

# 台灣二〇〇五年國際科學展覽會

科 別：環境科學

作品名稱：無紫外光下的抑菌－可見光奈米光觸媒研發

得獎獎項：大會獎佳作

學 校：國立臺南第一高級中學

作 者：潘家弘

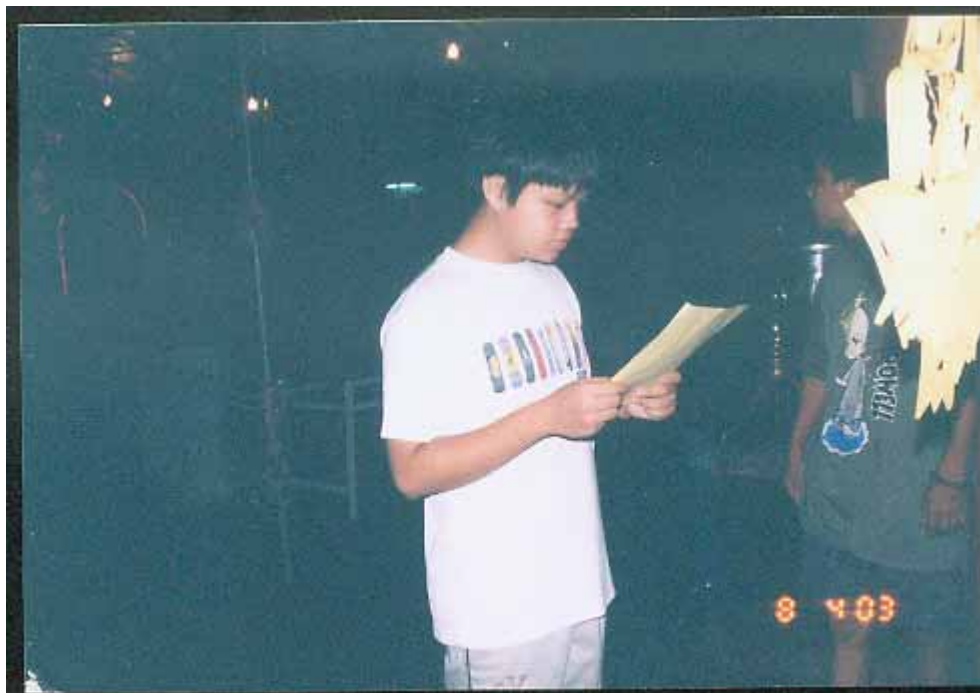
評語與建議事項：

以幾丁質來改善奈米粉體之穩定性，並發現確具殺菌效果。

本研究之參數極多，包括幾丁質之含量，配製方法，粉體之大小，分佈，鈦、鐵、鋅之比例與粉體結構以及與殺菌之效能與理由，尚需作進一步研究。

## 作者簡介

我現在就讀台南一中二年級，平常很喜歡接近人群，參加活動。很幸運的，在高一時候遇到了不錯的老師跟同學，可以加入科展的行列。其實參加科展的過程，並不是大家想像只有一個”累”字，而在於過程中彼此的合作，跟老師、教授的討論，這些都是課本中不可能教到的。很多人覺得參加科展非要得獎不可，但是最大的收穫，還是在於跳脫出教科書，找到屬於自己的世界!很感謝鄧明聖老師、林靜吟老師、何漣漪教授、林睿哲教授、還有所有幫助過我的同學，有大家的幫助，才能有今天的成果誕生!



作品名稱:無紫外光下的抑菌—可見光奈米光觸媒研發

## 壹、中英文簡介

### 一、英文簡介:

In this experiment, we hope to produce appropriate-sized nano particles of by using the chitin. By mixing the particles with the metal of Ti, Fe and Zn of proper proportions and therefore narrow their band gaps. Thus, the Bacteriostasis of LightPhotocatalysts could appear under the environment where the energy is lower than ultraviolet ray. We use de-acetylated chitin in three ways -- chelating agent, surfactant and protector. Then we put a thin layer of the mixture of chitin and metal nano particles on a piece of glass, and afterwards, sintering the mixture on the glass. Next, we scan the surface of the glass with AFM(Atomic Force Microscopy) to measure its particle size. The result we got showed that the surface-roughness of the Ti-Fe nano particles was 30.642nm, the best solution of all the samples. Yet, in this experiment, Fe was not suitable. Therefore we should choose the sample of Ti-Zn mixture, which is slightly smaller in roughness. According to

the result we got from the experiment, we found that, under the yellow light, the survivable strain-number ratio of the sintered Ti-Fe-Zn mixture on the glass and empty glass was  $0.09 \pm 0.06$ . This was much better than the survivable strain-number ratio of  $0.17 \pm 0.06$ , the result we got out from the glass of pure Ti and empty glass. From the measurement, we found that the proportion of mixture could lower the excitation energy Ti needs. Through this experiment, we hope to create a layer of film containing nano particles, and by applying it to daily-use products, we could prevent harmful bacteria.

## 二、 中文簡介:

本實驗的目的，就是希望可以利用幾丁質製作出適當粒徑大小的金屬奈米顆粒，混合適當比例的鈦、鐵、鋅金屬，使其能隙變窄，讓我們能在低於紫外光能量的光譜下，產生奈米光觸媒的抑菌效果。筆者在實驗中利用去乙酰化之幾丁質在本實驗中扮演三種角色：螯合劑、介面活性劑及保護劑，以將幾丁質與金屬奈米顆粒均勻塗抹於玻璃上，並以燒結玻璃的方式進行實驗。並且利用 AFM 掃描玻璃表面，確認其表面尺度，驗證的結果 Ti-Fe 混合比例的奈米顆粒之表面粗糙度為 30.642nm，為最佳狀態，但在本實驗中 Fe 並不適用，故應以粗

糙度僅次於 Ti-Fe 的 Ti-Zn 混合比例為主。根據實驗的結果，在綠光下，混合比例的 Ti-Fe-Zn 玻璃與空白玻璃的菌落數比，菌落存活率為  $0.09 \pm 0.06$ ，相較於純 Ti 的  $0.17 \pm 0.06$  來的低，代表混合比例可降低 Ti 所需之激發能量。經過此實驗未來筆者希望可以以幾丁質製作出一層含奈米顆粒的薄膜，應用到各種生活用品防止細菌的危害。

## 貳、 內文

### 一、 研究動機：

在室內中並無紫外光，但奈米顆粒卻須在紫外光下才可進行對有機物的分解。筆者在之前的實驗中得知奈米  $\text{TiO}_2$ 、 $\text{TiO}_2$  與 Fe、Zn 的混合物可在適當的波長下對有機物作分解，另外幾丁質可以螯合金屬。在文獻中，Fe 的吸收光譜在可見光的範圍內，而 Zn 本身具有殺菌效果。故我們利用幾丁質控制粒徑將奈米級  $\text{TiO}_2$  的燒結體與其他金屬燒結體的混合物應用在殺菌及抑制細菌上，希望能提供一種製作奈米光觸媒的方法，能減少細菌對人體的危害。

### 二、 實驗目的：

1. 製備去乙酰化的幾丁聚糖。
2. 試驗製備奈米膠體最佳的溫度、濃度以及反應時間。
3. 尋找適合燒結奈米膠體於玻璃上最佳的溫度及時間。

4. 燒結體顆粒大小之比較（利用 AFM 掃描不同比例之燒結體）。
5. 尋找金屬奈米氧化物混合之最好比例；並以 UV/Visible 光譜進行能隙狹窄評估。
6. 培養細菌，觀察各種燒結體在不同波長下抑制細菌的效果。

### 三、 研究原理：

1. 利用醯胺鍵之熱分解所產生的氨與金屬兩極物產生奈米級的氫氧化物膠體。
2. 利用廷得耳效應測試奈米顆粒的多少。
3.  $Ti(OR)_4 + 4H_2O \rightarrow TiO_2 + 4ROH$  (R：異丙基)
4.  $Ti^{4+} - OH^- \xrightarrow{h\nu} (Ti^{3+} - OH) \rightarrow Ti^{3+} + OH^-$  ( $O_2$  不存在時)
5.  $2(Ti^{3+} - OH) + O_2 \rightarrow 2Ti^{4+} - OOH \rightarrow Ti^{4+} - OH^- + O$  ( $O_2$  存在時)
6.  $Ti^{4+} - H_2O \xrightarrow{h\nu} Ti^{3+} - H_2O^+ \rightarrow Ti^{3+} - OH + H^+ \rightarrow Ti^{3+} + OH^-$
7. 吸收光譜上的藍位移及紅位移：

(1) 藍位移：因為量子尺寸效應，而使得能隙會因粒子尺寸下降而變寬，因而使得其對光的吸收就會偏向高能量（短波長），而這種解釋對於半導體或是絕緣體都可以適用。因為奈米顆粒尺寸上的減小，導致表面張力上的增大使得晶格扭曲，晶格常數隨之變小而導致。

(2) 紅位移：隨著奈米粒子粒徑的減小，增加粒子的內應

力，使得其產生能帶結構的變化，電子波函數的重疊加大，能帶間距因而變窄所致。

## 8. 光觸媒現象

- (1) 基本原理：當一個半導體奈米粒子(如 $TiO_2$ )受到大於其能隙寬度的光照射下，在價帶上的電子受到激發躍遷到導帶上，而產生電子電洞對，電子本身具有還原性，電洞具有氧化性，則電洞可和粒子表面的OH反應生成氧化性很高的OH自由基，OH自由基便可與其他的難以分解有機物反應而生成無機的 $CO_2$ 和 $H_2O$ 。
- (2) 當顆粒變的更小時，量子效應會更明顯，所以能帶分裂的情形更劇烈，導致價帶的氧化電位變的更正，而導電帶的還原電為變的更負，所以增加了奈米顆粒的催化性能。
- (3) 當顆粒越小，半徑就越小，光生載子從顆粒內部擴散到表面時間就越短，所以電子電洞結合的機率降低，導致光催化效率的提高。
- (4) 當顆粒尺寸降低，表面積所佔比例提升，所以吸附有機物的能力大大提升。

