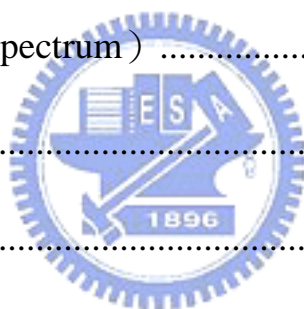


# 目錄

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 中文摘要.....                  | I   |
| 英文摘要.....                  | II  |
| 目錄.....                    | III |
| 圖目錄.....                   | IV  |
| 表目錄.....                   | V   |
| 第一章 序論.....                | 1   |
| 第二章 文獻回顧.....              | 5   |
| 2-1 二氧化鈦的晶體結構與性質.....      | 5   |
| 2-2 二氧化鈦的製備.....           | 9   |
| <b>A部分</b> 二氧化鈦奈米棒的製備..... | 9   |
| 2-2-1 液相合成法.....           | 9   |
| 2-2-2 氣相合成法.....           | 12  |
| <b>B部分</b> 二氧化鈦奈米管的製備..... | 14  |
| 2-3 二氧化鈦的應用.....           | 19  |
| 第三章 樣品製備與分析方法.....         | 23  |
| 3-1 樣品製備.....              | 23  |
| <b>A部分</b> 二氧化鈦奈米棒.....    | 23  |
| <b>B部分</b> 二氧化鈦奈米管.....    | 27  |

|   |    |
|---|----|
| 3-1B 二氧化鈦奈米管的製備.....  | 27 |
| 3-2 實驗量測之方法與原理.....   | 29 |
| 第四章 結果與討論.....  | 33 |
| A 部分 二氧化鈦奈米棒.....   | 33 |
| 4-1 二氧化鈦奈米棒之生成機制.....                                       | 33 |
| 4-2 X 光粉末繞射 (X-Ray Powder Diffraction XRD).....             | 36 |
| 4-2-1 不同反應時間的比較.....  | 36 |
| 4-2-2 室溫到 600°C 退火溫度的比較.....                                | 37 |
| 4-3 拉曼光譜 (Raman Spectrum) .....                             | 40 |
| 4-3-1 不同的合成時間.....  | 40 |
| 4-3-2 不同的退火時間.....  | 40 |
| 4-3-3 不同退火溫度的比較.....  | 41 |
| 4-4 熱差分析 (Differential Thermal Analysis DTA).....           | 43 |
| 4-4-1 二氧化鈦奈米棒之熱差分析.....                                     | 43 |
| 4-5 熱重分析 (Thermo Gravimetric Analysis TGA).....             | 44 |
| 4-5-1 二氧化鈦奈米棒之熱重分析.....                                     | 44 |
| 4-5-2 不同清洗次數下之熱重分析.....                                     | 44 |
| 4-6 紅外線光譜 (Fourier Transform Infrared Spectrum FT-IR) ..... | 46 |
| 4-6-1 二氧化鈦奈米棒與界面活性劑.....                                    | 46 |



|   |           |
|---|-----------|
| 4-6-2 二氧化鈦奈米棒在不同溫度下退火兩個小時.....                          | 46        |
| 4-7 紫外-可見光吸收光譜(UV-Visible Absorption Spectrum).....     | 49        |
| 4-7-1 二氧化鈦奈米棒的吸收.....                                   | 49        |
| 4-7-2 不同反應時間的二氧化鈦奈米棒之吸收.....                            | 49        |
| 4-8 穿透式電子顯微鏡 (Transmission Electron Microscope TEM) ... | 51        |
| <b>B 部分 二氧化鈦奈米管.....</b>                                | <b>53</b> |
| 4-1 二氧化鈦奈米管之生成機制.....                                   | 53        |
| 4-2 X 光粉末繞射 (X-Ray Powder Diffraction XRD) .....        | 55        |
| 4-2-1 二氧化鈦粉末與反應 24、48 小時.....                           | 55        |
| 4-2-2 二氧化鈦粉末與反應 24~72 小時.....                           | 55        |
| 4-2-3 二氧化鈦奈米管在室溫及 500 到 700 度退火一小時.....                 | 56        |
| 4-3 拉曼光譜 (Raman Spectrum) .....                         | 58        |
| 4-3-1 不同反應時間.....                                       | 58        |
| 4-3-2 反應 48 小時後在不同溫度退火一個小時.....                         | 59        |
| 4-4 熱差分析 (Differential Thermal Analysis DTA) .....      | 61        |
| 4-4-1 反應 72 小時的二氧化鈦奈米管.....                             | 61        |
| 4-5 紫外-可見光吸收光譜 (UV-Visible Absorption Spectrum) .....   | 62        |
| 4-6 比表面積(Brunauer-Emmett-Teller BET).....               | 63        |

