



**Your EPC
Trusted Partner
for Complete
Renewable
Energy Solutions**

+1500 MW
Installed Worldwide

+350
PV Plants

15
European Countries

You can find us at KEY:
Hall C4 • Stand 226

www.parapet.ro

pv magazine
MERCATI E TECNOLOGIE DEL FOTOVOLTAICO

Italia
03 | 2025

**Fotovoltaico italiano
alla prova d'idoneità**

**Differenze regionali e
interessi nazionali**



Lotta all'ultimo fotone

L'industria fotovoltaica mondiale sta assistendo al predominio della tecnologia TOPCon e al lento declino della tecnologia PERC. In questo scenario di transizione, due tecnologie modulari ormai presenti sul mercato da diversi anni come il back contact e l'eterogiunzione stanno sorprendentemente guadagnando quote di mercato e la loro sfida al TOPCon sembra essere l'inizio di una competizione sempre più agguerrita. Nel frattempo, si staglia all'orizzonte il miraggio delle tecnologie tandem che promettono efficienze vicine, se non addirittura superiori, al 30%. La loro implementazione su scale industriale, tuttavia, non sembra essere a portata di mano.

Il mercato fotovoltaico globale ha recentemente visto l'emergere della tecnologia TOPCon a svantaggio della tecnologia PERC, in uno scenario estremamente dinamico in cui altre due importanti tecnologie per i moduli fotovoltaici stanno conquistando consistenti quote di mercato: eterogiunzione (HJT) e back contact (BC). Queste tecnologie, seppur presenti sul mercato da più di un decennio, hanno cominciato solo negli ultimi due anni a vedere significativi sviluppi industriali in termini di capacità produttiva.

L'arrivo del BC

Se grandi produttori cinesi come JinkoSolar, Trina Solar, JA Solar e Canadian Solar continuano a scommettere su prodotti TOPCon, altri loro concorrenti come Longi, Aiko Solar e CGL-Si hanno recentemente lanciato prodotti con configurazione BC e, nonostante qualche scetticismo iniziale per una tecnologia che ha costi leggermente più alti, i dati più recenti sulle forniture di pannelli confermano che il mercato è tutt'altro che insensibile a sperimentare novità tecnologiche.

La fabbrica di moduli fotovoltaici di 3Sun di Catania.



Foto: 3Sun

Foto: 3Sun



Una linea di produttiva per moduli HJT di 3 Sun.

Secondo Opis, azienda specializzata in ricerche di mercato appartenente al gruppo Dow Jones, alla fine del 2024, la capacità globale di produzione di moduli BC, attualmente concentrata perlopiù in Asia, era arrivata a circa 55 GW, a fronte di una capacità globale di moduli che potrebbe aver oltrepassato 1 TW, la cui maggior parte è utilizzata per prodotti TOPCon e in minor parte per il PERC.

Nel frattempo, altri grandi produttori come Huasun, 3Sun e REC, così come alcuni di quelli sopra citati, hanno sviluppato l'HJT nell'attesa di capire se finalmente questa tecnologia possa farsi spazio in una lotta di vertice che vede attualmente il BC come principale sfidante del TOPCon, anche se in una prospettiva di lungo termine. La capacità complessiva per i moduli HJT, del resto, ha attualmente raggiunto 50 GW, ai quali si aggiungono i 3 GW dalla fabbrica 3Sun che il gruppo Enel opera a Catania e che dovrebbe raggiungere presto la piena capacità produttiva.

Resilienza dell'eterogiunzione

“Confermiamo la nostra scelta della tecnologia HJT, che offre vantaggi significativi rispetto ad altre tecnologie, come una maggiore efficienza energetica, un coefficiente di bifaccialità superiore e una migliore stabilità termica”, ha dichiarato a **pv magazine Italia** Cosimo Gerardi, Research and Development and Chief Technology Officer, 3SUN Gigafactory. “Inoltre, la tecnologia HJT è ideale per l'uso di rame o leghe rame-argento a basso contenuto di argento nei contatti metallici delle celle.”

