

Abstract of the PhD Thesis:

Carbon nanotube based networks, bio-nano-composites and sensors.

Università degli studi di Salerno
Dipartimento di Ingegneria Elettronica ed Ingegneria Informatica
Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione
XI Ciclo – Nuova Serie

CANDIDATO: **RAFFAELE DI GIACOMO**

TUTO: **PROF. HEINRICH C. NEITZERT**

COORDINATORE: **PROF. ANGELO MARCELLI**

Anno Accademico 2011 – 2012

E' stata osservata la formazione di un dispositivo fotosensibile per mezzo del breakdown locale di una struttura MOS in cui lo strato di ossido contiene impurità. La rottura progressiva dello strato di ossido ha portato alla formazione di un foto transistor con caratteristiche corrente-tensione stabili. E' stato trovato un elevato valore della fotosensibilità della struttura risultante, quando viene illuminata con luce bianca o blu. Questo può essere spiegato con la formazione di una giunzione p-n locale durante la rottura elettrica dovuta alla diffusione di droganti dall'ossido al substrato sottostante di silicio. Lo sviluppo della fotocorrente è stata monitorata durante la formazione del dispositivo. Questa procedura di monitoraggio può essere utilizzata per l'ottimizzazione del dispositivo fotosensibile.

Dopo questi esperimenti, ossidi privi di difetti sono stati prodotti e testati. Nanotubi di carbonio a multi parete (MWCNT) sono stati depositati per elettroforesi sullo strato di SiO_2 . Si sono utilizzate tre diverse tecniche di microscopia: vale a dire microscopia a forza atomica, microscopia elettronica e Focused Ion Beam, per studiare in dettaglio la geometria della interconnessione di un incrocio tra singoli MWCNTs depositati. Una geometria molto particolare di interconnessione di tipo a treccia è stata osservata. Inoltre una forte stabilità del campione nel tempo è stata osservata dimostrando una forte adesione dei tubi alla superficie SiO_2 .

Inoltre, sono stati depositati MWCNTs da due diverse soluzioni portando a risultati diversi per quanto riguarda la morfologia: un "tappeto" di MWCNT quasi bi-dimensionale, e una rete composta da un numero molto limitato di MWCNT. Il "tappeto" è stato ottenuto utilizzando una soluzione al 1% di sodio dodecil solfato in acqua deionizzata, saturata con MWCNT. Questa soluzione è risultata molto stabile nel tempo e reti di nanotubi di carbonio riproducibili sono state

ottenute. Tutte le reti di nanotubi puri sono state depositate mediante di-elettroforesi all'interno di una apertura tra contatti in alluminio con una distanza di $3\mu\text{m}$. Dopo la deposizione, è stata determinata la conducibilità in funzione della temperatura del "tappeto" di MWCNT all'interno dei micro contatti di alluminio. Il comportamento in temperatura della conducibilità mostra un buon accordo qualitativo con il modello di tunneling indotto da fluttuazione per materiali disordinati. Una rapida riduzione del rumore casuale telegrafico presente nei dispositivi vergini è stato osservato dopo l'applicazione di una tensione costante per un tempo relativamente breve. Ciò aumenta le possibilità di utilizzare i contatti in alluminio per dispositivi elettronici come i sensori CNT, in cui la stabilità del dispositivo è più importante di alti livelli di corrente. Quando un diverso solvente è stato utilizzato, che ha comportato una concentrazione molto più bassa di CNTs all'interno del micro-gap, un comportamento stabile elettrico non è stato raggiunto.

Successivamente con la stessa tecnica per la soluzione dei MWCNT è stato prodotto un materiale composito *Candida albicans* / nanotubi di carbonio a parete multipla (Ca / MWCNT). Esso può essere usato come parte attiva di un dispositivo di rilevamento della temperatura in un'ampia gamma di temperature (fino a 180°C). Il composito Ca/MWCNT ha caratteristiche lineari corrente-tensione quando combinato con elettrodi d'oro co-planari. Cellule in crescita di *C. albicans* sono state utilizzate per strutturare il composito a base di carbonio. Il fungo *C. albicans* combinato con MWCNT ha co-precipitato come un aggregato di cellule e nanotubi che formano un materiale viscoso. Analisi microscopiche hanno mostrato che Ca/MWCNT formano un tessuto artificiale. Cicli di temperatura lenti sono stati eseguiti fino a 12 giorni mostrando una stabilizzazione della risposta in temperatura del materiale. Come altra applicazione di questo nuovo bio-nano composito la realizzazione di un film flessibile conduttivo e trasparente è stata dimostrata.

Una procedura più generale per ottenere nuovi materiali artificiali è stata proposta e realizzata utilizzando cellule di tabacco isolate in combinazione con nanotubi di carbonio. Sono state determinate le proprietà elettriche, meccaniche, ottiche e termo-elettriche di questi materiali. Utilizzando cellule di tabacco, si è ottenuto un materiale con densità di massa bassa e proprietà meccaniche adatte per applicazioni strutturali, con elevati valori di conducibilità elettrica. Misurazioni del comportamento meccanico ed elettrico sono stati combinati con modelli teorici. Questi risultati indicano una procedura realizzazione per la prossima generazione di materiali cyborg non-compositi.