

台灣二〇〇二年國際科學展覽會

科 別：化學科

作品名稱：聚對位苯基乙烯高分子合成及發光二極體製作與
性能研究

得獎獎項：化學科佳作 儲備代表

學 校：國立桃園高級中學

作 者：標淑媛

作者簡介

經歷過無數的的比賽我發現到作科學實驗仍是我心中最喜歡的活動。自小父母並沒有刻意的栽培，只是經常帶我到圖書館看書。那時我就對有關自然科學方面有很大的興趣，參加了這次的展覽，其實爸媽曾有反對一陣子。因為聽到這個實驗有點危險性，說什麼就是不讓我去。雖然如此我還是毅然決然的投入其中，當中我也曾經跟他們溝通並保證絕對會注意自己的安全他們才慢慢接受。

這將進半年多的訓練課程及實驗過程確實讓我學到了不少的東西，非常謝謝時常幫助我的老師及學長、學姊。教了我許多在實驗中的技巧，使我能順利的完成實驗。雖然有遇到幾處的困難及失敗，但憑著我的毅力及信心。最後這些問題都迎刃而解，而這給我莫大的勇氣使我能更堅定的走上這條研究之路。

2002 台灣國際科學展覽會作品說明書

科別：化學

題目：聚對位苯基乙烯高分子合成及發光 二極體製作與性能研究

關鍵詞：聚對位苯基乙烯、高分子發光二極體、導電高分子

中文摘要：

高分子發光二極體為導電高分子之熱門研究課題，因具有低成本、製程簡易、可大面積化之優點為無機高分子發光二極體所缺乏，所以受到學術界與工業界之注目。由於高分子發光二極體具有廣視角、高響應速度、低驅動電壓、可製成撓曲式元件等特質，極具成為下一世代顯示器之潛力。高分子聚苯胺為高分子發光材料中，具有低驅動電壓與高發光效率之優點，故本研究將之選為電洞傳遞層材料。但唯一缺點就是不易溶於溶劑中，所以在實驗中有安排質子酸摻雜的步驟，就是為了要改變高分子的電性、磁性、光學性質或結構，同時導電度也隨之增加。本研究以 ITO 基板改質及無電極電鍍為研究主軸，以此來增加其之性能。改質 ITO 基板目的，是希望使得 ITO 陽極表面平坦化且可促使電洞注入，進而增加發光層材料附著力與阻隔電子直接導入陽極之特性，故可增加元件之發光亮度。而使用無電極電鍍法，因為其不須通電就能進行電鍍的反應，形成的薄膜也很均勻。所以採用無電極電鍍法，來完成電鍍的步驟。

Abstract：

The polymer light emitting diodes is one of the most important study projects in the field of the conducting polymer due to the low production costs、simple production process、great surface products that the organic light emitting diodes can not achieved.

The purpose of this study is try to utilize the polyaniline as the electric hole transfer layer, and the MEH-PPV as the light emitting layer. The disadvantages of the polyaniline are the low solubility in solvents that was improved by doping proton acids. The performance of the indium-tin oxide was improved by the self-assembling method that made the surface of the ITO became more smooth to help the electric hole injection of electrons. And the aluminum cathode was produced by the electrode less plating.

壹、研究動機：

對於發光二極體大家一定非常的陌生，當我看到這個名詞時，我也是什麼都不懂，但是我知道，經由它所產生的產品，如智慧型窗戶、導電塑膠、電容器、發光二極體（顯示器）、抗靜電塗料、太陽電池、.....於是我非常的好奇到底為什麼，它能夠經由那麼低的電壓就能產生不錯的發光效率。但我發現到它的缺點就是其在生活應用中：穩定性、再現性、感應速度、靈敏度不佳，所以我針對增加其穩定性來加以研究分析，以得到性能更好的導電高分子。最後我以循環伏安法及電位電流圖來探討研究之結果。

貳、研究目的：

因為高分子發光二極體有自發光、高亮度、廣視角、高答應速度、低驅動電壓、全彩、製程簡易、可製成撓曲式元件之特性。對於高科技有很大的經濟價值，而 MEH-PPV 是因具有低驅動電壓和高發光效率之特點，製程非常簡單，有極大的研究與開發之空間。故選其作為此次研究之主題。

我們的目標有七：

- 一、做出簡單發光二極體
- 二、熟悉高分子發光二極體：了解其幾次重要的研究史、結構圖、發光原理、相關原理、重要學術理論、實驗組裝、分析結果，作為我們之預備知識。
- 三、預備實驗：先從我們的資料找出簡單發光二極體之實驗方法，依其照作一遍。找出在實驗中之優、缺點。
- 四、結構分析：做出來的東西，我不能馬上斷定那一定是發光二極體。所以需要一些精密的儀器，幫助我了解此物質之結構來判定。
- 五、數據整理及分析：將所有的數據統整並加以分析解釋，以證明做出來的物質為發光二極體。
- 六、設計實驗：當各方面的基本知識都已成熟，根據我們在預備實驗中發現其實驗之優劣點，由此下手來設計實驗。從我們查到的資料找出更好的代替方法，以增加發光二極體各方面之功能。
- 七、運用在生活：因其特點之多，可用很多地方。像是可以做防靜電塗漆、燈管....經濟又實惠。

參、文獻回顧

在日新又新的 Y 世代，你是否發現到：苯胺導電高分子因具有相當有趣的光學性質與市場潛力^[2、15、16、23、31]，所以成為近年來導電高分子領域的研究焦點之一；所以會往往大吃一驚，咦？玻璃會變色呢^[21、22、24]！塑膠會導電喔^[24、25、26、33、34、35]！未知的新發明充斥在我們的生活中。想必你一定很有興趣探討其中原因為何。「導電高分子」這個名詞對某些人一定蠻陌生的

