



ISTITUTO ISTRUZIONE SUPERIORE “A. AVOGADRO”

(ENTE DOTATO DI PERSONALITA' GIURIDICA E DI AUTONOMIA AMMINISTRATIVA, ORGANIZZATIVA e DIDATTICA - R. D. 24.08.1933 N. 21933 - DP. N. 3917-P/C16 DEL 7.3.2000)

C.A.P. 10124 - TORINO - Corso S. Maurizio, 8 - Tel. 011 81.53.611 fax 011 81.53.750 Cod. Mec. TOIS05100C

E-Mail Certificata: tois05100c@pec.istruzione.it E-Mail ordinaria: tois05100c@istruzione.it

Dye-Sensitized Solar Cells – “Energy for life”

Giardino Matteo – Pomero Irene

In ambito energetico si è fatta strada nell'ultimo ventennio la convinzione che la Terra sia retta da equilibri fragili e necessiti di attenzioni particolari, perché l'abuso della natura non può che comportare effetti catastrofici per se stessa e per noi, suoi abitanti.

Per questo il nostro Pianeta ha bisogno di essere nutrito e i metodi tramite cui l'uomo trae energia da risorse naturali devono essere il più possibile rispettose nei confronti dell'ambiente: non devono costituire un danno, ma devono essere energia positiva, che permetta il perdurarsi della vita stessa.

Per questo motivo la ricerca nel campo delle energie rinnovabili assume un valore innegabile e noi giovani non possiamo prescindere dall'interrogarci sul futuro del nostro Pianeta, perché da esso dipende il nostro stesso avvenire.

STRUTTURA DELLE DYE-SENSITIZED SOLAR CELLS

Il cuore del nostro progetto riguarda lo studio di una tecnologia recente, le “Celle di Grätzel”, il cui scopritore ha ottenuto il “Millennium Technology Grand Prize 2010”.

Queste celle, chiamate in inglese “Dye-Sensitized Solar Cells”, sono di tipo elettrochimico e oggi si stanno proponendo come una valida alternativa al fotovoltaico tradizionale, soprattutto per il costo limitato.

Esse sono composte da due elettrodi di vetro conduttore sovrapposti: uno su cui è disposto uno strato nanostrutturato di TiO_2 che ha subito un processo di sinterizzazione ad alta temperatura, che ne costituisce l'anodo, e uno su cui è disposto uno strato di grafite come catalizzatore.

Sullo strato di TiO_2 viene poi fatto adsorbire un colorante organico fotosensibile e tra le due semicelle viene inserito un elettrolita, molto spesso una soluzione di I⁻/I₃⁻.

L'esposizione alla luce solare, della cella permette la foto eccitazione degli elettroni delle molecole di colorante.

Questi elettroni, che transitano da livelli energetici inferiori a livelli energetici superiori, vengono poi ceduti all'elettrodo ed entrano nel circuito esterno. Grazie alla presenza dell'elettrolita, il colorante si può rigenerare per ossidazione dell'elettrolita stesso, tornando al suo stato fondamentale.

Dopodiché gli elettroni giungono al compartimento catodico dove si combinano con l'elettrolita per farlo tornare nella sua forma ridotta.

