

第六屆旺宏科學獎

成果報告書

參賽編號： SA6-232

作品名稱： 去污 OK 繃
-- 奈米濾淨凝膠薄膜之研究

姓名： 李孟樺

關鍵字：色素增感法、TiO₂ 奈米光觸媒、凝膠薄膜

研究題目： 去污 OK 繃--奈米濾淨凝膠薄膜之研究

壹、 研究動機

常看到當衣服沾到油漬時，媽媽的第一個動作即是在油漬污染處噴上去漬洗潔劑，以免油漬在衣服上留下永久的污跡。但大多數去漬潔劑的主要處方為有機溶劑(如丙酮、甲苯)對人體會造成極大的傷害，所以似乎找尋一種對人體無傷害且易於得到的濾淨材料應該是刻不容緩的。幾年前奈米材料開始熱門以來，根據我們仔細的研讀發覺奈米光觸媒(如 TiO_2)扮演著去除污垢的很重要角色，靠著紫外光的照射，有機有害物質不斷的被這種光觸媒分解最後形成對人體無害的產物--- CO_2 及 H_2O 。又奈米光觸媒除了上面所述的去油漬外，它亦可以靠著產的極強的自由基將有毒物質蛋白質加以分解，使細菌、病毒解體。所以去油漬、分解有機物及驅除有機毒物(細菌、病毒)都是奈米光觸媒的主要用途，所以這奈米光觸媒的應用實在太廣泛了，

一般奈米光觸媒在使用時都是泡成懸浮溶液(圖一)或是粉體平鋪在基板上形成薄膜，這樣使用起來極為不方便。為了改正這個缺點，我們試圖找出一種凝膠與 TiO_2 酸性溶液均混後成為一種極為方便的凝膠薄膜，並把這些凝膠薄膜製作成類似貼布一樣(凝膠塗在貼布，我們稱之為奈米 OK 繃)。我們期待藉著貼布的使用(貼在油漬上或污物周圍)，能很迅速的達成奈米光觸媒所應有的任務

當然製成奈米凝膠薄膜過程中，我們試圖找出較具濾淨效果的方法以提高濾淨效率，我們以光敏染料(dye)太陽電池製作的方式在凝膠中加入數種光敏染料(色素增感法)做比較，除了比較特性外，我們亦試圖提出其理論機制。希望能因我們的實驗對日常污漬及污染現象找到一個迅速及簡易的解決知道。

我們做了很多濾淨降解(degradation)實驗，包含了污水、油漬及有機液氣、液體等，基本上這些都是屬於廣義的氧化還原反應，期望本實驗能對發展中的奈米光觸媒濾淨研究能更上一層樓。

貳、研究目的

- 一、找出適合當 TiO_2 光觸媒酸性溶液的載體物質(carrier)凝膠材料，並探討所找的凝膠材料之優缺點。
- 二、製作不同濃度之 TiO_2 光觸媒酸性溶液之凝膠薄膜，並仔細探討各種凝膠薄膜內部物質均勻性、透明度及其它特性。
- 三、探討凝膠薄膜攪拌過程中之凝膠顏色、透明度、溫度變化及氣泡之有無產生。
- 四、探討不同濃度之 TiO_2 酸性溶液所製作成的凝膠薄膜對膠態物質、液態及氣態廢液廢氣的濾淨效果之影響，以及相關性及趨勢之探討。
 - (一) TiO_2 酸性溶液凝膠薄膜對油漬的濾淨降解作用結果探討
 - (二) TiO_2 酸性溶液凝膠薄膜對有機溶劑的濾淨降解作用結果探討
 - (三) TiO_2 酸性溶液凝膠薄膜對膠態有機光阻液的濾淨降解作用結果探討
 - (四) TiO_2 酸性溶液凝膠薄膜對強酸氣的濾淨降解作用結果探討
- 五、探討利用色素增感法提高本實驗成品 OK 繃的濾淨效率，意即調制使用光區由紫外光移至可見光。
- 六、探討凝膠薄膜? 雜不同光敏染料物質以調制其照光降解的光區由紫外光區(UV)移至可見光區(Visible)之變化。
- 七、探討以實際的? 雜降解實驗觀測，初步建立一套光敏染料(色素增感法)物質調制照光光區的理論機制並比較各種不同之光敏物質之效果與理論之相關係。
- 八、完成相關 TiO_2 酸性溶液凝膠薄膜製作，並規劃完成相關重要測試。
 1. 表面狀態觀測：SEM 電子顯微鏡觀測表面狀況
 2. 成份分析：X-ray 繞射實驗

參、研究過程

一、研究方法：

- (一) 試找出適合製成 TiO_2 酸性溶液凝膠薄膜之載體物質。
- (二) 探討所研製成之 TiO_2 酸性溶液凝膠薄膜在製作過程中的特性變化
包括：透明度變化、溫度變化、黏度變化及有無氣泡產生
- (三) 利用研發的 TiO_2 酸性溶液凝膠薄膜製成貼布(奈米 OK 繃), 從事各種去油漬 除污(含有機廢液氣)、及有色有機廢液的降解實驗。
- (四) 探討在凝膠薄膜中添加各種光敏染料物質從事去油漬、除污(含有機廢液、氣)、及有色有機廢液的降解實驗(色素增感實驗)。
- (五) 試著依據(四)之過程建立一套色素增感法提高光降解效率之理論機制。
- (六) 利用 pH 值量測、改良型蒸餾法量測有機廢液(甲醇、丙酮)與水混合的相對含量變化來評量降解效果、色層分析及照光光電壓法評量(三)(四)過程之降解效率。
- (七) 利用我們實驗特別設計的小刻度量尺片從事大量的有機光阻液降解顏色淡化變化，包含顏色濃淡變化及面積變化，並找出其變化趨勢。
- (八) 評估本實驗奈米 OK 繃將來大廣角推廣之可行性、

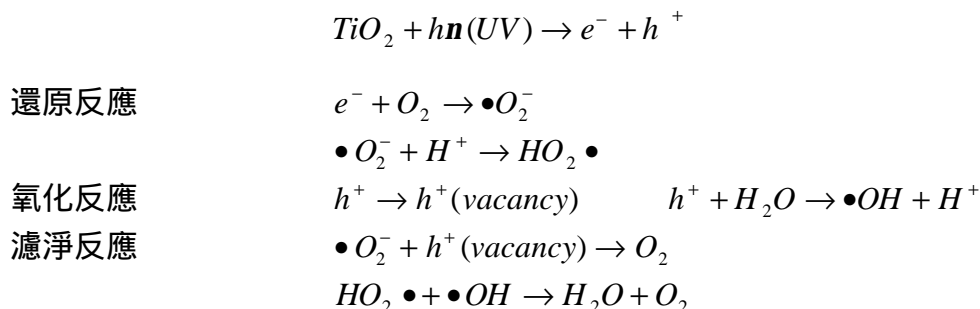
二、研究過程：

(一)、原理概述：

1. 光觸媒主要是利用觸媒材料照光的作用使反應的速率加快，以達到既定反應目標。對 TiO_2 光觸媒而言，由於其照射紫外光之後會產生極具氧化、還原力的自由基，極易將其周遭的有機污物(包括油漬、有機廢液氣及細菌)加以分解。此過程均稱為降解(degradation)。
2. 無論是什麼污物、有機廢料及細菌，最後經觸媒降解後均形成水或二氧化碳等產物。
3. TiO_2 為一光敏感催化劑(light-sensitive catalyzer)，它能利用紫外光的照射在其表面產生電子-電洞對(electron-hole pair)，再利用電子及電洞之與污染物質之間的氧化還原反應(得電子及失電子)產生的自由基而達到淨化污染物的效果(此即光催化作用)。由於紫外光催化作用使 TiO_2 表面產生的電子與空氣或水產生反應力極強的氫氧自由基(OH)當與污染廢水或廢氣接觸時使其活化變成較新的無害物質。同樣的， TiO_2 照光產生的電洞與空氣或水接觸可產生反應力極強的過氧自由基($\cdot\text{O}_2^-$)，當它接觸污染廢水、廢氣可使其活化氧化，並形成一種新的、乾淨的物質(圖二)。

上面所述， TiO_2 光觸媒在紫外光的照射下會在載體表面產生電子-電洞對(electron-hole pair)，其中產生的電子(e^-)會與載體周遭的不乾淨氧氣結合成過氧自由基($\cdot\text{O}_2^-$ ，還原反應)。而電洞(h^+ ，留存在 TiO_2 載體的表面空洞上)，它與不乾淨的水會因氧化反應而產生氫離子 H^+ 與氫氧自由基($\cdot\text{OH}$)，上述氫氧自由基及過氧自由基都是與周遭物質結合性很強的自由基，它們會與生活空間中的有機物質反應並將其分解，最後再次形成新鮮的氧氣、二氧化碳及水。

