

中華民國第四十六屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

高中組 生活與應用科學科

最佳團隊合作獎

040803

一閃即逝-太陽能奈米光觸媒殺菌機

學校名稱：基隆市私立二信高級中學

作者： 高二 蔡宗甫 高二 賴翰霖 高二 劉宇恩 高二 鄭閔文	指導老師： 張立仁
---	--------------

關鍵詞：奈米光觸媒、太陽能、殺菌

# 太陽能奈米光觸媒殺菌機

## 壹、摘要：

殺菌機在最近幾年來是相當熱門的產品，其中光觸媒的殺菌方法在使用過後不會造成污染，比起其他高溫殺菌方式，使用範圍則更加廣泛。近年來，能源日漸不足，而太陽能則是取之不盡用之不竭的能量來源，所以我們便結合太陽能與光觸媒，以達到節約能源與高效能殺菌之目的。

## 貳、研究動機：

每次到了冬天，拿起塵封已久在衣櫥中放了半年的毛衣，一陣陣霉味撲鼻而來，不自覺得打了好幾下的噴嚏，生活在現代社會裡，日常生活中時時刻刻都會接觸到病媒的侵害，尤其是幾年前的 SARS 以及近期的禽流感，都讓人敬而遠之，所以這種高效能的殺菌機便是符合現代人的需求而生的。因此我們結合了新穎的奈米光觸媒  $TiO_2$  與奈米銀做為我們殺菌的材料，更有鑑於能源議題不斷的延燒，站在環保以及節約能源的立場，我們更結合了太陽能來構築出跨時代的光觸媒殺菌機。期望藉由本殺菌機解決日常生活中常見的細菌問題。

## 參、研究目的：

- 1.製作高效率的太陽能光觸媒殺菌機。
- 2.以太陽能結合簡易電路設計再搭配二次電池重複充電放電的殺菌機。
- 3.探討各種光觸媒對於各種常見細菌的殺菌效率。
- 4.探討不同尺寸的  $TiO_2$  對殺菌效率的影響。
- 5.探討以不同功率紫外燈管照射下奈米光觸媒對各種細菌所造成殺菌效率的探討。
- 6.製作人性化及易普及的殺菌機。

## 肆、研究設備及器材：

### 一、箱子器具

編號	項目	編號	項目	編號	項目
1	瓶口鉗	13	鉛酸電池(12v/1.2A/hr)X2	25	螺絲
2	尖嘴鉗	14	電鑽	26	橡膠腳墊
3	電線	15	塑膠束條	27	電線整理帶
4	銲槍(錫)	16	太陽能板(14.5v,0.25A/hr)	28	魔鬼氈
5	壓著式閉端端子	17	二極體	29	熱縮套管
6	鑽頭	18	開關 x6	30	紫外線燈管 (8W,6W,4W) (254 波長,352 波長)
7	電腦散熱風扇 x2	19	伏特計、安培計		
8	抗 UV 貼紙	20	珍珠隔板		
9	指示燈(110v/12v)	21	磁鐵	31	AC→DC 穩壓變壓器 (500mA)X2
10	燈具(8 座,6W,4W)	22	附插頭電源線		
11	壓克力箱	23	十字起子	32	DC→AC 電源轉換器 (150W)
12	相框支架	24	瓶口起子		

## 二、培養器具

編號	項目	編號	項目
1	微量注射針 (200 $\mu\ell$ , 1000 $\mu\ell$ )	9	酒精燈
2	塑膠培養皿 1500 個	10	酒精(95%, 75%)
3	$TiO_2$ 光觸媒(mm, nm)	11	試管
4	奈米銀光觸媒	12	平撲勺
5	大腸桿菌	13	恆溫箱
6	金黃葡萄球菌	14	勾菌環
7	沙門氏桿菌	15	去離子水
8	量筒	16	燒杯

## 伍、研究過程與方法：

### 一、儀器設計理念：

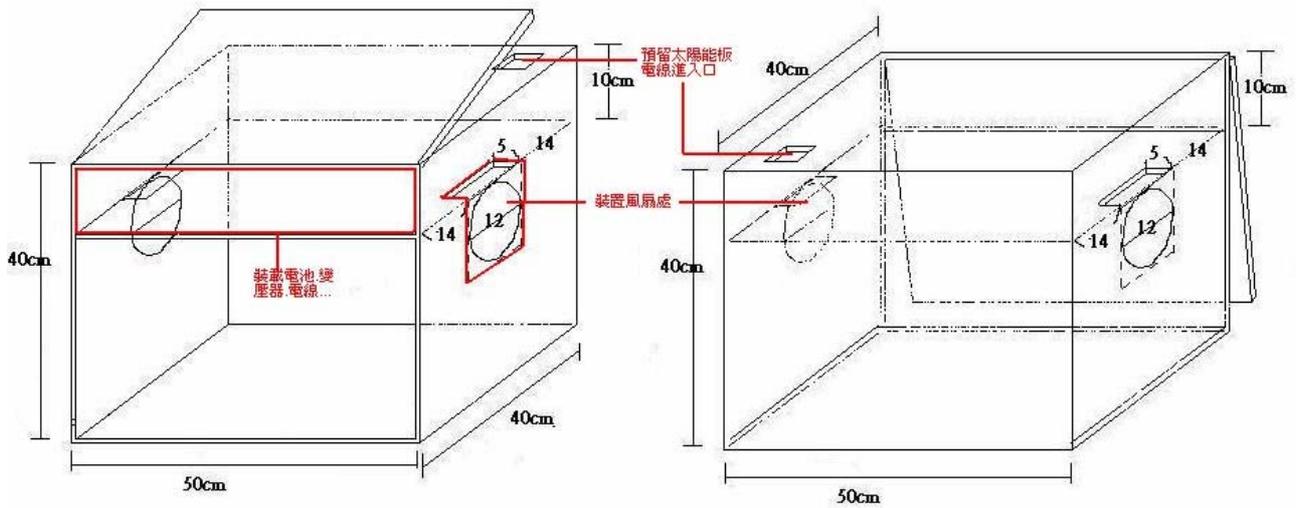
- (一) 以設計能成爲日常生活用品爲出發點，設計一台方便操作且功能強大的殺菌機。
- (二) 太陽能爲能量的供應來源，不僅因應近年來的能源問題，而且如果保存得當將能重複不斷使用約 20 年，最重要的是使用完不會造成環境污染問題，是種取之不盡用之不竭的乾淨能源。
- (三) 天氣並非天天放晴，尤其是基隆更是個標準型雨港，這種環境太陽能使用範圍受到相當程度的壓縮，所以我們便想用機車上的鉛蓄電池作爲電能來源，並且有開關控制其放電，使我們的殺菌機更有實用性。
- (四) 奈米光觸媒殺菌比其他高溫殺菌使用範圍更加廣泛，產生的自由基能不斷和細菌結合即使不怕高溫的菌種亦是它殺菌的範圍內，而且因爲  $TiO_2$  對人體無害且殺菌完也不會產生污染，也是種相當實用且因應現代趨勢的殺菌方法。
- (五) 殺菌機的大小我們將其定爲 長 50 寬 40 高 40 (cm) (如圖一) 這種大小將能放入多種大小的東西進去殺菌，箱子材質則以輕、堅固、經濟實惠爲出發點製作。

