

中華民國第 58 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 化學科

佳作

030204

「紙」能生電?!—自製薄膜電池效能分析

學校名稱：新北市立林口國民中學

作者： 國二 李欣穎	指導老師： 蔡宜君 邱佩璇
-------------------	-----------------------------

關鍵詞：紙電池、碳鋅電池、薄膜電池

摘要

本研究利用自製輕薄且方便的薄膜電池，以鋅粉及鋅膠帶為負極、二氧化錳為正極，探討影響電池電流及電壓的因素，並製備可串聯的薄膜電池。目前研發之最佳電池單顆電壓已可達 1.5V，當使用酸性的氯化銨電解液時，電壓優於使用氫氧化鈉之鹼性電解液電池；而電池負極採用鋅膠帶時，電壓及電流也明顯高於使用鋅漿料之電池；電極間距所取寬度為 3.5mm 之電池的電壓及電流最高；而當電極本身寬度為 0.5mm 時，電壓於數據中顯示為最高。進一步將電池串聯後，發現兩顆電池已可驅動基本電子元件，而串聯五顆電池之電壓平均更可達 7.3V，效益與市售電池相仿，但所占體積卻輕薄許多。本研究未來將繼續探討影響薄膜電池的各種因素及在生活中的可應用性。

壹、研究動機

在現代社會當中，電池是我們生活中不可或缺的生活日常用品；但因為電池有一定的重量以及占有一定的空間，導致攜帶電池時，會造成使用者的不方便。因此，我開始查詢有沒有較簡易輕便的電池，經查詢文獻後，我發現較輕薄的電池較不易取得，且製作過程複雜，需要廠商精密儀器才能完成；另外又再查詢到可以三明治堆疊法一層一層堆疊做出薄電池，但這種製作出的電池還是有一些厚度，而且電池的電壓並不大，並符合本研究之目的。因此希望透過此研究使薄膜電池效能及效率提高，並且製作一個真正只有一張紙厚度的薄型電池，希望未來能應用於穿戴式電子元件上。

貳、研究目的

- 一、探討酸性與鹼性電解液對於電池電壓的影響。
- 二、探討鋅漿料正負極之間的不同寬度對於電池電流以及電壓之影響。
- 三、探討鋅膠帶正負極之間的不同寬度對於電池電流以及電壓之影響。
- 四、比較鋅膠帶與鋅漿料電極對於電池電流以及電壓之影響。
- 五、利用電學原理增進薄膜電池發電效益。
- 六、綜合分析比較各代薄膜電池發電效益及生活應用之可能性。

參、研究設備及器材

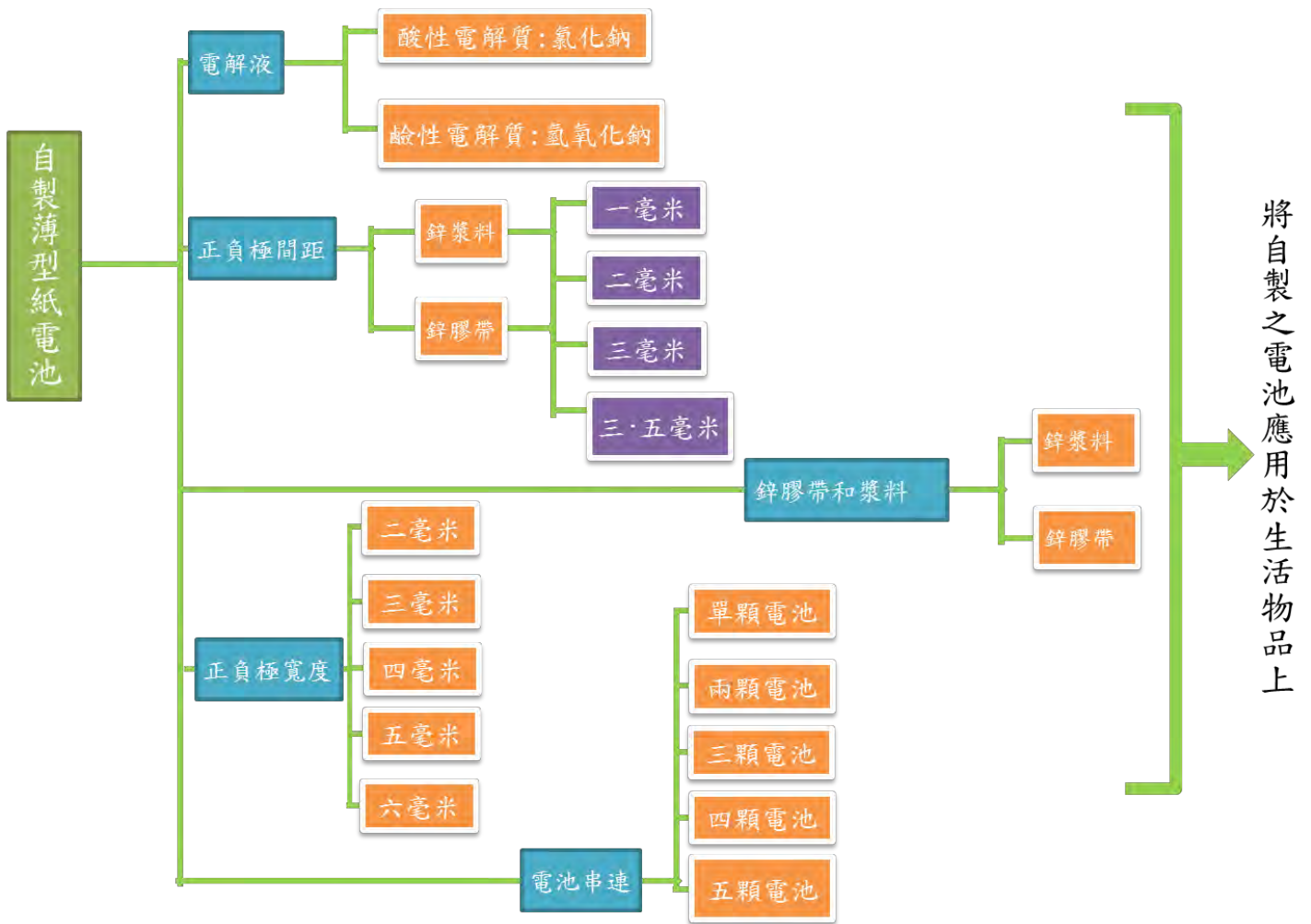
表一、化學藥品

藥品名稱	狀態	用途
鋅	粉末	負極電極
鋅	膠帶	負極電極
二氧化錳	粉末	電極
KS-6	粉末	導電石墨碳
Super P	粉末	導電碳
N-甲基吡咯烷酮 (油性)	液體	溶劑 (工業用)
水	液體	溶劑
氫氧化鈉	粉末	電解質
氯化銨	粉末	電解質
聚乙烯醇	粉末	黏結劑
市售膠水	膠狀物	黏結劑
丁苯橡膠 (水性)	黏稠液體	黏結劑
聚偏二氟乙烯 (油性)	粉末	黏結劑
羧甲基纖維素 (油性)	粉末	黏稠劑
乙醇	液體	增加溶液溶解時間及溶解度

表二、器材與設備

器材名稱	用途
磁攪拌子	攪拌溶液
電磁攪拌器	溶劑 (工業用)
印刷刮刀	網版印刷使用
網版	印刷電池用
三用電表	測量電壓與電流

肆、研究過程或方法



圖一、研究架構圖

一、探討酸性與鹼性電解液對於電池電壓的影響。

(第一代電池：油性漿料)

(一) 薄膜電池製作方法

1. 正負極漿料和電解質配製：

(1) 正極漿料：

將 0.8 公克的二氧化錳、0.1 公克的 KS6 (合成石墨)、0.05 公克的 Super-P (導電碳黑)、0.05 公克的聚偏二氟乙烯、2 公克的 N-甲基吡咯烷酮，並且均勻攪拌至均勻分散為止。

(2) 負極漿料：

將 0.9 公克的鋅粉、0.05 公克的 KS6（導電石墨碳）、0.05 公克的聚偏二氟乙烯、2 公克的 N-甲基吡咯烷酮，並且均勻攪拌至均勻分散為止。

(3) 酸性電解質：

將 1 公克的氯化銨、4 公克的水、1 公克的聚乙烯醇、以及 1 公克的乙醇均勻攪拌製成溶液，即完成。

(4) 鹼性電解質：

將 1 公克的氫氧化鈉、4 公克的水、1 公克的聚乙烯醇、以及 1 公克的乙醇（可以相同比例放大縮小材料多寡）均勻攪拌製成溶液，即完成。

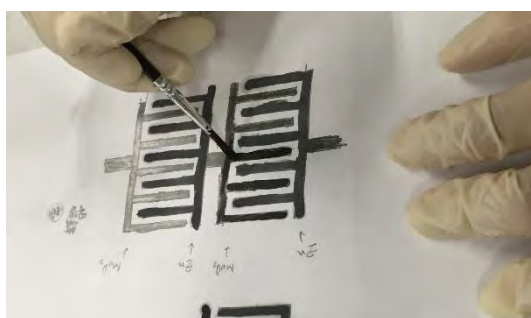
2. 平面電極製作方式

(1) 先準備一張 A4 白紙（須先確認紙張乾淨，無使用過之明顯痕跡）。

(2) 於紙上繪出兩個梳狀圖樣（可先用印表機列印出正負極的圖樣，再以 2B 鉛筆或其他可導電之碳製品繪製）。

(3) 將鋅（負極）漿料和二氧化錳（正極）漿料分別水彩筆塗佈在梳狀圖樣電極上（如圖二）。

(4) 畫完電極之後，使用吹風機將 A4 白紙吹至完全乾燥（如圖三），即完成電極的製備。



圖二、塗正負極

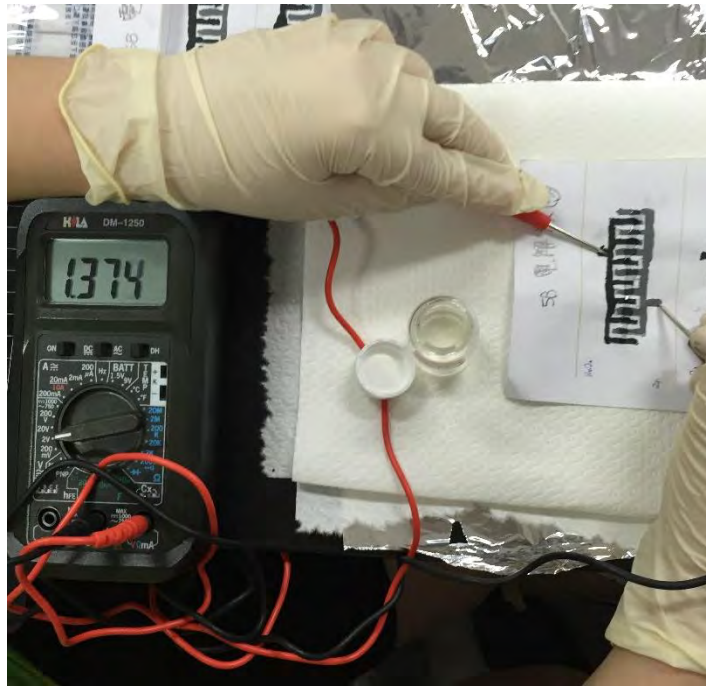


圖三、使用吹風機吹乾電極

3. 紙電池的組裝

(1) 將電解液滴於正負二極相穿插之處。

(2) 將電線或三用電表接於正負兩極，即可用於量測電池的電壓或電流（如圖四）。



圖四、使用三用電表測量電池電壓

(二) 實驗作法：

作法採用上述電池製備方法，取酸性與鹼性電解液進行實驗。

二、探討正負極之間的不同寬度對於電池的電流以及電壓之影響

(第二代電池：水性漿料)

(一) 電解液以及正負極漿料之製備

1. 電解液：

本實驗所使用酸性電解液，並採取第一代電池之相同製作方法及配方。

2. 正極漿料：

將 0.8 公克的二氧化錳、0.1 公克的 KS6 (合成石墨)、0.05 公克的 Super-P (導電碳黑)、0.05 公克的丁苯橡膠及羧甲基纖維素、2 公克的水，並且均勻攪拌至均勻分散為止。

3. 負極漿料：

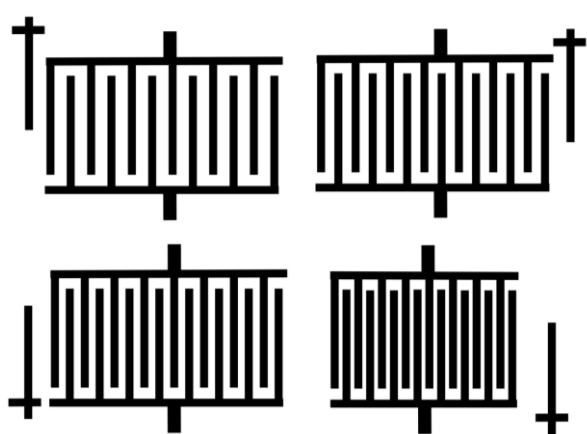
將 0.9 公克的鋅粉、0.05 公克的 KS6 (導電石墨碳)、0.05 公克的丁苯橡膠及羧甲基纖維素、2 公克的水，並且均勻攪拌至均勻分散為止。

(二) 準備電池主體

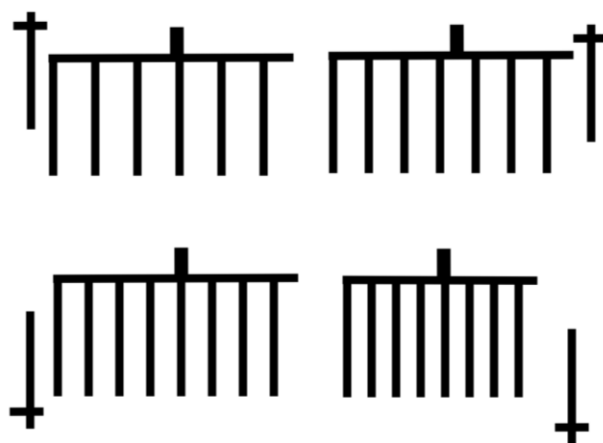
本實驗因需控制正負極之間的寬度，因此發展出第二代電池：以網版印刷製作出電池主體。

1. 製作網版

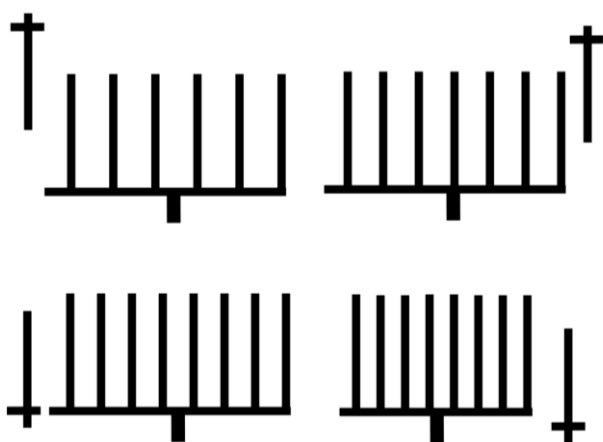
在本實驗中，網版是為自行設計之圖樣送至專門製造網版之供應商（此實驗共設計 3 種網版，如圖五導電層網版底稿；圖六為正極網版底稿；圖七為負極網版底稿）。經過供應商處理後就可以製作出設計稿上網版（圖八為正負極網版的實際樣品），並且出貨。



