

celle organiche

UNA TECNOLOGIA RIVOLUZIONARIA

■ **ALESSANDRO ABBOTTO** - Dipartimento di scienza dei materiali, Università di Milano-Bicocca (alessandro.abbotto@mater.unimib.it)

Le celle organiche, o OPV, rappresentano uno degli approcci più promettenti del fv di terza generazione. Realizzate con materiali ampiamente disponibili e riciclabili, flessibili e leggere, possono essere assemblate a costi di gran lunga inferiori a quelli delle celle convenzionali: il costo di fabbricazione, in regime di economia di scala, è stimato intorno a 1 €/Wp per il 2013, ed è destinato a scendere a 0,3-0,4 €/Wp nei prossimi 20 anni.

L'effetto fotovoltaico è stato osservato per la prima volta nel 1839, anche se è solo negli anni Cinquanta del secolo scorso che si sono poste le basi per una tecnologia in grado di convertire luce in elettricità. I primi dispositivi, a base di una giunzione p-n di silicio, superavano appena il 5% di efficienza. Oggi la tecnologia fotovoltaica è giunta alla terza generazione, che segue alla prima, a base di silicio cristallino (c-Si), e alla seconda, a film sottile, introdotta

per semplificare e rendere più economico il processo di produzione. Da alcuni anni la generazione emergente è al centro di un notevole interesse grazie alla possibilità, a detta di molti esperti, di raggiungere in futuro il miglior compromesso in termini di prestazioni/costo. Con la terza generazione entrano in scena i materiali a base chimico-organica, permettendo di sfruttare pienamente tutti i vantaggi tipici della sintesi organica, tra cui la possibilità di avere a dispo-

zionale materiale fotoattivo con proprietà largamente modulabili, di elevata purezza e in larga quantità e di sfruttare noti processi produttivi di massa. Si pensi, per contro, alla difficoltà di reperimento e produzione del silicio cristallino, la cui intrinseca complessità del processo di raffinazione è un ostacolo alla riduzione del costo anche nell'ambito di economie di scala. Tra gli esempi principali della terza generazione citiamo le celle solari sensibilizzate con coloranti, o celle di Grätzel, e le celle fotovoltaiche completamente organiche (Organic Photo-Voltaics, OPV). Delle prime, in grado di superare efficienze del 10%, abbiamo parlato nel primo numero del 2009 di *PV Technology*.

COME FUNZIONA UNA CELLA ORGANICA

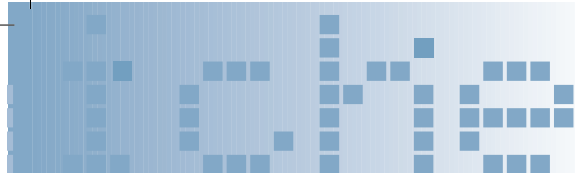
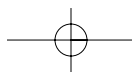
Nelle celle fotovoltaiche organiche OPV, o celle "di plastica", tutti i materiali attivi sono a base organica, ovvero costituiti da molecole organiche o da polimeri.

Questi materiali hanno sperimentato negli ultimi anni un enorme sviluppo in termini di prestazioni tecnologiche, già sfruttato in altri settori tra cui cristalli liquidi, transistor a film sottili, LED organici, con forti ricadute nel mercato dell'elettronica di massa (ad esempio, display a schermo piatto per TV, computer e cellulari).

Le tre principali funzioni di un dispositivo – l'assorbimento della luce, la generazione delle cariche e il trasporto e raccolta agli elettrodi – sono coperte da un solo materiale, il silicio, nelle celle convenzionali. Per contro in una cella OPV troviamo una coppia di materiali con funzioni separate: una specie donatrice (D) e specie accettrice (A). Solo la specie D è deputata all'assorbimento della luce solare e viene quindi ottimizzata per assolvere tale funzione. In modo analogo alla clorofilla contenuta nelle piante, la specie D passa, per assorbimento della luce, nel suo stato elettronico eccitato da



Fase della produzione delle celle organiche Power Plastic di Konarka. Questi dispositivi possono essere prodotti in rotoli utilizzando processi molto economici, simili a quelli comunemente impiegati nell'industria della stampa.



Caricatore di batterie portatile per cellulari realizzato da Konarka con la tecnologia fv Power Plastic, a base di materiali polimerici fotoattivi di proprio sviluppo.

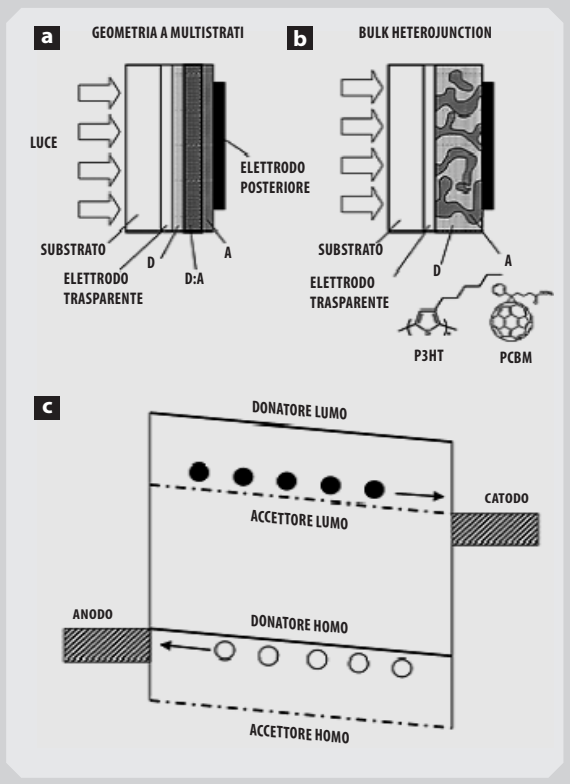


GEOMETRIE DI CELLE FOTOVOLTAICHE ORGANICHE

Sopra, a sinistra, la geometria a multistrati D:A inizialmente utilizzata per la costruzione di celle OPV (a); le efficienze dei dispositivi con questa struttura erano molto basse.