#### 四、實驗器材：

##### 1. 自製旋轉盤



2. 培養皿、高溫爐、各色燈管(藍色、綠色、黃色、紅色，20W，395nm)、紫外燈管(20W，395nm)、濾光片、玻璃片、照度計、恆溫槽、雷射筆、鐵架、電子天平、玻璃片。
3. 冰醋酸、二次水、蟹殼、硝酸鎂、氫氧化鈉、針筒。
4. 亞甲藍、矽酸乙酯、乙醇、試藥級二氧化鈦、硝酸鋅、硝酸第二鐵、異丙基化鈦(含Ti莫耳濃度:3.4M)、 $Sb_2O_3-SnO_2$ (永光產AT-450)、 $TiO_2$ (永光產品HR-250)、 $TiO_2-Fe_2O_3$ (永光產品HR-520)、異丙醇、超音波震盪機。
3. 滅菌接種針(或接種環)、酒精燈、培養皿(放置培養基)、附螺旋蓋之試管、高壓蒸氣滅菌釜、無菌工作檯、白金環、菌株(金黃色葡萄球菌)。



## 五、實驗步驟：

1. 將清洗完後的蟹殼浸入 2M 之 NaOH 溶液之中煮沸 4 小時以分解其中的蛋白質以及油脂。
2. 將蟹殼洗成中性後，加入 2M 之 HCl 之中 1 天以去除蟹殼上的  $CaCO_3$ 。
3. 再將蟹殼放入飽和 NaOH 溶液之中靜置 1 個月。
4. 蟹殼幾丁質溶液之製備：
  - (1) 以兩百毫升為標準，配置  $H_2O:CH_3COOH = 1:1$ ，並加入  $Mg(NO_3)_2$  (2.5M，五滴)。
  - (2) 以逆滲透水清洗已泡過 NaOH 之蟹殼，將之加入醋酸水溶液中加熱溶解，使之成為飽和膠體溶液。
  - (3) 加入 100 毫升的二次水稀釋之(60°C~65°C)。
  - (4) 將飽和膠體以針筒滴入 NaOH(2M)中，使成球珠。
  - (5) 撈出重置入 NaOH(4M)中，煮沸兩小時。
  - (6) 以逆滲透水將球珠洗成中性(微鹼)。
  - (7) 在 40°C 左右將球珠重新溶解，控制其PH值在 1~2 之間(以  $CH_3COOH$  控制，煮兩個半小時)。
  - (8) 取 15 毫升飽和溶液加入燒杯中，放入風箱中乾燥，測其每毫升所含 chitin 量。

## 5. 配置 Ti-Fe 混合溶液:

- (1) 先配置硝酸鐵水溶液 1M
- (2) 取 0.77 毫升之硝酸鐵水溶液與 9 毫升幾丁質膠體溶液混合。
- (3) 緩慢加入  $\text{Ti}(\text{OR})_4$  0.23 毫升，即成一比一的 Ti-Fe 混合溶液。
- (4) 以超音波震盪機震盪溶液 4 分鐘(功率四)。
- (5) 取 4 毫升上述溶液加入 6 毫升異丙醇，再以相同功率震盪 4 分鐘。

## 6. 配置 Ti-Zn 混合溶液

- (1) 先配置硝酸鋅水溶液 1M
- (2) 取 0.77 毫升之硝酸鐵水溶液與 9 毫升幾丁質膠體溶液混合。
- (3) 緩慢加入  $\text{Ti}(\text{OR})_4$  0.23 毫升，即成一比一的 Ti-Zn 混合溶液。
- (4) 以超音波震盪機震盪溶液 4 分鐘(功率四)。
- (5) 取 4 毫升上述溶液加入 6 毫升異丙醇，再以相同功率震盪 4 分鐘。

7. 配置純鈦溶液：

- (1) 取 3.4M 之  $\text{Ti}(\text{OR})_4$  0.46 毫升。
- (2) 混合幾丁質 9 毫升，加水至 10 毫升。
- (3) 以超音波震盪機震盪溶液 4 分鐘(功率四)。
- (4) 取 4 毫升上述溶液加入 6 毫升異丙醇，再以相同功率震盪 4 分鐘。

8. 選擇上述之 Ti-Fe 混合溶液，改變所加的 chitin 量

(9ml~1ml)，觀察其表現並利用分光光度計測其 ABS。

9. 以相同製作方式可製成其他不同比例之溶液。

將玻璃放於旋轉台之上，並加入 5 滴步驟 8 的溶液，利用旋轉的力量使其均勻分佈於玻璃之上。

10. 將玻片放入高溫槽中以  $450^\circ\text{C}$  燒結 30 分鐘之後再降至  $400^\circ\text{C}$  燒結 30 分鐘。

11. 燒製不同比例的奈米玻璃(總莫耳數= $1.155 \times 10^{-4} \text{ mole}$ )

- (1) 取固定 mole 數之 Zn 重複步驟 9~12 製作 Ti-Zn 混合玻璃。(1:1, 1:4, 1:8, 1:12, 1:16)
- (2) 取固定 mole 數之 Fe 重複步驟 9~12 製作 Ti-Fe 混合玻璃。(1:1, 1:4, 1:8, 1:12, 1:16)
- (3) 固定總 mole 數並重複步驟 9~12 製作 Ti-Fe-Zn 混合玻

璃。(2:1:1, 2:2:1, 3:1:1, 3:2:1, 4:1:1, 4:2:1)

12. 燒結好的玻璃再以 UV/Visible 光譜進行能隙狹窄評估。
13. 配置不同濃度的亞甲藍溶液，製作校正曲線( $10^{-5} M \sim 10^{-6} M$ )。
  - (1) 取 29g 的亞甲藍，加入 250ml 的水中，使其濃度成  $10^{-5} M$ 。
  - (2) 以  $10^{-5} M$  為標準，稀釋出其他濃度( $2 \times 10^{-6} M \sim 9 \times 10^{-6} M$ )。
  - (3) 將配置好的亞甲藍液置入暗箱之中，避免其照光而改變濃度。
14. 將玻璃整齊的置於培養皿中央，加入亞甲藍液( $5.993 \times 10^{-6}$ )，蓋上黑色保力龍板，並在有玻璃處上方割出方形空格，放濾光片。
15. 將培養皿置入照光的櫥櫃中，調整高度使照度皆相等，並在暗箱中製作對照組。
16. 利用分光光度計測量濃度改變，即知其對有機物之分解情形。
17. 取在前一個實驗中分解有機物時有較好表現之玻璃，進行抑菌實驗。

分別是純 Ti、Ti-Fe(1:1)、混合溶液(Ti:Fe:Zn =3:2:1、2:2:1、2:1:2)、純 Zn 溶液。
18. 配置細菌菌液，配方為:每兩百毫升 NaCl 2g，蛋白月東 2g，

酵母菌萃取物 1g, 洋菜粉 3g(若不做固態培養基則不放洋菜)。

19. 培養細菌，以白金環取細菌加入 100 毫升菌液中，震盪培養隔夜。
20. 先做序列稀釋，稀釋後的菌液將其塗勻在固態培養基上，測試其適合實驗的濃度。
21. 測試所得結果為 30 個/ml~50 個/ml，作法為取 5  $\mu$ l 菌液加入 50ml 培養液（不含洋菜），再取 200  $\mu$ l 上述溶液加入 200ml 培養液中(含洋菜)，隔夜待用。
22. 在培養皿中置入燒結體，加入已含細菌之菌液，每個培養皿中 11 毫升。
23. 利用數菌落的方式，觀察並紀錄細菌在不同色光下成長的情形。
24. 在數完菌落後，必須使用高溫高壓滅菌釜消毒滅菌。
25. 為使玻璃可重複使用，將使用過後的玻璃放入燒杯中煮沸，以二次水沖洗後，放入高溫高壓滅菌釜中消毒滅菌。
26. 每日需取 1  $\mu$ l 菌液加入 100ml 培養液中，以恆溫震盪箱培養隔夜待用。
27. 製作表面含奈米顆粒的可見光奈米護膜
  - (1) 在玻璃板上塗上一層幾丁溶膠。

- (2) 利用旋轉台使溶膠旋轉均勻並靜置待乾。
- (3) 再塗上一層含奈米顆粒的幾丁溶膠，旋轉均勻並待乾。
- (4) 浸泡至 5% 氨水中，使幾丁質膜與玻璃板脫離。

## 六、實驗結果：

### 1、(表一)幾丁聚醣溶膠的用量與比較

表現 \ chitin 量	9ml	8ml	7ml	6ml	5ml
ABS	0.390	0.441	0.553	0.452	0.356
沉澱量	無	極少	極少	少	少
微泡均勻度	優	優	佳	良	良

P.S 其他比例效果不彰，故不列入討論。

### (1) 不同比例幾丁質之比較

#### (a) 幾丁聚醣所含單元醣之莫耳數

$$= \frac{\text{所取 } \bar{V} \times \text{每ml所含重量}}{\text{單元醣之分子量}} = \frac{9 \times 0.018}{180} = 9 \times 10^{-4} (\text{mole})$$

#### (b) 所含金屬之莫耳數 = $0.308 \times 10^{-5} (\text{mole})$

#### (c) 金屬最佳螯合量 = 金屬莫耳數 : 幾丁質莫耳數 = 1 : 8

⇒ 最少螯合之幾丁聚醣莫耳數

$$= 0.308 \times 8 \times 10^{-5} = 2.464 \times 10^{-5} (\text{mole})$$

⇒所剩幾丁聚醣之莫耳數= $6.536 \times 10^{-5}$  (mole)

- (d) 由以上數據可看出含 chitin 量多者效果較好。
- (e) 由實際操作可知，含 9 毫升 chitin 在配置過程中，不會產生沉澱，且在超音波震盪時，產生之微泡較為均勻。
- (f) 在混合幾丁質和 Zn 時，筆者發現其混合溶液產生果凍般的膠體，所以筆者推測應是幾丁質數量不夠，而導致其完全與金屬螯合而沒有餘下，因此喪失了保護劑以及介面活性劑的功能，並且與水的溶解度下降而彼此互相膠連所造成。
- (g) 幾丁質在本實驗中扮演保護劑、介面活性劑及螯合劑之功能，若幾丁質全部與金屬螯合，則將造成溶解度下降，而產生沉澱以及微泡不均勻之現象。所以筆者認為應取 9 毫升 chitin 較為妥當。
- (h) 根據實驗結果與文獻記載，較多的幾丁質效果較好，所以筆者認為應取 9 毫升 chitin 較為妥當。

