

TESINA PER L'ESAME DI STATO  
A.S. 2012/2013

# CONVERSIONE FOTOVOLTAICA

di *Emanuela Liburdi*

## **NEI PANNI DEL RICERCATORE**

Il presente contributo, elaborato dalla studentessa **Emanuela Liburdi** del **Liceo Scientifico e Linguistico di Ceccano (FR)**, è connesso alle attività scientifiche e laboratoriali svolte durante lo "Stage a Tor Vergata", promosso dal MIUR (Direzione Generale per gli ordinamenti scolastici e per l'autonomia scolastica) e tenuto presso il Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Roma Tor Vergata in due fasi:

Stage Estivo dal 18 al 22 giugno 2012;

Stage Invernale dal 4 al 8 febbraio 2013.

Le attività didattiche previste dal Programma dello Stage sono state realizzate all'interno di tre gruppi di ricerca, guidati da docenti del Dipartimento di Fisica.

### ***I responsabili delle attività laboratoriali del Modulo "Materiali per la Conversione Fotovoltaica"***

Prof. Ivan Davoli

*Ivan Davoli*

Dott. Massimiliano Lucci

*Massimiliano Lucci*



***Il Direttore degli "Stage a Tor Vergata"***

Prof. Nicola Vittorio

*Nicola Vittorio*



Quanto esposto nella seguente tesina è il coronamento di un percorso iniziato durante lo Stage presso il dipartimento di fisica dell'Università 'TOR VERGATA' di Roma.

*"La difficoltà non sta nel credere nelle nuove idee, ma nel fuggire dalle vecchie."*

*John Maynard Keynes*

Il settore della ricerca riveste da sempre un ruolo prestigioso nell'economia del mondo scientifico ed affascina sia chi fa della ricerca il proprio mestiere, sia chi beneficia dall'esterno dei risultati ottenuti da quest'ultima. Molti sono coloro che si cimentano in un'impresa tanto gratificante ed impegnativa e che continuano a promuovere le attività scientifiche e la divulgazione studio scientifico. E' auspicabile che il governo italiano riconosca l'importanza di tale impegno e incrementasse gli investimenti volti al sostegno della ricerca. Ciò di cui si ha bisogno è un vero e proprio cambiamento culturale, che riconosca alla ricerca scientifica il suo ruolo fondamentale come motore delle politiche di sviluppo, rilancio e innovazione. Tale cambiamento servirebbe a modificare quell'atteggiamento di generale mancanza di interesse culturale e politico nei confronti della ricerca, che si configura come una grave mancanza di interesse verso il futuro del Paese.

La mia esperienza di "ricercatrice", presso l'Università, mi ha permesso di entrare a contatto con il mondo della ricerca, e di seguito esporrò brevemente l'attività da me svolta

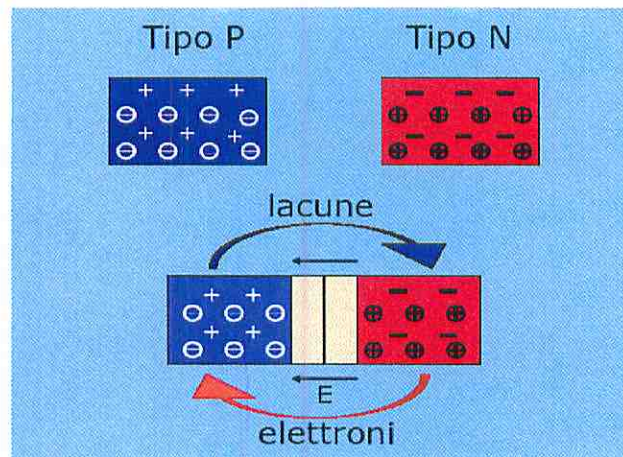
## *'Materiali per la conversione fotovoltaica'*

La conversione fotovoltaica è una tecnologia che permette di trasformare la luce solare in energia elettrica, sfruttando l'effetto fotoelettrico. Quest'ultimo è un fenomeno fisico caratterizzato dall'emissione di elettroni da una superficie, solitamente metallica, quando questa viene colpita da fotoni aventi una certa frequenza. Suddetto fenomeno venne scoperto nel 1887 dallo scienziato Hertz ed in seguito rielaborato da Einstein. Le ipotesi di Einstein, che mettevano in evidenza la natura quantistica della luce, affermavano che ogni elettrone, per poter abbandonare la superficie, avrebbe dovuto avere un'energia superiore rispetto al lavoro di estrazione degli elettroni dal solido e, che l'energia dei fotoni sarebbe stata assorbita dagli elettroni. Tale teoria fu suffragata da verifiche sperimentali ed è nota come effetto fotoelettrico. Tale effetto è alla base del funzionamento delle celle fotovoltaiche.

