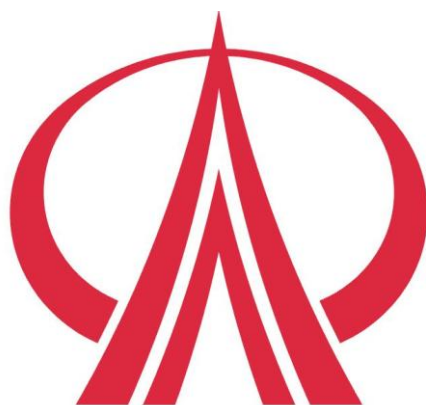


化學工程與生物科技系 實務專題論文

染敏太陽能電池之製作與研究



指導老師：黃鵲容 老師

班級	學號	姓名
四化四甲	BP95006	陳歆玫
四化四甲	BP95015	徐孟筠
四化四甲	BP95018	許民融
四化四甲	BP95044	楊峻瑋
四化四甲	BP95130	賴文期
四化四乙	BP95062	陳暖婷

修平技術學院

中華民國 98 年 12 月 30 日

目錄

摘要.....	P5
一、 簡介.....	P6
1-1 太陽能電池重要性.....	P6
1-2 太陽能電池種類.....	P7
1-3 染敏太陽能電池原理.....	P10
二、 實驗目的.....	P11
三、 藥品與儀器設備	
3-1 藥品.....	P12
3-2 器材.....	P14
3-3 儀器設備.....	P15
四、 實驗步驟與流程	
4-1 前置步驟.....	P20
4-2 薄膜的塗佈和熱處理.....	P21
4-3 組合電池.....	P22
4-4 流程圖.....	P23
五、 實驗結果與數據	
5-1 導電度的測量.....	P26
5-2 UV-vis-ble 吸收光譜的測定.....	P28
5-3 IV 曲線測定.....	P38
六、 討論	
6-1 比較不同成膜法(旋轉法和浸漬法)所製備的 ZnO 塗層對 ITO 玻璃導電度的影響.....	P43
6-2 ZnO 塗層對 ITO 玻璃在 UV-vis-ble (200nm-800nm) 光譜區 之穿透度的影響.....	P44

6-3 染敏電池 IV 曲線的分析及光電轉換效率 η	P45
6-4 染敏電池光電轉換效率的改善.....	P46
七、結論.....	P47
八、參考資料.....	P48

圖目錄

圖 1-2-1	非結晶矽太陽能電池.....	P7
圖 1-2-2	市售染敏太陽能電池產品.....	P9
圖 1-3	DSSC 工作原理示意圖.....	P10
圖 3-1	N719 結構式.....	P13
圖 4-1	藥品秤重.....	P20
圖 4-2	Spin ZnO.....	P21
圖 4-3-1	固定太陽能電池.....	P22
圖 4-3-2	染料浸泡.....	P22
圖 4-3-3	模擬太陽光檢測.....	P22
圖 4-5-1	研磨 TiO ₂ 粉末.....	P25
圖 4-5-2	塗抹 TiO ₂ 層.....	P25
圖 4-5-3	進高溫爐燒結後.....	P25
圖 4-5-4	浸泡染料 18 小時.....	P25
圖 4-5-5	灌電解液.....	P25
圖 4-5-6	以鎢絲燈簡易測量開路電壓及短路電流.....	P25
圖 5-2-6	pure ITO+Al0.5%~3.0%合圖.....	P34
圖 5-2-7	pure ITO+Sn0.5%~3.0%合圖.....	P36

表目錄

表 3-1	藥品名稱.....	P12
表 3-2	器材名稱.....	P14
表 5-1-1	dip-coating Al 浸漬法.....	P26
表 5-1-2	dip-coating Sn 浸漬法.....	P26
表 5-1-3	spin-coating Al 旋轉法.....	P27
表 5-1-4	spin-coating Sn 旋轉法.....	P27
表 5-2-8	在鎢絲燈下測的 I_{sc} 、 V_{oc} 數據.....	P37
表 6-4	光電轉換效率.....	P46

摘要

因目前能源短缺，所以替代能源的重要性越來越多人重視，然而太陽能是多種實用的替代能源之一。太陽能電池也分了許多種類，而染料敏化太陽能電池（DSSC）是屬於化學法製作的太陽能電池之一。

本專題的實驗目的是了解染料敏化太陽能電池之基本運作機制並研究參雜 Sn 和 Al 的 ZnO 薄膜對 TiO₂ 染料敏化太陽能電池光電轉換效率的影響。

本專題的製程首先是將 ITO 玻璃清洗乾淨，再進行溶液的配置，待溶液反應完後以浸漬塗佈法及旋轉塗佈法進行薄膜的塗佈，再進行熱處理，最後進行 TiO₂ 染料敏化電池的製作與組裝，以及測定電池的 Voc, Isc, 及 I-V 曲線。

由研究結果發現，由旋轉塗佈法製備的 ZnO / ITO 試片比浸漬法製備的 ZnO / ITO 試片，其表面較為平坦，故試片的 Rs 值也較低。並且由 UV-vis 光譜分析得知，Al / ZnO 和 Sn / ZnO 塗層均可以增加 ITO 玻璃對光波長吸收的廣度。以及由 I-V 曲線圖分析得知，以 ZnO / ITO 製備的 DSSC 其光電轉換效率是直接由 ITO 製備 DSSC 的 12 倍以上。

一. 簡介

1-1 太陽能電池重要性

太陽能是諸多替代能源中頗受重視的一種。它之所以受重視，其一是因為傳統有機礦物能源的源頭即為太陽能。太陽能經由光合作用進入生物圈的食物鏈底層，而大量古代生物聚落的化石即轉化為石油礦或煤礦。因此科學家不禁想像：有效率地使用太陽能，或可填補有機礦物耗盡後能源需求的缺口。其二是因為太陽能本身不帶來任何污染，最符合環保概念；再加上它源源不絕地被傳送到地表，因而最符合永續發展的需求。

為使太陽能真正成為替代能源的候選者，新型太陽能電池的發展方向大略有以下幾個重點：一是使用最少的材料產生最多的能源，降低材料成本；二是用最簡便的製程製作元件，降低生產成本；三是盡量吸收寬波段的陽光；四是以損耗最低的方式將感光物質收到的光能轉化為電能。本專題將著重於「染料敏化太陽能電池」(dye-sensitized solar cells, DSSC)的介紹與製作。

1-2 太陽能電池種類

薄膜太陽能電池，顧名思義，乃是在塑膠、玻璃或是金屬基板上形成可產生光電效應的薄膜，已經普遍採用砷化鎵(GaAs)所製造的高轉換效率薄膜太陽能電池板(以單晶矽作為基板，轉換效能可在 30% 以上)。

(1) 非晶矽(Amorphous Silicon, a-Si)

非晶矽是唯一商業化的薄膜型太陽能電池材料。非晶矽的優點在於對於可見光譜的吸光能力很強，而且利用濺鍍或是化學氣相沉積方式在玻璃或金屬基板上生成薄膜，不過缺點則有轉換效率低(約 5~7%)，以及會產生嚴重的光劣化現象。



非結晶矽太陽電池
AMORPHOUS(可撓式)

圖 1-2-1(轉載自 Google)

(2) 微晶矽(Nanocrystalline Silicon, nc-Si, 也被稱為 Microcrystalline Silicon, mc-Si)

微晶矽其實是非晶矽的改良材料，其結構介於非晶矽和晶體矽之間，主要是在非晶體結構中具有微小的晶體粒子，因此同時具有非晶矽容易薄膜化以及晶體矽吸收光譜廣，且不易出現光劣化效應的優點，轉換效率也較高。

(3) CIS/CIGS(銅銦硒化物)

都屬於化合物半導體。這兩種材料的吸光(光譜)範圍很廣，而且穩定性也相當好。

(4) CdTe(碲化鎘)

CdTe 同樣屬於化合物半導體，電池轉換效率也不差。

(5) GaAs Multijunction(多接面砷化鎵)

在單晶矽基板上以化學氣相沉積法成長 GaAs 薄膜所製成的薄膜太陽能電池，因為具有 30%以上的高轉換效率，很早就被應用於人造衛星的太陽能電池板。

(6) 有機導電高分子(Organic/polymer solar cells)

有機導電高分子太陽能電池是直接利用有機高分子半導體薄膜(通常厚度約為 100nm)作為感光和發電材料。

(7)敏化染料(Dye-Sensitized Solar Cell)

色素敏化感染料電池是太陽能電池中相當新穎的技術，產品是由透明導電基板、二氧化鈦(TiO_2)奈米微粒薄膜、染料(光敏化劑)、電解質和 ITO 電極所組成。此種太陽能電池的優點在於二氧化鈦和染料的材料成本都相對便宜，又可以利用印刷的方法大量製造，基板材料也可更多元化。

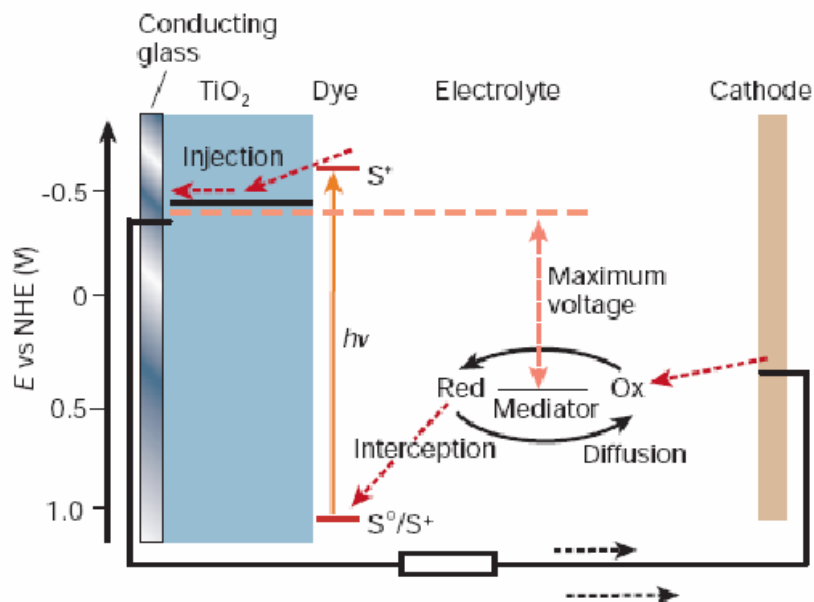


圖 1-2-2 市售染敏太陽能電池產品

(轉載自 Google)

