

中華民國第 63 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 化學科

第一名

030208

蟹葉「銅」「鋁」來電-環境友善光電強化銅鋁電池的探討

學校名稱：彰化縣立陽明國民中學

作者： 國一 林邑柔 國一 王祥安 國一 蘇聖凱	指導老師： 蔡名峯 方舜雨
---	-----------------------------

關鍵詞：幾丁聚醣、葉綠素、膠態電解質

得獎感言

你不一定要很厲害才能開始；但你要先開始，才能很厲害

因為我們對科學有著極大的興趣，本組開始了科展研究之旅，參加了〔陽明國中的科展社〕，接受了蔡老師的科展啓蒙。很幸運地，我們從縣賽中脫穎而出，進而接受全國高手的挑戰，並成功的得到化學科的首獎，寫下美麗的結局～陽明國中更榮獲全國國中團體組第一名的佳績。

從去年暑假開始為期一年多的研究歷程，有歡笑、有淚水，找尋題目時我們以環保愛地球的想法設計，接著搜尋資料、實驗設計、動手操作、面對失敗、解決問題、說明書編排等，最後口頭報告的呈現與演練，不知是多少個夜晚與假日堆積而成的成果。

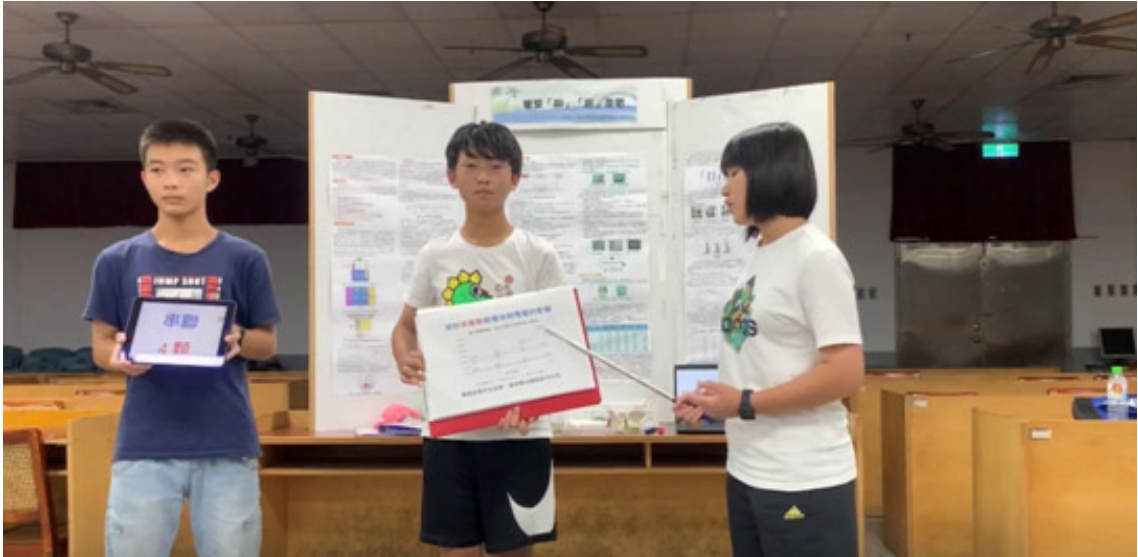
做科展的過程中我們先學到了國三的理化，對於我們的理化基礎奠定了良好的基礎，實驗過程中我們學會了用心、細心、耐心，還有做中學、學中做，每一份科學研究報告的產生都是多麼地可貴！

比賽前我們花了許多時間做萬全的準備，報告的內容練習了不下好幾十次，模擬問答也應對了好幾十回，但進入會場時看到高手如雲，內心還是不免緊張了起來，不過同時也燃起了我們的鬥志與企圖心。臨陣時評審們專業的提問，我們用平時已準備好的內容自信而堅定的回答，就在這緊張的氛圍下，評審們對於我們設計的模型讚譽有嘉，熱烈地跟我們討論實驗的內容，對我們作品提出了更深層的建議，心裡真是莫名的興奮與高興，這除了肯定我們的表現外，更激勵我們想繼續研究，進而去參加國際科展決定呢！

經過這一場科展的參與，雖然充滿了許多甘苦談，但也留下了許多美好的回憶，這一路走來要感謝的人很多，除了謝謝我們組員們，更感謝常常陪我們日以繼夜的指導老師、教授們，還有一路走來家長們及學校的堅定支持，才能成就這份榮耀。

最後，我們想期許未來想做科展的學弟妹們～

你不一定要很厲害才能開始；但你要先開始，才能很厲害！



懷著強烈的企圖心，賽前積極演練



看板前卡通照型合影，蓄勢待發



經過一番龍爭虎鬥後，陽明國中第5度奪得全國第一名的佳績

蟹葉「銅」「鋁」來電-環境友善光電強化銅鋁電池的探討

摘要

本研究探討以光電延長電化學電池壽命的可行性，在鋁銅電池兩電極間置入以幾丁聚醣為載體含有葉綠素、氯化鈉、及醋酸之膠態電解質所組成的新型三明治電池。電池以鋁網為陽極、中空銅框為陰極，太陽光經照射光敏染料的葉綠素，激發電子，傳遞電子至陽極，還原被氧化的鋁減緩消耗，被氧化激發態的葉綠素則為經外線路傳遞到陰極的電子還原為基態。研究結果顯示於葉綠素溶液中，加入幾丁聚醣(3.0%)、氯化鈉(0.6%)及醋酸(1.0%)，所配出的膠態可得最好的最佳組成及條件，照光情形下含葉綠素之電池比不含葉綠素之電池電功率下降速度慢很多，證實以光電延長電化學電池的壽命的可行性，本研究為一種環境友善的新型太陽能光電輔助鋁銅化學電池。

壹、 研究動機

現在電池已是我們生活中不可或缺的一部份，從手電筒到手機都要使用到電池，偶然在網路上看到了乾電池的發電原理，以及假日出遊時剛好遇到爸爸車子的電瓶電池沒電無法發動，激起我們對電池的原理及構造產生濃厚的興趣。而學校在做垃圾分類時也特別將電池分類出來，詢問老師後得知是因為電池中的溶液具有毒性，需要特別處理。上網從新聞中看到葉綠素電池可解決此問題但是有電功率較低且下降快速的問題，我們決定設計一款結合乾電池與葉綠素電池兩者優點的新型電池。

貳、 研究目的

本研究想利用幾丁聚醣可增稠及可帶電荷傳導電子的特性，結合具光電效應的葉綠素及鹽類製成具光電效應的膠態電解質的化學電池，發展具環境友善生物可分解的光電強化化學電池。歸納其具體之研究目的如下：

- 一、 提煉與製備蟹殼中的幾丁聚醣
- 二、 建立最佳化幾丁聚醣溶液
- 三、 探討不同電解質對本研究的電池的影響
- 四、 配製膠體電解質
- 五、 探討電極距離對發電量的影響
- 六、 探討幾丁聚醣用於膠態電解質染敏強化電池之比較
- 七、 探討葉綠素染料光電強化銅鋁化學電池的作用機制
- 八、 探討環境友善光電強化銅鋁電池的優勢

參、前言及文獻探討

一、電池材料與演進

電池的開發推陳出新，電池的種類很多，從傳統的化學電池，發展至當今的鋰離子電池、太陽能電池及染料敏化太陽能電池等。圖 3-1 為典型的化學電池組，除兩電極外，需要電解液及多孔性隔板(或鹽橋)。圖 3-2 為鋰離子電池(以鈷酸鋰作為正極)之運作概念示意圖[1]，以鋰化合物為正極、鋰碳為負極、加入電解液及極板安定劑等添加劑。圖 3-3 為染料敏化太陽能電池結構示意圖[2]，其組成包含染料、工作電極、導電玻璃、鈦白粉、電解液、及對電極。這些電池均有其優點，但也存在不少缺點，如鋰電池的遇水爆炸問題，光電電池所用材料的毒性及後續回收處理等問題。

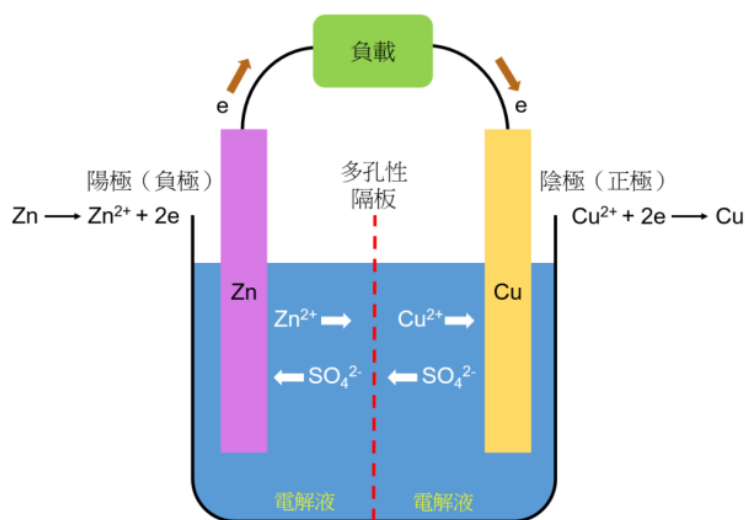


圖 3-1 鋅銅電池之運作概念示意圖[1]

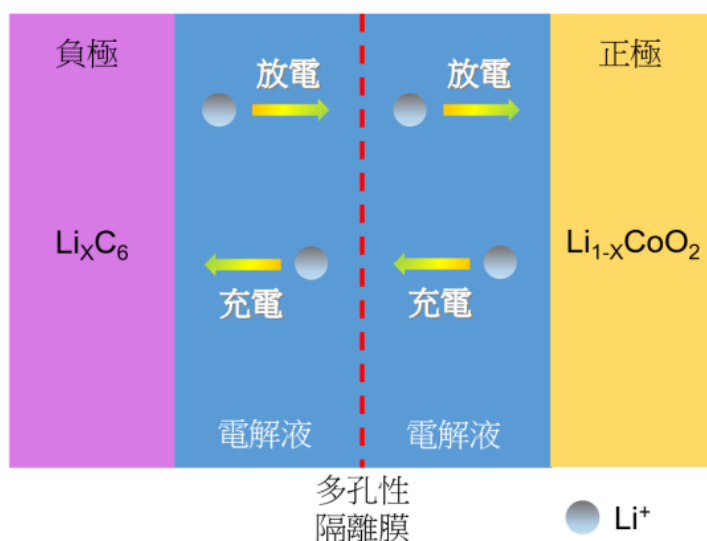


圖 3-2 鋰離子電池之運作概念示意圖[1]

染料敏化太陽能電池結構的示意圖

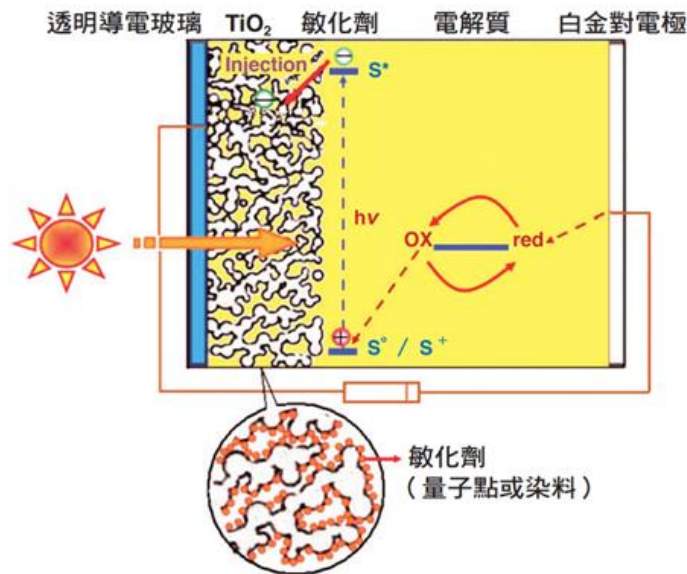


圖 3-3 染料敏化太陽能電池結構示意圖[2]