整個降解機制如下：



4. 根計 3.所述，當太陽光照射 TiO_2 凝膠薄膜時就能產生濾淨所須的電子-電洞對，但根據能隙理論(energy gap)， TiO_2 的能隙能量約為 3.0 e.v.，約是紫外光照射方能產生電子-電洞對，而自然狀況下的太陽光只含有 7 % 的紫外光，這對 TiO_2 凝膠薄膜的濾淨除污效率將是非常的低，所以提供一條簡易獲得電子-電洞對途徑的方式將是最重要的了。
5. 添加光敏染料來找尋 4.所述的這條捷徑目前最佳的選擇，基本理論上它可以在 TiO_2 的能隙間隔間形成一個暫穩態能階(meta-band，圖三)，使整能隙被分割成小於 3.0 e.v.的二個或多個細分能隙，如此只要用能量稍為低的太陽可見光部份，即可達到產生電子-電洞對的目的。
6. TiO_2 早已被用來作為淨化物質的主要材料(如加入口香糖、化妝品內)，早期利用 TiO_2 小顆粒懸浮液，使通過它的有機廢水、廢氣，經由 TiO_2 的活化(還原作用)使有機廢水轉變成另一種較乾淨的物質，而達到濾淨的效果。但 TiO_2 的照光表面積亦深深的影響著催化能力，而傳統的小顆粒懸浮液方式其接觸紫外光的面積小故其催化能力變得極低，整個濾淨效率變得極低，所以才有本實驗利用添加 TiO_2 酸性溶液凝膠薄膜法製作所謂具有大面積的 TiO_2 奈米 OK 繃，可做成各種極薄極薄的形狀貼布，以期加強它的催化能力。

(二)研究方法：

1、試找出適合製成凝膠薄膜：

- (1).將 CMC(羧甲基纖維素)、聚丙烯酸鈉以一定量加水研磨配製成凝膠狀。
- (2).以肉眼及低倍率放大鏡觀察凝膠表面狀況。
- (3).選取適當濃度的 TiO_2 光觸媒酸性溶液後與(1)項物質同時添加研磨攪拌製成凝膠。
- (4).比較各種凝膠狀況，其中以 CMC 凝膠最適於後續實驗。

2、以不同濃度之 TiO_2 酸性溶液，添加於所選定之 CMC 凝膠(圖四 B)：

- (1)5%酸性溶液添加於 CMC 溶液，再均勻攪拌成糊狀凝膠(以下稱 A 凝膠)。
- (2)15%酸性溶液添加於 CMC 溶液，再均勻攪拌成糊狀凝膠(以下稱 B 凝膠)。
- (3)30%酸性溶液添加於 CMC 溶液，再均勻攪拌成糊狀凝膠(以下稱 C 凝膠)。
- (4)探討因凝膠體添加不同濃度 TiO_2 酸性溶液，其表現在外的狀況(如透明度、顏色及黏滯情況)。

3、探討所完成 TiO_2 光觸媒酸性溶液凝膠薄膜對膠態有機物質(濃稠)的降解現象：

- (1)小刻度量尺片上，點上光阻液。
- (2)現以滾輪方式將凝膠薄膜平貼於軟性透明塑膠片上，務必做到凝膠薄膜平整細薄。
- (3)將 步驟(2 上).製作之 TiO_2 酸性凝膠薄膜塑膠片密貼於點有光阻液之小刻度量尺片上。
- (4). 由 3.(1)、(2)、(3)所完成之 TiO_2 酸性溶液凝膠薄膜塑膠片統稱為凝膠薄膜貼布(圖五)。

- 4、探討所完成 TiO_2 光觸媒酸性溶液凝膠薄膜貼布對二氧化碳廢氣之降解現象：
- 5、不同濃度之 TiO_2 酸性溶液所製作成的凝膠薄膜對濾淨效果之變化：
 - (1). 對油漬之濾淨(圖六)：
 - a.將貼布直接貼在滴附有光阻液之小刻度量尺片，並照射紫外光源。
 - b.詳細觀測並加以比較光阻液顏色濃淡及面積之變化。
 - (2). 對有色有機液體(亞甲藍、葉綠素 a)之濾淨：
 - a.將貼布直接貼在滴附有有色有機液體(亞甲藍、葉綠素 a)之小濾紙片上，並照射紫外光源。
 - b.詳細觀測並加以比較有色有機液體(亞甲藍、葉綠素 a)顏色及面積之變化。
 - (3). 對酸性有機液之濾淨：
 - a.泡製 30 ~ 50%的醋酸溶液。
 - b.將本實驗所研製成之貼布浸入醋酸溶液中，並照射紫外光源，觀察其 pH 值之變化(圖七)。
 - c.不同時間降解實驗後，將殘餘醋酸溶液組以 pH meter 量測其 pH 值與降解之關係。
 - (4). 對醇類有機液之濾淨：
 - a.泡製 30 ~ 50%的甲醇溶液。
 - b.設置一套改良型的蒸餾系統。
 - c.將本研究之貼布置入於甲醇溶液中，並照射紫外光源。
 - e.不同時間降解實驗後，將殘餘甲醇溶液組放入(4)3.的改良型蒸餾系統中(圖八)，量測其殘餘經降解後的甲醇溶液濃度與降解之關係。
- 6、在 TiO_2 酸性溶液所製作成的凝膠薄膜添加不同光敏染料：
 - (1)重覆 4. (1)、(2)、(5)之實驗。
 - (2)觀察光阻液之顏色濃淡、光阻面積變化。
 - (3)觀察亞甲藍顏色濃淡之變化。
 - (4)與未添加光敏染料之狀況做比較。
- 7、完成相關 TiO_2 酸性溶液凝膠薄膜製作，並規劃完成相關測試：
 - (1)表面狀態觀測：SEM 電子顯微鏡觀測 TiO_2 酸性溶液凝膠薄膜表面狀況
 - (2)成份分析：以 X-ray 繞射實驗探測凝膠薄膜之組成物質

三、研究設備及器材

(一)、研究設備

數位相機、顯微鏡、相機顯微鏡轉接頭、退火高溫爐、化學通風櫃、真空儲存箱、抽氣馬達、三用電錶、照度計、電源供應器、噴瓶、計時器、超音波震盪器、電子天平、微刻度尺平台、熱電偶、溫度控制器、溫度計錄器、變壓器、掃描式電子顯微鏡(SEM、借用)

(二)、研究材料

TiO₂粉體、TiO₂酸性溶液、導電玻璃、光敏物質(葉綠素-a、亞甲藍、甲基藍)、丙酮、甲醇、蒸餾水、石英片、無棉絮紙、無棉絮拭鏡紙、極細微濾網膜

肆、結論

一、研究結果

- (一)、適當的找尋載體物質實驗，其中以 CMC (羧甲基纖維素)的凝膠薄膜效果最好，相較於聚丙烯酸鈉及鐵氟龍膠體溶液，CMC 具有較好的透明性及添加有色光敏染料較易均勻混合且幾乎無氣泡存在凝膠中。
- (二)、各種濃度 TiO_2 酸性溶液(不同濃度：5%、15%、30%)均可大量地、均勻地加入 CMC 凝膠薄膜載體中，並可薄層的滾鋪在基板上。
- (三)、加入 TiO_2 酸性溶液的凝膠薄膜確有濾淨廢氣，廢液的功能(由各實驗結果可得知)。
- (四)、在濾淨過程中以有機低沸點溶劑的降解最快，另外濃稠狀的光阻液的降解在紫外光的照射下雖須花較長時降解，但效果亦屬不錯。
- (五)、有機酸類的濾淨亦以 pH meter 測試後得知效果極佳。
- (六)、配合低沸點溶劑的濾淨降解，再利用本實驗設計的改良型蒸餾系統測試結果得知；本實驗 TiO_2 酸性溶液的凝膠薄膜對有機溶劑亦有極高度的濾淨降解作用。
- (七)、由實驗得知，隨著加入 CMC 凝膠的 TiO_2 酸性溶液濃度越高，其具有最快的降解速率及較大的濾淨範圍。
- (八)、本實驗的 TiO_2 酸性溶液凝膠薄膜可大量地塗抹在薄塑膠片上，可順利完成本實驗的奈米 OK 濾淨貼布。
- (九)、在本實驗 TiO_2 酸性溶液凝膠薄膜中？雜光敏染料確實可以加快有機廢液、廢氣之降解，尤其高度濃稠的油酯及光阻液；可由廢液、廢氣之顏色、pH 值變化、濃度及濃稠度變化中看出。
- (十)、探討本實驗所使用的光敏染料(包括：亞甲藍、甲基藍及葉綠素-a)，由製作成太陽電池從事光電實驗及由有機廢液、光阻液之降解得知，光敏染料之效率排行：亞甲藍>葉綠素-a>甲基藍。
- (十一)、以上第十點主要論述，主要是效率高的光敏染料具有較多的雙懸鍵(dangling bond)、空位鍵(vacancy bond)及多氫鍵(multi-hydrogen bond)的結構。
- (十二)、由以上一連串實驗結果可知，凝膠型 TiO_2 濾淨薄膜確實可扮演取代傳統型的 TiO_2 濾淨系統。
- (十三)、經由 SEM 電子顯微鏡觀測得知，在凝膠薄膜中 TiO_2 粒子分布極為均勻(圖九)。
- (十四)、經由 X-ray 繞射測試得知凝膠薄膜主成份仍是 TiO_2 (圖十)。

