

## INDICE

<i>Abstract</i> .....	1
 <i>Capitolo 1</i>	
<i>Nanotubi di carbonio: proprietà ed applicazioni</i> .....	3
1.1 <i>Introduzione</i> .....	3
1.2 <i>Nanotubi di carbonio</i> .....	6
1.2.1 <i>Struttura dei nanotubi di carbonio</i> .....	7
1.2.2 <i>Struttura elettronica dei nanotubi di carbonio</i> ..	10
1.3 <i>Proprietà ed applicazioni</i> .....	14
1.3.1 <i>Elettronica</i> .....	15
1.3.2 <i>Emissione di campo</i> .....	17
1.3.3 <i>Compositi</i> .....	17
1.3.4 <i>Sensori</i> .....	18
 <i>Bibliografia</i> .....	 21
 <i>Capitolo 2</i>	
<i>Metodi di Sintesi</i> .....	23
2.1 <i>Introduzione</i> .....	23
2.2 <i>Metodi di sintesi di CNT</i> .....	27
2.2.1 <i>Arco elettrico</i> .....	28
2.2.2 <i>Vaporizzazione laser</i> .....	29
2.2.3 <i>Sintesi termica</i> .....	30
2.2.3.1 <i>Catalytic Chemical Vapour Deposition</i> .....	31
2.2.3.2 <i>HIPco</i> .....	32
2.2.3.3 <i>Sintesi in fiamme</i> .....	33
2.2.4 <i>Sintesi PECVD</i> .....	33

2.3 Il metodo CCVD.....	35
2.3.1 Meccanismo di crescita.....	35
2.3.2 Alimentazione.....	40
2.3.3 Catalizzatore.....	41
2.3.3.1 Catalizzatore non supportato.....	42
2.3.3.2 Catalizzatore supportato.....	44
2.3.3.3 Catalizzatore in fase vapore.....	45
2.4 Studi recenti sul controllo della crescita dei CNT.....	46
2.4.1 Controllo della posizione e dell'orientazione.....	46
2.4.1.1 Modellazione del catalizzatore.....	46
2.4.1.2 CNT allineati in sospensione.....	47
2.4.1.3 CNT allineati su substrati.....	48
2.4.2 Crescita di CNT ultralunghi.....	50
2.4.3 CNT ad alta resa.....	50
2.4.4 Controllo del diametro e della chiralità.....	52
2.4.4.1 Nanoparticelle per ottenere CNT a diametri ridotti.....	52
2.4.4.2 CoMoCAT.....	53
2.4.4.3 PECVD per la produzione di CNT a diametro ridotto.....	53
2.5 Conclusioni.....	54
Bibliografia.....	55
Capitolo 3	
Preparazione del Catalizzatore.....	61
3.1 Introduzione.....	61
3.2 Metodi di preparazione.....	63
3.2.1 Sol-gel.....	63
3.2.2 Co-riduzione dei precursori.....	64
3.2.3 Metodo di precipitazione a scambio ionico.....	64
3.2.4 Metodo di precipitazione per adsorbimento ionico.....	65
3.2.5 Metodo della micella inversa.....	65
3.2.6 Decomposizione termica di complessi carbonilici.....	65

3.2.7 Deposizione chimica di precursori metallorganici in fase vapore (MOCVD).....	66
3.2.8 Deposizione fisica di metalli (PVD - Physical Vapor Deposition) .....	66
3.2.9 Impregnazione, incubazione.....	67
3.3 Catalizzatori utilizzati in letteratura per la produzione dei CNT .....	68
3.4 Parametri determinanti l'attività catalitica .....	68
3.4.1 Composizione.....	69
3.4.1.1 Confronto sperimentale di differenti catalizzatori.....	69
3.4.1.2 Struttura elettronica.....	71
3.4.1.3 Solubilità del carbonio.....	73
3.4.1.4 Stabilizzazione del catalizzatore.....	74
3.4.2 Morfologia.....	76
3.4.2.1 Dimensione.....	76
3.4.2.2 Orientazione cristallografica.....	78
3.4.3 Metodo di preparazione.....	79
3.4.3.1 Morfologia.....	79
Dimensione.....	79
Dispersione.....	80
Intrappolamento nel supporto poroso.....	80
3.4.3.2 Struttura elettronica.....	82
3.4.3.3 Altri aspetti.....	82
3.4.4 Supporto.....	83
3.4.4.1 Confronto sperimentale tra differenti supporti .....	84
3.4.4.2 Formazione di composti intermedi.....	85
3.4.4.3 Interazione supporto-catalizzatore.....	85
3.4.5 Pretrattamento.....	89
3.4.5.1 Risultati sperimentali.....	89
3.4.5.2 Ruolo del pretrattamento.....	89
3.4.5.2.1 Effetto sulla struttura elettronica.....	89
3.4.5.2.2 Effetto sulla morfologia del catalizzatore.....	90
3.5 Scelte sperimentali .....	91
Bibliografia.....	98

<b>Capitolo 4</b>	
<i>Sintesi di MWCNT</i> .....	105
4.1 <i>Introduzione</i> .....	105
4.2 <i>Realizzazione impianto</i> .....	107
4.3 <i>Sintesi di nanotubi di carbonio multiparete</i> .....	112
4.3.1 <i>Nanotubi ottenuti da acetilene</i> .....	113
4.3.1.1 <i>Misure SEM</i> .....	114
4.3.1.2 <i>Misure TEM</i> .....	117
4.3.1.3 <i>Analisi termiche</i> .....	120
4.3.1.4 <i>Conclusioni</i> .....	124
4.3.2 <i>Nanotubi ottenuti utilizzando etilene</i> .....	125
4.3.2.1 <i>Misure SEM</i> .....	128
4.3.2.2 <i>Misure TEM</i> .....	130
4.3.2.3 <i>Analisi termiche</i> .....	134
4.4 <i>Ottimizzazione dei parametri di sintesi utilizzando l'etilene</i> .....	137
4.4.1 <i>Studio del carbon deposit per diversi catalizzatori</i> .....	137
4.4.2 <i>Studio del carbon deposit al variare della quantità di catalizzatore</i> .....	138
4.4.3 <i>Carbon deposit per diverse percentuali di metalli</i> .....	140
4.4.4 <i>Variazione del tempo di reazione</i> .....	141
4.4.5 <i>Conclusioni</i> .....	143
4.5 <i>MWCNT ottenuti da pellet impregnati</i> .....	144
4.5.1 <i>MWCNT ottenuti da pellet di zeolite A</i> .....	144
4.5.2 <i>MWCNT ottenuti da pellet di allumina</i> .....	145
4.5.3 <i>Conclusioni</i> .....	153
<i>Bibliografia</i> .....	155
<i>Conclusioni e Sviluppi Futuri</i> .....	159