吧？據我所翻閱到的文獻可知，導電高分子對我們現今生活有很大的助益【18·22·23·24】，若研究得出來，導電高分子在未來應可成爲最尖端的科技【21·22·23·24·25】。在實驗中，我以聚苯胺爲最基本的素材，因爲其價格低、在空氣中的穩定性也佳，還有進行酸摻雜之特性【3·9·10·11·19·25·31·39】。但聚苯胺不易溶於於一般的有機溶劑中【8·9·18·36·37·38·39】，所以增加其溶解度，就是其問題之一。還有聚苯胺的單體合成，聚合反應及摻雜反應【3·9·10·18·38】，其中有機材料-苯胺寡聚體可經摻雜後於不同掃描電位時所產生之可逆顏色變化而提供變色性能【10·14·17·19·20·25·27·32】，如此改變導電高分子聚苯胺，變色時因重複摻雜後鍵角扭曲而產生剝落，此步驟算是整個實驗中的踏板，因爲這個實驗可造成高分子的電性、磁性、光學性質或結構發生巨大的改變，同時導電度也隨之增加，因此尚有改善之空間【9·10·12·13·18·19·24·27·36·37】。ITO 玻璃的的薄膜的厚度、均勻度，也會影響到導電的程度【1·13·17·18·20·28·29·36】。發光層的材質、電子傳輸的能隙長短，也是眾多影響因素之一【7·13·19·20·27】還有各種影響因素電極材料、苯胺單體濃度與電解質濃度對電流密度、苯胺薄膜厚度、表面電阻、UV-VIS 光譜吸收波長以及表面型態結構之影響【16·17·29·31】都是科學家急於研究的【27·28·29·35·36·37·38·39】。吾人所要做的就是改變其某種物質以達到最強之功能，也就是以低電壓就能達到發光度最大，進一步運用在生活上。導電高分子近十年的發展非常蓬勃其具有非常大的應用價值。利用其介於半導體、導電間大範圍的導電之特性，其實用性非常佳，可作爲導體、電子元件、電磁波遮蔽體、抗靜電塗佈，應用其摻雜及去摻雜之行爲可發展爲可反覆充電式電池、展示器、化學檢測儀、酒精感測計、有機二次電池、電變色材料，如防磁塗漆、高分子電池、智慧型變色窗戶...【10·13·15·16·24·25·26·30·31·32·33·34·35·36】。目前爲止雖有數種導電性高分子產品成功的商業化，且在合成方法、電化學性質、物理性質、結構鑑定等，已有詳盡的研究報告，但在導電機構、反應機構、理論基礎方面之了解仍不足，所以不管在學術研究或應用開發方面皆爲深具潛力的新興材料【15·21·22·23·24·29·31·32·33·35·36】。

肆、實驗藥品：

- | | | | |
|----------|---------|-------------|--------|
| 一、4-甲氧基酚 | 二、乙醇 | 三、2-乙基己基溴 | 四、乙醚 |
| 五、去離子水 | 六、硫酸鎂 | 七、甲氧基鈉 | 八、冰塊 |
| 九、甲苯聚合物 | 十、冰醋酸 | 十一、氫溴酸 | 十二、正己烷 |
| 十三、四氫夫喃 | 十四、鋅片 | 十五、第三丁基醇 | 十六、苯胺 |
| THF | | 鉀氧化物 | |
| 十七、鹽酸 | 十八、過硫酸銨 | 十九、氫氧化銨 | 二十、甲醇 |
| 二一、氫氧化鈉 | 二二、CSA | 二三、PANI-CSA | |

伍、儀器設備：

- | | | | |
|---------|-------|----------|--------|
| 一、真空乾燥箱 | 二、瓶塞 | 三、燒瓶 | 四、天秤 |
| 五、漏斗 | 六、玻璃棒 | 七、過濾器 | 八、橡皮塞 |
| 九、濾紙 | 十、膠帶 | 十一、旋轉塗佈機 | 十二、冷凝管 |

- | | | | |
|----------|---------|----------|-----------|
| 十三、漏斗架 | 十四、分液漏斗 | 十五、滴管 | 十六、溫度計 |
| 十七、滴定管 | 十八、去離子水 | 十九、進水塑膠管 | 二十、 |
| 二一、出水塑膠管 | 二二、秤量紙 | 二三、鐵環 | 二四、鐵架 |
| 二五、石綿心網 | 二六、酒精燈 | 二七、磁石攪拌器 | 二八、超音波洗淨器 |
| 二九、安全眼鏡 | 三十、橡膠手套 | 三一、量筒 | 三二、廣用試紙 |
| 三三、針筒 | 三四、真空幫浦 | 三五、保溫筒 | 三六、藥匙 |

陸、實驗:

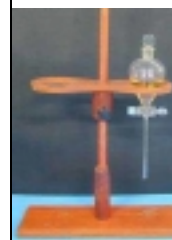
一、MEH-PPV 單體合成

實驗步驟：

1. 取 30 克純度 99% 4-甲氧基酚，溶在 300 毫升乙醇。
2. 冰浴至 0~5°C，再加入 35 克甲氧基鈉(溫度會急速上升)。
3. 溫度回到室溫後，慢慢滴入 50 克 2-乙基己基溴，需耗
4. 60 分鐘。此系統在室溫下反應 30 分鐘。
5. 加熱迴流，反應 24 小時，要攪拌，至溫度回到室溫便停止，加入等量的乙醚和去離子水。
6. 進行萃取，將所得之上下 2 層溶液分開收集，乙醚可萃取生成物，去離子水可洗剩餘的鹽類。揮發乙醚後會得到淡褐色之澄清溶液。



圖一：加熱迴流及萃取裝置



二、MEH-PPV 製備

實驗步驟：

1. 將實驗 1 之產物 50 毫和甲苯聚合物 12.7 克溶約，200 毫升冰醋酸，再加 72 毫升氫溴酸，於 65°C 下反應 4 小時。
2. 當反應溫度回到室溫時，加入大量的去離子水，過濾此沉澱物後，用正己烷溶解它。
3. 加熱至一定的溫度後靜置溶液，使其達到室溫再冰浴，讓長晶體析出。
4. 最後將純化後的產物過濾抽乾並保存。



圖二：黃褐色之澄清液體



圖三：MEH-PPV 的單體

三、MEH-PPV 之單體聚合

實驗步驟：

1. 取 2 克純化後之單體溶在 25 毫升四氫呋喃 THF。
2. 溶解後，將反應之系統冰浴並通氮氣。
3. 以針筒緩慢滴入 12 毫升第三丁基鉀氧化物，攪拌幾分鐘，溶液會變黃色，系統需攪拌 3 小時，加熱迴流 1 小時。



圖四：MEH-PPV 的成品

4. 將上面之溶液加入大量的甲醇，使其沉澱、過濾並保存。

四、聚苯胺聚合

實驗步驟：

1. 取 9 毫升純度 99.8% 之苯胺溶於 1000 毫升 1M (以 NaCl 滴定 HCl 之濃度是否有達到 1M) 的鹽酸水溶液中，預冷 3~5°C。
2. 再緩慢加入 100 毫升過硫酸銨，持續攪拌 2 小時置反應完全。(反應過程中有顏色的變化為淡藍色→藍綠色→銅綠色→綠色沉澱)。
3. 將反應後之溶液過濾並重複用去離子水沖洗置濾液至無色，將沉澱物移至甲醇中，攪拌並過濾。
4. 將聚合物移至 1000 毫升 1M 的鹽酸水溶液中攪拌隔夜後過濾。
5. 於 60~80°C 下真空乾燥 8 小時，綠色聚合物懸浮於 1000 毫升 1M 之氫氧化銨水溶液，攪拌 6 小時，過程中加入 1M 之氫氧化銨水溶液以維持 pH=9。
6. 過濾藍色聚合物，室溫真空乾燥 24 小時。