二、研究結論

- 一、CMC()當載體物質，可以容納多量的 TiO_2 酸性溶液製成凝膠薄膜貼布。
- 二、本實驗所自製的 TiO_2 酸性溶液凝膠薄膜貼布(又稱 OK 繃)，可以照射紫外光降解油污(濃稠光阻液)、有機廢液(亞甲藍)、酸液(硫酸溶液)。
- 三、藉由二氧化碳含量的變化、有機廢液顏色的變化、酸液 pH 值的變化及光阻液濃稠度的變化，皆可以驗證出自製 TiO_2 酸性溶液凝膠薄膜貼布的濾淨效果。
- 四、藉由光敏染料的加入，可使我們 OK 繃的照光使用波段由紫外光調至可見光，可以加大使用範圍及提高降解效率。
- 五、根據所使用的光敏染料結構式參考，找出加入光敏染料調制照光波段的理論機制。根據本實驗初步結論；主要是因為雙懸鍵、氫鍵及空位鍵的存在。
- 五、將 TiO_2 酸性溶液製成凝膠薄膜，它的降解效率及後續處理方式都優於 TiO_2 懸浮液及平板 TiO_2 薄膜的濾淨。

伍、討論及應用

- (一)、在尋找凝膠薄膜的過程中，本實驗的要求為；(1)透明(2)無氣泡產生(3)易使加入物被均勻攪拌(4)可容納加入物質的量值越大越佳(5)載體凝膠不會與加入物反應。而 CMC 即為此種載體。
- (二)、 TiO_2 酸性溶液可大量地(2c.c / 10c.c.)加入 CMC 凝膠中，並扮演極佳的電解質角色。
- (三)、本實驗製作完成的 TiO_2 酸性溶液凝膠薄膜貼布，其內如果所加的 TiO_2 酸性溶液濃度越高，則無論是油漬、有機溶劑、有機光阻液甚或鹽酸氣，其降解速率將越高。
- (四)、研究方法 5.(1).的測試趨勢可分別由油漬(光阻液)顏色變淡看出(圖十一 A)，而未加入 TiO_2 酸性溶液之 CMC 凝膠薄膜貼布並不使光阻液變淡(圖十一 B)。
- (五)、研究方法 5.(2).中亞甲藍液也經由 TiO_2 酸性溶液凝膠薄膜的降解下顏色迅速變淡(圖十二)。
- (六)、研究方法 5.(3).(4).有機溶劑在水溶液中的重量百分濃度降低或是 pH 值變大得知實驗趨勢。
 1. 甲醇溶液在 TiO_2 酸性溶液凝膠薄膜照射紫外光降解之下濃度減低(表一)。
 2. 酸性廢液、廢氣在 TiO_2 酸性溶液凝膠薄膜照射紫外光降解之下酸性濃度降低(pH 值增加，表二)。
- (七)、 TiO_2 酸性溶液凝膠薄膜可在區域局部空間中將有機廢液降解分解成二氧化碳與水，在降解過程中由二氧化碳檢知器的偵測得知二氧化碳濃度有變大的趨勢(局部空間，表三)，所以紫外光的照射下可使凝膠薄膜將有機物體分解成二氧化碳與水。
- (八)、在 TiO_2 酸性溶液凝膠薄膜中添加光敏染料(亞甲藍)可使油漬的降解速率加快(圖十三 A、B)。如光敏染料改加葉綠素-a，則油漬速率亦快(圖十四 A、B)。
- (九)、本實驗所用的光敏染料物質其中亞甲藍、葉綠素-a 都具有比甲基藍較多的雙懸鍵(圖十五 A)、氫鍵(圖十五 B)及空位鍵(圖十五 C)，所以光敏效率以亞甲藍最佳，而以甲基藍最差。所以在 TiO_2 酸性溶液凝膠薄膜中添加亞甲藍對油漬的降解速率較快於加葉綠素-a 對油漬的降解速率。
- (十)、本研究所有濾淨實驗結果直指 TiO_2 凝膠薄膜內部光觸媒在照射紫外光下都能發揮強氧化還原物質的作用，並產生強力的過氧自由基及氫氧自由基，這些都是光觸媒作用不可或缺的。
- (十一)、有關使用所謂的色素增感實驗添加光敏染料所造成的濾淨效果有所增進，主要仍為本研究強調的有關光敏染料具有較多的雙懸鍵(dangling bond)、空位鍵(vacancy bond)及多氫鍵(multi-hydrogen bond)的結構，意即具有較高自由度的電子躍遷自由度，如此即造成較高效率的濾淨效果，包含酸性廢液的 pH 值變化、有機廢液相對含量(濃度)變化均可判斷出色素增感實驗(光敏染料添加)之效果(表四 A、B、C、D、E)。
- (十二)、根據(十一)所述的，色素增感實驗所添加光敏染料發揮了部分效益，但仍未達本實驗最初所預測的程度，推測原因可能是所添加光敏染料本身亦因 TiO_2 凝膠薄膜的降解使光敏染料含量大減，致使濾淨效果大減。
- (十)、利用 CMC 為載體物質的酸性溶液凝膠薄膜製成貼布(OK 繃)型式(表五)，在操造濾淨過程中由於 CMC 無化學反應產生，則整個過程中並不發生溫度的大幅變化(表六)。
- (十一)、由於本研究凝膠 OK 繃強調易於在各種環境及條件下從事濾淨實驗，所以在應用上可考慮的方向如下：
 - a. 濾淨水沉澱池或是無苔蘚養魚池(缸)(圖十七)之設計：

利用本研究之 TiO_2 凝膠薄膜以高溫退火的方式鍍在多孔性陶瓷小管內部及周遭，形成濾淨小磁管，置放於自來水設施之沉澱池，可加速自來水系統之供水濾淨工作。另外寵物魚缸內部的造景，可加入具有高溫塗布 TiO_2 凝膠薄膜的濾淨小磁管(圖十六)，

藉由奈米光觸媒反應，使魚缸苔蘚的產生達到最低。這是奈米 TiO_2 凝膠薄膜應用最值得推薦之處。

b. 奈米攔油鏈(圖十八)之設計：

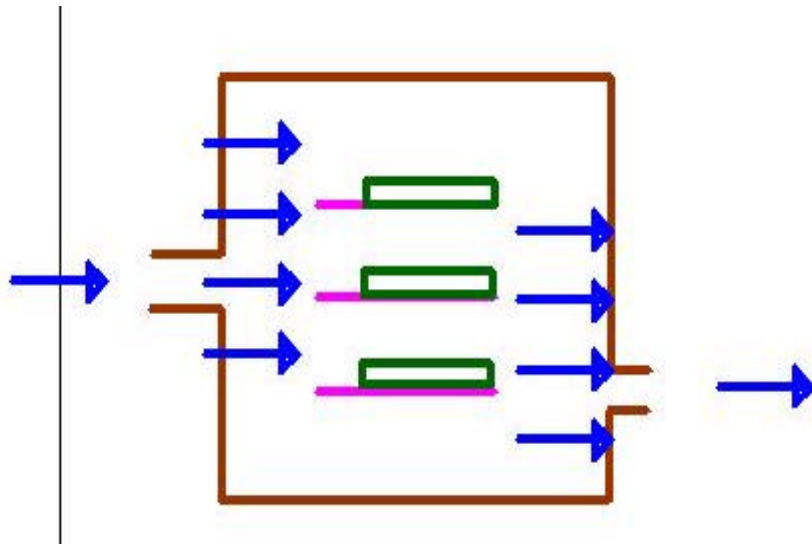
將 TiO_2 凝膠薄膜塗布在空心小球珠(圖十九)內部，外部再覆以半透膜而形成濾淨小球，可設計組裝成海水上攔油繩。在水上攔油污等待除去油污空檔，可經由球珠內部的 TiO_2 凝膠薄膜先行將油污降解，降低油污的污染程度。

(十二)、本研究完成之奈米 TiO_2 凝膠薄膜 OK 貼布(圖二十 A、B)可在短時間內將有色有機廢液分解，將濃稠油分解淡化，將酸性廢液分解。將是極具發展的光觸媒研究。

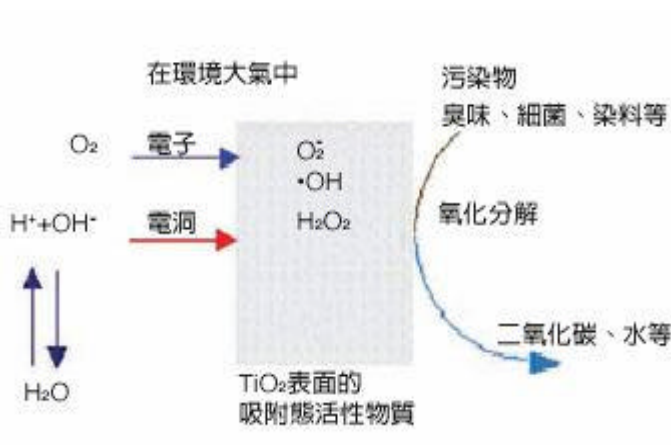
陸、參考資料

- 一、呂宗昕 奈米科技與光觸媒 初版 台北市 商周出版 128-144 178-192 2003
- 二、室井宗一 紙塗布技術 初版 台北縣 高立圖書 25-30 65-70 2001
- 三、莊萬發 超微粒子理論應用 二版 台南市 復漢出版社 81-95 1998
- 四、馬遠榮 奈米科技 初版 台北市 商周出版 54-55 154-156 2002
- 五、許溢适 新電池技術介紹 二版 板橋市 文笙書局 184-190 2000
- 六、Duncan J shaw 膠體及介面化入門 二版 台北縣 高立圖書 7-12 2001
- 七、 Dong hyun Environ.Sci.Technol. 28 479-483 1994
- 八、 Tin Zhang, Environ.Sci.Technol 28 435-442 1994
- 九、 Nerine J. J.phys.chem..B 101 9342-9351 1997
- 十、 N.B.Jackson J.Electrochem.Soc. 138(12), 3660 1991
- 十一、 Ralph W.Matthew Solar Energy 38(6) 405-413 1987
- 十二、 Carl Anderson J.phys.chem.. 99 9882-9885 1995
- 十三、 J.Sabate. J.of Catalysis 127 167-177 1991
- 十四、 Mikio Miyake Bulle.of the chemical.Soc.of Japan 50(6) 1492-1496 1997
- 十五、 趙文寬 化學進展學報 第 4 期, No4. p1-13 1998
- 十六、 霍愛群 化學學報 第 11 期, p1-3 1998
- 十七、 袁鋒 物理化學學報 11(6) 526-531 1995
- 十八、 BIOCHEMICAL SOLAR CELLS