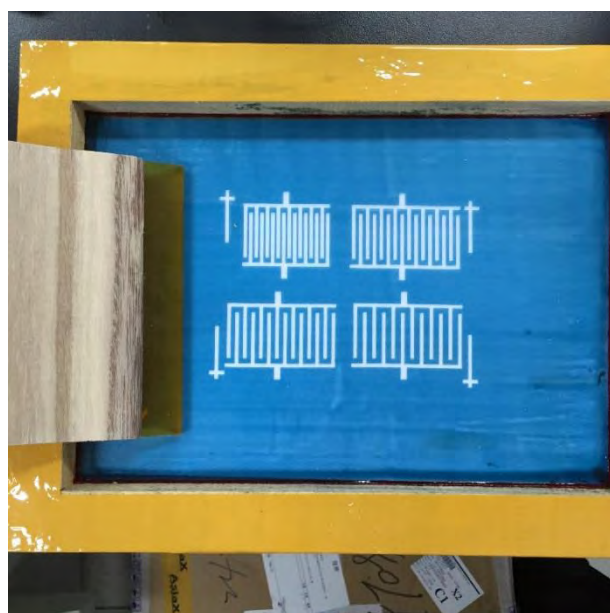
圖五、導電層網版底稿



圖六、正極網版底稿



圖七、負極網版底稿



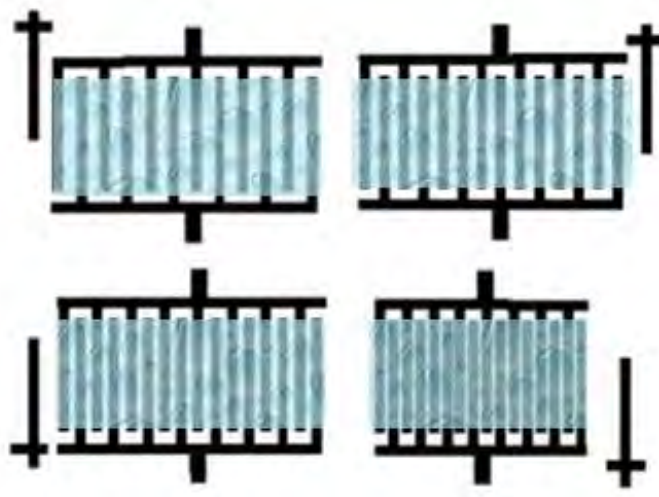
圖八、訂製之網版

2. 正負極漿料印刷

先取出正負極漿料，並且與塗佈導電層一樣，將塗料均勻印刷於 A4 白紙上，塗於正負極間，使漿料乾燥。另外，本實驗取用水性漿料，因為油性漿料不適用於網版印刷（油性漿料並不適用於本實驗之原因是油性網版之孔洞過小，導致漿料中所含之粉末無法穿透）。

3. 測量電池電流及電壓

將電解液塗佈於正負極互相穿插的位置上（如圖九），並且將三用電表電線兩端接於電池正負極，即可測出電池之電流及電壓。



圖九、塗電解液之模擬示意圖

三、探討鋅膠帶正負極之間的不同寬度對於電池電流以及電壓之影響實驗

第三代電池：正極—水性漿料；負極—金屬膠帶

（一）製備電池

本電池以上述幾個實驗所製作的二氧化錳漿料和市售鋅膠帶分別做為正極和負極的電池進行實驗。第一階段為先圖佈上二氧化錳電極。待乾燥後，再貼上鋅膠帶電極。本電池製作以使用鋅膠帶與使用鋅漿料為電極之電池對於電池的不同效能之實驗，以相同的方式製作電池，而只有正負極之間的寬度是設不同的間距，間距為 1、2、3、3.5 mm（如圖十）。



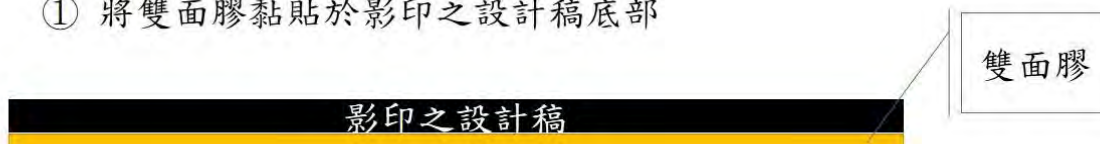
圖十、不同電極間距的薄膜電池

第二、三階段電池製備流程圖如下（如圖十一至圖十七）：

製作電池之第二階段是將鋅膠帶設計稿之背面貼上雙面膠；貼完雙面膠後，將上面的離型紙取下，將設計稿黏貼於鋅膠帶正面之上。

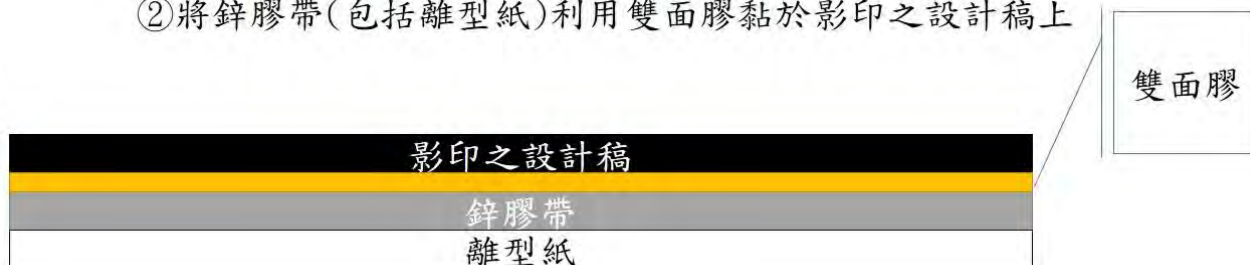
第三階段為沿著設計稿之設計圖邊緣裁剪，將剪好的鋅膠帶原本離型紙撕開，再把已裁剪完成之鋅膠帶黏貼於以預備好之設計稿上。

① 將雙面膠黏貼於影印之設計稿底部



圖十一、準備鋅膠帶之步驟一

② 將鋅膠帶(包括離型紙)利用雙面膠黏於影印之設計稿上



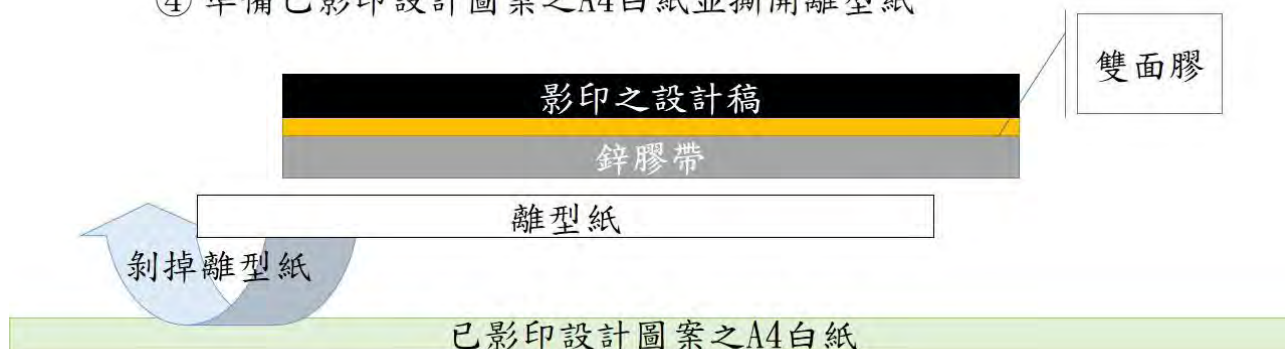
圖十二、準備鋅膠帶之步驟二

③ 沿著設計稿電池形狀邊緣裁切



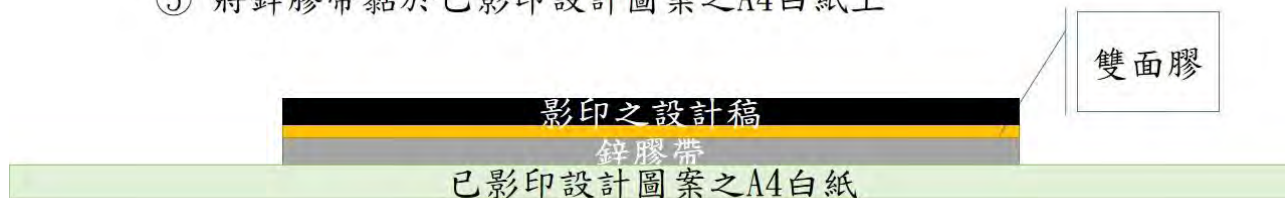
圖十三、準備鋅膠帶之步驟三

④ 準備已影印設計圖案之A4白紙並撕開離型紙



圖十四、準備鋅膠帶之步驟四

⑤ 將鋅膠帶黏於已影印設計圖案之A4白紙上



圖十五、模擬準備鋅膠帶之步驟五

⑥ 將雙面膠與影印之設計稿一同於鋅膠帶上撕下



圖十六、模擬準備鋅膠帶之步驟六

完成鋅膠帶準備工作
鋅膠帶
已影印設計圖案之A4白紙

圖十七、鋅膠帶模擬準備完成圖

(二) 測量電池之電流及電壓

第三代電池主體完成後，塗佈酸性電解液於正負極交接處。本實驗中以三用電表測量電流以及電壓。

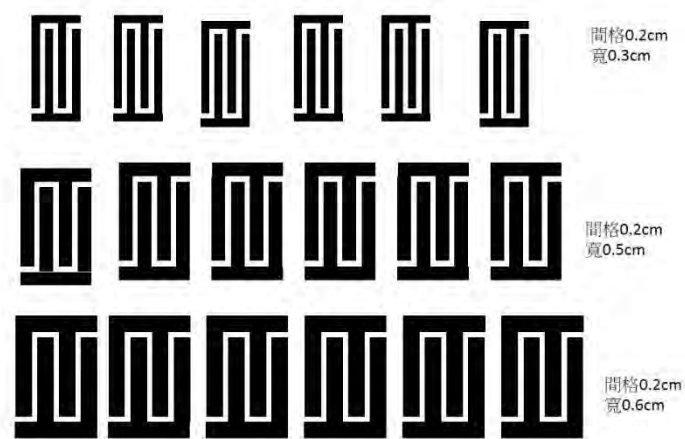
第四代電池：正極—水性漿料；負極—金屬膠帶

(三) 製備電池

本電池以上述幾個實驗所製作的二氧化錳漿料和市售鋅膠帶分別做為正極和負極的電池進行實驗。先圖佈上二氧化錳電極，乾燥後，再貼上鋅膠帶電極。

1. 不同寬度的正負極：

本實驗設正負極之間間距為 2 mm，正負極的寬度分別為 1、2、3、4、5、6 mm。將鋅膠帶之設計稿於電腦上繪製（如圖十八），並且將膠帶設計稿影印出於 A4 紙上。接下來沿著設計稿之設計圖邊緣裁剪，將剪好的鋅膠帶原本離型紙撕開，再把已裁剪完成之鋅膠帶黏貼於以預備好之設計稿上（成品如圖十九）。本實驗以三用電表測量電壓。



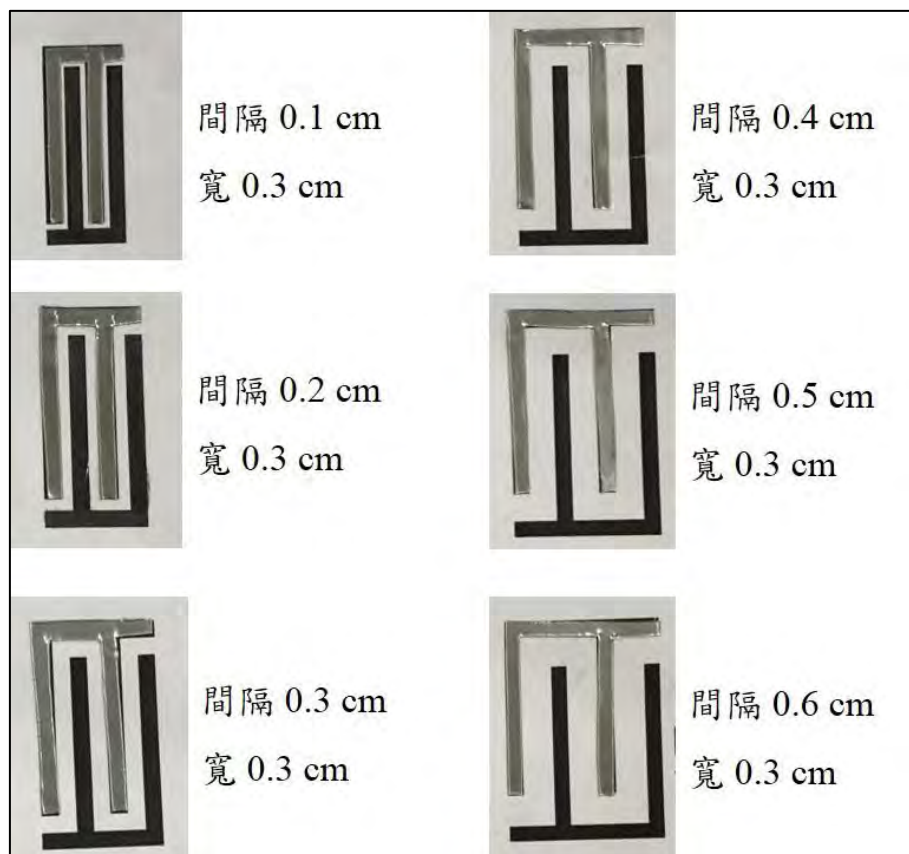
圖十八、電池於電腦上之設計圖



圖十九、已黏貼於設計稿上之完成鋅膠帶

2. 不同正負極間距：

本實驗部分設正負極的寬度為 3 mm，正負極之間間距為 2、3、4、5、6 mm。把已裁剪完成之鋅膠帶黏貼於以預備好之設計稿上（成品如圖二十）。本實驗以三用電表測量電壓。



圖二十、已黏貼鋅膠帶於設計稿上之不同正負極間距電極



圖二十一、塗上電解液之使用鋅膠帶為電極之電池

四、比較鋅膠帶與鋅漿料電極對於電池電流以及電壓之影響

(第二代電池及第三代電池之比較)

(一) 製備鋅膠帶電池

本實驗鋅膠帶採取**第三代電池**為代表進行實驗

1. 印製正極（二氧化錳）

第三代電池正極為二氧化錳，配方與第二代電池相同。本實驗以網版印刷方法印刷電池。

2. 鋅膠帶裁剪

第三代電池鋅膠帶製備方式如下：

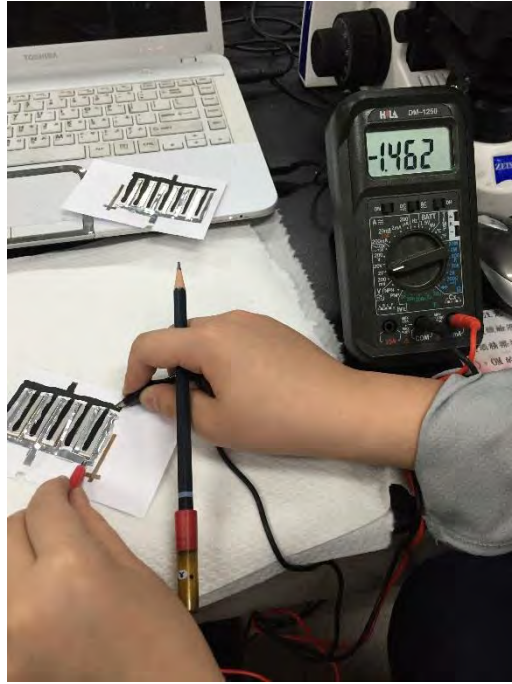
裁剪鋅膠帶時，先印出一張電池的設計稿，並且在列印之紙張上以雙面膠在設計稿背面上黏貼。黏貼後，將雙面膠黏貼於 A4 白紙上後兩面撕開，再將鋅膠帶黏貼於貼雙面膠的 A4 白紙上，翻回至正面，沿著設計稿上的電池裁剪。