五、聚苯胺之摻雜

實驗步驟：

1. 聚苯胺取 9.05 克與 11.62 克的 CSA 溶於 100 毫升的純乙醇於溫度 60°C 攪拌 30 分後，冷卻至室溫。
2. 乙醇以真空揮發移除，再移至真空烤箱中乾燥 24 小時。
3. 取 4 克的 PANI-CSA 和 96 克的 THF，在溫度 60°C 攪拌 24 小時。
4. 以 5um 之孔洞濾膜過濾密封保存。

六、磺酸化聚苯胺之合成(實驗尚在進行中)

實驗步驟：

1. 聚苯胺取 0.5 克，加入 40 毫升之 30% 發煙硫酸，攪拌 3 小時 (發煙硫酸先預冷 0~5°C)。
2. 40 分鐘內，加入 200 毫升之甲醇，再加 100 毫升之丙酮，使之沉澱。將沉澱物過濾，以甲醇沖洗直至此 pH 為 7。
3. 室溫真空乾燥 24 小時。用 0.5 克的沉澱物加在 20 毫升之 0.1M 氫氧化鈉水溶液中，顏色為紫色。
4. 再以濃縮機移除水分，移至真空烤箱，室溫真空乾燥 24 小時。
5. 紫色粉末 0.5 克加入 500 毫升之 1M 鹽酸水溶液中，攪拌 55 小時。
6. 水分以濃縮機抽乾，再將粉末移至真空考箱，室溫真空乾燥 24 小時。



圖五：正在與鹽酸進行摻雜的聚苯胺



圖六：初步的成品



圖七：經氨水去摻雜後的聚苯胺



圖八：經樟腦磺酸摻雜後的聚苯胺

七、ITO 玻璃蝕刻(實驗尚在進行中)

實驗步驟：

1. 將 ITO 玻璃基板圖樣化
2. 用膠帶將不要蝕刻的地方貼起來
3. 配製蝕刻藥水 (50°C 的硝酸/鹽酸/水 = 1/12/12 (v/v))
4. 在溶液中泡 2 分鐘，完成後以大量的水沖洗。

八、ITO 玻璃清洗(實驗尚在進行中)

實驗步驟：

1. 將蝕刻好的基板放在約 5°C 的去離子水中，用超音波震盪 10 分鐘後，以大量清水沖洗。
2. 最後以異丙醇蒸洗 10 分鐘。

九、MEH-PPV 與聚苯胺成膜之法

實驗步驟：

MEH-PPV

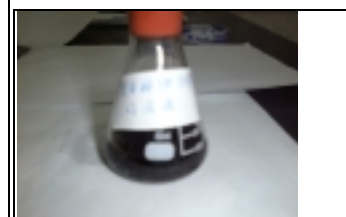
1. 將反應所得高分子固體以 6.0 毫克/毫升溶甲苯，以 5 μ m 之孔洞濾膜過濾。
2. 再以旋轉塗佈法成膜。

聚苯胺

1. 聚苯胺以 4 克/96 克無水 DMSO 之比形成溶液，以 5 μ m 之孔洞濾膜過濾。
2. 再以旋轉塗佈法成膜。



圖九：MEH-PPV 之溶液



圖十：聚苯胺的溶液

自組實驗

十、ITO 基板改質(實驗尚在計畫中)

實驗步驟：

1. 基板用 RCA 配方，於 55~60°C 清洗 75 分鐘。
2. 放在真空烤箱 (160~170°C) 烘 150 分鐘。
3. 在氮氣流冷卻至室溫。
4. 200 毫升之矽化浴在 95°C 改質 ITO 表面 2 小時，這個步驟不能有水汽的影響。
5. 以 200 毫升甲基化浴於 25°C 改質基板矽化物末端之胺基 3 小時 (應置黑暗處)。
6. 用 HPLC-methano (50ml x 2)、去離子水 (50ml x 1)、IPA(50ml x 1) 清洗。
7. 在氮氣流中乾燥。

十一、以無電極電鍍鍍上鈣膜及鋁膜(實驗尚在計畫中)

實驗步驟：

1. 取一改質後的 ITO 玻璃，放入自製電鍍槽中。倒入 2ml 之 10% 的硝酸鈣。
2. 逐滴加入濃氨水，用磁石攪拌器以慢速攪拌。
3. 電鍍槽中的硝酸鈣溶液可能會先出現沉澱，繼續滴入濃氨水，使沉

澱完全溶解，成爲澄清的溶液。

4. 再倒入 10%的葡萄糖溶液約 5ml，並充分混和後，放入熱水浴中靜置數分後，即可見 ITO 表面出現鈣膜。
5. 循 1~4 的方式，再以硝酸鋁爲電鍍液，鍍上鋁膜即可。

十二、電化學循環伏安法

實驗步驟：

1. 將做出發光二極體和伏特計並聯並和安培計串聯。
2. 電壓以-0.2v、-0.3v、-0.4v.....0.8v 遞增，觀察安培計電流的變化並做紀錄。
3. 電壓以 0.8v、0.7v、0.6v.....-0.2v 遞減，觀察安培計電流的變化並做紀錄。

十三、電位-電流曲線圖

實驗步驟：

1. 將製成的發光二極體接上電源供應器、伏特計及安培計，並記錄結果。

十四、亮度-電壓曲線圖(實驗尚在計畫中)

1.用具：

燈泡	三用電表	光敏電阻	發光二極體
自製暗箱	馬錶	電源供應器	

2.實驗步驟

把電源供應器及發光二極體串聯接好，用一顆燈泡使其點亮。在暗箱中進行實驗，一開始就紀錄發光二極體的電壓，暗箱裡光敏電阻的電阻值，然後再定時測量電池的電壓及光敏度的電阻值，並記錄數據。

柒、研究過程：

一、聚苯胺性能研究：

文獻上有關聚苯胺性能的研究非常多，有關聚苯胺的合成方法、結構鑑定分析、氧化還原特性的測定、導電度的測定、發光度的測定都有很詳盡的報導。但爲了使我們對導電高分子有深入的了解，我們計劃合成聚苯胺，並分析其各種特性並與文獻比較。合成方法如下：(1) 化學合成法 (2) 電化學合成法。

二、聚對苯乙炔發光二極體製作：

高分子發光二極體由英國劍橋大學研究群發展出後，引起世人譽爲取代無機發光二極體的明日之星。其主要優點爲低驅動電壓，可製作大面積顯示元件，具撓曲性，可做成可捲折的電池或螢幕。但其缺點也不少，如壽命不長、發光效率不高，促使各界極力研究如何改善其缺點的方法。我們也嘗試以雙層式或多層式發光二極體，即增加電子傳遞層或電洞傳遞層來降