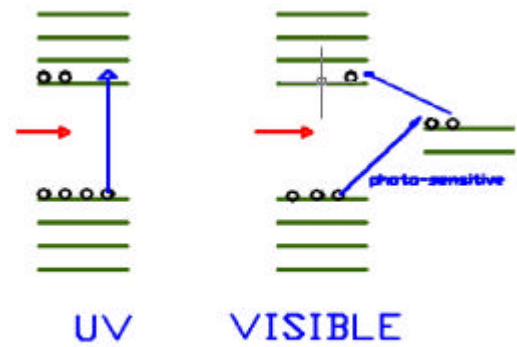
<http://www.chm.bris.ac.uk/motm/solarcells/biochemicalsolarcells.htm>



圖一 早期奈米懸浮液式濾淨系統



圖二 TiO 奈米凝膠濾淨機制示意圖



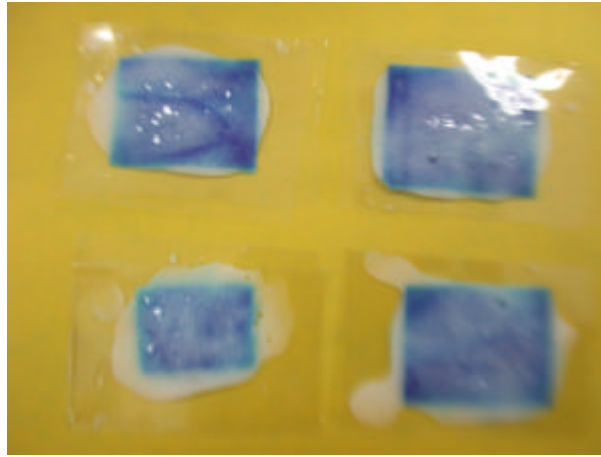
圖三 TiO₂ 能隙圖(右：添加光敏染料)



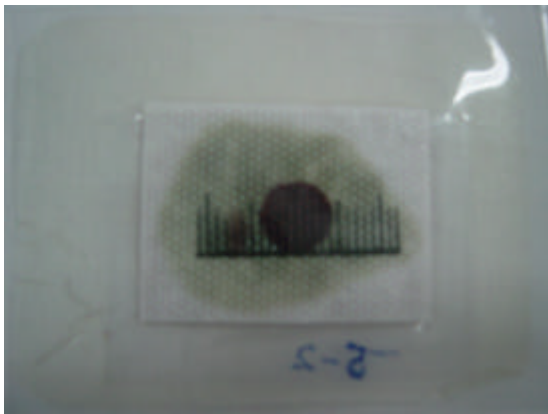
圖四 A 添加亞甲藍之 TiO 酸性溶液凝膠
載體物質 CMC



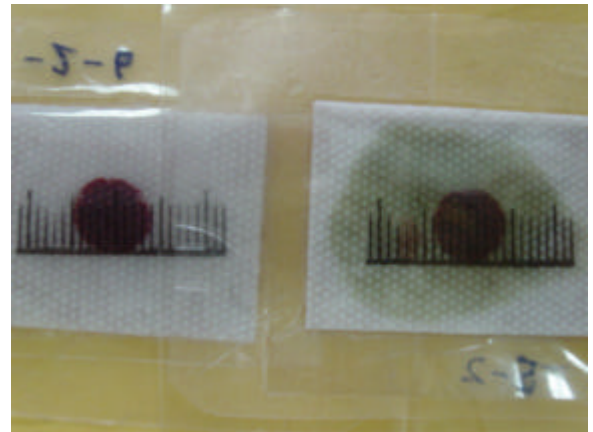
圖四 B TiO 酸性溶液凝膠
載體物質 CMC



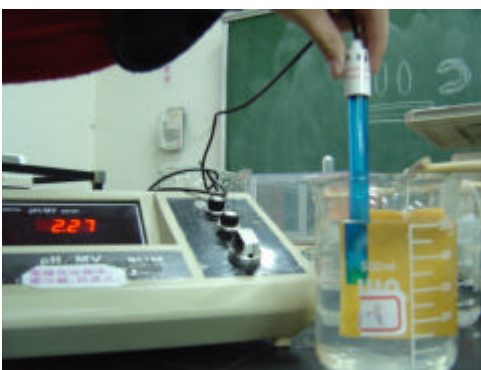
圖四 C 添加亞甲藍之 TiO_2 酸性溶液凝膠薄膜



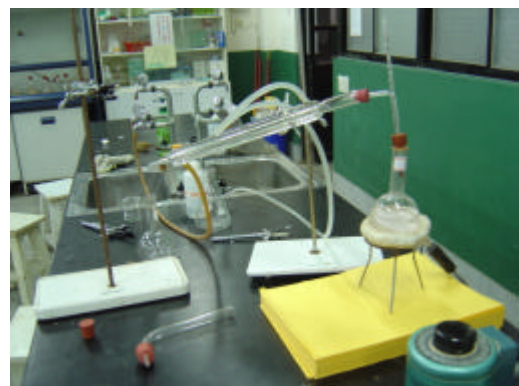
圖五 小刻度量尺凝膠貼布(添加葉綠素-a)
將 TiO_2 酸性凝膠塗抹在小刻度量尺上觀察所
降解光阻液的外形及顏色變化



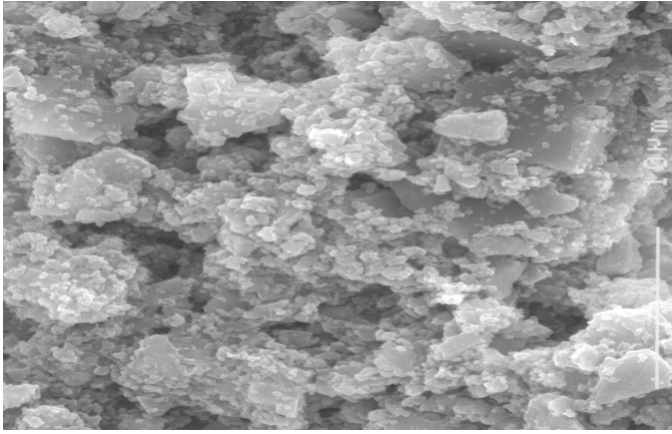
圖六 利用小刻度量尺凝膠貼布從事油漬之濾淨
左：未添加光敏物質
右：添加葉綠素-a



