

## 圖目錄

圖 1.1 電雙層電容器工作原理

圖 2.1 碳的各種結構圖

圖 2.2 電弧放電法(Arc discharge)

圖 2.3 雷射剝削法 (Laser ablation) 示意圖

圖 2.4 微波電漿化學氣相沈積法示意圖

圖 2.5 單壁及多壁奈米碳管

圖 2.6 單層奈米碳管的分類方法

圖 2.7 單層奈米碳管的分類

圖 2.8 Helmholtz 電雙層結構模型與電位分佈圖

圖 2.9 Stern 電雙層結構模型與電位分佈圖

圖 2.10 電雙層結構示意圖

圖 2.11 三極(a)和二極(b)的電雙層電容器及相當電路

圖 3.1 實驗流程圖一

圖 3.2 實驗流程圖二

圖 3.3 微波電漿化學氣相沉積系統示意圖

圖 3.4 掃描式電子顯微鏡式意圖

圖 3.5 穿透式電子顯微鏡式意圖

圖 3.6 Raman shift (a) 鑽石, (b) 鑽石膜, (c) 非晶質碳, (d) 石墨

圖 3.7 電容器之組裝示意圖

圖 3.8 一系統具有法拉第電流及電雙層充電電流情形下，在不同電位掃描速度所得 E-I 圖

圖 3.9 從一循環線性電壓掃描，電流(i)對時間(t) 和電流<sup>(i)</sup>對電壓(V)作圖

圖 4.1 不鏽鋼基材氫電漿處理SEM圖； $H_2=40\text{sccm}$  功率 300W、壓力 10torr、時間 10 分鐘

圖 4.2 於外加偏壓-100V、功率 300W 下所合成之奈米碳管 SEM 圖

圖 4.3 於外加偏壓-200V、功率 300W 下所合成之奈米碳管 SEM 圖

圖 4.4 於外加偏壓-100V 下氫電漿前處理 SEM 圖

圖 4.5 於較低功率 300W 下所合成之奈米碳管 SEM 圖

圖 4.6a 於較高功率 400W 下所合成之奈米碳管 SEM 圖

圖 4.6b 於較高功率 400W 下所合成之奈米碳管 SEM 放大圖

圖 4.7a 功率 400W、兩倍流量下之合成奈米碳管 SEM 圖

圖 4.7b 功率 400W、兩倍流量下之合成奈米碳管 SEM 放大圖

圖 4.8a 未經酸化處理的碳管 TEM 圖

圖 4.8b 未經酸化處理的碳管 TEM 放大圖

圖 4.9 經 30min 酸化處理的碳管 TEM 圖

圖 4.10a 經 60min 酸化處理的碳管 TEM 圖

圖 4.10b 經 60min 酸化處理的碳管 TEM 圖

圖 4.11a 經 90min 酸化處理的碳管管壁 TEM 圖

圖 4.11b 經 90min 酸化處理的碳管 TEM 圖

圖 4.11c 經 90min 酸化處理的碳管 TEM 放大圖

圖 4.12a 經 120min 酸化處理的碳管 TEM 圖

圖 4.12b 經 120min 酸化處理的碳管 TEM 放大圖

圖 4.12c 經 120min 酸化處理的碳管管壁 TEM 放大圖

圖 4.13 不同偏壓成長條件下之碳管電極的 Raman 光譜圖；0 bias、  
+200V bias、-100V bias、-200V bias；Ar 雷射源