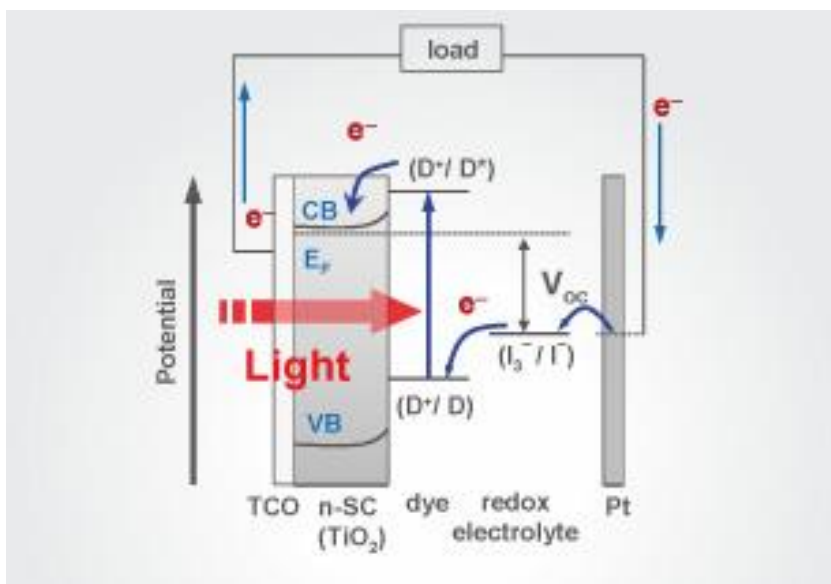


Figura 4) Schema di funzionamento di una DSSC. Tratto da ww.chemwelltech.com/eng/sub2_3.htm.

L'ESPERIMENTO

L'esperimento che è stato condotto si è focalizzato sulla costruzione di celle a base di TiO_2 nanostrutturato che sono state testate con l'utilizzo di coloranti naturali differenti per valutare quale di questi possa essere ritenuto il più adeguato per questi utilizzi.

Un'importante frontiera aperta che riguarda questo tipo di tecnologia è proprio la ricerca del colorante che possa garantire le maggiori prestazioni, che abbia cioè uno spettro di assorbimento ampio nel campo del visibile e garantisca un veloce trasferimento degli elettroni

La scelta del TiO_2 nanostrutturato è efficace in quanto permette la formazione di un film poroso di particelle nanodimensionali che meglio interagiscono con il colorante, permettendo un più efficiente trasferimento degli elettroni e che permettono di massimizzare la superficie disponibile sulla quale possono incidere i fotoni.

Il lavoro di laboratorio si è strutturato in diverse sessioni ed è stato svolto in partenei laboratori della scuola e in parte nei laboratori della divisione termodinamica dell'INRIM (Istituto Ricerca Metrologica di Torino):

- Preparazione della sospensione di TiO_2 , sia nano strutturato che non, con CH_3COOH 0.1 M e deposizione dello stesso sui vetrini semiconduttori precedentemente disposti all'operazione;
- Sinterizzazione dei vetrini in stufa per 25 minuti a 230°C . Questo processo fa sì che il diossido di titanio assuma una forma cristallina che permette di aumentare l'efficienza della cella.

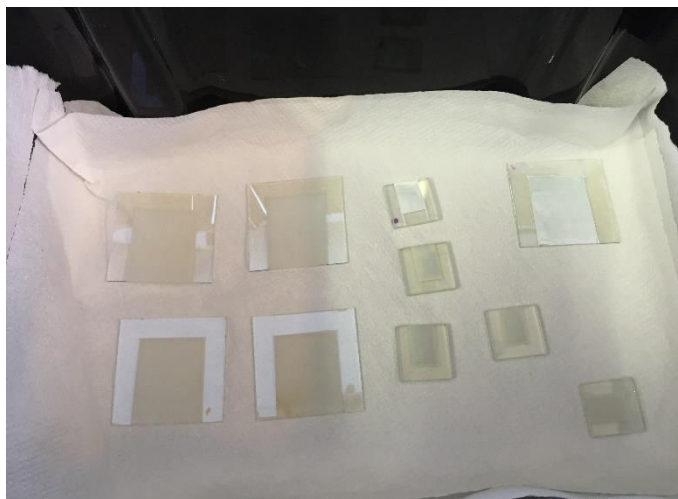


Figura 1) Vetrini ITO di varie dimensioni con layer di TiO_2 dopo la sinterizzazione.

- Estrazione dei pigmenti: clorofilla da foglie di spinaci, antocianine da mirtili, betacianine da barbabietola, apigenina da petali di crisantemo.