### 二、儀器設計：

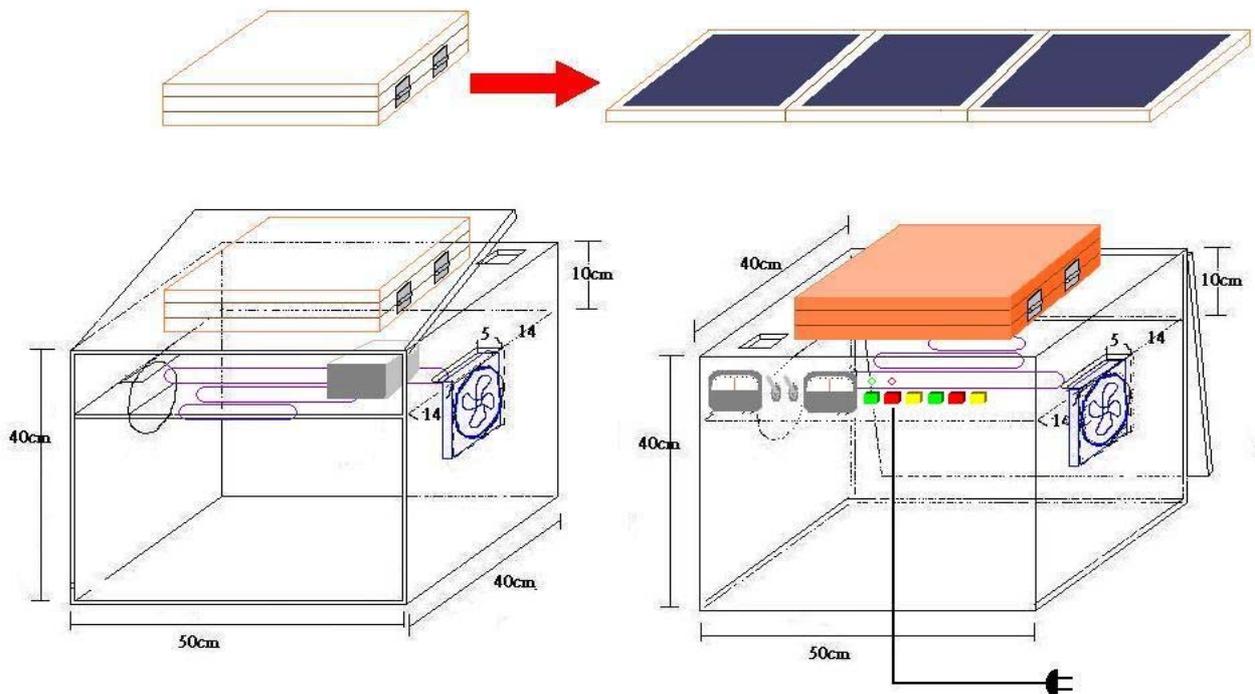
- (一) 製作移動式雙層 3 片(如圖二)太陽能板做爲上方太陽能的吸收器，這種設計將能把收藏空間壓縮，需要吸收太陽能時將其展開則又能以大面積的太陽能板增加吸收、充電的速度。
- (二) 殺菌箱採取四方型設計空間大，並能放置多種形狀之物體；由下往上開的門，並且將紫外燈管安裝於箱子的正中間 (如圖二)往四周照射，不但能均勻的照射到每個角落且更能防止紫外光從風扇空隙照射到外面所造成的傷害，機器後方有手動式開關；殺菌機的兩側加裝風扇，當噴入  $TiO_2$  開啓機器及兩個風扇(一個吸氣、一個排氣)時即有空氣清境、除臭的效果，對於對空氣中灰塵細菌過敏的人，除了口罩之外又何不是多了一樣應急的措施。
- (三) 紫外光照射  $TiO_2$  產生自由基來殺菌，但是紫外光能量強，殺菌箱被長期照射下來溫度和紫外光發散出來都是相當重要的問題，所以我們選擇在殺菌箱內層貼 3M 隔

熱紙，不僅隔熱又能抵擋紫外光。

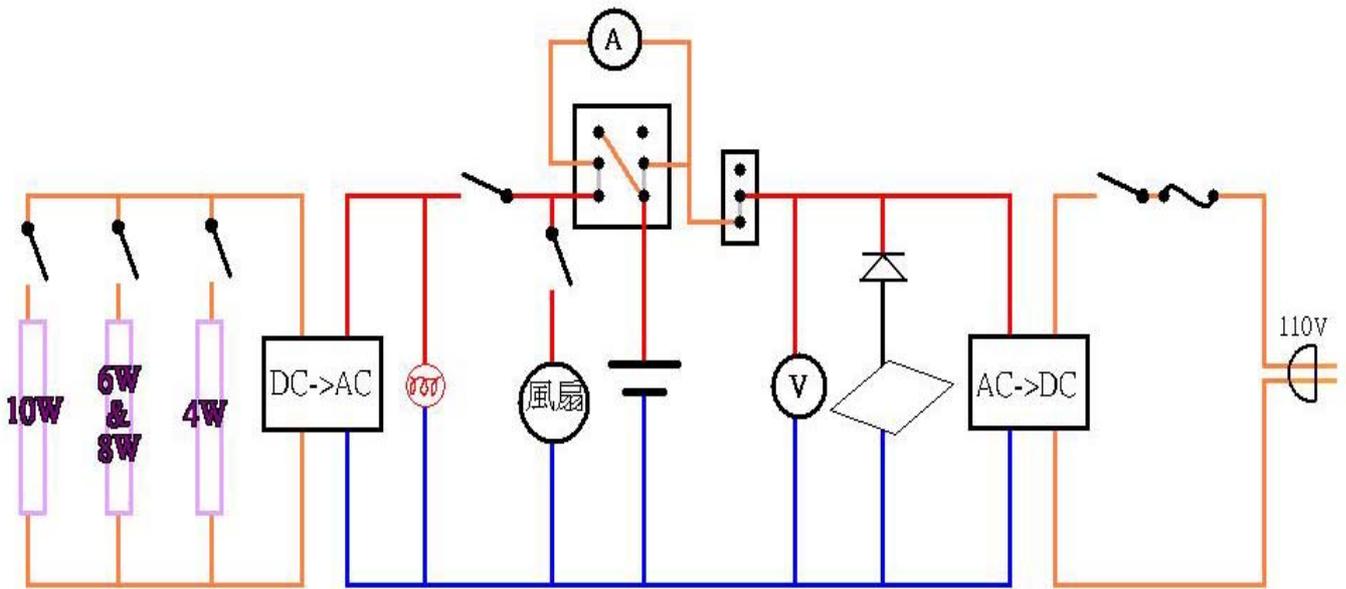
(四) 電池方面，我們選擇市面車用的鉛蓄電池但因為電池電壓為 DC 12V. 紫外燈管為 AC 110V 所以我們以一個整流變壓器作為連結，且加入穩壓器讓系統電壓穩定。此外，並聯一個伏特計與串聯一個安培計來觀測系統的電壓與電流值，搭配簡易的電路設計(如圖三)把電池和風扇、紫外燈管再作連結。以系統在充滿電時運作能持續一小時左右 (風扇同時開時)。



圖一、殺菌機外殼設計簡圖。



圖二、A.太陽能版收藏、展開圖 (可移動式)。B.殺菌機完整配置圖。



圖三、殺菌機簡易電路設計圖。

### 三、實驗步驟與方法

#### (一) 太陽能殺菌機效能測試

##### 1. 太陽能與室內燈光充電測試

- (1) 打開風扇與紫外燈管(10W)將儀器的鉛蓄電池充分放電，並由伏特計可看出放電的情形。
- (2) 將風扇與紫外燈管關閉，將儀器放置於室外接收太陽光，並記錄伏特計顯示電壓為 12V 所需要的時間。
- (3) 再利用步驟 (1) 進行放電，利用教室內的燈光進行充電，並記錄伏特計顯示電壓為 12V 所需要的時間。

##### 2. 家用交流電充電測試

- (1) 打開風扇與紫外燈管將儀器的鉛蓄電池充分放電，並由伏特計可看出放電的情形。
- (2) 將插頭接上家用電源，經過儀器中交流轉直流變壓器轉成 12V 的電源對鉛蓄電池充電，並記錄伏特計顯示電壓為 12V 所需要的時間。