|   |    |
|---|----|
| 4-7 掃描式電子顯微鏡 ( Scanning electronic microscope SEM ) ..... | 64 |
| 4-7-1 不同反應時間.....   | 64 |
| 4-7-2 不同的退火溫度.. ..  | 65 |
| 4-8 穿透式電子顯微鏡 ( Transmission Electron Microscope TEM ) ..  | 73 |



# 圖目錄

|   |    |
|---|----|
| 圖1-1 理想系統中塊材至奈米尺寸之量子能量(E)與量子狀態密度<br>N(E)之關係.....    | 2  |
| 圖 2-1-1 二氧化鈦相圖.....                                 | 5  |
| 圖2-1-2 金紅石和銳鈦礦的晶體結構與堆疊方式.....                       | 7  |
| 圖 2-2-1 有機金屬化學氣相沉積法裝置圖.....                         | 12 |
| 圖 2-2-2 用來當模板的中空纖維.....                             | 15 |
| 圖 2-2-3 由水熱法製備出的二氧化鈦奈米管.....                        | 16 |
| 圖2-3-1 二氧化鈦之催化反應機制圖.....                            | 19 |
| 圖2-3-2 可繞式奈米光電池.....                                | 20 |
| 圖2-3-3 彩虹電池的未來.....                                 | 21 |
| 圖 3-1-1A 實驗流程圖.....                                 | 24 |
| 圖 3-1-2A 儀器裝置.....                                  | 26 |
| 圖 3-1-1B 實驗流程圖.....                                 | 28 |
| 圖 3-1-2B 儀器裝置.....                                  | 29 |
| 圖 4-1-1A 二氧化鈦奈米棒的成長機制之模擬圖.....                      | 34 |
| 圖 4-1-235A 利用界面活性劑來控制合成出不同形狀的二氧化鈦之<br>TEM 與模擬圖..... | 35 |
| 圖 4-1-4A 二氧化鈦奈米棒的成長方向之 TEM 與模擬圖.....                | 35 |

|   |    |
|---|----|
| 圖 4-1-1A 不同反應時間的二氧化鈦奈米棒之 X 光繞射                  |    |
| 圖.....  | 8  |
| 圖 4-2-2A 二氧化鈦奈米棒在室溫到 600°C 下退火兩小時的 X 光繞射        |    |
| 圖.....  | 38 |
| 圖 4-2-3A 二氧化鈦奈米棒在 600°C ~ 900°C 下退火 2 小時的 X 光繞射 |    |
| 圖.....  | 39 |
| 圖 4-3-1A 不同的合成時間下，二氧化鈦奈米棒之拉曼光譜圖.....            | 41 |
| 圖 4-3-2A 二氧化鈦奈米棒在 700°C 下不同 aging 時間的拉曼光譜       |    |
| 圖.....  | 42 |
| 圖 4-3-3A 二氧化鈦奈米棒在不同溫度下退火兩個小時的拉曼光譜               |    |
| 圖.....  | 42 |
| 圖 4-4-1A 二氧化鈦奈米棒之熱差分析圖.....                     | 43 |
| 圖 4-5-1A 二氧化鈦奈米棒之熱重分析圖.....                     | 45 |
| 圖 4-5-2A 二氧化鈦奈米棒在不同清洗次數下之熱重分析圖.....             | 45 |
| 圖 4-6-1A 二氧化鈦奈米棒與界面活性劑之紅外線光譜圖.....              | 47 |
| 圖 4-6-2A 二氧化鈦奈米棒在不同溫度下退火兩個小時的紅外線光譜              |    |
| 圖.....  | 48 |
| 圖 4-7-1A 二氧化鈦奈米棒的吸收光譜.....                      | 50 |
| 圖 4-7-2A 不同反應時間的二氧化鈦奈米棒之吸收光譜.....               | 50 |