1-3 染敏太陽能電池原理

DSSC 主要結構以及化學反應式如下圖所示，太陽光由導電玻璃端入射，通過 TiO_2 後直接被染料吸收，待染料吸收適當波長的光後，將使其電子由基態 (ground state) 被激發至導帶的激發態 (excited state)，在導帶的電子是可以自由移動的，且激發態的電子不穩定，會以一定的機率注入較低導帶能階的 TiO_2 層，但也可能會回到染料的基態或傳遞到電解質。此電子經 TiO_2 層的傳導，再注入導電玻璃並通過外部電路則造成發電。當染料的電子被激發之後，電解質會提供電子以還原染料，此動作可降低激發電子由染料或 TiO_2 的激發態直接回到染料基態的機率，亦即增加電子注入外部電路的效率，電解質還原染料之後，本身因為少了一個電子，而轉變成氧化態，此時已鍍有高活性白金薄膜的對電極可將電解質還原，最後，通過外部電路的電子流到對電極並將白金還原，形成一個循環。



DSSC工作原理示意圖

圖 1-3

二. 實驗目的

- (1) 了解染料敏化太陽能電池之基本運作機制。
- (2) 利用濕式化學技術製作TiO₂ 奈米多孔性薄膜及其染敏化太陽能電池。
- (3) 研究摻雜 Sn 和 Al 的 ZnO 薄膜對 TiO₂ 染敏化太陽能電池光電轉換效率的影響。

三. 藥品與儀器設備

3-1-1 藥品

表 3-1 藥品名稱

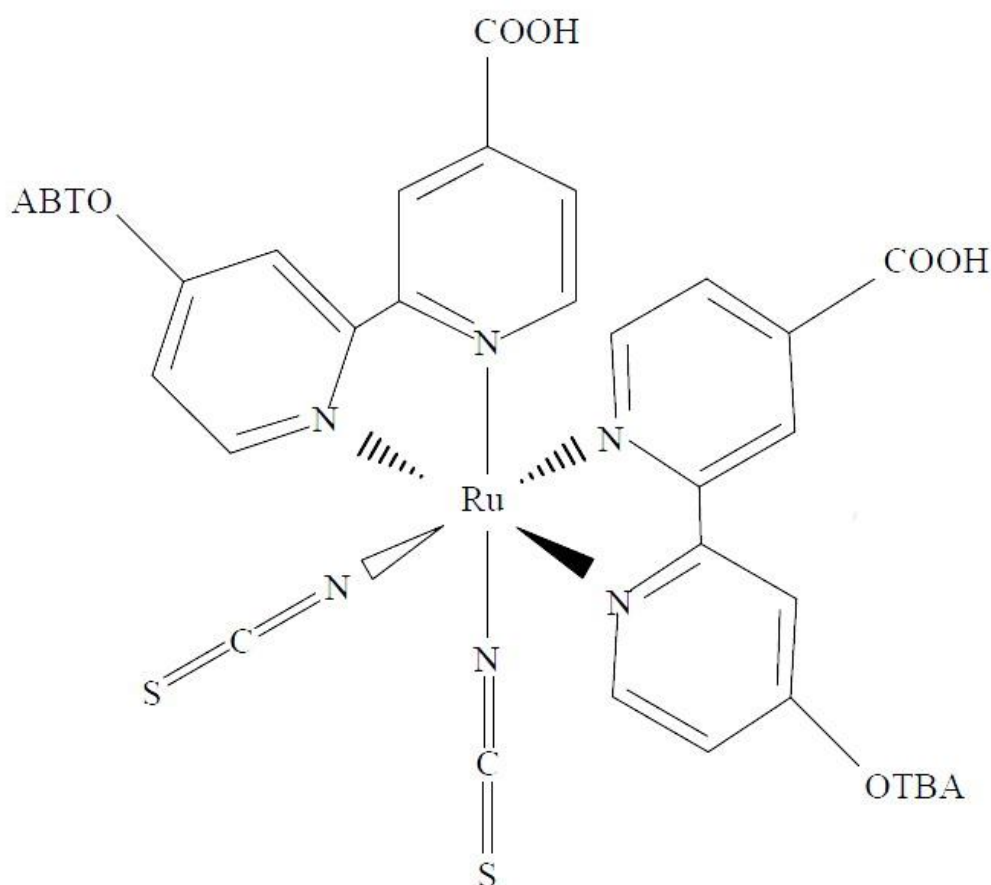
	化學式	英文全名
醋酸鋅	$(\text{CH}_3\text{COOH})_2\text{Zn} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Zinc Acetate
聚乙烯醇	PVA	Poly Vinyl Alcohol
乙醇	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	Ethyl Alcohol
二氧化鈦	TiO_2	Titanium(IV) Oxide
冰醋酸	CH_3COOH	Acetic Acid, Glacial
丙酮	$(\text{CH}_3)_2\text{CO}$	Acetone
硝酸鋁	$\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	Aluminium nitrate
氯化錫	$\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Tin(IV) chloride
染料(N719)		
界面活性劑		
電解液 ($\text{I}_2 + \text{KI}$ + 丙醯碳酸酯)		

3-1-2 染料 N719 介紹

N719 染料中含有 NCS 配位基，此配位基屬於推電子基，可當作電解液中氧化還原對傳輸電子之受體(acceptor)，因而染料之再生(regeneration)效率可以較高。

除此，NCS 可讓電子密度增加，而使染料之吸收可以紅位移(red shift)，並擴展至近紅外光。

圖 3-1 N719 結構式



3-2 器材

表 3-2 器材名稱

加熱板	水浴鍋	溫度計	燒杯	磁石	保鮮膜
橡皮筋	研鉢組	滴管	天平	蒸發皿	玻棒
蠟燭	尖頭夾子	針筒	竹籤	長尾夾	AB 膠
鋁箔紙	3M 膠帶	大片玻璃板		塑膠放置圓盤	

3-3 儀器設備

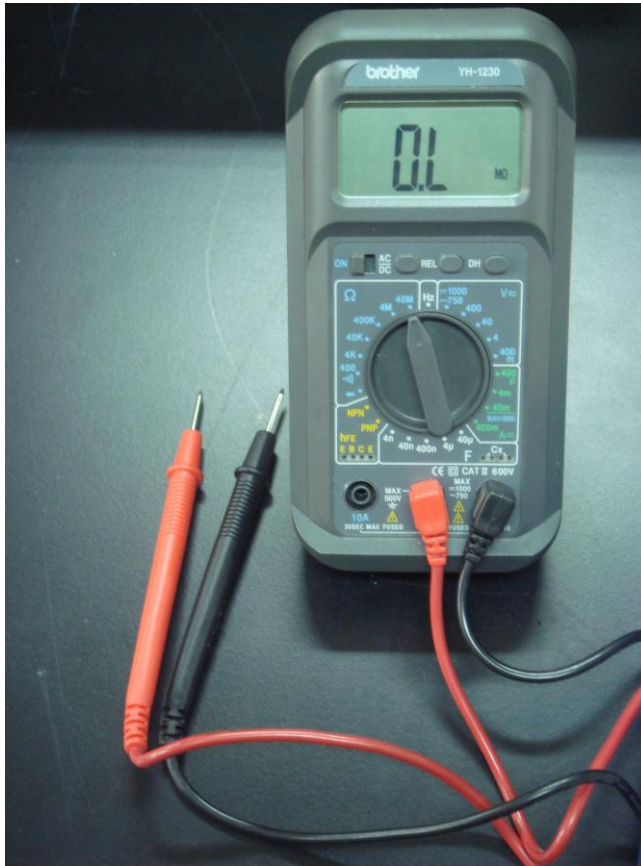
1. 天秤



2. 加熱板



3. 三用電錶



4. 超音波震盪機



5. 離心式塗佈機



6. 高溫爐



7. 烘箱



8. 紫外線及可見光光譜儀(UV)



9. 模擬太陽光檢測儀(IV)



四. 實驗步驟與流程

4-1 前置步驟

1. 清洗玻璃

- (1). 先用洗潔劑浸泡玻璃或 ITO 玻璃 3min 並用超音波清洗
- (2). 拿起後用自來水清洗乾淨
- (3). 再用去離子水超音波 3min
- (4). 自來水在清洗一次
- (5). 放進 120°C 烘箱烘乾

2. 溶液配置

① 醋酸鋅原液配置

- (1) 稱 2.19g 醋酸鋅
- (2) 加 10ml 水
- (3) 依序加入 1g 乙醇，3g 冰醋酸
- (4) 在加入不同摻雜物藥品劑量(SnCl_4 或 $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ，0.5%~3.0%)
- (5) 水浴 1 小時

② 原液的稀釋和增稠

- (1) 取 4g 原液
- (2) 依序加入 1g 乙醇，1g 冰醋酸，5g10% PVA
- (3) 水浴 20~30 min



圖 4-1 藥品秤重

4-2 薄膜的塗佈和熱處理

1. Dip-coating(浸漬塗佈法)

- (1) 利用三用電表確定 ITO 導電面
- (2) 將導電面浸入上述溶液中中，30 秒
- (3) 用面紙將多餘的溶液吸除(玻璃與面紙呈 90 度)
- (4) 擦乾背面
- (5) 加熱版烘乾(不宜過熱，大約 100°C)
- (6) 重複塗佈步驟三次
- (7) 進 500°C 高溫爐、熱處理 1.5hr

2. Spin-coating(旋轉塗佈法)

- (1) 利用三用電表確定 ITO 導電面
- (2) ITO 玻璃固定於塗佈機，將導電面朝上。
- (3) 用注射針筒在 ITO 導電面上滴滿溶液
- (4) 開啟塗佈機，第一階段轉速達 800rpm 30 秒，第二階段轉速達 1500rpm 30 秒。
- (5) 將 ITO 玻璃放入 100°C 烘箱中 3min 乾燥之
- (6) 重複步驟(2)至(5)共 3~5 次



圖 4-2 Spin ZnO

4-3 組合電池

- (1) 準備以上好膜的 ITO 玻璃
- (2) 四邊貼上 3M 膠
- (3) 均勻塗上 TiO_2
- (4) 進高溫爐 500°C
- (5) 浸泡染料 18 小時
- (6) 另一片 ITO 玻璃上碳層
- (7) 將兩片結合
- (8) 用 PE 膜和 AB 膠封三邊
- (9) 利用針筒將沒封邊處灌入電解液
- (10) 用 AB 膠完全封存
- (11) 以長尾夾固定
- (12) 立即用鎢絲燈照明測其電壓
- (13) 再用太陽光模擬儀測量