3. 鋅膠帶電池組裝

將鋅膠帶黏貼於有印製負極的 A4 白紙上的圖樣正極部分，即完成電池主體構造組裝。

(二) 測量電池電流及電壓

測量電池電流及電壓前，先將自製電池電解液塗佈於梳子狀正負極互相穿插之位置，並且將三用電表電線兩端接於電池正負極，即可測出電池之電流及電壓（如圖二十二）。



圖二十二、測量鋅膠帶電池之電流及電壓

五、利用電學原理增進薄膜電池發電效益

(一) 製備電池

本實驗採用第四代電池，因第四代電池所測出之電壓數值最高；製作的二氧化錳粉末所配置的漿料以及市售鋅膠帶分別做為正極和負極的電池進行實驗。本實驗將自製薄膜電池串連（如圖二十三），分別串連一至五顆電池，即完成電池製備。



圖二十三、已完成之使用鋅膠帶為電極之電池

(二) 測量電池電流電壓

第四代電池主體串聯完成後，將酸性電解液塗於正負極交接處。本實驗利用三用電表測量電流以及電壓。

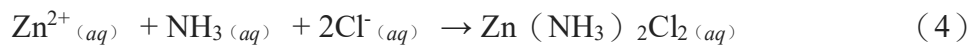
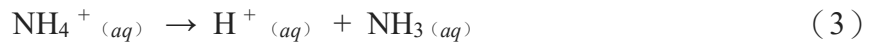
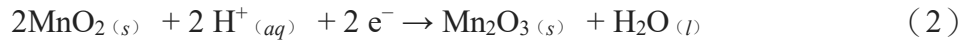
伍、研究結果

一、查詢碳鋅電池正、負極以及總化學反應式

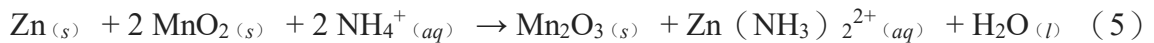
(一) 負極 (陽極):



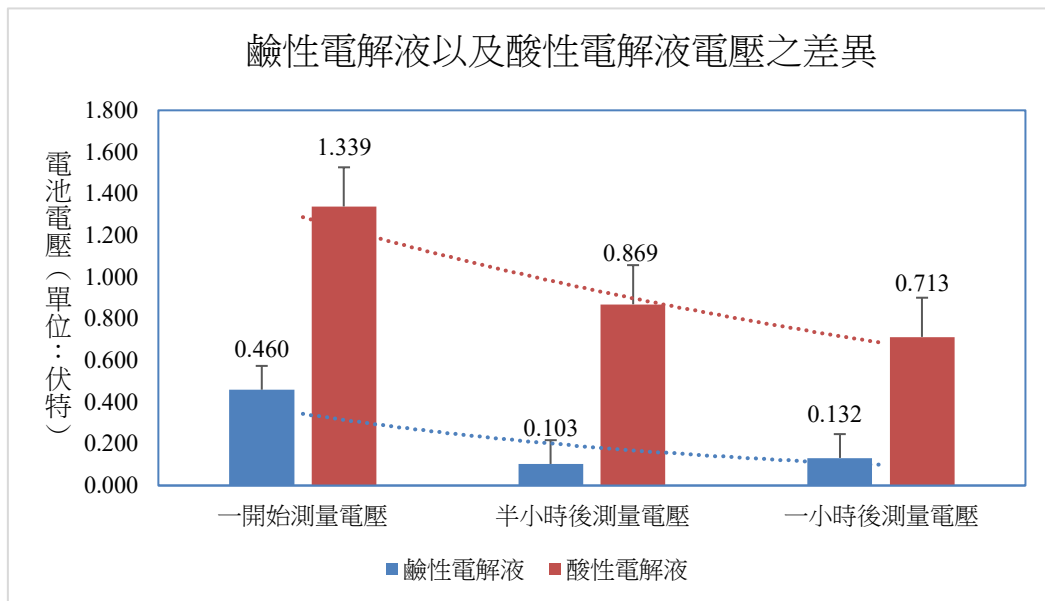
(二) 正極 (陰極):



(三) 總反應:

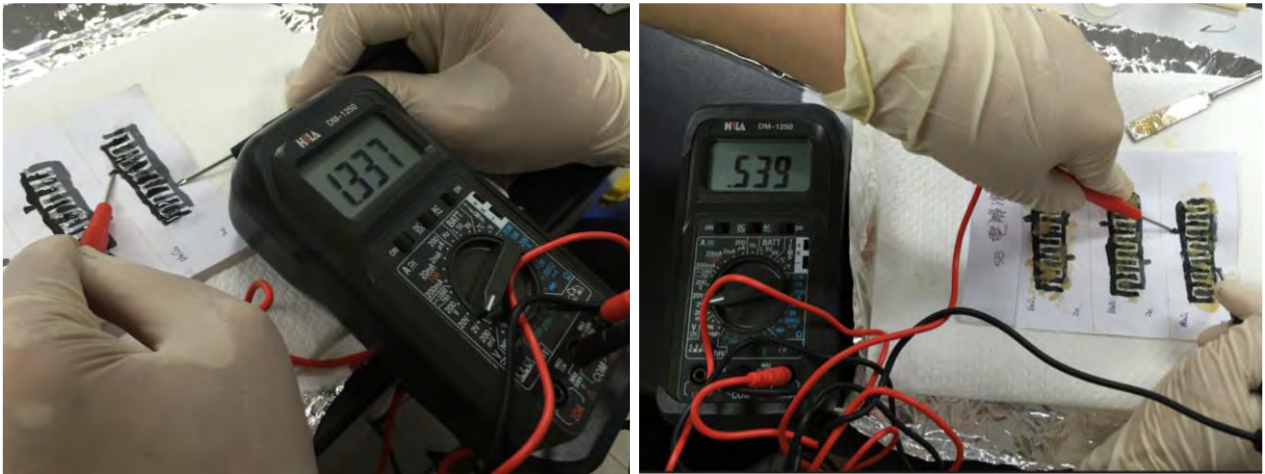


二、探討酸性電解液與鹼性電解液對於薄膜電池電壓的影響



圖二十四、鹼性電解液與酸性電解液電池的電壓差異

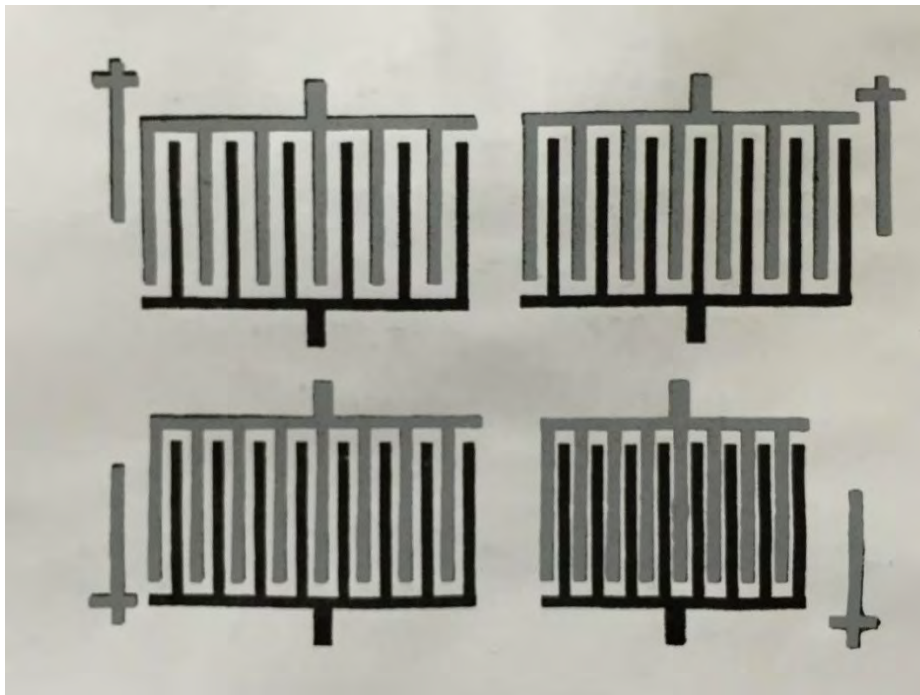
本實驗使用設計之第一代電池是以鋅漿料作為負極，二氧化錳為正極（圖二十五），根據實驗結果（如圖二十四）中可以發現，酸性電解液在一開始測量、半小時後測量，以及一小時後測量電壓的數據，分別比鹼性電解液高出 0.879、0.766、0.581 伏特。而如果再從圖二十四觀察經過一小時的時間內，酸性電解液與鹼性電解液電壓皆下降。



圖二十五、酸性電解液（左）與鹼性電解液（右）薄膜電池。

三、探討正負極之間的寬度對於電池的電流以及電壓之影響

第二代電池是以鋅粉作為負極，二氧化錳為正極（圖二十六），氯化銨則為電解液。可以由表三得知電壓以正負極間隔設為 3 mm 的自製薄膜電池最高，而電流以兩個電極為 3.5 mm 自製薄膜電池最高。



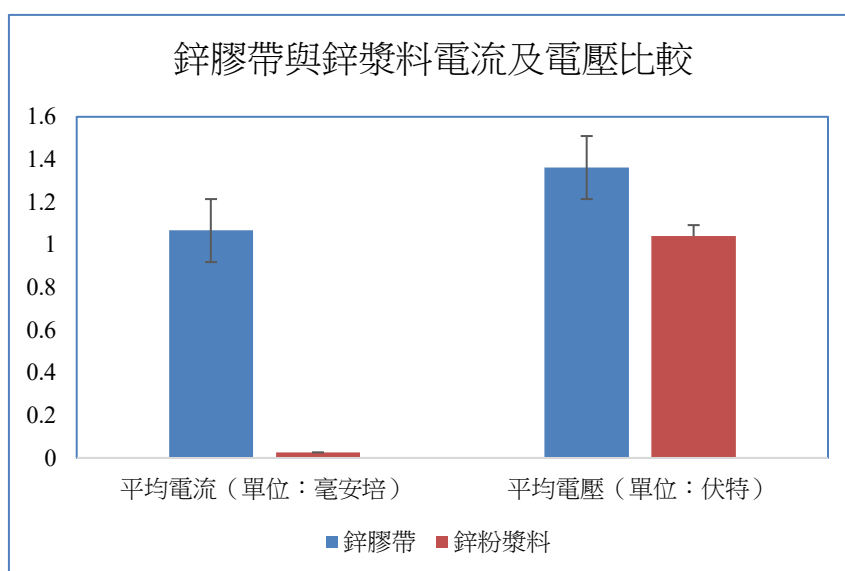
圖二十六、以鋅漿料作為負極，二氧化錳為正極的印刷薄膜電池。

表三、比較正負極間隔寬度

電池		
正負極間隔寬度 (mm)	電壓 (V)	電流 (μA)
1	0.88	22
2	0.84	24
3	1.04	25.1
3.5	0.78	30

四、比較鋅膠帶與鋅漿料電極對於電池電流以及電壓之影響

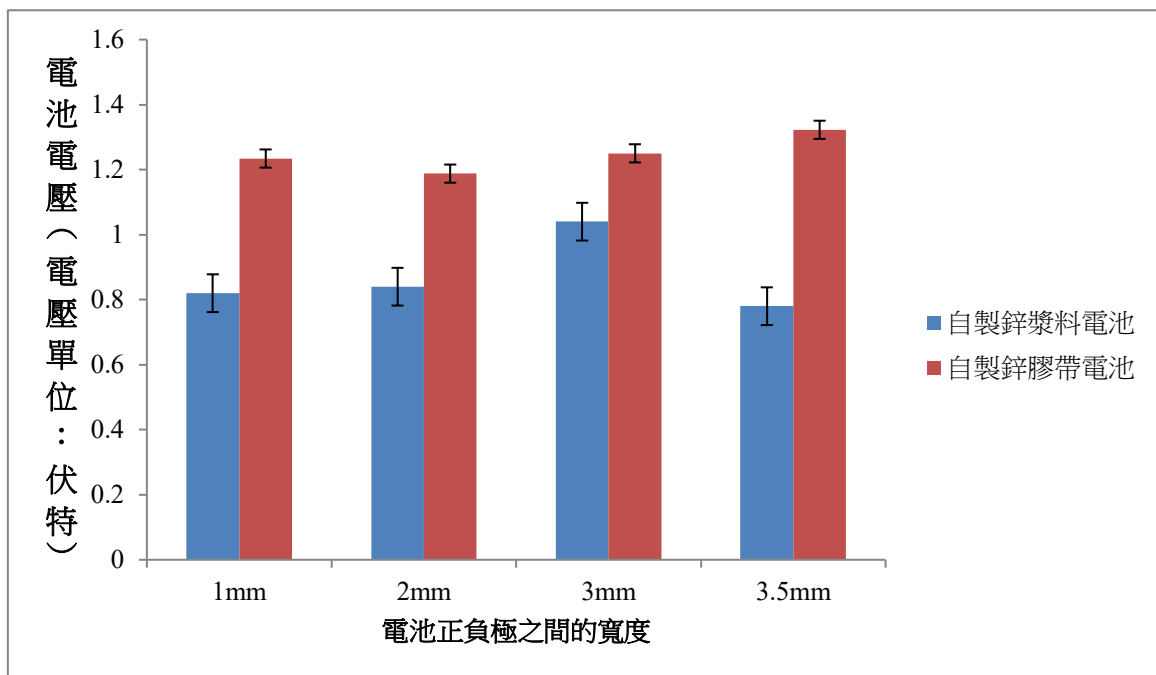
本實驗以第二代及第三代電池進行比較，將原本使用的鋅漿料電極以鋅膠帶代替。經過本次實驗數據整理成表格，可從圖二十七中觀察出當將原本使用鋅漿料的自製薄膜電池中負極以鋅膠帶（圖十）代替後，電壓上升了 0.47 伏特，有了非常大的進步；而使用鋅膠帶為負極的自製薄膜電池的電流明顯上升，上升了 1041.34 微安培，大約是鋅漿料的 41 倍。此實驗清楚地顯示鋅膠帶做為負極，其電池電壓高於鋅漿料電極（如圖二十七）。