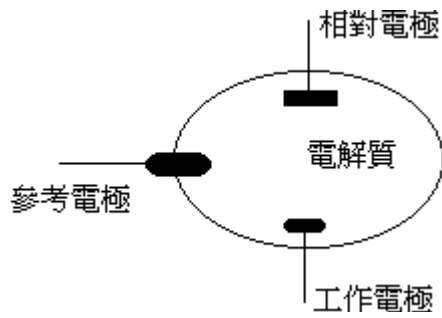
低驅動電壓及增加亮度及使用壽命。

1. 銻錫氧化物 ITO 導電玻璃表面清洗：文獻指出 ITO 表面性質與元件性質有關，以洗液、超音波、紫外線、臭氧等清洗所得元件壽命不同，但因各製程條件不一，很難有定論。
2. 自身組合法製作正極：由於導電高分子與 ITO 之間附著性易受製程條件影響，表面性質不一。而以自身組合法製作正極，可使導電高分子在 ITO 表面排列規則，進而增加使用壽命及發光效率。因此擬比較此兩種方法的差異性。
3. 陰極低功函數金屬鍍膜：為減少兩極能隙的差異，一般使用低功函數金屬如鋰，但鋰活性大易受空氣中水氣及氧影響，因此改用 Ca 或 Al。將 Ca 或 Al 鍍在陰極的方法多為真空蒸鍍、濺鍍法，但由於高中無此項設備，因此擬以電鍍法在 ITO 或石墨板上，以硫酸鋁或硝酸鋁為電解液，電鍍時間 30 秒、60 秒、90 秒及 120 秒分別鍍上不同厚度的鋁，作為發光二極體的陰極，並比較其性能的差異。
4. 電洞傳遞層：以聚苯胺為電洞傳遞層，希望藉此降低驅動電壓及提高發光效率及使用壽命。
5. 元件封裝：在空氣進行發光二極體元件的封裝，元件各層易受氧氣影響。因此設計簡易式手套箱，通以氮氣，在無氧狀態下進行封裝，並比較兩者的差異。
6. 循環伏安法測定發光二極體氧化還原電變色特性：一般循環伏安法是以自動設定電壓掃描速率，自動紀錄電流以獲得循環伏安圖。由於校內無是項設備，因此擬以簡單的伏特計、安培計、電源供應器來測量不同電壓下其電流的變化，並觀察發出光的色度及亮度。
7. 導電高分子結構分析及鑑定：一般以可見光-紫外光光譜分析儀、紅外線光譜分析儀、掃描穿隧電子顯微儀等進行導電高分子結構分析及鑑定。由於校內無是項設備，因此此一部分委請研究單位提供儀器再進行是項研究。
8. 全彩發光二極體製作：商業上多以噴墨印刷法 (ink-jet printing) 製作全彩發光二極體。我們嘗試以前述方法分別製作紅光、綠光、藍光元件後組合成全彩發光二極體。

三、電化學循環伏安法

為了了解我們做出之聚苯胺薄膜的電化學特性，我們使用簡單方便的循環伏安法循環伏安法的原理是，將工作電極的電位隨著時間做增減，並記錄下隨電位而改變的電流值，做出「伏特安培圖」

1. 物質產生氧化還原反應所在的工作電極
2. 提供電位輸出參考的參考電極
3. 用來導電的相對電極



樣品製備：我們設計將鍍有聚苯胺薄膜的 ITO 玻璃作為工作電極，以 $\text{Ag}/\text{AgCl}_{(\text{aq})}$ 作為參考電極，以白金絲做為相對電極。

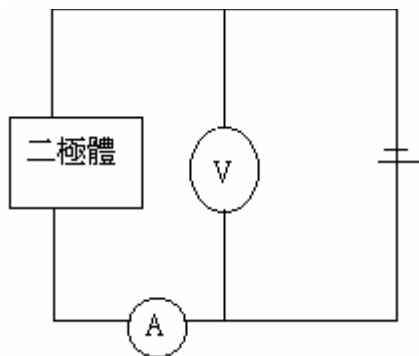
實驗條件：以 0.1M 的硫酸水溶液做為電解質溶液，掃描範圍為 -0.2V~0.8V，掃描速率為 100mV/s

四、電位-電流曲線圖

測量電子元件特性的常見方法，可藉由電位-電流圖來判斷元件的特性，並可知我們所製出的發光二極體其驅動電壓。

測量的方法為，提供一個掃描電位，並紀錄下不同電位時電流的大小。

樣品製備：將製成的發光二極體接上電源供應器和伏特計和安培計，測量並記錄。



五、陰極鋁薄膜無電極電鍍製成方法

常用於發光元件陰極金屬薄膜製成的方法是金屬蒸鍍法，利用減低壓力的方式，將金屬汽化，並將之沉積在載體上。但本校並沒有如此昂貴的設備，所以使用另一種比較克難的方式。

設計：

1. 取一改質後的 ITO 玻璃，放入自製電鍍槽中。倒入 2ml 之 10% 的硝酸鈣。
2. 逐滴加入濃氨水，用磁石攪拌器以慢速攪拌。電鍍槽中的硝酸鈣溶液可能會先出現沉澱，繼續滴入濃氨水，使沉澱完全溶解，成為澄清的溶液。
3. 再倒入 10% 的葡萄糖溶液約 5ml，並充分混和後，放入熱水浴中靜置數分後，即可見 ITO 表面出現鈣膜。
4. 循上述的方式，再以硝酸鋁為電鍍液，鍍上鋁膜即可。
5. 將之和鍍有聚苯胺薄膜與 MEH-PPV 的 ITO 玻璃，用矽膠緊密的黏在四周。

捌、研究結果與討論

研究結果：

- 一、MEH-PPV 的單體並加以聚合成 MEH-PPV：單體為白色粉末，成品為螢光橘色。
- 二、合成聚苯胺：成品為黑綠色的塊狀物體。
- 三、合成聚苯胺後進行摻雜：鹽酸、樟腦磺酸的酸摻雜及氨水的去摻雜。
- 四、完成簡單發光二極體的雙層元件：將聚苯胺及 MEH-PPV 塗佈在 ITO 玻璃上夾上鋅後，完成簡單發光二極體的雙層元件。
- 五、檢測成品：利用電源供應器以電壓的遞增、遞減的方式，觀察電流的變化。我發現在我塗佈的七片 ITO 玻璃中，普遍沒有一件成品達到我所預期的結果，也不會發亮。但其中有一片在電壓高達 300~400 V 時竟然發光了。發出的光為橘紅色，不過很可惜因為發光的時間實在太短了，無法拍成照片。但是之後連續試過了幾片，都無法達到這樣的結果。由此可看出所謂的發光二極體，它的良率是非常差。