二、光敏電池染料選擇

近年來因環保意識抬頭，在光敏電池染料有趨向利用天然或仿生染料，其中以葉綠素被認為最沒環保問題的天然光敏染料，但其電池效能不佳仍待改進的問題。有關葉綠素電池的科展研究，林鵬等[3]進行新型葉綠素電池的研究與開發，將葉綠素電池與染料敏化電池做比較，發現葉綠素受光可自行激發電子產生電能，而其他光敏劑則必須要 TiO₂ 薄膜的支持才可有效利用。林芷瑄等[4]則進行葉綠素電池之應用探討，研究萃取葉綠素之方式、葉綠素放置天數、電池電極與電解液之成分、電池的放置環境等變因進行研究，製作環保的水上漂浮葉綠素電池，其構造如下圖 3-4 所示。

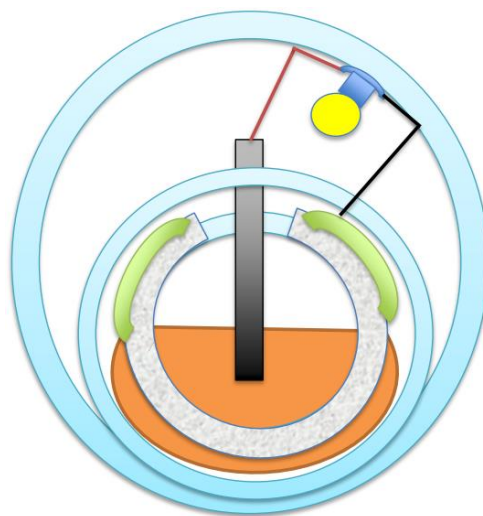


圖 3-4 水上漂浮葉綠素電池示意圖

三、膠態電解液

電解質是指在溶於水後能解離，使溶液可導電的化合物，在電池中電解質讓離子能自由移動讓反應持續進行。然而也有其所含的溶劑揮發及洩漏問題，造成元件的安全性疑慮，及穩定性不佳等問題。為改進液態電解液的缺點，就有膠固態電解質的發展，膠態電解質是在液態電解質中加入高分子膠化劑，藉由高分子間之交聯將溶液包覆在網狀結構間，使液態電解質轉變為膠態。為穩定其功能，常需加入各式添加劑來達成，也常添加離子液體來提高其導電功能。這些添加劑及離子液體都具有相當的毒性，也增加後續回收處理的困難度及毒害的風險性[5]。

四、幾丁聚醣介紹

為甲殼素(又稱幾丁質)的衍生物，1859年 Rouget 發現經過氫氧化鉀溶液加熱後，可將幾丁質去乙酰化後形成幾丁聚醣(Chitosan)，結構式如下圖 3-5。

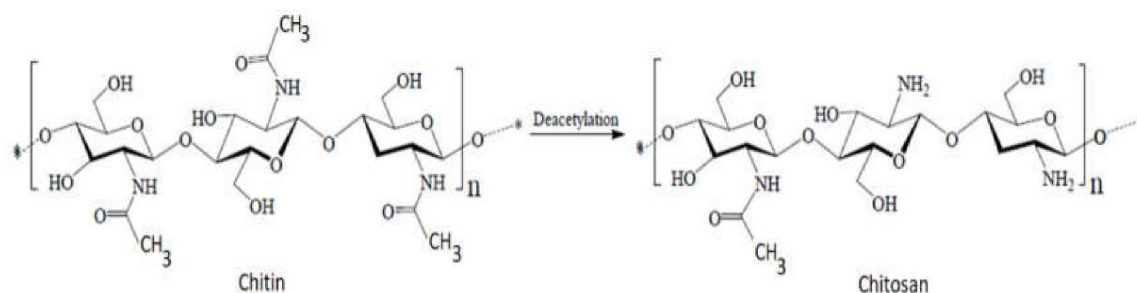


圖 3-5 幾丁質與幾丁聚醣結構

幾丁聚醣目前已被應用於傳統的食品加工、保健食品、生醫材料、製藥、化妝品、環保產業及農業上。幾丁聚醣為天然高分子，食品工業上常被應用為增稠劑，工業上也被應用於染料吸附劑。有關幾丁聚醣在電池的研究，蔡佳霖等人[6]曾進行以廢棄蝦殼製作染料敏化太陽能電池之研究，從廢棄蝦殼提煉幾丁聚醣製成幾丁聚醣膜，取代傳統的 ITO 導電玻璃作為載體，加入染料與電解質組成染料敏化太陽能電池。Liangbing Hu 等人[7] 將幾丁聚醣與鋅結合製成生物可分解膠狀電解質應用於鋅離子電池，具有高機械強度、 Zn^{2+} 電導率和水鍵合能力，幾丁聚醣-鋅電解質不易燃且可生物降解，使得所提出的鋅離子電池在安全性和可持續性方面具有吸引力。從上述幾丁聚醣的透光性及增稠性，也具類網狀結構，幾丁聚醣的 $pK_a = 6.5$ ，在低 pH 值下帶正電荷，就如同離子液體般，有助於傳導電子，是很有潛力的膠固態電解質的基質材料。

五、本研究電池設計概念

本實驗結合化學電池與葉綠素電池設計新型太陽能光電強化化學電池，電池設計圖如下圖 3-6，電池的基本結構包含導電材質使用銅片、鋁網當正、負極材料，電解質由幾丁聚醣、醋酸、氯化鈉、葉綠素所組成之膠態電解質，本設計結合光電及化學電池，利用化學電池改善光電電池在無光的環境下無法發電的缺點，並使用蟹殼提煉之幾丁聚醣結合葉綠素天然染料製作膠態電解質，將光能轉為電能，且能改善液態電解質之缺點，具有回收易分解兼具廢棄物再利用之意義。

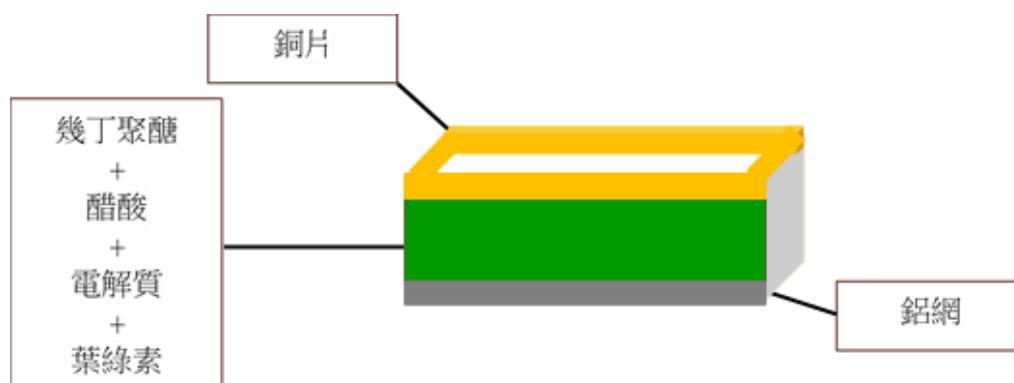


圖 3-6 電池設計俯視圖

六、實驗器材與材料

(一) 實驗器材

天秤、果汁機、攪拌器、pH 計、量筒、燒杯、塑膠滴管、鐵盤、銅片、鋁網、模具、烘箱、三用電表、鱷魚夾、黏度計、照光 LED 燈(10W)、LED 燈泡(0.06W)。

