

Problematiche legate ai moduli fotovoltaici e innovazione

Alessandro Soragna
Technical sales applicatione engeneer
Qcells Italy

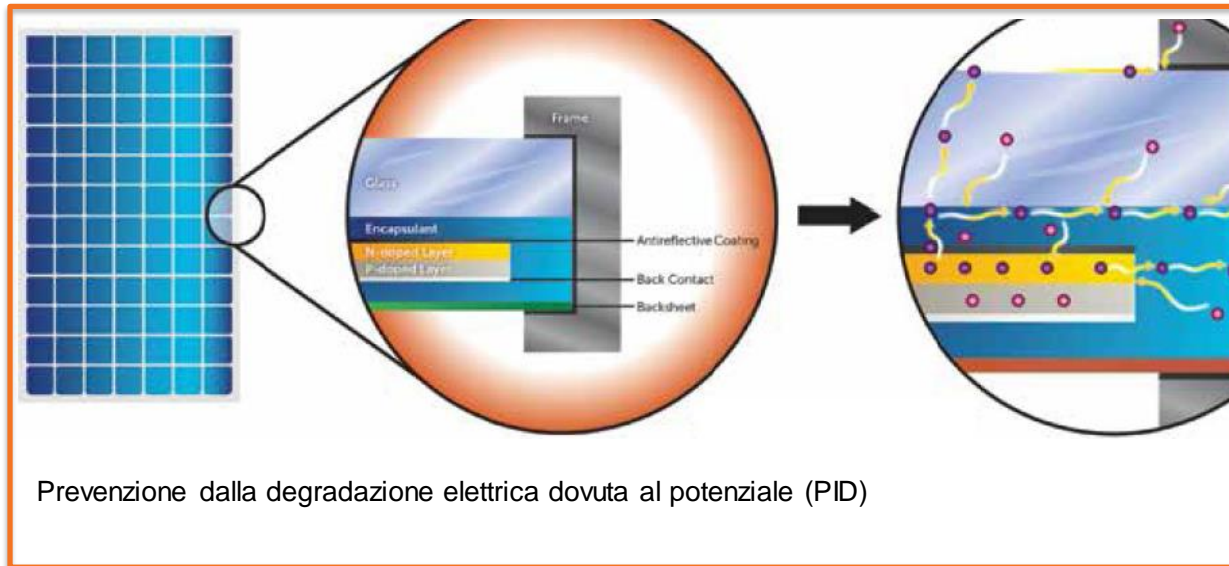


 Hanwha Q CELLS



- PID
- LID
- Bave di lumaca e micro crack
- Hot spot
- SiN-Pin defects o SINX
- Delaminazione
- Disassemblaggio del telaio

Cos'è e come si manifesta



Si tratta di un fenomeno attraverso il quale la cella si polarizza e accumula cariche superficiali, che attraverso il cattivo isolamento tendono a fluire verso terra anziché ai poli.

Cause:

- Cattiva manifattura del frame
- Distacco delle giunzioni e busbar
- Sistema dimensionato con tensioni troppo alte

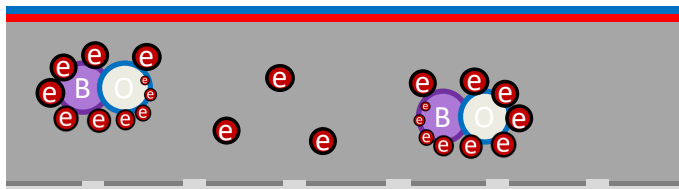
Si manifesta attraverso perdita di potenza fino a 70% e perdita di potenza/errore RISO verso terra durante le giornate particolarmente umide o piovose

Come risolvere il problema

- Verificare dimensionamento inverter ed eventualmente sostituirlo
- Dispositivi anti PID a polarizzazione inversa notturna
- Verifica dispersioni verso terra e di conseguenza verificare integrità dei moduli
- Verificare inclinazione che sia sempre superiore a 5°
- Functional grounding del polo negativo per ripristinare la passivazione