##### 3. 放電測試

- (1) 將飽和充電後的儀器打開風扇與紫外燈管 (10W) 進行放電測試，直到紫外燈管熄滅為止，並記錄充分放電所需要的時間。

#### (二) 紫外光波長 (352nm; 254nm) 照射對大腸桿菌、金黃葡萄球菌與沙門氏桿菌殺菌效果影響

##### 1. 功率 4W 紫外光波長(352 nm; 254nm)對大腸桿菌殺菌效果實驗

- (1) 取出稀釋  $10^5$  倍的大腸桿菌菌液  $100 \mu l$  均勻鋪在含有培養基的無菌培養皿上，放入開有紫外光(352 nm)殺菌機內 1 分鐘，隨即取出放入  $37^\circ C$  的培養箱中，待 48 小時培養菌種觀察其結果。

- (2) 重複上述步驟，將放入殺菌機內的時間更改為 2、5、10、20、30、60 分鐘，並放入培養箱 48 小時後，觀察其結果。
- (3) 取出稀釋  $10^5$  倍的大腸桿菌菌液  $100 \mu\text{l}$  均勻鋪在含有培養基的無菌培養皿上，放入殺菌機（254nm）內 10 秒鐘，隨即取出放入  $37^\circ\text{C}$  的培養箱中，待 48 小時培養菌種觀察其結果。
- (4) 重複上述步驟，將放入殺菌機內的時間更改為 20、30、40、50、60、80、100、120、180 秒，並放入培養箱 48 小時後，觀察其結果。

#### 2. 功率 6W 紫外光波長（352nm; 254nm）對大腸桿菌殺菌效果實驗

- (1) 取出稀釋  $10^5$  倍的大腸桿菌菌液  $100 \mu\text{l}$  均勻鋪在含有培養基的無菌培養皿上，放入殺菌機（352nm）內 1 分鐘，隨即取出放入  $37^\circ\text{C}$  的培養箱中，待 48 小時培養菌種觀察其結果。
- (2) 重複上述步驟，將放入殺菌機內的時間更改為 2、5、10、20、30、60 分鐘，並放入培養箱 48 小時後，觀察其結果。
- (3) 取出稀釋  $10^5$  倍的大腸桿菌菌液  $100 \mu\text{l}$  均勻鋪在含有培養基的無菌培養皿上，放入殺菌機（254nm）內 10 秒鐘，隨即取出放入  $37^\circ\text{C}$  的培養箱中，待 48 小時培養菌種觀察其結果。
- (4) 重複上述步驟，將放入殺菌機內的時間更改為 20、30、40、50、60、80、100、120、180 秒，並放入培養箱 48 小時後，觀察其結果。

#### 3. 功率 8W 紫外光波長（352nm; 254nm）對大腸桿菌殺菌效果實驗

- (1) 取出稀釋  $10^5$  倍的大腸桿菌菌液  $100 \mu\text{l}$  均勻鋪在含有培養基的無菌培養皿上，放入殺菌機內 1 分鐘，隨即取出放入  $37^\circ\text{C}$  的培養箱中，待 48 小時培養菌種觀察其結果。
- (2) 重複上述步驟，將放入殺菌機內的時間更改為 2、5、10、20、30、60 分鐘，並放入培養箱 48 小時後，觀察其結果。
- (3) 取出稀釋  $10^5$  倍的大腸桿菌菌液  $100 \mu\text{l}$  均勻鋪在含有培養基的無菌培養皿上，放入殺菌機（254nm）內 10 秒鐘，隨即取出放入  $37^\circ\text{C}$  的培養箱中，待 48 小時培養菌種觀察其結果。
- (4) 重複上述步驟，將放入殺菌機內的時間更改為 20、30、40、50、60、80、100、120、180 秒，並放入培養箱 48 小時後，觀察其結果。

#### 4. 功率 4W 紫外光波長（352nm; 254nm）對金黃葡萄球菌殺菌效果實驗

- (1) 取出稀釋  $10^5$  倍的金黃葡萄球菌菌液  $100 \mu\text{l}$  均勻鋪在含有培養基的無菌培養皿上，放入殺菌機內 1 分鐘，隨即取出放入  $37^\circ\text{C}$  的培養箱中，待 48 小時培養菌種觀察其結果。
- (2) 重複上述步驟，將放入殺菌機內的時間更改為 2、5、10、20、30、60 分鐘，並放入培養箱 48 小時後，觀察其結果。
- (3) 取出稀釋  $10^5$  倍的金黃葡萄球菌  $100 \mu\text{l}$  均勻鋪在含有培養基的無菌培養皿上，放入殺菌機（254nm）內 10 秒鐘，隨即取出放入  $37^\circ\text{C}$  的培養箱中，待 48 小

時培養菌種觀察其結果。

- (4) 重複上述步驟，將放入殺菌機內的時間更改為 20、30、40、50、60、80、100、120、180 秒，並放入培養箱 48 小時後，觀察其結果。

#### 5. 功率 6W 紫外光波長 (352nm; 254nm) 對金黃葡萄球菌殺菌效果實驗

- (1) 取出稀釋  $10^5$  倍的金黃葡萄球菌菌液  $100 \mu l$  均勻鋪在含有培養基的無菌培養皿上，放入殺菌機內 1 分鐘，隨即取出放入  $37^\circ\text{C}$  的培養箱中，待 48 小時培養菌種觀察其結果。
- (2) 重複上述步驟，將放入殺菌機內的時間更改為 2、5、10、20、30、60 分鐘，並放入培養箱 48 小時後，觀察其結果。
- (3) 取出稀釋  $10^5$  倍的金黃葡萄球菌菌液  $100 \mu l$  均勻鋪在含有培養基的無菌培養皿上，放入殺菌機 (254nm) 內 10 秒鐘，隨即取出放入  $37^\circ\text{C}$  的培養箱中，待 48 小時培養菌種觀察其結果。
- (4) 重複上述步驟，將放入殺菌機內的時間更改為 20、30、40、50、60、80、100、120、180 秒，並放入培養箱 48 小時後，觀察其結果。

#### 6. 功率 8W 紫外光波長 (352nm; 254nm) 對金黃葡萄球菌殺菌效果實驗

- (1) 取出稀釋  $10^5$  倍的金黃葡萄球菌菌液  $100 \mu l$  均勻鋪在含有培養基的無菌培養皿上，放入殺菌機內 1 分鐘，隨即取出放入  $37^\circ\text{C}$  的培養箱中，待 48 小時培養菌種觀察其結果。
- (2) 重複上述步驟，將放入殺菌機內的時間更改為 2、5、10、20、30、60 分鐘，並放入培養箱 48 小時後，觀察其結果。
- (3) 取出稀釋  $10^5$  倍的金黃葡萄球菌菌液  $200 \mu l$  均勻鋪在含有培養基的無菌培養皿上，放入殺菌機 (254nm) 內 10 秒鐘，隨即取出放入  $37^\circ\text{C}$  的培養箱中，待 48 小時培養菌種觀察其結果。
- (4) 重複上述步驟，將放入殺菌機內的時間更改為 20、30、40、50、60、80、100、120、180 秒，並放入培養箱 48 小時後，觀察其結果。

#### 7. 功率 4W 紫外光波長 (352nm; 254nm) 對沙門氏桿菌殺菌效果實驗

- (1) 取出稀釋  $10^5$  倍的金黃沙門氏桿菌菌液  $100 \mu l$  均勻鋪在含有培養基的無菌培養皿上，放入殺菌機內 1 分鐘，隨即取出放入  $37^\circ\text{C}$  的培養箱中，待 48 小時培養菌種觀察其結果。
- (2) 重複上述步驟，將放入殺菌機內的時間更改為 2、5、10、20、30、60 分鐘，並放入培養箱 48 小時後，觀察其結果。
- (3) 取出稀釋  $10^5$  倍的金黃沙門氏桿菌  $100 \mu l$  均勻鋪在含有培養基的無菌培養皿上，放入殺菌機 (254nm) 內 10 秒鐘，隨即取出放入  $37^\circ\text{C}$  的培養箱中，待 48 小時培養菌種觀察其結果。
- (4) 重複上述步驟，將放入殺菌機內的時間更改為 20、30、40、50、60、80、100、120、180 秒，並放入培養箱 48 小時後，觀察其結果。