討論：

總括而論此次的實驗，仍有需要許多需要改進的地方如下：

- 一、因為本校的設備不足，煙櫃只有 2 個。而本校要做科展的同學超過五組以上，所以當藥品的配置、實驗在反應的時候，大家都是擠在同一個煙櫃製作，所以產物可能有受到污染及損害。
- 二、需要在無氧及無水氣的狀態下製作，因為器材的不足，導致當我在組裝元件時，完全暴露在有氧有水氣的狀態，所以有可能導致元件的性能不佳。
- 三、沒有適當的儀器：這次的實驗大部分都需要專業的儀器，但在高中的實驗室裡並沒有這一類儀器的存在，又因經費有限，實在無法購買昂貴的器材，像是有真空蒸鍍機、紫外線、紅外線、可見光的光譜儀、真空裝置...在現階段都是無法取得的。所以我也想了一些應變的措施，像是要用真空蒸鍍的方式鍍上金屬以製成電極，但是因為此原因，所以用夾子夾著鋅片來取代。但是有可能會造成 MEH-PPV 與 ITO 玻璃接觸不良，緊密度也不夠，製出不良的產品。
- 四、塗佈聚苯胺及 MEH-PPV 時，因為旋轉塗佈機是自製的，功能可能沒有專業式的那麼好。因此可能會造成聚苯胺及 MEH-PPV 塗佈不均。
- 五、檢測方面因為器材的不足，無法去深入研究成品的結構及物性。
- 六、人為的疏失：這一點我不否認，因為在現在我的程度並不是很專業，對於實驗的細節可能疏忽掉了，但我已經盡我的能力去做了。

歸類以上的原因在如此的環境及有限的資源下作出的成品會失敗，是可以理解的。不過在實驗的過程中我學了很多寶貴的經驗及實驗技巧、撰寫報告的能力、分析事情的能力及探討其中原因.....真的讓我獲益良多。雖然最後談不上成功，但是學了這麼多東西，也算是一種成功吧!

玖、參考文獻：

- 一、王文昇，民 90，ITO 薄膜之電化學行為研究，國立交通大學材料科學與工程系碩士論文
- 二、王國華，民 89，本質型導電高分子於電腦塑殼電磁干擾消除應用研究，中國文化大學應用化學研究所碩士論文

- 三、方元昱，民 90，共軛導電高分子:聚(丙烯酸鹽-苯胺)合成、結構、物性研究，長庚大學化學工程研究所碩士論文
- 四、方堅至，民 90，MEH-PPV 合成與應用於高分子發光二極體元件製作之研究，國立台北科技大學有機高分子研究所碩士論文
- 五、方毅，民 90，共軛導電高分子電子元件之研究，國立清華大學化學工程研究所博士論文
- 六、甘若蘭，民 90，聚苯胺及其烷基衍生物 IR、UV-Vis、溶解度及擴散研究，國立東華大學化學研究所碩士論文
- 七、吳周聰，民 89，以溶膠-凝膠法製備新型有機-無機混成電變色材料，中原大學化學系碩士論文
- 八、李曉燕，民 90，聚苯胺寡聚物及其導電性摻合物之合成與性質研究，國立台北科技大學有機高分子研究所
- 九、李訓清，民 82，共軛導電高分子之研究：聚苯胺膜及其與高分子酸摻合體之結構與物性的關係，國立清華大學化學工程研究所博士論文
- 十、林怡瑤，民 90，摻雜 AIPHH 染料之有機發光二極體研究，義守大學電子工程系碩士論文
- 十一、林顯光，民 90，共軛導電高分子之研究：水可溶性極有機溶劑可溶性聚苯胺之合成，國立清華大學化學工程研究所博士論文
- 十二、洪伸錡，民 89，利用自組裝法於高分子發光二極體之製程研究，國立台灣大學化學研究所碩士論文
- 十三、洪添燦，民 88，低能隙導電高分子：聚異硫奈細結構、物性與磁性研究，國立清華大學化學工程研究所博士論文
- 十四、柯惠琪，民 89，含聚苯胺之電致色變元件之性質研究，國立台灣大學化學工程學研究所碩士論文
- 十五、莊瑞嬌，民 90，有機發光二極體產業發展現況及未來機會，工業材料，頁 105-114
- 十六、徐若韶，民 90，發光電池中電解質的結構與物性探討，國立中央大學化學研究所碩士論文
- 十七、連亦中，民 90，透明電極應用於 III-V 發光元件之研究，大葉大學電機工程研究所碩士論文
- 十八、陳世家，民 90，空蒸鍍聚合聚亞醯胺及其有機發光二極體特性研究，國立交通大學材料科學與工程系博士論文
- 十九、陳明志，民 90，摻雜態共軛高分子作為電洞傳遞層之高分子發光二極體特性及其破壞機構的研究，國立清華大學化學工程研究所碩士論文
- 二十、陳雅潔，民 90，嵌入中孔洞的鉑金屬與中孔洞氧化矽透膜，國立清華大學化學碩士論文
- 二一、21.陳壽安，導電高分子的介紹，<http://www.nsc.gov.tw/eng/SACHEN-1.htm>
- 二二、陳壽安，民 90，導電高分子：新世代光電材料，物理雙月刊，頁 312-321

- 二三、馮新德，民 88，我國高分子化學研究 20 年來的進展概要，化學通報，CHEMISTRY1999 第 10 期
- 二四、張淑美，民 90，新世代的塑膠，科學月刊，頁 106-109
- 二五、張興華，民 90，高分子摻雜於有機發光二極體之應用，國立中央大學光電科學研究所博士論文
- 二六、曹龍泉，民 89，防電磁波干擾電子資訊產品外殼材料研究，國立台灣大學材料科學與工程學研究所博士論文
- 二七、曾靖揮，民 90，雙載子傳輸發光層有機發光二極體之效率改善，義守大學電子工程系碩士論文
- 二八、黃俊益，民 90，有機導電高分子/無機金屬氧化物複合材料之合成與性質探討，國立中央大學化學研究所碩士論文
- 二九、黃志峰，民 89，主鏈含電子傳遞基發光高分子的合成及特性研究，國立成功大學化學工程學系碩士論文
- 三十、黃黎明，民 90，苯胺-雙硫二苯胺導電高分子之電化學合成與物性探討，國立成功大學化學工程學系碩士論文
- 三一、黃銘裕，民 86，Polypridine 之結構與物性及其再發光二極體和有機二次電池上的應用之研究，國立清華大學化學工程系碩士論文
- 三二、楊景仲，民 90，新穎藍色發光體的設計與合成及其應用在有機發光二極體的性質研究，國立交通大學應用化學系碩士論文
- 三三、詹書儼，民 90，電致色變智慧型窗戶特性及可靠度改進之研究，國立交通大學材料科學與工程系碩士論文
- 三四、蔡嘉軒，民 90，聚苯胺與有機硫化物複合體之電化學行為及其在二次電池之應用，國立清華大學化學工程系碩士論文
- 三五、廖云英，民 89，電流式酒精感測器之改良與微小化之研究，國立成功大學化學工程學系碩士論文
- 三六、鄭文正，民 90，有機發光二極體元件之製作與設計，國立成功大學化學工程學系碩士論文
- 三七、鄭仁智，民 90，聚乙酸內脂/聚乙烯醇縮丁醛導電奈米復合材料之結晶、型態、電性研究，義守大學材料科學與工程系碩士論文
- 三八、鄭弘隆，民 89，PPV 光電高分子與其摻合物系列之製程，結構與光電性質探討，國立台灣大學材料科學與工程學研究所博士論文
- 三九、蕭景文，民 90，苯胺導電高分子材料之研究，國立台灣大學化學工程學系碩士論文
- 四十、曾國輝，民 90，半導體元素、有機化學，聚合物與生物化學，大學化學上、下兩冊，881-911，999-1060
- 四一、乾電池的能力與不同電路之測試，
<http://www.mjcs.tp.edu.tw/gift01/battery.htm>