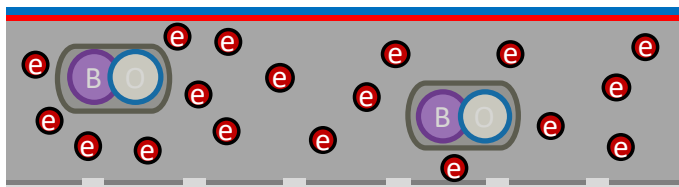
"Activated" Boron-Oxygen Complexes

Boron-Oxygen complexes consuming cell efficiency

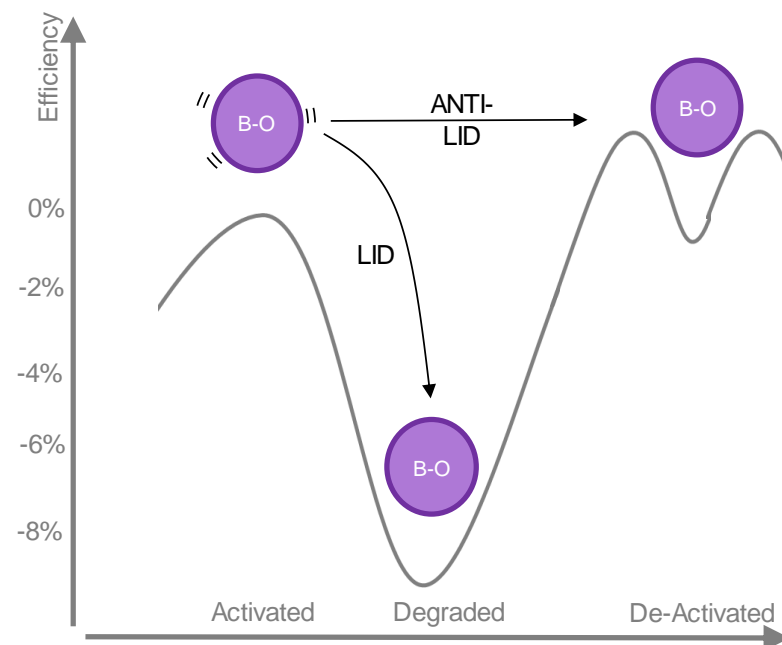


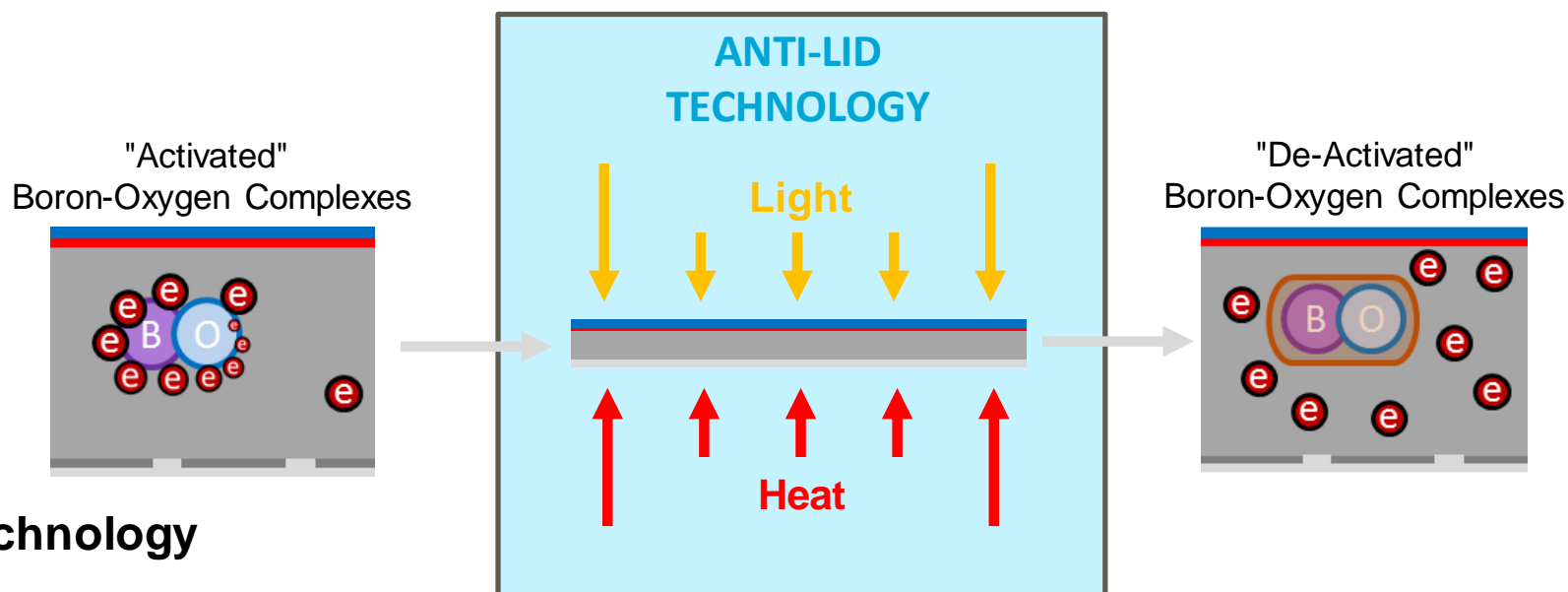
"De-Activated" Boron-Oxygen Complexes

Boron-Oxygen complexes permanently deactivated as part of ANTI-LID TECHNOLOGY



Boro (B) e Ossigeno (O) presenti durante il ciclo produttivo possono attivare un legame B-O anche dopo l'installazione. Ciò reduce la ricombinazione de gli elettroni che causa una diminuzione di potenza. Questo fenomeno è denominato LID (Light Induced Degradation)





ANTI-LID technology

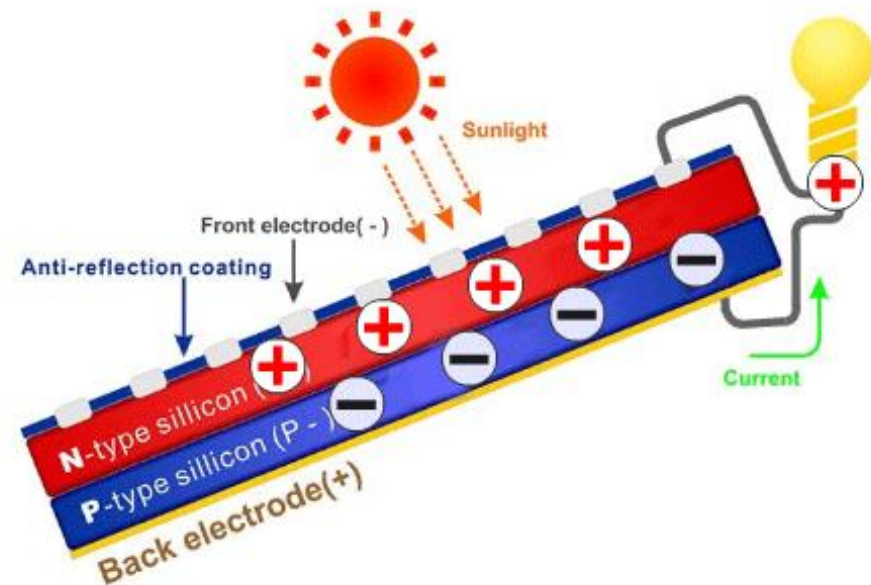
Light Induced Degradation e' il nome del fenomeno che rischia di compromettere seriamente la producibilita' dei moduli monocristallini realizzati sino ad oggi, in misura maggiore quelli realizzati con tecnologia PERC.

Il fenomeno LID deriva dalla complessa struttura del silicio monocristallino e dalla concentrazione di ossigeno in esso presente. In relazione all'andamento delle temperature (in particolare durante i primi mesi caldi) di funzionamento il fenomeno puo' comportare una perdita di producibilita' anche dell'8%

La tecnologia brevettata ANTI-LID con deattivazione del boro durante la fusion del wafer eliminando l'ossigeno consente percio' oggi di ridurre la perdita dovuta a LID al massimo al 2% rimanendo nei termini standard di garanzia.

Le celle di tipo n sono costruite partendo dal concetto inverso, con il lato a carica negativa come base della cella solare.