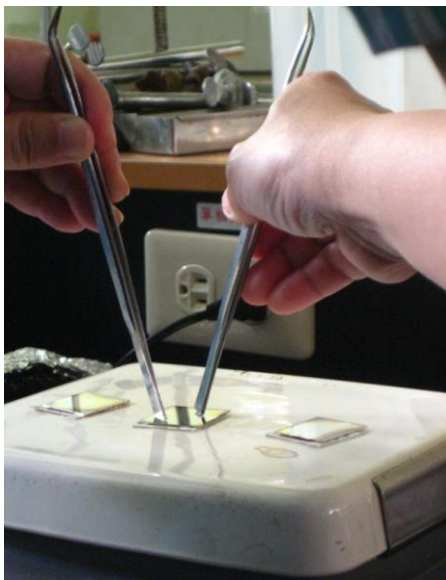


圖 4-3-1 固定太陽能電池

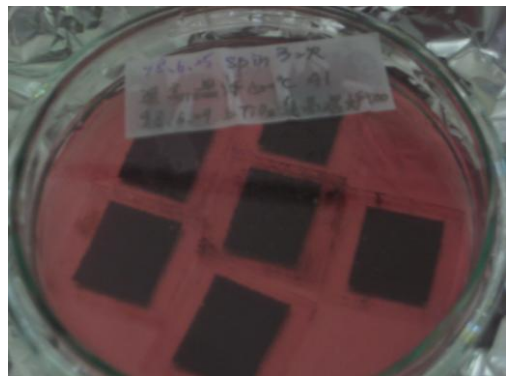


圖 4-3-2 染料浸泡

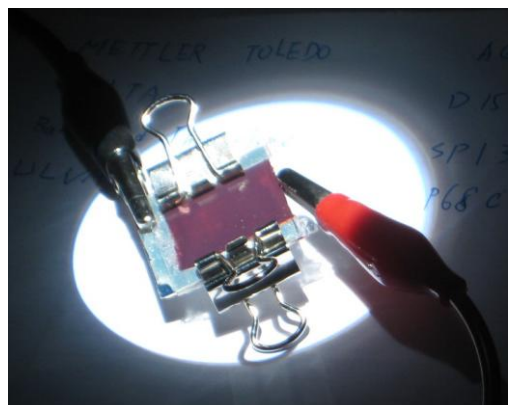
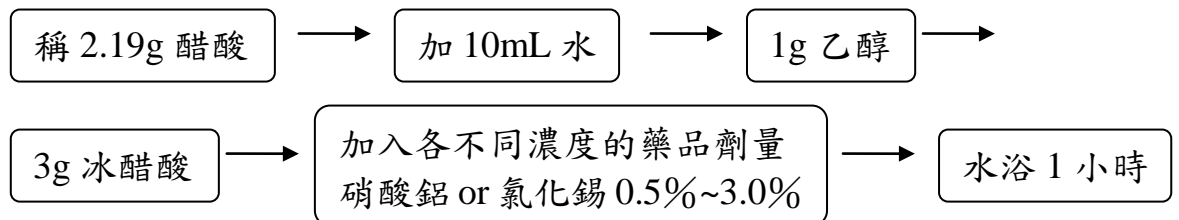


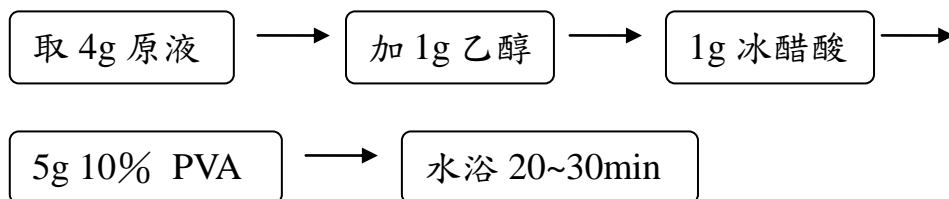
圖 4-3-3 模擬太陽光檢測

4-4 流程圖

1、溶液配製

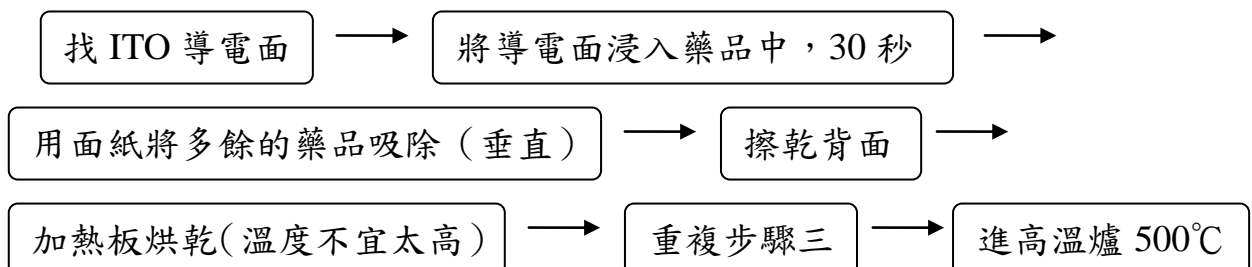


2、溶液的稀釋和增稠



3、成膜

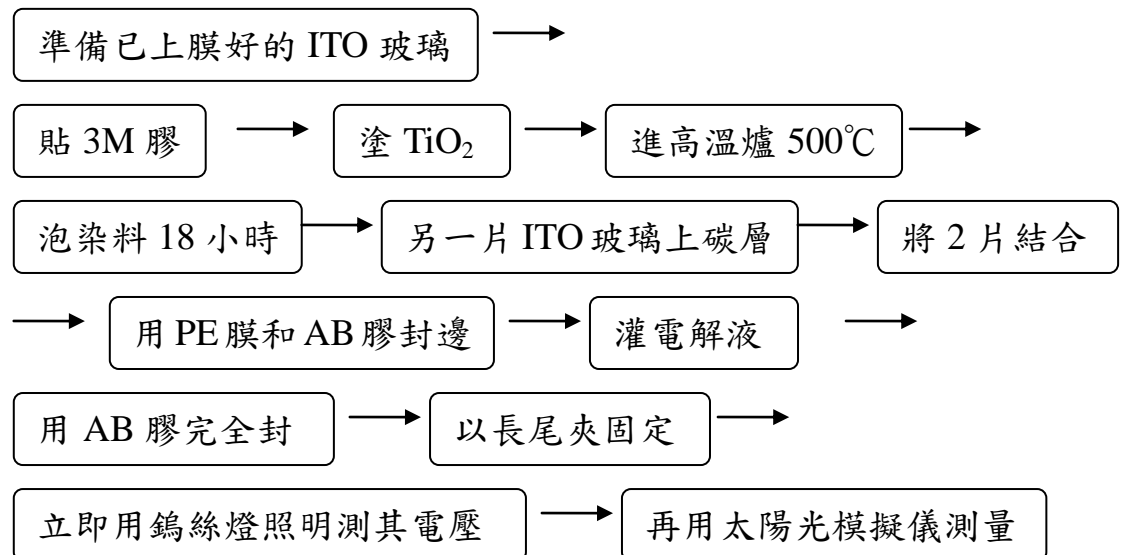
①dip



②spin



3、組電池



4-5 製成照片



圖 4-5-1 研磨 TiO_2 粉末

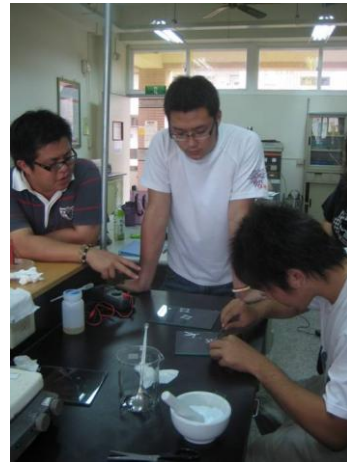


圖 4-5-2 塗抹 TiO_2 層

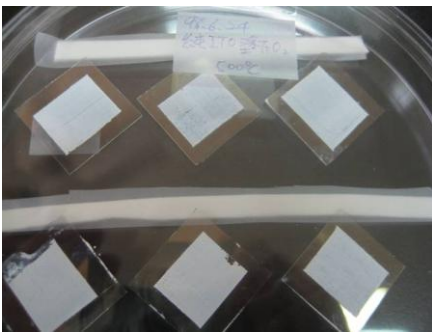


圖 4-5-3 進高溫爐燒結後

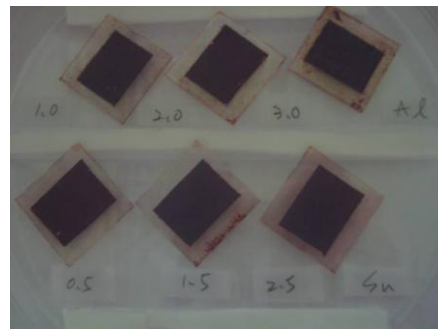


圖 4-5-4 浸泡染料 18 小時



圖 4-5-5 灌電解液

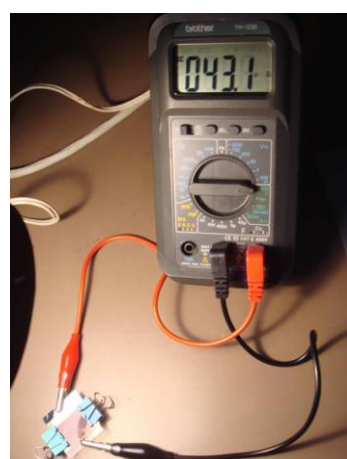


圖 4-5-6 以鎢絲燈簡易測量
開路電壓及短路電流

五、實驗結果與數據

5-1 導電度的測量

1. 市售 ITO 玻璃 平均 R_s 27.135 Ω/\square

2. dip-coating 浸漬法

(1) 表 5-1-1

試樣 dip Al/Zn at%	$R_s(\Omega/\square), 25^\circ\text{C}$	$R_s(\Omega/\square), 500^\circ\text{C}$
0.5	$>4 \times 10^7 \Omega$	18.1M Ω
1.0	$>4 \times 10^7 \Omega$	6.6M Ω
1.5	$>4 \times 10^7 \Omega$	3.5M Ω
2.0	$>4 \times 10^7 \Omega$	4.60M Ω
2.5	$>4 \times 10^7 \Omega$	2.98M Ω
3.0	$>4 \times 10^7 \Omega$	6.3M Ω