附錄：實驗日誌

日期 09/30

今天是我正式參加科展的第一天，老師並沒有一下子就導入正題。他先跟我們說一些實驗規則，發了一些報名表及參考題目。他要求我們最好準備一本小本子，就可以記下突然想到的點子。還有交代我們把進度規劃好，因為我們是開學後才開始研究，基本上跟別的學校之進度就有一段的差距。所以扣除上課補充概念的時間外，另外要安排寫計畫書、做實驗時間的分配....這一些都要考慮在其中，畢竟扣掉段考、學校一些雜事後，可以利用的時間也不多了。所以要好好的籌劃。當然在今天我仍舊不認識導電高分子是為何物！

日期 10/06

老師終於正式的講授導電高分子的一些基本概念，還有電子傳遞的情形及研究史。老實說，當中有近 1/2 的內容我真的聽不懂，因為老師講的電洞傳遞層、能隙、還有一些專有名詞，其實老師講的很好，只不過是我這個聽的人的功力不夠深。畢竟我也才一年級，有一些辭甚至到三年級都未必用的到呢！問過大部分一年級的同學，情形也跟我差不多，都屬於有聽沒有懂的階段。不過老師說真的不懂，平常下課後可以找他一起討論。所以我也就放心許多了，雖然今天講的東西有點超乎我的腦袋可接受的範圍，但是真的學了滿多知識！

日期 10/13

今天老師發一張整理表，裡面有整理出常見的導電高分子的結構式、性能、溶解度、還有一些檢測方法。其中令我印象最深刻的名詞叫循環伏安法。它是一種比較容易的檢測方法，將成品與伏特計及安培計接好，利用電壓的遞增和遞減，觀察電流的變化，光是這個方法就可以找到一些數據：像可看出成品的穩定性、放電的時間長短...我滿喜歡這個方法的，因為可以從一個方法判讀到各種資訊，挺方便吧！只不過今天老師畫了好多的聚合物的結構式，速度好快。因為我坐的比較後面，所以還來不及抄，老師又講下一個，有好多都沒有抄到，不知道該怎麼辦？

日期 10/20

在講課前，老師說其實，依現在我們本身的知識是很難對這個研究有更深層的認識。於是他建議我們把高中三年的化學課本看過並了解其中的意思，這對學長、學姊來說可能比較好負擔一點吧！畢竟他們已經上過一些二年級的課程了，而苦的就是我們一年級的學弟、妹了。才看過一篇伏打電池，裡面的 K_a 值、離子跑的方向...就讓我夠頭痛了。另外還叫我們如果有不懂，可以查大學化學，裡面資料豐富，也比較完整，對整體的概念比較有幫助。今天講的部分著重在「摻雜」。據我所知，這是在單體合成後一個可以改變很多性質的步驟。像可改變導電度、溶解度...常用的摻雜有兩種：一是氧化還原摻雜，另一為質子酸摻雜。基本上再這次的實驗中我們是用質子酸的摻雜，還有所謂的一次摻雜和二次摻雜。

日期 10/27

今天是讓我們各組將收集到的資料以口頭報告的方式呈現。大致上來說找到的東西還挺多的，在聽之餘我，也忙著紀錄我沒聽過的資訊。報告完後老師還還會問幾個問題，看是否對報告了解透徹。而我也上去報告，雖說以前並不是沒有報告過，只不過要在學長、學姊、老師面前報告，終究還是添了些許緊張感。當然經過這一次簡單的口頭練習，我發現對於此還是不甚了解。可說是在一知半解的狀態，基本的，當然該懂得都差不多懂了，只不過如果是比較深或比較細微的地方，我就真的不知道了。

日期 11/03

今天老師讓我們小組討論並且正式的把題目定下來。雖然我只有一個人，但是做起事來卻一點也不含糊喔！首先當然先決定我的內容要什麼、實驗做什麼、器材有什麼....這些都要先規劃好。老師說叫我們先列一張表把所有該用的器材、藥品都寫出來以便採買。等到我把所有的東西列出來後，嚇然發現，天啊！怎麼這麼多，光是器材就四、五十樣了。看到這麼多東西，我想我一個人真的作的完嗎？

日期 11/05

老師繳我把實驗器材、藥品及流程打入電腦。實驗流程還希望能畫些解釋圖在旁邊，不過就在前幾天，電腦中毒了。應用程式 photo impact 根本就不能用所以我只好用小畫家來畫，因為功能不熟，畫出來的圖真是不能看。雖然文字的部份已經完成了，但是圖片的地方簡直就是慘不忍睹，連我自己都看不懂，我還真怕到時候交出去的報告是用我的圖的話準完蛋了！

日期 11/06

今天我把昨天做好的成品交給老師，細問之下，原來這份報告就是以後要交出去的報告初版，至於我那些圖只是要讓我在實驗時能夠更清楚，所以不會用在正式的報告上。聽到這句話，總算讓我安了心！

日期 11/10

今天仍舊是讓我們小組討論，不懂或是有疑問的話，可以請老師在旁指導。而老師叫我把上次交給他的報告用純文字版給他，順便可以開始寫中文摘要、研究動機、目的....在我把報告寫完後，寫到中文摘要時，才真正感受到我有在寫一篇論文。感覺真的很不一樣，當我一步步的完成很一項工作就像闖過一關關的關卡，滿有成就感的。

日期 11/17

今天只是未來作實驗的準備基礎。算起來從今天到學期結束都要做實驗，只不過依照時間的關係，一開始配製的量並不會很多，目的可以減少反應時間而且可以很快看到實驗結果，比較不會耗時間，但是不知道實驗會不會準。因為只有一天可以做，所以當老師逐一示範各項儀器的操作，我們拿好器材清洗完後，就已經是回家的時間。今天算是沒有做到任何一項實驗，不過卻讓我見識不少，看到了很多國中沒見過的器材，真是非常的興奮！

日期 11/24

今天總算開始我的第一項實驗今天做的是將聚苯胺做出來經過了苯胺加鹽酸水

溶液中反應後再加過硫酸銨讓它反應今天的藥品量減至四分之一目的只要觀察現象了解實驗流程就好結果並不一定要成功所以我進行到加過硫酸銨時顏色變了從淡藍色→藍綠色→藍黑色→有綠色沉澱。經過過濾後，用鹽酸水溶液進行摻雜，之後再用用氨水行去摻雜。步驟看起來簡單，但光是以四分之一的量就可以用掉一天的時間呢！經過這些流程有了解一點，大概可以推算，如果用正常的量來做，所需的時間會是多少。