Secondo l'azienda, l'HJT presenta meno passaggi produttivi rispetto al TOPCon e ancora meno rispetto al BC, rendendo il processo più efficiente e controllabile. “Questa tecnologia offre, inoltre, una maggiore libertà in termini di proprietà intellettuale rispetto alle tecnologie TOPCon e BC, che sono condizionate da proprietà intellettuale di proprietà di aziende cinesi o statunitensi”, ha aggiunto Gerardi. Quest'ultimo, peraltro, ritiene che l'HJT possa rappresentare la base ideale per le future celle solari tandem in perovskite e silicio, che si basano su processi di fabbricazione a bassa temperatura, a sua detta meno adatti per le tecnologie TOPCon e BC.

Gerardi ritiene, inoltre, che la diffusione al momento relativamente contenuta della tecnologia HJT sia dovuta alla sovracapacità produttiva globale e ai “significativi contributi pubblici all'industria asiatica” che, a sua detta, negli ultimi anni hanno reso difficile colmare il divario di costi solo con l'introduzione di tecnologie innovative. “Per sostenere un'industria europea competitiva e ridurre la disparità nei costi di produzione, è necessario un intervento regolatorio volto a garantire che in un contesto competitivo ci sia spazio per le fabbriche europee, come fatto dai paesi asiatici per sostenere la loro produzione”, ha dichiarato.

Corsa alle celle tandem

Attualmente 3Sun non sta considerando l'ipotesi di integrare il BC nella sua tecnologia, anche se l'architettura BC sarebbe applicabile alla tecnologia HJT. “Puntiamo piuttosto ad un approccio più innovativo, implementando la tecnologia tandem perovskite-silicio a doppia giunzione, che permette di aumentare notevolmente le prestazioni dei moduli fotovoltaici rispetto alle tecnologie al silicio basate sulla singola giunzione”, ha aggiunto Gerardi, specificando che, a tal fine, 3Sun sta collaborando con il CEA-INES francese per l'allestimento di una linea di produzione pilota.



Una linea produttiva della fabbrica cinese di FuturaSun.

I moduli basati su celle tandem in perovskite e silicio stanno suscitando l'interesse dell'industria e della comunità scientifica poiché offrono una migliore cattura della luce rispetto a tutte le tecnologie presentate in questo articolo. Si tratta di celle composte da due celle diverse: una cella "superiore" in perovskite, situata nella parte superiore della cella tandem, e una cella "inferiore" in silicio, situata nella parte inferiore del dispositivo. Questa combinazione è in grado di raggiungere efficienze ben superiori al 30%, superando il limite teorico di efficienza delle celle solari al silicio a giunzione singola. Il loro vantaggio principale risiede nello sfruttamento efficiente dello spettro solare. La luce ad alta energia viene assorbita con elevata efficienza nella cella superiore, mentre la luce a bassa energia viene raccolta nella cella inferiore.

Questa configurazione non solo ha permesso ai primi sviluppatori di superare la soglia del 30%, ma ha anche spinto i maggiori produttori di moduli al mondo a impegnarsi in una lotta senza quartiere per dimostrare che questa soglia poteva essere ampiamente superata. Ricercatori del Fraunhofer ISE in Germania hanno affermato di recente che il potenziale di efficienza pratica di conversione energetica delle celle solari tandem perovskite-silicio potrebbe arrivare fino al 39,5%.

Alla fine di gennaio il CEA-INES francese e 3Sun hanno ottenuto un'efficienza del 30,8% per una cella tandem con configurazione a doppio terminale. "Si tratta di un caso unico che acquisisce rilevanza industriale e si differenzia dai record di altri produttori, perché registrato non su un'area piccola, inferiore a 1 cm²", ha dichiarato Gerardi. Si tratta di una struttura di 9 cm² che ha permesso di ottimizzare alcune caratteristiche necessarie per la scalabilità su grande area, come l'impatto del "texturing" della superficie e della uniformità del processo di deposizione della perovskite.