|   |    |
|---|----|
| 圖 4-8-1A 二氧化鈦奈米棒之 TEM 照片 .....                            | 51 |
| 圖 4-8-2A 二氧化鈦奈米棒之 HRTEM 照片 .....                          | 52 |
| 圖 4-8-3A 二氧化鈦奈米棒之 HRTEM 照片 .....                          | 52 |
| 圖 4-1-1B 二氧化鈦奈米管之生成機制圖 .....                              | 54 |
| 圖 4-1-2B 捲曲法所形成的二氧化鈦奈米管之結構圖 .....                         | 54 |
| 圖 4-2-1B 二氧化鈦粉末與反應 24、48 小時之 X 光繞射圖 .....                 | 56 |
| 圖 4-2-2B 二氧化鈦粉末與反應 24~72 小時之 X 光繞射圖 .....                 | 57 |
| 圖 4-2-3B 二氧化鈦奈米管在室溫及 500 到 700 度退火 1 小時之 X 光<br>繞射圖 ..... | 57 |
| 圖 4-3-1B 不同反應時間的二氧化鈦奈米管之拉曼光圖 .....                        | 60 |
| 圖 4-3-2B 反應 48 小時後在不同溫度退火一個小時之拉曼光譜圖 ..                    | 60 |
| 圖 4-4-1B 二氧化鈦奈米管之熱差分析圖 .....                              | 61 |
| 圖 4-5-1B 反應 72 小時的二氧化鈦奈米管之吸收光譜圖 .....                     | 62 |
| 圖 4-7-1B 反應 24 小時的二氧化鈦奈米管之 SEM 照片 (9K) .....              | 66 |
| 圖 4-7-2B 反應 24 小時的二氧化鈦奈米管之 SEM 照片 (70K) .....             | 66 |
| 圖 4-7-3B 反應 48 小時的二氧化鈦奈米管之 SEM 照片 (18K) .....             | 67 |
| 圖 4-7-4B 反應 48 小時的二氧化鈦奈米管之 SEM 照片 (35K) .....             | 67 |
| 圖 4-7-5B 反應 60 小時的二氧化鈦奈米管之 SEM 照片 (5.5K) .....            | 68 |
| 圖 4-7-6B 反應 60 小時的二氧化鈦奈米管之 SEM 照片 (50K) .....             | 68 |



|  |    |
|--|----|
| 圖 4-7-7B 反應 72 小時的二氧化鈦奈米管之 SEM 照片(20K).....                    | 69 |
| 圖 4-7-8B 反應 72 小時的二氧化鈦奈米管之 SEM 照片(85K).....                    | 69 |
| 圖 4-7-9B 反應 72 小時的二氧化鈦奈米管在 500 度退火 1 小時之 SEM<br>照片(100K) ..... | 70 |
| 圖 4-7-10B 反應 72 小時的二氧化鈦奈米管在 600 度退火 1 小時之<br>SEM 照片(70K) ..... | 71 |
| 圖 4-7-11B 反應 72 小時的二氧化鈦奈米管在 700 度退火 1 小時之<br>SEM 照片(70K) ..... | 72 |
| 圖 4-8-1B 反應 48 小時的二氧化鈦奈米棒之 TEM 照片 .....                        | 73 |
| 圖 4-8-2B 反應 48 小時的二氧化鈦奈米棒之 HRTEM 照片 .....                      | 74 |
| 圖 4-8-3B 反應 72 小時的二氧化鈦奈米棒之 TEM 照片 .....                        | 74 |
| 圖 4-8-4B 反應 72 小時的二氧化鈦奈米棒之 HRTEM 照片 .....                      | 75 |





## 表目錄

|   |    |
|---|----|
| 表1-1表1-1 奈米粒子的粒徑與表面原子的關係.....             | 3  |
| 表 2-1-1 氧化鈦三種晶相物理性質的比較.....               | 8  |
| 表 2-2-1 製備奈米粉體的方法.....                    | 13 |
| 表 2-2-2 不同製備方法製備的二氧化鈦奈米管.....             | 17 |
| 表 2-2-3 四種製備二氧化鈦奈米管方法的比較.....             | 18 |
| 表 4-6-1 反應 48 與 72 小時的二氧化鈦奈米管管徑與比表面積..... | 63 |