Per la realizzazione delle celle fotovoltaiche vengono usati esclusivamente materiali semiconduttori, in quanto l'uso di materiali isolanti non permetterebbe alle radiazioni di separare un elettrone dal nucleo dell'atomo; mentre invece l'agitazione termica troppo elevata dei conduttori distruggerebbe le coppie elettrone-lacuna che si formano quando un fotone colpisce un metallo. La formazione di tale coppia, conseguenza dell'esposizione alla luce solare, e la sua divisione compongono le fasi fondamentali del funzionamento della cella.

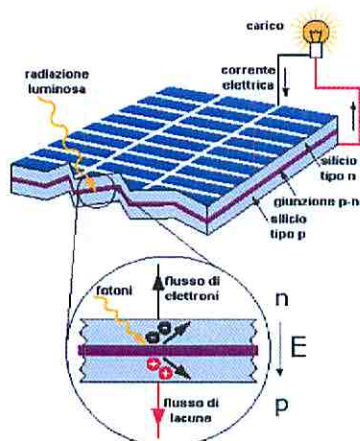
*Al fine di spiegare la formazione della coppia elettrone-lacuna, introduciamo le celle al silicio.*

Il Silicio è un elemento molto abbondante sulla crosta terrestre; si stima che nell'universo sia il quarto elemento in ordine di abbondanza, dopo idrogeno, elio e ossigeno. Nella crosta terrestre il silicio si rinviene sotto forma di silice ( $\text{SiO}_2$ ) e di silicati come ad esempio il quarzo e il calcedonio. Entra nella composizione di un enorme numero di rocce eruttive, metamorfiche e sedimentarie. Ed è contenuto in piccole quantità anche nelle acque superficiali e negli organismi di alcuni animali. Questo semiconduttore è quindi, facilmente reperibile. Il Silicio è l'elemento maggiormente utilizzato per la composizione delle celle fotovoltaiche. Per la realizzazione delle celle al Si si deve realizzare una giunzione fra due pezzi di Silicio diversamente drogati (per drogaggio, si intende l'aggiunta al semiconduttore puro di piccole impurezze che modificano le proprietà elettroniche del materiale). Il drogaggio è di tipo n se si aggiungono impurezze di atomi pentavalenti, mentre si dice di tipo p se si aggiungono impurezze di atomi trivalenti). La giunzione si realizza quando un pezzo di Si n viene giustapposto ad un pezzo di Si p.



Una volta formatasi la giunzione gli elettroni in eccesso presenti nel Si drogato di tipo n migreranno verso il Si drogato di tipo p, mentre invece nell'atomo drogato n si formeranno lacune a causa della perdita dell'elettrone. Quando vi sarà la formazione di un eccesso di carica negativa nel Si drogato p ed un eccesso di carica positiva nel Si drogato n il processo volgerà alla conclusione. Si arriverà ad un equilibrio, grazie alla formazione del campo elettrico formatosi ai capi della giunzione.

Una volta realizzata la giunzione se un fotone colpisce il dispositivo, viene eccitata la coppia elettrone-lacuna ed il campo elettrico, formatosi precedentemente fra la giunzione, separerà le cariche positive da quelle negative ed alimenterà un circuito esterno che può essere utilizzato per illuminare lampade o altri elementi resistivi.