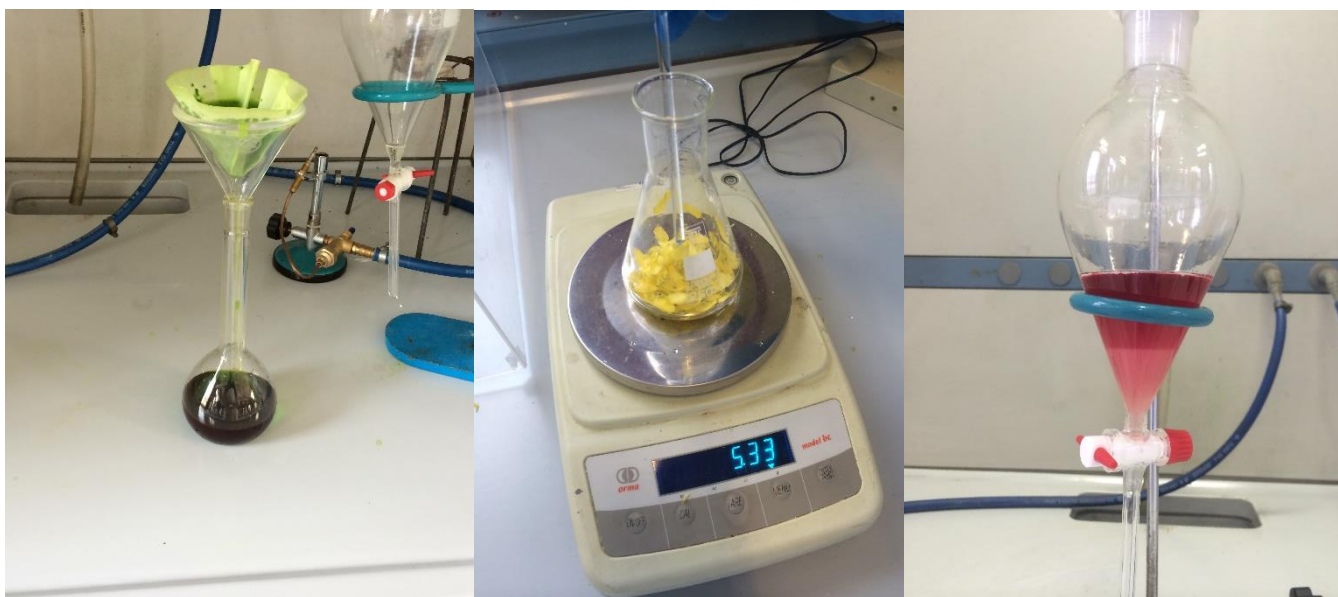


Figura 2) Momenti delle estrazioni dei diversi pigmenti naturali (da sinistra) clorofilla, apigenina e cianidina.

- Preparazione del contro elettrodo (deposizione di grafite su vetrino ITO con matita 7B) e adsorbimento e fissazione del colorante sullo strato di TiO_2 .

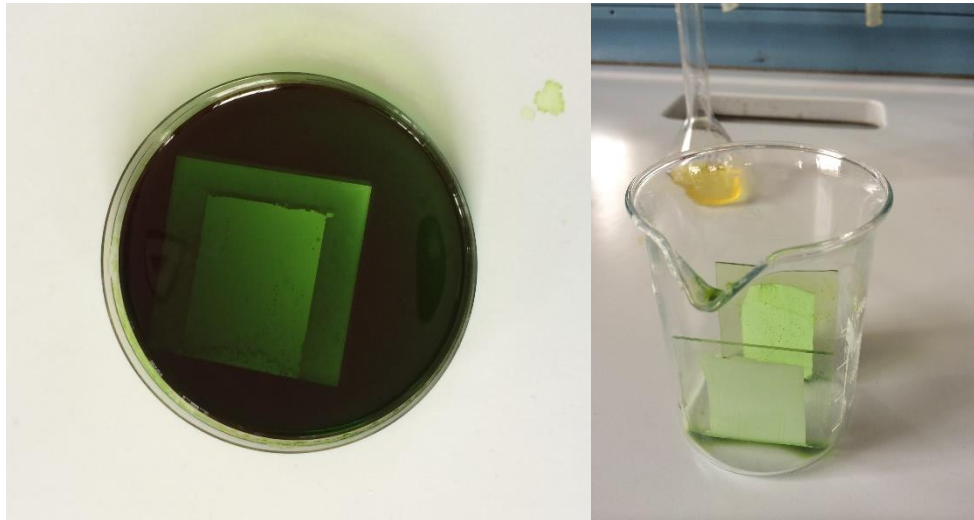


Figura 3) Momenti della realizzazione della DSSC: a sinistra, vetrino con layer di titanio diossido in soluzione alcolica di clorofilla, a destra, vetrini con colorante durante l'asciugatura.