(二) 實驗藥品及材料

丙酮、醋酸、鹽酸、氯化鈉、氯化銨、氯化鉀、醋酸鈉、硝酸鈉等都購自化工行、地瓜葉取自爺爺的菜園、螃蟹殼取自海產店廢棄物。

七、 研究流程圖

結合實驗目的及文獻探討，規劃出本實驗實驗流程圖，如下圖圖 3-7：

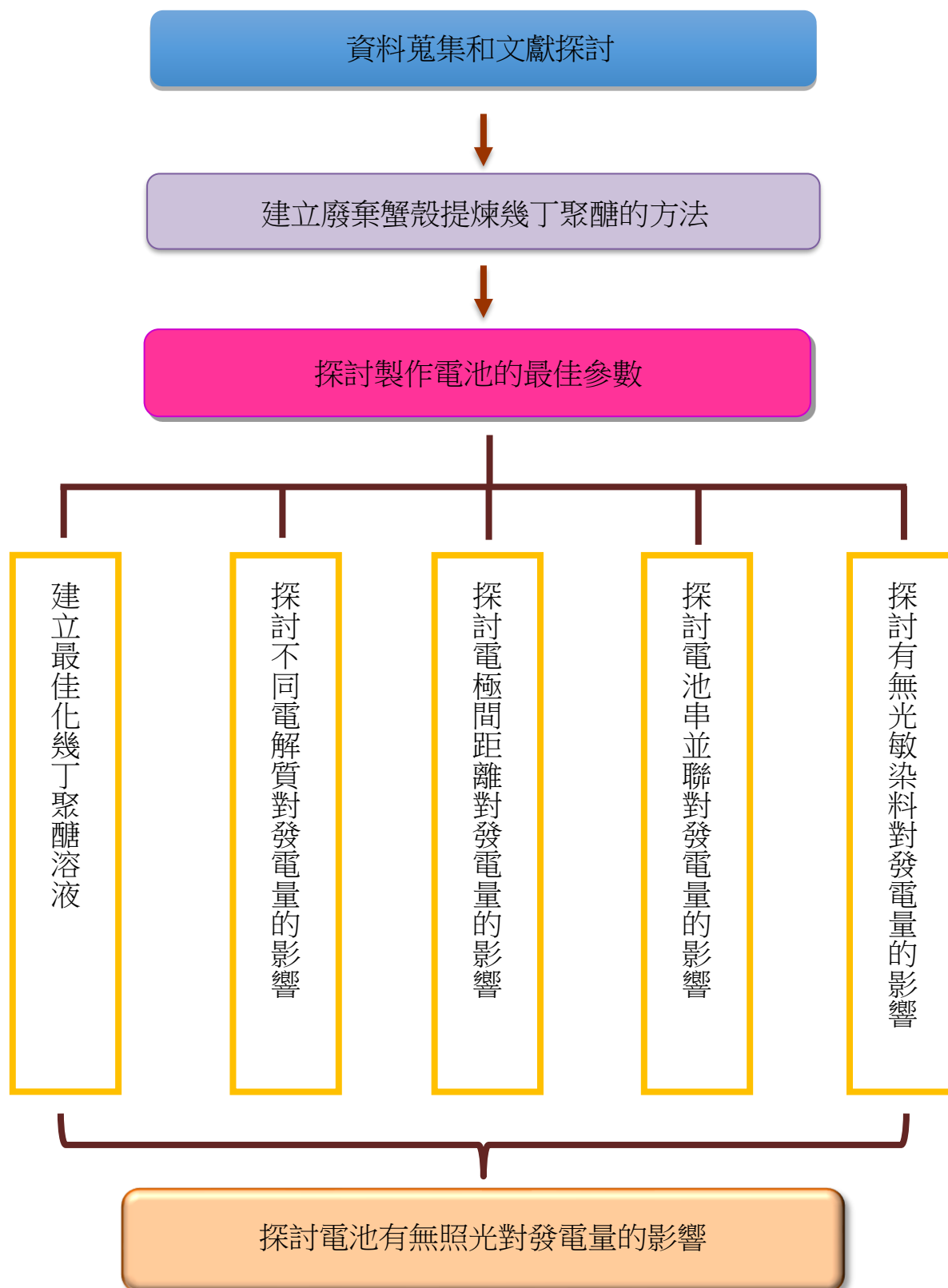


圖 3-7 實驗流程圖

肆、 實驗過程及方法

一、 蟹殼中幾丁聚醣之提煉與製備

本研究以化學法製備，利用鹼去除蛋白質，再利用酸去除碳酸鈣，最後以丙酮脫色，即可得到幾丁質。再使用熱鹼法將幾丁質去乙醯化反應後可得到幾丁聚醣。

蟹殼提煉幾丁聚醣步驟如下，並繪製出圖 4-1：

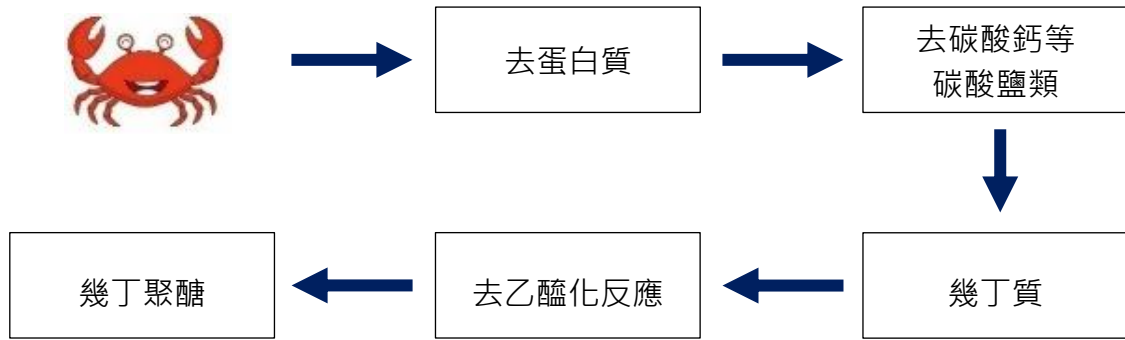


圖 4-1 蟹殼提煉幾丁聚醣流程圖

(一) 利用鹼去除蟹殼中的蛋白質：

1. 配置 1.0 % 氫氧化鈉溶液：秤 10.0 g 氫氧化鈉放入燒杯，加入 500.0 g 的水，待氫氧化鈉全部溶解後，用水定量至 1000.0 g，混合均勻。
2. 將洗淨後的蟹殼浸泡在配置的氫氧化鈉溶液中 18 小時。
3. 將浸泡後的蟹殼倒入篩網，蟹殼留於篩網上，以水清洗至 pH 值接近中性。

(二) 利用酸去除蟹殼中的碳酸鈣：

1. 配置 5.0 % 鹽酸溶液：取 32 % 濃鹽酸 156.3 g、純水 843.7g，將酸緩慢沿著玻棒加入水中，並持續攪拌，使之混合均勻。
2. 將已去蛋白的蟹殼浸泡在配置的鹽酸溶液中 6 小時。
3. 將浸泡後的蟹殼倒入篩網，蟹殼留於篩網上，以水清洗至 pH 值接近中性。
4. 將蟹殼放入 80 °C 烘箱中烘乾，並將蟹殼打碎至粉末狀。

(三) 利用丙酮去除蟹殼中的蝦青素：

1. 將打碎的蟹殼浸泡在 1000 mL 丙酮至蟹殼顏色呈現接近透明狀。
2. 將浸泡後的蟹殼倒入篩網，蟹殼留於篩網上，靜置乾燥。
3. 將蟹殼放入 80°C 烘箱中烘乾，即可得到幾丁質。

(四) 幾丁質去乙酰化得到幾丁聚醣粉

1. 配置 40.0 % 氫氧化鈉溶液：秤 400.0 g 氫氧化鈉放入燒杯，加入 800.0 g 的水，待氫氧化鈉全部溶解後，用水定量至 1000.0 g，混合均勻。
2. 將幾丁質浸泡在配置的氫氧化鈉水溶液中，以 80 °C 加熱攪拌 5 小時。
3. 將浸泡後的蟹殼倒入篩網，蟹殼留於篩網上，以水清洗至 pH 值接近中性。
4. 將蟹殼放入 80 °C 烘箱中烘乾，再放入研磨機磨成粉末，即得到幾丁聚醣粉。

二、 建立最佳化幾丁聚醣溶液

pH 值影響幾丁聚醣對水的溶解度，在 $\text{pH} < 6$ 時具有聚陽離子行為，使其可溶於水。在低於 pKa 的 pH 值下，幾丁聚醣分子由於高密度胺基 ($-\text{NH}_2$) 會轉化為銨離子 ($-\text{NH}_3^+$)，使聚合物帶正電荷，從而增加分子間的電排斥力，形成聚陽離子大分子 [9]，如下圖 4-2。本研究使用醋酸溶解幾丁聚醣，找出醋酸與幾丁聚醣的最佳比例，以符合低 pH 及高電功率的目的。

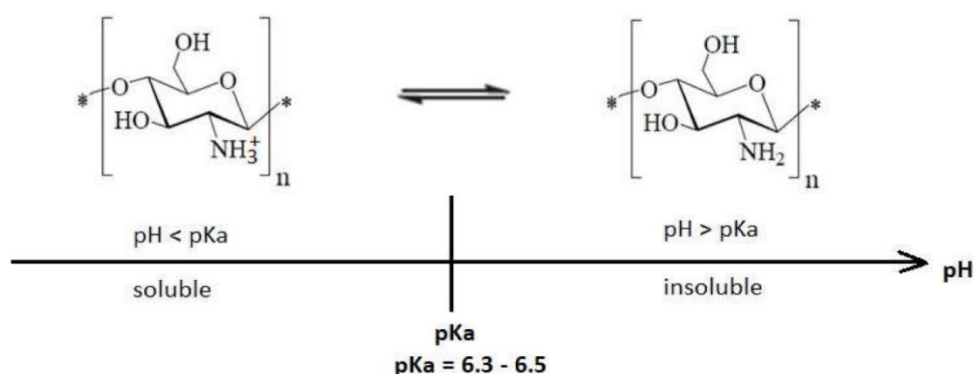


圖 4-2 幾丁聚醣因 pH 值造成質子化導致結構差異

由於酸鹼值會影響幾丁聚醣對水的溶解度，進而影響溶液的黏稠度，故最佳條件除了要能達到高電流外，同時要考慮溶液的黏度。測試最佳化條件步驟如下：

- (一) 配置 0、1.0%、2.0%、3.0%、4.0% 幾丁聚醣溶於 0.5%、1.0 % 醋酸水溶液，以及不添加幾丁聚醣及醋酸，共 11 種樣品。
- (二) 使用 pH 計測量溶液的 pH 以及使用黏度計測量黏度。
- (三) 使用銅片與鋁片為兩電極，將兩電極固定間距(34 mm)，並加入 100 mL 待測樣品。
- (四) 使用三用電表測量電壓及電流。

三、探討不同電解質對本研究的電池的影響

電解質是指在溶於水後能解離，使溶液可導電的化合物，在電池中電解質讓離子能自由移動讓反應持續進行。電解質成分為酸、鹼、鹽，本組選擇了五種常用的鹽類電解質測試哪一種具有最高的發電效益。實驗步驟如下：

- (一) 配置 0.1 M 氯化鈉、氯化銨、氯化鉀、醋酸鈉、硝酸鈉 上述五種水溶液，並個別加入 3.0 g 幾丁聚醣粉及 1.0 g 醋酸，並攪拌均勻。
- (二) 使用銅片與鋁片為兩電極，將兩電極固定間距(34 mm)，並加入 100 mL 待測樣品。
- (三) 使用三用電表測量電壓及電流。

四、膠體電解質的配製

(一) 葉綠素染料的萃取：

1. 秤取地瓜葉 20.0 g，並使用果汁機充分將其磨碎。
2. 轉移至燒杯，加入 95 %酒精 200 mL 隔水加熱的方式進行萃取，並持續攪拌。
3. 萃取 10 分鐘後趁熱重力過濾，取濾液。
4. 將濾液以隔水加熱方式蒸乾，取得葉綠素萃取物。
5. 加入 200 mL 純水至葉綠素萃取物中，完成葉綠素染料製作

(二) 膠體電解質的製備：

1. 於燒杯中加入 80.0 g 葉綠素染料、0.6 g 氯化鈉、3.0 g 幾丁聚醣粉、1.0 g 醋酸，並攪拌均勻。
2. 將上述溶液以葉綠素染料定量至 100.0 g，充分攪拌均勻後，即完成膠體電解質。

五、探討電極距離對發電量的影響

- (一) 自製測試模具，能調整電極距離為 0.5 cm、1.0 cm、1.5 cm，使用銅片與鋁片為兩電極，如下圖 4-3。
- (二) 倒入上述製作的膠體電解質，每個電池約 30g，並等待膠體電解質液面平穩，如下圖 4-4。
- (三) 三用電表測量電壓及電流。每個距離測量三次，取平均值。

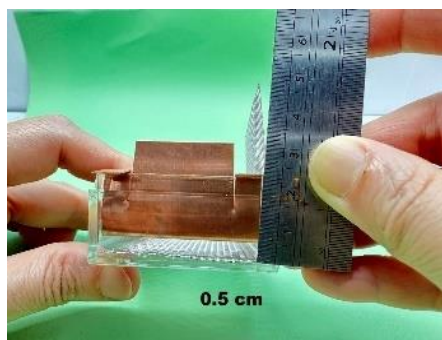


圖 4-3 製作電池模具

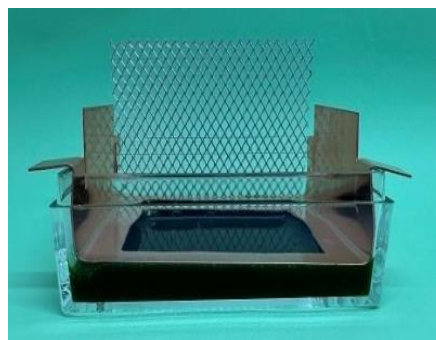


圖 4-4 實際實驗側視圖

六、 探討幾丁聚醣用於膠態電解質染敏強化電池之比較

本實驗以化學電池為對照組，探討結合化學電池與葉綠素電池設計之新型太陽能光電強化化學電池有無葉綠素製成電池後為實驗組，進行照光(約 3000 lux)與不照光對發電量之影響。實驗步驟如下：

(一) 調配化學電解質溶液：

於燒杯中加入 0.58 g 氯化鈉，加水定量至 100.0 g，攪拌溶解。

(二) 製作不含葉綠素之膠體電解質溶液：

於燒杯中加入 80.0 g 的水、0.6 g 氯化鈉、3.0 g 幾丁聚醣粉、1.0 g 醋酸，攪拌溶解後，用水定量至 100.0 g。

(三) 製作含葉綠素之膠體電解質溶液：

於燒杯中加入 80.0 g 的葉綠素染料汁液、0.6 g 氯化鈉、3.0 g 幾丁聚醣粉、1.0 g 醋酸，攪拌溶解，用葉綠素染料定量至 100.0 g。經稠化粘度提升後，即可使用。

(四) 製作電池單元及電池組：

使用自製電池盒，使用銅和鋁作為兩極，電極距離定為 0.5 cm，電解液分別填充上述三種電解液。將四個電池單元串聯成電池組，如下圖 4-5、圖 4-9。

(五) 測量電池使用效用：

測量上述三組填充不同電解液的電池組，在照光與不照光下，每日測量電壓及電流，並接上 LED 燈觀察發光情形，照光組照射光源距離電池 20 cm，實驗裝置如下圖 4-6 及圖 4-7。