(2) (表二)與文獻上介面活性劑之比較

種類 \ 表現	黏度	時間	溫度	次數	燒結能力
Chitin	適中	1 小時	400°C	1 次	佳
Triton X-100	強	2 小時	600°C	8 次	極差

- (a) 筆者使用 Triton X-100 燒結的玻璃奈米顆粒容易剝落。

(b) 根據我們的實際操作，Triton X-100 不符合實驗的需求  
 (溫度、時間、次數)。所以筆者決定用 Chitin 作為燒結  
 玻璃之介面活性劑。

(c) (表三)燒結體顆粒大小之比較

(利用 AFM 掃描不同比例之燒結體)

樣 本 粗 糙 度	空白	Ti:Fe 1:1	Ti:Fe:Zn 2:2:1	Ti
整體粗糙度 方均根(Rq)	5.940	51.070	51.077	35.798
整體粗糙度 算數平均(Ra)	3.590	38.124	44.425	24.914
部分粗糙度 方均根(Rq)	1.411	30.642	2.789	14.869
部分粗糙度 算數平均(Ra)	1.116	24.851	2.008	10.473

計算方式： $R_a = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N |Z_j|$ 、 $R_q = \sqrt{\frac{\sum Z_i^2}{N}}$  (單位: nm)

(d) (表四)各種比例利用 UV/Visible 光譜之能隙掃描評估

比 例 種 類	1:1	1:4	1:8	1:12	1:16
Fe:Ti	483	455	417	397	383



## 2、奈米玻璃對細菌在不同光下的抑菌效果

(1) (表五)照光下各燒結體金屬氧化物之上菌落數(個數)

色光 Ti:Fe:Zn(mole)	綠光	黃光	紅光	藍光
3:2:1	30.25±5.73	15.25±1.5	29.75±2.5	0
1:1:0	53.5±4.50	23±4.24	40±5.35	0
1:0:0	4±1.41	10.5±0.57	31.5±4.34	0
2:2:1	2.5±1.29	36.25±4.85	36±8.52	0
2:1:2	2±1.15	37.25±2.63	49.25±8.99	0
0:0:1	0	0	0	0
0	23.25±4.57	13.5±3	29.5±4.65	0

(2) (表六)照光下各燒結體金屬氧化物上之菌落存活率

(存活率=燒結體上菌落數/空白玻璃上菌落數)

色光 Ti:Fe:Zn(mole)	綠光	黃光	紅光
3:2:1	1.30±0.35	1.13±0.27	1.01±0.18
1:1:0	2.30±0.49	1.70±0.39	1.36±0.28
1:0:0	0.17±0.06	0.78±0.36	1.07±0.22
2:2:1	0.11±0.06	2.69±0.70	1.22±0.34
2:1:2	0.09±0.06	2.76±0.64	1.67±0.40
0:0:1	0	0	0

(3) (表七)無光下各燒結體金屬氧化物上之菌落數(個數)

色 光 Ti:Fe:Zn(mole)	無綠光對 照組	無黃光對 照組	無紅光對 照組	無藍光對 照組
3:2:1	89.25± 8.92	57±6.97	52±6.68	34±1.82
1:1:0	71.5±9.68	47.75± 5.31	45.75± 4.42	66±4.41
1:0:0	62±8.75	50.5±2.88	60±2.16	44±2.94
2:2:1	93.5± 41.77	41±5.88	142±22.61	103.5± 13.32
2:1:2	84±2.16	55.25± 0.957	168.5± 14.36	56.5± 6.608
0:0:1	0	0	0	0
0	75.25± 9.17	67.25± 5.37	44±3.46	66.75± 14.45

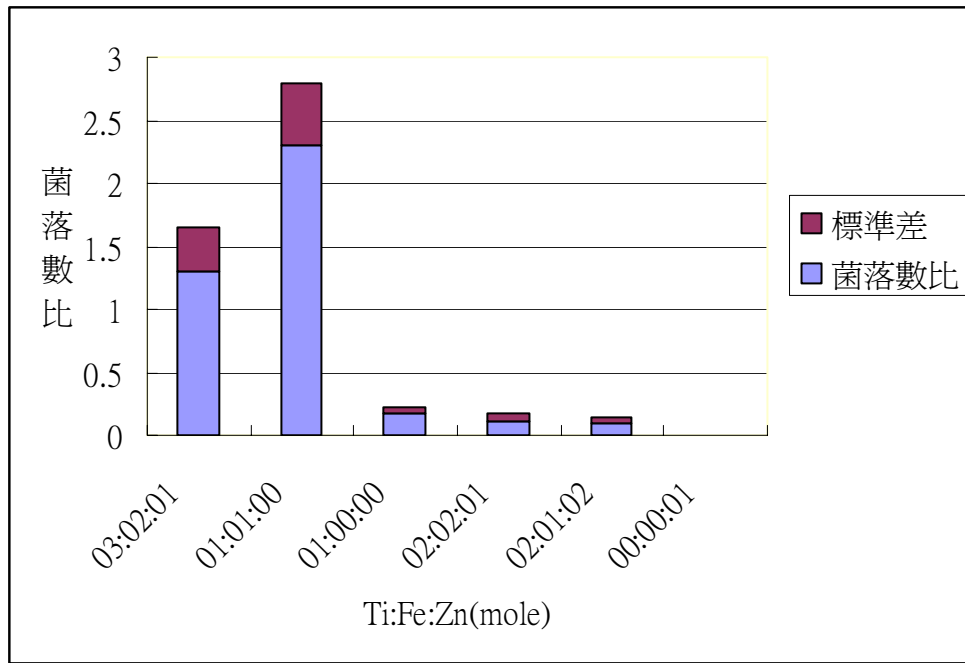
(4) (表八)無光下各燒結體金屬氧化物上之菌落存活率

(存活率=燒結體上菌落數/空白玻璃上菌落數)

色 光 Ti:Fe:Zn(mole)	無綠光對 照組	無黃光對 照組	無紅光對 照組	無藍光對 照組
3:2:1	1.18±0.18	0.84±0.12	1.18± 0.178	1.18±0.18
1:1:0	0.95±0.17	0.71±0.09	1.03±0.12	0.95±0.17
1:0:0	0.82± 0.153	0.75±0.07	1.36±0.11	0.82± 0.153
2:2:1	1.24±0.57	0.60±0.10	3.22±0.57	1.24±0.57
2:1:2	0.85±0.02	0.82±0.06	3.82±0.44	0.05±0.02
0:0:1	0	0	0	0
0	1.18±0.18	0.84±0.12	1.18±	1.18±0.18

			0.178	
--	--	--	-------	--

(5) (圖一)綠光下各金屬氧化物燒結體之抑菌效果圖表



## 七、實驗討論：

### 1、探討幾丁質對於燒結玻璃之效果

- (1) 根據實驗結果，在燒結過程中筆者以幾丁質取代傳統介面活性劑而且筆者發現幾丁質與玻璃之附著力遠大於介面活性劑，並且幾丁質在 300°C~400°C 之間即可燒結於玻璃之上。
- (2) 根據文獻上記載，使用介面活性劑時，必須先將要燒結的金屬以機械力研磨的方式，將固體微細化再加入介面活性劑混合，但在混合的過程中不可以使用超音波震

盪，否則產生氣泡的話，將會使得燒結體出現局部不均勻且剝落的現象，所以造成一種技術上的困難，最後在燒結的過程，介面活性劑還必須謹慎控制降溫速度，不然會造成粉屑剝落的情形。

(3) 筆者使用的幾丁質卻不需要經過任何的研磨即可直接配製而且在混合的過程中可以以超音波震盪產生均勻的膠體；最後在燒結冷卻的時候，不需要做特別的溫控而且不會發生剝落的情形；幾丁質本身就可以當做保護劑的功能，而控制粒子的成長及防止凝聚。

(4) 幾丁質是非常強的螯合劑，可以非常均勻的將 $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Zn}^{2+}$ 螯合至膠體溶液之中，才能確保燒結出均勻混合的Fe、Zn和Ti氧化物。

## 2、探討不同可見光下激發之奈米顆粒對抑菌實驗之效果

(1) 根據表六，所有的金屬氧化物奈米顆粒均須能量在綠光以上方可出現抑菌效果。其中以Ti:Fe:Zn=2:1:2的效果最佳，其細菌存活率為 $0.09 \pm 0.06$ 。實驗中，照光過程受到培養基厚度的影響，使透光程度變差；而事實上在環境中，光線將直接照射到表面，故實際效果應比實驗結果更好。

- (2) 根據 AFM 掃描結果與 UV/Visible 光譜測試，發現不同的混合比例與幾丁質溶膠含量均會影響其粗糙度，而粗糙度會影響表面積，因此將影響抑菌效果。未來應嘗試多種比例與幾丁質含量的搭配，找到最佳的抑菌效果。
- (3) 鐵為細菌生長所需要的必要因素之一，在本實驗中有加入鐵的組別，細菌的生長情況都比只加其他金屬的照光組好，推測可能是鐵離子本身會影響金黃色葡萄球菌的生長，這部分需要以後進一步的測試。而鋅則具有毒性，本身會毒害細菌，所以所有有加入鋅的組別，細菌皆無法生長。對於此實驗中金屬離子本身是否就足以對細菌造成影響而使實驗不準確的問題，由於我們已將玻璃洗淨(包括煮沸及沖洗)，且有無照光之對照組，故可將此變因排除。
- (4) 在實驗過程中有做過紫外光的部分，由於所使用的 UV 燈管之穿透力不強，甚至無法穿透培養皿的蓋子，故並未達成我們所預期的效果，故紫外光的部分不列入討論之列。
- (5) 在實驗過程中所使用的菌液濃度為將液態培養液培養約 15 小時(O/N)，之後序列稀釋為  $10^{-7}$  倍，約為 30 個/ml~50

個/ml。因為筆者曾經嘗試過其他濃度，結果效果不佳，所以後來就固定以這個稀釋比例來做實驗。

(6) 在前一實驗中，筆者曾經做過奈米顆粒分解亞甲藍(有機物)的實驗，其結果往往是鈦鐵的燒結玻璃效果較好，但由於亞甲藍為單一有機物，而筆者所作之抑菌實驗關係到較為複雜的生物結果不盡相同。