Quando i lingotti vengono prodotti tendono ad avere grosse concentrazioni di ossigeno dissolto derivanti dal quarzo del nocciolo, dov'era fuso il silicio. In presenza di silicio drogato con boro, l'ossigeno forma un'area di ricombinazione, conosciuta come difetto dovuto alla combinazione di boro ossigeno, che ne danneggia l'efficienza. Usando celle di tipo n drogate con il fosforo, questo difetto sparisce.

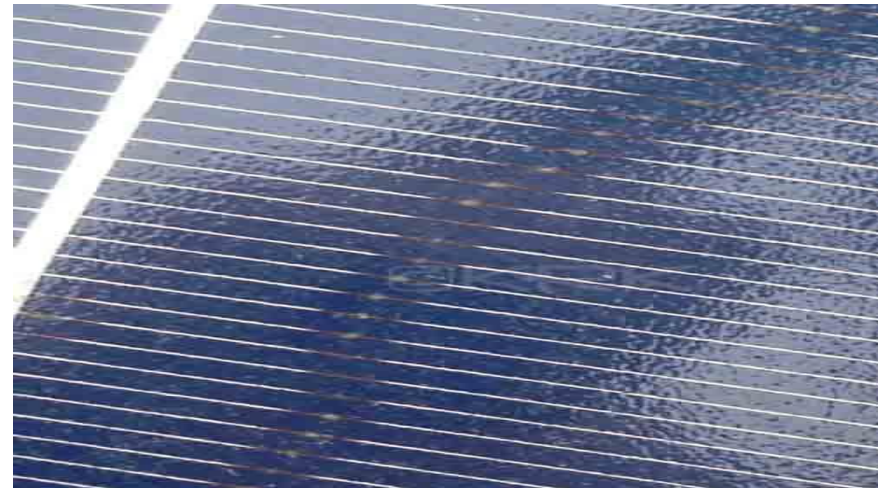




E' una microfrattura della cella che, nel caso migliore provoca un surriscaldamento localizzato della cella con distacco dell'EVA e formazione di una bolla, l'aria che si insinua sulla bolla porta all'ossidazione del finger senza intaccare la cella. Nel caso peggiore il surriscaldamento localizzato è talmente alto che nel tempo porta alla perforazione del backsheet con perdita d'isolamento e degrado prestazionale del modulo.

Cause maggiori del problema:

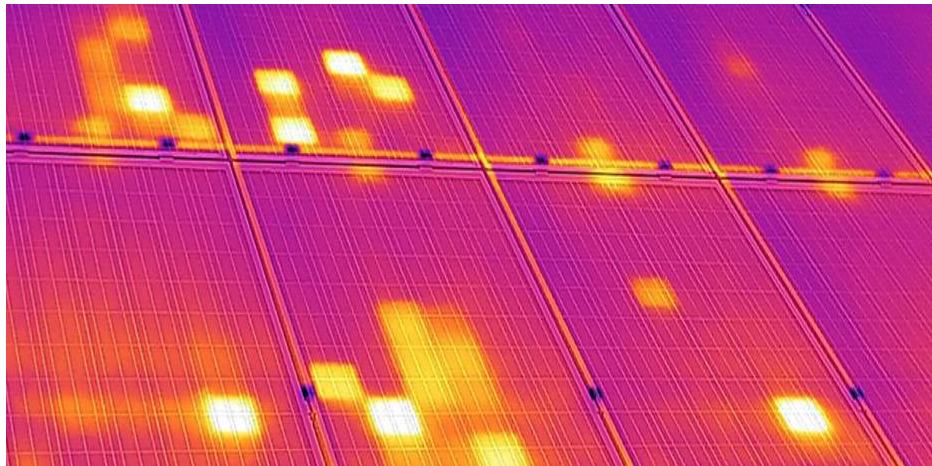
- Fingers della cella non dimensionati correttamente
- Disturbi provenienti da inverter (inverter ad inseguimento PWM o MPPT lento)
- Errata stringatura dell'impianto



- Se si riscontra riduzione di potenza sarà necessario sostituire il modulo e verificare configurazione dell'impianto per prevenire il ripresentarsi del problema
- Se non si riscontra nessuna riduzione di potenza si consiglia di verificare la stringatura e tenere monitorato l'impianto
- In presenza di disegno «a ragnatela» il problema è più serio e probabilmente dovuto anche a stress meccanici quindi verificare i camminatoi e possibili cause.

Il fenomeno si verifica quando una cella fotovoltaica è **oscurata parzialmente** a causa di ombreggiamento oppure sporcizia localizzata. In tal caso la corrente di uscita si riduce in proporzione alla quantità di superficie oscurata: se una cella fotovoltaica che genera normalmente 10A viene oscurata a metà, la sua corrente di uscita si riduce a 5A.

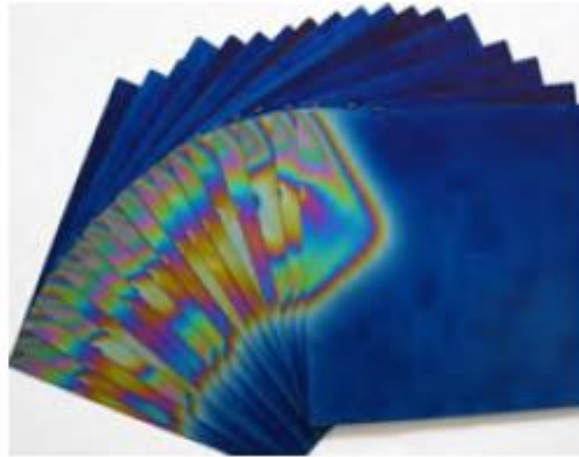
La cella ombreggiata smette di funzionare, mentre le altre celle che compongono il pannello fotovoltaico, non essendo ombreggiate, producono corrente e tensione che **polarizzano inversamente** la cella ombreggiata. Quest'ultima diventa un **carico elettrico** a tutti gli effetti, e la corrente che la attraversa produce un aumento di temperatura che è proporzionale alla percentuale di superficie della cella che è oscurata surriscaldandola per **effetto Joule di circa 40 gradi in più rispetto alle celle circostanti**.