(2) 表 5-1-2

試樣 dip Sn/Zn at%	$R_s(\Omega/\square), 25^\circ\text{C}$	$R_s(\Omega/\square), 500^\circ\text{C}$
0.5	$>4 \times 10^7 \Omega$	—
1.0	$>4 \times 10^7 \Omega$	28 M Ω
1.5	$>4 \times 10^7 \Omega$	—
2.0	$>4 \times 10^7 \Omega$	—
2.5	$>4 \times 10^7 \Omega$	29.5 M Ω
3.0	$>4 \times 10^7 \Omega$	—

3. spin-coating 旋轉法

(1) 表 5-1-3

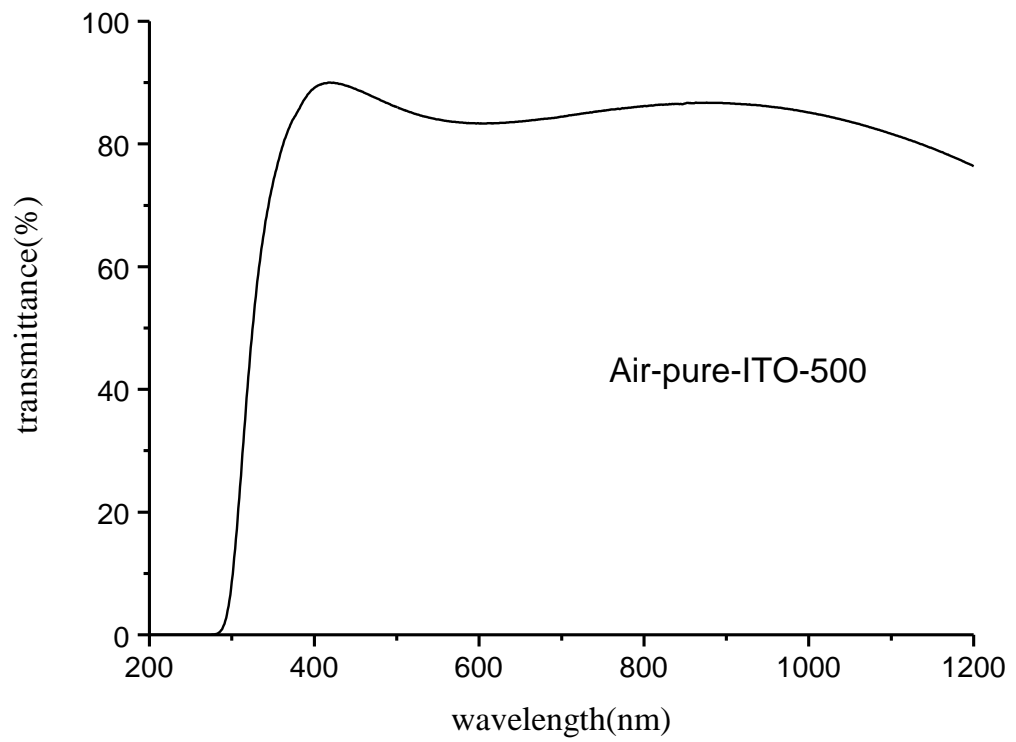
試樣 spin 3 Al/Zn at%	$R_s(\Omega/\square), 25^\circ\text{C}$	$R_s(\Omega/\square), 500^\circ\text{C}$
0.5	—	0.100K Ω
1.0	—	0.125 K Ω
1.5	—	0.140 K Ω
2.0	—	0.175 K Ω
2.5	—	0.185 K Ω
3.0	—	0.200 K Ω

(2) 表 5-1-4

試樣 spin 3 Sn/Zn at%	$R_s(\Omega/\square), 25^\circ\text{C}$	$R_s(\Omega/\square), 500^\circ\text{C}$
0.5	—	0.185K Ω
1.0	—	0.200 K Ω
1.5	—	0.130 K Ω
2.0	—	0.175 K Ω
2.5	—	0.145 K Ω
3.0	—	0.135 K Ω