(7) 這次實驗中所用的藍光有殺菌效果，筆者重複實驗結果在照光組皆無細菌，故不將此列入燒結體效率之討論。

3、在將奈米混合溶液覆蓋於玻璃上時，因為筆者使用的是自製旋轉台，可能導致分佈不均的現象，並在燒結的過程中與雜質結合產生較高的突起，所以筆者為了客觀起見，便將其較突兀處刪除，而自選三塊面積相同區域之粗糙度來做平均(部分粗糙度)，以求其數據之正確性。

4、本實驗最大的價值是在於筆者利用幾丁質-溶膠凝膠法可以使製作奈米顆粒的製程簡化，並經由控制幾丁質與金屬離子濃度的不同，以及混合不同金屬之組成與比例，可以決定奈米顆粒粗糙度、粒徑以及能隙的大小，提供研發可見奈米光觸媒的一種標準製程。

5、實驗過程中須注意之相關技術

- (1) 在做玻璃吸收波長掃描時必須將表面清洗乾淨，不然會出現如附圖九般的不良吸收峰。
- (2) 在配置幾丁質溶液時必須使用冰醋酸而非無水醋酸，因為無水醋酸會跟幾丁質產生酯類而凝結成塊。
- (3) 第一階段配置好的幾丁質必須保持酸性，否則溶液容易變質或發霉。
- (4) 去乙酰化未完全的蟹殼會產生溶解不全的現象。
- (5) 一開始所使用之菌液濃度因為實際培養時培養出的菌液太多，並非呈現一群群的菌落狀態，加上燒結體玻璃並非百分之百的抑菌效果，故需降低濃度。
- (6) 在序列稀釋時本來必須測 O. D. 值並作校正曲線，但因適當的濃度之 O. D. 值已太低，故不做 O. D. 值校正曲線。
- (7) 蟹殼中的蛋白質和油脂必須以強鹼完全去除，否則幾丁質會產生不良吸附而使得實驗結果偏差。
- (8) 在溶解蟹殼之的碳酸鈣過程中，必須將蟹殼內膜去除，否則碳酸鈣會分解不完全。
- (9) 需確實將蟹殼清洗至中性，否則在溶解過程中會產生不良聚合。
- (10) 加熱幾丁質時必須不停的攪拌否則會產生燒焦的狀況。

況。

(11) 去乙醯化未完全的蟹殼會產生溶解不全的現象。

(12) 滴完溶液後的玻璃，需將其靜置至完全乾燥，否則在燒結時會產生氣泡，導致燒結的金屬剝落。

(13) 在配製溶液的過程中，必須將溶質的總莫耳數固定，才能比較不同比例的效率好壞。

(14) 根據文獻，在配製過程當中，必須在低溫的狀態下進行。

(15) 亞甲藍液必須放置在暗箱之中，不然會因為照光而使得濃度產生改變，而且必須一次用完否則會因為玻璃本身的吸附造成實驗數據的誤差。

## 八、實驗展望：

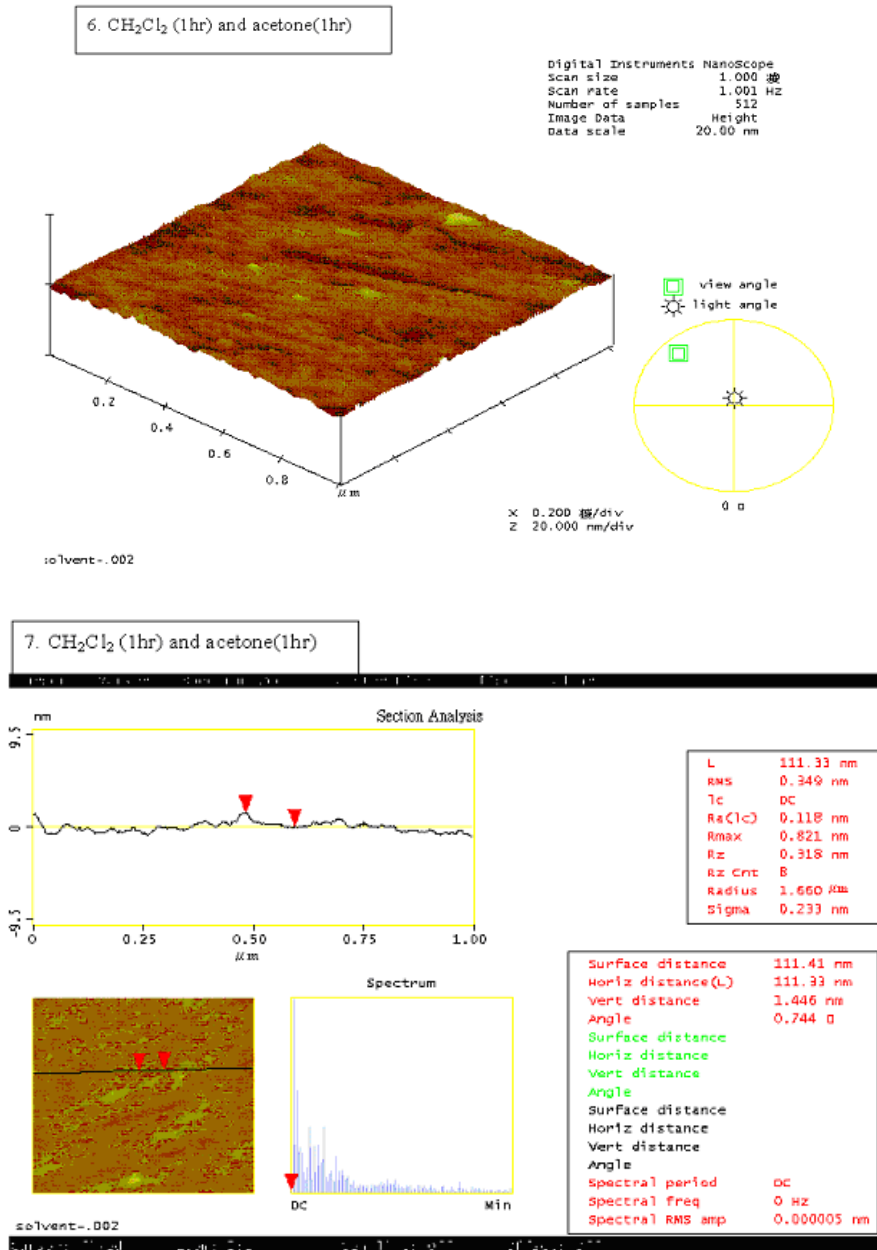
在本次實驗中嘗試用鋅離子來作抑菌的實驗，但就鋅離子本身而言，對人體是有毒性的。所以未來也可多嘗試其他的替代金屬，更多不同的比例，探討這些不同的變化對抑菌實驗的影響。另外筆者在實驗室中，發現幾丁質在塗勻乾燥後，會形成有如塑膠紙般的物質，無臭，在水中亦不可溶，且幾丁質對人體來說較具親和性。利用此性質我們可以將奈米顆粒混合幾丁質，將其塗抹在如紗布、口罩、繃帶上，預期將可防止



細菌對人體的危害。

## 九、附錄

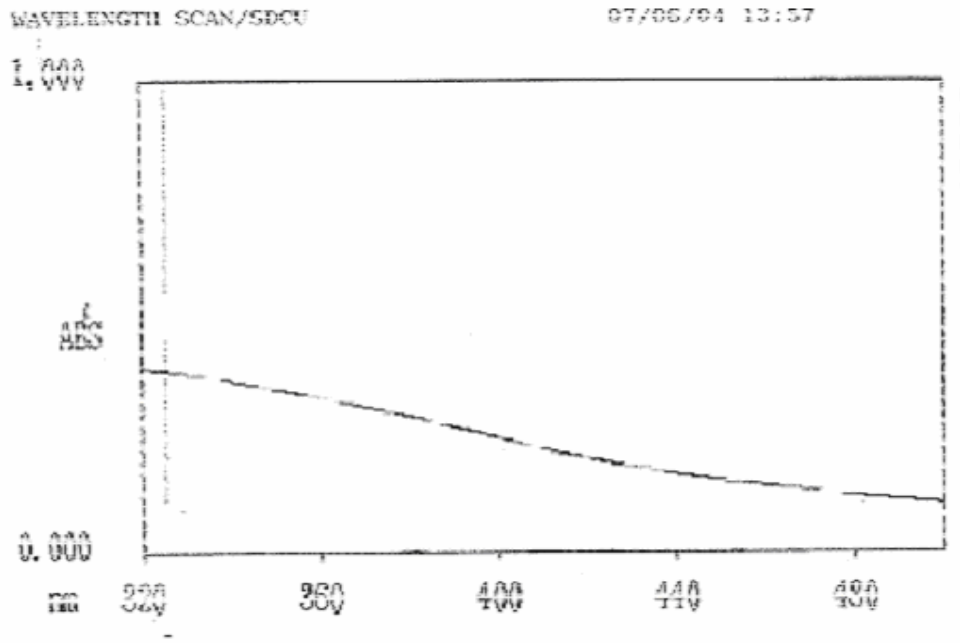
### (1) AFM 掃描結果



(附圖一)清洗後的空白石英玻璃

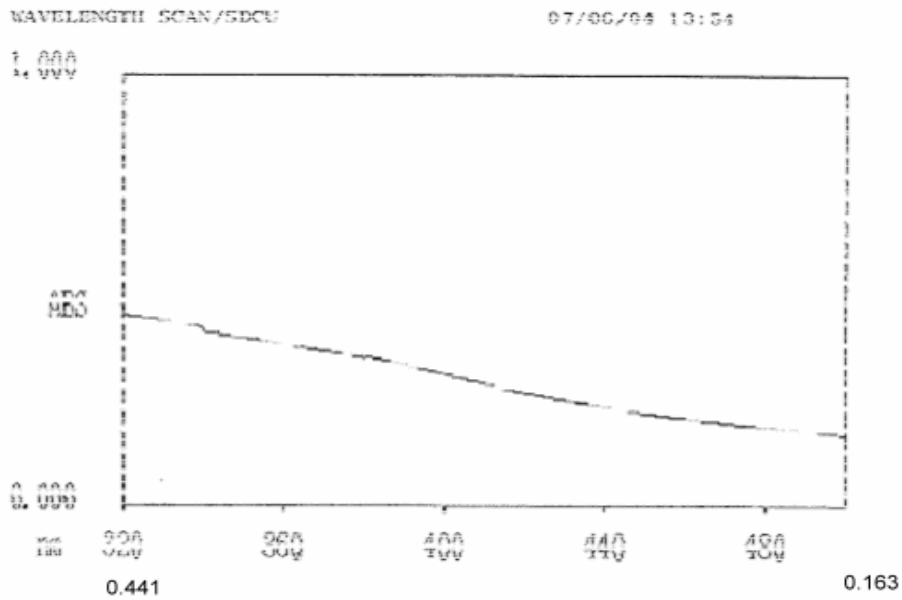
### (2) 幾丁質 ABS 圖

利用 9ml chitin 螯合金屬



(附圖二)

