



BIPV e DSSC, la chiave di volta del fotovoltaico è l'utilizzo *smart*, la rinnovabile "spalmabile" non è un futuro lontano

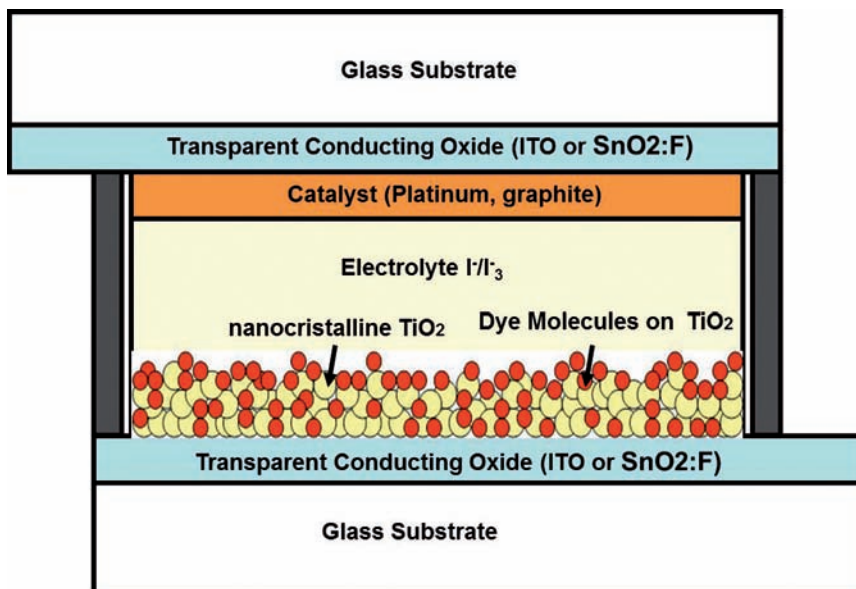
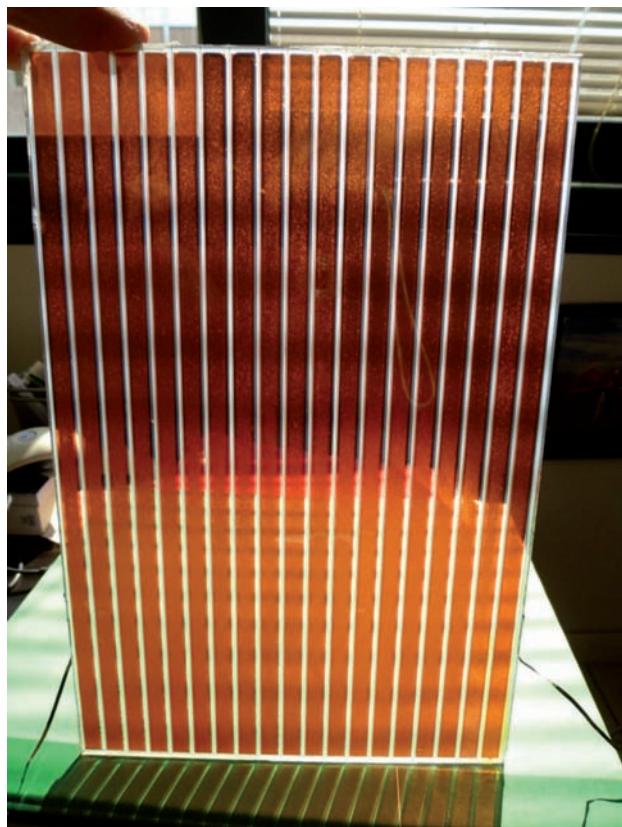
FABRIZIO TUCCI, MARIA LUIGIA FIORENTINO

Il programma di finanziamenti europei per la ricerca Horizon 2020 ha spinto tutti i paesi europei a porre l'attenzione verso un utilizzo sempre più *smart* delle fonti rinnovabili e quindi delle tecnologie ad esse connesse al fine di giungere alla produzione di edifici a "quasi" zero consumo di energia fossile e a "quasi" zero emissioni di CO₂.

