

Emissione da Nanotubi di Carbonio per Applicazioni Fotoniche in Silicio

Riassunto in italiano ed inglese

Candidato: Ughetta Torrini

Matricola: 552043

e-mail: ughetta.torrini@stud.unifi.it, ughettatorrini@gmail.com

Versione italiana

In questo lavoro di tesi abbiamo studiato campioni contenenti nanotubi di carbonio (CNT) a parete singola con emissione nel vicino infrarosso. Lo scopo della ricerca prevede di realizzare nanodispositivi in cui i CNT siano accoppiati a strutture fotoniche al silicio per sfruttarne quindi le proprietà di emissione ed assorbimento al fine di costruire laser e rivelatori.

Per raggiungere questo obiettivo è necessario depositare soluzioni contenenti CNT sulle strutture fotoniche suddette, perciò in questa tesi ci siamo soffermati ad analizzare la distribuzione degli emettitori in deposizioni di tre differenti campioni su un substrato di quarzo. I campioni differiscono per il metodo di sintesi utilizzato e sono caratterizzati da concentrazioni diverse di CNT nonché da protocolli di purificazione leggermente differenti. L'analisi della fotoluminescenza emessa dai CNT è stata effettuata sfruttando dapprima la microscopia a campo lontano (misure in micro-PL) e successivamente un microscopio a scansione a campo vicino (SNOM).

Le misure di micro-PL ottenute tramite lo studio del campo lontano non permettono di risolvere il singolo emettitore, traguardo che invece è stato raggiunto con lo studio del campo vicino.

Dall'analisi effettuata possiamo dichiarare quali protocolli di sintesi siano i migliori sia per ridurre la presenza di agglomerati di CNT, sia per permettere di selezionare CNT di una specifica chiralità. In questo caso abbiamo infatti trovato una predominante presenza solo di alcune chiralità rispetto a tutte quelle presenti nei campioni.

Abbiamo inoltre realizzato delle microgocce con dimensioni di qualche μm al fine di controllare la deposizione di CNT su scale spaziali così piccole e di fornire una distribuzione più omogenea degli emettitori. L'analisi di una goccia con diametro di soli 6 μm effettuata con lo SNOM ha permesso di acquisire uno spettro di PL solamente da due regioni con estensioni di circa 400-600 nm e quindi sicuramente associabili al singolo emettitore.

L'ultima parte della tesi è dedicata ad uno studio preliminare di emissione da CNT depositati su una cavità ottica *slot-ring* in silicio. Gli spettri acquisiti mostrano picchi di risonanza in corrispondenza del segnale spettrale di fotoluminescenza dei nanotubi che dimostra l'effettivo accoppiamento fra emettitore e cavità ottica.

Le cavità *slot-ring* sembrano essere ottime candidate per la realizzazione di LASER che sfruttino l'emissione dei CNT nel vicino infrarosso, inoltre la tecnica di realizzazione di microgocce descritta in questa tesi potrebbe consentire un efficace accoppiamento fra emettitori e cavità risonante in quanto permetterebbe la deposizione dei CNT direttamente sulla regione di *slot*.

Abstract

english version

In this thesis we have studied single walled carbon nanotubes that emit in the near infrared region (1200nm -1550nm).

The research is part of the european project CARTOON and the goal is to built new nano-devices, like laser and detector, using emission properties of carbon nanotubes (CNT). For obtaining these goals the approach is to deposit CNT solutions on photonic structures. Therefore in this thesis we have analised the emitter spatial distribution after depositions on quartz substrate by using three different CNT samples. The CNT emission is analyzed by photoluminescence either by using a far field microscopy or a near-field scanning optical microscopy (SNOM). The samples differ for the synthesis method: the HiPCO sample contains some CNT fabricated with the High Pressure CO Decomposition tecnique, while the two Laser samples contais CNT fabricated with laser ablation characterized by a different CNT concentraton and slightly different purification procedure. The micro-PL measurements, obtained with far field study, don't allow to resolve the single CNT; this goal has been achieved by near field experiment. From our analisis we can say that the best protocols are HiPCO for emission at 1300 nm and Laser2 for emission at 1550 nm since in those samples we found a smaller number of CNT boundles, a predominant presence of just one or two chiralities and finally a larger CNT density.

We finally addressed two relevant topic for the achievement of CNT photonic devices, that is microdeposition and integration of CNT on Si slot microring. We have performed a microdeposition experiment with microfluidic technique obtaining droplets with dimension of only some μm . The aim was to control the CNT deposition to make possible a localized deposition on a specific photonic structure with very high precision. We succeeded in realizing a mocrodroplet of 6 μm diameter, which shows the presence of only two CNTs.

In the last part of the thesis we present a study about the emission from CNTs deposited on silicon slot-ring resonators. The PL spectra show the coupling between emitters and cavity as demonstrated by the presence of resonances peaks in the CNT emission spectrum. In conclusion our results demonstrate the integration of CNT as emitters in silicon photonic devices.