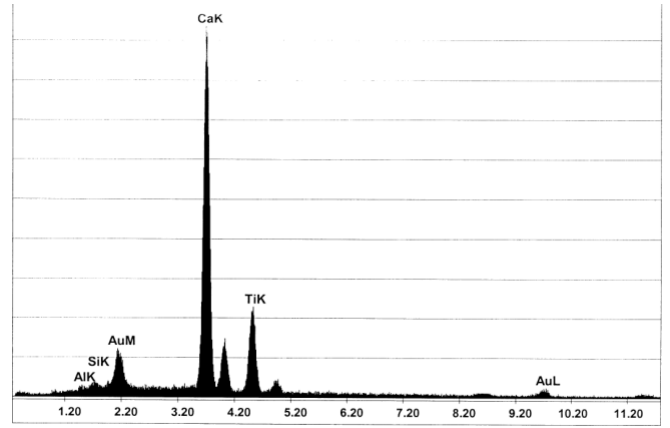
圖七本實驗採用 pH meter 量測降解過後之有機酸酸鹼值變化



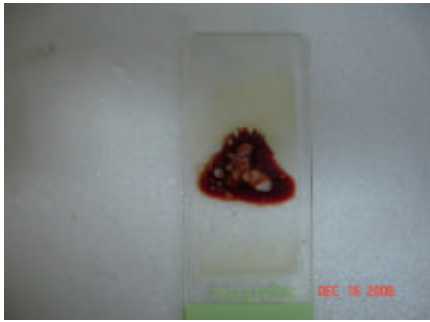
圖八本研究所使用的改良型蒸餾系統可精確
從事廢液相對比例量測



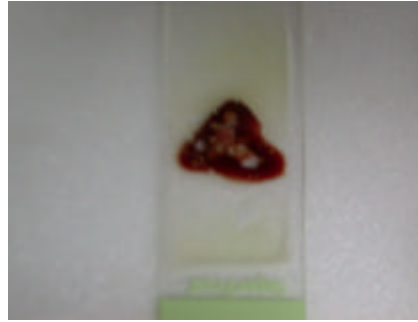
圖九 利用掃描式電子顯微鏡(SEM)可掃描出 TiO₂ 凝膠薄膜表面狀況



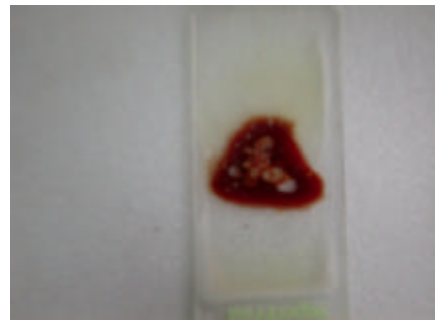
圖十 利用 X-ray 繞射儀可驗證凝膠薄膜成分



照射紫外光 1 天後

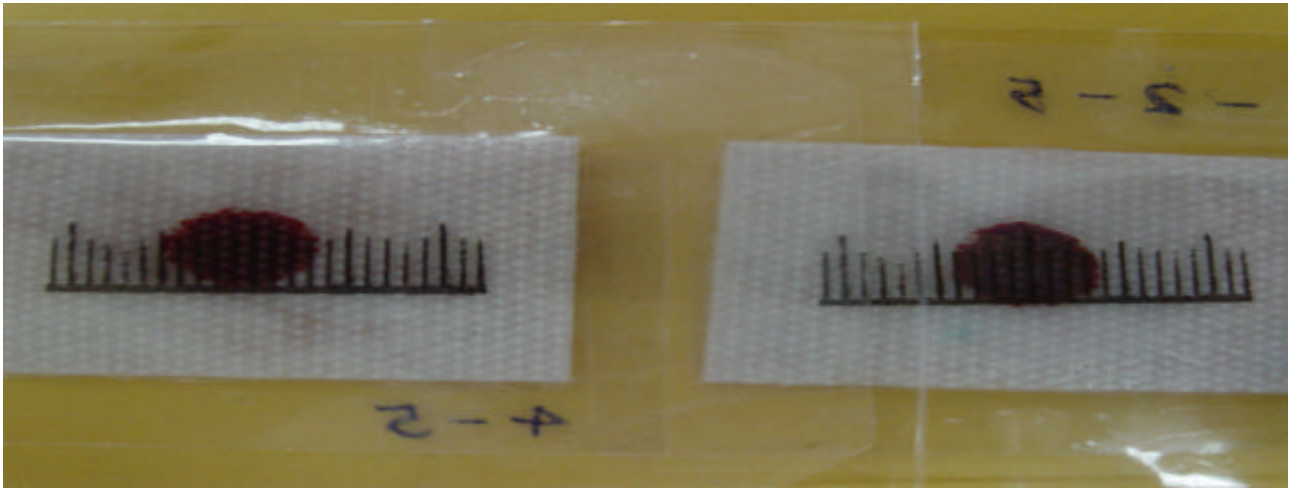


照射紫外光 3 天後

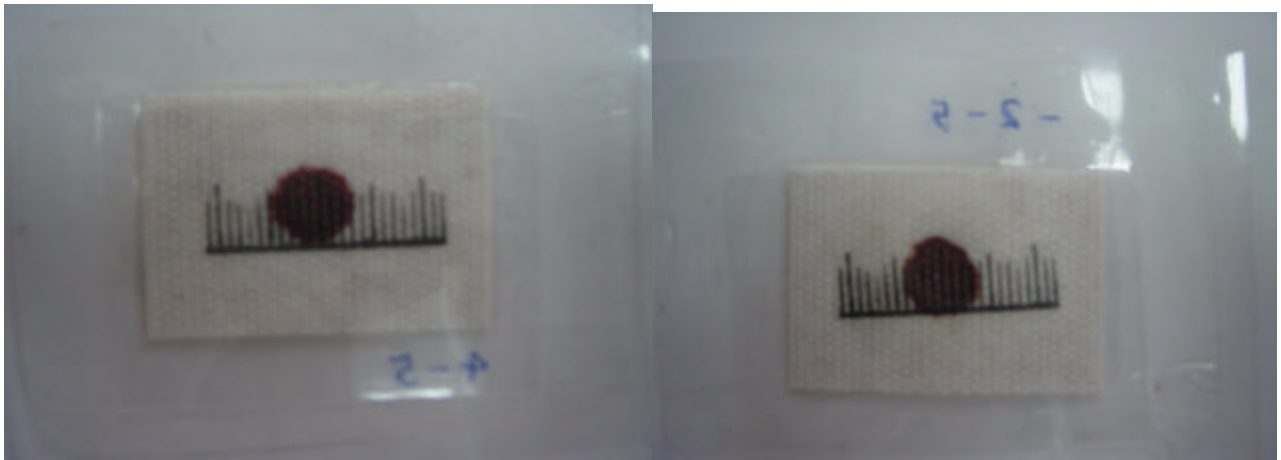


照射紫外光 5 天後

圖十一 A 利用 TiO₂ 酸性溶液凝膠薄膜照射紫外光，光阻液油漬變淡



照射紫外光 1 天後



照射紫外光 3 天後

圖十一 B 利用 CMC 凝膠薄膜(未加入 TiO_2)照射紫外光，光阻液並未明顯變淡



圖十二 A 未照射紫外光降解