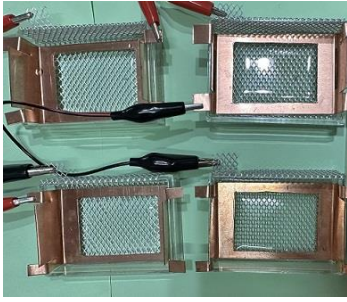


圖 4-5 電池組



圖 4-6 照光組



圖 4-7 不照光組

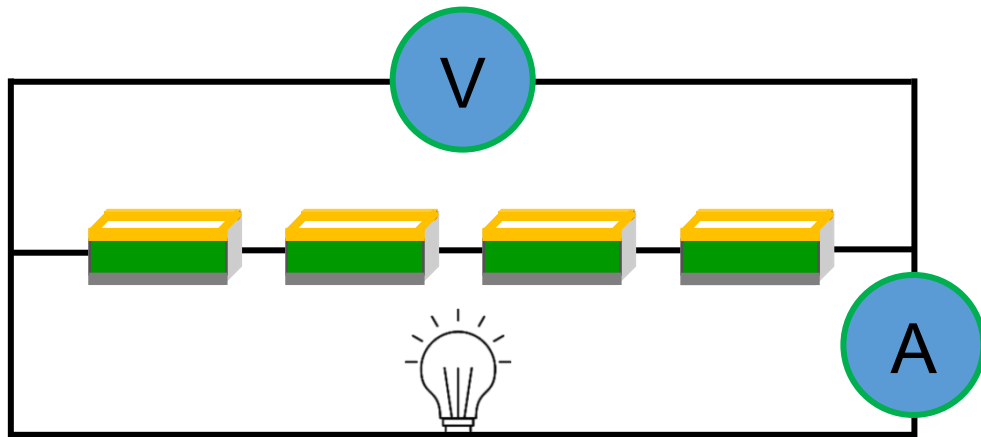


圖 4-9 實驗裝置示意圖

伍、 研究結果與討論

一、 蟹殼中幾丁聚醣之提煉與製備

本研究以化學法從廢棄蟹殼合成幾丁聚醣，實驗結果證實已成功提煉與製備出幾丁聚醣，下圖 5-1 為使用氫氧化鈉溶液去乙醯化的過程，下圖 5-2 為自製幾丁聚醣。



圖 5-1 去乙醯化過程



圖 5-2 自製幾丁聚醣粉

二、 建立最佳化幾丁聚醣溶液

因幾丁聚醣不溶於水，在酸性水中，分子中的 $-NH_2$ 基轉為帶正電的銨鹽($-NH_3^+$)而提高了水溶性。本實驗曾使用鹽酸、硝酸、或硫酸來調整酸度，發現會腐蝕銅或鋁電極板，降低了化學電池的壽命，因此本實驗改用較弱的醋酸，在無氧狀態下，不會造成銅或鋁電極的腐蝕。在水中分別加入 0 %、1.0 %、2.0 %、3.0 %、4.0 %的幾丁聚醣及 0.5 %、1.0 %的醋酸，以及皆無添加，共 11 種樣品。

測定其 pH 值、電壓(V)、電流(mA)，計算出電功率(mW)。測量結果如下表 5-1 所示：

表 5-1 幾丁聚醣及醋酸含量對電解液的特性影響

編號	醋酸濃度 (%)	幾丁聚醣 (%)	pH 值	電壓 (V)	電流 (mA)	電功率 (mW)	黏度 (cP)
1	0	0	7.08	0.52	0.22	0.11	-
2	0.5	0	3.30	0.45	0.32	0.14	-
3		1.0	4.48	0.43	0.28	0.12	13.5
4		2.0	5.40	0.41	0.26	0.11	115.6
5		3.0	5.92	0.40	0.27	0.11	548.0
6		4.0	6.08	0.40	0.20	0.08	1933.6
7		1.0	0	3.08	0.54	0.50	0.27
8	1.0		3.58	0.52	0.57	0.30	34.4
9	2.0		4.06	0.50	0.56	0.28	258.7
10	3.0		4.46	0.52	0.54	0.28	758.7
11	4.0		4.71	0.55	0.27	0.15	3203.3

從表 4-1 的實驗結果，在未加幾丁聚醣的狀況下，醋酸濃度從 0 %、0.5 %及 1.0 %，pH 值從 7.08 降至 3.30 及 3.08，驗證了醋酸有調降 pH 的功能。在固定醋酸濃度下，隨著幾丁聚醣量的提高，其 pH 也隨著提高，顯示幾丁聚醣是帶有胺基(-NH₂)，溶液也越黏稠。在 1.0 %醋酸濃度下，隨著幾丁聚醣量的提高，其電壓值與電流值均高於 0.5 %醋酸濃度時，因此選擇 1.0 %的醋酸濃度。在 1.0 %的醋酸濃度下，隨著幾丁聚醣量的提高，電流值有稍微下降，也驗證黏度的提高，會阻礙離子的傳遞，降低電流值，在加入 4.0 %幾丁聚醣量時，其電流值更為大降，證實上述的推測，因此本研究選擇 3.0 %的幾丁聚醣量。本研究在 1.5 %的醋酸溶液中加入各種比例的幾丁聚醣測試結果為幾丁聚醣易結塊，不易攪拌均勻溶解且發現容易產生氣泡，故不選擇 1.5 %的醋酸溶液配置幾丁聚醣。

幾丁聚醣的 pKa = 6.5，在 pH 值小於 4.5 時，有 99 %的幾丁聚醣呈現離子態，實驗結果在 3.0 %的幾丁聚醣的 pH 值 4.46，符合最適條件。

因此本研究往後均使用 3.0%的幾丁聚醣及 1.0%的醋酸的選擇。

三、探討不同電解質對本研究的電池的影響

電解質是在電池中可以產生自由離子而導電的化合物，為選擇最適的電解質，分別配製 0.1 M 氯化鈉、氯化銨、氯化鉀、醋酸鈉、硝酸鈉 100 mL 中加入 3.0 g 幾丁聚醣粉及 1.0 g 醋酸。攪拌均勻後，以三用電表測量電壓及電流。結果如圖 5-1 所示：

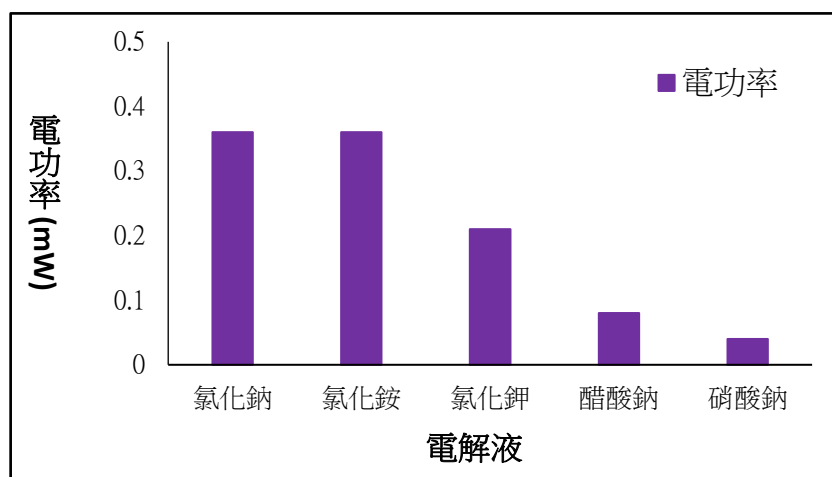


圖 5-3 不同電解質對電功率影響

圖中可看出含有氯離子的電解質的電功率都比較高，氯化鈉及氯化銨電功率高於氯化鉀可能氯離子比硝酸根離子及醋酸根離子較小，滲透移動性較高所造成。

由於氯化鈉容易取得且成本低，所以本研究往後均使用氯化鈉作為電解質。

四、膠體電解質的配製

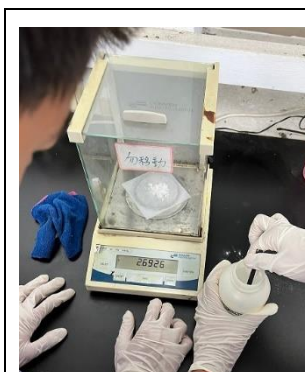


圖 5-4
秤取氯化鈉



圖 5-5
秤取幾丁醣粉



圖 5-6
秤取醋酸



圖 5-7
葉綠素膠體電解質

五、探討電極距離對發電量的影響

在化學電池的實驗設計，兩電極的距離通常要越短，內電阻越小，電流及電功率會越大，然又擔心太靠近造成接觸。因此實驗中為搭配模具，選擇距離 0.5 公分、1.0 公分及 1.5 公分來試驗。實驗結果如下圖 5-8：

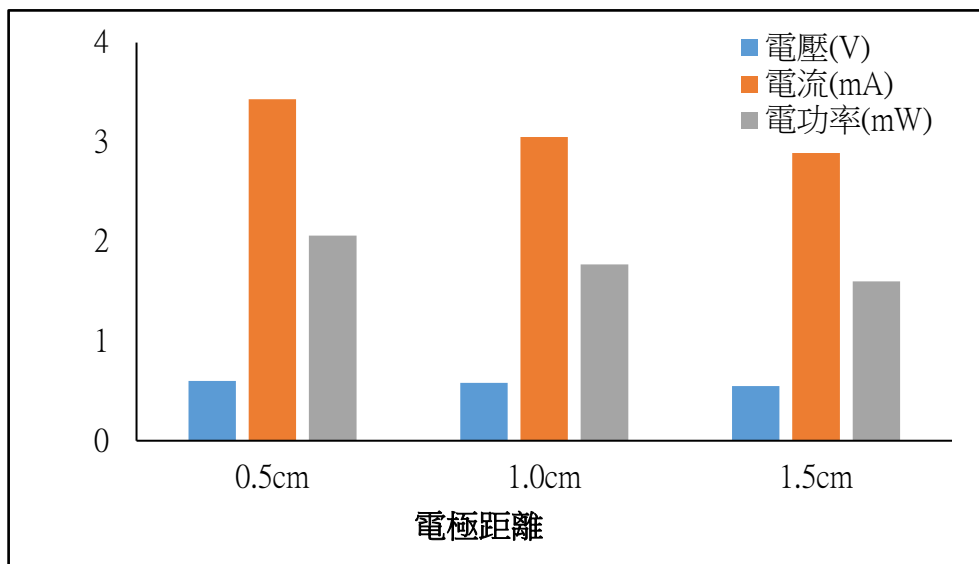


圖 5-8 電池不同電極距離對電壓、電流及電功率之比較圖

從圖 5-8 可看出改變電極的距離對電壓值影響不大，但電流跟電功率很明顯的隨距離變大而減小。從研究結果得知，電極距離 0.5 cm 可得較大的電功率。

本研究往後均將兩電極的距離設定為 0.5 cm。

六、探討幾丁聚醣用於膠態電解質染敏強化電池之比較

為比較照光對光敏電池強化化學電池的能力，依前述最佳配方調配膠態電解質，使用自製電池盒組裝電池，並串聯四組，測定其照光及不照光下電壓電流及電功率的持續性。其結果如下圖 5-9 及下頁表 5-2 所示：

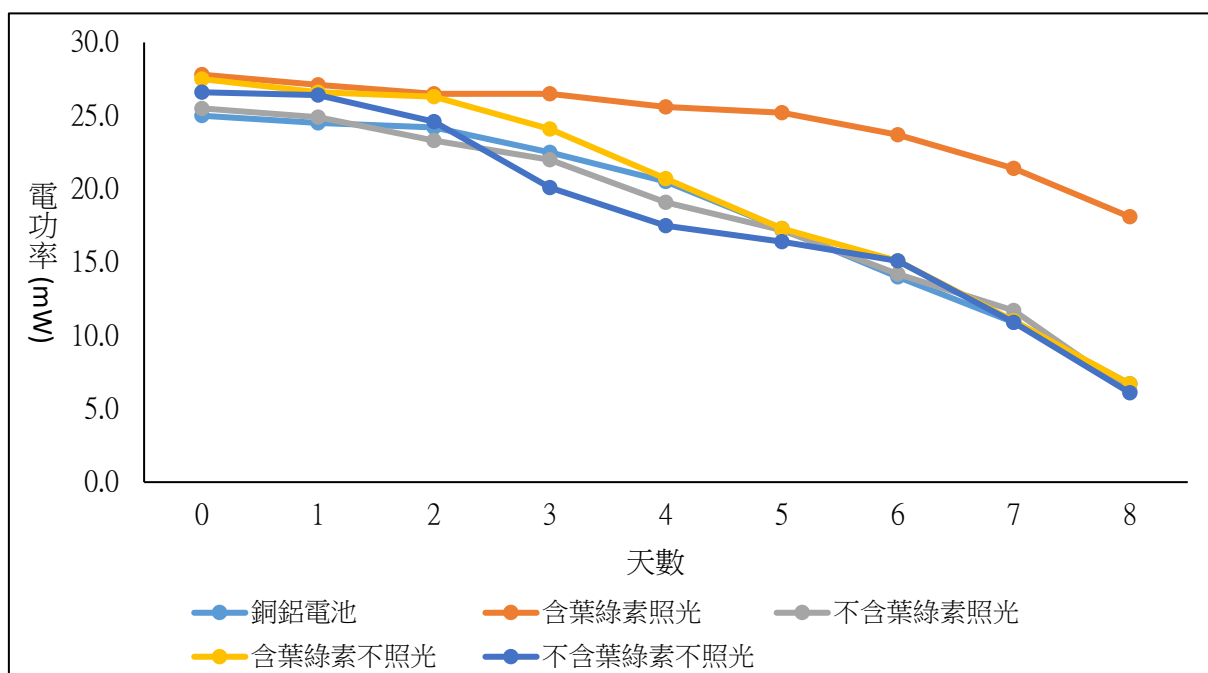


圖 5-9 幾丁聚醣用於膠態電解質染敏強化電池之比較

電功率從開始至第 8 天均以穩定趨勢下降，這顯示銅鋁電池的兩極會隨著時間逐漸鈍化的現象。沒有添加染敏材料強化的電池組從第 3 天開始呈現快速的下降，而照光的葉綠素電池電功率下降速度比不照光的慢很多，顯示葉綠素光電的強化功能是存在的，可增加電池的壽命。