Tra i record ottenuti fino ad ora per le celle tandem in perovskite e silicio, il risultato più significativo è stato ottenuto dal produttore cinese Longi, che a settembre ha annunciato di aver raggiunto un'efficienza del 34,6% per una cella tandem con configurazione a doppio terminale. Tale risultato rappresenta un record per questo tipo di tecnologia e migliora significativamente il risultato del 33,9% che la stessa Longi aveva certificato a dicembre 2023 e che, a sua volta, aveva battuto il record raggiunto dalla King Abdullah University of Science and Technology (Kaust) in Arabia Saudita, che a giugno dello stesso anno aveva certificato un'efficienza del 33,7% per lo stesso tipo di cella. Nel frattempo, a giugno JinkoSolar ha annunciato di aver raggiunto un'efficienza del 33,24% per una cella solare tandem basata su perovskite-silicio su wafer di tipo n.

Nonostante i successi ottenuti in laboratorio, la commercializzazione di prodotti tandem è ben lontana dal materializzarsi, soprattutto a causa di ben noti problemi di stabilità e di rendimento nel lungo termine che gli sviluppatori di celle in perovskite ancora non sono riusciti a risolvere.

Dominio TOPCon

Sebbene il numero degli sfidanti sia in crescita, la tecnologia TOPCon continua a dominare il mercato. "Si tratta di una tecnologia in continua evoluzione", ha detto a pv magazine Gianluca Coletti, CTO del produttore italiano di moduli e celle FuturaSun. "Il TOPCon del 2023 non è lo stesso del 2024", ha dichiarato. "Ogni tre mesi assistiamo non a una, ma a una moltitudine di innovazioni, che portano a un miglioramento continuo dei dispositivi in termini di aumento dell'efficienza e di riduzione sostenibile dei costi. Questo avviene grazie al miglioramento dei processi produttivi, dei macchinari e dei materiali

utilizzati. Si tratta di una tecnologia che non ha ancora raggiunto il 'fine corsa' dello sviluppo".

Coletti ritiene comunque che il BC, soprattutto in virtù del suo aspetto all-back, possa avere un enorme potenziale nelle applicazioni in cui l'estetica è fondamentale. "FuturaSun ha un'esperienza pluriennale nella commercializzazione di moduli BC e ciò che ci distingue è essere stati tra i primi a portare questo prodotto sul mercato tradizionale", ha affermato. "I moduli BC non si potranno più considerare di nicchia, poiché rappresenteranno un mercato che avrà volumi significativi, dove il prodotto premium, appunto, 'premia'".

A questo proposito, FuturaSun sta affrontando la ricerca e lo sviluppo per la tecnologia BC come partner del progetto europeo IBC4EU, insieme a istituti di ricerca europei come ISC Konstanz, ISFH, TNO e altri partner industriali europei. "Tuttavia, non ci aspettiamo che il TOPCon sia scalzato completamente, almeno finché sarà possibile migliorarlo in termini di costi. Intanto la nostra roadmap prevede l'opzione di produrre moduli BC grazie ad una nostra stringatrice innovativa basata su architettura PolyZebra, ma capace di utilizzare qualunque cella BC anche di tipo HJT", ha aggiunto Coletti.

FuturaSun si fonda sull'esperienza acquisita nella produzione di massa in Cina dove opera già da diversi anni con una fabbrica di moduli e dove ha da poco allestito uno stabilimento per la produzione di celle con una capacità produttiva espandibile a oltre 6 GW, e predisposta, in una seconda fase, a raggiungere 13 GW totali. La società veneta intende dimostrare la fattibilità della produzione su larga scala, valutare il rendimento produttivo e i vantaggi tecnico-economici delle celle BC basate su PolyZebra. "Tuttavia, l'attuale condizione di sovraccapacità produttiva e un mercato che non riesce ad assorbire questo potenziale influenzano i nostri piani industriali di sviluppo e produzione di celle nel nostro stabilimento in Cina", ha spiegato Coletti. "Questo si aggiunge ai costi aggiuntivi di Capex richiesti dalle architetture BC che limiterebbero la crescita dei volumi produttivi a parità di investimento".