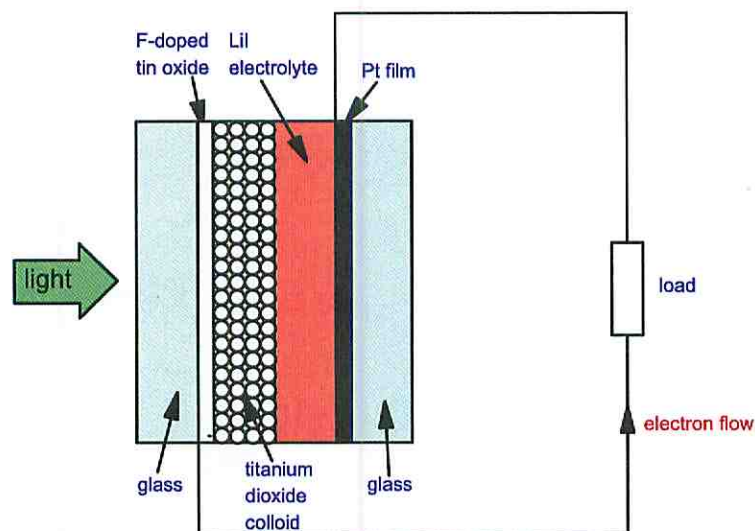


- Illuminando la giunzione P-N si generano *coppie e-h* nelle zone N e P
  - *E* separa *e* da *h* in eccesso spingendoli in direzioni opposte
- alterazione equilibrio**
- Mediante un collegamento esterno si genera un *flusso ordinato di cariche* che ristabilisce l'equilibrio
- corrente elettrica**

*In laboratorio è stato possibile realizzare una Dye-sensitized solar cell (DSSC).*

Cosa sono? Le DSSC sono particolari celle fotoelettrochimiche costituite da due vetrini conduttori, che fungono da elettrodi, separati da uno strato di biossido di titanio ( $\text{TiO}_2$ ), dal materiale

fotosensibile e dalla soluzione elettrolitica. Scoperte nel 1991 da Gretzel, queste particolari celle hanno l'elemento fotosensibile fatto da un materiale organico: l'antocianina. Un particolare pigmento rosso reperibile in frutti e piante di tale colore cupo. Per costruire queste celle vengono utilizzati due vetri aventi un lato conduttivo, sul lato conduttivo di un vetrino viene depositata della grafite, sull'altro vetrino un poroso strato di biossido di titanio, sul quale poi verrà applicata l'antocianina. L'antocianina riveste un ruolo fondamentale, in quanto funge da semiconduttore organico, sensibile alla luce. Una volta giustapposti i vetri, che svolgono la stessa funzione dei due strati di silicio drogati p o n, viene inserito al loro interno l'elettrolita (Ioduro di potassio, I<sub>2</sub>), fondamentale per il processo fotoelettrico.