#### 8. 功率 6W 紫外光波長 (352nm; 254nm) 對沙門氏桿菌殺菌效果實驗

- (1) 取出稀釋  $10^5$  倍的沙門氏桿菌菌液  $100 \mu\ell$  均勻鋪在含有培養基的無菌培養皿上，放入殺菌機內 1 分鐘，隨即取出放入  $37^\circ\text{C}$  的培養箱中，待 48 小時培養菌種觀察其結果。
- (2) 重複上述步驟，將放入殺菌機內的時間更改為 2、5、10、20、30、60 分鐘，並放入培養箱 48 小時後，觀察其結果。
- (3) 取出稀釋  $10^5$  倍的沙門氏桿菌菌液  $100 \mu\ell$  均勻鋪在含有培養基的無菌培養皿上，放入殺菌機 (254nm) 內 10 秒鐘，隨即取出放入  $37^\circ\text{C}$  的培養箱中，待 48 小時培養菌種觀察其結果。
- (4) 重複上述步驟，將放入殺菌機內的時間更改為 20、30、40、50、60、80、100、120、180 秒，並放入培養箱 48 小時後，觀察其結果。

#### 9. 功率 8W 紫外光波長 (352nm; 254nm) 對沙門氏桿菌殺菌效果實驗

- (1) 取出稀釋  $10^5$  倍的沙門氏桿菌菌液  $100 \mu\ell$  均勻鋪在含有培養基的無菌培養皿上，放入殺菌機內 1 分鐘，隨即取出放入  $37^\circ\text{C}$  的培養箱中，待 48 小時培養菌種觀察其結果。
- (2) 重複上述步驟，將放入殺菌機內的時間更改為 2、5、10、20、30、60 分鐘，並放入培養箱 48 小時後，觀察其結果。
- (3) 取出稀釋  $10^5$  倍的沙門氏桿菌菌液  $200 \mu\ell$  均勻鋪在含有培養基的無菌培養皿上，放入殺菌機 (254nm) 內 10 秒鐘，隨即取出放入  $37^\circ\text{C}$  的培養箱中，待 48 小時培養菌種觀察其結果。
- (4) 重複上述步驟，將放入殺菌機內的時間更改為 20、30、40、50、60、80、100、120、180 秒，並放入培養箱 48 小時後，觀察其結果。

#### (三) 紫外光波長 (352nm; 254nm) 照射於奈米 $\text{TiO}_2$ 光觸媒對大腸桿菌、金黃葡萄球菌、沙門氏桿菌殺菌效果影響

1. 配置濃度 0.42M 的奈米  $\text{TiO}_2$  光觸媒水溶液取  $100 \mu\ell$  分別加入稀釋  $10^5$  倍大腸桿菌、金黃葡萄球菌、沙門氏桿菌 9.9ml 菌液中，配置成濃度 0.0042M 的奈米  $\text{TiO}_2$  光觸媒菌液。
2. 重複實驗 (一) 中 1~9 的步驟進行實驗，並觀察其結果。

#### (四) 紫外光波長 (352nm; 254nm) 照射於微米 $\text{TiO}_2$ 光觸媒對大腸桿菌、金黃葡萄球菌、沙門氏桿菌殺菌效果影響

1. 配置濃度 0.42M 的微米  $\text{TiO}_2$  光觸媒水溶液取  $100 \mu\ell$  分別加入稀釋  $10^5$  倍大腸桿菌、金黃葡萄球菌、沙門氏桿菌 9.9ml 菌液中，配置成濃度 0.0042M 的奈米  $\text{TiO}_2$  光觸媒菌液。
2. 重複實驗 (一) 中 1~9 的步驟進行實驗，並觀察其結果。

#### (五) 紫外光波長 (352nm; 254nm) 照射於奈米銀光觸媒對大腸桿菌、金黃葡萄球菌、沙門氏桿菌殺菌效果影響

1. 將奈米銀光觸媒水溶液取  $100 \mu\ell$  分別加入稀釋  $10^5$  倍大腸桿菌、金黃葡萄球菌、沙門氏桿菌 9.9ml 菌液中，配置成濃度稀釋 100 倍的奈米銀光觸媒菌液。
2. 重複實驗 (一) 中的步驟 1~9 進行實驗，並觀察其結果。

陸、研究結果

一、紫外光波長（352nm; 254nm）照射對大腸桿菌、金黃葡萄球菌與沙門氏桿菌殺菌效果影響（表五）

（表五）

無光 觸媒	紫外燈 254nm								
	4W			6W			8W		
	大腸 桿菌	金黃葡 萄球菌	沙門氏 桿菌	大腸 桿菌	金黃葡 萄球菌	沙門氏 桿菌	大腸 桿菌	金黃葡 萄球菌	沙門氏 桿菌
時間 (秒)									
10	923	2220	1612	470	2132	1592	262	1964	1260
20	592	1540	1356	245	1260	965	28	834	574
30	275	935	718	69	752	431	7	628	311
40	147	568	529	20	329	192	1	275	186
50	92	304	352	8	58	77	2	60	53
60	48	210	211	3	7	25	3	6	21
80	11	105	105	5	13	8	1	1	4
100	1	48	36	1	5	3	0	2	1
120	14	21	18	1	8	1	0	0	2
180	0	6	5	0	5	0	0	1	0
時間 (分)	紫外燈 352nm								
	4W			6W			8W		
1	2172	2362	1816	2004	2412	1824	1672	1982	1760
2	2100	2373	1860	2012	2384	1776	1572	1808	1668
5	2102	2258	1672	1976	2320	1612	1482	1750	1572
10	2048	2228	1540	1912	2264	1472	1348	1620	1216
20	1988	2204	1448	1808	2172	1388	1304	1448	1020
30	1904	2188	1312	1752	2044	1136	1220	1312	988
60	1776	2124	1136	1564	1988	1024	1024	1104	756

(二) 紫外光波長 (352nm; 254nm) 照射於奈米  $TiO_2$  光觸媒對大腸桿菌、金黃葡萄球菌與沙門氏桿菌殺菌效果影響 (表六)

(表六)

$TiO_2$ (nm)	紫外燈 254nm								
	4W			6W			8W		
	大腸桿菌	金黃葡萄球菌	沙門氏桿菌	大腸桿菌	金黃葡萄球菌	沙門氏桿菌	大腸桿菌	金黃葡萄球菌	沙門氏桿菌
時間 (秒)									
10	543	1856	1100	246	1592	721	156	1392	261
20	359	1252	1000	94	965	234	57	765	8
30	167	561	718	37	431	174	21	331	1
40	54	215	628	11	192	5	6	92	1
50	19	87	529	2	77	11	1	27	0
60	5	31	396	1	25	7	0	9	10
80	1	11	352	1	8	37	1	2	13
100	3	3	218	1	3	9	2	3	11
120	2	2	177	0	1	10	1	1	8
180	1	4	11	1	0	2	0	0	0
時間 (分)	紫外燈 352nm								
	4W			6W			8W		
1	1523	2488	1806	1624	2189	1844	1535	2074	1860
2	1404	2300	1728	1425	2072	1712	1340	1948	1652
5	1328	2212	1648	1165	1820	1460	1066	1740	1440
10	1127	2134	1472	1003	1704	1342	902	1520	1200
20	1038	1932	1352	864	1552	1156	689	1264	1080
30	854	1852	1224	644	1388	1100	438	1064	832
60	655	1624	1153	387	1124	1006	216	756	624

(三) 紫外光波長 (352nm; 254nm) 照射於微米  $TiO_2$  光觸媒對大腸桿菌、金黃葡萄球菌與沙門氏桿菌殺菌效果影響 (表七)

(表七)