D'altra parte è ormai diffusa la consapevolezza che gli edifici siano i responsabili di almeno il 40% dei consumi energetici in Occidente - un dato confermato e ribadito dalla seconda Direttiva Europea 2010/31/UE sugli Energy Performance Buildings, che segue alla prima nota Direttiva 2002/91/CE - affermazione questa che spinge l'intelletto, l'impegno e la volontà dei ricercatori e degli addetti ai lavori nel governo di processo e di prodotto in ambito edilizio ed urbano ad indirizzare i propri sforzi in due principali direzio-

MODULO PAROLE CHIAVE

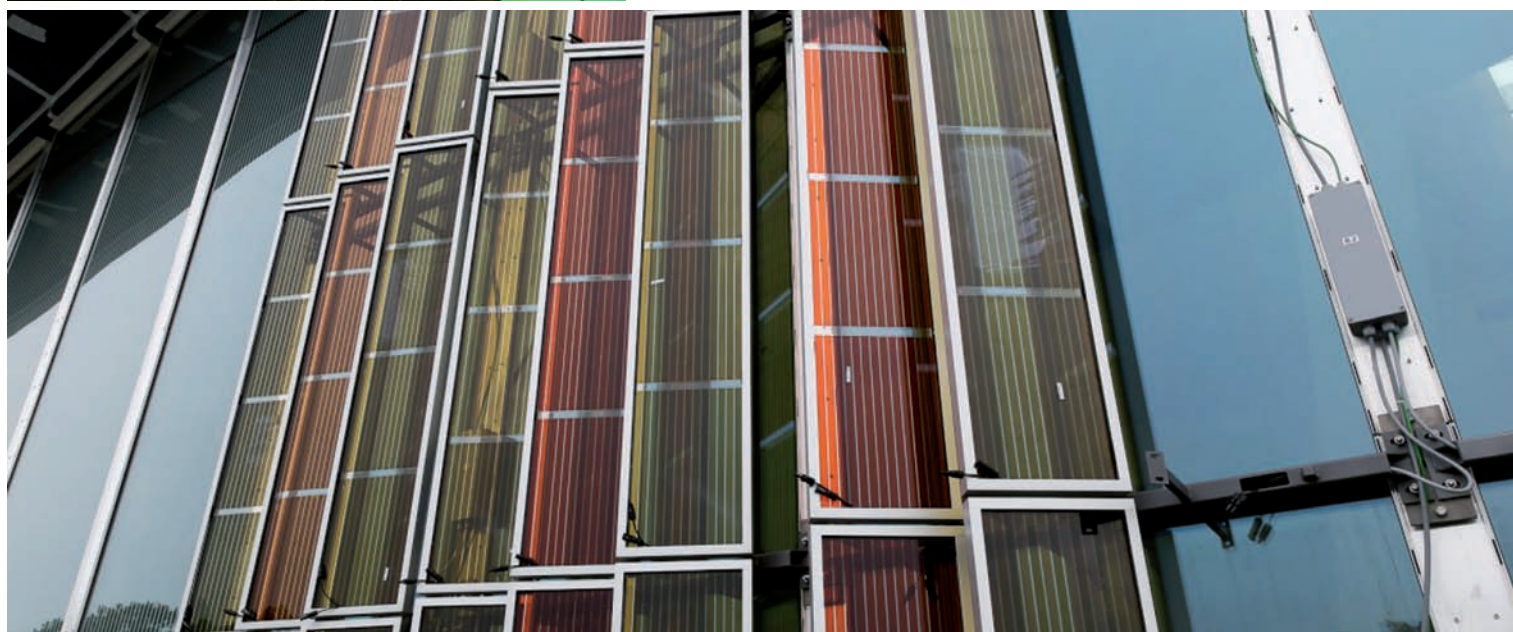
HORIZON 2020 – DIRETTIVA EUROPEA 2010/31/UE ENERGY PERFORMANCE BUILDINGS - BIPV BUILDINGS INTEGRATED PHOTOVOLTAICS – FOTOVOLTAICO A MATERIALE INORGANICO - SISTEMI A SILICIO CRISTALLINO MONOCRISTALLINO POLICRISTALLINO - FOTOVOLTAICO A FILM SOTTILE THIN FILM – CELLE IN SILICIO AMORFO – CELLE CON TELLURO DI CADMIO CDTE - CIS CUPPER INDIUM SELENIDE - CIGS CUPPER INDIUM GALLIUM SELENIDE - DSSC DYE SENSITED SOLAR CELLS



Sopra, sezione di una Cella Dye Sensitized Solar Cells.