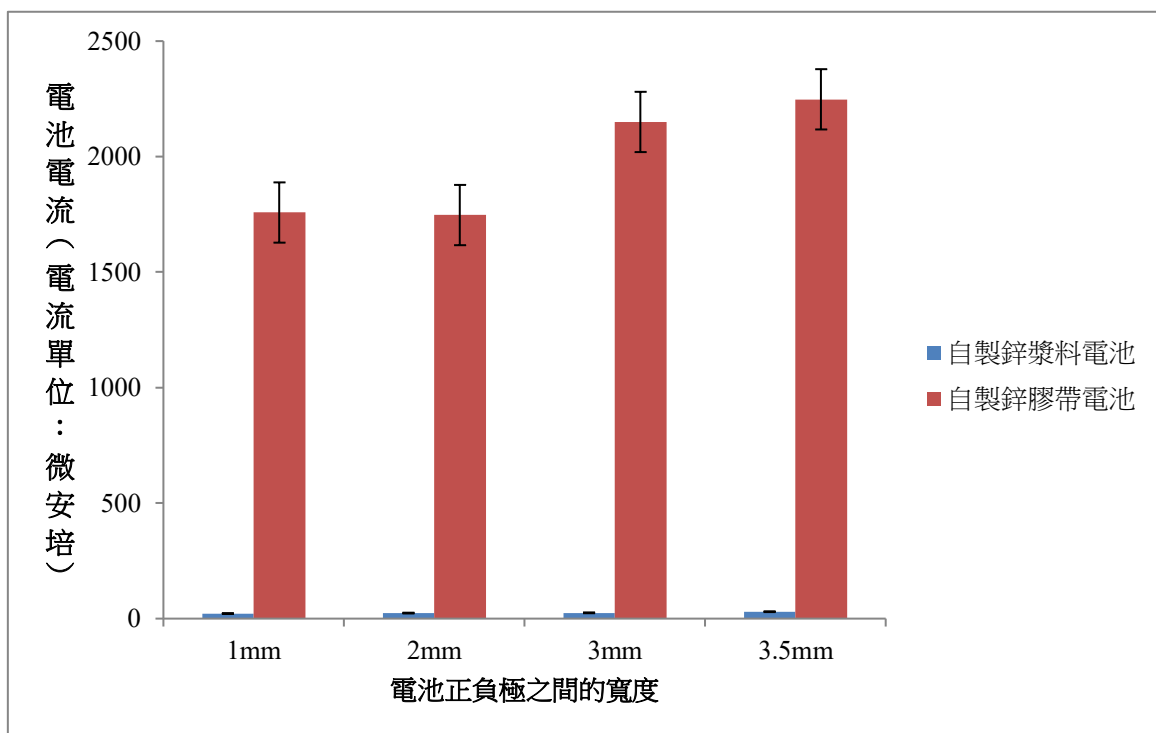
圖二十七、鋅膠帶與鋅漿料之電流及電壓比較

五、探討使用鋅膠帶電極的電池正負極之間的寬度對於電池電流以及電壓之影響實驗

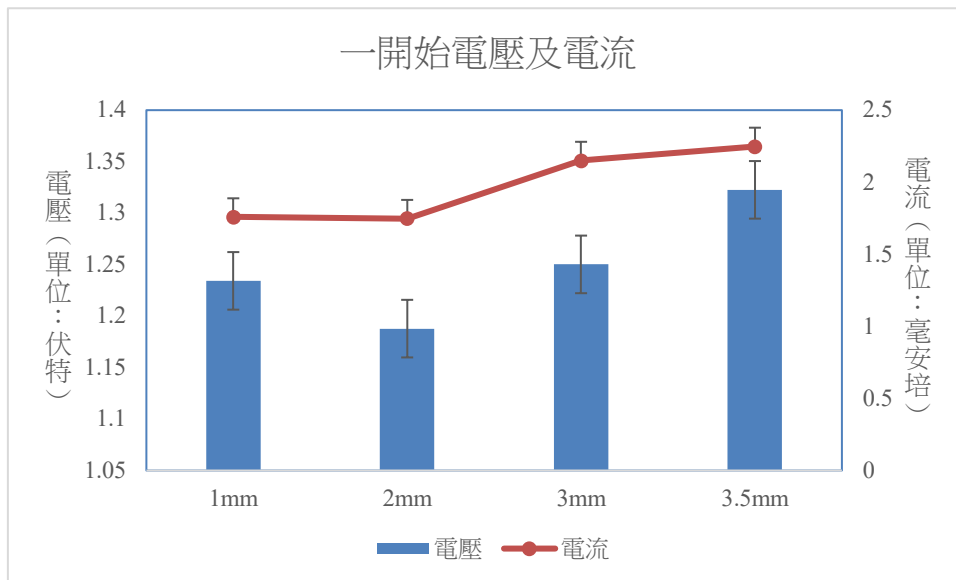
在「比較正負極之間的寬度之實驗」以及本實驗的電流以及電壓，可以由圖二十八中觀察出鋅漿料以及鋅膠帶電池的電壓有稍微提升，並且電壓有著非常明顯的提升；電池的電流部分，由圖二十九中可以明顯觀察出最小倍率差了 72.8 倍，而最大為 85.7 倍。



圖二十八、鋅膠帶和鋅漿料負極電池之電壓比較



圖二十九、鋅膠帶和鋅漿料負極電池之電流比較



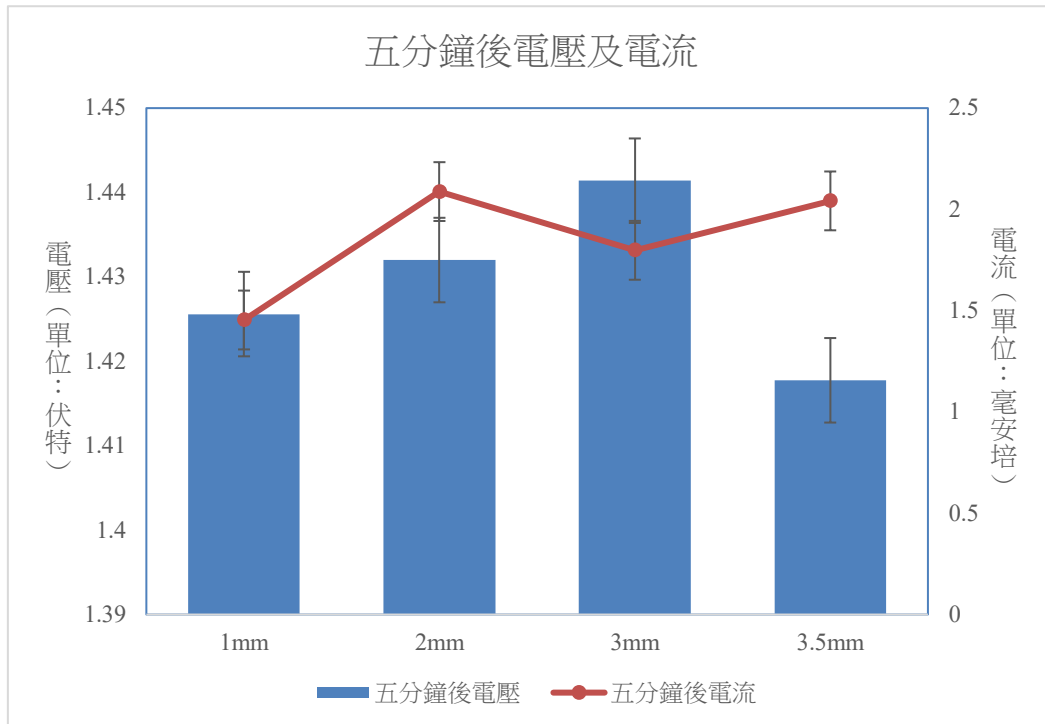
圖三十、一開始電壓及電流不同電極間距比較

此外，製作完本實驗之電池後，我準備了一顆紅色發光二極體（小型 LED 燈泡），發現利用可導電之物質，串聯兩顆電池，並將電池的正負極連接至紅色發光二極體，即可使電池發亮（如圖三十一）。



圖三十一、串聯兩組鋅膠帶負極電池驅動一 LED 燈泡。

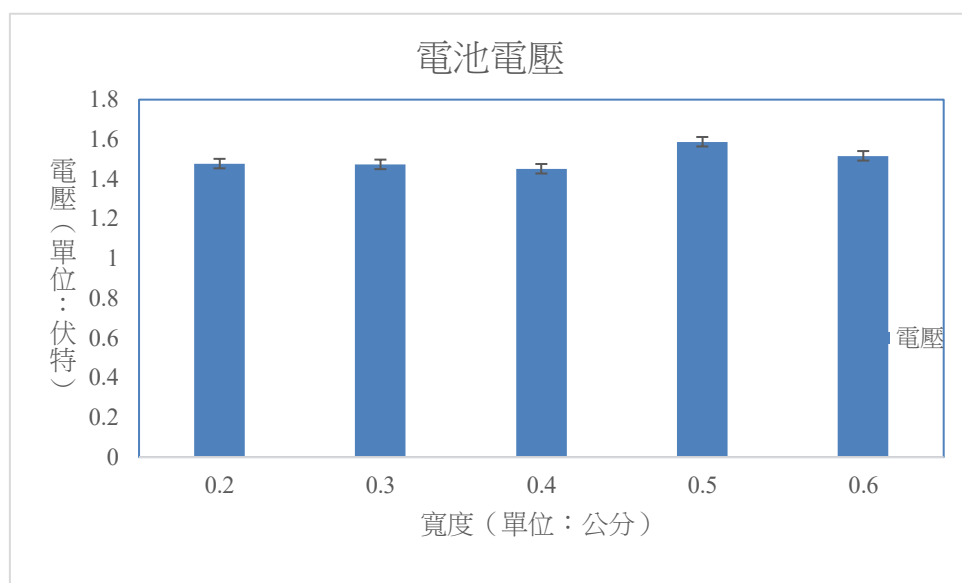
在本實驗的表五，可以觀察在第一次直接測量時，間距為 3.5 mm 的電池之電流電壓皆最高；但是等待五分鐘之後的表六，發現所有電池的電流以及電壓都提升，電流以 2 mm 最高，電壓則以 3 mm 最高。



圖三十二、五分鐘後薄膜電池之電壓及電流

六、以使用薄膜鋅膠帶電池比較正負極寬度之電壓

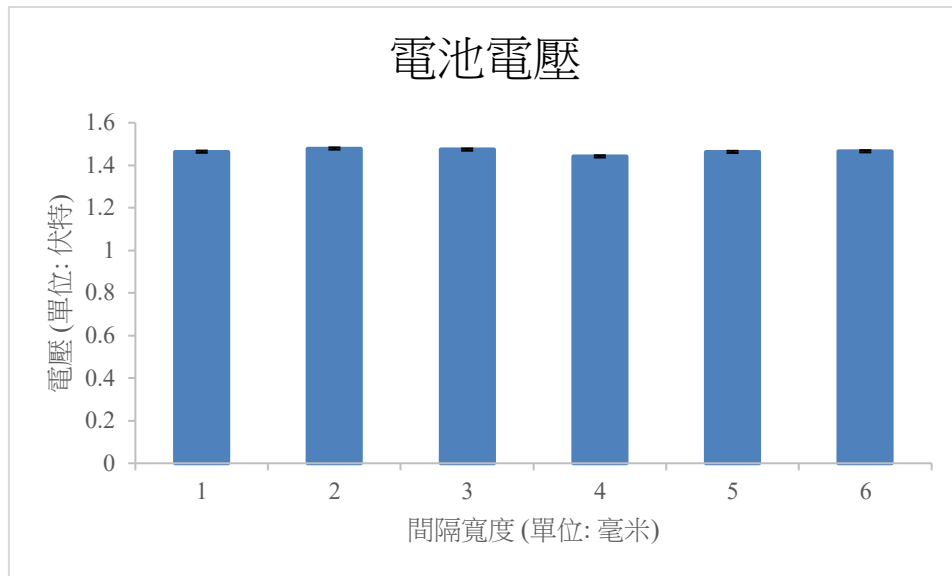
因為電池之前實驗製備方式較複雜，將電池之電極減少，為本研究之第四代電池。本實驗中將電池的電極寬度分別設為 0.2 公分、0.3 公分、0.4 公分、0.5 公分、0.6 公分，進行以上各五種電池電壓的比較，可以由以下圖三十三之電壓趨勢圖觀察出各個不同電極寬度的電池電壓皆接近 1.5 伏特。



圖三十三、自製鋅膠帶電池不同電極寬度電壓之比較

七、第四代自製薄膜電池比較正負極間隔之不同寬度對電壓的影響

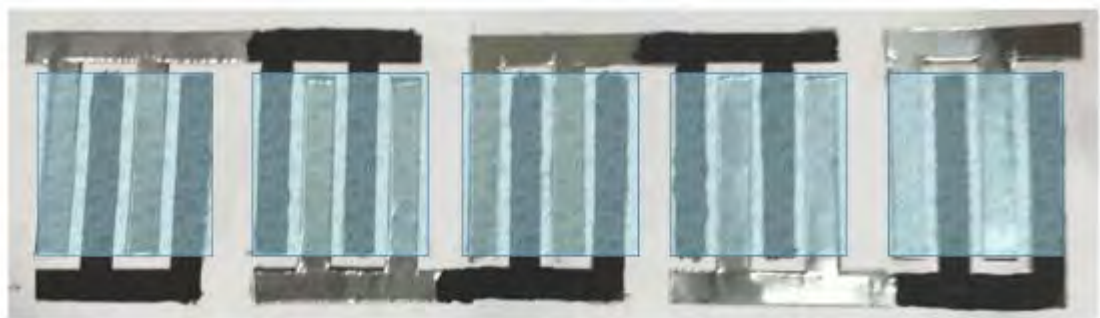
本實驗使用上個實驗最佳寬度之電池，設計出電極寬度為 0.5 cm 之電池（再次取 6 種電池電極之間的寬度。可以由圖三十四觀察出間隔寬度皆接近 1.46 伏特，並無太大影響電池之差異。



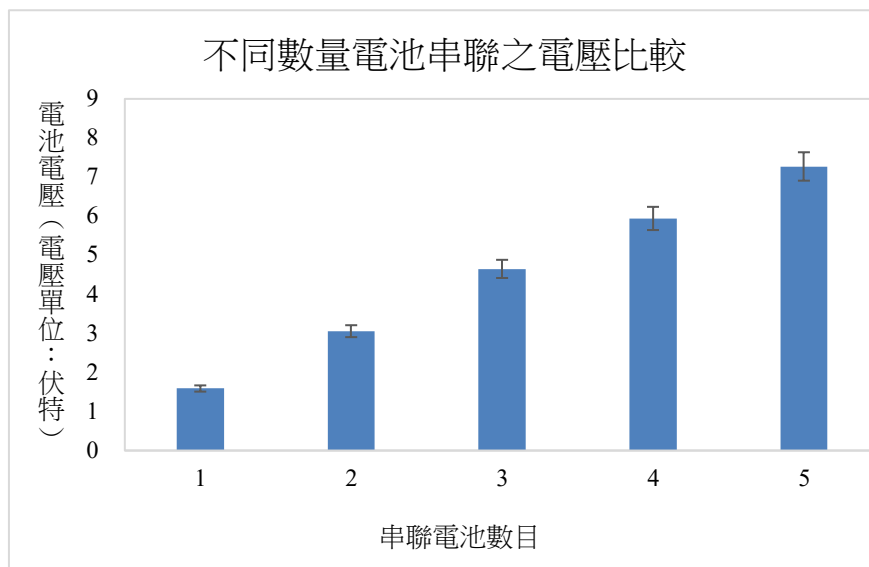
圖三十四、比較正負極間隔之不同寬度對電池電壓的影響

八、串聯第五代電池之同類型電池並比較串聯電池顆數

在串聯電池之實驗中，使用第五代之電池，分別串聯 1 顆電池、2 顆電池、3 顆電池、4 顆電池、5 顆電池（圖三十五），並整理成圖三十六。由分析數據後整理出以下表格，發現電池以即電壓有著接近等比例的成長。

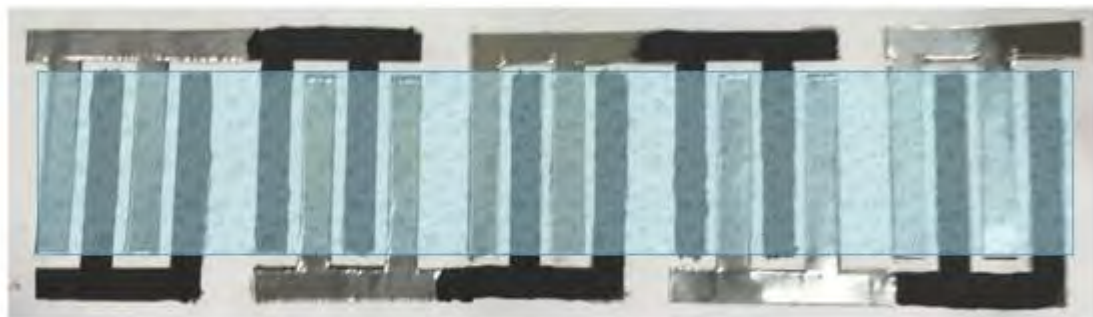


圖三十五、五組電池串聯之電解液圖佈示意圖



圖三十六、不同數量電池串聯之電壓比較

由本實驗結果可以證明，當電解液相連通時，電壓會降為 1.5 V 左右的現象。這是因為當電解液相互連通時，如圖三十七，就失去串聯的特性了，變成頭尾電極的電壓差，也就是一組電池的電壓而已。



圖三十七、五組電池串聯之電解液相互連通示意圖

九、不同代之電池綜合電壓之比較

本研究再一次比較歷代電池之電壓：

本研究從第一代電壓僅為 0.90 伏特，慢慢增加，最終目前第五代已經超過市售的電池之電壓（如表四），因此未來本研究將繼續探討如何再提升電流，達至市售電池，並且測量電池使用壽命，也將會繼續將自製薄膜電池於其他平面上應用。