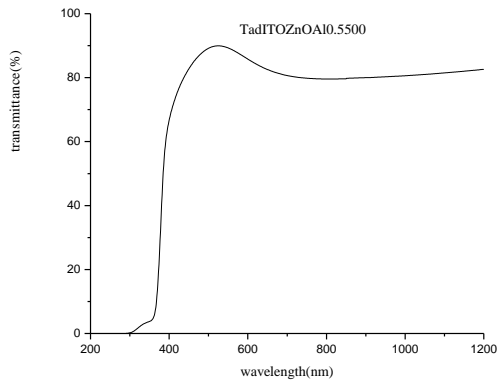
5-2 UV-vis-ble 吸收光譜的測定

5-2-1 市售 pure ITO

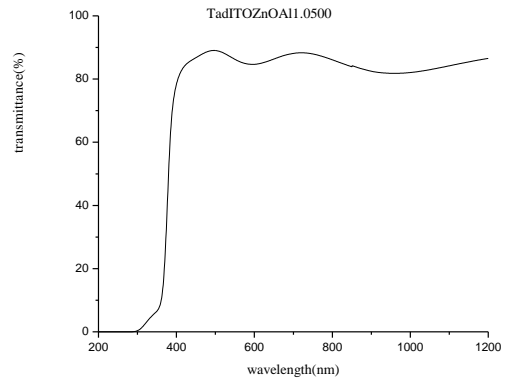


5-2-2 air/Al/ZnO/ITO dip-coating 500°C

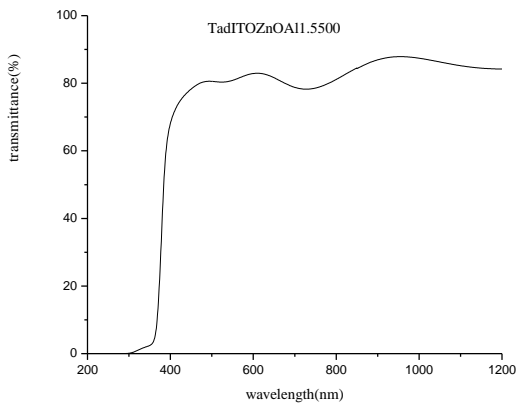
(1) Al 0.5%



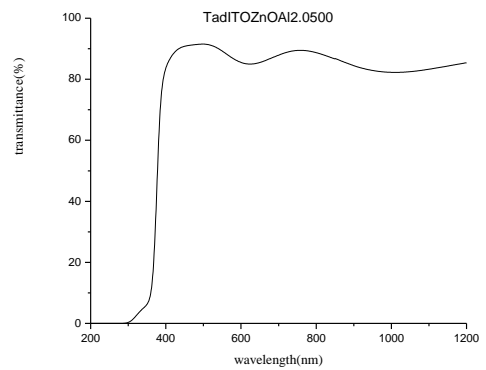
(2) Al 1.0%



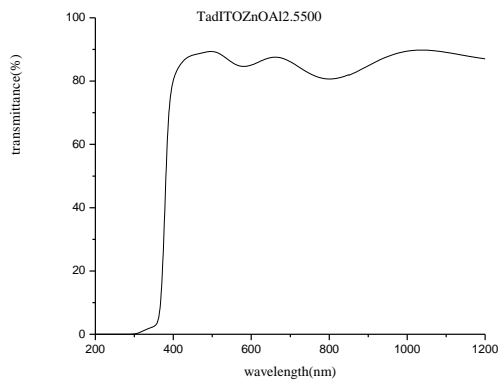
(3) Al 1.5%



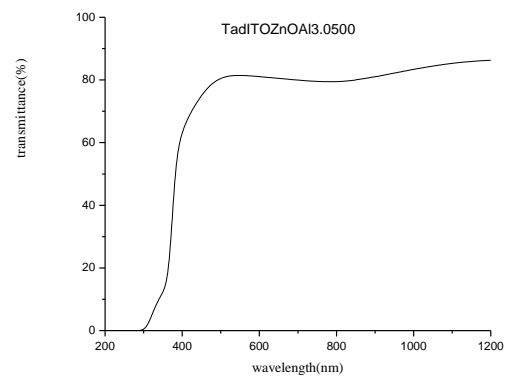
(4) Al 2.0%



(5) Al 2.5%

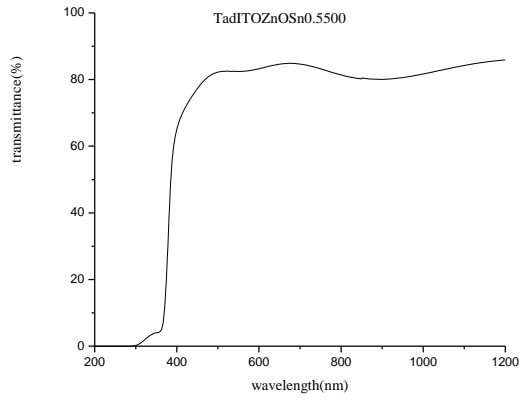


(6) Al 3.0%

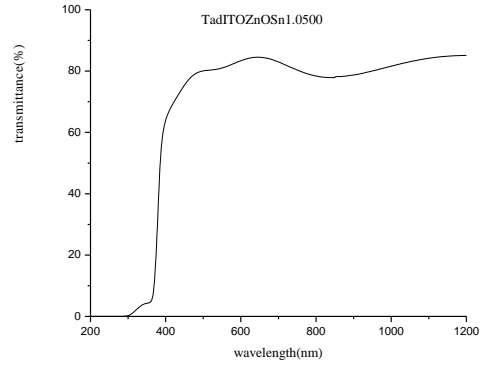


5-2-3 air/ Sn /ZnO/ ITO dip-coating 500°C

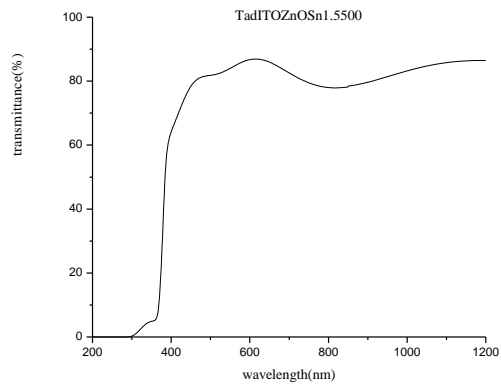
(1) Sn 0.5%



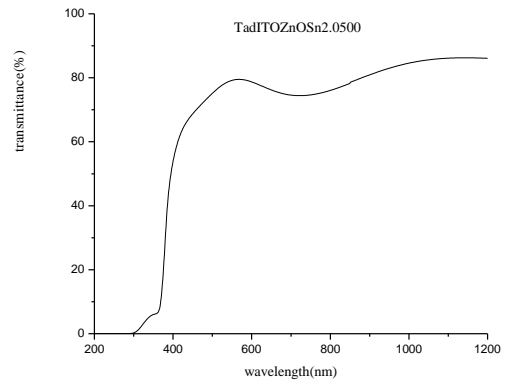
(2) Sn 1.0%



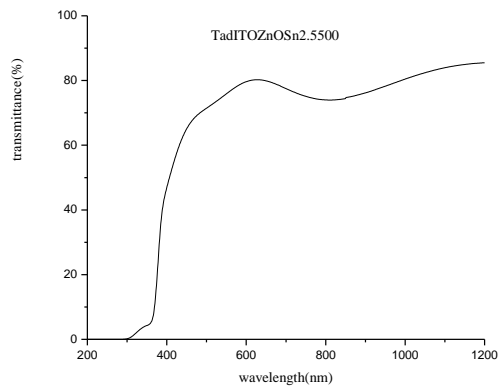
(3) Sn 1.5%



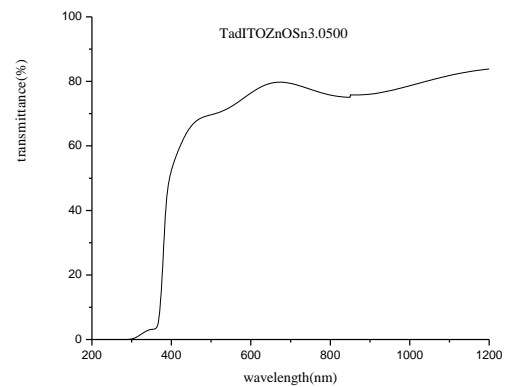
(4) Sn 2.0%



(5) Sn 2.5%

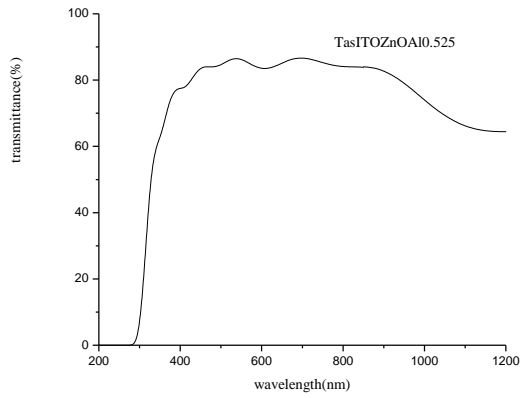


(6) Sn 3.0%

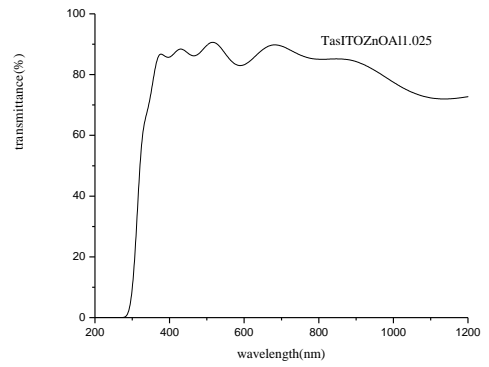


5-2-4 air / Al / ZnO / ITO spin-coating 25°C