A destra, la più recente geometria bulk heterojunction in cui le due componenti D e A sono miscelate intimamente, consentendo di ottenere efficienze di conversione più elevate (b). Le strutture chimiche sono esempi di componenti donatrici D (poli(3-esiltiliofene): P3HT) e accettrici A (derivato fullererenico PCBM) comunemente usate in celle fv organiche.

In basso, schema dei livelli energetici degli orbitali molecolari HOMO e LUMO coinvolti nei processi di generazione e trasporto delle cariche (c): i pallini pieni rappresentano gli elettroni, quelli vuoti le buche.

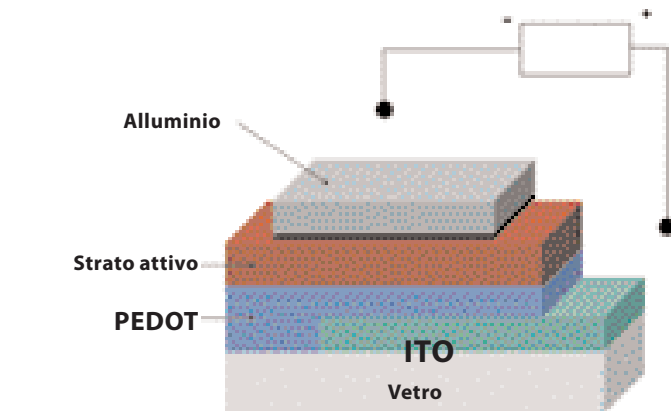


FONTE: BERNARD KIPPELEN E JEAN-LUC BRÉDAS "ORGANIC PHOTOVOLTAICS", ENERGY AND ENVIRONMENTAL SCIENCE, 2009, COPYRIGHT © 2009 ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY

dove, interagendo con la componente A, promuove la donazione di un elettrone. Si crea così una coppia di cariche negative/positive che viene trasportata e raccolta agli elettrodi. Quindi, chiudendo con un circuito esterno, avremo corrente elettrica. Polimeri benzenici (PPV) e, successivamente, polimeri tiofenici (P3HT) sono stati maggiormente utilizzati quali specie D assorbitori. Un derivato del fullerene (PCBM) funziona molto bene come specie A.

I VANTAGGI DELLA TECNOLOGIA

La prima cella OPV sviluppata da Tang nel 1986 rendeva appena lo 0,9%. Le prestazioni complessive delle migliori celle OPV raggiungono nel 2009 il 6% in singola cella e il 6,5% in configurazione tandem, nella quale materiali con diverse proprietà ottiche vengono assemblati per assorbire diverse porzioni dello spettro solare. Nonostante i progressi in termini relativi sia-



Schema di una cella solare polimero/fullerene (da Serap Günes e altri, "Conjugated Polymer-Based Organic Solar Cells" Chemical Reviews, 2007; Copyright © 2007 American Chemical Society).

no notevoli è indubbio che ancora molta strada è da percorrere in termini di efficienza e stabilità per competere con l'attuale tecnologia. Nel breve-medio termine efficienze del 10% in cella singola e 15% in cella tandem sono ritenute ormai accessibili. La recente dimostrazione di 100.000 ore di vita operativa in dispositivi OLED, costituiti da materiali analoghi, è incoraggiante in termini di stabilità. Tuttavia già oggi sono evidenti i van-

taggi della nuova tecnologia. Le celle OPV possono essere processate in forma di film sottili (rotoli), sono flessibili e leggere e hanno un elevato rapporto energia/peso. I materiali utilizzati sono abbondantemente e facilmente disponibili, consentono una produzione scalabile senza particolari difficoltà e comportano costi di investimento per il processo produttivo relativamente bassi. Sono inoltre riciclabili al 100%, evitando

problemi di smaltimento tipici delle prime due generazioni. I nuovi dispositivi, grazie alle doti di flessibilità e trasparenza, possono essere incorporati nelle finestre delle case o integrate con le strutture di automobili, tende da campeggio, o addirittura tessuti!

Le celle organiche possono essere assemblate, in regime di economia di scala, a costi di gran lunga inferiori a quelle convenzionali. Mentre per il c-Si il costo finale di fabbricazione è di circa 2-3 €/Wp (Wp, o watt-peak, è l'unità di misura della potenza normalizzata di una cella fotovoltaica), per le celle OPV la diminuzione prevista dei costi - da 1,00 €/Wp stimata per il 2013 a 0,3-0,4 €/Wp come obiettivo di lungo termine tra 20 anni - è impressionante. Questi costi consentiranno di competere finalmente con quelli tipici delle fonti energetiche fossili, sviluppando in maniera definitiva l'intera tecnologia fotovoltaica. ■