A sinistra, il "mattoncino base" per i pannelli fotovoltaici Dye Power_Chose, dalle dimensioni di un A4: 20x30 cm.

Nella pagina a fianco e in basso, Swiss Tech Convention Centre, Facciata con tecnologia DSSC (Dye Sensitized Solar Cells). Progettisti: Richter Dahl Rocha & Associés, 2014. Vista esterna di dettaglio della vetrata con integrate le celle DSSC.



ni: da una parte abbassare il fabbisogno energetico in architettura con un'ottimizzazione dei fenomeni bioclimatici passivi e una migliore integrazione del sistema edificio-impianto; dall'altra ottemperare al ridotto fabbisogno energetico esclusivamente con energia prodotta da fonti rinnovabili. Va da sé che la scommessa su questa seconda strategica linea di sviluppo non può che passare per la ricerca e l'utilizzo di nuove tecnologie per l'impiego di fonti rinnovabili oltre quelle conosciute fino ad oggi, e che questa seconda via è una strada percorribile proficuamente anche per un significativo perseguimento del primo obiettivo, quello della riduzione di tali consumi. Peraltro è di uno dei maggiori esperti mondiali di innovazione smart dei sistemi energetico-ambientali, Jeremy Rifkin, l'affermazione che "il futuro della qualità sociale delle nostre città sarà sempre più strettamente connesso con l'evolversi della qualità tecnologica degli edifici che le comporranno".

Il Dye delle DSSC è una struttura liquida a colorante. Assorbe sia la luce diretta, sia quella diffusa, un'evoluzione straordinaria del fotovoltaico prima maniera

In questo quadro ben delineato dall'Europa, le tecnologie fotovoltaiche ricoprono - e ricopriranno sempre più - un ruolo importante in parte perché ben consolidate nella cultura ecosostenibile ed in parte perché l'energia solare rappresenta la prima e forse la più efficiente delle fonti rinnovabili. Ormai le tecnologie fotovoltaiche si sono evolute al punto tale che possiamo considerarle materiale strutturante e a volte strutturale per gli edifici; Lord Norman Forster, in occasione del ritiro dello Swiss Solar Prize del 2010, riferendosi ai sistemi BIPV (Buildings Integrated Photovoltaics) si è espresso come segue: "Il mio desiderio è che tali sistemi saranno sempre più realmente integrati nella costruzione delle facciate e delle coperture, e che la morfologia complessiva e la forma stessa degli edifici sarà di conseguenza scolpita dal ciclo solare per massimizzarne gli input energetici. Non ho mai rinvenuto una conflittualità fra il perseguimento di una ricerca estetica e quello delle più elevate performance in termini di sostenibilità". Oggi non siamo molto lontani dal realizzare quanto rappresentato da questo auspicio. 'Integrare' quindi, e non 'installare', sembra essere il focus da perseguire. La sostanziale differenza è data proprio dalla possibilità di utilizzare i materiali fotovoltaici in luogo di altri materiali costruttivi, proprio per le loro alte qualità prestazionali e la loro spinta capacità a dimostrarsi adattivi e flessibili all'integrazione. Obiettivi di questo tipo hanno condotto gli studi in materia di fotovoltaico alla ricerca di tecnologie innovative che possano assolvere sempre meglio alla funzione energetica, possano rispondere sempre più efficacemente all'imperativo categorico della rinnovabilità delle risorse in gioco (il silicio in sé non è rinnovabile, lo sappiamo) e al contempo possano meglio integrarsi con gli edifici.