日期 1 2/0 1

今天沒有做實驗，所以我就在教室裡整理我的報告。我已經寫到文獻回顧，現在不能寫的太多。因為再一天就要段考了，所以我就把文獻回顧寫完後就收拾一下回家溫書了。

日期 1 2/1 0

突然被通知說，老師要在中午時上三年級的課。而我也不知要帶什麼，於是就跟著學長、學姊走，老師給我三本的課本：兩本高二化學、一本高三化學，今天要上的就是高三化學。因為跟這次的實驗比較有關係，起初真的完全聽不懂，根本就不進入狀況，老師也講的很快，因為要趕時間。所以我就把聽不懂得用筆畫起來，有空再問老師。

日期 1 2/1 1

首先先上電化學，在這邊重於電鍍這方面。因為我們在實驗中要做好成品時鍍上金屬當電極。所以老師在這講了很多，讓我比較注意的有一種電鍍法叫無電極電鍍。它不須通電，只要用適當的還原劑將金屬離子還原成金屬，附在被鍍物上。經過老師的提醒，讓我想起我何不把這應用在我的實驗上，於是設計一個相同原理的實驗在我的報告中，因為沒試過，也不知道會不會成功。

日期 1 2/1 2

今天還是延續昨天的話題，將電化學這一章節的東西延伸到我們的實驗上。雖然講的不多，但足以讓我想到一些解決問題的方法，另外老師要求我們每上完課後要交一份有關內容的報告。每天都要檢查。

日期 1 2/1 3

進入到有機化合物，首先是命名法則。我又開始頭痛了，因為要看結構式、主鏈、支鏈來命名，我實在分不清楚，太難了。今天只教了烷類、烯類的命名。

日期 1 2/1 4

今天教了滿多的，有醇類的命名及各種有機化合物的重要反應及性質、用途。這很重要，因為都有可能用在實驗上，再加上我也比昨天更能接受命名的觀念，所以比較好吸收。只不過要背的東西實在太多了，有點負荷過重。

日期 1 2/1 8

今天是在醇、酚、醚的分類、性質、用途上作解釋及在工業上如何合成。但是我發現到這三種東西有點讓我搞混了光是醇就分一級、二級、三級最重要的是如何區別這三種東西，這也是最難的。

日期 1 2/1 9

介紹醛與銅、縮酸和脂，重點仍是和昨天一樣，分類、性質、用途上作解釋及在工業上如何合成含有兩者的區分常用多倫試液及斐林試液來檢測

日期 1 2/2 0

介紹胺的性質、用途上作解釋及在工業上如何合成因為跟實驗有很大的關係。所以講了比較多，另外也講了有機化合物的分子結構，說了實驗式、結構式、分子式、如何形成的。

日期 1 2/2 1

今天講了聚合物老師的速度就變的很快一下子就講到聚合物的結構及性質在加成聚合及縮合聚合有稍微慢了一下其他都是重要觀念講過比較不重要的稍微帶過後便結束

日期 1 2/2 4

今天是最後一天上課，因為接下來的時間要準備期末考、所以老師以很快的速度講完課後，就開始跟我們說做實驗要注意什麼，哪些細節....以確保我們做實驗當中的安全。

日期 12/29 室溫 17⁰ C

今天算是第一次正式進入實驗室，感覺非常的緊張。一開始我就把藥品器材準備好了，於是便按照今天的進度開始操作，但是我發現我在定藥品的量似乎太多了，因為學校沒有那麼大的容量瓶來裝我的藥品，所以就向老師商量一下看是該如何解決，最後的結果就是先把藥品量減半，但是非常可惜，當我在作第一步驟時，因為時間的不足，就把應該反應 24 小時的加熱迴流實驗縮成只做 3 小時，造成在萃取時竟沒有產物的生成，當然那些溶液也都浪費了。真是失敗啊！

日期 01/05 室溫 18⁰ C

今天的心情可說是非常的坎坷，畢竟上個禮拜浪費最多藥品的人是我嘛！如果又做不出什麼東西就太對不起老師了，我想老師可能也被我嚇到了吧？這次就叫我再把藥品縮成原來的 1/4，可能是怕我又做失敗吧！不過藥品的量少其實也有好處，就是反應的時間可以縮短許多，要不然照原來的量配置再反應時，我想我真的要在實驗室搭帳棚了。經過一番的努力終於把藥品該配都配好了，只要依序放入讓它慢慢的反應就好了，接下就只有等嘍！再加熱迴流當中我發現到溶液呈現黃乳色的感覺而且略帶一點白色沉澱。終於等到時間足了，我使用乙醚及去離子水進行萃取。哇！真的讓我感動，真的生出產物來了，是黃褐色的粘稠液體，最後我把產物利用加熱把乙醚趕走成澄清的黃褐液體。那一刻真想掉出眼淚來，讓我等了足足兩個禮拜，雖然產物不多但是已經足以讓我歡呼了。耶！真是太好了！

日期 01/21 室溫 17⁰ C

今天的實驗是要用上次實驗做的產物，再做出 MEH-PPV 的單體。首先還是先準備器材、藥品。看了一下紀錄板這個實驗，花的時間不多、藥品也不多應該是滿好做的吧！於是我把準備的工作做好後，就將該加的藥品加在一起進行反應。時間到了，就加去離子水及正己烷後靜置。奇怪的事發生了，過了一會後我發現杯

壁竟然出現一小點一小點白色的顆粒附著在上面。這時候有一位學長偷偷的跟我透露如果用靜置等待長晶析出太慢了，他教我用滴管將溶液滴在玻片上，這樣長晶就可以很快的析出來了，之後再把玻片上的塊狀物體刮下來保存就行了。而我就依學長說的依樣畫葫蘆作一次，真的很快就有長晶產生耶。真是非常感謝學長鼎力相助讓我又學到一招了！

日期 01/22 室溫 15⁰ C

將昨天作出的單體取出，今天做的是單體聚合的實驗。當然一開始還是先準備藥品、器材，不過我發現所有的藥品中我缺了第三丁基醇。跑去向老師商量一番，結論是我們估計第三丁基醇在此實驗所扮演的角色是溶劑，與反應物無關。所以用乙醇代替，看一下實驗結果再作打算。於是我便按照步驟開始作了，唯一有變的是第三丁基醇的替換，雖然反應時溶液的顏色有變成黃色的，但當我加甲醇時卻沒有一點沉澱物產生。正常來說應該要有產物生成啊！事實證明我又失敗了，探討這次失敗的原因有二點：一是乙醇的替換，我想乙醇在這實驗上可能不能代替第三丁基醇的功用。二是當時所加的單體量太少不足以讓它聚合吧！