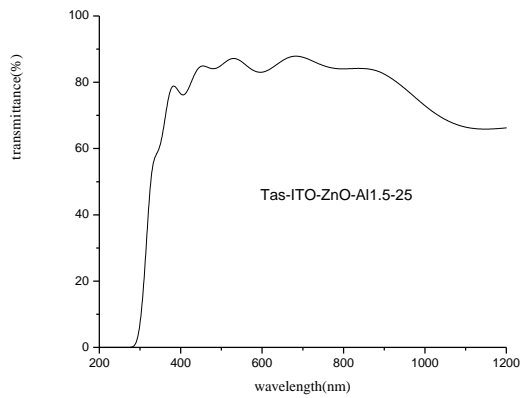
(1) Al 0.5%



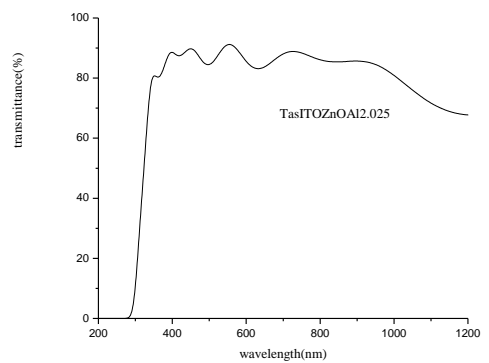
(2) Al 1.0%



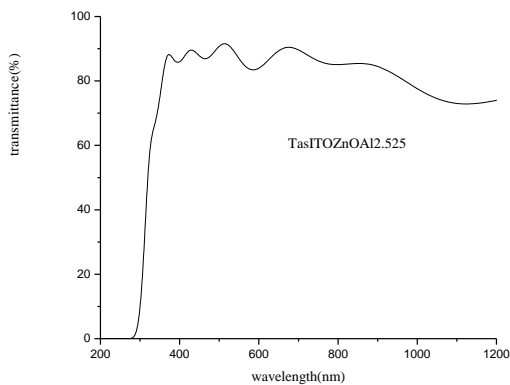
(3) Al 1.5%



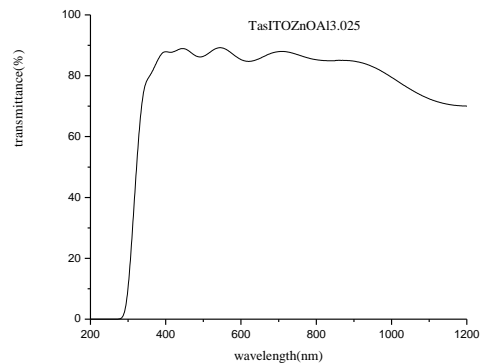
(4) Al 2.0%



(5) Al 2.5%

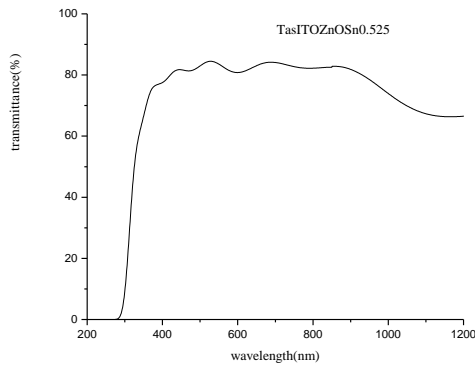


(6) Al 3.0%

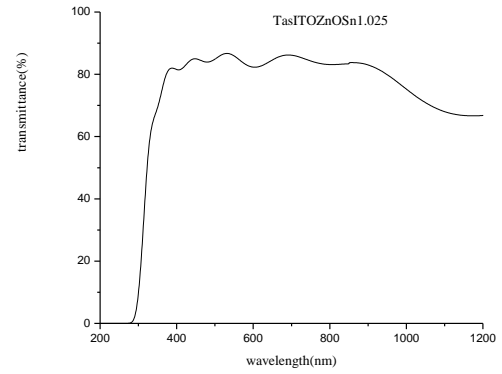


5-2-5 air/ Sn /ZnO/ ITO spin-coating 25°C

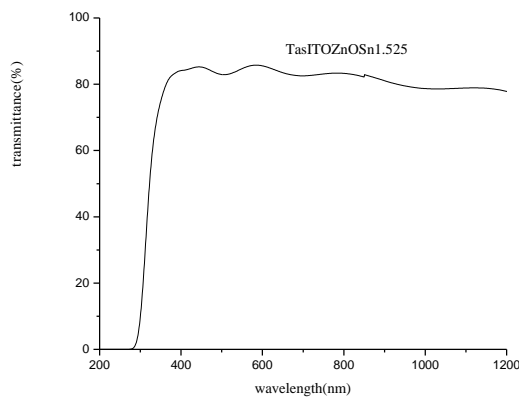
(1) Sn 0.5%



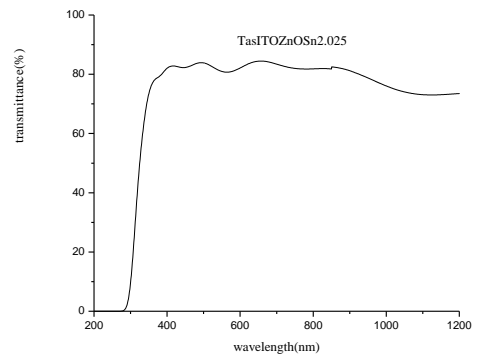
(2) Sn 1.0%



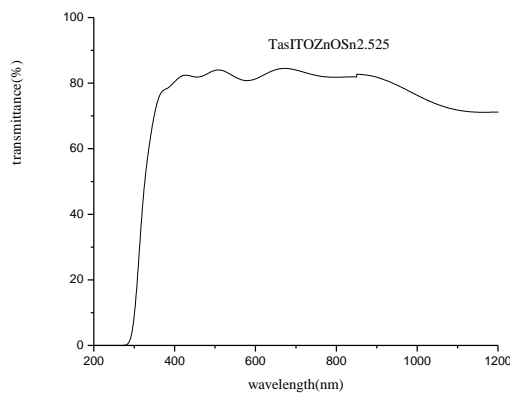
(3) Sn 1.5%



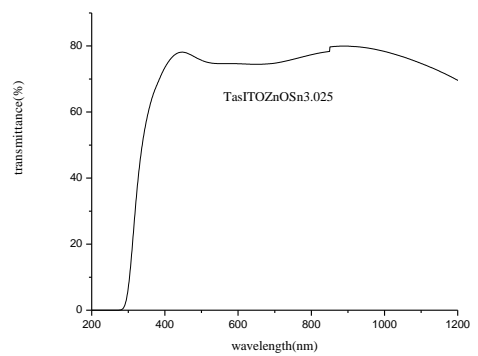
(4) Sn 2.0%



(5) Sn 2.5%

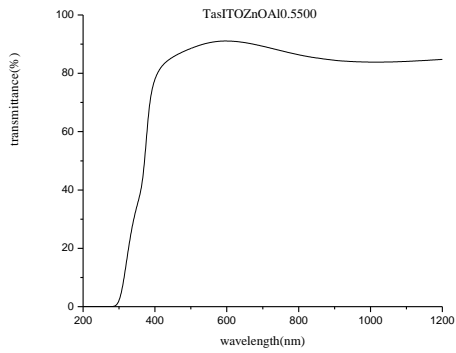


(6) Sn 3.0%

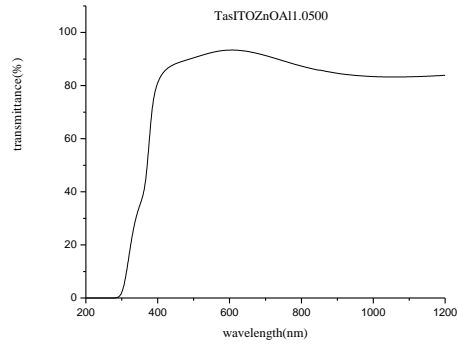


5-2-6 air/Al/ZnO/ITO spin-coating 500°C

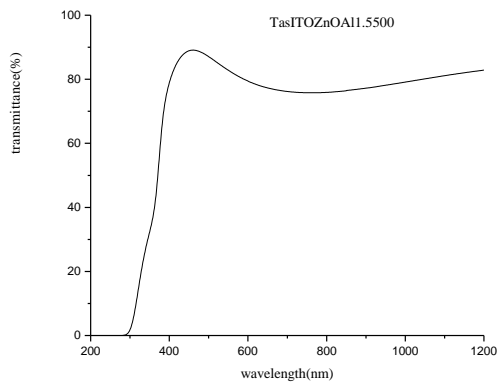
(1) Al 0.5%



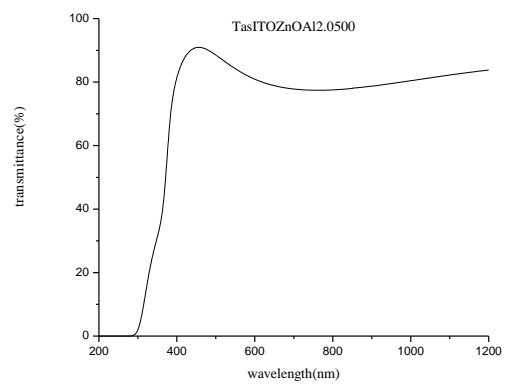
(2) Al 1.0%



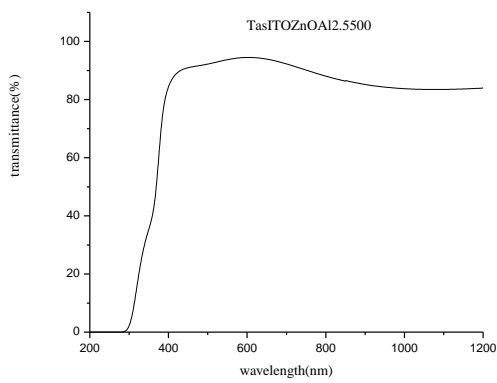
(3) Al 1.5%



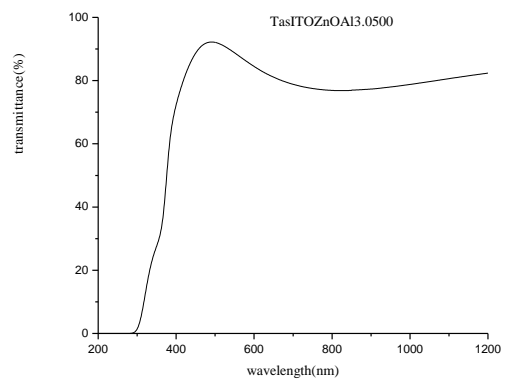
