

中華民國第 64 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 物理科

第三名

080120

壓力山大~探討神秘的壓電效應

學校名稱：桃園市桃園區永順國民小學

作者： 小六 劉芮嘉 小六 洪鈺晴 小六 陳禹彤 小六 許羽靚 小六 許家華	指導老師： 王秋雯 林淑惠
---	-------------------------

關鍵詞： 壓電效應、電容、橋式整流器

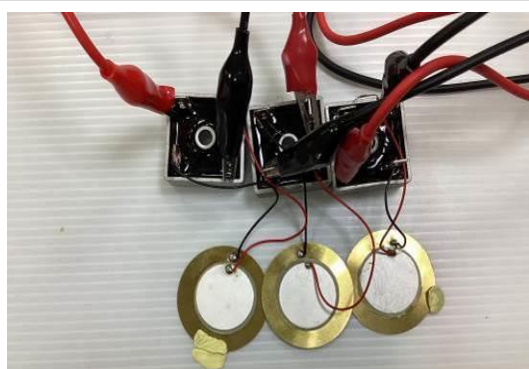
摘要

能源一直是台灣大問題，團隊希望讓生活中被浪費的能量轉換成可用的資源。

從各種壓電效應發電的方法開始進行研究，查詢文獻，我們突破困難，設計了穩定的發電壓電效應測試器，發現壓電片越多數據越大，發電效應也越好，敲擊下的壓電片很容易受損，找到最適合的保護膜，因為實驗才發現壓電片是交流電，必須透過橋式整流器轉變成直流電，並儲存到電容內，才可以較容易地應用在生活中，為了善用實驗成果，我們也測試不同組合方式，最終讓壓電片發電效應倍數增加，更發現正反排放的效應尤其驚人，團隊將會朝向老人生活或實際應用，做出可運動也可發光的裝置。

研究團隊研究壓電片發電，製作出低成本、有效應且最能儲存電量發電組，作品仍在繼續研發中……

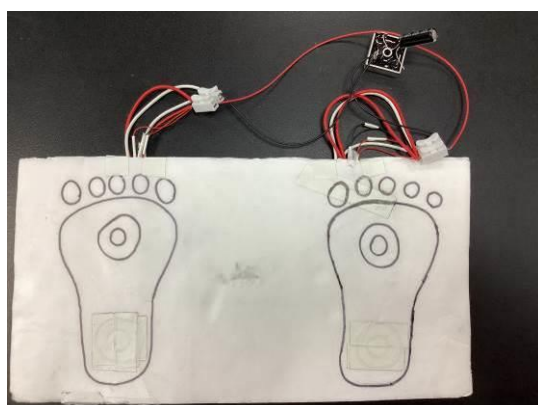
【關鍵字】 壓電效應、電容、橋式整流器



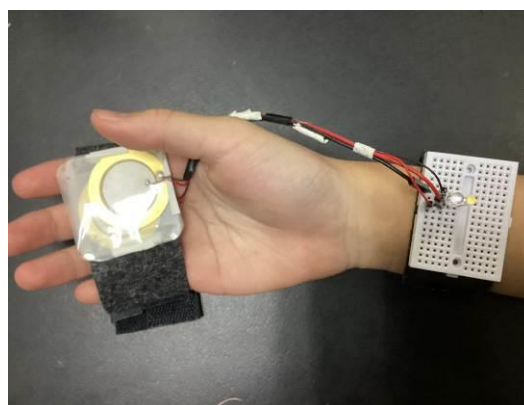
壓電效應測試裝置(基礎版)



壓力如何像山一樣大到發電?



