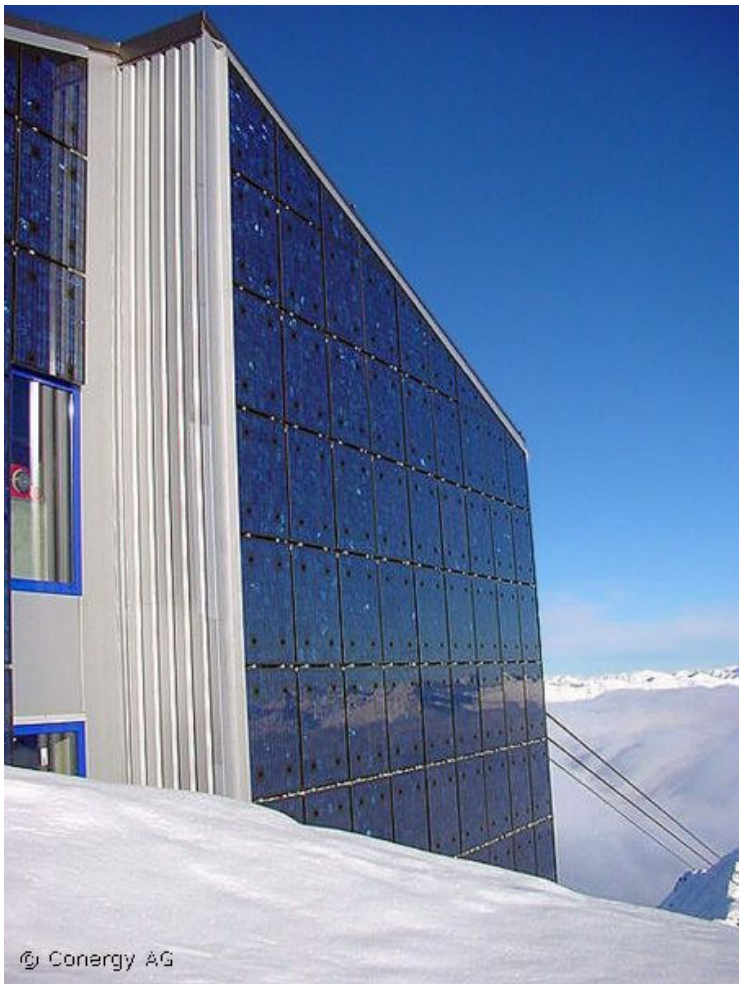
- Le celle fotovoltaiche in film sottile hanno spessori di qualche μ e pertanto sono spesso depositate direttamente su vetro
- In questo caso, il sandwich è composto da vetro anteriore, celle e vetro posteriore

Fotovoltaico: aspetti normativi

- Le norme riguardanti i moduli fotovoltaici sono importanti perché contribuiscono a garantire l'affidabilità e la durata dei prodotti

Fotovoltaico: aspetti normativi

I moduli fotovoltaici devono resistere a condizioni di freddo estremo …



Fotovoltaico: aspetti normativi

… così come ad elevate temperature e a sollecitazioni di ogni tipo

Principali norme riguardanti i moduli fotovoltaici

CEI EN 60904-1 – Dispositivi fotovoltaici – Parte 1: Misura delle caratteristiche fotovoltaiche corrente-tensione

CEI EN 60904-3 – Dispositivi fotovoltaici – Parte 3: Principi di misura per sistemi solari fotovoltaici (PV) per uso terrestre e irraggiamento spettrale di riferimento

CEI EN 61215 – Moduli fotovoltaici (FV) in silicio cristallino per applicazioni terrestri – qualifica del progetto e omologazione del tipo

CEI EN 61646 – Moduli fotovoltaici (FV) a film sottile per usi terrestri – Qualifica del progetto e omologazione del tipo

CEI EN 61345 – Prova all'UV dei moduli fotovoltaici (FV)

Principali norme riguardanti i moduli fotovoltaici

CEI EN 61701 – Prove di corrosione da nebbia salina dei moduli fotovoltaici (FV)

CEI EN 50380 – Fogli informativi e dati di targa per i moduli fotovoltaici

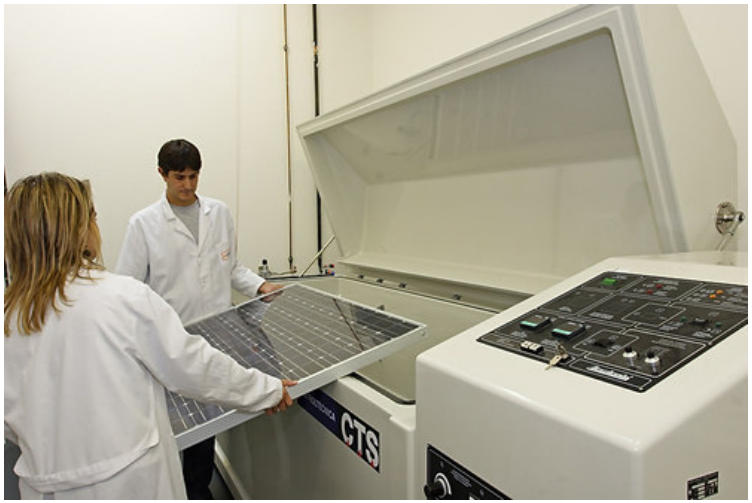
CEI EN 61730-1 – Qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici (FV) – Parte 1: Prescrizioni per la costruzione

CEI EN 61730-2 – Qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici (FV) – Parte 2: Prescrizioni per le prove

CEI EN 62108 – Moduli e sistemi fotovoltaici a concentrazione (CPV) - Qualifica di progetto e approvazione di tipo

CEI EN 61215 e CEI EN 61646:
Prove di tipo sulle prestazioni del componente

- Esame a vista
- Determinazione della massima potenza
- Prova di isolamento
- Misura dei coefficienti di temperatura
- Misura della temperatura nominale di lavoro delle celle (NOCT)
- Prestazioni a STC e a NOCT
- Prestazioni a basso irraggiamento



CEI EN 61215 e CEI EN 61646: Prove di tipo termiche e di illuminamento

- Prova di esposizione in esterno
- Prova di resistenza ai surriscaldamenti localizzati
- Prova di precondizionamento UV
- Prova dei cicli termici
- Prova di umidità e congelamento
- Prova del caldo – umido
- Prova termica del diodo di derivazione
- Esposizione prolungata alla luce (CEI EN 61646)

CEI EN 61215 e CEI EN 61646: Prove di tipo meccaniche

- Prova di robustezza delle terminazioni
- Prova della corrente di dispersione in ambiente umido
- Prova di carico meccanico
- Prova alla grandine

Conclusioni

- Attualmente, l'offerta di componenti fotovoltaici è molto vasta e risulta molto differenziata in termini di
  - Tecnologia delle celle
  - Prestazioni
  - Prezzo
  - Aspetto e possibilità di integrazione architettonica
  - Materiali non fotovoltaici utilizzati
  - Affidabilità e durata
  - Grado di innovazione tecnologica
  - Norme di prodotto applicabili
  - LCA e altri aspetti ambientali
- L'attività normativa è tesa a fornire dei criteri di scelta applicabili e confrontabili a tutela degli investitori e più in generale della diffusione del fotovoltaico

Grazie per l'attenzione e buon lavoro

frgrop@alice.it