$TiO_2$ (mm)	紫外燈 254nm								
	4W			6W			8W		
	大腸桿菌	金黃葡萄球菌	沙門氏桿菌	大腸桿菌	金黃葡萄球菌	沙門氏桿菌	大腸桿菌	金黃葡萄球菌	沙門氏桿菌
時間 (秒)									
10	48	2324	1024	29	1654	186	16	1431	89
20	20	1624	768	7	1050	23	3	717	17
30	5	782	552	4	228	34	2	116	6
40	5	214	324	3	125	3	1	49	7
50	3	115	201	2	64	15	0	24	1
60	5	21	135	2	31	10	0	19	1
80	1	6	93	2	15	28	1	5	10
100	0	5	51	0	3	11	0	1	5
120	0	4	4	1	5	7	1	1	1
180	0	1	0	0	3	0	1	2	0
時間 (分)	紫外燈 352nm								
	4W			6W			8W		
1	820	2364	1804	788	2312	1752	604	2376	1524
2	756	2212	1766	642	2176	1672	488	2008	1480
5	606	2048	1521	577	1912	1484	312	1844	1240
10	543	1823	1364	432	1736	1288	224	1652	1156
20	456	1625	1226	311	1528	1142	156	1300	922
30	312	1404	1132	259	1316	1086	66	1164	721
60	203	1221	1056	112	1108	921	41	812	537

(四) 紫外光波長 (352nm; 254nm) 照射於奈米銀對大腸桿菌、金黃葡萄球菌與沙門氏桿菌殺菌效果影響 (表八)

(表八)

奈米銀	紫外燈 254nm								
	4W			6W			8W		
	大腸桿菌	金黃葡萄球菌	沙門氏桿菌	大腸桿菌	金黃葡萄球菌	沙門氏桿菌	大腸桿菌	金黃葡萄球菌	沙門氏桿菌
時間 (秒)									
10	21	1	0	8	0	0	0	0	3
20	1	3	0	0	1	0	0	0	8
30	0	11	0	0	0	0	0	1	37
40	0	15	0	0	0	0	0	1	0
50	0	11	0	0	0	0	1	4	0
60	0	2	0	2	0	0	2	1	0
80	0	0	0	1	1	0	0	2	0
100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
120	1	0	0	0	2	0	0	3	0
180	0	2	0	0	0	0	2	0	0
時間 (分)	紫外燈 352nm								
	4W			6W			8W		
1	2	4	0	0	1	0	0	5	0
2	0	0	0	1	0	58	0	1	0
5	4	1	0	1	1	1	4	0	0
10	2	0	0	2	1	0	3	0	0
20	7	2	0	0	0	0	11	0	1
30	2	0	1	2	0	0	1	0	0
60	0	0	0	0	0	0	0	0	0

## 五、太陽能殺菌機效能測試

- (一) 太陽能充電測試 (如表一、圖四 A)
- (二) 室內日光充電測試 (如表二、圖四 B)
- (三) 家用交流電充電測試 (如表三、圖四 C)
- (四) 放電測試 (如表四、圖四 D)

實驗次數	日照下充電時間
1	7 hr
2	6 hr
3	7 hr

表一、日照充電所需時間

實驗次數	室內燈光充電時間
1	12 hr
2	12 hr
3	12 hr

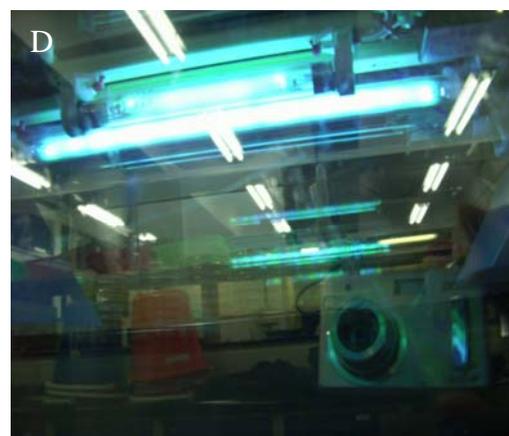
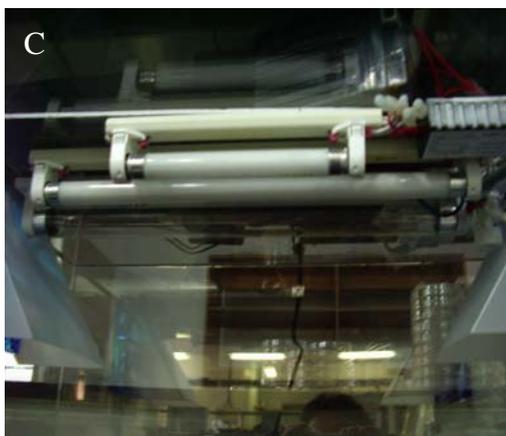
表二、室內燈光充電時間