圖 4.14 不同偏壓成長條件下之碳管電極的 Raman  $I_D/I_G$  關係圖

圖 4.15 碳電極活化後之 Raman 光譜圖；0 min、30 min、60 min、90  
min、120 min

圖 4.16 碳管電極經過活化後之 Raman 積分強度比關係圖

圖 4.17 碳管電極 FTIR 官能基測定能譜圖 (a) 四種不同酸化時間 (b)  
60 分鐘放大圖

圖 4.18 碳管表面官能基示意圖

圖 4.19 不鏽鋼基材在 GBL ion solution 中之 LSV 圖

圖 4.20 Gamma-butyrolactone (GBL) 分子結構式

圖 4.21 純不鏽鋼在 GBL 中之循環伏安圖 (a) 低掃描速率 (b) 高掃

描速率

圖 4.22 附著有 GBL 的碳電極 SEM 圖

圖 4.23 成長 10min 之碳管電極的循環伏安圖；掃描速率 (a) 10~100 mV/s (b) 100~1000 mV/s (c) 1~10 V/s

圖 4.24 成長 15min 之碳管電極之循環伏安圖；掃描速率 (a) 10~100 mV/s (b) 100~1000 mV/s (c) 1~10 V/s

圖 4.25 成長 30min 之碳管電極之循環伏安圖；掃描速率 (a) 10~100 mV/s (b) 100~1000 mV/s (c) 1~10 V/s

圖 4.26 S30 碳電極比電容對掃描速率圖；掃描速率：1 V/s~10 V/s

圖 4.27 GBL 電解質中，S30A1 氧化反應之頂峰電流值對不同掃描速率圖；掃描速率 10mV/s~100mV/s

圖 4.28 成長 30min 之碳管電極在經過 30min 活化處理後之循環伏安圖；掃描速率 (a) 10~100 mV/s (b) 100~1000 mV/s (c) 1~10 V/s

圖 4.29 成長 30min 之碳管電極在經過 60min 活化處理後之循環伏安圖；掃描速率 (a) 10~100 mV/s (b) 100~1000 mV/s (c) 1~10 V/s

圖 4.30 成長 30min 之碳管電極在經過 90min 活化處理後之循環伏安圖；掃描速率 (a) 10~100 mV/s (b) 100~1000 mV/s (c) 1~10 V/s

圖 4.31 成長 30min 之碳管電極在經過 120min 活化處理後之循環伏安圖；掃描速率 (a) 10~100 mV/s (b) 100~1000 mV/s (c) 1~10 V/s

圖 4.32 不同酸化時間之碳管電極的比電容量 (a) 1 V/s (b) 10V/s

圖 4.33 未活化之碳管電極比電容對成長時間關係圖；(a) 低掃描速率 (b) 高掃描速率

圖 4.34 碳管電極活化處理後之比電容對時間關係圖；(a) 低掃描速率 (b) 高掃描速率

圖 4.35 成長 30min 之碳管電極在經過 60min 活化處理後之循環伏安圖；掃描速率 10~100 V/s

圖 4.36 成長 30min 之碳管電極在經過 90min 活化處理後之循環伏安圖；掃描速率 100~300 V/s

圖 4.37 成長 30min 之碳管電極之定電流充放電圖

圖 4.38 掃描速率 10 V/s，經過 1000 次循環後的循環伏安圖；(a) 未處理的碳管電極 (b) 經 30 分鐘酸化的碳管電極

圖 4.39 碳管電極成長 10min 之交流阻抗圖；振幅 10 mV， $1\sim 10^5$ Hz

圖 4.40 碳管電極成長 15min 之交流阻抗圖；振幅 10 mV， $1\sim 10^5$ Hz

圖 4.41 碳管電極成長 30min 之交流阻抗圖；振幅 10 mV， $1\sim 10^5$ Hz

圖 4.42 活化處理 30min 之交流阻抗圖；振幅 10 mV， $1\sim 10^5$ Hz

圖 4.43 活化處理 60min 之交流阻抗圖；振幅 10 mV， $1\sim 10^5$ Hz

圖 4.44 活化處理 90min 之交流阻抗圖；振幅 10 mV， $1\sim 10^5$ Hz

圖 4.45 碳管電極成長 30min (S30) 之定電壓的電流對時間圖

圖 4.46 碳管電極 S30A0.5 之定電壓的電流對時間圖

圖 4.47 碳管電極 S30A1 之定電壓的電流對時間圖

圖 4.48 碳管電極 S30A1.5 之定電壓的電流對時間圖

圖 4.49 漏損電流對酸化時間關係圖