(4) Al 2.0%



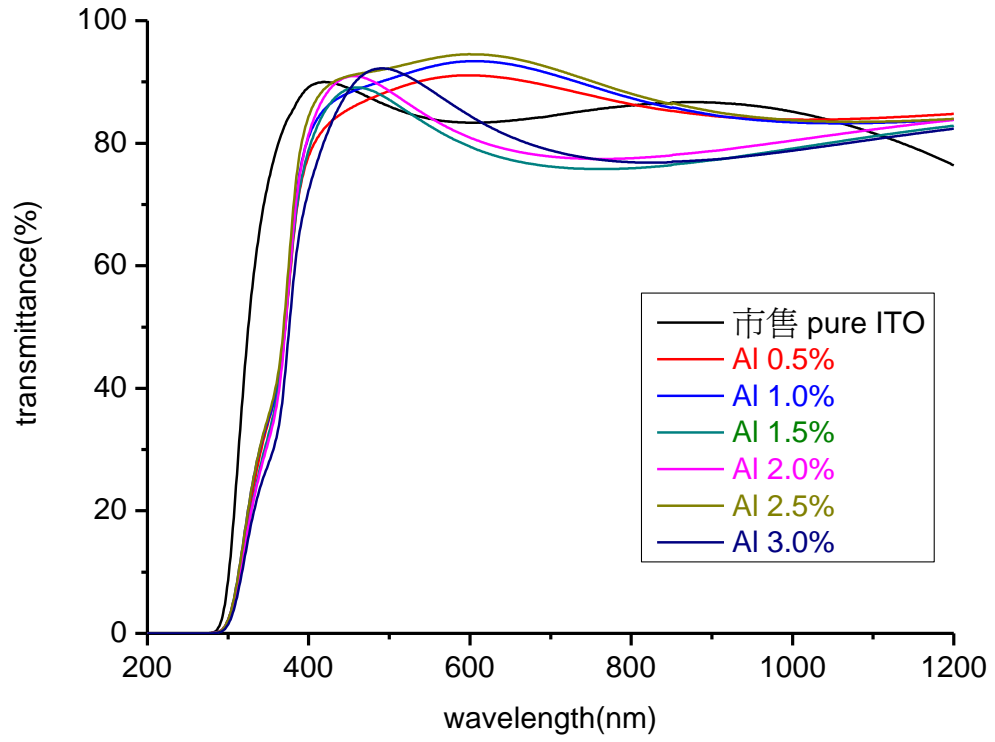
(5) Al 2.5%



(6) Al 3.0%

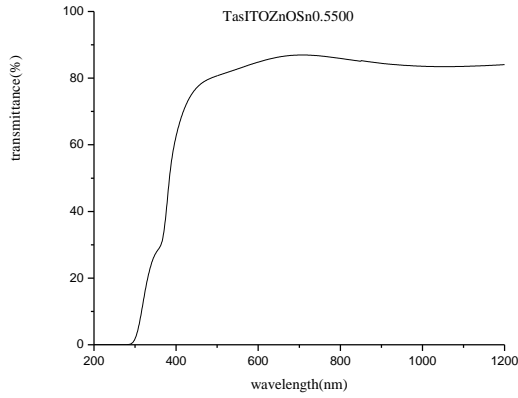


(7) 圖 5-2-6 pure ITO & Al 0.5%~Al 3.0%之合圖

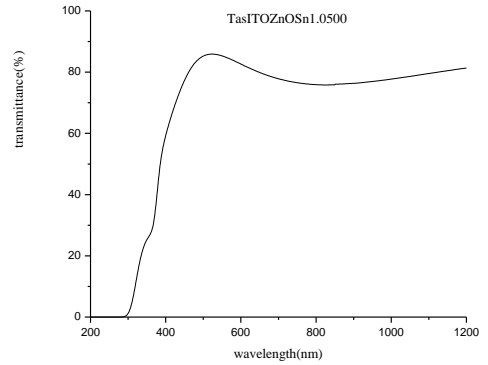


5-2-7 air/ Sn /ZnO/ ITO spin-coating 500°C

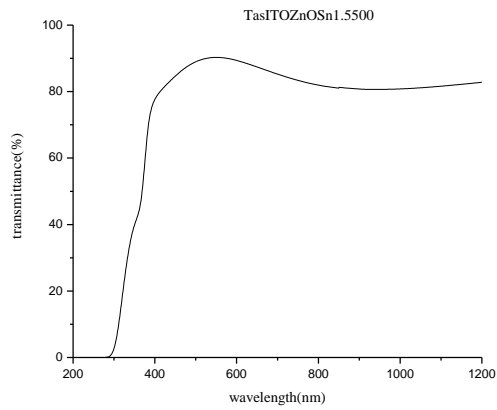
(1) Sn 0.5%



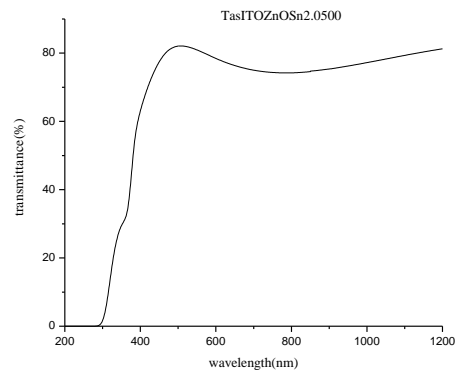
(2) Sn 1.0%



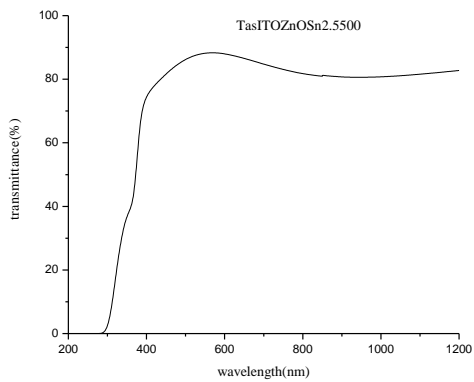
(3) Sn 1.5%



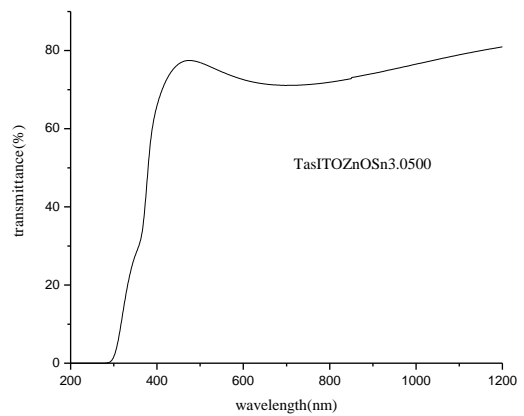
(4) Sn 2.0%



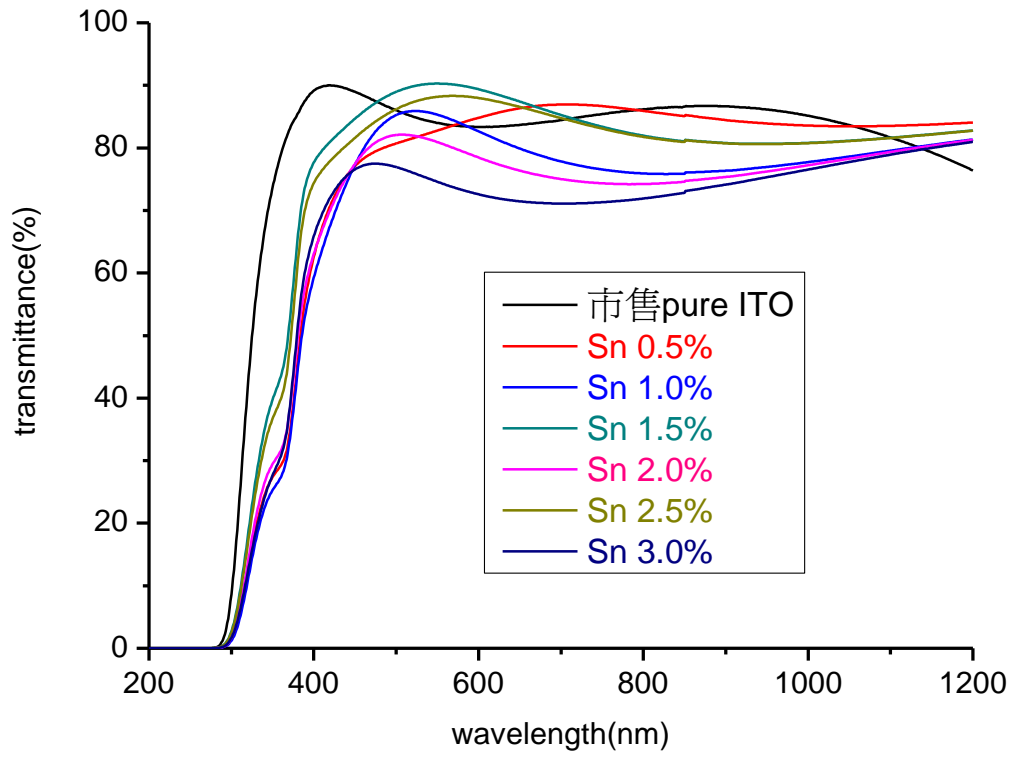
(5) Sn 2.5%



(6) Sn 3.0%



(7) 圖 5-2-7 pure ITO & Sn 0.5%~Sn 3.0%之合圖



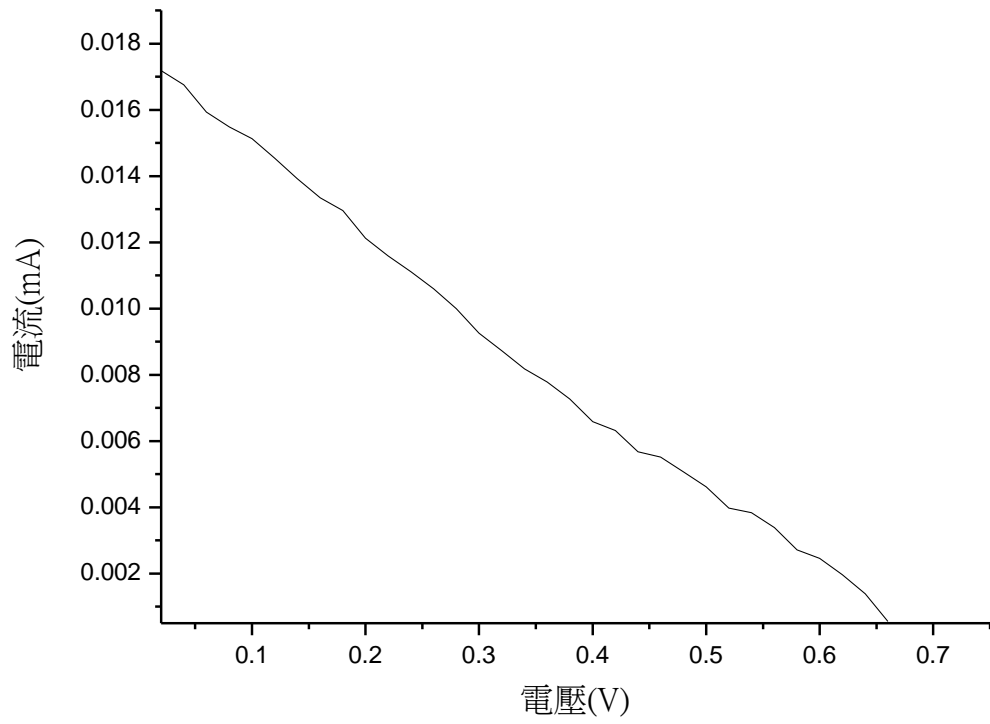
5-2-8 開路電壓(Voc)及短路電流(Isc)的測定數據

表 5-2-8 在鎢絲燈下測的 Isc、Voc 數據

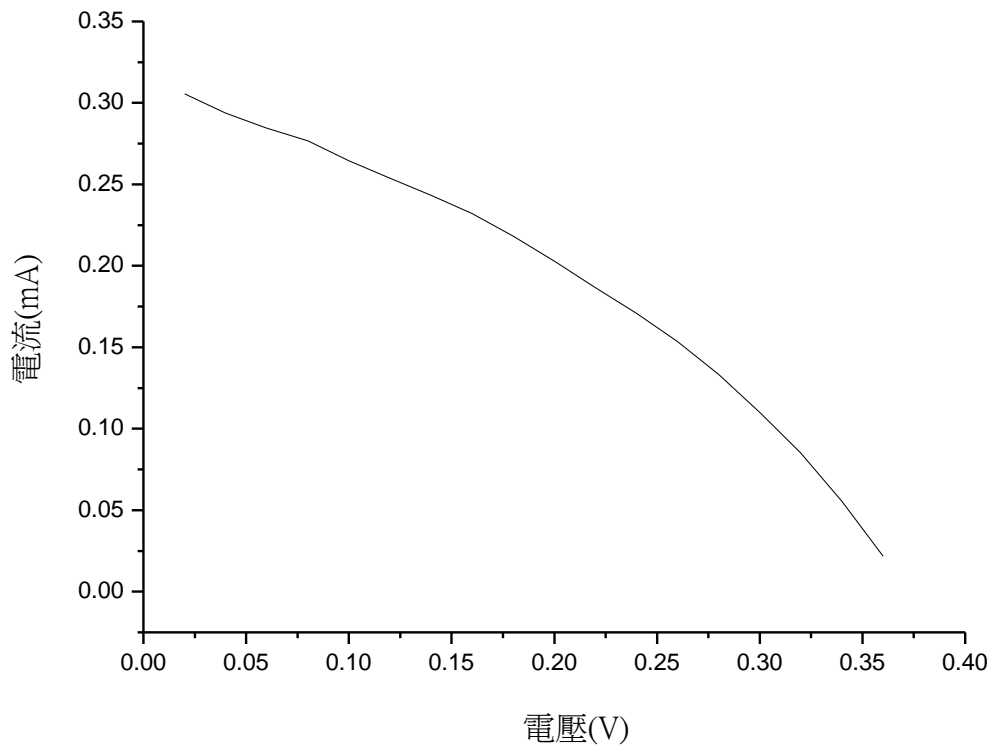
電極	Isc	Voc
TiO ₂ /ITO	80 μ A	0.453V
ZnO/A10.5%/TiO ₂ /ITO	80 μ A	0.49V
ZnO/Sn 1.5%/TiO ₂ /ITO	0.5mA	0.133V
ZnO/Sn 2.0%/TiO ₂ /ITO	8.1mA	0.477V
ZnO/Sn 2.5%/TiO ₂ /ITO	6.4mA	0.05V