Le tecnologie fotovoltaiche fino ad oggi più largamente impiegate sono state quelle a base di materiale inorganico; parliamo quindi di sistemi a silicio cristallino ('monocristallino' o 'policristallino') e le tecnologie fotovoltaiche a film sottile (*thin film*). Tra queste, degne di nota sono le celle realizzate in silicio amorfo, quelle basate sul telluro di cadmio (CdTe), e le cosiddette CIS (Copper Indium Selenide) e CIGS (Copper Indium Gallium Selenide), che hanno da poco trovato tutte una commercializzazione massiva, segnale evidente del crescente bisogno di tecnologie di questo tipo. Oltre a queste ormai consolidate tipologie tecnologiche fotovoltaiche solari, la ricerca in ambito di materiali finalizzati all'uso di fonti rinnovabili ha prodotto i cosiddetti materiali 'foto-attivi' di terza generazione, celle solari di origine organica, a base di coloranti o composti organici, come le DSSC (*Dye Sensitized Solar Cells*). Tale tecnologia risulta essere un materiale altamente sostenibile a partire dal suo processo realizzativo, effettuato attraverso un sistema roll to roll con il quale il colorante (*Dye*) che caratterizza le celle può essere stampato sia su vetro che su plastica. Il processo avviene ad una temperatura di 500°C, limitando quindi l'emissione di CO₂. Le DSSC presentano quindi una struttura a colorante o dye in forma liquida, che permette la conversione in corrente elettrica della radiazione luminosa. La struttura elementare di una cella di questo tipo è composta da substrati di vetro o supporti flessibili resi elettricamente conduttivi, che vanno a costituire i due elettrodi della cella. Su uno dei due (il fotoanodo) viene depositato un film mesoporoso di Biossido di Titanio (TiO₂) che fissa ed assorbe il colorante fotoattivo; sull'altro (il contro-elettrodo) un film nanometrico di platino che catalizza e velocizza la reazione di tipo Red-Ox che avviene nell'elettrolita. L'elettrolita ha il compito di rigenerare il colorante e riportarlo nel suo stato stazionario. Tutte le trasformazioni energetiche che avvengono all'interno del dispositivo sono di natura reversibile. Questo permette alla cella fotovoltaica di ripetere il fenomeno di fotogenerazione in modo ciclico. Tale processo è nato, si è sviluppato, e finalmente oggi sta riuscendo a replicare in laboratorio quanto avviene in natura grazie alla fotosintesi clorofilliana. Le prime sperimentazioni infatti sono state condotte e realizzate utilizzando come dye alcuni composti naturali in cui è presente l'antocianina, un enzima che permette lo sviluppo della fotosintesi. I dye contraddistinguono le celle anche perché donano a queste la loro tipica colorazione; attualmente la più efficiente è quella sulle tonalità del rosso, poiché riesce a captare un quantitativo maggiore di luce solare grazie ad uno spettro di assorbimento

più ampio; poi ancora vengono in termini di efficienza l'arancio e il verde. Il tempo di immersione delle celle nel dye, oltre a donare una determinata colorazione, permette anche di quantificare la trasparenza delle celle, altro dato estremamente importante per l'applicabilità ampia ed integrata di tali tecnologie in architettura. La natura porosa delle celle DSSC permette l'assorbimento non solo della luce diretta ma anche della luce diffusa. Questo aspetto rappresenta uno straordinario incentivo per l'applicazione della tecnologia nei sistemi *Buildings Integrated Photovoltaics*.