表 5-2 各項電池每天輸出電功率計算結果

項目 電功率 (mW) 天數	銅鋁電池	含葉綠素 照光	不含葉綠素 照光	含葉綠素 不照光	不含葉綠素 不照光
0	25.0	27.8	25.5	27.5	26.6
1	24.5	27.1	24.9	26.6	26.4
2	24.2	26.5	23.3	26.3	24.6
3	22.5	26.5	22.0	24.1	20.1
4	20.5	25.6	19.1	20.7	17.5
5	17.3	25.2	17.2	17.3	16.4
6	14.0	23.7	14.2	15.1	15.1
7	10.9	21.4	11.7	11.0	10.9
8	6.7	18.1	6.2	6.7	6.1

七、葉綠素染料光電強化銅鋁化學電池的作用機制探討

在林鵬等[3]的研究，將葉綠素電池與染料敏化電池做比較，發現葉綠素受光可自行激發電子產生電能，而其他光敏劑則必須要 TiO_2 薄膜的支持才可有效利用。這也說明了葉綠素的光敏作用，激發的電子不需 TiO_2 能階的移轉。

在本研究膠態電解液，以幾丁聚醣為高分子增稠劑，幾丁聚醣的環狀分子結構提供了奈米孔洞，且對染料有高吸附性，另外幾丁聚醣分子結構上的胺基，在 $\text{pH} = 4.46$ 時有 99% 以上成為銨鹽，與陰離子醋酸根及氯離子結合生成離子對，類似於離子液體的功能，有助於離子的移動和電子的傳遞。這可從表 5-1 中看出， pH 對電流的影響大於幾丁聚醣的含量。也顯示幾丁聚醣的銨鹽有助於電子的移動。

因此依據實驗結果推測，本研究的葉綠素光電輔助化學電池的工作原理可分為下列幾段，示意圖如圖 5-10：

(一) 鋁銅化學電池部分：

1. 負極的鋁被氧化，電子經外線路，驅動負載作功，再傳到正極的銅
2. 傳到正極銅的電子經銨鹽的幾丁聚醣及電解質傳遞，部份用於葉綠素的還原，部份傳到負極的鋁。

(二) 光電輔助作用部分：

1. 光線照射葉綠素後，葉綠素吸收能量，能階從基態躍遷至激發態
2. 躍遷至激發態的電子傳至負極的鋁
3. 傳到正極銅的電子部份用於葉綠素的還原。

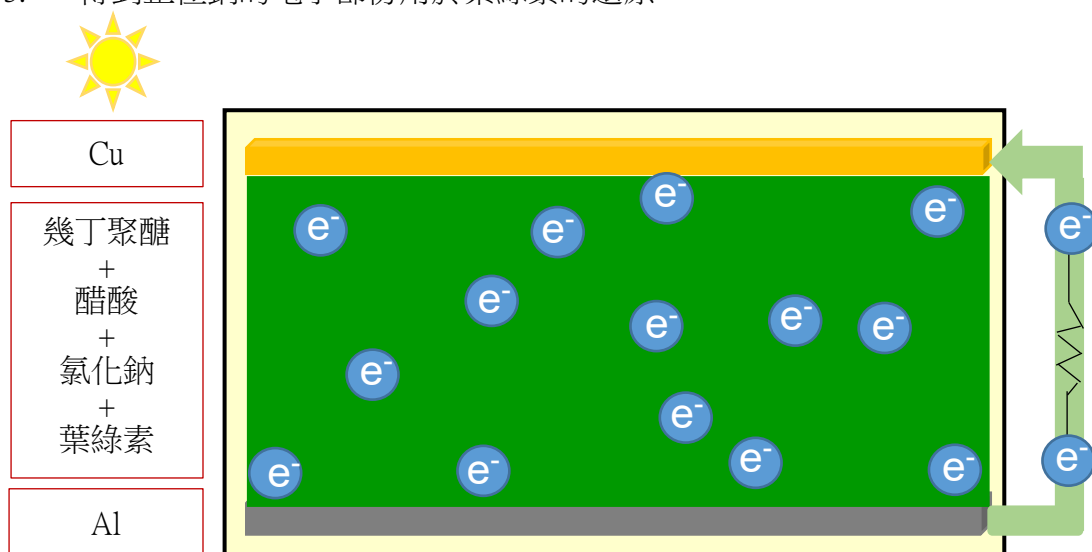


圖 5-10 光電強化銅鋁電池結構示意圖

八、環境友善光電強化鋁銅電池的優勢

本研究探討的環境友善光電強化鋁銅化學電池為結合「鋁銅化學電池」及「光染敏電池」的特性，具有兩者電池的優點，減少了兩者電池的缺點。傳統的鋁銅化學電池，必須有電解液及鹽橋(或隔離膜)，當電解液失效或陽極被腐蝕或鈍化，就無法產生電流。一般的染敏電池，需要 ITO 透光導電玻璃、二氧化鈦(TiO₂)電極、光敏染料、非常強的氧化還原特性的碘化鉀與碘液電解液，表面鍍鉑或碳黑具高導電度及具催化電解液的對電極。具有製作複雜、成本價位高、帶有毒性、廢棄處理環保問題。然而本研究的電池組合相當簡單，類似於三明治電池，在陽極鋁網與陰極銅框間緊壓入膠態電解質即可完成。膠態電解質為以幾丁聚醣為增稠的基質，混加為光敏染料的葉綠素、電解質氯化鈉、及將幾丁聚醣溶解及調整為帶電的銨的醋酸所組成。幾丁聚醣的多孔性可吸附大量葉綠素，其高透光性又可讓葉綠素發揮光敏作用。幾丁聚醣銨鹽有助於電子的傳遞。藉著葉綠素的光敏作用，產生的電子用於減緩鋁電極的被氧化老化，延長電池發電壽命。葉綠素及幾丁聚醣均為天然原料，食鹽和醋酸都很容易取得，成本低，不具毒性及危險性，廢棄時為生物可分解性，不會對環境造成污染。

陸、 結論

本研究的實驗已成功證實了以葉綠素光敏作用減緩電池電功率下降時間，相當於延長了鋁銅電化學電池的壽命。在鋁網/銅框兩電極間緊密置入以幾丁聚醣為載體含有葉綠素、氯化鈉、及醋酸之膠態電解質，藉由幾丁聚醣的多孔性可吸附葉綠素，就由幾丁聚醣的透光性，可讓葉綠素發揮光敏作用，藉由幾丁聚醣的銨鹽可傳遞電子。本研究所組成的三明治電池，結構相當簡單，具很低的成本，葉綠素與幾丁聚醣均取自大自然或廢棄物，具生物可分解性，因此為環境友善的綠色環保電池。

柒、 未來展望

就氧化還原化學反應而言，銅的金屬活動順序在氫的後面，所以不會和酸進行反應；更何況醋酸是弱酸，但氧化銅可以和醋酸進行反應。鋁是活潑金屬，自然可以和酸進行反應，鋁將氫離子還原，但因醋酸為很弱的酸，反應速率很慢，慢到可稱為不反應，因此常溫下鋁對於醋酸可稱為惰性，然因鋁在空氣中表面很容易被氧化生成氧化鋁膜，氧化鋁就能與醋酸產生反應。若能將電池隔離空氣，讓銅及鋁不會產生氧化銅及氧化鋁，銅及鋁電極就不會被醋酸所反應，應可延長兩電極壽命，進而可更延長此葉綠素光敏輔助鋁銅電化學電池的壽命。若能成功開發鋁銅電極不易劣化，可為新型態的環境友善的太陽能光電池，在沒有太陽光時，可由鋁銅的電位差提供電能。這是未來可進一步研究的題目。

捌、 參考資料

- 一、 略識之無 (2018) 。 鋰電池與鋰離子電池 。 科普寫作網路平台 。
- 二、 陳儀珈 (2021) 染料敏化太陽能電池的再突破—專訪中興化學系教授葉振宇。科技大觀園。
- 三、 林鵬等 (2009) 。 新型葉綠素電池的研究與開發。中華民國第 49 屆中小學科學展覽會。
- 四、 林芷瑄等(2019) 。 葉綠素電池之應用。中華民國第 59 屆中小學科學展覽會。
- 五、 李玉郎等(2021) 。 高效能膠固態電解質 在先進電池元件的應用。工程 ， 94 卷 03 期。
- 六、 蔡佳霖等 (2017) 。 以廢棄蝦殼製作染料敏化太陽能電池之研究。中華民國第 57 屆中小學科學展覽會。
- 七、 Liangbing Hu (2022) 。 A sustainable chitosan-zinc electrolyte for high-rate zinc-metal batteries 。 Matter ， September 。
- 八、 Cristina Ardean 。 Chitosan and Chitosan Modified by Functionalization 。 Int. J. Mol. Sci. 2021, 22 (14), 7449.
- 九、 Meng, X.; Xing, R.; Liu, S.; Yu, H.; Li, K.; Qin, Y.; Li, P. Molecular weight and pH effects of aminoethyl modified chitosan on antibacterial activity in vitro. Int. J. Biol. Macromol. 2012, 50, 918 – 924.