- Assemblaggio delle celle e test con conseguente analisi dei risultati.

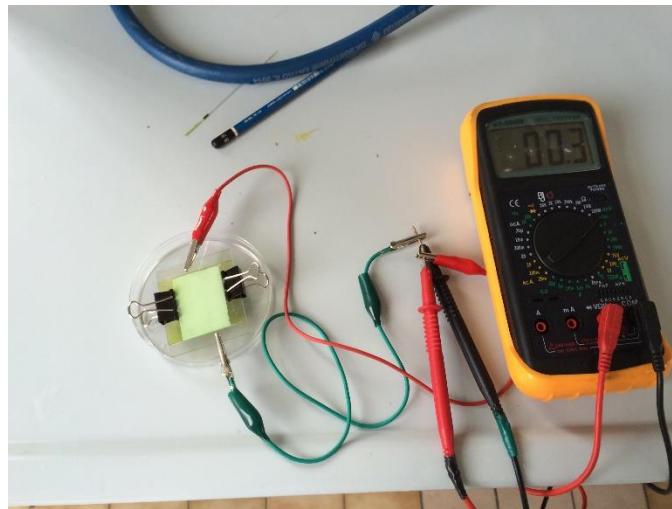


Figura 4) Cella sensibilizzata alla clorofilla. Si nota una bassa f.e.m. dovuta alla scarsa tendenza di questo colorante a legarsi al TiO_2 .

L'obiettivo dell'esperimento è consistito nello studiare i diversi pigmenti naturali precedentemente elencati e la loro efficienza all'interno delle celle.

I campioni dei pigmenti estratti sono stati sottoposti a prove di spettrofotometria UV/visibile, per evidenziare gli assorbimenti dei coloranti nel campo visibile/NUV, e a spettroscopia IR-Raman per studiare la struttura chimica dei coloranti stessi.

La spettrofotometria UV/visibile si basa sull'assorbimento selettivo delle molecole delle radiazioni con lunghezza d'onda compresa tra gli ultravioletti e il campo del visibile, per un intervallo complessivo da 300 a 700 nm.

La spettroscopia Raman, si basa invece sul principio della diffusione di Raman, che permette di sfruttare una proprietà delle molecole, che qualora vengano colpite da radiazione (un laser nel campo visibile nel caso del nostro studio) di dare origine a un fenomeno di diffusione, ove la luce diffusa presenta una lunghezza d'onda maggiore di quella incidente.

- La clorofilla è la molecola chiave dei processi fotosintetici nelle piante, nei batteri e nelle alghe che permettono la formazione di ATP, nei cui legami risiede l'energia chimica necessaria per svolgere le attività metaboliche. La clorofilla a presenta picchi di assorbimento nella regione luminosa di lunghezza d'onda compresa tra 400-450 nm, mentre il suo punto di minimo è raggiunto nella zona tra 550-700 nm. La clorofilla b presenta uno spettro di assorbimento leggermente differente: ha un picco tra 450-500 nm. L'estrazione della clorofilla è stata condotta con etanolo assoluto.
- Le antocianine, pigmenti responsabili della tipica colorazione di molti frutti, sono importanti per le reazioni di fotosintesi. Lo spettro di assorbimento della cianidina (colore rosso) presenta un picco a lunghezza d'onda di circa 520 nm, mentre lo spettro di assorbimento dell'apigenina (colore giallo) presenta un picco a 416 nm e 440 nm. La cianidina è stata utilizzata per il test della DSSC sia in ambiente acido (colorazione rossa) che in ambiente basico (colorazione blu/verde).
- Le betacianine si sono rivelate una classe di pigmenti particolarmente interessanti. Esse sono state estratte dalla barbabietola e presentano due picchi di assorbimento attorno a lunghezze d'onda di 500 nm. Betacianine e antocianine sono state estratte con propanone e purificate con separazione di fase in diclorometano.

