

# 目 錄

中文摘要	I
英文摘要	II
目錄	IV
表目錄	VII
圖目錄	VIII
一. 緒論	1
1.1 起源	1
1.2 研究背景	1
1.3 研究方法與目的	2
二. 基礎理論與文獻回顧	3
2.1 奈米碳管的結構	3
2.2 奈米碳管的性質	4
2.2.1 場發射特性	4
2.2.2 機械性質	5
2.2.3 導電性	5
2.2.4 熱穩定性、熱導性及熱膨脹性	6
2.3 奈米碳管的製備方式	7
2.3.1 電弧放電法	7
2.3.2 雷射剝削法	8
2.3.3 化學氣相沉積法	9
2.4 奈米碳管的成長機制	10
2.4.1 碳經由催化劑擴散	10
2.4.2 碳經由催化劑表面擴散	11
2.5 奈米碳管於電子產業之應用	11
2.6 電漿的基本原理	12
2.6.1 電漿的產生	12
2.6.2 電漿的碰撞	13
2.6.1-1 離子化	13
2.6.2-2 激發與鬆弛碰撞	14
2.6.2-3 分解	14
2.6.3 電漿的應用	15

2.6.4	電漿反應過程	15
2.6.5	電漿蝕刻過程	16
2.7	奈米碳管之電漿後處理	16
三.	實驗方法與分析	27
3.1	實驗流程	27
3.2	實驗與分析儀器	28
3.2.1	實驗材料	28
3.2.2	實驗儀器	28
3.2.2-1	微波電漿化學氣相沉積系統	28
3.2.3	分析儀器	29
3.2.3-1	掃描式電子顯微鏡	29
3.2.3-2	穿透式電子顯微鏡	29
3.2.3-3	原子力顯微鏡	30
3.2.3-4	傅利葉轉換紅外線分析儀	31
3.2.3-5	X-光光電子能譜儀	32
3.2.3-6	熱脫附光譜儀	33
3.3	實驗步驟	34
3.3.1	試片準備	34
3.3.2	電漿處理	35
3.3.3	試片分析	35
四.	實驗結果與討論	47
4.1	不同電漿處理觀察	47
4.2	不同緩衝層上成長奈米碳管	48
4.3	奈米碳管電漿後處理現象觀察	48
4.3.1	掃描式電子顯微鏡表面與縱切面分析	48
4.3.2	傅利葉轉換紅外線分析儀鍵結能量分析	49
4.3.3	X 光光電子能譜儀電子能量鍵結分析	49
4.3.4	熱脫附光譜儀熱脫附分析	50
4.4	電漿處理對碳管表面現象之影響	51
4.5	結構中奈米碳管與電漿後處理結果	53
五.	結論	69

六. 參考文獻 ----- 70

## 表目錄

表 2.1	製備奈米碳管方式比較-----	26
表 2.2	奈米碳管特性整理表-----	26
表 3.1	掃描式電子顯微鏡系統規格表-----	42
表 3.2	穿透式電子顯微鏡系統規格表-----	42
表 3.3	原子力顯微鏡規格表-----	43
表 3.4	紅外線光譜頻譜位置-----	44
表 3.5	X-光光電子能譜儀規格表-----	44
表 3.6	熱脫附光譜儀規格表-----	45
表 4.1	前處理與奈米碳管成長試片編號表-----	68
表 4.2	前處理後試片表面平均粒徑表-----	68
表 4.3	電漿後處理參數表-----	68
表 4.4	CF <sub>4</sub> 與CF <sub>4</sub> /O <sub>2</sub> 電漿處理後碳管長度變化整理表-----	68