表四、歷代電池電壓之比較

第一代至第四代使用酸性電解液電池電壓平均比較				
代	第一代	第二代	第三代	第四代
電壓 (V)	0.90	0.87	1.34	1.52
正極	二氧化錳漿料 (油性)	二氧化錳漿料 (水性)	二氧化錳漿料 (水性)	二氧化錳漿料 (水性)
負極	鋅漿料	鋅漿料	鋅膠帶	鋅膠帶

陸、討論

- 一、從「比較酸性電解液與鹼性電解液影響電池電壓之實驗」中，發現電池使用酸性電解液時比使用鹼性電解液時的電壓比較高的原因是因為鹼性電解液的形態像果凍，且當放上電極時，接觸面也不完整。而酸性的電解像膠水，有流動性，離子導電性也比較好，而且液體可以完成進行電極內部，所以整個電池的阻抗應該會比較小。
- 二、依據「比較正負極之間的寬度之實驗」，發現越小的寬度電池電流以及電壓的數值都越高：因為電解液填滿越小的間距時，所含的電解質會越少；相反的，電解液填滿越大的間距時，所含的電解質會越多。然而 3.5 mm 的數據並不會高於 3 mm 的原因，懷疑可能是因為正極以及負極的距離太遠，較難進行反應。
- 三、於「使用鋅膠帶與使用鋅漿料為電極之電池對於電池的不同效能之實驗」中，可以明顯觀察出鋅膠帶的電流是鋅漿料的 41 倍。會有這種影響的原因是因為鋅漿料使用鋅漿料，鋅膠帶是一片連接的鋅；而鋅粉的顆粒與顆粒之間填著其餘的黏結劑等材料，導致較難導電，而鋅膠帶卻沒有這個原因。
- 四、「探討鋅膠帶電池正負極之間的寬度對於電池的電流以及電壓之影響實驗」中，各種電池正負極之間的寬度對於電池的電流以及電壓並沒有那麼大的差異，是因為電解液的離子

導電度夠高，所以在量測時，沒有太大的差異；但是如果將數據與的「比較正負極之間的寬度之實驗」中的電池比較，即使鋅膠帶電池是和正負極相同間距寬度的電池也會在於電壓部分有稍微提升，並且電流會增加超過 70 倍。

五、「以鋅膠帶電池比較正負極寬度之電壓」的實驗中，發現電極寬度並無法明顯影響電池電壓，但是寬度可以影響電池的使用時間—在越窄的電極，有越少的反應物可以進行反應；若是越寬的電極，則有越多的反應物可以進行反應—但是本實驗所測的電壓並無太大影響。

六、「串聯實驗六之同類型電池並比較串聯電池顆數」中，除了發現隨著電池的數量與電壓會等比上升以外，若是有兩顆電池短路的狀況，整組電池仍然發電，但電壓會少一顆電池的量；如果有兩顆電池短路的狀況，可將兩顆電池中間電解液之接觸面積剪掉，即可恢復原本整組電池的電壓。

七、本研究希望未來可以探討更多影響自製電池之因素，並且繼續改良其電流量，開創更多薄膜電池可以在生活上的應用性。

柒、結論

本研究經過實驗後發現，酸性電解液（氯化銨）電壓的數據明顯高於鹼性電解液（氫氧化鈉），因此將含有酸性電解質的酸性電解液作為接下來所有實驗所使用之電解液。接下來於正負極間隔寬度實驗中可以觀察到電池正負極之間的寬度如果越接近 3 mm，電流以及電壓的數值會越高。除了電池中的電壓以外，電流也是很重要的一部分。因此在本研究當中，將鋅漿料以鋅膠帶取代並嘗試提高電流，並且發現以鋅膠帶製作的電池電流以及電壓比以鋅粉調配出的鋅漿料製作之電池的電流以及電壓還要高，尤其是電流有著數十倍的提升。研究再次進行鋅膠帶的正負極間距比較，觀察會不會影響電流以及電壓，發現電池如果以一開始的電流以及電壓比較，正負極間距為 3.5 mm 的電池電流及電壓數值最高；放了大約五分鐘

後，電池的電流以及電壓的數值皆會提升，其中電流以 2 mm 最高，電壓以 3 mm 最高。另外，電池的正負極寬度也有具有影響電池的可能，但目前已確認不太影響電池之電壓。最終，本研究將電池串聯，發現電池若串聯越多，電壓也會明顯成長。目前薄膜電池已可驅動微小電子元件，未來將繼續提升電流，使應用性增加。

捌、參考文獻

1. 田福助（民 100）。電化學—理論與應用（八版九刷）。新北市：高立。
2. <https://youtu.be/9CE0LWeZKaU> Seawater Batteries 2 — A Paper Battery
3. 中華民國第 53 屆中小學科展覽會—電池漆與電池紙

【評語】 030204

1. 本實驗是探討自製紙薄膜電池有些創意性且操作方便，具有實用的價值，若能加以探討所製電池之續航時間及電容量，並強調與其他科展所做紙電池的不同和好處，將更能顯示優點。
2. 本研究未對回收利用性進行探討。建議未來可使用生物分解之素材來製作實驗裝置，或者是可將整體裝置 3D 微型化，可使成果更加出色。
3. 如能做一個應用顯示薄膜電池相較於一般電池的優勢，將使得研究內容更加豐富。此外也可以探討使用不同的電極影響。

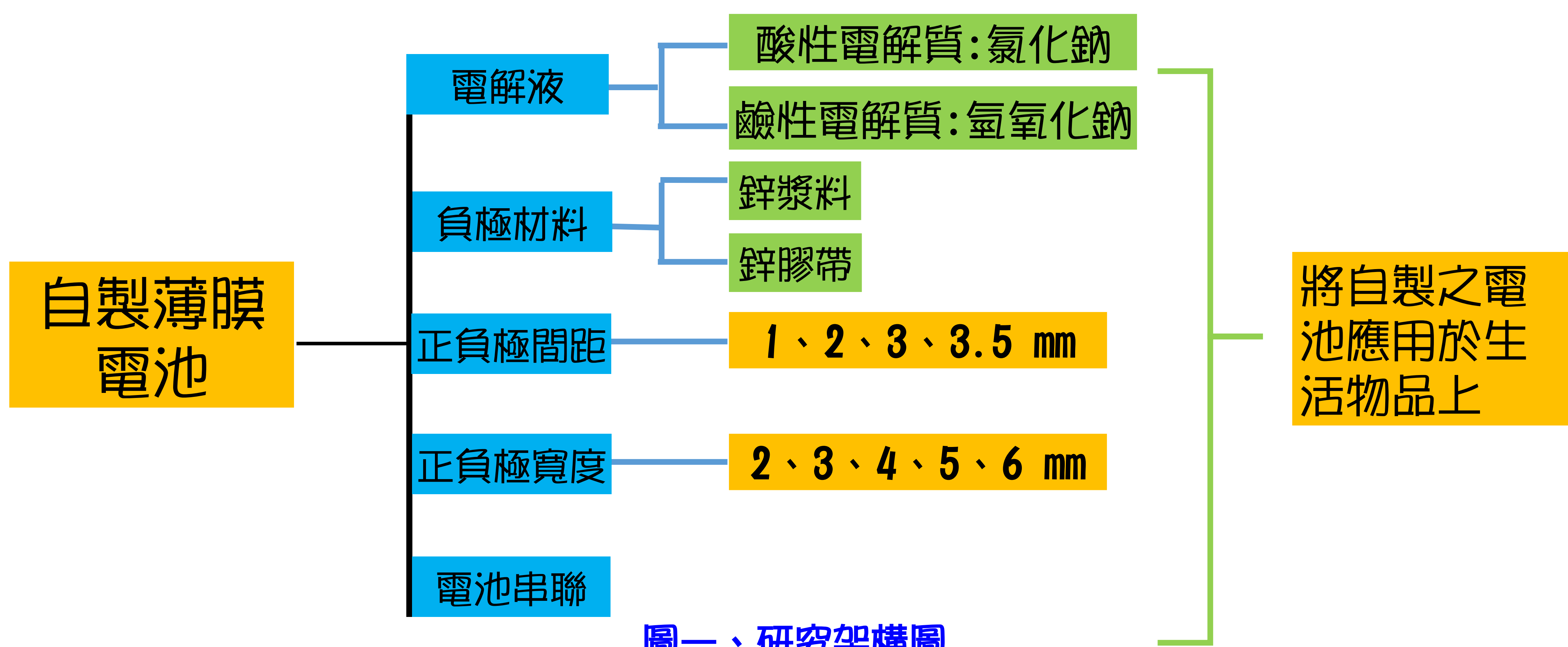
摘要

本研究嘗試自製輕巧簡便薄膜電池，並探討影響自製薄膜電池電流及電壓的因素。首先以不同酸鹼性的電解液進行電池效能比較，發現使用**酸性電解液（氯化銨）**的自製電池電壓大於使用鹼性電解液（氫氧化鈉）。接著對於鋅漿料正極及負極的不同間距寬度進行比較，結果顯示正負極間距愈接近3 mm，電壓數值愈高。在研發過程中，更進一步改良電池負極（鋅）材料將自製的鋅漿料以鋅膠帶取代，發現電壓及電流有更顯著的提升。使用**鋅膠帶**為負極之電池以**電極間隔3.5mm電壓及電流數值最高**。目前串聯兩顆自製薄膜電池，其電壓已可達3伏特，**效能已與市售電池相仿**，實際應用更可使發光二極體發亮，未來將嘗試將本電池運用於更多生活中的電子物品上。

研究目的

- 一、探討酸性與鹼性電解液對於電池電壓的影響。
- 二、探討鋅漿料正負極之間的寬度對於電池電流以及電壓影響。
- 三、探討鋅膠帶正負極之間的寬度對於電池電流以及電壓影響。
- 四、比較鋅膠帶與鋅漿料電極對於電池電流以及電壓之影響。
- 五、利用電學原理增進薄膜電池發電效益。
- 六、綜合分析比較各代薄膜電池發電效益及生活應用之可能性。