利用 8ml chitin 與 1ml 水螯合金屬

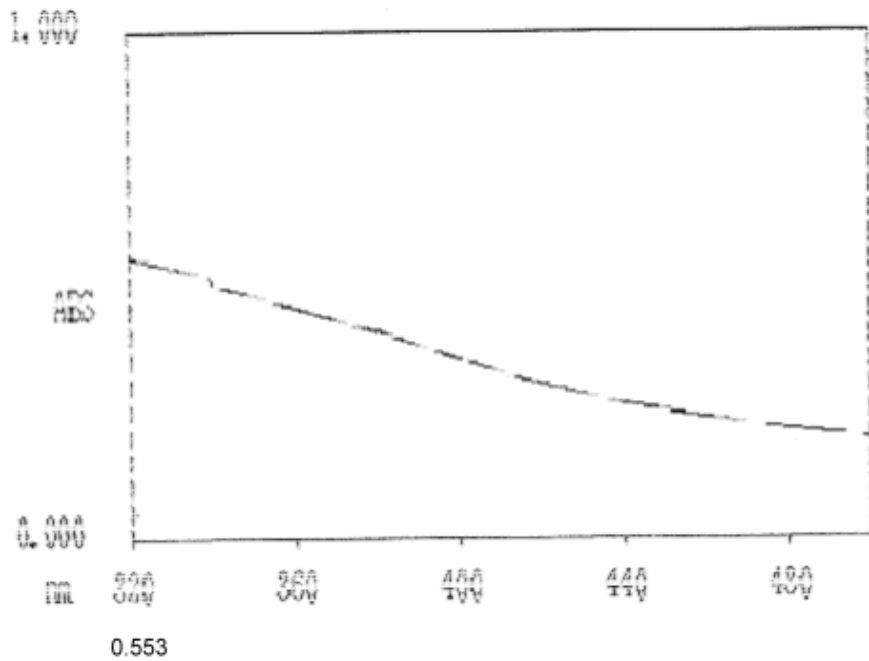


(附圖三)

利用 7ml chitin 與 2ml 水螯合金屬

WAVELENGTH SCAN/SBCU

07/06/04 13:51

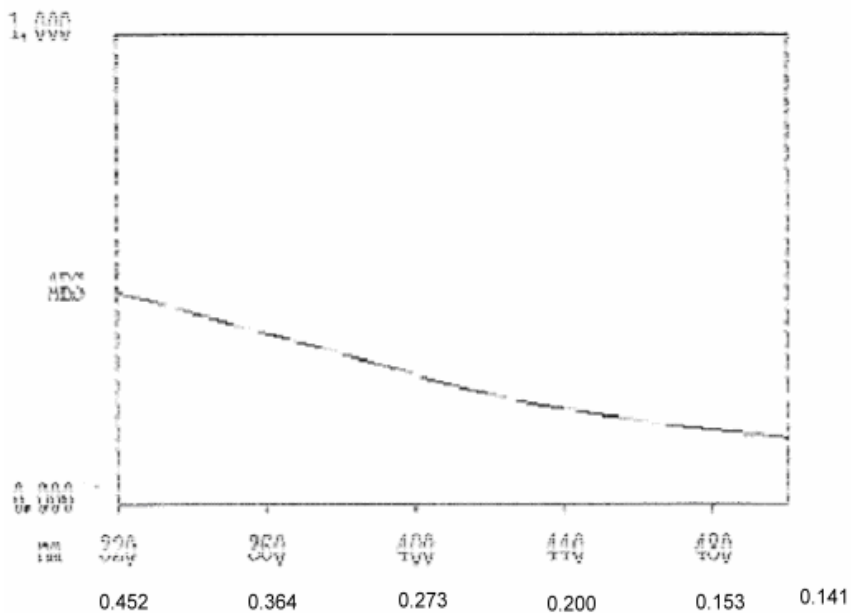


(附圖四)

利用 6ml chitin 與 3ml 水螯合金屬

WAVELENGTH SCAN/SBCU

07/06/04 13:48

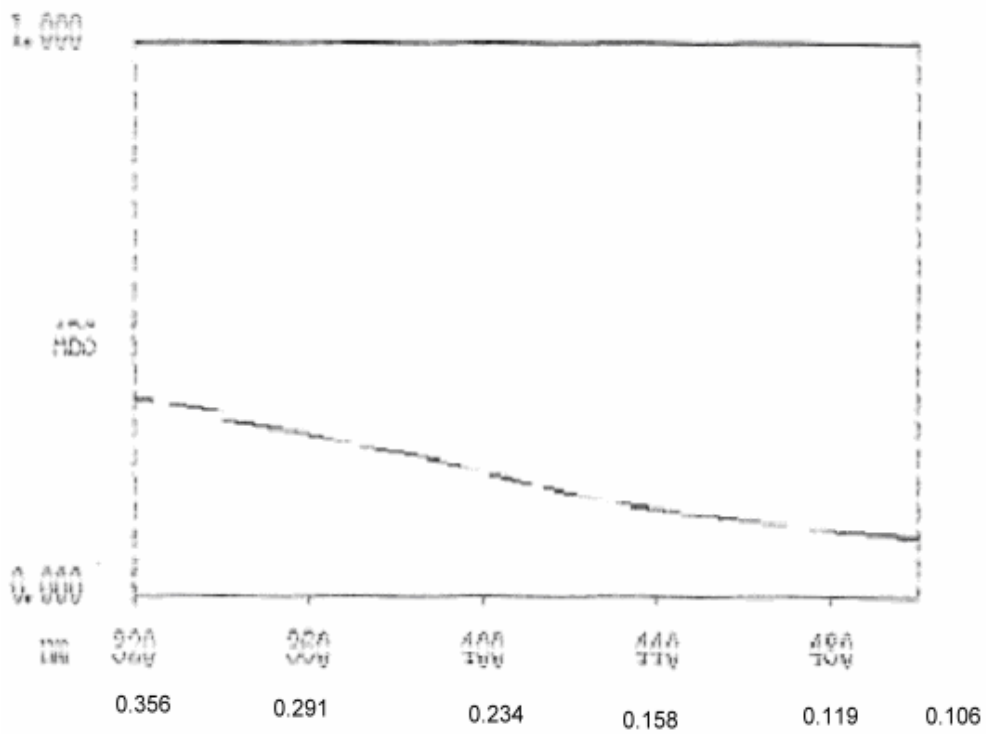


(附圖五)

利用 5ml chitin 與 4ml 水螯合金屬

WAVELENGTH SCAN/SDCU

07/06/04 13:45

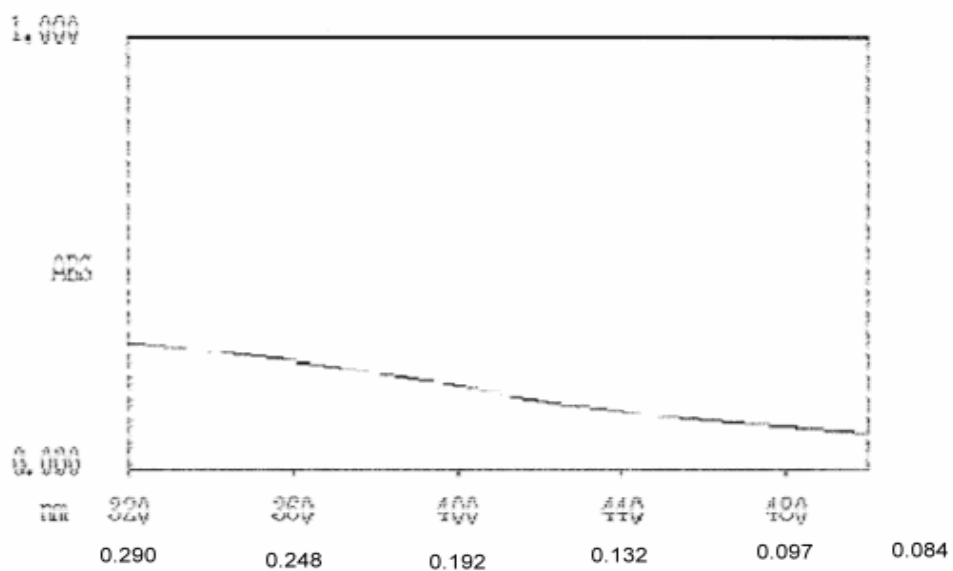


(附圖六)

利用 4ml chitin 與 5ml 水螯合金屬

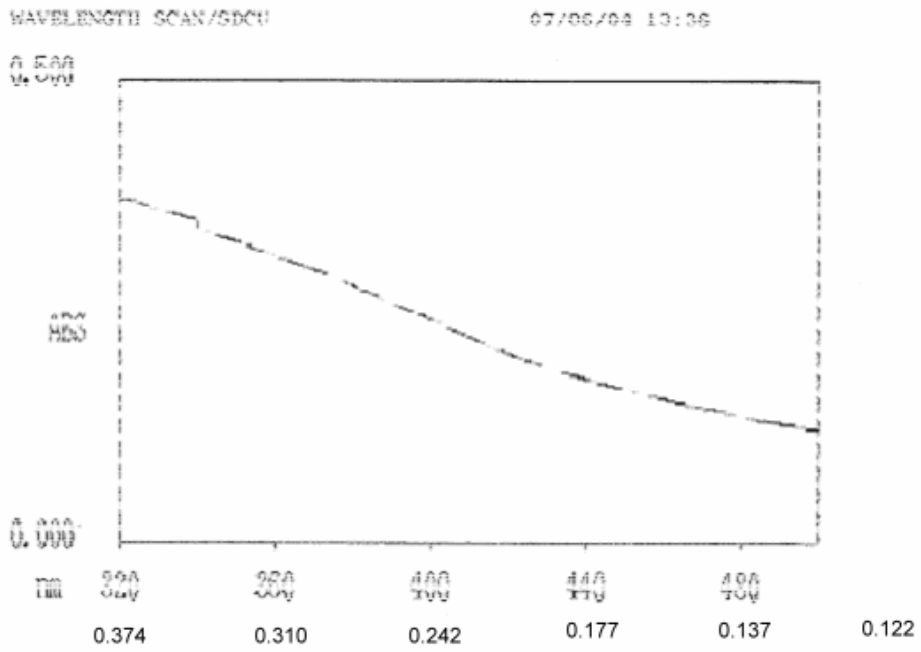
WAVELENGTH SCAN/SDCU

07/06/04 13:41



(附圖七)