N.B. Se l'impianto è progettato correttamente interviene il diodo di bypass, quindi verificare sempre il progetto

- **Verificare i moduli fotovoltaici con termocamera**
- **Verificare la configurazione dell'impianto**
- **Controllare il backsheet posteriore. Se privo di bruciature sarà sufficiente fare verifica progettuale, altrimenti sostituire il modulo**
- **Verificare camminatoi laterali per evitare stress dovuti al peso delle persone e riprogettare il sistema**

Le celle vengono rivestite di uno strato antiriflesso tipicamente costituito da nitruro di silicio di circa 1 micron. Durante il processo di deposizione potrebbe accadere che nella periferia della cella non venga depositato in maniera uniforme.



Se il difetto risulta evidente durante il processo e le misure di shunt non sono corrette, la cella viene scartata e rimandata in lavorazione.

Qual'ora lo si riscontrasse in campo non lo si deve reputare un problema, la produzione non verrà compromessa e il modulo funzionerà correttamente.



Per delaminazione del modulo fotovoltaico si intende il distacco, anche parziale, dell'incapsulante dal vetro o dal back sheet

Un modulo fotovoltaico ha una **struttura multi-strato** che viene sigillata insieme con un materiale incapsulante spesso basato su EVA (etilvinilacetato). Un macchinario chiamato **laminatore fonde gli strati di EVA** creando così un corpo unico.

Il laminatore effettua il suo ciclo di lavoro in meno di 20 minuti con una **temperatura controllata attorno ai 140 gradi** e con un livello di vuoto molto spinto. Il **processo sottovuoto** è molto importante per **eliminare ogni traccia di aria** all'interno del modulo e per poter garantire un prodotto finito al altissima qualità.

Durante il delicato processo di laminazione, l'**EVA** passa da uno stato solido ad uno liquido per poi stabilizzarsi in un **gel a fine ciclo**. E' la **percentuale di questo gel che determina il fatto che i vari strati rimarranno sigillati insieme** per i 25 anni di rendimento garantito dal produttore.

Cause: cattiva produzione del modulo fotovoltaico oppure stress termici troppo elevati


Soluzione: sostituzione



Il cedimento del telaio è dovuto principalmente a 3 cause:

1. Cattiva manifattura del modulo, assemblaggio tramite biadesivi tradizionali oppure ad incastro non sufficiente
2. Errato dimensionamento della struttura fotovoltaica che stressa oltremodo il telaio
3. Inclinazione insufficiente o troppo elevata per il carico vento | neve della zona

Si interverrà verificando la configurazione della struttura prima di sostituire il modulo fotovoltaico

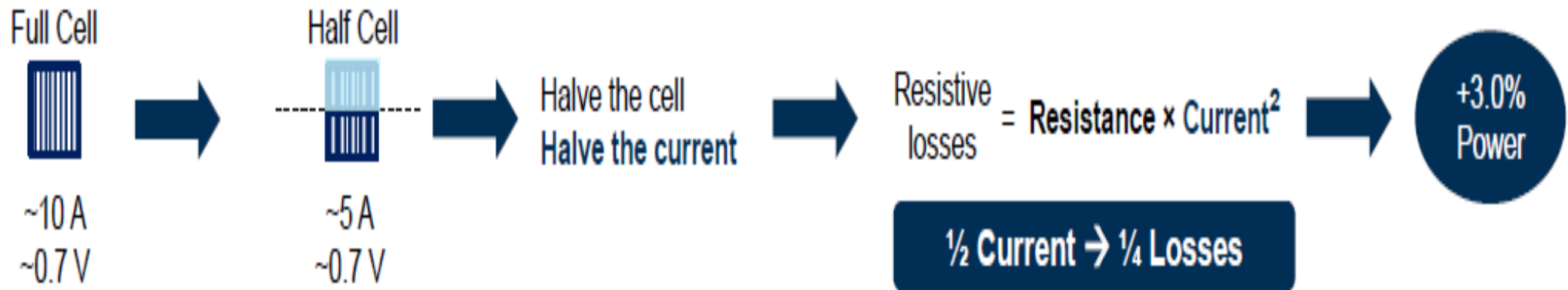
The background of the slide is a composite image. It features a dark blue field filled with intricate, glowing white and light blue circuit board patterns. Overlaid on the left side of this field is a close-up of a human hand, with the index finger pointing upwards. The fingertip is glowing with a bright, warm yellow light, which appears to be interacting with or activating the digital circuitry around it.

Moduli fotovoltaici L'innovazione

Ne gli ultimi 2 anni i grandi produttori hanno rivolto la propria ricerca e sviluppo verso tecnologie che garantissero stabilità di produzione (anti LID e anti PID) e rendimenti maggiori a basso irraggiamento.

