

Abstract

I nanotubi di carbonio sono nanostrutture uniche con eccellenti proprietà termiche, meccaniche ed elettriche derivanti, in parte, dalla natura stessa del materiale e in parte dalla struttura mono dimensionale.

In virtù di queste eccellenti proprietà (elevata conducibilità termica ed elettrica, stabilità termica, resistenza meccanica ed emissione di campo) hanno attratto notevole interesse scientifico.

Il grafene è il primo materiale con struttura bi-dimensionale (2D) disponibile all'uso che, dalla data della sua scoperta, nel 2004, è stato oggetto di notevoli attenzioni soprattutto grazie alle sue promettenti proprietà.

I nanotubi di carbonio e il grafene sono considerati gli elementi costitutivi della nanotecnologia.

L'obiettivo di questa tesi è stato lo sviluppo di processi industrialmente scalabili volti alla produzione di grafene e nanotubi di carbonio, partendo da un intenso lavoro di ricerca in scala di laboratorio. Il focus della tesi è stato, inoltre, la verifica e l'esplorazione delle potenzialità dei materiali prodotti per applicazioni elettriche e termiche, come l'impiego in dispositivi microelettronici.

In particolare, il grafene è stato sintetizzato a pressione atmosferica e bassa temperatura su nanoparticelle di carburo di silicio derivato da carboni attivi esausti. La crescita del grafene è stata ottenuta attraverso una fonte di carbonio esterna con la tecnica di deposizione chimica da fase vapore del metano in idrogeno. L'impianto utilizzato per la sintesi è collegato con analizzatori online per la registrazione delle concentrazioni dei gas in uscita dal reattore.

Il carburo di silicio riciclato è stato scelto come substrato di crescita per realizzare un processo conveniente e conferire notevole valore aggiunto al materiale riciclato, combinando le proprietà delle due sostanze.

Il materiale di partenza ed il campione ottenuto dopo la sintesi sono stati attentamente caratterizzati attraverso diverse tecniche, inoltre entrambi i materiali sono stati testati per applicazioni di accumulo energetico, in particolari per l'impiego in microsopercapacitori dato il "fine pitch". I risultati hanno mostrato un valore di capacità specifica molto elevato per il SiC da solo (114.7 F/g) e almeno tre volte superiore per il campione ricoperto da grafene.

In aggiunta è stata sintetizzata un'eterogiunzione costituita da pochi layer di grafene/SiO₂/SiC (G/SiO₂/SiC) attraverso una tecnica semplice ed economica che prevede un trattamento termico a pressione atmosferica della polvere di carburo di silicio.

I materiali ottenuti sono stati ampiamente caratterizzati mediante diverse tecniche: transmission electron microscopy (TEM) con sonda EDAX, scanning electron microscopy (SEM), analisi diffrattografica raggi -X, spettroscopia Raman, analisi termogravimetrica accoppiata con rilevatore di massa (TG-DTG-MASS).

Infine, è stato condotto uno studio sperimentale modellistico e teorico per la crescita e interconnessione di nanotubi di carbonio su un dispositivo chip in configurazione flip-chip, utilizzato per il miglioramento delle performance termiche. È stata condotta un'analisi del ruolo dei parametri di progetto per mitigare l'effetto di uno smaltimento non corretto del calore in eccesso, attraverso l'uso dei nanotubi di carbonio come elementi di collegamento, dissipatori termici e conduttori elettrici. La simulazione del comportamento termico del dispositivo è stata condotta con il supporto di un simulatore: COMSOL MULTIPHYSICS. La crescita dei nanotubi è stata ottenuta, per la prima volta, su un substrato di nitruro di alluminio utilizzato tipicamente in dispositivi di potenza. Attraverso una tecnica innovativa è stato ottenuto il valore della conducibilità termica dei nanotubi sintetizzati. La configurazione realizzata ha permesso di avere un'integrazione diretta e ridurre la resistenza di contatto all'interfaccia tra i dispositivi, il valore della temperatura nelle giunzioni e il "thermal crosstalk".