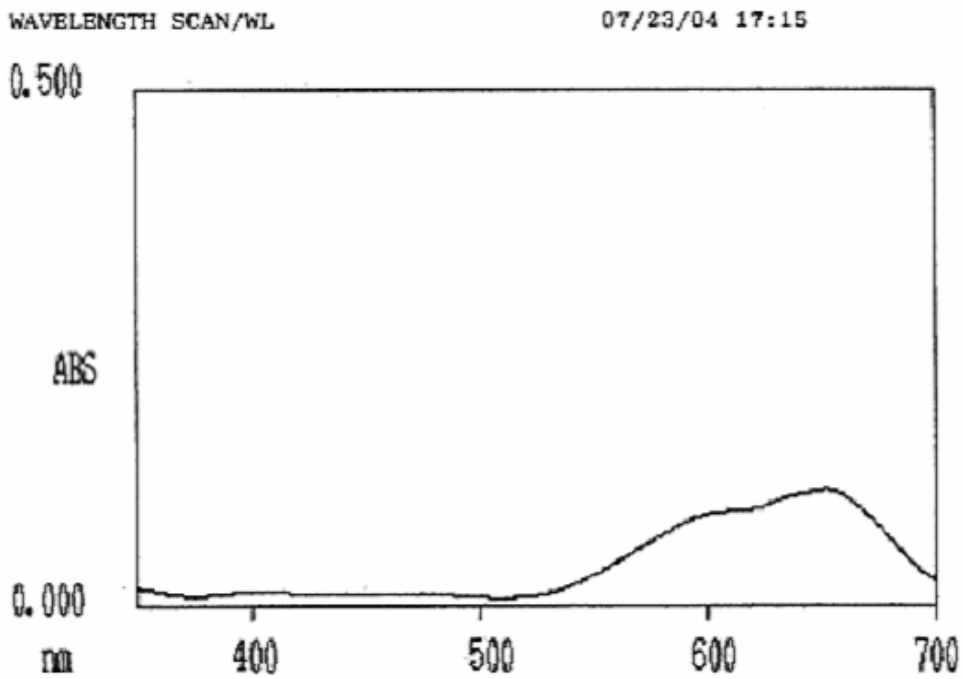
利用 3ml chitin 與 6ml 水螯合金屬



(附圖八)

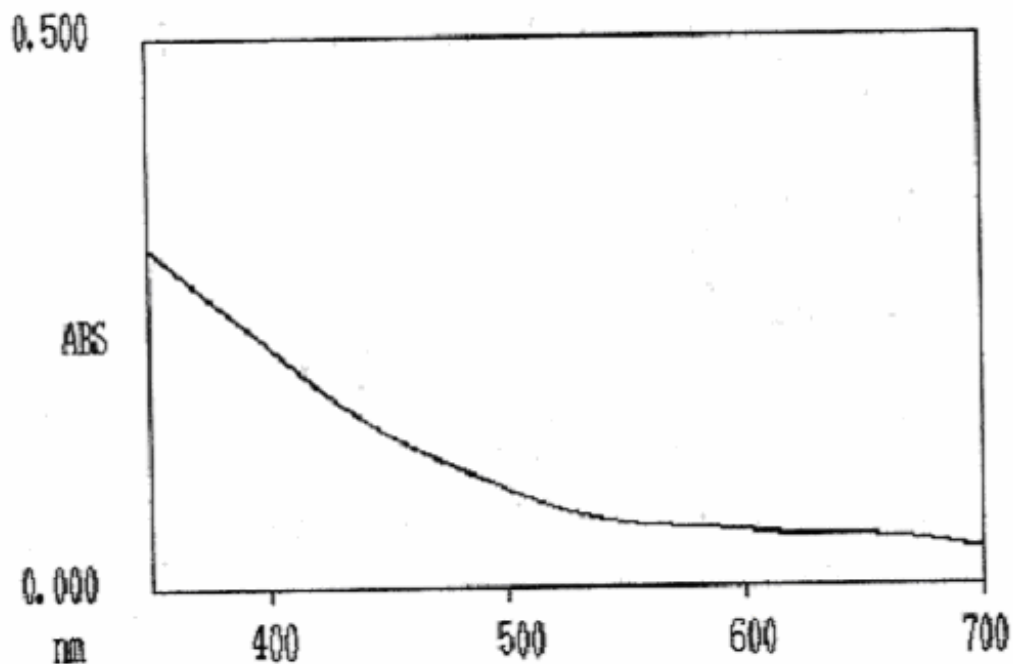
(3) 玻璃燒結體之吸收波長

燒結體:Ti



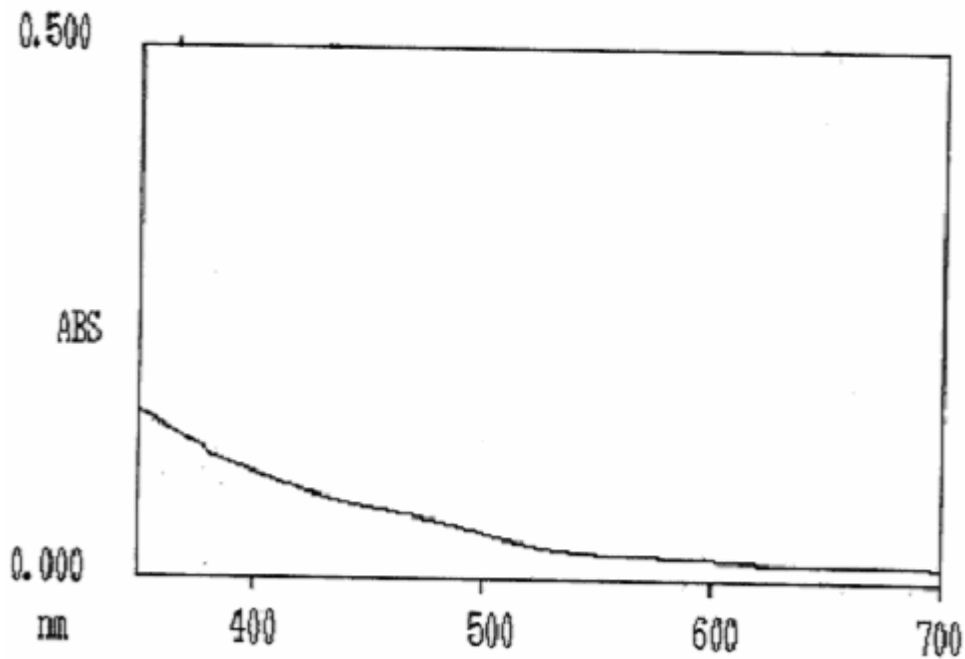
(附圖九)

燒結體: Fe:Ti=1:1



(附圖十)

燒結體: Fe:Ti=1:4

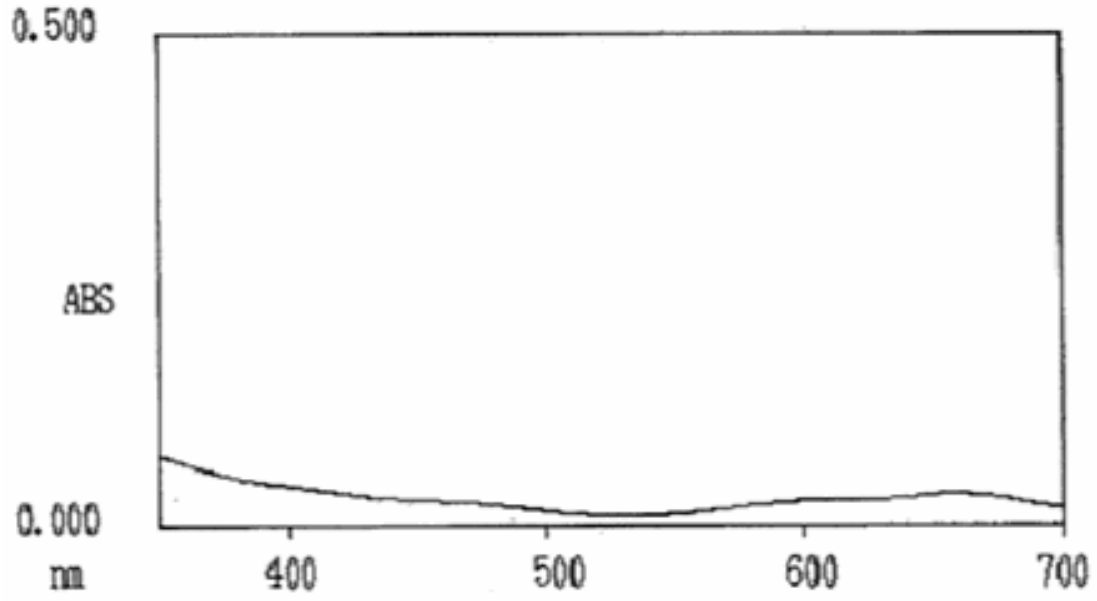


(附圖十一)