【評語】 030208

探討以光電延長銅鋁電化學電池壽命的可行性，研究結果顯示於葉綠素溶液中，加入幾丁聚醣(3.0%)、氯化鈉(0.6%)及醋酸(1.0%)，所配出的膠態可得最好的最佳組成及條件，照光情形下含葉綠素之電池比不含葉綠素之電池電功率下降速度慢很多的研究，將葉綠素電池與染料敏化電池做比較，發現葉綠素受光可自行激發電子產生電能，而其他光敏劑則必須要 TiO₂ 薄膜的支持才可有效利用。這也說明了葉綠素的光敏作用，激發的電子不需 TiO₂ 能階的移轉。

1. 電池能源相關議題是現今產業關注的研究重點, 值得探討
2. 所云” 幾丁聚醣的環狀分子結構提供了奈米孔洞結構” 可以電子或光學顯微鏡觀察來驗證?
3. 這三明治電池結合化學電池與敏化太陽能電池，展現出更佳的 power 抗衰減能力。應可再深入了解其抗衰減的機制。
4. 口頭報告口齒清晰有條理，發揮團隊合作精神，勇氣可嘉。
5. 實驗日誌務必加註日期，並以原子筆紀錄，避免使用鉛筆，修改要留下痕跡，避免塗改，以供追溯。

作品海報

壹、研究動機

現在電池已是我們生活中不可或缺的一部份，從手電筒到手機都要使用到電池，偶然在網路上看到了乾電池的發電原理及假日出遊時遇到爸爸車子的電瓶電池沒電無法發動，激起我們對電池的原理及構造產生濃厚的興趣。學校在做垃圾分類時特別將電池分類出來，詢問老師後得知是因為電池中的溶液具有毒性，需要特別處理。上網從新聞中看到葉綠素電池可解決此問題但是有電功率較低且下降快速的問題，我們決定設計一款結合乾電池與葉綠素電池兩者優點的新型電池。

貳、研究目的

本研究想利用幾丁聚醣可增稠及可帶電荷傳導電子的特性，結合具光電效應的葉綠素及鹽類製成具光電效應的膠態電解質的化學電池，發展具環境友善生物可分解的光電強化化學電池。歸納其具體之研究目的如下：

- 一、提煉與製備蟹殼中的幾丁聚醣
- 二、建立最佳化幾丁聚醣溶液
- 三、探討不同電解質對本研究的電池的影響
- 四、配製膠體電解質
- 五、探討電極距離對發電量的影響
- 六、探討幾丁聚醣用於膠態電解質染敏強化電池之比較
- 七、探討葉綠素染料光電強化銅鋁化學電池的作用機制
- 八、探討環境友善光電強化銅鋁電池的優勢

參、前言及文獻探討

一、電池材料與演進

電池的開發推陳出新，電池的種類很多，從傳統的化學電池，發展至當今的鋰離子電池、太陽能電池及染料敏化太陽能電池等。圖3-1為典型的化學電池組，除兩電極外，需要電解液及多孔性隔板(或鹽橋)。圖3-2為鋰離子電池(以鈷酸鋰作為正極)之運作概念示意圖[1]，以鋰化合物為正極、鋰碳為負極、加入電解液及極板安定劑等添加劑。圖3-3為染料敏化太陽能電池結構示意圖[2]，其組成包含染料、工作電極、導電玻璃、鈦白粉、電解質、及對電極。這些電池均有其優點，但也存在不少缺點，如鋰電池的遇水爆炸問題，光電電池所用材料的毒性及後續回收處理等問題。

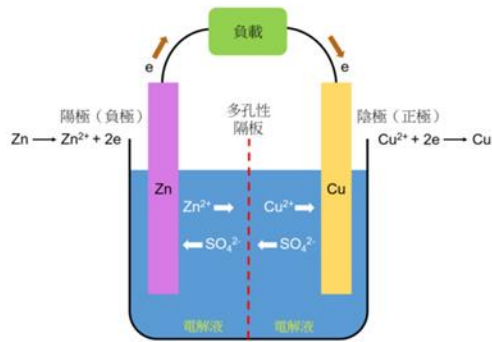


圖3-1 鋅銅電池之運作概念示意圖[1]

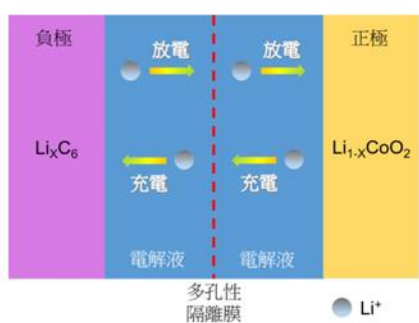


圖3-2 鋰離子電池之運作概念示意圖[1]

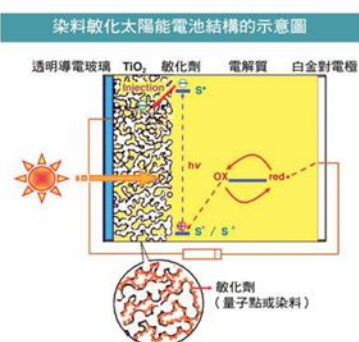


圖3-3 染料敏化太陽能電池結構示意圖[2]

二、光敏電池染料選擇

近年來因環保意識抬頭，在光敏電池染料有趨向利用天然或仿生染料，其中以葉綠素被認為最沒環保問題的天然光敏染料，但其電池效能不佳一直是仍待改進的問題。有關葉綠素電池的科展研究，林鵬等[3]進行新型葉綠素電池的研究與開發，將葉綠素電池與染料敏化電池做比較，發現葉綠素受光可自行激發電子產生電能，而其他光敏劑則必須要TiO₂薄膜的支持才可有效利用。林芷瑄等[4]則進行葉綠素電池之應用探討，研究萃取葉綠素之方式、葉綠素放置天數、電池電極與電解液之成分、電池的放置環境等變因進行研究，製作環保的水上漂浮葉綠素電池，其構造如下圖3-4所示。

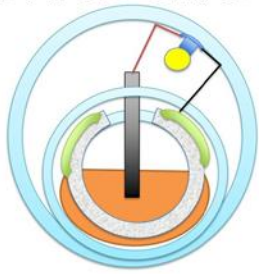


圖3-4 水上漂浮葉綠素電池示意圖[3]

三、膠態電解液

電解質是指在溶於水後能解離、使溶液可導電的化合物，在電池中電解質讓離子能自由移動讓反應持續進行；然而也有其所含的溶劑揮發及洩漏問題，造成元件的安全性疑慮及穩定性不佳等問題。為改進液態電解液的缺點，就有膠固態電解質的發展，膠態電解質是在液態電解質中加入高分子膠化劑，藉由高分子間的交聯將溶液包圍在網狀結構間，使液態電解質轉變為膠態。為穩定其功能，常需加入各式添加劑來達成，也常添加離子液體來提高其導電功能。這些添加劑及離子液體都具有相當的毒性，也增加後續回收處理的困難度及毒害的風險性[5]。

四、幾丁聚醣介紹

為甲殼素(又稱幾丁質)的衍生物，1859年Rouget發現經過氫氧化鉀溶液加熱後，可將幾丁質去乙酰化後形成幾丁聚醣(Chitosan)，結構式如下圖3-5。

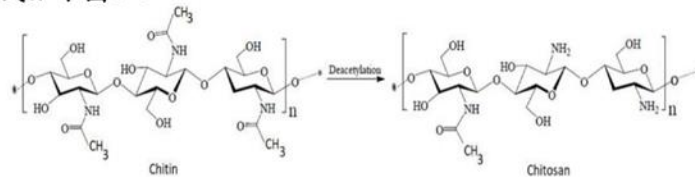


圖3-5 幾丁質與幾丁聚醣結構

幾丁聚醣目前已被應用於傳統的食品加工、保健食品、生醫材料、製藥、化妝品、環保產業及農業上。幾丁聚醣為天然高分子，食品工業上常被應用為增稠劑，工業上也應用於染料吸附劑。有關幾丁聚醣在電池的研究，蔡佳霖等人曾進行以廢棄蝦殼製作染料敏化太陽能電池之研究，從廢棄蝦殼提煉幾丁聚醣製成幾丁聚醣膜，取代傳統的ITO導電玻璃作為載體，加入染料與電解質組成染料敏化太陽能電池。Liangbing Hu等人將幾丁聚醣與鋅結合製成生物可分解膠態電解質應用於鋅離子電池，具有高機械強度、Zn²⁺導電率和水鍵合能力，幾丁聚醣-鋅電解質不易燃且可生物降解，使得所提出的鋅離子電池在安全性和可持續性方面具有吸引力。從上述幾丁聚醣的透光性及增稠性，也具類網狀結構，幾丁聚醣的pKa = 6.5，在低pH值下帶正電荷，就如同離子液體般，有助於傳導電子，是很有潛力的膠固態電解質的基質材料。

五、本研究電池設計概念

本實驗結合化學電池與葉綠素電池設計新型太陽能光電強化化學電池，電池設計圖如下圖3-6，電池的基本結構包含導電材質使用銅片、鋁網當正、負極材料，電解質由幾丁聚醣、醋酸、氯化鈉、葉綠素所組成之膠態電解質，本設計結合光電及化學電池，利用化學電池改善光電電池在無光的環境下無法發電的缺點，並使用蟹殼提煉之幾丁聚醣結合葉綠素天然染料製作膠態電解質，將光能轉為電能，且能改善液態電解質之缺點，具有回收易分解兼具廢棄物再利用之意義。

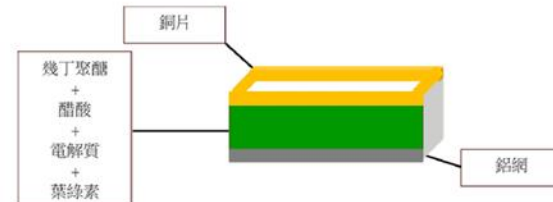


圖3-6 電池設計俯視圖

六、實驗器材與材料

一、實驗器材

天秤、果汁機、攪拌器、pH計、量筒、燒杯、塑膠滴管、鐵盤、銅片、鋁網、模具、烘箱、三用電表、鱷魚夾、黏度計、照光LED燈(10W)、LED燈泡(0.06W)。

二、實驗藥品及材料

丙酮、醋酸、鹽酸、氯化鈉、氯化銨、氯化鉀、醋酸钠、硝酸鈉等都購自化工行、地瓜葉取自爺爺的菜園、螃蟹殼取自海產店廢棄物。

七、研究流程圖

結合實驗目的及文獻探討，規劃出本實驗之實驗流程圖，如下圖圖3-7：

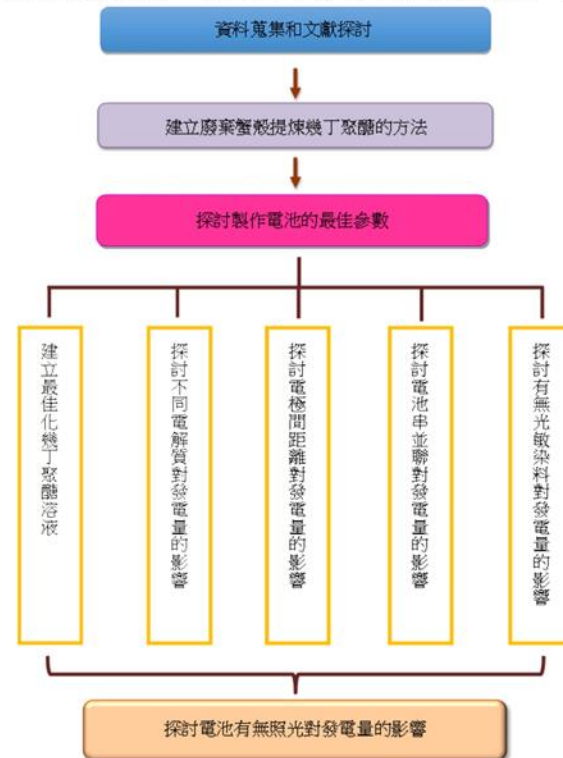


圖3-7 實驗流程圖

肆、研究過程與方法

一、蟹殼中幾丁聚醣之提煉與製備

本研究以化學法製備，利用鹼去除蛋白質，再利用酸去除碳酸鈣，最後以丙酮脫色，即可得到幾丁質。再使用熱鹼法將幾丁質去乙酰化反應後可得到幾丁聚醣。蟹殼提煉幾丁聚醣步驟如下，並繪製出圖4-1：

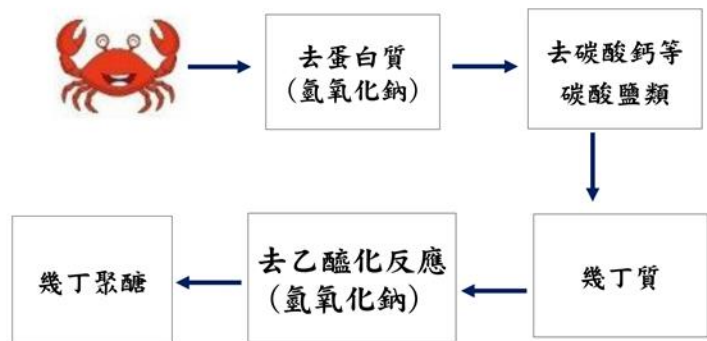


圖4-1 蟹殼提煉幾丁聚醣流程圖

(一) 利用鹼去除蟹殼中的蛋白質：

1. 配置1.0%氫氧化鈉溶液：秤10.0g氫氧化鈉放入燒杯，加入500.0g的水，待氫氧化鈉全部溶解後，用水定量至1000.0g，混合均勻。
2. 將洗淨後的蟹殼浸泡在配置的氫氧化鈉溶液中18小時。
3. 將浸泡後的蟹殼倒入篩網，蟹殼留於篩網上，以水清洗至pH值接近中性。