Ancora, sappiamo purtroppo che tra i requisiti prestazionali di base per l'uso del fotovoltaico al silicio in architettura ve ne sono sicuramente due fortemente condizionanti la progettazione, anche per gli esiti formali, estetici ed architettonici nel loro complesso: l'orientamento a sud e l'inclinazione dei pannelli a circa 30°. La tecnologia DSSC permette invece applicazioni molto più ampie, anche in condizioni progettuali fortemente differenti da quelle di base, proprio in virtù del suo funzionamento a luce diffusa. Per questo possiamo affermare che, ad esempio, la verticalità di facciate continue o di elementi più puntuali come parapetti o brise soleil sui quali fossero integrate le celle DSSC non inficerebbero il funzionamento delle celle stesse. È prevedibile comunque che un'efficienza maggiore sia direttamente proporzionale alla superficie interessata dall'applicazione. Ecco perché la facciata a doppia pelle vetrata sembrerebbe essere una delle applicazioni più fruttuose, poiché avremmo a disposizione grandi superfici su cui agire e attraverso cui sfruttare, fra l'altro, anche le caratteristiche termiche del vetro. L'uso in verticale non esclude certamente quello in orizzontale o in leggera inclinazione, quindi sono stati condotti ampi studi e simulazioni applicative delle celle DSSC sulle coperture vetrate trasparenti, semitrasparenti od opache di edifici terziari o residenziali, e su pensiline di arredo urbano dalle più svariate forme e dimensioni. In questo caso la radiazione diretta è sicuramente favorita, ma nondimeno va sottolineato il surplus di apporto che anche la radiazione diffusa, generata da porzioni di coperture o di pensiline non orientate in modo ottimale, può offrire.

Per ultimo non possiamo non menzionare la possibilità di applicazioni indoor: si pensa quindi al vastissimo quadro di lampade o di altri componenti di arredo da realizzare con questa tecnologia. La flessibilità e la versatilità compositiva delle celle DSSC non escludono un loro utilizzo in coesistenza con tecnologie fotovoltaiche più collaudate, e ciò avvalorata la tesi che la tecnologia DSSC presenta nel suo complesso dei vantaggi prestazionali rispetto alle tecnologie fotovoltaiche di prima e di seconda generazione, che sono rinvenibili anche e proprio nella loro versatilità e complementarietà applicativa insieme alle tecnologie al silicio. Nonostante ciò vi è ancora una grande sfida da superare e vincere: quella di aumentare il rendimento complessivo di tali celle solari. L'efficienza fino ad ora ottenuta in fase di sperimentazione è piuttosto bassa, quindi non ancora del tutto competitiva con le altre tecnologie sopra menzionate, seppure il bassissimo costo le metta in proporzione già quasi alla pari con le tecnologie consolidate, rispetto alla quantità di energia prodotta.

Tuttavia la ricerca, promossa anche dai programmi europei, come Horizon 2020, si muove verso un trasferimento tecnologico che presto possa giungere sul mercato. Proprio a Roma è presente il Polo Solare della Regione Lazio, Chose (*Center Hybrid and Organic Solar Energy*) (Direttore scientifico per il Chose dell'Università Tor Vergata di Roma è il prof. Aldo Di Carlo) che sta da anni svolgendo ricerca e sperimentazioni su questo tipo di tecnologia proprio con l'obiettivo primario di migliorarne l'efficienza e - avvalendosi su questo secondo aspetto della collaborazione col dipartimento PDTA (Referente scientifico del dipartimento PDTA dell'Università La Sapienza di Roma per la collaborazione col CHOSE è il prof. Fabrizio Tucci). È anche in corso lo sviluppo di una tesi di dottorato dell'arch. Maria Luigia Fiorentino - tutor lo stesso prof. Tucci, nell'ambito del Dottorato in Progettazione Ambientale presso La Sapienza di Roma - che ha per oggetto lo sviluppo di tali questioni in collaborazione col CHOSE stesso e con lo Spin off Dyers fondato dal prof. Franco Giannini insieme ai ricercatori Riccardo Riccietelli, Stefano Penna, Eleonora Petrolati e al prof. Di Carlo) - con l'altrettanto fondamentale obiettivo di sondare l'applicabilità ed integrabilità di tali tecnologie innovative in architettura.

Timber House, Casa Sperimentale appartenente ad un progetto più ampio commissionato dal governo del New South Wales, Australia, come evento-culmine dell'Anno dell'Ambiente Costruito (2004), Sydney. Progettisti: Stephanie Smith & Ken McBryde. La vetrata è prodotta in DSSC, oggetto di ricerca applicata dell'University of Technology, Sydney, CSIRO, e dell'Università di Sydney Ian Buchan, Fell Housing Research Centre. Vista esterna della vetrata con integrate le celle DSSC (Dye Sensited Solar Cells).