日期 01/22 室溫 17⁰ C

除了作單體聚合的實驗今天還額外附送一個就是聚苯胺的聚合反應實驗。先將苯胺溶在 1M 的鹽酸水溶液中，這個讓我突然想到，算莫耳濃度自學力測驗後就被我忘光光，天啊！還好學長非常熱心的解說，喚醒我的記憶。但是我聽的迷迷糊糊，然後我也迷迷糊糊的配了錯的藥品，不過當我要開始實驗時，因為一個問題而向老師請教，順便說到這件事。沒想到晴天霹靂我竟然配錯了，還好我還沒開始作，不然又要浪費藥品了。老師知道後，又非常有耐心的教我一便，終於弄懂了。因為我的進度因出了這個問題而慢了許多，於是我就已超快的速度將鹽酸配好，將藥品依序放入反應。其中溶液顏色的變化很多剛開始是淡藍色→藍綠色→深綠色→綠色沉澱，到此將溶液過濾因為溶液的量好多足足有 1000 多毫升而我只有一之小小的滴管，滴了 3、4 個小時都還沒滴完，覺得好累、好想哭喔！雖然在回家前我仍舊還有一堆沒滴完，不過也沒辦法了嘛！

日期 01/23 室溫 18⁰ C

今天早上又滴了 2~3 個小時才把溶液滴完。接著再將沉澱物倒入甲醇中過濾，所以整個上午幾乎都在作過濾的工作。等到過濾好後，又加入 1000 毫升 1M 的鹽酸水溶液與沉澱物攪拌至隔夜。這個實驗就先進行到這邊嘍！

日期 01/24 室溫 15⁰ C

經歷過前天在單體聚合時失敗了，今天我看，因為我起初所作的量太少了。於是現在備份的單體也不夠聚合時用，所以下午時我決定在 MEH-PPV 這一方面全部重作。我便把藥品的量配的跟原本一樣，也不作修改。所以當我在作步驟 1 時，溶液已經多的要讓我分兩瓶分別進行加熱迴流。結果要等到明天才知道。

日期 01/24 室溫 17⁰ C

今天我就先把氨水先配好，因為我知道今天可能會用到。檢查一下鹽酸水溶液和沉澱物攪拌的差不多，於是又再一次的過濾。不過我已經有先見之明了，用三台

過濾器過濾的速度會比較快。但是在最初時我也弄得手忙腳亂的，畢竟一個人要顧三台嘛。過濾完後送進真空烘箱中乾燥 8 小時，在烘當中我發現到產物的顏色越來越好看了耶！是一種藍綠色，感覺不錯。做到這邊我想今天是用不到氨水吧！

日期 01/25 室溫 16⁰ C

一早我發現昨天兩組迴流的裝置到了今天的變化不同了，兩瓶的顏色不一樣。雖然一瓶是呈現我預期的黃乳色，另一瓶則是出現黑褐色。於是我便和老師一起討論：可能是人為的疏失，瓶子洗不乾淨...另外則是當初我在分裝兩瓶溶液時，分配不均，導致另一瓶產生這種跡象。不過非常可惜的是，因為時間的關係我必須要同時進行別組的實驗。所以這一瓶黑褐色的液體就被我撤掉了，如果保存那一瓶液體，說不定又可以找到其他的東西也不一定！而另一瓶黃乳色的液體則是讓我加了乙醚及去離子水進行萃取，如我所預料的有生成黃褐色的清澈液體而且量還不少喔！

日期 01/25 室溫 16⁰ C

自真空烘箱拿出半成品時，著實令我高興。因為顏色真的好漂亮，是呈現深綠色的。於是我把昨天未用到的氨水拿出來與我的半成品加在一起攪拌六小時後，再作一次過濾的動作。將沉澱物送到真空烘箱乾燥 24 小時。

日期 01/28 室溫 16⁰ C

今天要做聚苯胺的摻雜，把它和 C S A 溶於乙醇中，攪拌反應後，揮發乙醇，送烘箱烘乾後。再加 T H F 攪拌 2 4 小時。又將做好的聚苯胺溶於 T H F 中準備進行塗佈，沒有想到溶解度滿差的。所以我讓它在磁石攪拌器上攪拌 1 0 小時讓它多溶一些，等明天在作。把昨天做好的黃褐色的清澈液體經過加入聚甲醛、氫溴酸、冰醋酸反應後，加去離子水使產物析出、過濾，加正己烷溶解沉澱物，加熱後，回到室溫。再行冰浴，就有一些白色產物析出，也就是 M E H - P P V 的單體，之後過濾保存。

日期 01/29 室溫 15⁰ C

今天作的是將 M E H - P P V 的單體作聚合反應，可是沒想到竟然又失敗了。跟老師討論後，將第三丁基醇鉀加量至 2 克，可能才夠它反應。所以我又重作了一次，等到最後果然做出來了。但是為什麼加入過量的三丁基醇鉀才讓能它反應，我還是不知道，最好等明天再找老師討論一下好了。

日期 01/30 室溫 16⁰ C

今天的活動是將聚苯胺及 M E H - P P V 分別溶入 T H F 及甲苯中後，經過過濾所得的濾液就是我要塗佈的物質。首先我很期待的試塗了一片，先在自製的旋轉塗步機上固定好 I T O 玻璃後，滴上聚苯胺溶液，先以最快的速度轉過 30 秒，再滴上 M E H - P P V 溶液，轉 1 分鐘完成整個塗佈的步驟。先進行測量，首先先測量它的良率，發現什麼都沒有發生。雖然有點失落感，但是我還是一連試了三片，真的什麼都沒發生。只有在電壓到達最高電壓時，電極發生了紫色星點後，當我再把電壓以遞增、遞減的方式測量，就什麼都沒發生。之後把鋅片從 I T O 玻璃拿開，

只在 ITO 玻璃上看到有燒焦過的痕跡。當時我的心情真是差到極點，塗佈第五片後測試了一下，心想這次一定又不會亮了。沒想到當我把電壓調到 300~400V 時，竟然不可思議的發光了，讓我好高興，可是它的發光時間實在太短了，使我連拍照的時間都來不及，真是太可惜了。雖然之後我又試了 2 片，可是還是都沒有成功，最後礙於 MEH-PPV 溶液已經快被我試完了，所以只好被迫中止我的試驗。問過老師，按照道理說成品不發光才正常啊！沒想到竟然出現這麼奇怪的現象，真是令我百思不解。

日期 01/31

今天經過學校返校的折騰後，開始進行海報的製作及報告的完成。雖然實驗不算成功，但是我還是有一直堅持到最後，在電腦桌前打了四小時的電腦，真的很累。不過完成海報後，卻很有一種成就感。真是不錯！

評 語

作者研究聚對位苯乙炔高分子發光二極體的性能，雖創新性不多，但作者認真、考慮仔細，故給予佳作並推薦為儲備代表