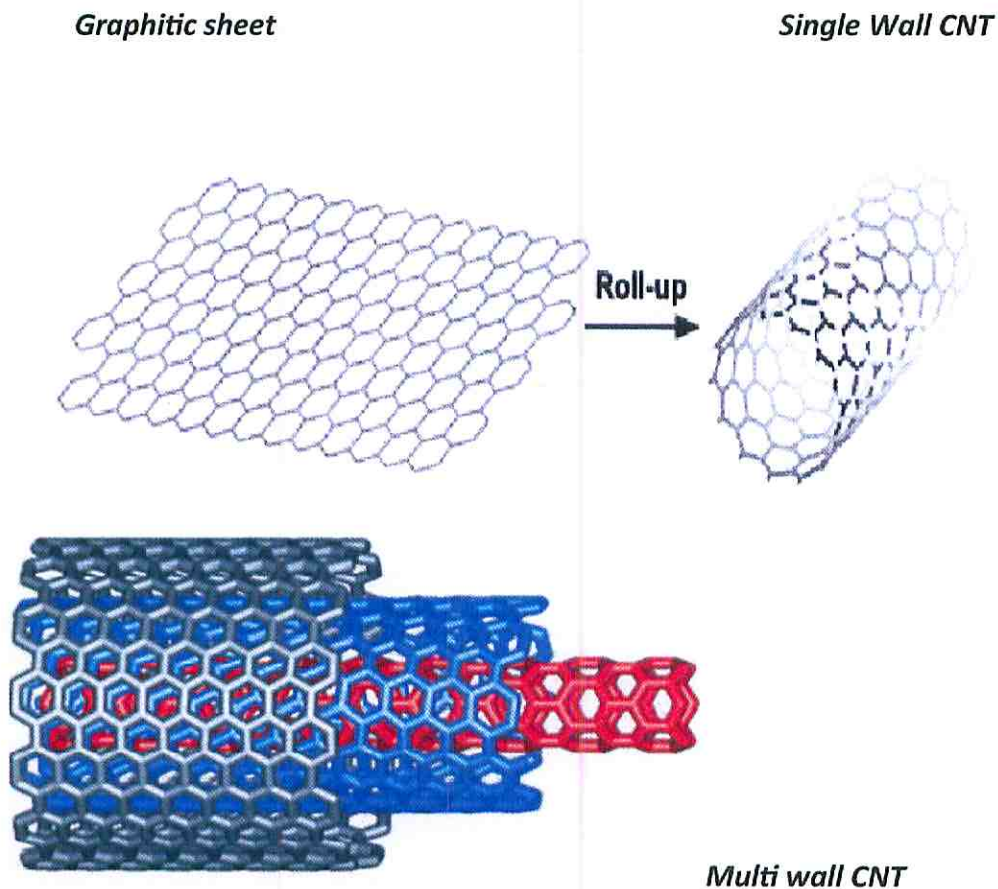


Quando la cella è in funzione, la luce solare attraversa l'elettrodo trasparente superiore, colpendo il colorante (dye) depositato sulla superficie di TiO<sub>2</sub>. I fotoni del visibile, che colpiscono il colorante, hanno sufficiente energia per essere assorbiti dagli elettroni e transire ad uno stato eccitato della molecola del dye. Tale elettrone eccitato si trasferisce direttamente nella banda di conduzione del TiO<sub>2</sub> e da lì si muove verso l'anodo. Avendo l'antocianina perso un elettrone, ne strappa uno dallo ioduro (I<sup>-</sup>) nella soluzione elettrolitica, ossidandolo in un triioduro (I<sub>3</sub><sup>-</sup>). Il triioduro quindi dovrà recuperare l'elettrone dal contro-elettrodo, che reintroduce gli elettroni dopo che sono passati attraverso il circuito esterno. Perché investire nella ricerca? Perché questa ci offre continuamente mezzi e possibilità per migliorare le nostre condizioni di vita. Un esempio? Nel campo del fotovoltaico vengono continuamente proposte scoperte tecnologiche volte al miglioramento dei rendimenti. È stato scoperto infatti che i nanotubi di carbonio sono utili per creare delle celle fotovoltaiche in grado di raccogliere anche la luce infrarossa.