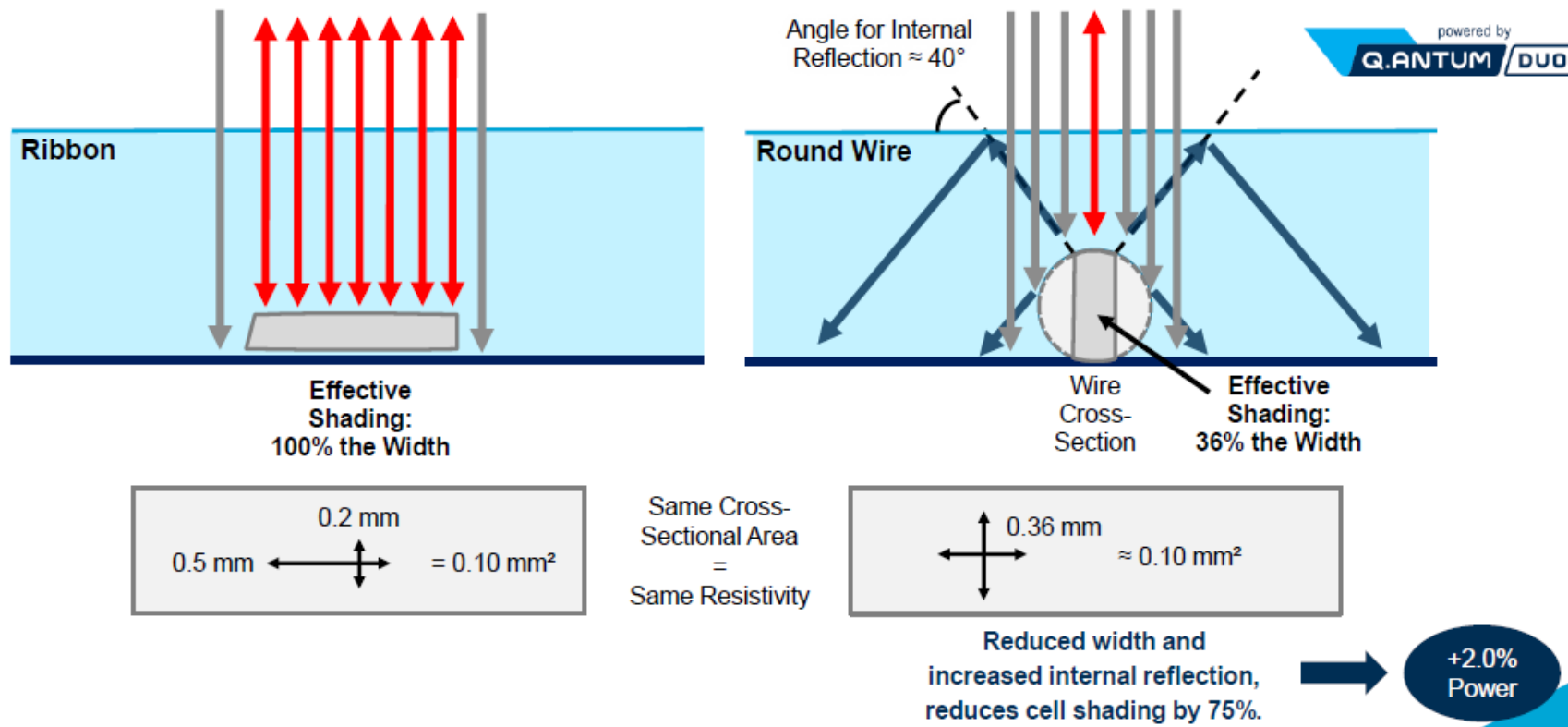
Principali innovazioni:

- Half cut cells
- Bus bar cilindrici
- Power reflector
- Tecnologia Bifacciale

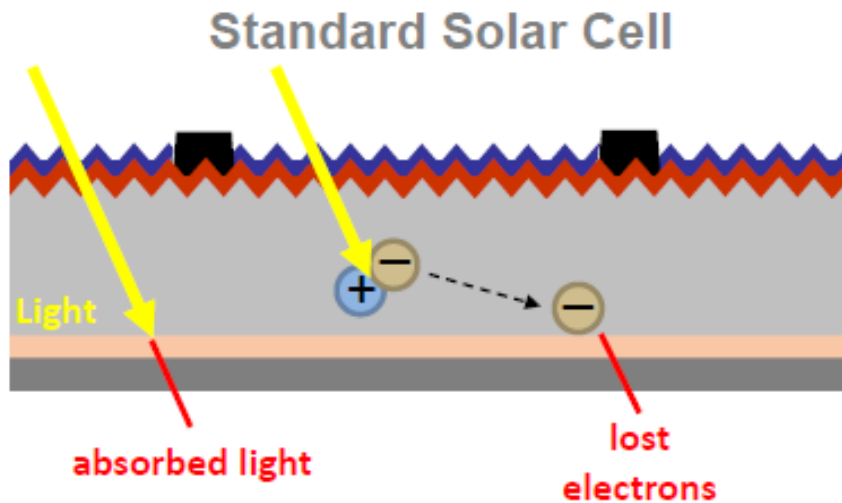


Consiste nel taglio della cella che mantiene la propria tensione costante e ne dimezza la corrente riducendo a $\frac{1}{4}$ le perdite per effetto joule.

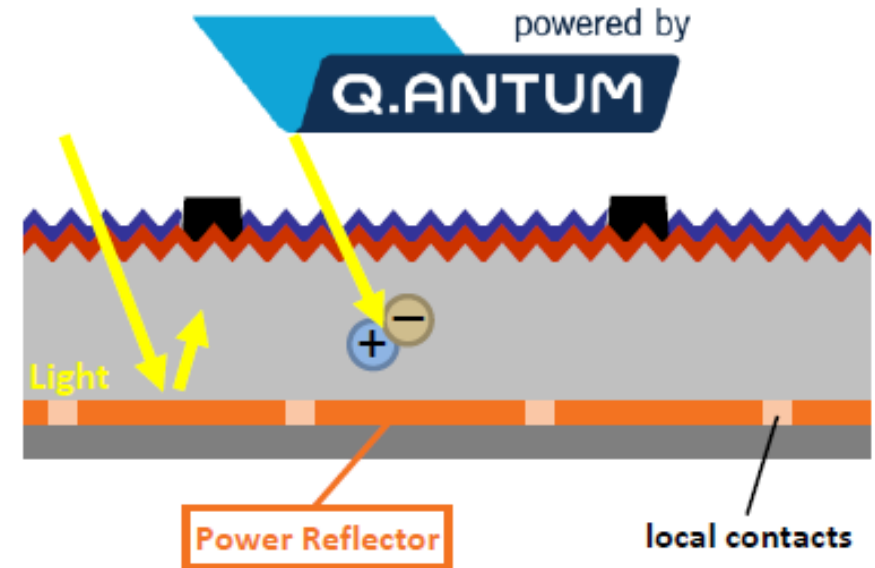
Attenzione al metodo di produzione: alcuni produttori tagliano le celle con filo diamantato, il quale aumenta la possibilità di microcrack futuri.