研究過程及結果



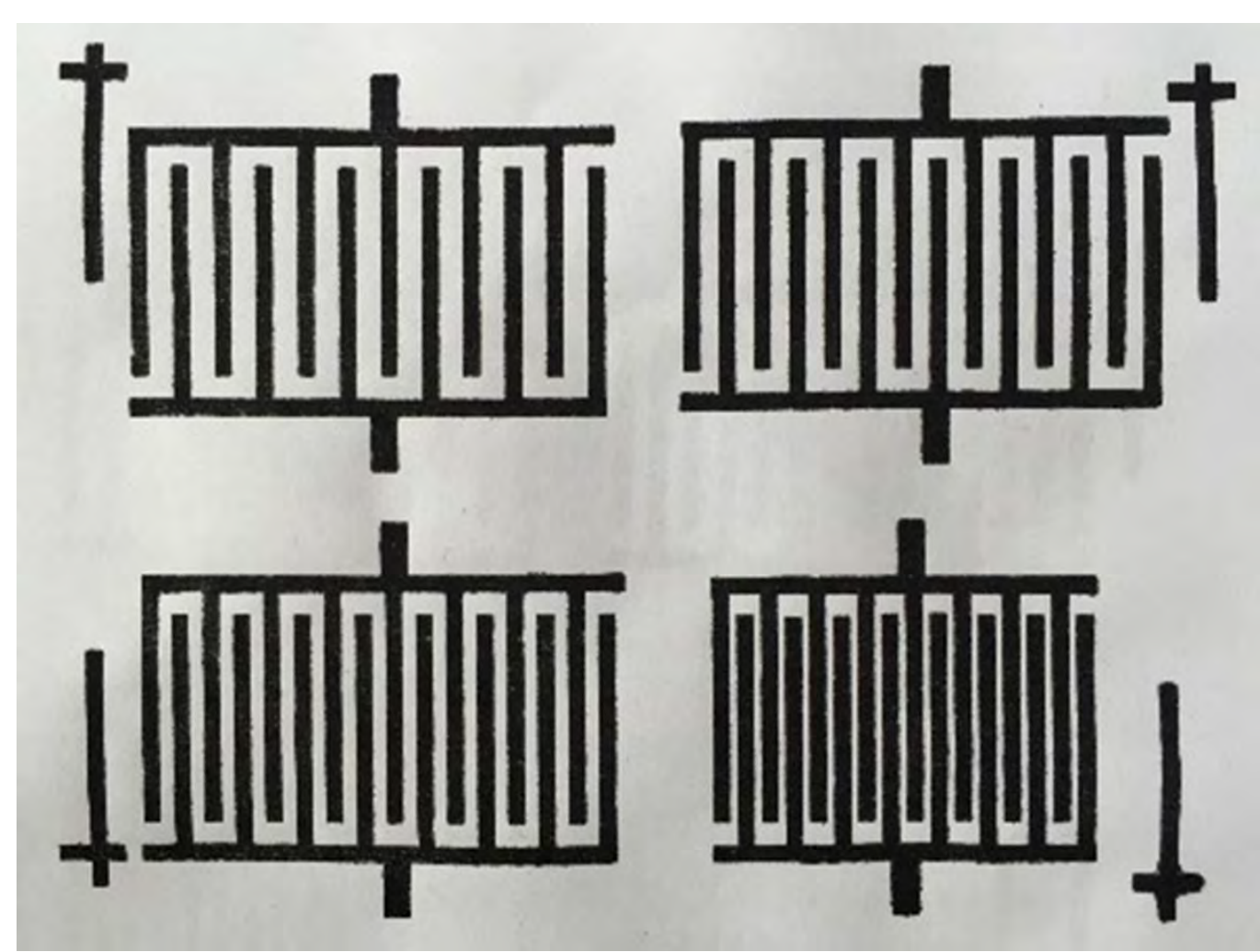
圖一、研究架構圖

一、探討酸性與鹼性電解液對於電池電壓的影響。

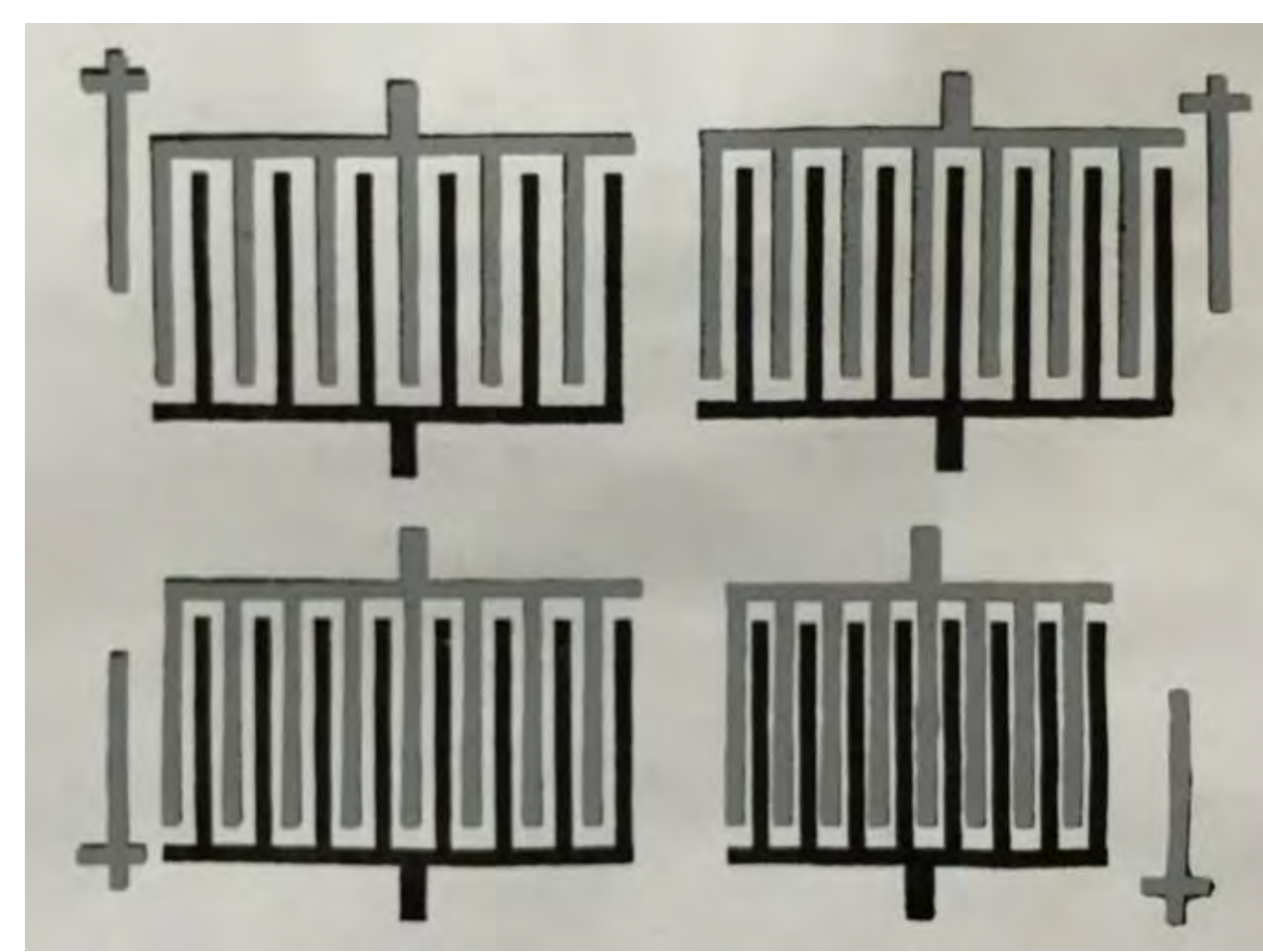
(一) 紙電池基本製作

步驟一：在A4白紙進行碳層（導電層）塗布（圖二）。

步驟二：待晾乾後，再取正負極材料（正極：二氧化錳；負極：鋅），各覆蓋於一梳狀物上並重複乾燥動作，即完成電池製備（圖三）。



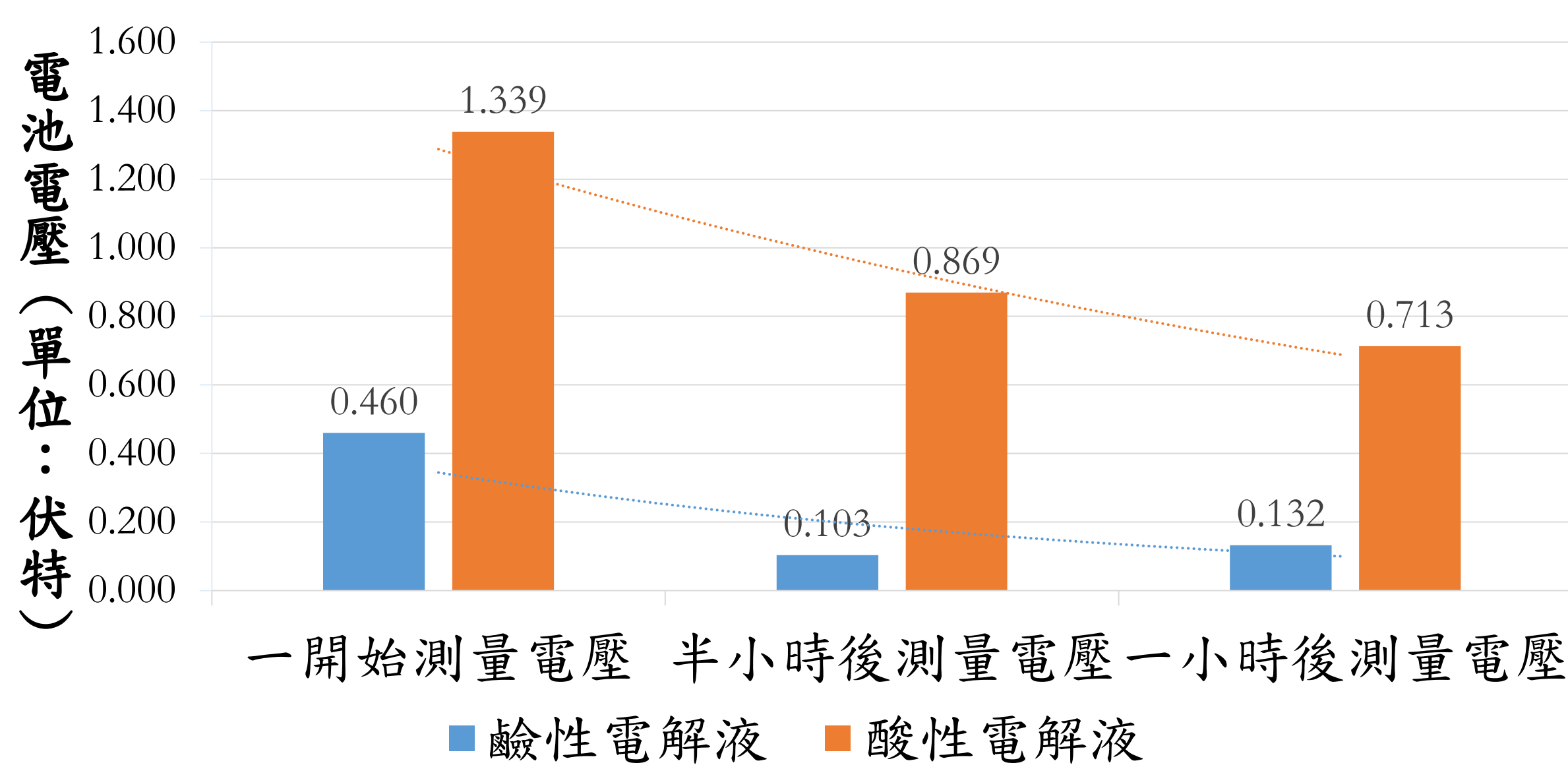
圖二、塗布導電層



圖三、二氧化錳正極（黑色區）、鋅負極（銀色區)

(二) 酸性電解質與鹼性電解質對電池電壓的影響

以酸性（氯化銨）和鹼性電解液（氫氧化鈉）進行電池電壓的比較，由圖四可知**酸性電解液**從一開始至過一小時後測量，電壓皆明顯高於鹼性電解液。



圖四、鹼性電解液以及酸性電解液電壓之差異

二、鋅漿料正負極之間的寬度對於電池電流以及電壓影響

取間隔寬度以1、2、3及3.5 mm進行實驗。由表一可得知，電池電壓最高間距為3 mm，而最大電流間距為3.5 mm。

表一、鋅漿料正負極間隔寬度與電壓電流關係

間隔寬度 (mm)	電壓 (V)	電流 (μA)
1 mm	0.88	22
2 mm	0.84	24
3 mm	1.04	25.1
3.5 mm	0.78	30

電壓單位：V 電流單位：μA

三、鋅膠帶正負極之間的寬度對於電池電流以及電壓影響

負極材料以鋅膠帶取代後其電流及電壓數據皆高於鋅漿料，再次進行不同間距寬度實驗。經測量後，發現電池電壓及電流最高間距皆為3.5 mm（如表二）。

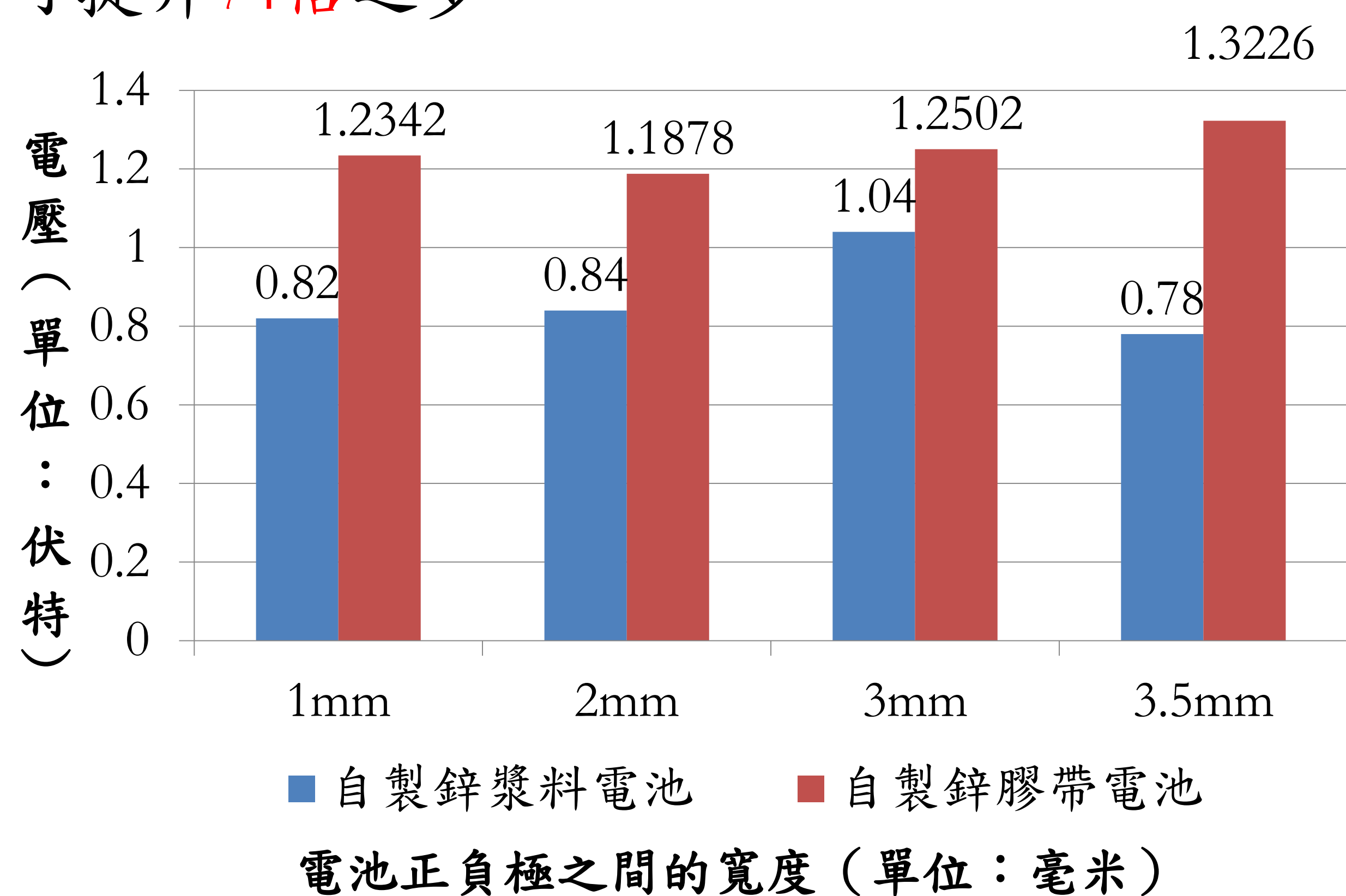
表二、比較正負極間隔寬度與電壓電流關係

間隔寬度 (mm)	電壓 (V)	電流 (μA)
1mm	1.2342	1.758
2mm	1.1878	1.747
3mm	1.2502	2.15
3.5mm	1.3226	2.248