(二) 利用酸去除蟹殼中的碳酸鈣：

1. 配置5.0%鹽酸溶液：取32%濃鹽酸156.3g、純水843.7g，將酸緩慢沿著玻璃棒加入水中，並持續攪拌，使之混合均勻。
2. 將已去蛋白的蟹殼浸泡在配置的鹽酸溶液中6小時。
3. 將浸泡後的蟹殼倒入篩網，蟹殼留於篩網上，以水清洗至pH值接近中性。
4. 將蟹殼放入80°C烘箱中烘乾，並將蟹殼打碎至粉末狀。

(三) 利用丙酮去除蟹殼中的蝦青素：

1. 將打碎的蟹殼浸泡在1000mL丙酮至蟹殼顏色呈現接近透明狀。
2. 將浸泡後的蟹殼倒入篩網，蟹殼留於篩網上，靜置乾燥。
3. 將蟹殼放入80°C烘箱中烘乾，即可得到幾丁質。

(四) 幾丁質去乙酰化得到幾丁聚醣粉：

1. 配置40.0%氫氧化鈉溶液：秤400.0g氫氧化鈉放入燒杯，加入800.0g的水，待氫氧化鈉全部溶解後，用水定量至1000.0g，混合均勻。
2. 將幾丁質浸泡在配置的氫氧化鈉水溶液中，以80°C加熱攪拌5小時。
3. 將浸泡後的蟹殼倒入篩網，蟹殼留於篩網上，以水清洗至pH值接近中性。
4. 將蟹殼放入80°C烘箱中烘乾，再放入研磨機磨成粉末，即得到幾丁聚醣粉。

二、建立最佳化幾丁聚醣溶液

pH值影響幾丁聚醣對水的溶解度，在 pH < 6 時具有聚陽離子行為，使其可溶於水。在低於 pKa 的 pH 值下，幾丁聚醣分子由於高密度胺基 (-NH₂) 會轉化為銨根 (-NH₃⁺)，使聚合物帶正電荷，從而增加分子間的電排斥力，形成聚陽離子大分子 [9]，如下圖4-2。本研究使用醋酸溶解幾丁聚醣，找出醋酸與幾丁聚醣的最佳比例，以符合低pH及高電功率的目的。

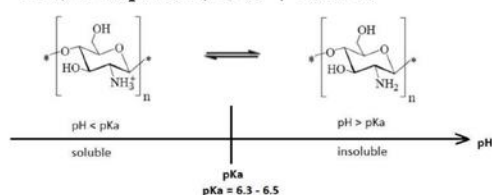


圖4-2 幾丁聚醣因pH值造成質子化導致結構差異

由於酸鹼值會影響幾丁聚醣對水的溶解度，進而影響溶液的黏稠度，故最佳條件除了要能達到高電流外，同時要考慮溶液的黏度。測試最佳化條件步驟如下：

- (一) 配置0、1.0%、2.0%、3.0%、4.0% 幾丁聚醣溶於0.5%、1.0% 醋酸水溶液，以及不添加幾丁聚醣及醋酸，共11種樣品。
- (二) 使用pH計測量溶液的pH以及使用黏度計測量黏度。
- (三) 使用銅片與鋁片為兩電極，將兩電極固定間距(34 mm)，並加入100 mL待測樣品。
- (四) 使用三用電表測量電壓及電流。

三、探討不同電解質對本研究的電池的影響

電解質是指在溶於水後能解離，使溶液可導電的化合物，在電池中電解質讓離子能自由移動讓反應持續進行。電解質成分為酸、鹼、鹽，本組選擇了五種常用的鹽類電解質測試哪一種具有最高的發電效益。實驗步驟如下：

- (一) 配置0.1 M氯化鈉、氯化銨、氯化鉀、醋酸鈉、硝酸鈉 上述五種水溶液，並個別加入3.0 g幾丁聚醣粉及1.0 g醋酸，並攪拌均勻。
- (二) 使用銅片與鋁片為兩電極，將兩電極固定間距(34 mm)，並加入100 mL待測樣品。
- (三) 使用三用電表測量電壓及電流。

四、膠體電解質的配製

(一) 葉綠素染料的萃取：

1. 秤取地瓜果葉20.0 g，並使用果汁機充分將其磨碎。
2. 轉移至燒杯，加入95%酒精 200 mL隔水加熱的方式進行萃取，並持續攪拌。
3. 萃取10分鐘後趁熱重力過濾，取濾液。
4. 將濾液以隔水加熱方式蒸乾，取得葉綠素萃取物。
5. 加入200 mL純水至葉綠素萃取物中，完成葉綠素染料製作

(二) 膠體電解質的製備：

1. 於燒杯中加入80.0 g葉綠素染料、0.6 g氯化鈉、3.0 g幾丁聚醣粉、1.0 g醋酸，並攪拌均勻。
2. 將上述溶液以葉綠素染料定量至100.0 g，充分攪拌均勻後，即完成膠體電解質。

五、探討電極距離對發電量的影響

- (一) 自製測試模具，能調整電極距離為0.5 cm、1.0 cm、1.5 cm，使用銅片與鋁片為兩電極，如下圖4-3。
- (二) 倒入上述製作的膠體電解質，每個電池約30g，並等待膠體電解質液面平穩，如下圖4-4。
- (三) 三用電表測量電壓及電流。每個距離測量三次，取平均值。

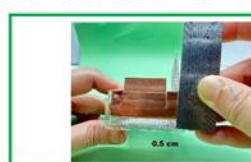


圖4-3 製作電池模具

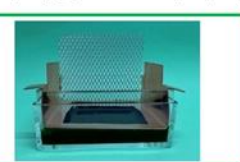


圖4-4 實際實驗側視圖

六、探討幾丁聚醣用於膠態電解質染敏強化電池之比較

本實驗以化學電池為對照組，探討結合化學電池與葉綠素電池設計之新型太陽能光電強化化學電池有無葉綠素製成電池後為實驗組，進行照光(約3000 lux)與不照光對發電量之影響。實驗步驟如下：

(一) 調配化學電解質溶液：

於燒杯中加入0.58 g氯化鈉，加水定量至100.0 g，攪拌溶解。

(二) 製作不含葉綠素之膠體電解質溶液：

於燒杯中加入80.0 g的水、0.6 g氯化鈉、3.0 g幾丁聚醣粉、1.0 g醋酸，攪拌溶解後，用水定量至100.0 g。

(三) 製作含葉綠素之膠體電解質溶液：

於燒杯中加入80.0 g的葉綠素染料汁液、0.6 g氯化鈉、3.0 g幾丁聚醣粉、1.0g醋酸，攪拌溶解，用葉綠素染料定量至100.0 g。經稠化粘度提升後，即可使用。

(四) 製作電池單元及電池組：

使用自製電池盒，使用銅和鋁作為兩極，電極距離定為0.5 cm，電解液分別填充上述三種電解液。將四個電池單元串聯成電池組，如下圖4-5、圖4-9。

(五) 測量電池使用效用：

測量上述三組填充不同電解液的電池組，在照光與不照光下，每日測量電壓及電流，並接上LED燈觀察發光情形，照光組照射光源距離電池20 cm，實驗裝置如下圖4-6及圖4-7。

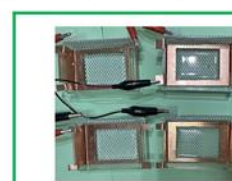


圖4-5 電池組



圖4-6 照光組



圖4-7 不照光組

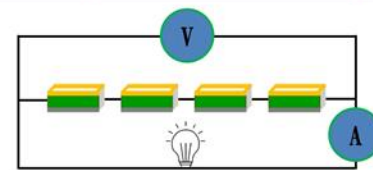


圖4-9 實驗裝置示意圖

伍、研究結果與討論

一、蟹殼中幾丁聚醣之提煉與製備

本研究以化學法從廢棄蟹殼合成幾丁聚醣，實驗結果證實**已成功提煉與製備出幾丁聚醣**，下圖5-1為使用氫氧化鈉溶液去乙酰化的過程，下圖5-2為自製幾丁聚醣粉。



圖5-1 去乙酰化過程



圖5-2 自製幾丁聚醣粉

二、建立最佳化幾丁聚醣溶液

因**幾丁聚醣不溶於水**，在酸性水中，分子中的-NH₂基轉為帶正電的銨鹽(-NH₃⁺)而提高了水溶性。本實驗曾使用鹽酸、硝酸、或硫酸來調整酸度，發現會腐蝕銅或鋁電極板，降低了化學電池的壽命，因此本實驗改用**較弱的醋酸**，在無氧狀態下，不會造成銅或鋁電極的腐蝕。在水中分別加入0%、1.0%、2.0%、3.0%、4.0%的幾丁聚醣及0.5%、1.0%的醋酸，以及皆無添加，共11種樣品。測定其pH值、電壓(V)、電流(mA)，計算出電功率(mW)。測量結果如下表5-1所示：

表5-1 幾丁聚醣及醋酸含量對電解液的特性影響

編號	醋酸濃度 (%)	幾丁聚醣 (%)	pH值	電壓 (V)	電流 (mA)	電功率 (mW)	黏度 (cP)
1	0	0	7.08	0.52	0.22	0.11	-
2		0	3.30	0.45	0.32	0.14	-
3		1.0	4.48	0.43	0.28	0.12	13.5
4	0.5	2.0	5.40	0.41	0.26	0.11	115.6
5		3.0	5.92	0.40	0.27	0.11	548.0
6		4.0	6.08	0.40	0.20	0.08	1933.6
7		0	3.08	0.54	0.50	0.27	-
8		1.0	3.58	0.52	0.57	0.30	34.4
9	1.0	2.0	4.06	0.50	0.56	0.28	258.7
10		3.0	4.46	0.52	0.54	0.28	758.7
11		4.0	4.71	0.55	0.27	0.15	3203.3

從表5-1的實驗結果，在未加幾丁聚醣的狀況下，醋酸濃度從0%、0.5%及1.0%，pH值從7.08降至3.30及3.08，驗證了**醋酸有調降pH**的功能。在固定醋酸濃度下，隨著幾丁聚醣量的提高，其pH也隨著提高，顯示**幾丁聚醣帶有胺基(-NH₂)**，**溶液也越黏稠**。在1.0%醋酸濃度下，隨著幾丁聚醣量的提高，其電壓值與電流值均高於0.5%醋酸濃度時，因此選擇**1.0%的醋酸濃度**。在1.0%的醋酸濃度下，隨著幾丁聚醣量的提高，電流值有稍微下降，也驗證**黏度提高會阻礙離子的傳遞**，降低電流值，在加入4.0%幾丁聚醣量時，其電流值更為大降，證實上述的推測，因此本研究選擇**3.0%的幾丁聚醣量**。本研究在1.5%的醋酸溶液中加入各種比例的幾丁聚醣測試結果為幾丁聚醣易結塊，不易攪拌均勻溶解且發現容易產生氣泡，故不選擇1.5%的醋酸溶液配置幾丁聚醣。

三、探討不同電解質對本研究的電池的影響

電解質是在電池中可以產生自由離子而導電的化合物，為選擇最適的電解質，分別配製0.1 M氯化鈉、氯化銨、氯化鉀、醋酸鈉、硝酸鈉100 mL中加入3.0 g幾丁聚醣粉及1.0 g醋酸。攪拌均勻後，以三用電表測量電壓及電流。結果如圖5-1所示：

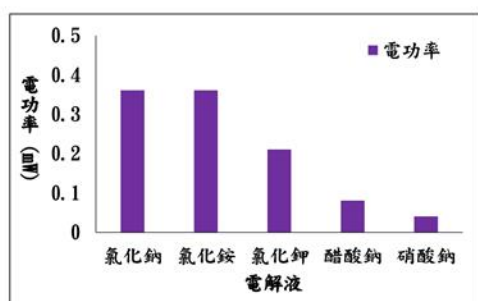


圖5-3 不同電解質對電功率影響

圖中可看出含有氯離子的電解質的電功率比較高，氯化鈉及氯化銨電功率高於氯化鉀可能氯離子比硝酸根離子及醋酸根離子較小，滲透移動性較高所造成。由於氯化鈉容易取得且成本低，所以本研究往後均使用氯化鈉作為電解質。