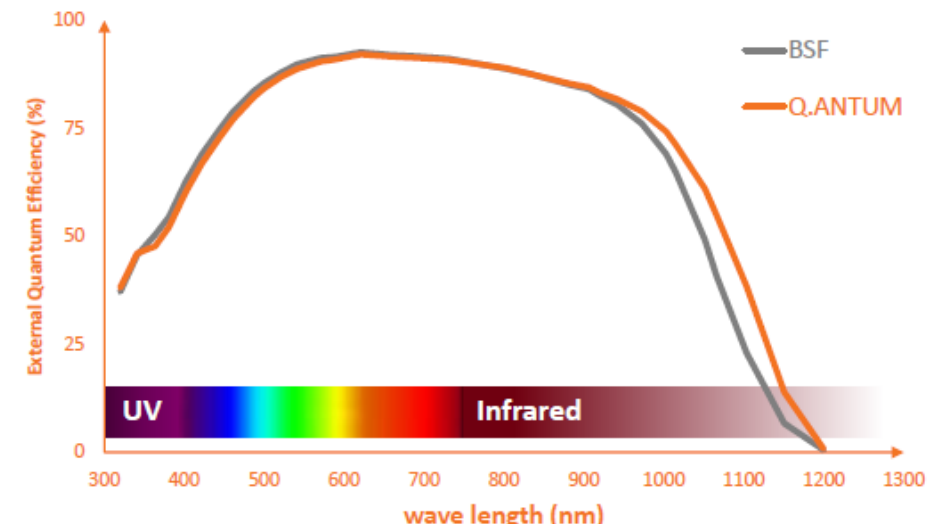
- Stessa sezione di conduttore e di conseguenza medesima resistenza elettrica
- Micro ombre su cella ridotte del 75%
- Incremento della riflessione interna e di conseguenza maggiore capacità di conversione
- Possibilità di incrementare il numero di busbar e di conseguenza la conducibilità

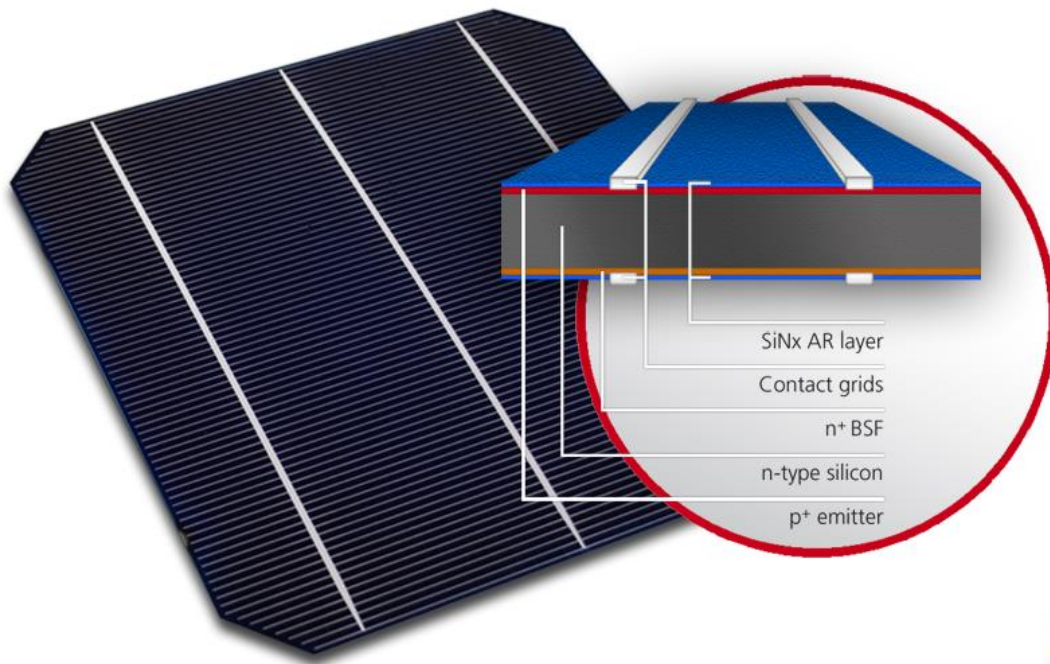


Silver
Anti reflection coating
Emitter
Silicon wafer
Aluminum-Silicon-alloy
Aluminum

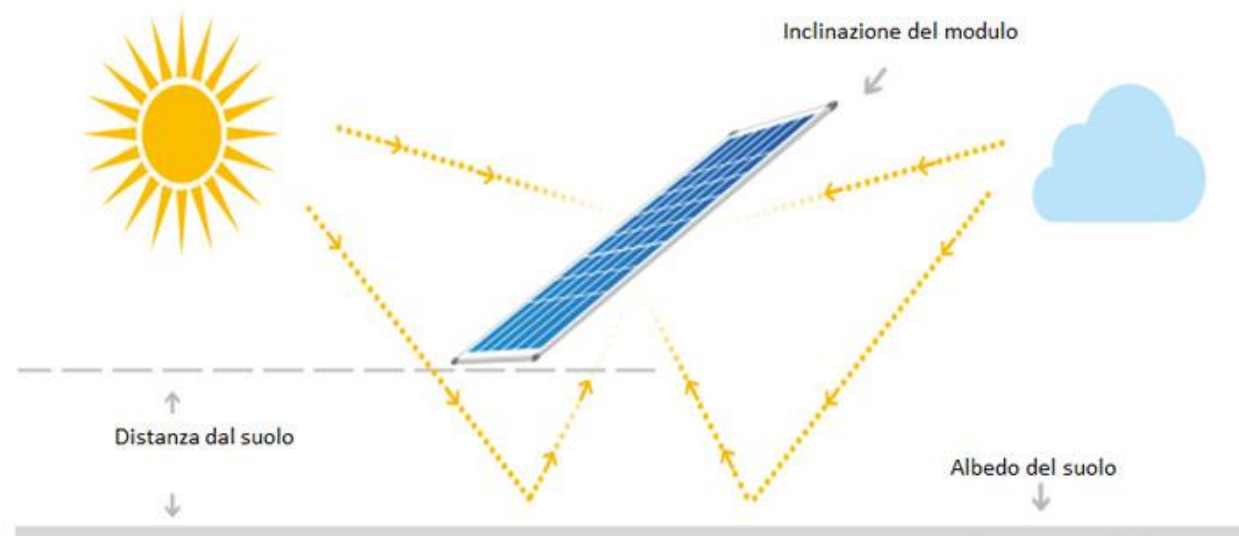


- I fotoni di luce vengono riflessi all'interno del modulo senza fuoriuscire o attraversare la cella
- La passivazione superficiale e i contatti locali annullano la ricombinazione
- Aumento del rendimento nello spettro dell'infrarosso (rendimento maggiore ad irraggiamento indiretto)