實驗次數	家用電充電時間
1	91 分鐘
2	93 分鐘
3	88 分鐘

表三、家用電源充電時間

實驗次數	放電時間
1	37 分鐘
2	39 分鐘
3	41 分鐘

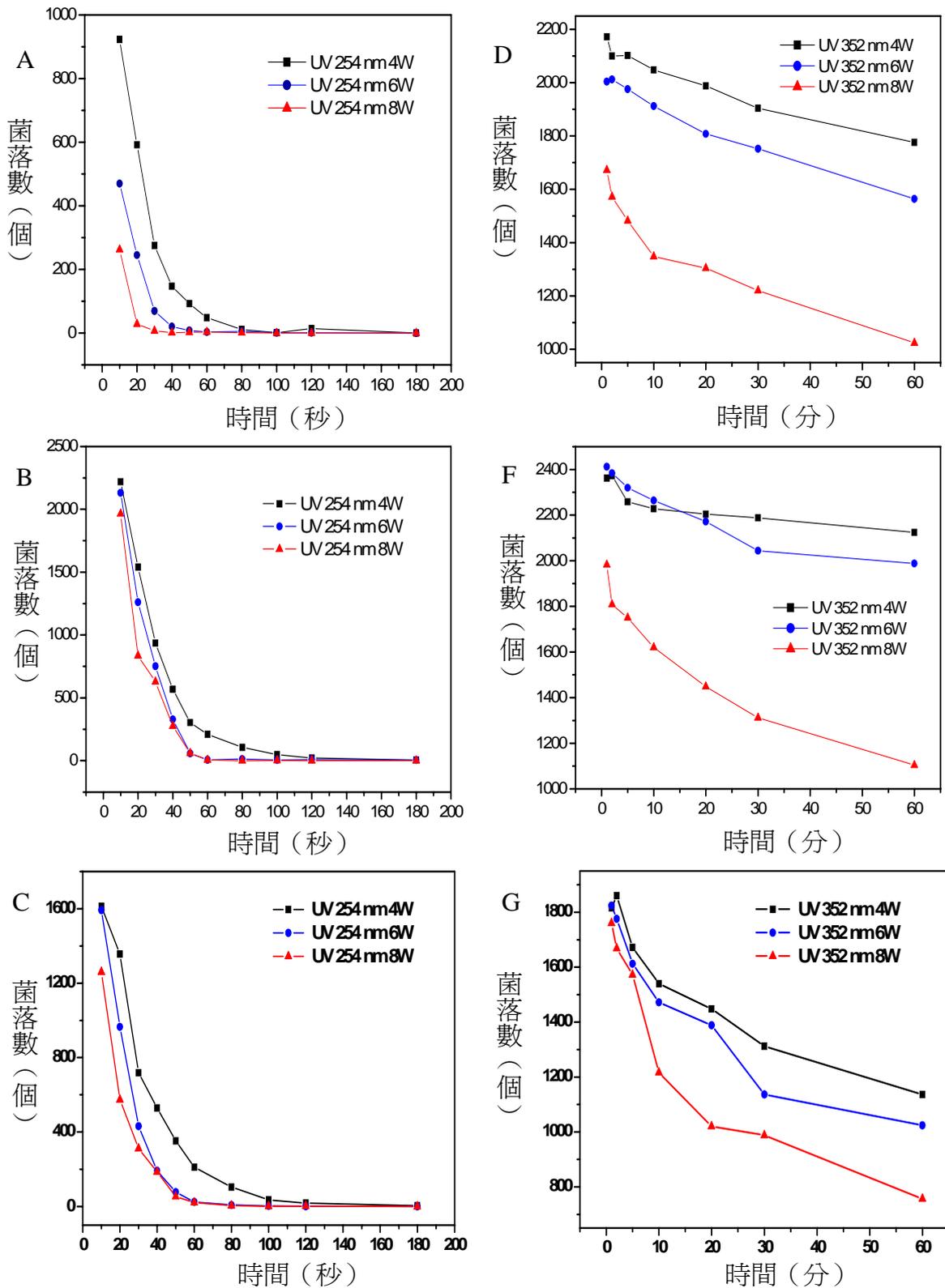
表四、殺菌機放電時間



圖四、殺菌機 A.日照充電實驗圖 B.室內燈光充電實驗圖 C.家用電源充電實驗圖 D.殺菌機放電實驗圖

柒、討論

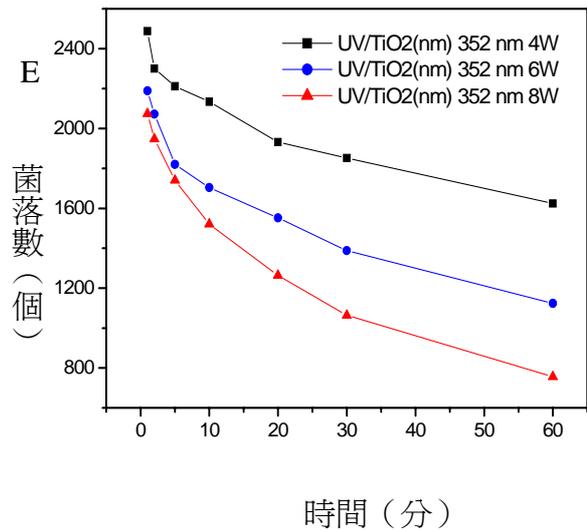
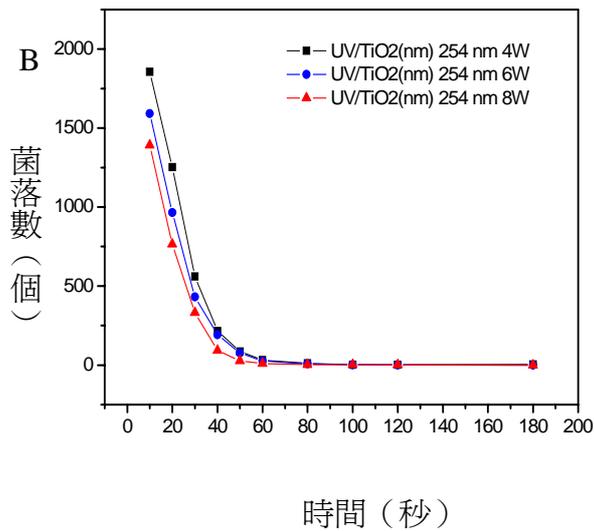
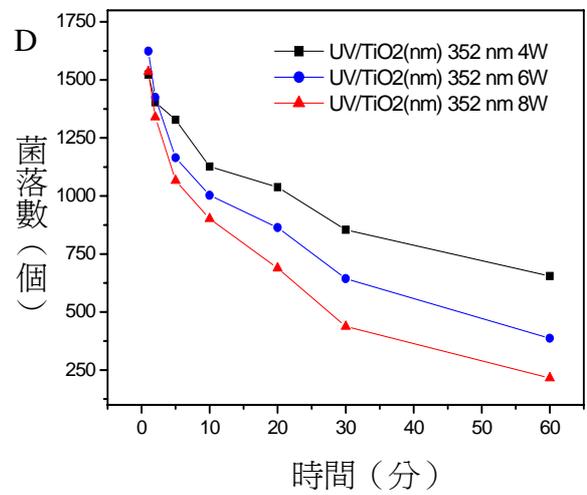
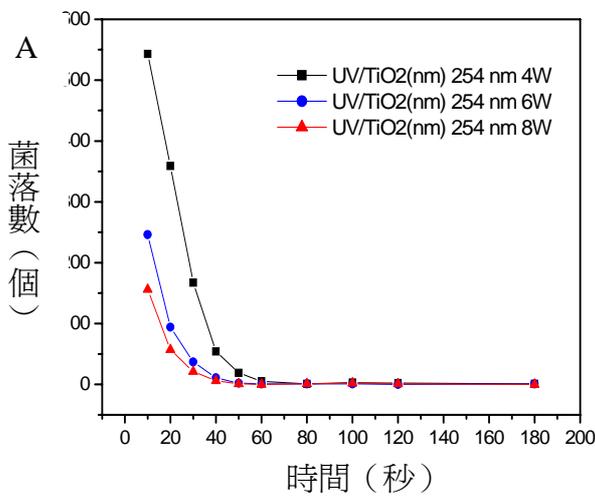
一、紫外光波長（352nm; 254nm）照射對大腸桿菌、金黃葡萄球菌與沙門氏桿菌殺菌效果影響

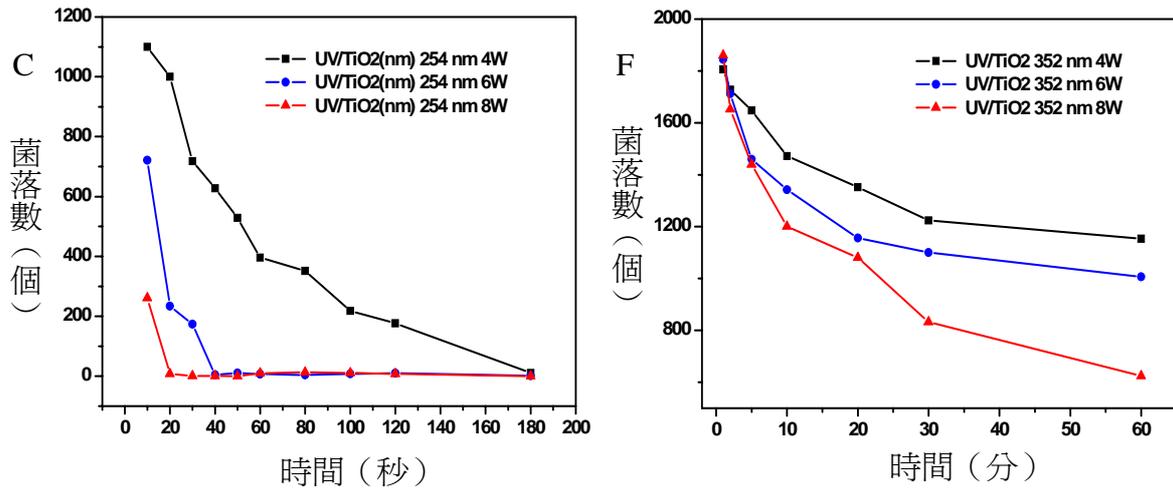


圖五、A.大腸桿菌 B.金黃葡萄球菌 C.沙門氏桿菌照射 254 nm 紫外光隨時間變化菌落數改變圖。D.大腸桿菌 E. 金黃葡萄球菌 F. 沙門氏桿菌照射 352 nm 紫外光隨時間變化菌落數改變圖。

1. 從圖五我們可以比較紫外光的殺菌能力。暴露在 254 nm 的紫外光下，不論是對大腸桿菌、金黃葡萄球菌與沙門氏桿菌都具有殺菌效果，在 3 分鐘內即能達到 100% 的殺菌效果。但若暴露在 352 nm 的紫外光下，殺菌能力則大幅減弱，即使經過 1 個小時，僅能殺死部分的細菌。
2. 隨著紫外燈管瓦數增強，殺菌效果明顯增加，可縮短殺菌的時間。
3. 在殺菌力的比較上，紫外燈管 (254 nm) 對大腸桿菌的殺菌能力最佳，其次為沙門氏桿菌，最後為金黃葡萄球菌。而紫外燈管 (352 nm) 對各菌種的殺菌能力相差不大。