燒結體: Fe:Ti=1:8

WAVELENGTH SCAN/WL

07/23/04 15:59

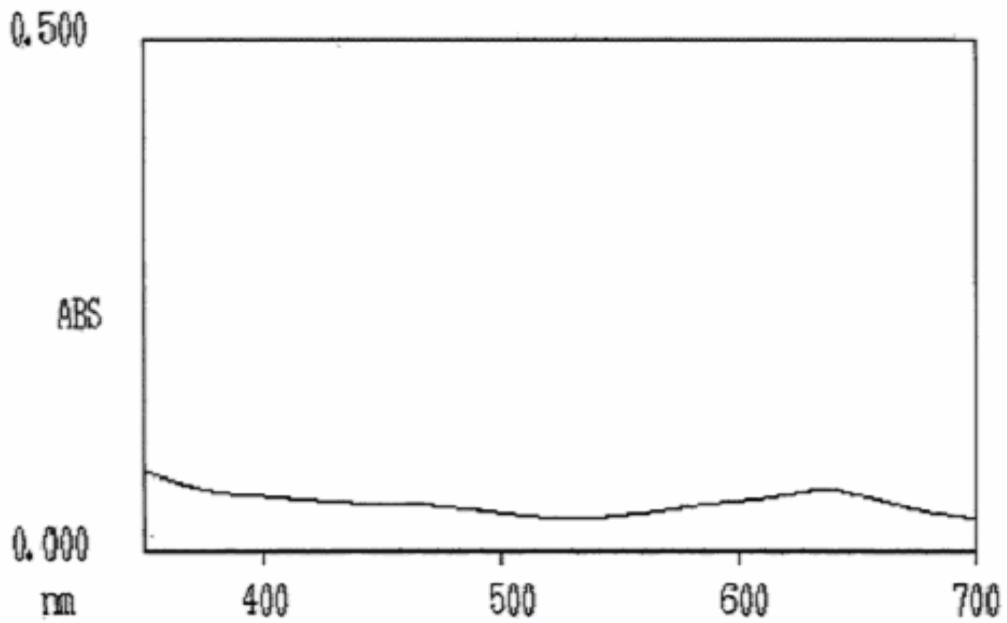


(附圖十二)

燒結體: Fe:Ti=1:12

WAVELENGTH SCAN/WL

07/23/04 16:04

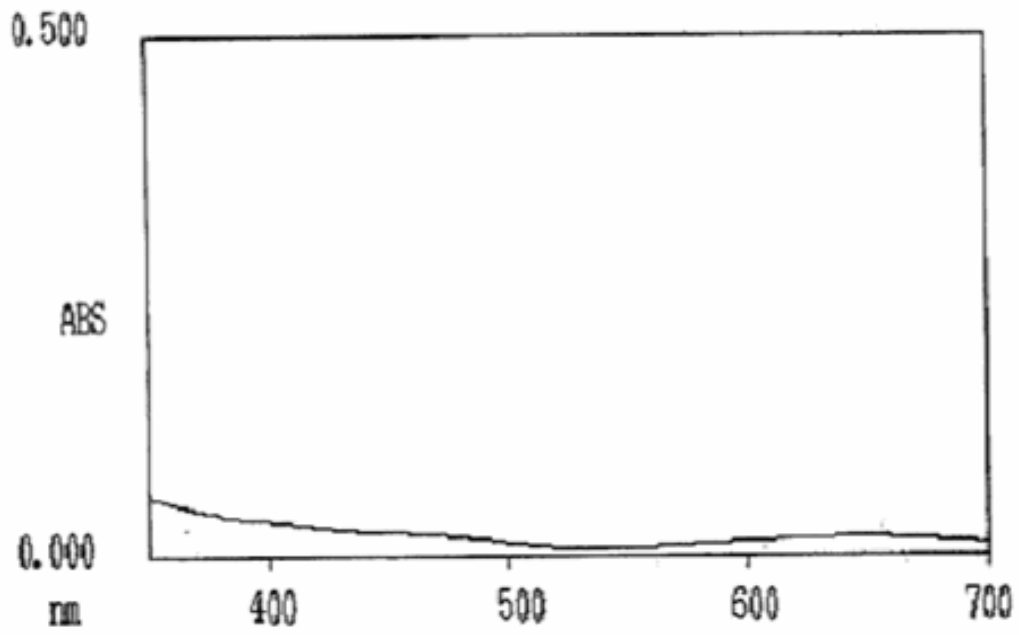


(附圖十三)

燒結體: Fe:Ti=1:16

WAVELENGTH SCAN/WL

07/23/04 16:10

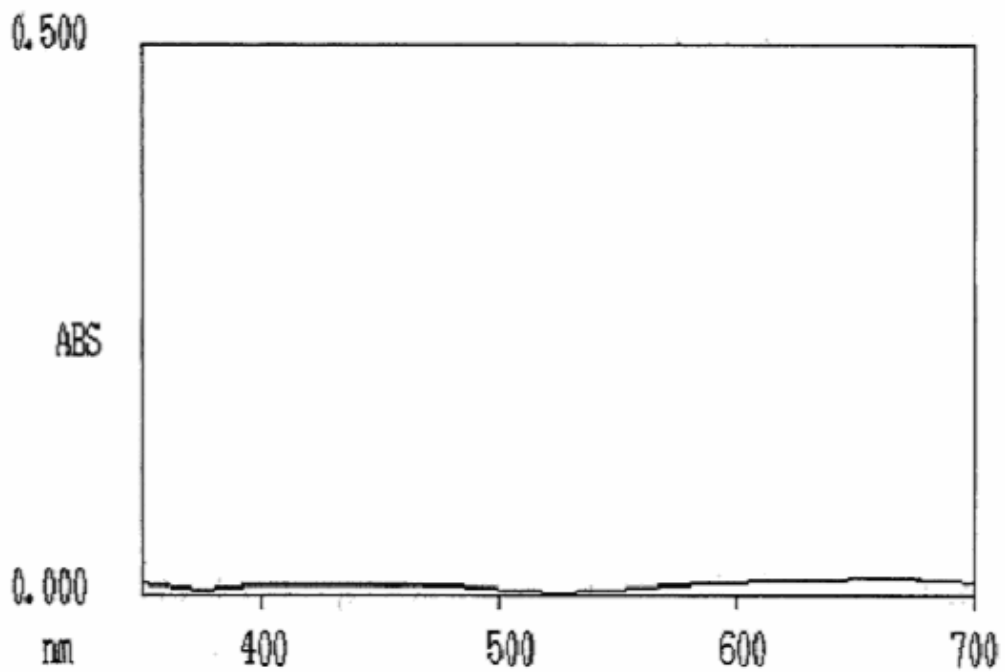


(附圖十四)

燒結體: Zn:Ti=1:1

WAVELENGTH SCAN/WL

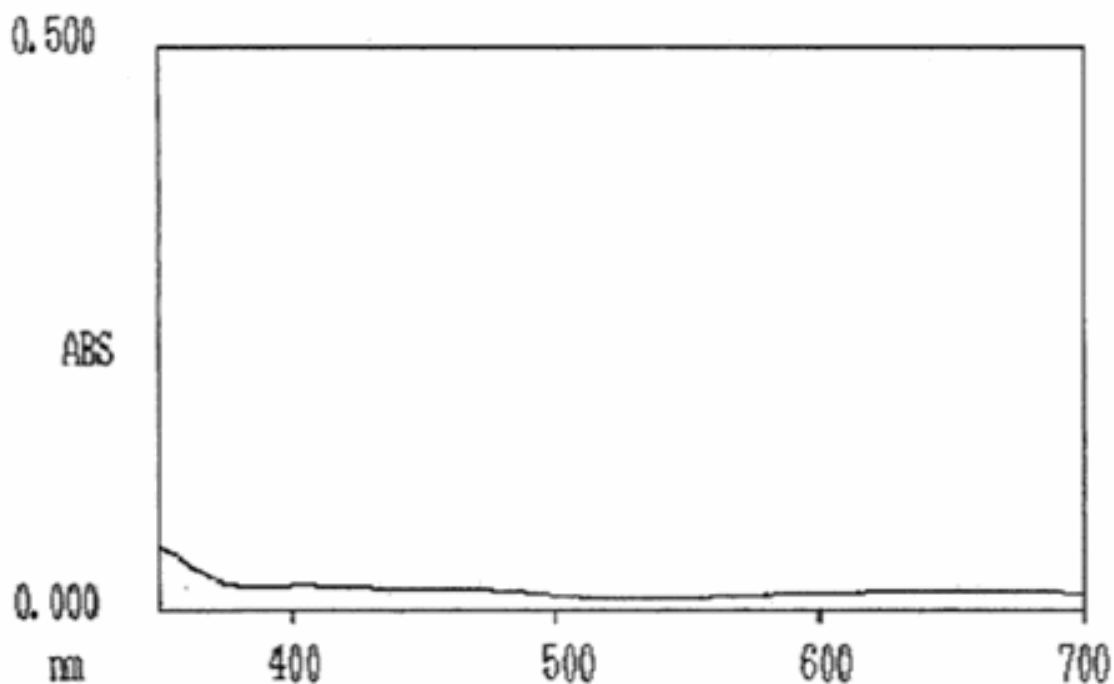
07/23/04 16:32



(附圖十五)