- Consiste nel drogaggio passivante sia superiore che inferiore della cella-
- La cella è in grado di trasformare energia anche nella parte inferiore utilizzando la luce riflessa dal suolo
- E' necessario prestare attenzione al dimensionamento dell'impianto perché per attivare l'effetto bifacciale si necessita di altezza minima dal suolo.
- Prestare attenzione al dimensionamento inverter



Riconoscere la buona manifattura di un modulo fotovoltaico

ECCELLENZA MANIFATTURIERA

Hanwha Q CELLS ha ridotto al minimo gli errori umani per aumentare al massimo la qualità, sfruttando stabilimenti produttivi interamente automatici e adottando un sistema di comunicazione locale che consente un'interazione in tempo reale tra i siti di produzione e i centri di ricerca e sviluppo in tutto il mondo. Il nostro sistema di produzione all'avanguardia MES (Manufacturing Execution System) installato negli stabilimenti consente di ottenere la tracciabilità totale dei prodotti, dall'approvvigionamento alla logistica. Inoltre, questo sistema ottimizza l'intero processo produttivo, mantenendo un bilanciamento ottimale tra programmazione della produzione, inventario, realizzazione e consegna dei prodotti.



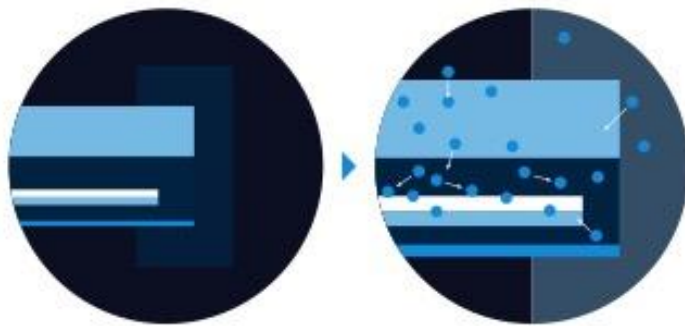
COMPARAZIONE TECNOLOGICA

UNA CELLA FV A PRIMA VISTA



La realizzazione di una cella fotovoltaica richiede la ricerca di un giusto compromesso tra vari elementi destinati ad incidere significativamente sulle performance quali:

- **Numero e spessore delle Bus Bars** (es da 2 BB a 12 BB): migliorano la distribuzione delle cariche (pieno sole) ma creano resistenza (scarsa luce) e diminuiscono la superficie captante (efficienza)
- **Densita' della griglia elettrica (Fingers)**: favoriscono la raccolta delle cariche elettriche ma possono diminuire superficie captante. Incide inoltre notevolmente sui costi (argento)
- **Colorazione della cella**: piu' scura e' meglio e', ma crescono drasticamente tempi (e costi) di processo. Anche lo strato di antiriflesso influisce
- **Tipologia di stringatura delle celle; densita' e spessore del ribbon**: punti di contatto della stringatrice sulla cella, spessore ed ampiezza del ribbon utilizzato (non tutte le stringatrici industriali possono utilizzarne di sottile/spesso)



Il fenomeno del PID (Potential Induced Degradation) e' stato identificato e presentato per la prima volta da QCELLS nel 2012. Ad oggi si stima causi oltre il 30% dei reclami per mancata produzione dei moduli FV.

- **Un ponte elettrico tra cella e cornice:** in pratica il PID si puo' descrivere come una dispersione delle cariche elettriche che tendono ad accumularsi sulla cornice del modulo. La causa di tale processo e' da ricercarsi nella creazione di un ponte elettrico che si genera per la perdita di isolamento dell'incapsulante soprattutto in condizioni di elevati sbalzi termici o forte umidita'.
- **Organico o non organico – un vantaggio apparente:** la componente organica e' necessaria per per garantire la durata nel tempo dell'incapsulazione e migliorare l'assorbimento di luce. Tuttavia un materiale inorganico permette ai produttori di risolvere il problema del PID grazie al coefficiente di isolamento ed anche di ridurre i costi.
- **Un disastro preannunciato:** ad oggi la stragrande maggioranza dei produttori ha risolto il fenomeno con pellicole inorganiche. Tuttavia l'isolamento del laminato nel tempo sara' tutto da verificare

COME RICONOSCERE UN BACKSHEET ORGANICO DA UNO INORGANICO

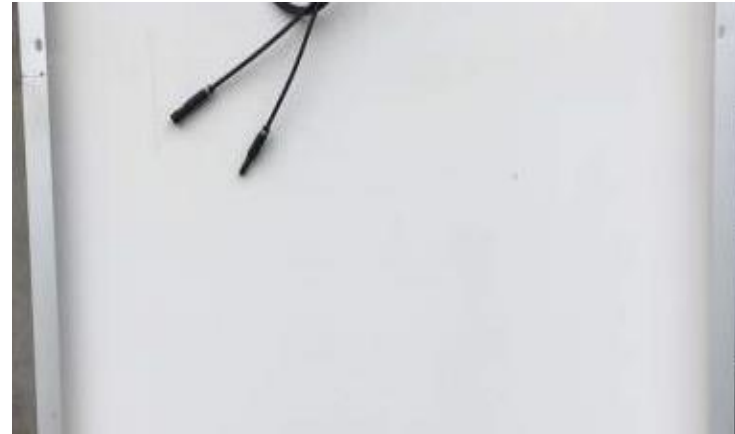
Inorganico:

Più opaco e all'apparenza quasi secco



Organico:

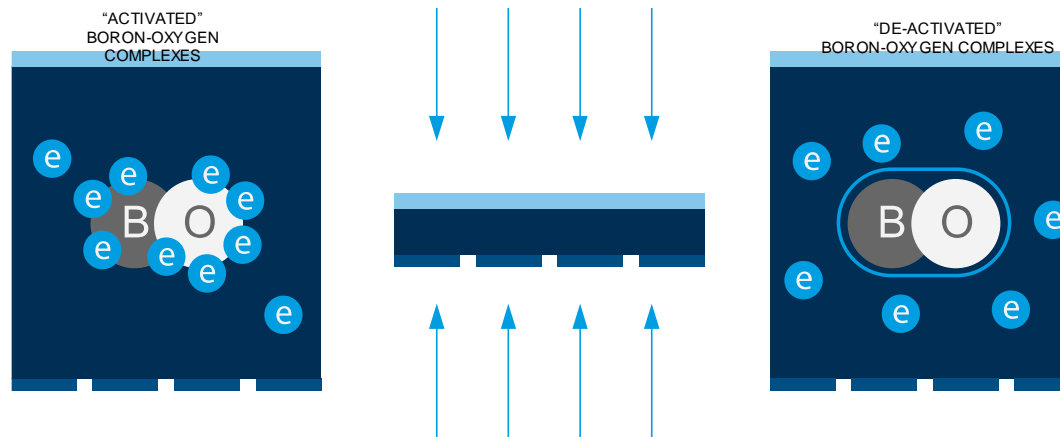
Più lucido e all'apparenza quasi oleoso



Light Induced Degradation e' il nome del fenomeno che rischia di compromettere seriamente la producibilita' dei moduli monocristallini realizzati sino ad oggi, in misura maggiore quelli realizzati con tecnologia PERC.

ANTI-LID*
TECHNOLOGY

Effetto LID minimizzato dalla disattivazione dei complessi Boro-Ossigeno



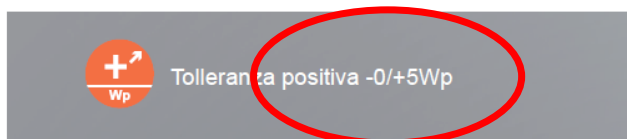
- **Legame Boro Ossigeno:** Il fenomeno LID deriva dalla complessa struttura del silicio monocristallino e dalla concentrazione di ossigeno in esso presente. In relazione all'andamento delle temperature (in particolare durante i primi mesi caldi) di funzionamento il fenomeno puo' comportare una perdita di producibilita' anche dell'8%

Attenzione ai valori di tolleranza

Dichiarazioni forbianti:

In questo caso non è stata fatta nessuna attenzione alla deattivazione del boro quindi non vengono indicate le tolleranze delle misurazioni.

I dati indicati nella scheda quindi risultano puramente indicativi.



Attenzione !

Tolleranza delle misurazioni non indicata

Values at Normal Operating Cell Temperature, Irradiance 800W/m², Spectrum AM1.5, Ambient temperature 20°C, wind speed 1m/s

Effetto LID-Prevenirlo controllando la scheda tecnica

Dichiarazione corretta

EUPD RESEARCH
TOP BRAND PV
MODULES
EUROPE
2017

Q CELLS
RENDIMENTI SICURI

- ✓ ANTI PID TECHNOLOGY (APT)
- ✓ HOT-SPOT PROTECT (DSP)
- ✓ TRACEABLE QUALITY (TRALA™)
- ✓ ANTI LID TECHNOLOGY (ALT)

VDE
Institute for
Quality Tested

- ✓ Elevata affidabilità
- ✓ Rendimento elevato
- ✓ Sicurezza di funzionamento dimostrata
- ✓ Monitoraggio continuo della produzione

www.VDEInfo.com
ID: 40032687

pv magazine
award
2017
TOP INNOVATION

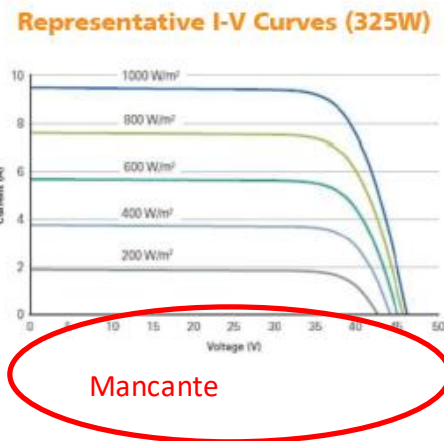
1 Condizioni APT secondo IEC/TS 62804-1:2015, metodo B (-1500V, 168h)
2 Per ulteriori informazioni consultare il retro di questa scheda tecnica

Dichiarazione del metodo di misura e controprova da parte di enti terzi e tolleranza di misurazione indicata.

¹1000W/m², 25°C, spettro AM 1.5G ²Tolleranza di misura STC ±3%; NOC ±5% ³800W/m², NOCT, spettro AM 1.5G *Valori tipici, i valori effettivi potrebbero essere differenti

Dati forbianti

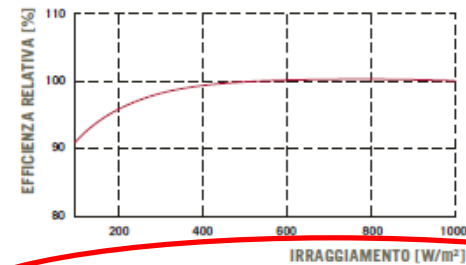
Attenzione a chi rappresenta la curva tensione corrente, non è un dato rappresentativo dell'efficienza a basso irraggiamento



Dati corretti

In questo caso viene indicata sia la curva di efficienza del modulo che anche il valore di riferimento della misurazione

PRESTAZIONI IN CASO DI BASSA IRRAGGIAMENTO



Tipica prestazione dei moduli a condizioni di irradiazione basse rispetto alle condizioni STC (25°C, 1000W/m²).

Incidenza della manifattura sul rendimento

Caratteristiche produttive	efficienza	Commenti
Linee di produzione/assemblaggio non automatizzate e non a temperatura controllata	0,50%	
Pre trattamento celle e extra idrogenazione	0,50%	Celle di classe A
Uso della parte centrale del wafer.		Materiale più puro ed omogeneo con minore 1% resistenza elettrica
Camere bianche per l'assemblaggio dei moduli	0,50%	
Testurizzazione incisa a secco	0,50%	Solitamente applicato a celle di classe A
Trattamento termico in nebbia di ossido di silicio per la passivazione della cella	1,50%	definisce buona parte del costo della cella a causa dei costi energetici e del tempo di "cottura".
Metallizzazione supplementare a fine processo	0,80%	Migliora la conducibilità della cella.

Fonte PV-tech studio indipendente

In totale possiamo calcolare 5,3% di efficienza in meno tra un modulo fotovoltaico di buona manifattura e un modulo di cattiva manifattura già nel primo anno.

Grazie per l'attenzione