二、紫外光波長 (352nm; 254nm) 照射於奈米  $TiO_2$  光觸媒對大腸桿菌、金黃葡萄球菌與沙門氏桿菌殺菌效果影響

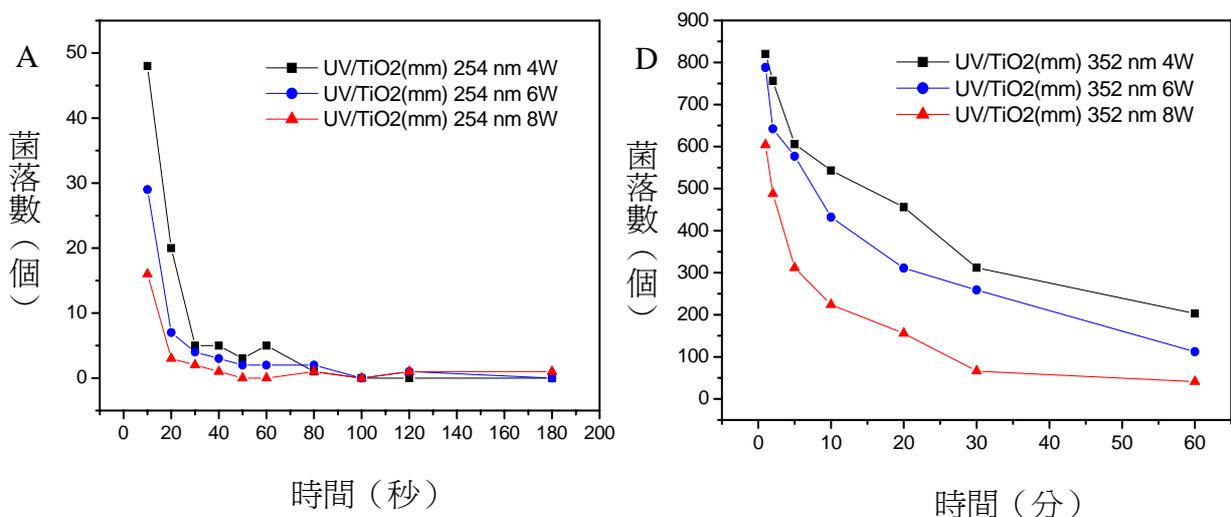


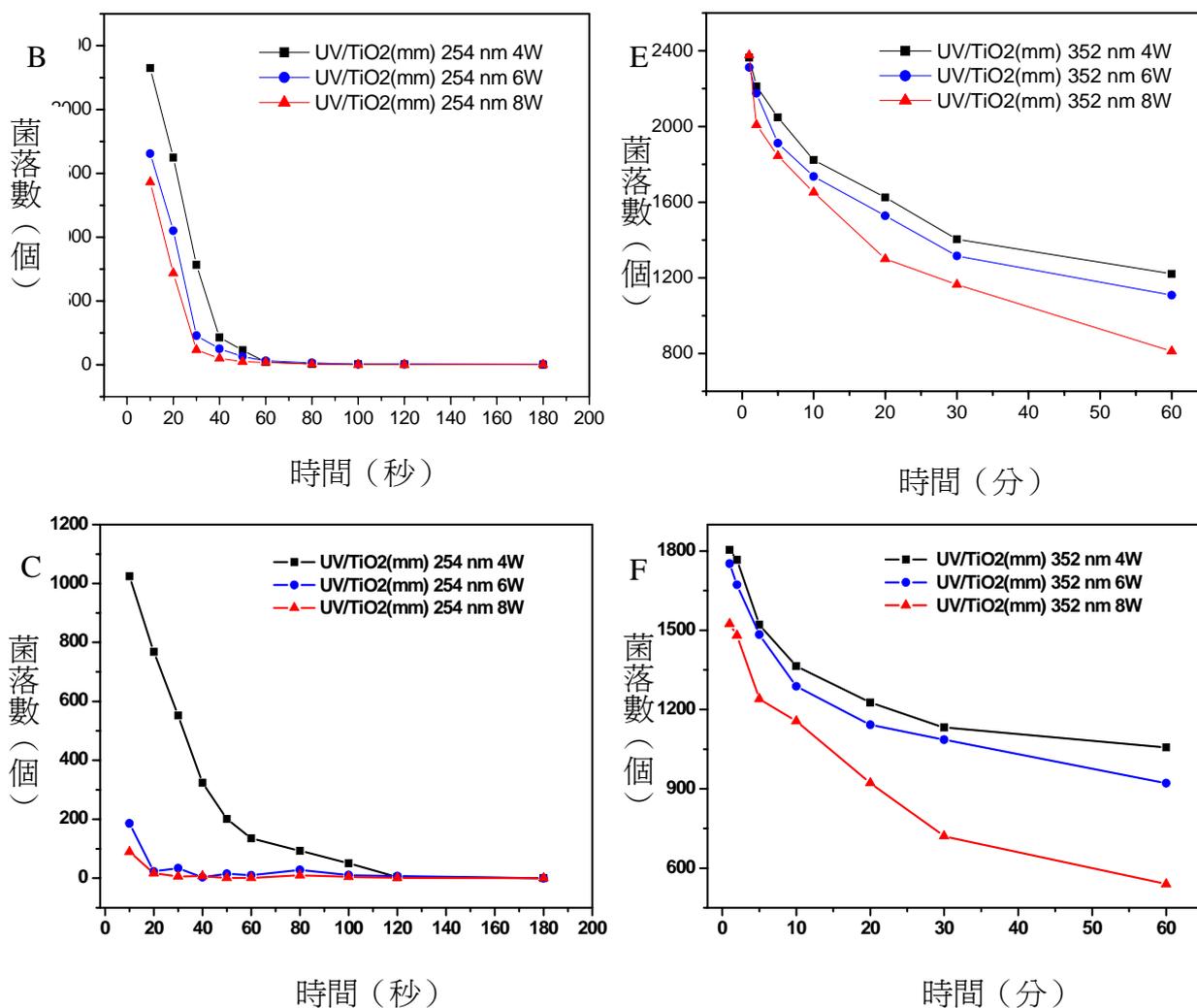


圖六、A.含奈米TiO<sub>2</sub>大腸桿菌 B. 含奈米TiO<sub>2</sub>金黃葡萄球菌 C.含奈米TiO<sub>2</sub>沙門氏桿菌照射 254 nm 紫外光隨時間變化菌落數改變圖。D. 含奈米TiO<sub>2</sub>大腸桿菌 E. 含奈米TiO<sub>2</sub>金黃葡萄球菌 F. 含奈米TiO<sub>2</sub>沙門氏桿菌照射 352 nm 紫外光隨時間變化菌落數改變圖。

1. 加入奈米光觸媒TiO<sub>2</sub>的大腸桿菌、金黃葡萄球菌與沙門氏桿菌培養皿中，經過紫外光照射後，無論波長 254 nm 或 352 nm，相較於只用紫外燈管照射，殺菌效果有明顯的增加。
2. 進一步分別比較其殺菌效果，在 254 nm 紫外光照射的情況下，有奈米光觸媒TiO<sub>2</sub>的殺菌效果能有效簡短殺菌的時間，從 100 秒縮短至 60 秒內。加入奈米光觸媒TiO<sub>2</sub>在 352 nm 紫外光照射下，殺菌效果可大幅提升，但依然無法完全滅菌。