Inoltre per il layer realizzati con TiO₂ non nanodimensionale è stata eseguita una microscopia elettronica a scansione (con ingrandimenti da 15 000 x fino a 50 000 x) per valutare il grado di riuscita del processo di sinterizzazione e misurare la dimensione media delle particelle utilizzate.

Per i layer realizzati con TiO₂ nanodimensionale, questo processo non si è rivelato necessario in quanto è stata utilizzata una polvere di Titanio diossido DEGUSSA P25 che è una polvere standard le cui dimensioni particellari e proprietà nel caso di uso per DSSC sono ben note e testate.

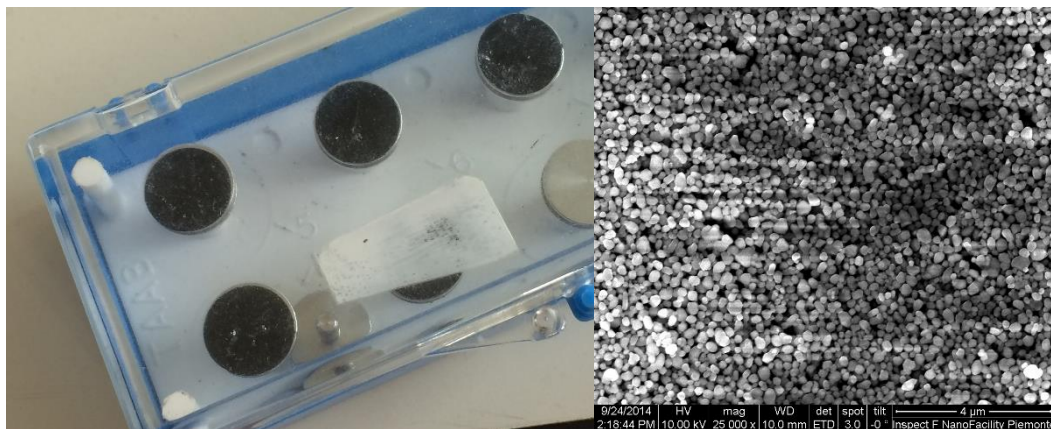


Figura 5) Vetrino su portacampione da microscopia SEM (a sinistra) e stesso vetrino osservato con ingrandimento 25 000 x (a destra).

CONCLUSIONI

Certamente sono numerosi gli aspetti su cui bisognerebbe lavorare per migliorare questo tipo di celle: la degradazione dei pigmenti, la presenza di un elettrolita liquido che non permette di lavorare a tutte le temperature, la dispersione di corrente elettrica dovuta al fatto che gli elettroni non sono obbligati a seguire un percorso unico. La ricerca ha comunque fornito i risultati ottenuti: sebbene le celle abbiano una resa molto bassa, esse hanno potenzialità enormi.

Oltre ad avere indagato su quale colorante naturale, tra quelli presi in oggetto sia il miglior per queste applicazioni, abbiamo anche valutato l'impatto della dimensione delle particelle sulla performance della cella. Notoriamente il TiO₂ in nanoparticelle presenta un costo di produzione notevolmente superiore rispetto ad una polvere di dimensione submicrometrica, pertanto la possibilità di utilizzare quest'ultima in alternativa alla prima, senza perdite significative di efficienza potrebbe apparire una strada interessante per l'ottimizzazione dei costi di produzione di una DSSC.

RIGRAZIAMENTI

Si ringraziano il prof. Antonio Mandarano e la prof.ssa Faustina Tondolo per l'assistenza durante lo svolgimento di tutte le attività. Inoltre si ringrazia il preside, prof. Tommaso De Luca per averci consentito di svolgere gli esperimenti nel laboratorio della scuola. Si ringraziano infine l'INRIM di Torino nelle persone del dott. Andrea Mario Rossi, dott. Dario Imbraguglio e dott. Luca Iennarelli, per aver permesso di svolgere le analisi di microscopia SEM, spettrofotometria UV/VIS e IR-Raman.