*Ma cosa sono i nanotubi e come si formano?*

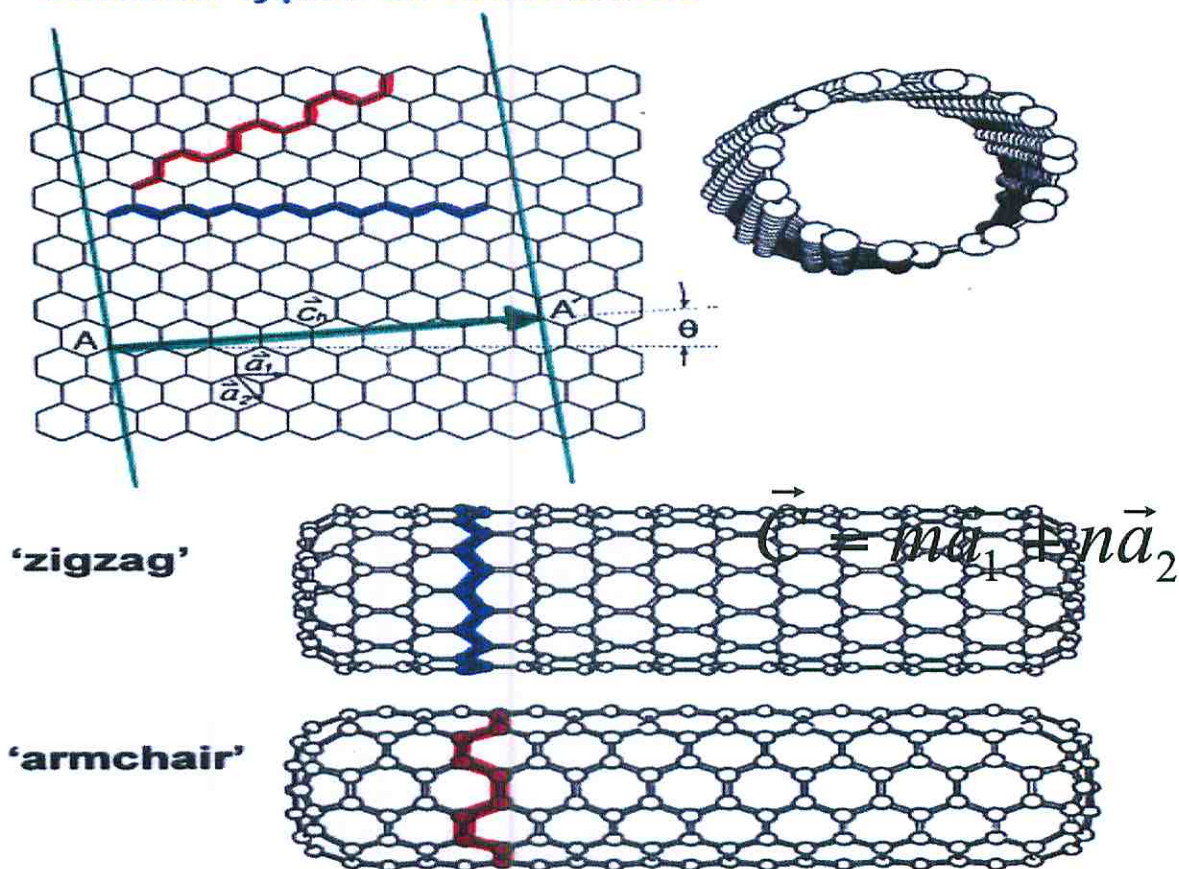
I nanotubi di carbonio sono delle nanostrutture composte da grafene arrotolate in modo tale da formare dei tubi. Esistono vari nanotubi, ma a grandi linee è possibile suddividerli in due tipi:

- nanotubo a parete singola o SWCNT (*Single-Walled Carbon NanoTube*): costituito da un singolo foglio grafitico avvolto su sé stesso;
- nanotubo a parete multipla o MWCNT (*Multi-Walled Carbon NanoTube*): formato da più fogli avvolti coassialmente uno sull'altro.



A seconda della disposizione delle pareti di grafene, si vengono a formare differenti vettori di traslazione, che attribuiscono ai nanotubi diverse caratteristiche di conduzione.

## Various types of nanotubes



Tra le diverse modalità di produzione dei nanotubi di carbonio: metodo della scarica ad arco, metodo dell'ablazione laser, spicca il metodo della deposizione da vapore. Quest'ultimo prevede l'accrescimento dei nanotubi su di un wafer di acciaio inossidabile. A fungere da catalizzatori sono gli atomi di ferro contenuti nell'acciaio, su questi atomi avverrà l'accrescimento dei nanotubi e ne determineranno anche tipologia e diametro. Il wafer di acciaio viene portato ad una temperatura di circa 700° C, dopo che si viene a creare il vuoto nella camera in cui si trova il wafer viene introdotto un gas contenente il carbonio. Quando questo viene a contatto con il wafer si vengono a creare i nanotubi di carbonio. Il metodo di accrescimento può presentare due differenti modalità: verso il basso o verso l'alto

Per capire l'importanza della scoperta di queste nuove celle a base di nanotubi basta pensare che circa il 40% dell'energia solare raggiunge la superficie terrestre di arriva sotto forma di raggi infrarossi, le celle create con il tradizionale silicio ovviamente non sono in grado di captarla dunque si spreca energia che catturata invece potrebbe essere sfruttata in modo magistrale. Attualmente gli studi sui nanotubi non sono ancora terminati ma, si auspica che essi vengano

conclusi in fretta anche perché la possibilità di sfruttare i raggi infrarossi e dunque di far rendere maggiormente i pannelli solari può essere una piccola ennesima e nuova rivoluzione nel settore.