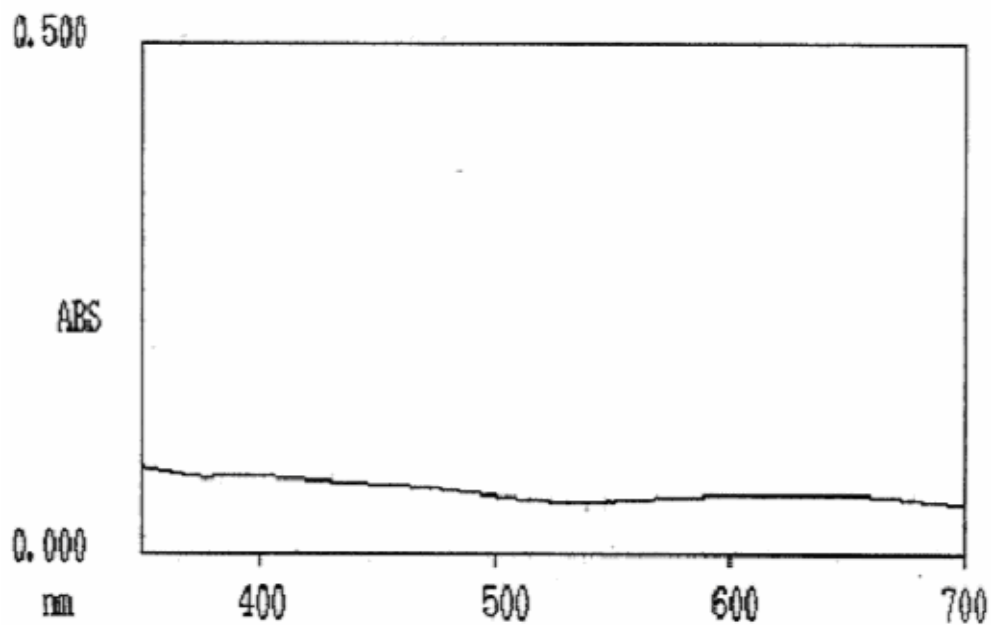
燒結體: Zn:Ti=1:4





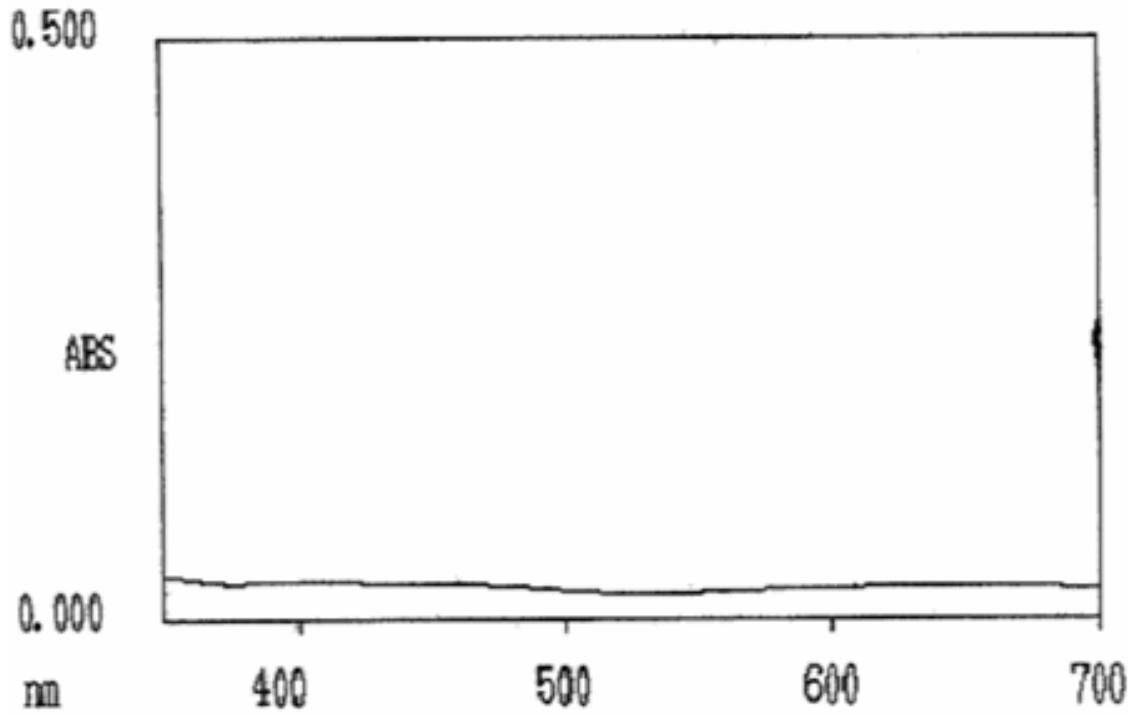
(附圖十六)

燒結體: Zn:Ti=1:8



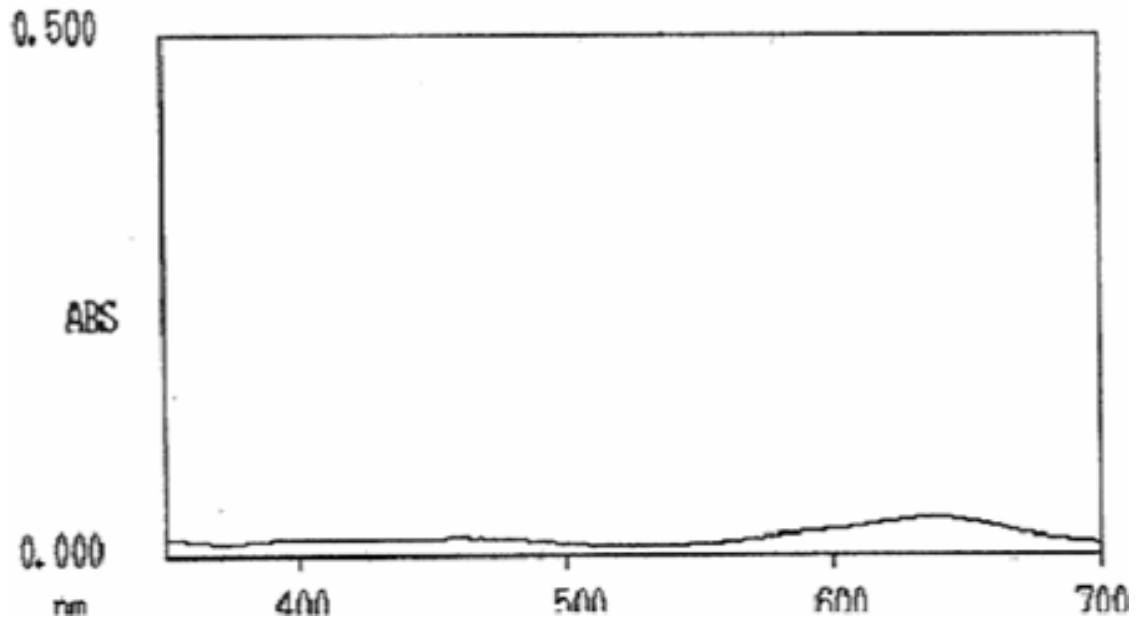
(附圖十七)

燒結體: Zn:Ti=1:12



(附圖十八)

燒結體: Zn:Ti=1:16



(附圖十九)

(4) 照光下各種金屬氧化物燒結體上之菌落數

3:2:1(Ti:Fe:Zn)

	1	2	3	4	平均值±標準差
綠光	26	25	37	33	30.25±5.73
黃光	17	14	14	16	15.25±1.5
紅光	27	33	30	29	29.75±2.5
藍光	0	0	0	0	0

(附表一)

Ti-Fe

	1	2	3	4	平均值±標準差
綠光	53	59	54	48	53.5±4.50
黃光	25	28	20	19	23±4.24
紅光	35	46	36	43	40±5.35
藍光	0	0	0	0	0

(附表二)

Ti

	1	2	3	4	平均值±標準差
綠光	5	2	5	4	4±1.41
黃光	11	11	10	10	10.5±0.57
紅光	33	33	35	25	31.5±4.34
藍光	0	0	0	0	0

(附表三)

2:2:1(Ti:Fe:Zn)

	1	2	3	4	平均值±標準差
綠光	2	1	3	4	2.5±1.29
黃光	30	41	35	39	36.25±4.85
紅光	29	48	36	31	36±8.52
藍光	0	0	0	0	0

(附表四)

2:1:2(Ti:Fe:Zn)

	1	2	3	4	平均值±標準差
--	---	---	---	---	---------

綠光	1	3	3	1	2±1.15
黃光	35	39	35	40	37.25±2.63
紅光	44	53	60	40	49.25±8.99
藍光	0	0	0	0	0

(附表五)

Zn

	1	2	3	4	平均值±標準差
綠光	0	0	0	0	0
黃光	0	0	0	0	0
紅光	0	0	0	0	0
藍光	0	0	0	0	0

(附表六)

空白

	1	2	3	4	平均值±標準差
綠光	24	22	29	18	23.25±4.57
黃光	15	9	15	15	13.5±3
紅光	25	33	34	26	29.5±4.65
藍光	0	0	0	0	0

(附表七)

## (5) 無光下各種金屬氧化物燒結體上之菌落數

3:2:1

	1	2	3	4	平均值±標準差
綠光	79	92	86	100	89.25±8.92
黃光	58	57	65	48	57±6.97
紅光	51	43	58	56	52±6.68
藍光	35	36	32	33	34±1.82

(附表八)

Ti:Fe

	1	2	3	4	平均值±標準差
綠光	64	63	76	83	71.5±9.68
黃光	50	52	49	40	47.75±5.31
紅光	50	49	43	41	45.75±4.42
藍光	71	65	61	67	66±4.41

Ti

	1	2	3	4	平均值±標準差
綠光	59	51	70	68	62±8.75
黃光	54	51	47	50	50.5±2.88
紅光	62	60	57	61	60±2.16
藍光	42	46	41	47	44±2.94

(附表九)

2:2:1

	1	2	3	4	平均值±標準差
綠光	70	88	62	154	93.5±41.77
黃光	41	49	39	35	41±5.88
紅光	111	162	140	155	142±22.61
藍光	84	106	113	111	103.5±13.32

(附表十)

2:1:2

	1	2	3	4	平均值±標準差
綠光	2	3	4	7	4±2.16
黃光	54	55	56	56	55.25±0.957
紅光	184	150	174	166	168.5±14.36
藍光	52	50	60	64	56.5±6.608

(附表十一)

Zn

	1	2	3	4	平均值±標準差
綠光	0	0	0	0	0
黃光	0	0	0	0	0
紅光	0	0	0	0	0
藍光	0	0	0	0	0

(附表十二)

空白

	1	2	3	4	平均值±標準差
綠光	66	81	85	69	75.25±9.17
黃光	66	68	61	74	67.25±5.37
紅光	43	43	49	41	44±3.46
藍光	58	78	80	51	66.75±14.45

(附表十三)

#### 十、參考資料:

3. 超微粒子理論應用，莊萬發，復漢出版社
4. 奈米材料在光學上的應用及其製造方法，魏碧玉、賴明雄，工業材料，第153期，88年9月，p.113~123
5. 奈米材料及製程介紹，呂英治、洪敏雄，科儀新知，第22卷6期，92年6月  
[http://nano.mse.ttu.edu.tw/html/doc/Class01\\_Intro/3.pdf](http://nano.mse.ttu.edu.tw/html/doc/Class01_Intro/3.pdf)  
f  
<http://nr.stic.gov.tw/ejournal/NSCM/v28n4/281-288.pdf>
6. 微生物學實驗（陳吉平 黃坤元編著）睿煜出版
7. 醫用微生物學（大黑 勇著 鄭森淵譯）新合藝彩色製版社
8. 食品微生物學（陳自珍 林阿萬合譯）文源書局

9. 微生物應用工業(劉英俊 江金追) 中央圖書

10. 半導體奈米材料實驗室: 奈米材料性質

劉全璞 助理教授(cpliu@mail.ncku.edu.tw)

國立成功大學微奈米科技研究中心

<http://www.ncku.edu.tw/~nckumems/>