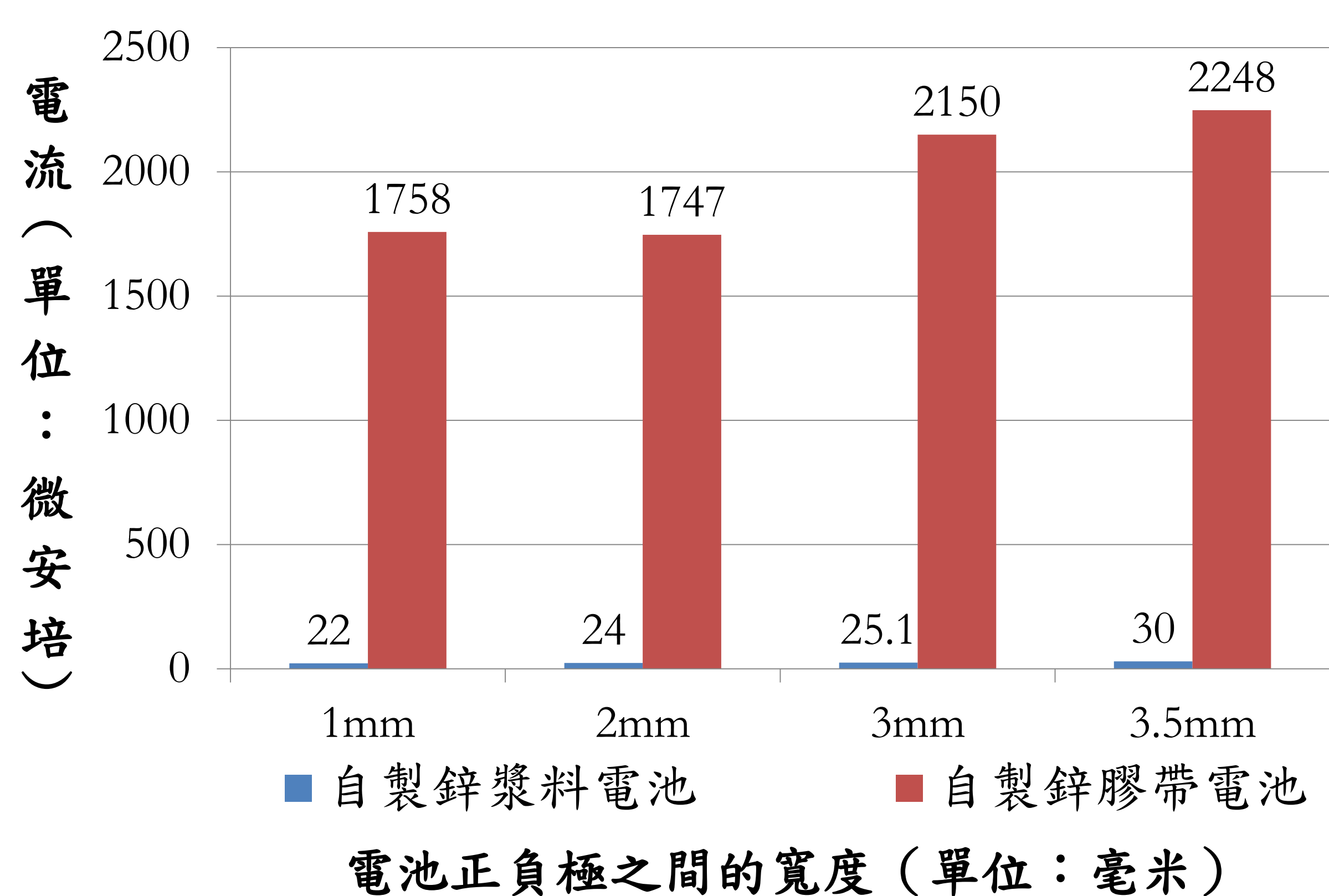
電壓單位：V 電流單位：μA

四、鋅膠帶與鋅漿料對電池電流電壓之影響

負極材料以鋅膠帶取代鋅漿料後，電池的電壓大多能達到1.2伏特以上，電流最高則可提升74倍之多。



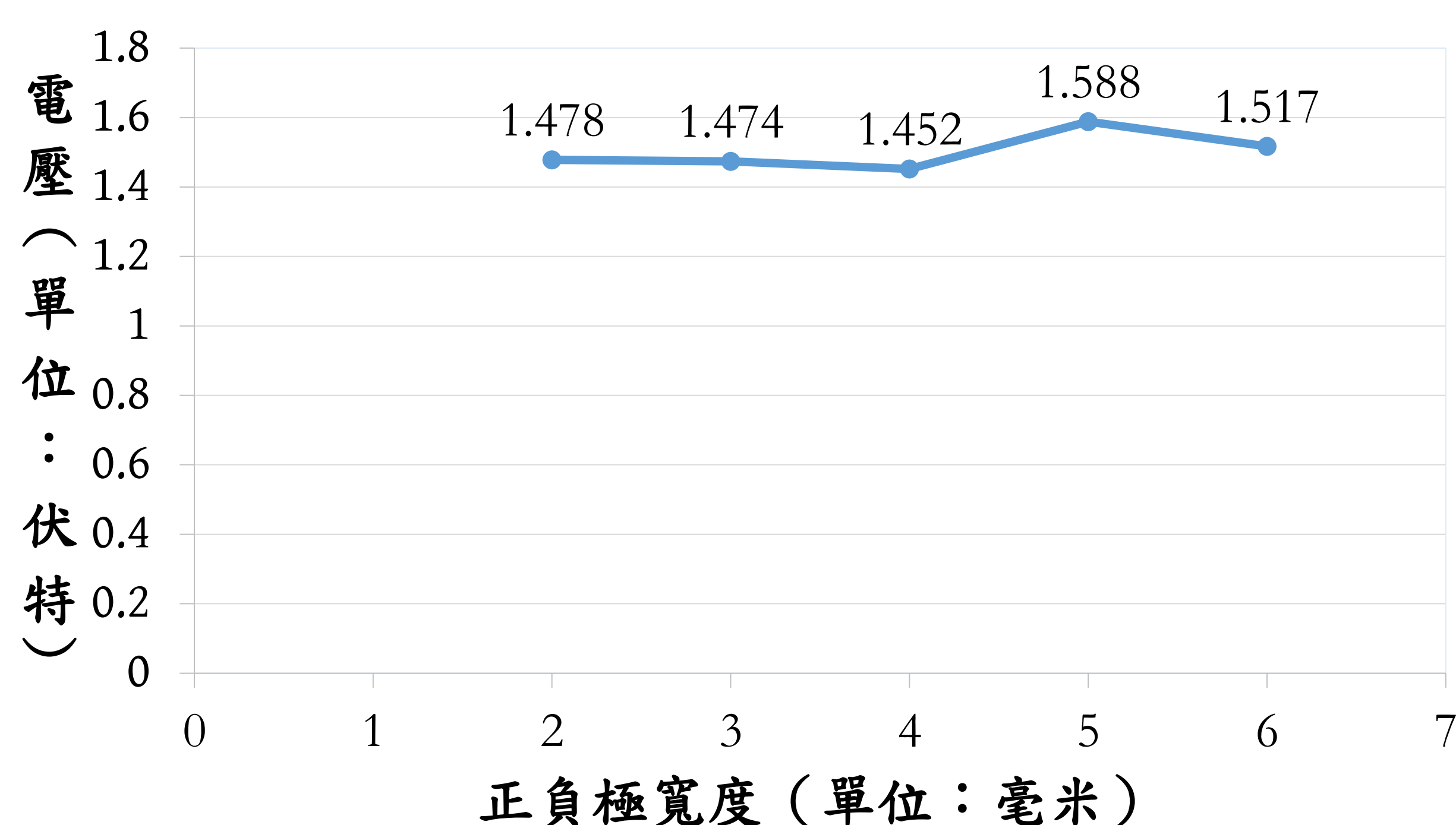
圖五、鋅漿料與鋅膠帶電極間距電壓比較



圖六、鋅漿料與鋅膠帶電極間距電流比較

五、探討鋅膠帶寬度對於電池電壓影響

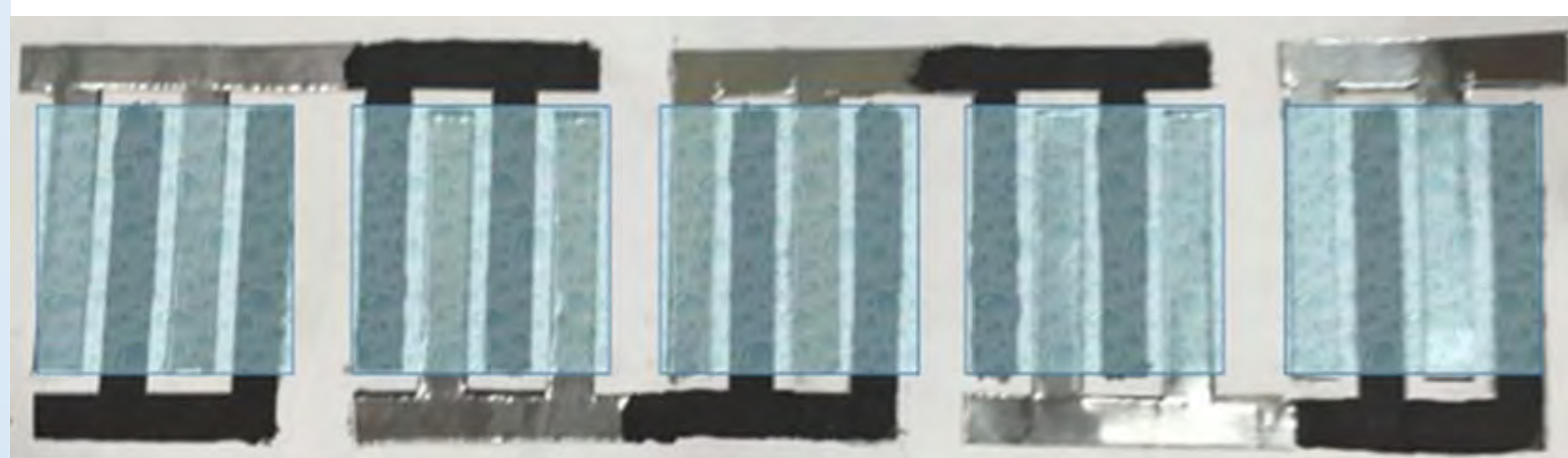
本實驗另外使用自製薄膜鋅膠帶電池比較正負極寬度之電壓。研究中將電池電極寬度設為2毫米、3毫米、4毫米、5毫米、及6毫米，進行電壓比較。由圖七可得知，各個不同電極寬度的電池電壓皆接近1.5伏特（等同一顆市售碳鋅電池電壓）。



