



INTERNATIONAL YEAR OF  
Quantum Science  
and Technology

*Pannelli solari avanzati:  
verso una nuova era dell'energia pulita*

*Sara Fresi*

Iniziativa presentata da Sara Fresi, editrice e direttrice responsabile del quotidiano web

**LE MUSE NEWS**

Iniziativa presentata in occasione di **International Year of Quantum Science & Technology IQ 2025** (Anno Internazionale della Scienza e delle Tecnologie Quantistiche 2025) istituito dall'Assemblea Generale delle Nazioni Unite e organizzato da U.N.E.S.C.O.

Publicato in data 10 Settembre 2025 sul quotidiano web [www.lemusenews.it](http://www.lemusenews.it)

La meccanica quantistica rappresenta una delle rivoluzioni più significative nella storia della fisica moderna, inaugurando una nuova comprensione della natura a livello microscopico. Il suo sviluppo ebbe inizio agli inizi del XX secolo, in risposta all'incapacità della fisica classica di spiegare fenomeni osservati sperimentalmente.

La meccanica quantistica ha quindi rivoluzionato la concezione della realtà fisica, introducendo un quadro teorico che supera i limiti della meccanica classica, gettando le basi per numerosi progressi tecnologici e scientifici, dalla chimica quantistica alla fisica delle particelle e alla tecnologia dei semiconduttori.

La crescente domanda di energia sostenibile ha reso il solare una delle fonti rinnovabili più promettenti del XXI secolo. Di fronte al cambiamento climatico, alla crescente domanda energetica globale e all'esaurimento delle risorse fossili, è necessario ripensare i modelli di produzione e consumo energetico. I pannelli solari tradizionali, basati sul silicio, hanno già permesso a milioni di famiglie e aziende di produrre energia rinnovabile riducendo le emissioni di CO<sub>2</sub>. Tuttavia, la ricerca ha portato allo sviluppo di tecnologie più efficienti, leggere e versatili. In questo contesto, i pannelli solari avanzati stanno giocando un ruolo centrale nella transizione verso un futuro più pulito ed efficiente. Per rispondere alle esigenze energetiche di una popolazione in espansione, la scienza ha cercato nuove soluzioni basate su approcci innovativi. In questo contesto, la meccanica quantistica, un pilastro della fisica moderna che studia il comportamento delle particelle a livello atomico e subatomico, sta offrendo possibilità rivoluzionarie.

L'integrazione dei principi quantistici nelle tecnologie fotovoltaiche ha portato alla nascita dei cosiddetti pannelli solari avanzati, che sfruttano materiali e fenomeni quantistici per incrementare l'efficienza di conversione energetica e ridurre i costi di produzione. L'energia solare è ormai una protagonista indiscussa della transizione ecologica. Negli ultimi decenni, i pannelli fotovoltaici hanno popolato tetti, campi e persino automobili, trasformando la luce del sole in elettricità pulita e rinnovabile. Ma oggi siamo a un nuovo punto di svolta: la tecnologia fotovoltaica sta vivendo un'evoluzione sorprendente, con l'arrivo dei pannelli solari avanzati.

Tradizionalmente, i pannelli fotovoltaici sono costituiti da celle di silicio che, colpite dalla luce solare, generano corrente elettrica. Questo tipo di tecnologia, pur efficiente, ha dei limiti: elevati costi di produzione, efficienza media (circa 20%) e difficoltà di riciclo a fine vita. I pannelli avanzati cercano di superare questi limiti grazie a materiali innovativi, maggiore efficienza e nuove modalità di integrazione nell'ambiente urbano.

Ecco alcune delle principali tecnologie emergenti: pannelli in perovskite; celle tandem (multi-giunzione); pannelli trasparenti; fotovoltaico organico (OPV); pannelli flessibili e ultraleggeri. Le perovskiti sono materiali cristallini che promettono di rivoluzionare il fotovoltaico.

A differenza del silicio, possono essere prodotti a basse temperature, con processi più semplici e meno costosi. Ma il vero vantaggio sta nell'efficienza: in laboratorio, alcune celle in perovskite hanno superato il 30% di rendimento, avvicinandosi ai limiti teorici del silicio. Sono anche semitrasparenti, quindi adatte a finestre intelligenti o facciate solari. Tuttavia, restano alcune sfide da risolvere, come la stabilità nel tempo e la sensibilità all'umidità. Molti laboratori e startup stanno lavorando per rendere queste celle più resistenti e durature.