生活應用~腳踏蓄電板



生活應用~拍拍發光手環

壹、前言

一、研究動機

新聞裡常常看到有人因為夜晚光線太暗，而發生事故，我們想要讓事故發生次數減少，因此我們開始天馬行空的思考，哪種東西可以腳踩下去就可以發光？後來我們看到「佑來了！壓電風扇」，壓電效應這麼高深的學問，好像很好玩ㄟ。

※相關單元：康軒版 4 下第四單元 燈泡亮了


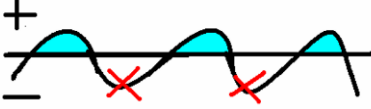
二、研究目的

- (一) 設計利用壓電效應發電的機制及壓電效應測試方法研究~壓電效應發電組、壓電效應測試器。
- (二) 研究各種壓電片性質造成壓電效應發電組發電效能的變因~壓電片敲擊力道、壓電片大小、橋式整流器。
- (三) 針對其他變因研究造成壓電效應發電效能的差異~電容、組裝方式、壓電片保護膜。
- (四) 設計最高效應利用壓電片蒐集電能的方式~精緻化壓電效應發電組、生活應用情形。

三、文獻回顧及探討

(一) 文獻回顧

文獻名稱	文獻重點說明	對本研究的貢獻度
第 48 屆科展國小組自然科~來電捕手~新概念能源探究	原來利用壓電效應，可以發電，而發的電是可以應用的永續能源，對地球友善。	敲擊過程中，電壓的值是一直在跳動的，電壓的值有正有負交替出現「有正有負」表示：壓電電壓是“交流電”而非直流電，本研究將交流電轉化成直流電。
第 58 屆科展(高級中等學校組)工程學科(二)科~醜小「壓」發電~壓電材料發電之探討	他們比第 48 屆科展自然科~來電捕手-新概念能源探究」研究的更深入，可以提供研究團隊更深入了解壓電材料的特質與用途。	<ul style="list-style-type: none">➤ 根據不同種類的壓電片設計不同的研究方式。➤ 壓電片產生的電流不大，藉由收集電流儲存電量，供未來使用。
第 55 屆科展~高中生應科~微型壓電陶瓷散熱模組設計與應用之探討	提供壓電片通電後振動的裝置方式，作為研究初始的想法及應用。探究蜂鳴片懸臂樑葉扇振動情形(如圖 1)	研究團隊確認本研究想要研究的主題是正壓電效應而非逆壓電效應，也就是「振動產生電能」。

		
<p>第 62 屆國小科展 物理科~磁入電出~ 手擺發電應用在緊急 充電效能之探討</p>	<p>透過手擺發電運用緊急充電 發電裝置上，提供研究團隊生 活應用的很多想法。</p>	<p>如果透過壓電效應平常就將原本沒 辦法好好利用的能量儲存下來，會比 緊急充電才發電來的有用。</p>
<p>生活與物理「步步 來電」~壓電效應之 製作與演示</p>	<p>做出步行發電機，將其裝在走 廊上，平時同學走路時儲存微 小的電量，聚沙成塔，利用在 生活上，提供研究團隊一個新 的方向，可以應用在生活中。</p>	<p>壓電片沒有疊起來，因此少了許多電 量，研究團隊把 2 ~ 5 個壓電片疊在 一起，並在其加入保護膜，避免電量 因導電而流失，也增加了電量大小。</p>
<p>第 48 屆國中科展 生活與應用科學科 ~愈走愈來電~腳踩 發電機之研究</p>	<p>此實驗讓我們知道原來壓電 片是交流電，必須利用橋式整 流器來轉換成直流電，下圖為 壓電片整流示意圖 2:</p> 	<p>壓電片較發電機扁，裝在鞋子上也 比較舒服，發電機會凸出一塊。</p>

(二) 我們的研究：第 64 屆科展~國小物理科~壓力山大~探討神秘的壓電效應

1. 本研究為求數據精確，尋求最適合使用的電表，並設計可以利用壓電效應發電的機制~壓電效應測試器。
2. 研究團隊不斷研究如何將壓電效應放大，研究成果也能變成實際可以應用在生活中的作品。
3. 在研究過程中，遇到所有困難與挫折都能一關一關挑戰，並克服問題。

(三) 文獻探討

1. 壓電效應原理及技術：壓電效應可分為兩種—正壓電效應及逆壓電效應。

(1) 正壓電效應

對壓電材料施加一外力時，材料體內的電偶極矩因壓縮而變短，此時壓電材料為了抵抗這變化，會在材料相對的表面上產生等量正負電荷，以保持原狀。這種由於形變而產生電極化的現象稱之為「正壓電效應」，正壓電效應實質上是機械能轉化為電能的過程，本研究採用正壓電效應。