In Italia, FuturaSun punta a costruire una nuova fabbrica di moduli fotovoltaici di tipo n con una capacità di 1,4 GW. "Il progetto Fenice ha come obiettivo la fabbricazione di moduli innovativi e colorati e prevede un upgrade di linea dedicata esclusivamente ai moduli BC", ha detto Coletti, sottolineando come tale progetto sia stato selezionato dall'Unione europea per l'Innovation Fund.

L'azienda padovana, inoltre, ha già da qualche anno acquisito Solertix, una startup specializzata nella ricerca e sviluppo di tecnologia tandem basata sulla combinazione di moduli alla perovskite e al silicio, nata dal Chose dell'Università di Roma Tor Vergata.

"Solertix ha già dimostrato efficienze di laboratorio superiori al 30% per applicazione industriali e un fattore di riempimento geometrico superiore al 99%, mantenendo al contempo un'elevata efficienza di conversione", ha detto Coletti. "Dobbiamo ora sviluppare dispositivi tandem su grande area, dimostrare il raggiungimento dell'affidabilità necessaria sviluppando i processi e consolidando gli aspetti tecnico-economici e di produzione prima di poter lanciare questo nuovo prodotto sul mercato".

Problemi di stabilità

Nonostante l'entusiasmo suscitato nei maggiori centri di ricerca mondiale, così come nei dipartimenti R&D dei maggiori produttori di moduli, il successo della tecnologia tandem non sembra al momento essere a portata di mano. Importanti centri di ricerca come il Fraunhofer ISE e il National Renewable Energy Laboratory (Nrel) del Dipartimento dell'Energia statunitense hanno recentemente messo in evidenza i molteplici ostacoli alla commercializzazione di tali moduli, primi tra tutti gli alti costi di produzione, almeno attualmente in assenza di una catena del valore della perovskite, e la stabilità dei dispositivi, che continua a porre problemi riguardo alla loro capacità di fornire prestazioni adeguate per orizzonti temporali superiori ai 20 anni.

"Abbiamo visto recentemente impianti fotovoltaici basati su perovskite entrare in funzione in Cina e se i dati di queste installazioni saranno resi disponibili, potremmo avere informazioni interessanti sulla degradazione nel tempo", ha detto a pv magazine Jacob J. Cordell, scienziato del Nrel. "Test di durata biennale in combinazione con test accelerati potrebbero aiutare questa tecnologia ad avvicinarsi al mercato".

Curva di apprendimento

Nell'attesa dei risultati di questi e altri campi prova che ospitano moduli basati sulla perovskite, il mercato e i suoi operatori devono confrontarsi con le tecnologie attualmente disponibili e le strategie che i rispettivi produttori stanno mettendo in atto per aumentare le efficienze e contestualmente ridurre i costi di produzione attraverso tutta la catena del valore.

Quelli che riusciranno ad ottenere i migliori risultati nell'una o l'altra direzione, o eventualmente in entrambe, saranno probabilmente i vincitori di domani. È chiaro che, in uno scenario di capacità in eccesso, i produttori con maggiori capacità di produzione e migliori risorse finanziarie avranno più opportunità di prevalere, almeno per uno dei tanti cicli industriali che l'industria fotovoltaica dovrà affrontare. Poi la giostra ripartirà di nuovo.

Emiliano Bellini



FuturaSun sta affrontando la ricerca e lo sviluppo per la tecnologia BC come partner del progetto europeo IBC4EU, insieme a istituti di ricerca e partner industriali europei.