Un altro approccio per aumentare l'efficienza è quello delle celle tandem, che sovrappongono più strati fotovoltaici, ognuno capace di assorbire una diversa parte dello spettro solare. Un classico esempio è la combinazione di silicio + perovskite, che permette di sfruttare meglio la luce e raggiungere rendimenti superiori al 33%. Questa tecnologia è particolarmente interessante per impianti di grande scala o applicazioni nello spazio, dove ogni punto percentuale di efficienza conta.

Una delle innovazioni più affascinanti è rappresentata dai pannelli fotovoltaici trasparenti. Immagina una finestra che, mentre lascia entrare la luce, produce energia elettrica. Questa non è più fantascienza: esistono già prototipi funzionanti e alcune aziende stanno iniziando a installarli in edifici commerciali. Il principio si basa su materiali che assorbono solo le radiazioni ultraviolette e infrarosse, lasciando passare la luce visibile. Il rendimento è ancora limitato, ma il potenziale è enorme, soprattutto per l'integrazione architettonica nelle città.

Le celle organiche (OPV) sono realizzate con materiali a base di carbonio. Offrono una grande flessibilità, leggerezza e possibilità di stampa su vari supporti. Anche se l'efficienza è inferiore rispetto ad altre tecnologie (tra il 10% e il 15%), il loro basso impatto ambientale e il costo contenuto le rendono ideali per applicazioni mobili o indossabili. Allo stesso modo, i pannelli flessibili trovano applicazioni su superfici curve, tende da campeggio, droni, mezzi di trasporto, rendendo l'energia solare sempre più accessibile ovunque.

Uno dei trend principali dei pannelli avanzati è l'integrazione. Non si tratta più solo di impianti sul tetto: i pannelli diventano parte del tessuto urbano e quotidiano. Dalle facciate solari alle coperture stradali fotovoltaiche, fino ai tessuti intelligenti, l'energia solare sta diventando una componente invisibile ma fondamentale della nostra vita.

Inoltre, con il supporto di sistemi di accumulo (batterie) e intelligenza artificiale per la gestione dei consumi, ci avviciniamo sempre più a un modello energetico decentralizzato e autosufficiente, dove ogni edificio può diventare una micro-centrale elettrica.

Le potenzialità dei pannelli solari avanzati sono enormi, ma ci sono ancora ostacoli da superare, solo per citarne alcuni: durabilità e riciclabilità dei nuovi materiali; costi iniziali di produzione e scala industriale; regolamentazione e certificazioni; accettazione pubblica e design.

Tuttavia, il rapido progresso scientifico e la crescente domanda di energia sostenibile stanno spingendo le innovazioni dal laboratorio al mercato.

I pannelli solari avanzati rappresentano più di una semplice evoluzione tecnologica, essi sono il simbolo di un cambiamento di paradigma. Da oggetti esterni e visibili, diventeranno parte integrante dell'ambiente che ci circonda, invisibili ma vitali. In un mondo che corre verso la decarbonizzazione, l'energia solare, sempre più efficiente, economica e adattabile, è destinata a illuminare il nostro futuro.

## Riferimenti bibliografici

Aeberhard, U. (2017). *Quantum-kinetic perspective on photovoltaic device operation in nanostructure-based solar cells*. arXiv preprint.

Guo, Y., Zhao, Z. C., Zheng, J., Ho-Baillie, A. W. Y., & McKenzie, D. R. (2024). *Quantum Interference at the Recombination Junction of Perovskite-Si Tandem Solar Cells Improves Efficiency*. *Physical Review Letters*, 133, 076201.

Ingenhoven, P. et al. (2013). *Quantum effects in silicon for photovoltaic applications*. *physica status solidi (a)*, 210(6), 1071–1075.

Karoui, A. & Kechiantz, A. (2012). *Quantum Mechanics Design of Two-Photon Processes Based Solar Cells*. *In Some Applications of Quantum Mechanics*.

Salama, H. (2022). *Quantum Dot Solar Cells*. arXiv preprint.