四、膠體電解質的配製

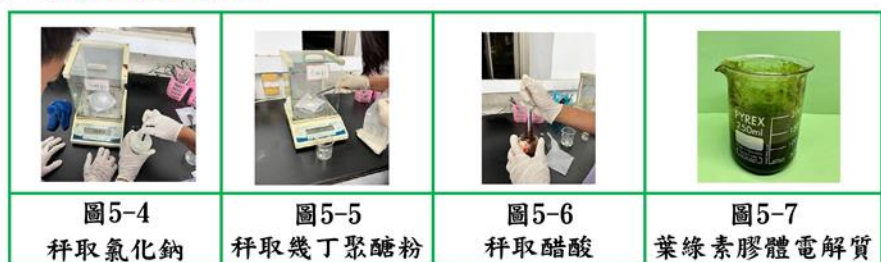


圖5-4 秤取氯化鈉

圖5-5 秤取幾丁聚醣粉

圖5-6 秤取醋酸

圖5-7 葉綠素膠體電解質

五、探討電極距離對發電量的影響

在化學電池的實驗設計，兩電極的距離通常要越短，內電阻越小，電流及電功率會越大，然又擔心太靠近造成接觸。因此實驗中為搭配模具，選擇距離 0.5公分、1.0公分及1.5公分來試驗。實驗結果如下圖5-8：

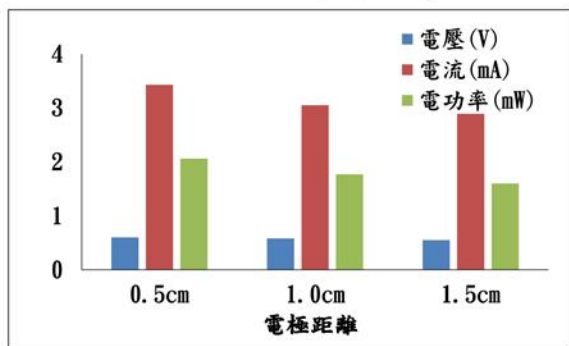


圖5-8 電池不同電極距離對電壓、電流及電功率之比較圖

從圖5-8可看出改變電極的距離對電壓值影響不大，但電流跟電功率很明顯的隨距離變大而減小。從研究結果得知，電極距離0.5 cm可得較大的電功率。

本研究往後均將兩電極的距離設定為0.5 cm。

六、電池的串聯發電

為試驗所開發電池的可用性，量測單一電池及串聯2到4組電池的電壓、電流、及計算其電功率(P=IV)，並接上LED燈，觀察發光情形。結果如表4.1所示。從表4.1可看出就跟一般的電池一樣，電壓及功率隨串聯組數增加而增大，電流則變化不大，工率也隨之增大。LED燈要在3組才微亮，4組就很亮。

電極串聯數	1組	2組	3組	4組
平均電壓(V)	0.62	0.93	1.53	2.40
平均電流(mA)	1.35	1.50	1.48	1.43
平均功率(mW)	0.84	1.40	2.68	3.43
LED燈發亮情形	不亮	不亮	微亮	很亮

表5-2 電池的串聯發電

七、葉綠素光敏強化銅鋁幾丁聚醣固態電池之功效

為比較照光對葉綠素光敏強化化學電池的能力，依前述最佳配方調配膠態電解質，使用自製電池盒組裝電池，並串聯四組(電壓2.40V)，測定其照光及不照光下，有無葉綠素電池之電壓、電流、及電功率的持續性，並做比較。其結果如圖5-9所示。從圖中很明顯看出，所比較的三種電池，在經8天的試驗，其電功率均隨著時間而下降，顯示銅鋁電池的兩電極會隨著時間逐漸產生鈍化現象，這也是化學電池一經使用，其電力就逐漸降低至失效。除了葉綠素光敏強化電池外，其他四種電池組從第3天就開始呈現快速的下降，而照光的葉綠素光敏強化電池的電功率下降速度明顯地慢了很多。圖5-9為三種電池電功率輸出退化的比較。經過8天，不含葉綠素的電池不管是照光或不照光、和銅鋁電池一樣，其電功率都只剩25%左右；而含葉綠素的電池，若照光還剩約65%，若不照光則跟其它電池一樣沒產生光電的強化效果。這些結果證明了葉綠素光電的強化功能存在的，可增加電池的壽命。

圖5-9葉綠素光敏強化銅鋁固態電池之功效

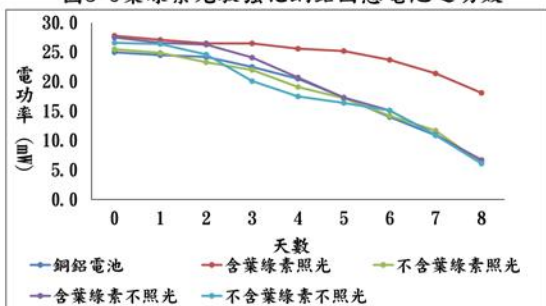


表5-2 電池電功率輸出退化比較表

項目 天數	銅鋁電池	含葉綠素照光	不含葉綠素照光	含葉綠素不照光	不含葉綠素不照光
0	25.0 (100%)	27.8 (100%)	25.5 (100%)	27.5 (100%)	26.6 (100%)
1	24.5 (98%)	27.1 (97.5%)	24.9 (97.6%)	26.6 (96.7%)	26.4 (99.2%)
2	24.2 (96.8%)	26.5 (95.3%)	23.3 (91.4%)	26.3 (95.6%)	24.6 (92.5%)
3	22.5 (90%)	26.5 (95.3%)	22.0 (86.3%)	24.1 (87.6%)	20.1 (75.6%)
4	20.5 (82%)	25.6 (92.2%)	19.1 (74.9%)	20.7 (75.3%)	17.5 (65.8%)
5	17.3 (69.2%)	25.2 (90.6%)	17.2 (67.5%)	17.3 (62.9%)	16.4 (61.7%)
6	14.0 (56%)	23.7 (85.3%)	14.2 (55.7%)	15.1 (54.9%)	15.1 (56.8%)
7	10.9 (43.6%)	21.4 (77%)	11.7 (45.9%)	11.0 (40%)	10.9 (41%)
8	6.7 (26.8%)	18.1 (65.1%)	6.2 (24.3%)	6.7 (24.4%)	6.1 (22.9%)

七、葉綠素染料光電強化銅鋁化學電池的作用機制探討

在林鵬等的研究，將葉綠素電池與染料敏化電池做比較，發現葉綠素受光可自行激發電子產生電能，而其他光敏劑則必須要TiO₂薄膜的支持才可有效利用。這也說明了葉綠素的光敏作用，激發的電子不需TiO₂能階的移轉。

在本研究膠態電解液以幾丁聚醣為高分子增稠劑，幾丁聚醣的環狀分子結構提供了奈米孔洞，且對染料有高吸附性，另外幾丁聚醣分子結構上的胺基，在pH = 4.46時有99%以上成為銨鹽，與陰離子醋酸根及氯離子結合生成離子對，類似於離子液體的功能，有助於離子的移動和電子的傳遞。這可從表5-1中看出，pH對電流的影響大於幾丁聚醣的含量。也顯示幾丁聚醣的銨鹽有助於電子的移動。因此依據實驗結果推測，本研究的葉綠素光電輔助化學電池的工作原理可分為下列幾段，示意圖如圖5-10：

(一) 鋁銅化學電池部分：

1. 負極的鋁被氧化，電子經外線路，驅動負載作功，再傳到正極的銅
2. 傳到正極銅的電子經銨鹽的幾丁聚醣及電解質傳遞，部份用於葉綠素的還原，部份傳到負極的鋁。

(二) 光電輔助作用部分：

1. 光線照射葉綠素後，葉綠素吸收能量，能階從基態躍遷至激發態
2. 躍遷至激發態的電子傳至負極的鋁
3. 正極銅的電子部份用於葉綠素的還原。

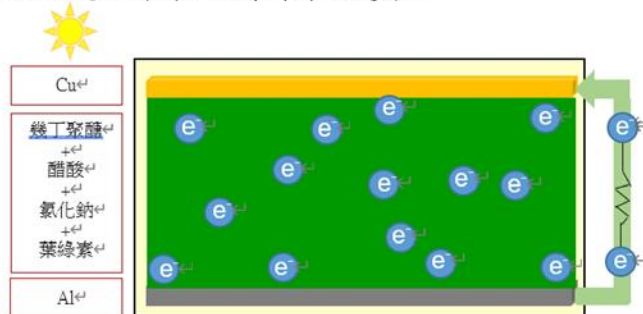


圖5-10 光電強化銅鋁電池結構示意圖

八、環境友善光電強化銅鋁電池的優點

本研究探討的環境友善光電強化銅鋁化學電池為結合「鋁銅化學電池」及「光敏電池」的特性，具有兩者電池的優點，減少了兩者電池的缺點。傳統的鋁銅化學電池，必須有電解液及鹽橋(或隔離膜)，當電解液失效或陽極被腐蝕或鈍化，就無法產生電流。一般的染敏電池，需要ITO透光導電玻璃、二氧化鈦(TiO₂)電極、光敏染料、非常強的氧化還原特性的碘化鉀與碘液電解液，表面鍍鉍或碳黑具高導電度及具催化電解液的對電極。具有製作複雜、成本價位高、帶有毒性、廢棄處理環保問題。然而本研究的電池組合相當簡單，類似於三明治電池，在陽極鋁網與陰極銅框間緊壓入膠態電解質即可完成。膠態電解質為以幾丁聚醣為增稠的基質，混加為光敏染料的葉綠素、電解質氯化鈉、及將幾丁聚醣溶解及調整為帶電的銨的醋酸所組成。幾丁聚醣的多孔性可吸附大量葉綠素，其高透光性又可讓葉綠素發揮光敏作用。幾丁聚醣銨鹽有助於電子的傳遞。藉著葉綠素的光敏作用，產生的電子用於減緩鋁電極的被氧化老化，延長電池發電壽命。葉綠素及幾丁聚醣均為天然原料，食鹽和醋酸都很容易取得，成本低，不具毒性及危險性，廢棄時為生物可分解性，不會對環境造成污染。

陸、結論

本研究的實驗已成功證實了以葉綠素光敏作用減緩電池電功率下降時間，相當於延長了鋁銅電化學電池的壽命。在鋁網/銅框兩電極間緊密置入以幾丁聚醣為載體含有葉綠素、氯化鈉、及醋酸之膠態電解質，藉由幾丁聚醣的多孔性可吸附葉綠素，就由幾丁聚醣的透光性，可讓葉綠素發揮光敏作用，藉由幾丁聚醣的銨鹽可傳遞電子。本研究所組成的三明治電池結構相當簡單，成本低，葉綠素與幾丁聚醣均取自大自然或廢棄物，具生物可分解性，在第八天時電功率還是其他電池的3倍，所以可延長電池的壽命，因此為環境友善的綠色環保電池。

柒、未來展望

就氧化還原化學反應而言，銅的金屬活動順序在氫的後面，所以不會和酸進行反應；更何況醋酸是弱酸，但氧化銅可以和醋酸進行反應。鋁是活潑金屬，自然可以和酸進行反應，鋁將氫離子還原，但因醋酸為很弱的酸，反應速率很慢，慢到可稱為不反應，因此常溫下鋁對於醋酸可稱為惰性，然因鋁在空氣中表面很容易被氧化生成氧化鋁膜，氧化鋁就能與醋酸產生反應。若能將電池隔離空氣，讓銅及鋁不會產生氧化銅及氧化鋁，銅及鋁電極就不會被醋酸所反應，應可延長兩電極壽命，進而可更延長此葉綠素光敏輔助鋁銅電化學電池的壽命。若能成功開發鋁銅電極不易劣化，可為新型態的環境友善的太陽能電池，在沒有太陽光時，可由鋁銅的電位差提供電能。這是未來可進一步研究的題目。