5-3 IV 曲線的測定

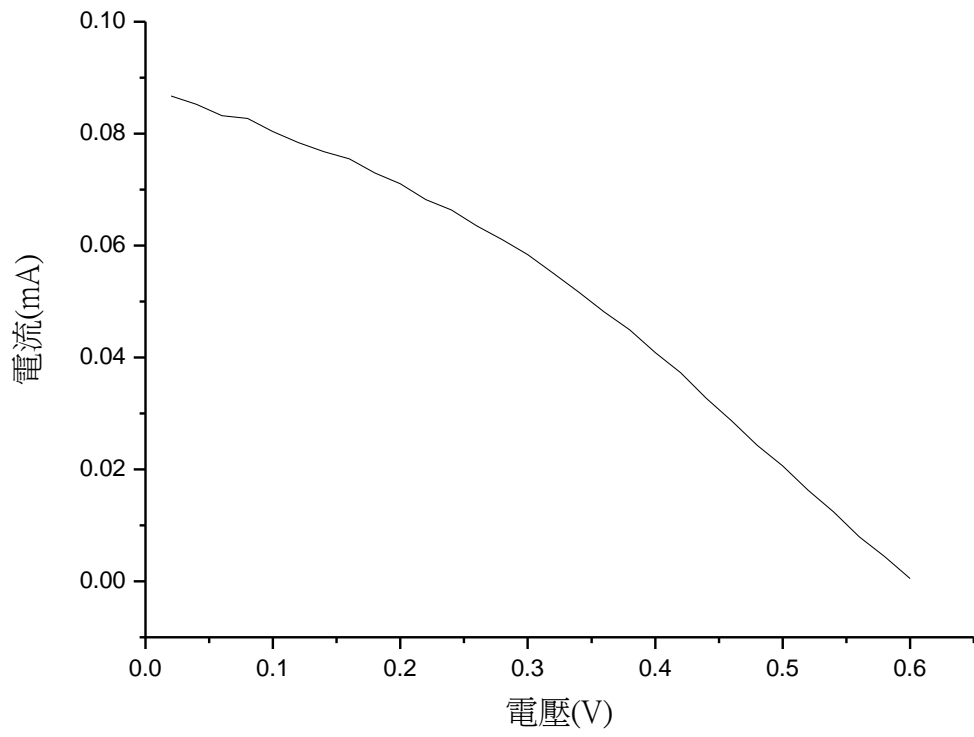
5-3-1 pure TiO₂



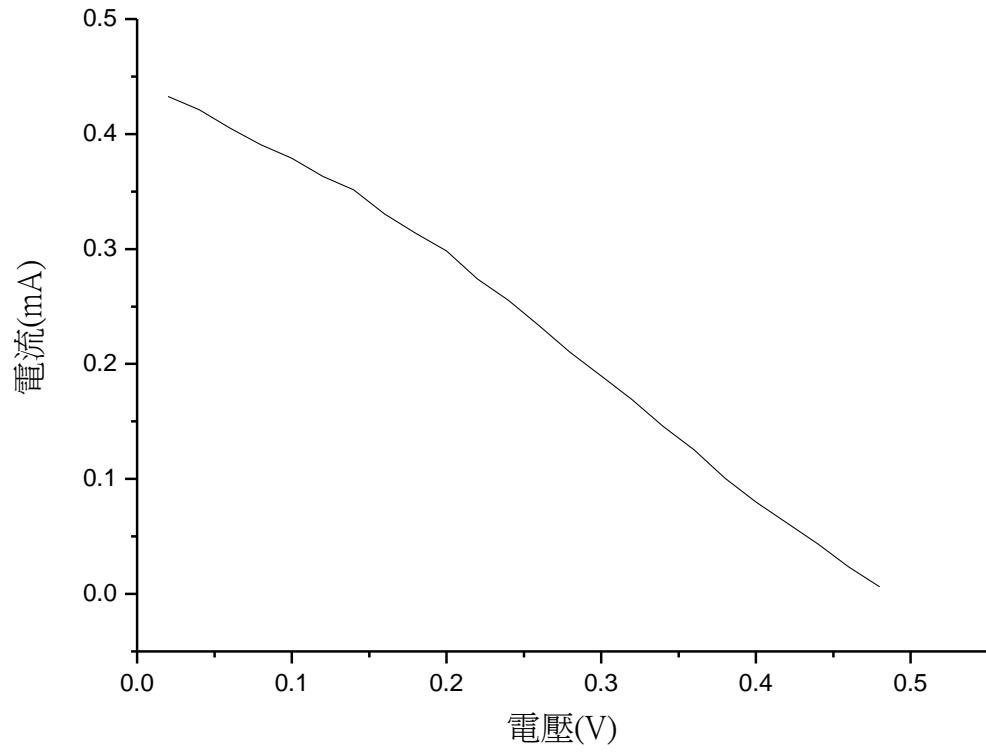
5-3-2 Spin ZnO – Al 0.5 %



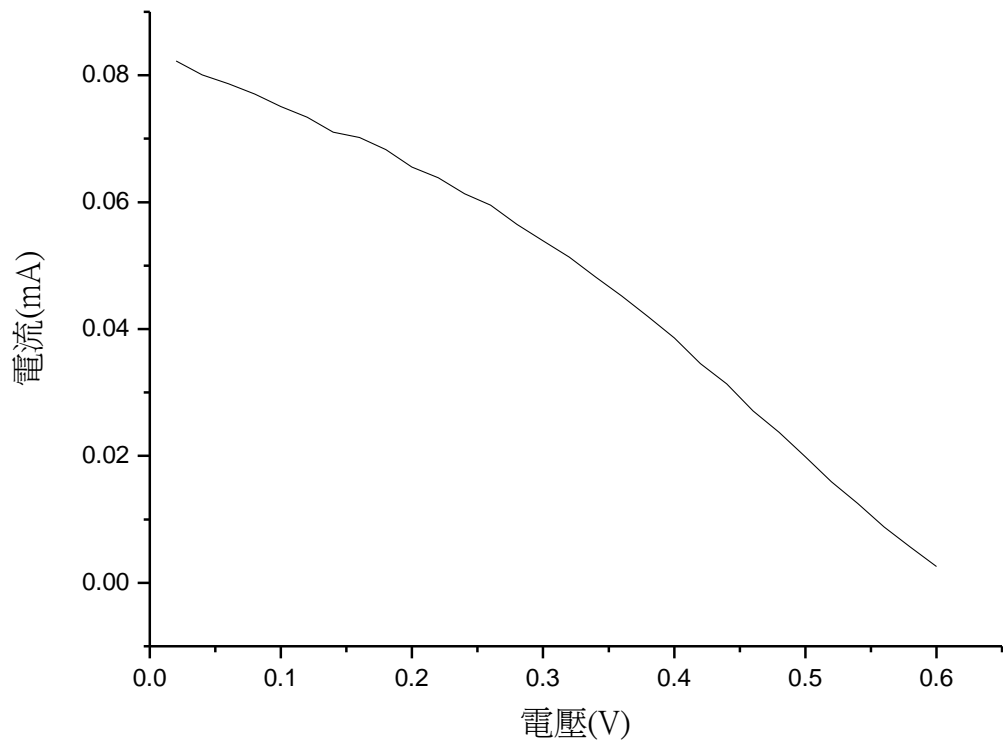
5-3-3 Spin ZnO—Sn 1.5 %



5-3-4 Spin ZnO—Sn 2.0 %



5-3-5 Spin ZnO—Sn 2.5 %



六、討論

6-1 比較不同成膜法（旋轉法和浸漬法）所製備的 ZnO 塗層對 ITO 玻璃導電度的影響

- 1、由 5-1 的實驗結果顯示，ITO 玻璃在塗佈 Sn / ZnO 及 Al / ZnO 塗層之後，在 25°C 熱處理之下，其片電阻值 (R_s) 均大於 $4 \times 10^7 \Omega/\square$ 以上，但經過 500°C 熱處理之後，其 R_s 值隨即下降。
- 2、由實驗結果得知，由旋轉塗佈法製備的試片在 500°C 熱處理後其 R_s 均低於由浸漬法所製備的試片。達成這種結果的原因，很可能是因為旋轉塗佈法所製備的試片，其試片表面的平坦度較佳，故其 R_s 值較低。

6-2 ZnO 塗層對 ITO 玻璃在 UV-vis-ble (200nm—800nm) 光譜區之 穿透度的影響

1、圖 5-2-1 是市售 ITO 玻璃的 UV-Visible 光譜穿透圖譜，圖 5-2-6 和 5-2-7 分別是 ITO 玻璃塗佈上 Al/ZnO 塗層和 Sn/ZnO 塗層之試片的穿透圖譜。由上述圖譜的比較分析，得知 Al/ZnO/ITO 和 Sn/ZnO/ITO 等試片，其在 UV 光譜區的吸收緣都發生向長波長位移的現象。此結果說明，Al/ZnO 和 Sn/ZnO 塗層均可以增加 ITO 玻璃對光波長吸收的廣度。

6-3 染敏電池 IV 曲線的分析及光電轉換效率 η

1、圖 5-3-1 是以市售 ITO 玻璃作為染敏太陽能電池(DSSC)電極的 I-V 曲線圖，其測定的電池光電轉換效率(η)為 6.726×10^{-3} 。

2、圖 5-3-2 是以 ITO 玻璃塗佈 Al0.5%/ZnO 塗層作為 DSSC 電極的 I-V 曲線圖，其測定的電池光電轉換效率(η)為 8.215×10^{-2} 。

3、圖 5-3-3、5-3-4、5-3-4 分別為 ITO 玻璃塗佈 Sn1.5%/ZnO、Sn2.0%/ZnO 和 Sn2.5%/ZnO 效率(η)分別為 3.524×10^{-2} 、 1.226×10^{-1} 、 3.285×10^{-2} 。

4、由 6-4 結果得知 Al/ZnO 和 Sn/ZnO 塗層的增加均對 TiO₂ DSSC 的光電轉換效率(η)均有提昇作用、以 TiO₂/Sn2.0%/ZnO/ITO 電極的改善率最大。

1、TiO₂/ITO (FA) 取平均 $\eta = 6.726 \times 10^{-3}$

2、ZnO/Al 0.5%/TiO₂/ITO $\eta = 8.215 \times 10^{-2}$

3、ZnO/Sn 1.5%/TiO₂/ITO $\eta = 3.524 \times 10^{-2}$

4、ZnO/Sn 2.0%/TiO₂/ITO $\eta = 1.226 \times 10^{-1}$

5、ZnO/Sn 2.5%/TiO₂/ITO $\eta = 3.285 \times 10^{-2}$

6-4 染料電池光電轉換效率的改善

表 6-4 光電轉換效率

電極	η %	改善率 (倍)
① TiO ₂ /ITO (FA)	0.0056	1
② ZnO/A10.5%/TiO ₂ /ITO	0.082	14.7
③ ZnO/Sn 1.5%/TiO ₂ /ITO	0.035	7
④ ZnO/Sn 2.0%/TiO ₂ /ITO	0.123	22
⑤ ZnO/Sn 2.5%/TiO ₂ /ITO	0.033	5.9

七、結論

1. 本專題已成功製得 TiO_2 染敏太陽能電池之 ZnO 塗層，並有效增加染敏太陽能電池的光電轉換效率達 22 倍之多。
2. 由實驗結果可知，Spin 塗佈法比 Dip 塗佈法的成膜效果來得均勻，試片的平坦度較好。
3. 在 ITO 玻璃上添加 Al/ZnO 和 Sn/ZnO 塗層，由 UV 光譜吸收圖上可知，光譜區的吸收緣都發生向長波長位移的現象，此結果說明 Al/ZnO 和 Sn/ZnO 塗層均可以增加 ITO 玻璃對光波長吸收的廣度，以 $\text{TiO}_2/\text{Sn}2.0\%/\text{ZnO}/\text{ITO}$ 電極的改善率最大。且參雜了添加物對 ITO 玻璃的透光度不會有影響。

八、參考資料

行政院國家科學委員會

[http://www.nsc.gov.tw/_newfiles/popular_science.asp?add_year=2005
&popsc_aid=68](http://www.nsc.gov.tw/_newfiles/popular_science.asp?add_year=2005&popsc_aid=68)

維基百科

<http://zh.wikipedia.org>

博碩士論文聯邦查詢系統

<http://fedetd.mis.nsysu.edu.tw>

台大尖端奈米材料中心

http://nanost.ntu.edu.tw/lab_6.pdf

微系統暨奈米科技協會

http://www.nma.org.tw/News-nm/news_more.asp?vrlSh4llIe7iBxL65k
oh=

中央研究院

<http://www.sinica.edu.tw/as/advisory/journal/15-1/55-58.pdfj5/>

中華智慧資產經營管理學會

<http://www.ipama-age.org/news/A20081204.html>

[http://ck10628.spaces.live.com/Blog/cns!B464FC89830FEE3E!8365.e
ntry](http://ck10628.spaces.live.com/Blog/cns!B464FC89830FEE3E!8365.entry)

<http://www.sinica.edu.tw/as/advisory/journal/15-1/55-58.pdf>

<http://www.ipama-age.org/news/A20081204.html>