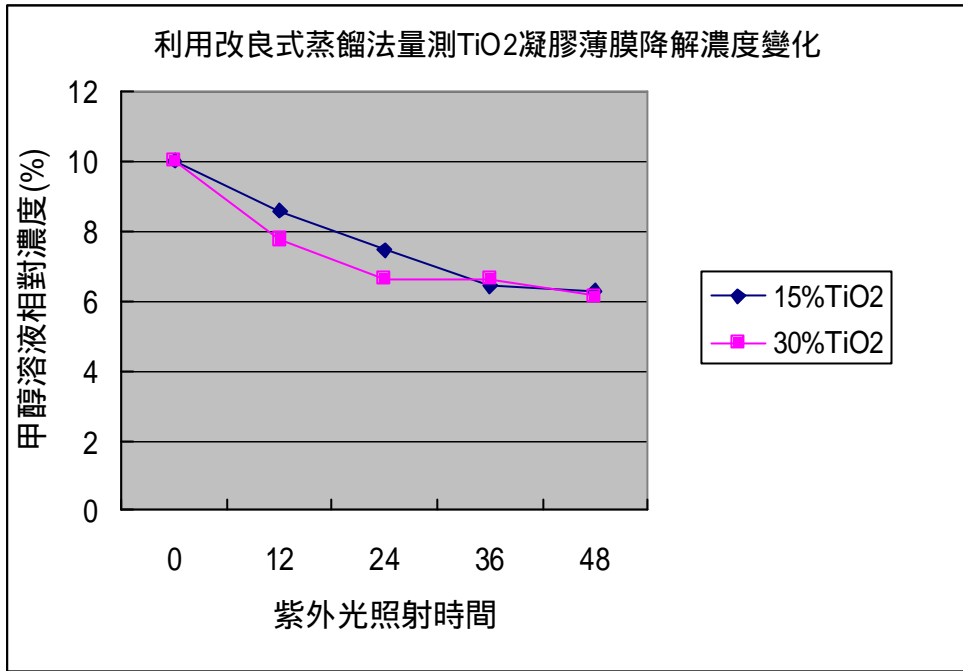


圖十二 B 經 2 天

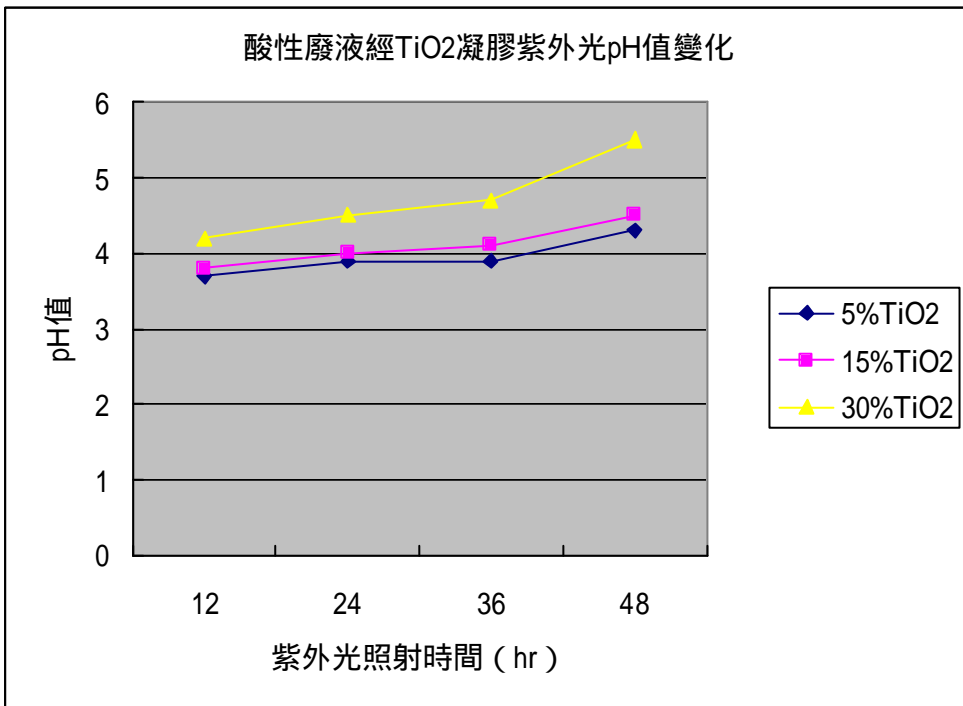


圖十二 C 經 3 天

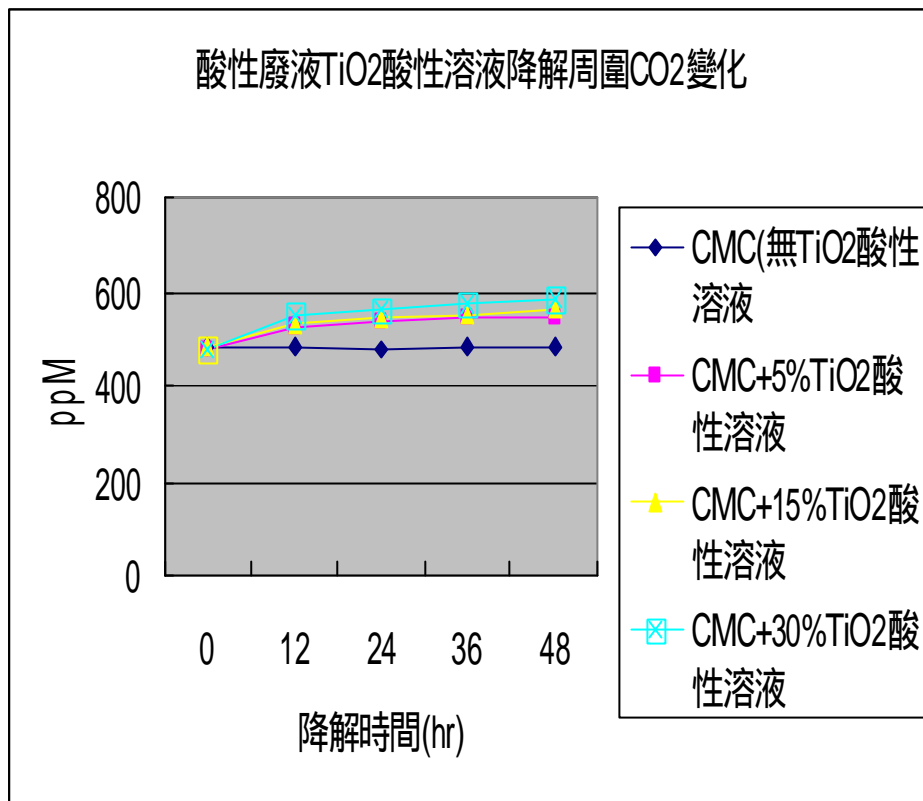
圖十二 B、C 亞甲藍液經 TiO_2 凝膠薄膜照射紫外光降解下顏色迅速變淡



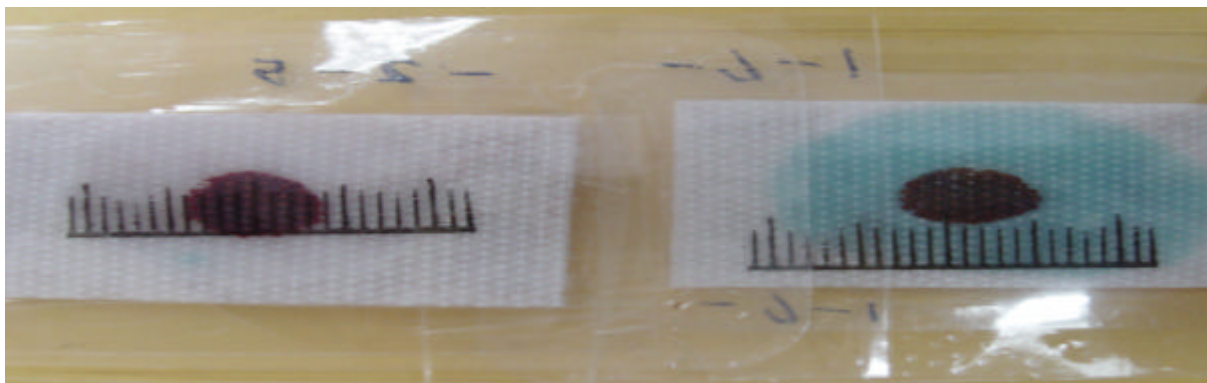
表一



表二



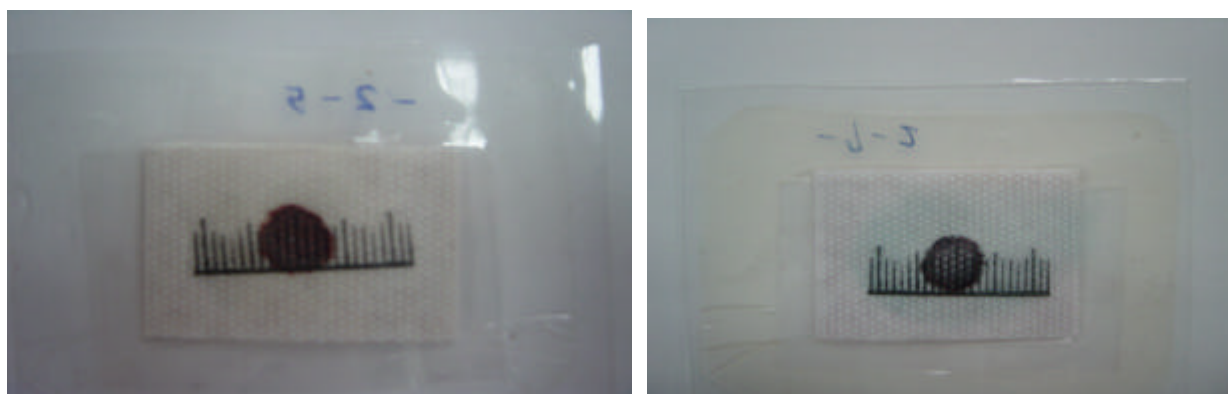
表三



圖十三 A 未加光敏染料

加入亞甲藍光敏染料

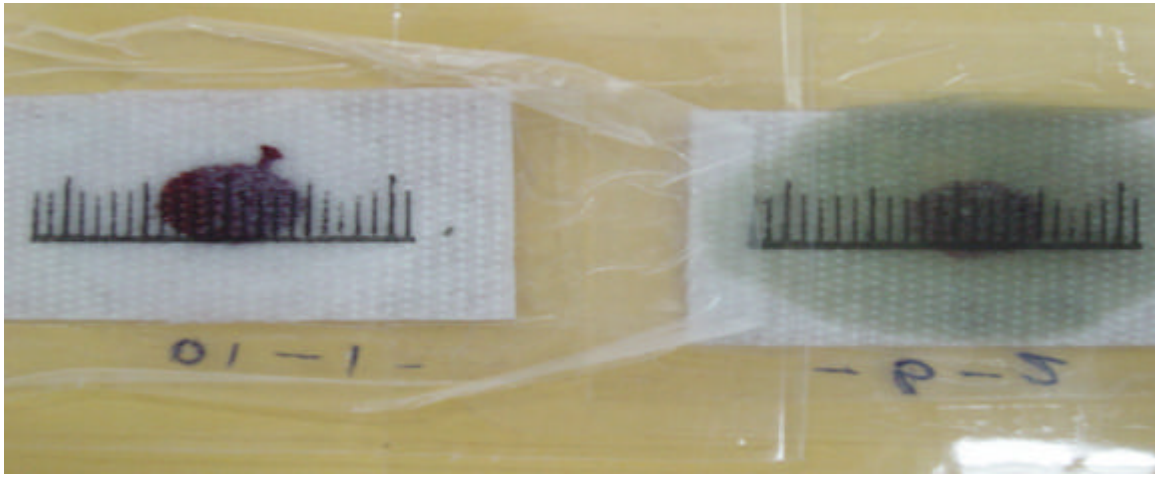
(照紫外光 1 天後)



圖十三 B 未加光敏染料

加入亞甲藍光敏染料

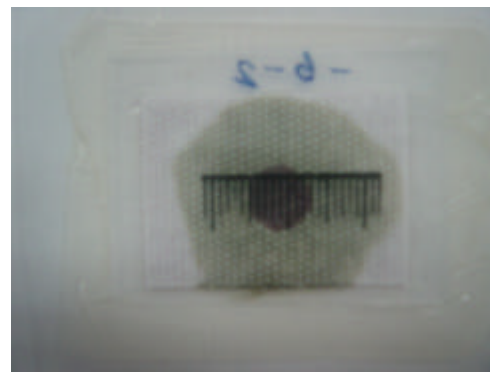
(照紫外光 3 天後)



圖十四 A 未加光敏染料

加入葉綠素-a 光敏染料

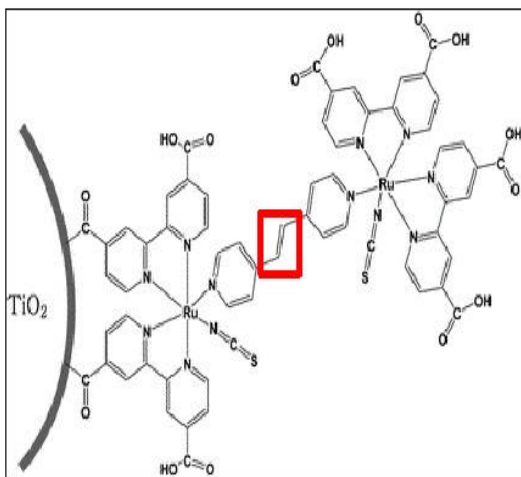
(照紫外光 1 天後)