### 三、紫外光波長（352nm; 254nm）照射於微米TiO<sub>2</sub>光觸媒對大腸桿菌、金黃葡萄球菌與沙門氏桿菌殺菌效果影響





圖七、A.含微米 $TiO_2$ 大腸桿菌 B.含微米 $TiO_2$ 金黃葡萄球菌 C.含微米 $TiO_2$ 沙門氏桿菌照射254 nm 紫外光隨時間變化菌落數改變圖。D.含微米 $TiO_2$ 大腸桿菌 E.含微米 $TiO_2$ 金黃葡萄球菌 F.含微米 $TiO_2$ 沙門氏桿菌 352 nm 紫外光隨時間變化菌落數改變圖。

1. 如圖七。加入微米級光觸媒 $TiO_2$ 的大腸桿菌、金黃葡萄球菌與沙門氏桿菌殺菌培養皿，經過紫外光照射後，無論波長 254 nm 或 352 nm，殺菌能力較奈米級的光觸媒 $TiO_2$ 還要好。無論照射 254 或 352 nm 紫外光，都能將大腸桿菌完全殺死（80 秒; 60 分鐘）。而對金黃葡萄球菌與沙門氏桿菌而言，波長 254 nm 紫外光搭配微米光觸媒可充分殺死這兩種菌種，但波長 352 nm 則否，但殺菌力依然勝於只有紫外燈的情況，但奈米與微米 $TiO_2$ 殺菌效果差異不大。
2. 奈米 $TiO_2$ 雖然具有高表面積的優點，但是殺菌效果明顯不如微米級光觸媒 $TiO_2$ 。但兩種光觸媒在市面上的價格差距很大，故針對殺菌而言，使用微米光觸媒即可。

#### 四、紫外光波長（352nm; 254nm）照射於奈米銀光觸媒對大腸桿菌、金黃葡萄球菌與沙門氏桿菌殺菌效果影響

1. 從表八中，我們可很清楚的看到奈米銀粒子的殺菌能力最好。加入奈米銀的菌液不需要紫外光的照射，即具有相當好的殺菌效果。
2. 奈米銀光觸媒的殺菌效果遠大於奈米級或微米級的 $TiO_2$ ，但價格最昂貴。

#### 五、太陽能殺菌機效能測試

1. 殺菌機在日照充足的情況下，利用太陽能充電需要 7 小時左右，將鉛蓄電池充滿。
2. 將殺菌機放置於室內，開啓室內的燈光亦能擁有充電的效果，但充電時間增加到 12 小時，平常沒有使用時，可隨時於家中展開太陽能版，進行充電。
3. 殺菌機亦可使用家用電源充電，大約需要 90 分鐘可以完成，在緊急需要時，可以使用家用電源取代。
4. 在不連接其他電源的情況下，本殺菌機可持續運轉超過 40 分鐘，足敷一般日常生活殺菌之用。

#### 捌、結論

- 一、紫外光波長 254 nm 本身即具有殺菌效果，由實驗結果得知，在 3 分鐘內能有效殺死大腸桿菌與金黃葡萄球菌。加入奈米級與微米級光觸媒 $TiO_2$ 、奈米銀光觸媒後，殺菌效果更加明顯，能減少一半以上的殺菌時間，尤其以奈米銀粒子殺菌效果最好。而殺菌效果隨著燈管瓦數越高，殺菌效果越好。
- 二、紫外光波長 352 nm 的殺菌效果降低許多，而燈管的瓦數越高，殺菌效果沒有明顯的增加。但加入奈米級與微米級光觸媒 $TiO_2$ 、奈米銀光觸媒後，殺菌效果明顯增強。
- 三、比較單純紫外光或紫外光（254 or 352 nm）加光觸媒對不同菌種的殺菌效果，可以明顯發現對大腸桿菌的殺菌能力明顯強於沙門氏桿菌，而對金黃葡萄球菌的殺菌力最弱。
- 四、比較各種光觸媒的殺菌能力奈米銀光觸媒  $\gg$  微米級光觸媒 $TiO_2$   $>$  奈米光觸媒 $TiO_2$ 。
- 五、我們比較奈米與微米的光觸媒 $TiO_2$ ，雖然奈米級的 $TiO_2$ 具有高表面積的優點，理論上具有較好的殺菌效果，但在實驗中可以發現，奈米級的 $TiO_2$ 殺菌效果並沒有想像中好。而告訴我們不一定所有東西奈米化都會有良好的效果。在經濟考量下，微米級 $TiO_2$ 是最經濟的殺菌材料。
- 六、我們製作的太陽能奈米光觸媒殺菌機經實驗證明配合光觸媒的使用，對大腸桿菌、金黃葡萄球菌與沙門氏桿菌有相當好的殺菌效果。而最好的殺菌方式是利用 254 nm 的紫外光或使用奈米銀粒子。可隨時切換充電太陽能版與家用電源的方式，也能增加儀器使用的方便性。而儀器的可持續在不充電的情況下運轉 40 分鐘以上，足以殺死三種日常生活常見的菌種。而我們保留了許多空間可用於鉛蓄電池的並連，可增加電能的儲存量，而增加運轉的時間。

## 玖、參考資料及其他

### 網路資源：

#### 一、中文部分

1、家瑋小棧-奈米光觸媒。民94年12月24日

取自：<http://web.cc.ncu.edu.tw/~92304017/index3.html>

2、中國大陸研究--光觸媒、二氧化鈦。民94年12月24日

取自：[http://cdnet.stic.gov.tw/techroom/topics/photocat/cnj\\_photocat.htm](http://cdnet.stic.gov.tw/techroom/topics/photocat/cnj_photocat.htm)

3、水之 TIO<sub>2</sub> 光觸媒-光觸媒的原理。民94年12月24日

取自：<http://home.pchome.com.tw/shop/kdco/tio2-3.html>

4、電池資訊網-太陽能電池。民94年12月31日

取自：<http://www.nsc.gov.tw/dept/acro/version01/battery/electric/types/solar.htm>

5、DIY 基礎電學專欄-DZ 編輯部。民94年12月31日

取自：[http://www.diyzone.net/articles/diy\\_electricity\\_2.htm](http://www.diyzone.net/articles/diy_electricity_2.htm)

6、生活小百科-保達環保設備有限公司。民94年12月31日

取自：<http://www.protech-tio2.com/index.html>

7、奇摩知識(菌類介紹)。民94年12月31日

取自：<http://tw.knowledge.yahoo.com/question/?qid=1105050508105>

8、中華民國行政院環保署(民94年11月30日)。「環境衛生用殺菌劑藥效試驗測定法」[公告]。民94年12月31日

取自：<http://www.niea.gov.tw/niea/DRUG/D20101C.htm#form01>

9、尤如瑾，機械工業資訊，世界光電產業現況與展望，263期，156-188。  
[商品資訊]

9、勝特力-電子零件|材料|儀器-太陽能板.電容

取自：<http://www.100y.com.tw/index.htm>

太陽能板：<http://www.100y.com.tw/viewmat3.asp?Mat3=23HA629&page=2>

附錄：

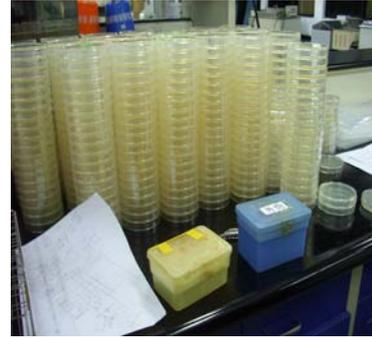
太陽能奈米光觸媒殺菌機



可拆卸折疊太陽能版



實驗用紫外燈管



實驗用培養皿



太陽能奈米光觸媒殺菌機完成圖



奈米  $TiO_2$



奈米銀



微米  $TiO_2$

## 評 語

040803 一閃即逝-太陽能奈米光觸媒殺菌機

本作品以實驗數據詳細地呈現了，紫外光及紫外光和TiO<sub>2</sub>的殺菌效果，此外殺菌機本身配置太陽能充電裝置亦符合節能的理念，若可以使受測物在不接觸TiO<sub>2</sub>之情形下達到殺菌的目的，可以讓作品更為完整，更具實用價值。