## 圖目錄

圖 1.1	碳管於內連線應用之示意圖(a)於介質孔中 (b)電漿處理後削短-----	2
圖 2.1	碳的四種結構(a)石墨(b)鑽石(c) $C_{60}$ (d)奈米碳管 ---	17
圖 2.2	單層奈米碳管結構示意圖。(a) armchair 碳管； (b) chiral 碳管；(c) zigzag 碳管-----	17
圖 2.3	以二維石墨平面向量表示奈米碳管結構-----	18
圖 2.4	電弧放電法設備圖-----	18
圖 2.5	雷射氣化法設備圖-----	19
圖 2.6	化學氣相沉積法設備圖-----	19
圖 2.7	碳經由催化劑擴散成長機制示意圖-----	20
圖 2.8	碳經由催化劑表面擴散機制示意圖-----	20
圖 2.9	電漿生成示意圖-----	21
圖 2.10	離子化碰撞示意圖-----	21
圖 2.11	碰撞後電子呈現激發態示意圖-----	22
圖 2.12	激發態電子鬆弛後發光示意圖-----	22
圖 2.13	分解碰撞示意圖-----	23
圖 2.14	電漿反應的過程-成長機制-----	23
圖 2.15	電漿反應的過程-物理現象-----	24
圖 2.16	電漿反應的過程-清洗作用-----	24
圖 2.17	電漿蝕刻的過程-鍵結破壞-----	25
圖 2.18	電漿蝕刻的過程-結構損壞-----	25
圖 3.1	實驗規劃流程圖-----	36
圖 3.2	掃描式電子顯微鏡-----	37
圖 3.3	穿透式電子顯微鏡-----	37
圖 3.4	原子力顯微鏡-----	38
圖 3.5	原子力顯微鏡-(a)接觸式 (b)輕敲式 (c)非接觸式-	38
圖 3.6	X-光光電子能譜儀-----	39
圖 3.7	X-光光電子能譜儀-成像原理-----	39
圖 3.8	熱脫附光譜儀-----	40
圖 3.9	熱脫附光譜儀-反應原理-----	40
圖 3.10	熱脫附光譜儀-反應時間與電位關係圖-----	41
圖 3.11	熱脫附光譜儀-反應分子原理關係圖-----	41

圖 4.1	試片經氫電漿前處理後之掃描式電子顯微鏡圖	--- 54
圖 4.2	試片經氫電漿前處理後之原子力顯微鏡圖	----- 54
圖 4.3	試片表面經氫電漿處理後之 TEM 圖	----- 55
圖 4.4	試片成長奈米碳管後之掃描式電子顯微鏡圖	----- 55
圖 4.5	CF <sub>4</sub> 與CF <sub>4</sub> /O <sub>2</sub> 電漿處理前奈米碳管表面形貌	----- 56
圖 4.6	CF <sub>4</sub> 電漿處理後奈米碳管表面形貌	----- 56
圖 4.7	奈米碳管在不同時間於 300W之CF <sub>4</sub> / O <sub>2</sub> 電漿處理 後表面形貌(a)2min (b)5min (c)10min	----- 57
圖 4.8	CF <sub>4</sub> / O <sub>2</sub> 電漿處理後表面蝕刻形貌	----- 58
圖 4.9	CF <sub>4</sub> / O <sub>2</sub> 電漿處理後表面蝕刻-20nm	----- 58
圖 4.10	CF <sub>4</sub> / O <sub>2</sub> 電漿處理後表面蝕刻--5min	----- 59
圖 4.11	CF <sub>4</sub> / O <sub>2</sub> 電漿處理後表面蝕刻--5min-20nm	----- 59
圖 4.12	CF <sub>4</sub> / O <sub>2</sub> 電漿處理後表面蝕刻--10min	----- 60
圖 4.13	CF <sub>4</sub> / O <sub>2</sub> 電漿處理後表面蝕刻--10min-20nm	----- 60
圖 4.14	奈米碳管經CF <sub>4</sub> 與CF <sub>4</sub> +O <sub>2</sub> 電漿處理後長度變化	--- 61
圖 4.15	奈米碳管經CF <sub>4</sub> /O <sub>2</sub> 電漿處理後之FTIR分析圖	----- 61
圖 4.16	氟原子 XPS 分析曲線圖	----- 62
圖 4.17	氟原子 TDS 分析曲線圖	----- 62
圖 4.18	碳原子 XPS 分析曲線圖	----- 63
圖 4.19	碳原子 TDS 分析曲線圖	----- 63
圖 4.20	氧原子 XPS 分析曲線圖	----- 64
圖 4.21	氧原子 TDS 分析曲線圖	----- 64
圖 4.22	F-O 原子在 TDS 的比較分析圖	----- 65
圖 4.23	F-C 原子在 TDS 的比較分析圖	----- 65
圖 4.24	C 原子在 CF <sub>4</sub> 的 XPS 的比較分析圖	----- 66
圖 4.25	CF <sub>4</sub> -O <sub>2</sub> -All的比較分析圖	----- 66
圖 4.26	CF <sub>4</sub> -O的比較分析圖	----- 67
圖 4.27	CF <sub>4</sub> -C的比較分析圖	----- 67