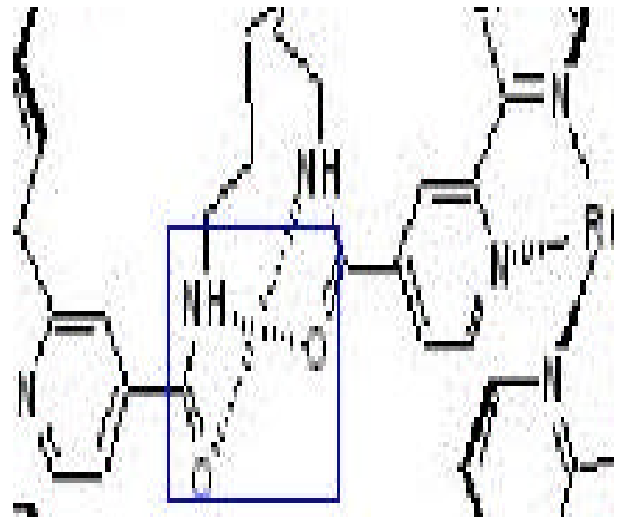
圖十四 B 未加光敏染料

加入葉綠素-a 光敏染料

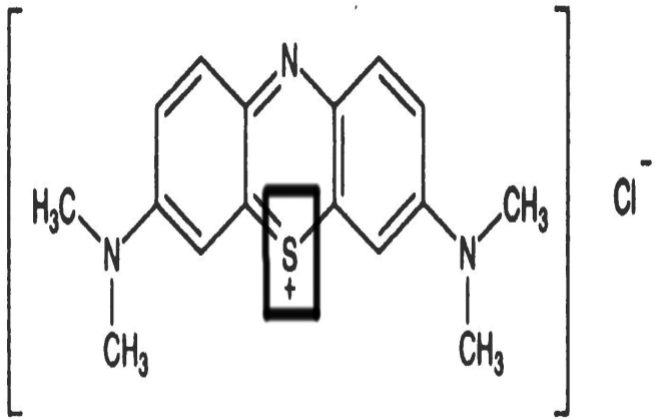
(照紫外光 3 天後)



圖十五 A

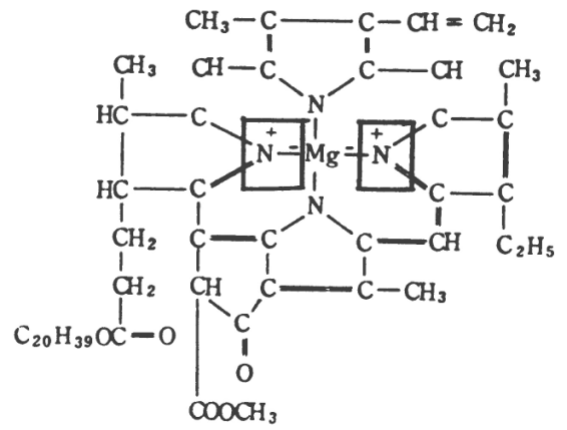


圖十五 B

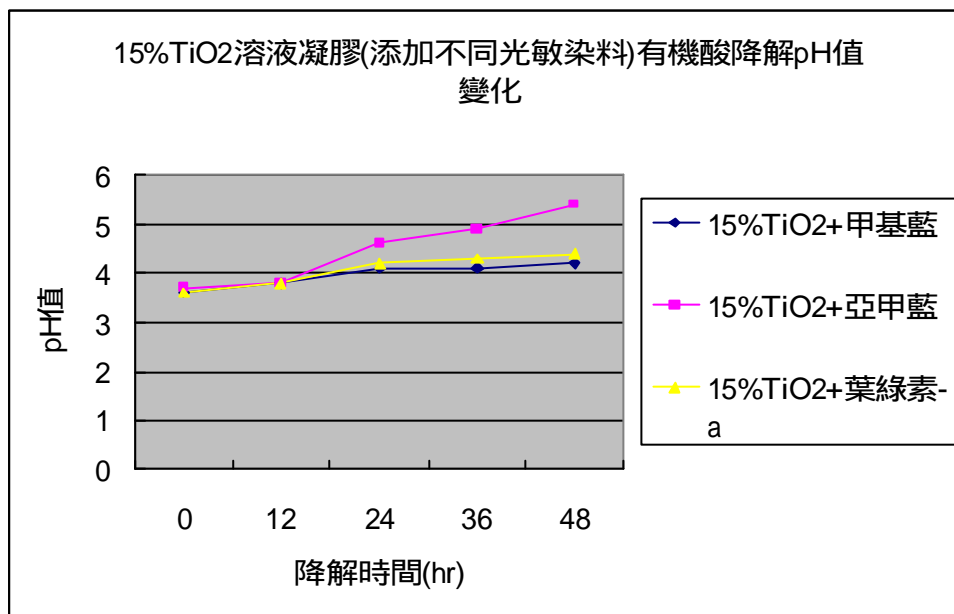


圖十五 C

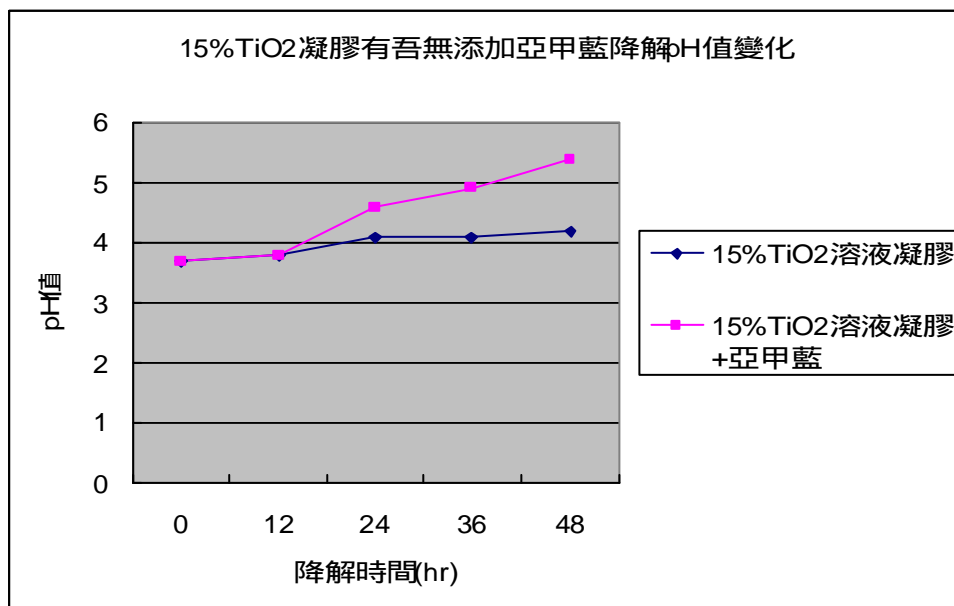
葉綠素 a : $\text{C}_{55}\text{H}_{72}\text{MgN}_4\text{O}_5$