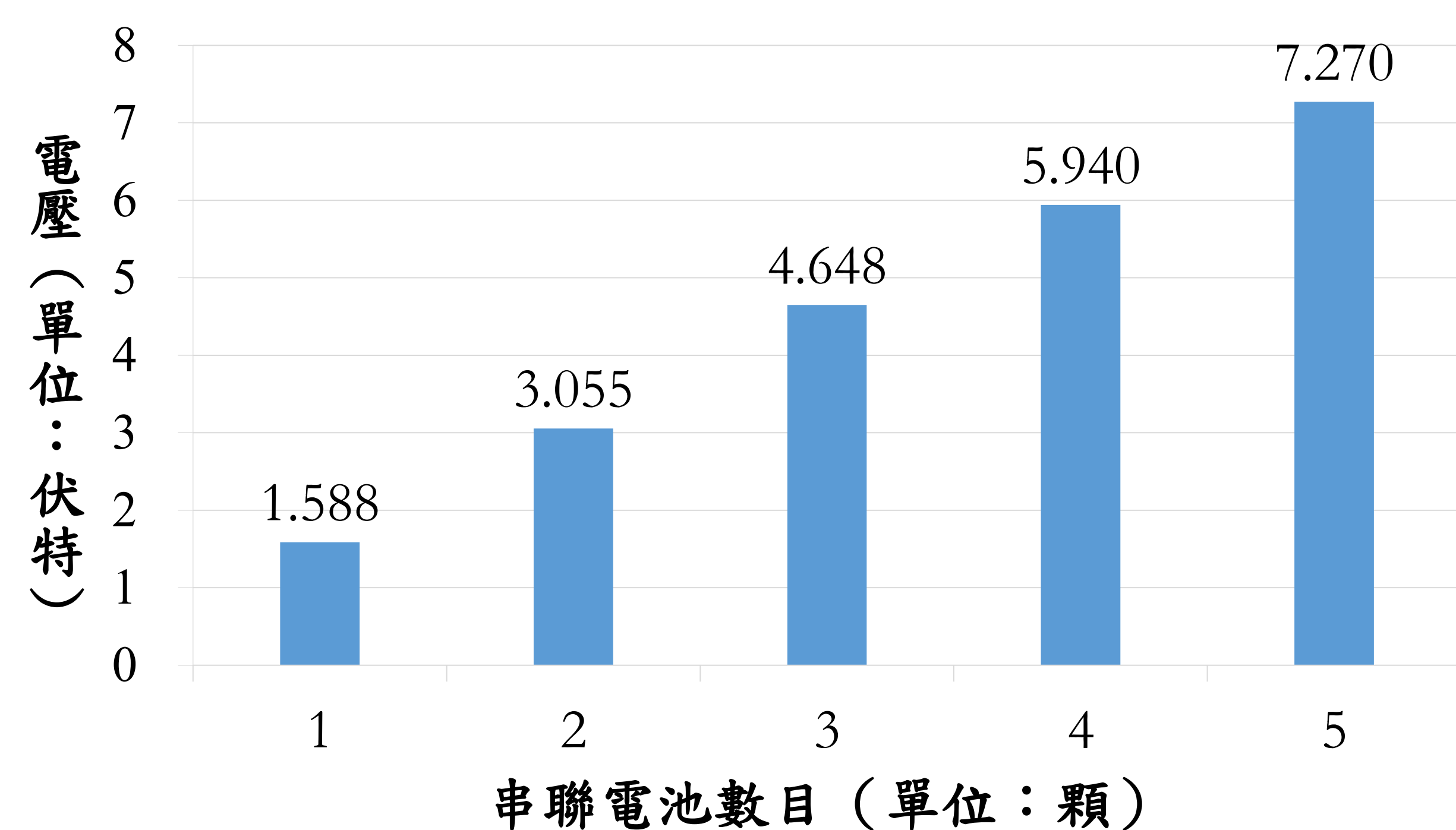
圖七、不同電極寬度對鋅膠帶電池電壓影響

六、串聯薄膜電池並比較串聯電池顆數

本實驗使用鋅膠帶電池分別串聯1、2、3、4、5顆電池，進行電壓測試，由圖九可得知電池電壓會呈現接近等比例的成長。



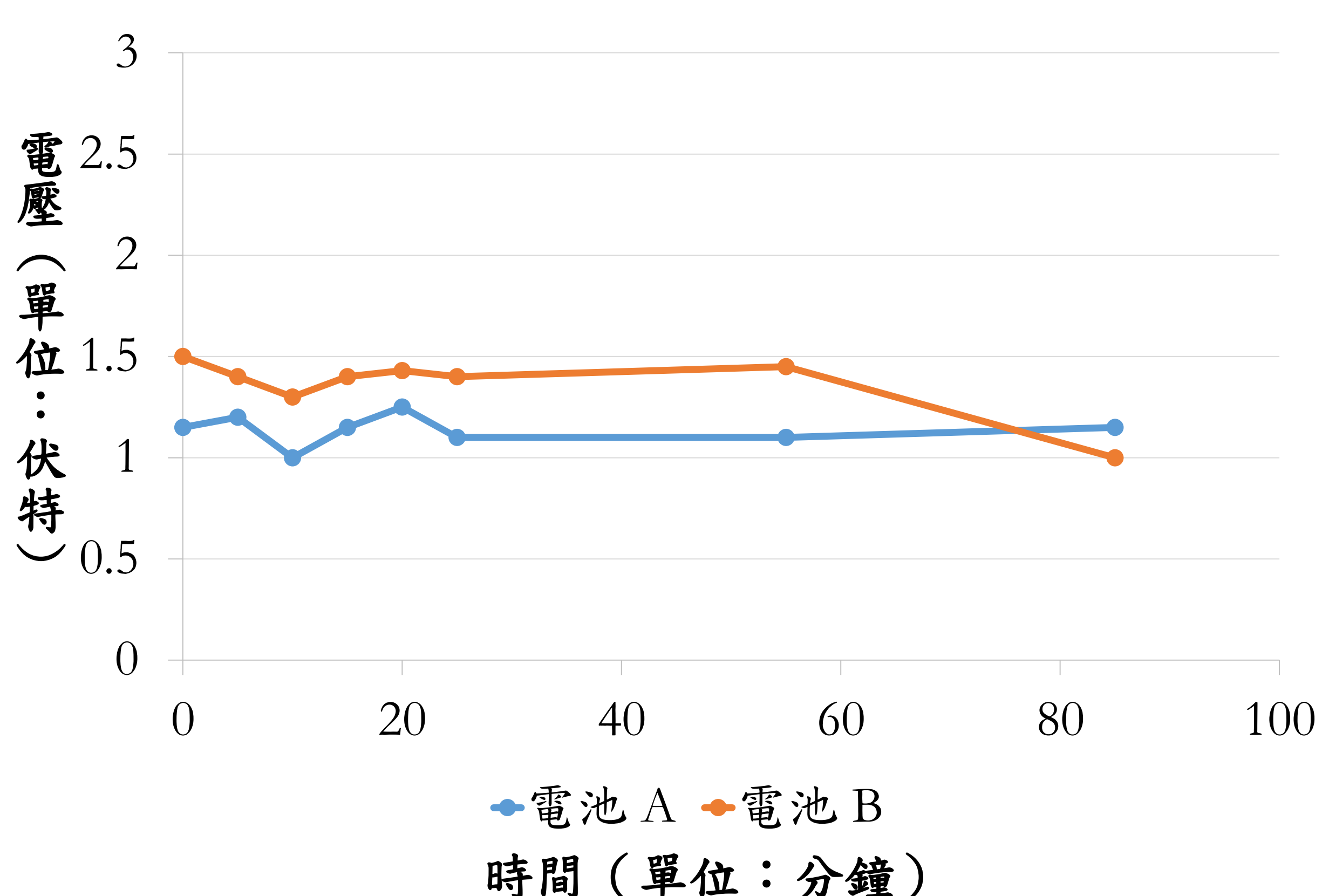
圖八、五組電池電池串聯之示意圖



圖九、不同數量電池串聯之電壓比較

七、分析薄膜電池效能持續時間

本實驗使用鋅膠帶電池進行電池效能之電壓測量，發現電池電壓於一小時內電壓略微有起伏，但電壓皆高於1伏特。

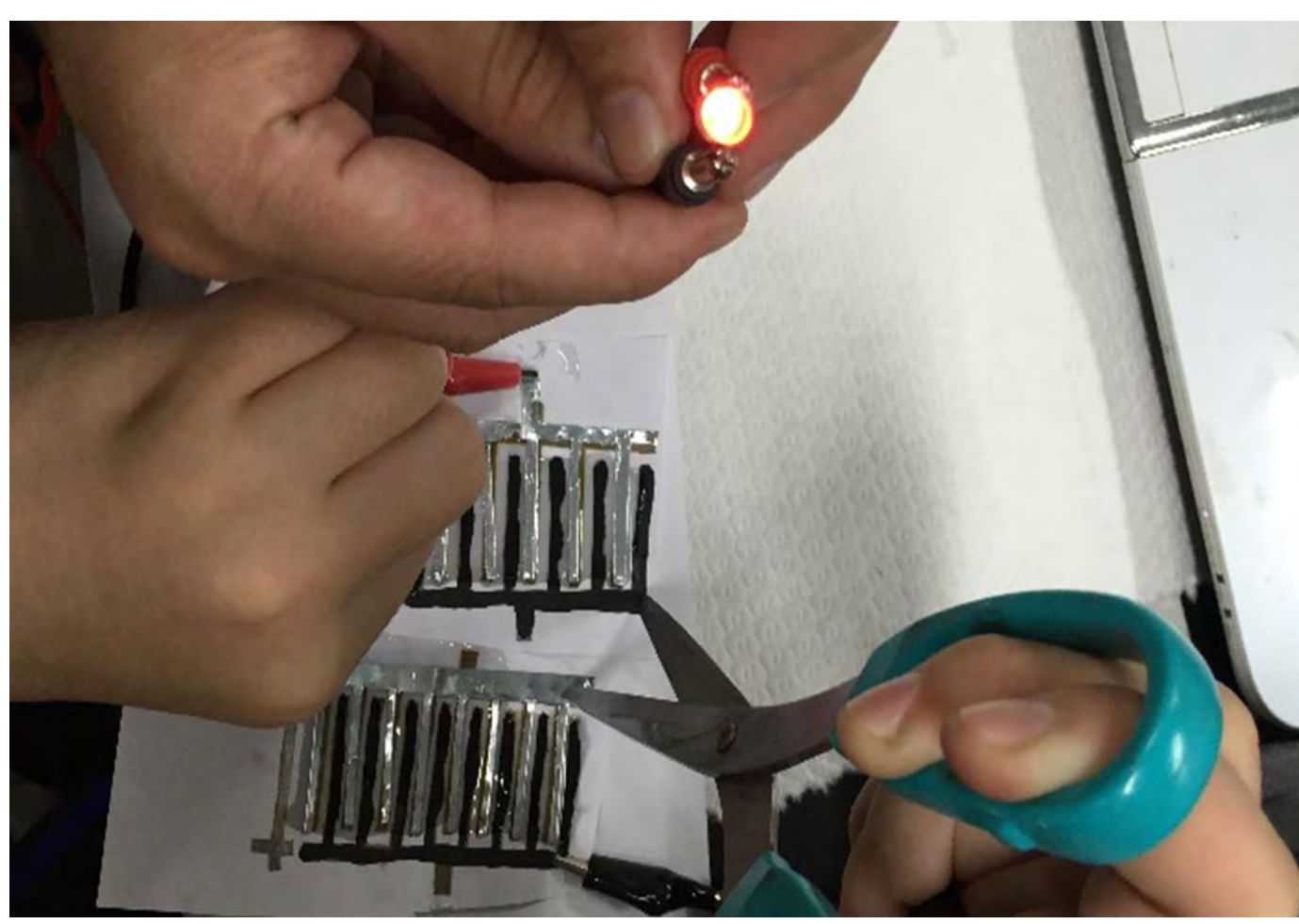


圖十、鋅膠帶電池效能之電壓變化

八、綜合分析比較各代薄膜電池發電效益及生活應用之可能性

(一) 使電池驅動發光二極體

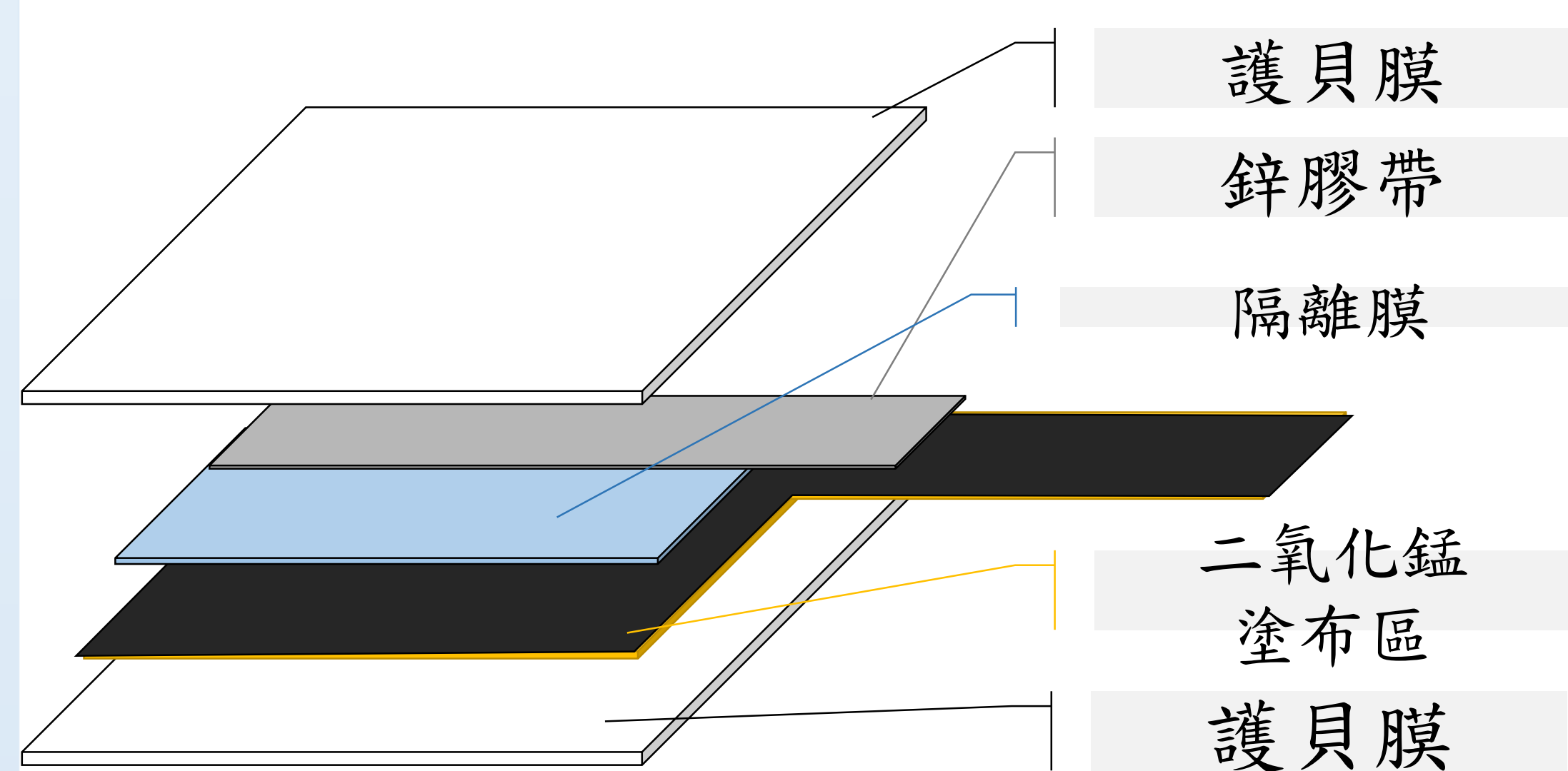
本研究將電池接發光二極體，使兩顆自製電池串聯，即可使燈泡發光。



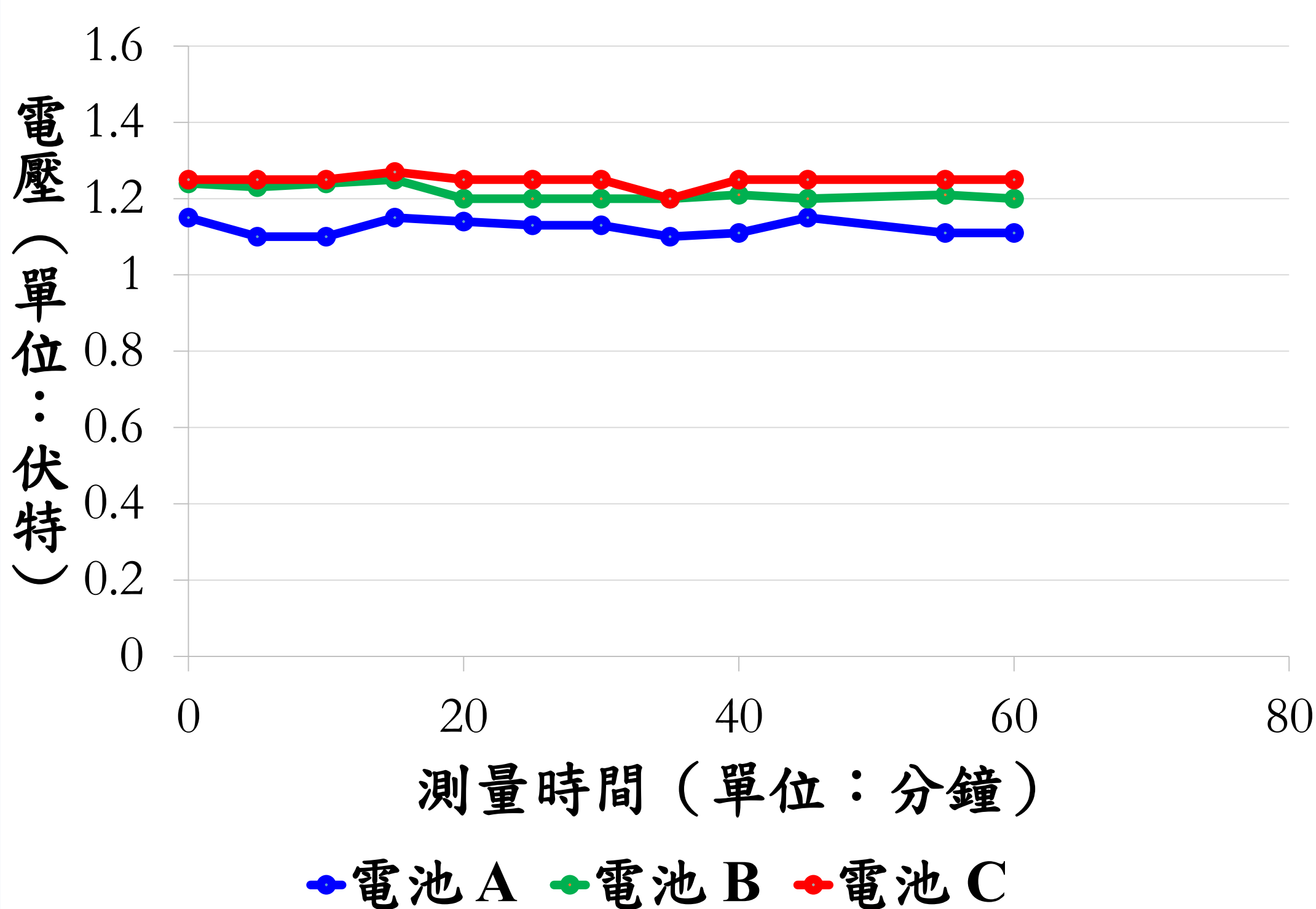
圖十一、鋅膠帶電池藉串聯使LED燈泡發亮

(二) 封閉式薄膜電池

本研究嘗試設計封閉式薄膜電池，進行一小時內電壓變化測試。目前電壓已可達一個月皆維持在1.2伏特左右。



圖十二、封閉式薄膜電池結構模擬示意圖



圖十三、封閉式電池一小時電壓變化

(三) 歷代電池比較

表三、歷代電池差異比較

	第一代	第二代	第三代
正極	二氧化錳漿料		
負極	鋅漿料	鋅膠帶	
包覆性	開放式		封閉式
持續時間	三天(電解液易蒸發)		可使用超過一個月

討論

一、探討酸性與鹼性電解質對電池電壓的影響

使用酸性電解液比鹼性電解液時電壓還來的高，是因鹼性電解液形態像果凍；當放上電極時，接觸面不完整。液體無法完全進電極內部。

二、探討正負極間的寬度對電池電流以及電壓影響

電極間距寬度越大，所得之電流以及電壓的數值都越高，推測是電解液填滿越大間距時，所含的電解質會越多，使數值皆較高。

三、鋅膠帶與鋅漿料負極對電池電流以及電壓影響

鋅膠帶的電流是鋅漿料的74倍，原因為鋅漿料使用鋅粉，其顆粒與顆粒之間被填滿黏著劑等材料，導致較難導電。

四、正負極寬度之電壓比較

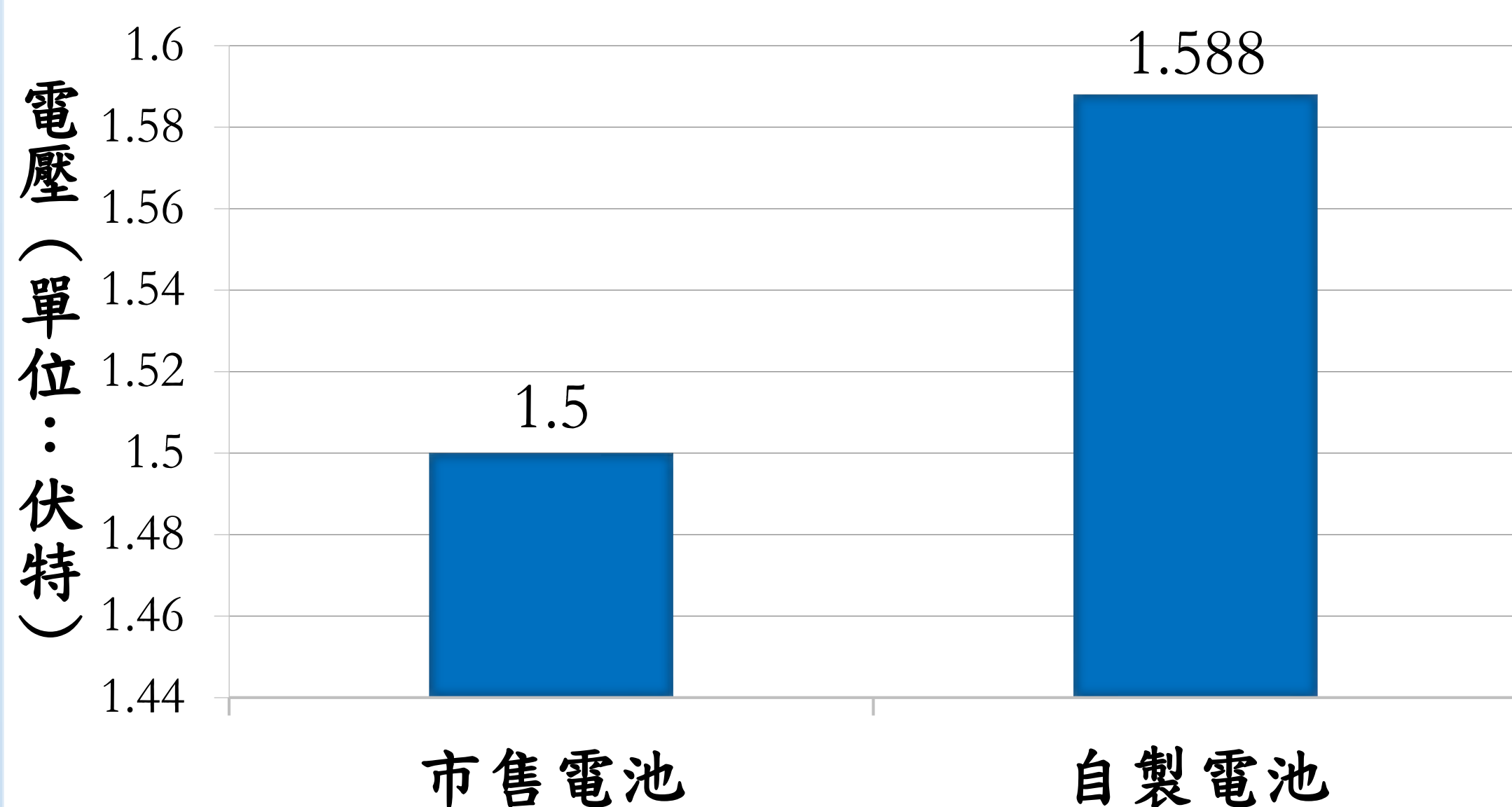
實驗中發現電極寬度並無法明顯影響電池電壓，但能影響電池的使用時間——越寬的電極意味著有越多的反應物可以進行反應，使得電池的使用時間增加。

五、串聯電池並比較串聯電池顆數

隨著串聯電池的數量上升，電壓也隨之提升；此外，若兩顆電池短路，電池仍會發電，但電壓會少一顆電池的量；若有短路的狀況，可將電池間電解液接觸面積剪掉，即可恢復原本電池的電壓。

六、自製電池與市售電池比較

若將本研究自製電池最佳電壓(電極間隔3.5 mm、寬度5 mm)與市售碳鋅電池電壓比較，可觀察出本研究研發之電池電壓高於市售電池。



圖十四、自製與市售電池電壓比較

七、封閉式薄膜電池效能探討

本研究使用之封閉式薄膜電池已放置超過一個月，但電壓依舊非常穩定，維持在1.2伏特上下；電解液若放置於開放式電池，在蒸發後便會失去效能；在封閉情況下，電解液可減少蒸發，進而提升電池使用時間。

結論

目前效能最佳之薄膜電池為負極採用鋅膠帶之封閉式薄膜電池，且串聯越多顆電池時，能明顯提升電壓，並能使發光二極體發亮。未來希望進一步提升封閉式薄膜電池的效能，作為簡易的可攜式薄膜充電裝置。