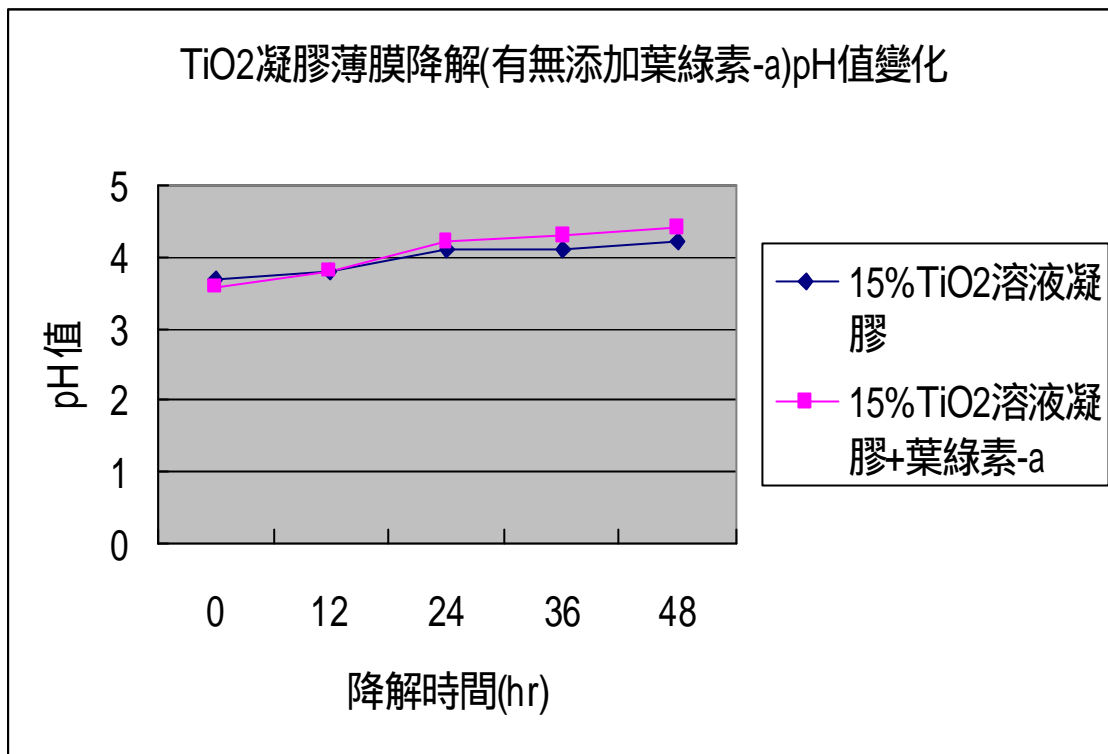
圖十五 C



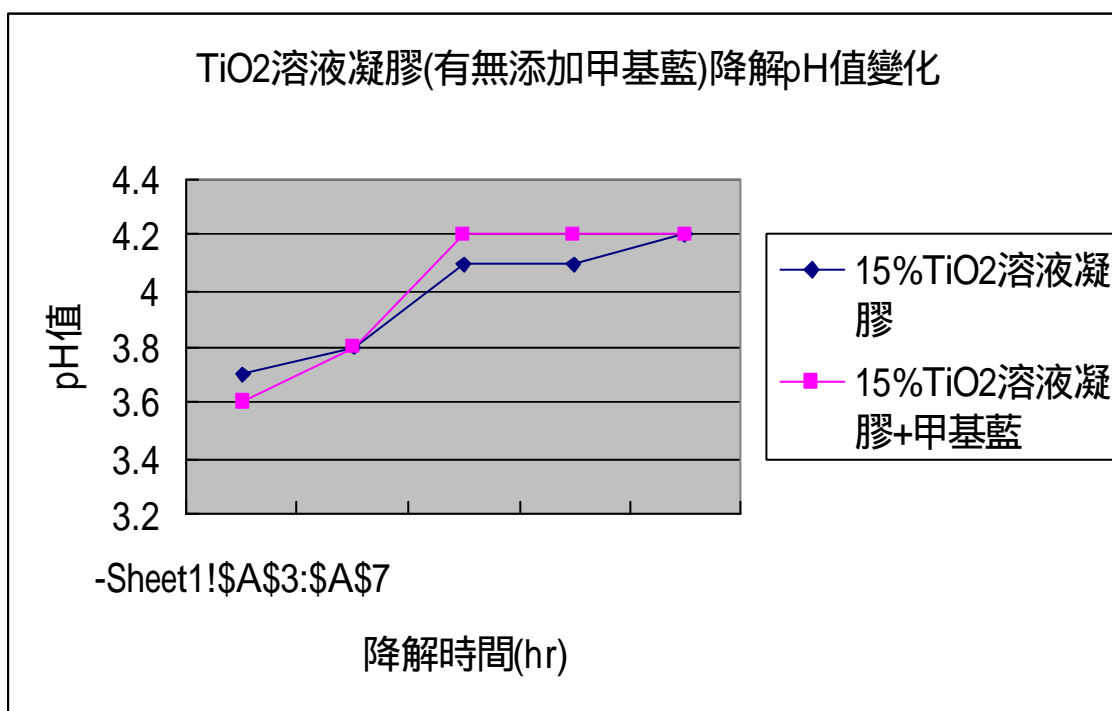
表四 A



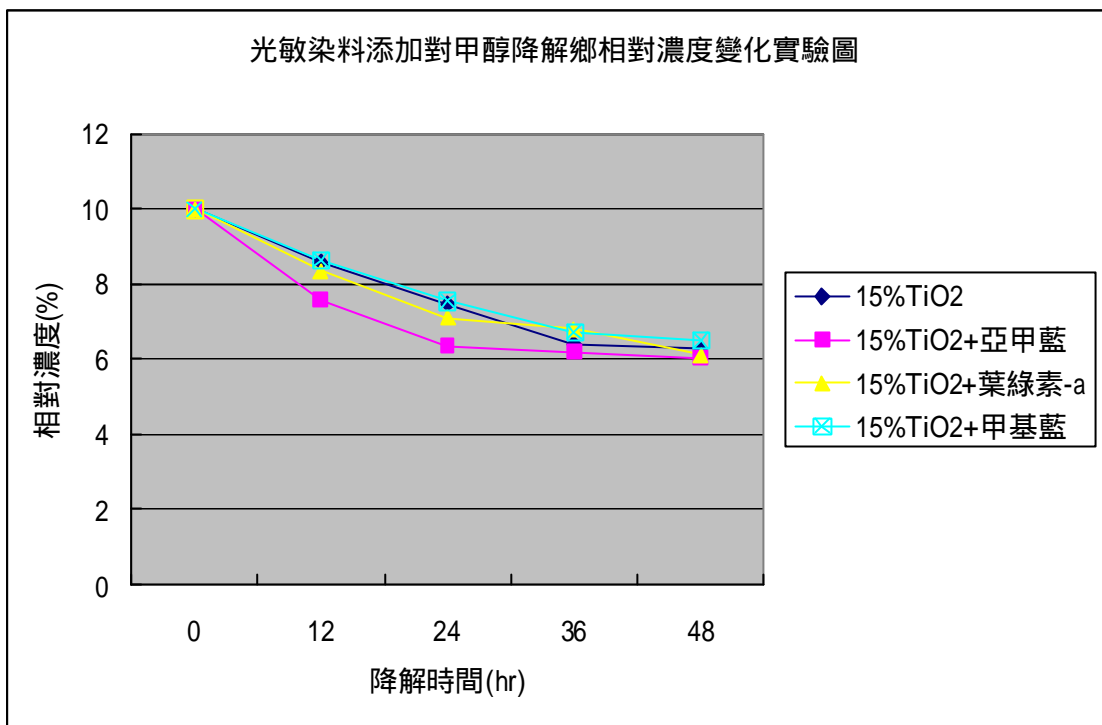
表四 B



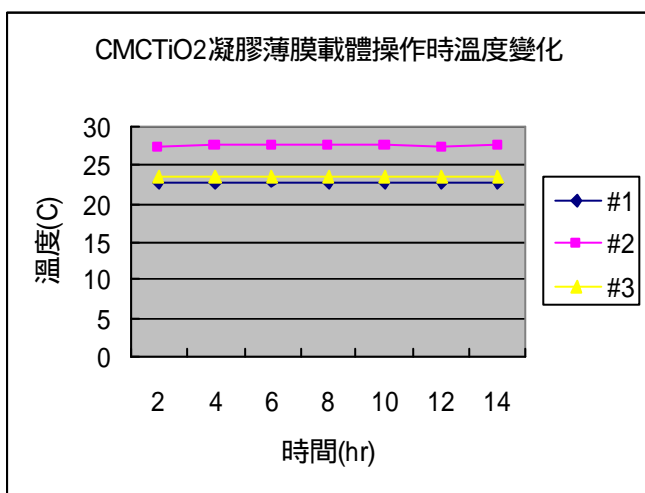
表四 C



表四 D



表四 E



表六 TiO₂ 酸性溶液凝膠薄膜濾淨溫度變化狀況



濾淨小磁管

圖十六

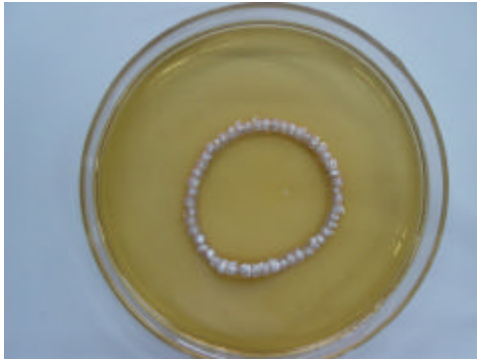
凝膠材料	外觀	安全性	操作度
CMC 羧甲基纖維素	白色粉末	無毒 折射率 n=1.35	易操作 凝膠透明均勻
聚丙烯酸鈉	白色粉末	無毒 折射率 n=1.27	凝膠混合過程 產生氣泡
保羅龍膠(醋酸纖維素)	透明膠狀	無毒 折射率 n=1.27	凝膠混合過程 乾涸太快 不易操作

表五

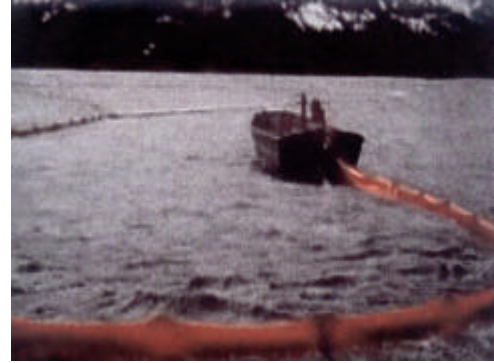


無苔蘚奈米造景魚缸

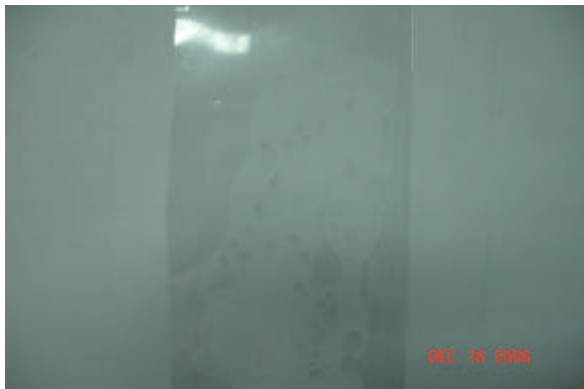
圖 十七



內部塗布 TiO_2 凝膠薄膜之濾淨小球
圖十九



水上奈米攔油繩
圖十八



圖二十 A TiO_2 凝膠薄膜



圖二十 B TiO_2 凝膠薄膜 OK 繃