(2) 逆壓電效應

指對壓電材料施電場或電壓，引起材料機械變形振動的現象，稱為「逆壓電效應」，也可稱為「電致伸縮效應」，逆壓電效應實質上是電能轉化為機械能的過程。

2. 電容

蓄電是指給設備補充電量的過程。原理是讓從放電的相反方向通過，以使蓄電池中活性物質恢復作用。從接受轉化為電池的化學能的工作過程。在其能量經放電消耗後，通過充電恢復，又能重新放電，構成「充放循環」。不同情況下，採用不同的充電方法如：恆電壓充電。有需要的時候，電容能夠把儲存能量釋出至電路。電容由兩塊導電的平行板構成，在導電平行板之間填充上絕緣物質或介電物質。本研究使用電容作為蓄電方法。

3. 橋式整流器

橋式整流器為電源供應器的一部分，是將交流電轉換成直流電的裝置或元件，也用來當作無線電訊號的偵測器等；整流器屬一種變流器。整流器可以是固態二極體、真空管二極體、汞弧管、或是氧化銅與硒的堆疊等作成。整流器一般是指，能把 AC 轉成 DC 的二極體的總稱，但在半波整流只用到一個二極體時，這個二極體就是整流器。

貳、研究設備及器材

		實驗一	實驗二
研究目的		紅黃藍白的發光二極體、壓電片、電線、微電流三用電表	壓電效應測試器(樂高積木、木板、棉線、彈簧、瓦楞板、熱熔膠、電子秤、黏土、棉布套)、油土加螺帽(油土、螺帽、塑膠套)、氣球包(氣球、沙子)
			
研究目的		實驗三	實驗四
		直徑 15 mm 壓電片*1、三用電表、6 吋氣球、沙子	直徑 15 mm、20 mm、27 mm、35 mm、50 mm 的壓電片*n、三用電表、壓電效應測試器
			

二	<p style="text-align: center;">實驗五</p> <p>橋式整流器種類 (KBPC2506/2510/3506/3510/5010)各*1、直徑 35 mm 壓電片*1、電容(50V470μF*1)、三用電表</p> 	
研究目的三	<p style="text-align: center;">實驗六. 1&2</p> <p>50V470μF/35V470μF/35V33μF 電容、直徑 35 mm 壓電片*1、氣球包、鑷子、橋式整流器 (KBPC5010)、三用電表、不同電容種類(S0806)、(貼片電解電容)</p>	<p style="text-align: center;">實驗七</p> <p>橋式整流器(KBPC5010)、圓形橋式整流器、扁形橋式整流器、直徑 35 mm 壓電片*n、鱈魚夾、氣球包、萬用黏土、三用電表、鑷子</p>
		
	<p style="text-align: center;">實驗八</p> <p>不同材質的保護膜(泡泡紙、泡棉、文件夾、膠帶、A4 紙、夾鏈袋、棉紙、護貝膠膜、CD 套、保鮮膜、厚塑膠膜、卡紙)各*1、直徑 35 mm 壓電片*12、三用電表</p>	<p style="text-align: center;">實驗九</p> <p>壓電片、橋式整流器*1(KBPC5010)、護貝膠膜(保護膜)、三用電表、萬用黏土、氣球包、電容*1(50V470 μF)</p>
		
研究目的四	<p style="text-align: center;">實驗十. 1&2</p> <p>魔鬼氈、墊布、直徑 35 mm 壓電片、電線、LED 燈*1、絕緣膠帶、麵包板*1、藍白拖鞋、輕橘拖鞋、直徑 35 mm 壓電片、膠帶、10 mm 綠色 LED 燈泡、LED 燈*1、絕緣膠帶、護貝膠膜 (保護膜)、電線</p>	<p style="text-align: center;">實驗十. 3</p> <p>硬保麗龍板、35 mm 壓電片*n、橋式整流器 (KBPC5010)*2、三用電表、鑷子、免釘黏土、電容(50V470 μF)</p>
		

參、研究架構與流程

一、我們的思考及研究設計歷程如下：

【表】 思考及研究設計歷程圖

文獻探討

- 壓電效應
- 電阻、電流、電壓
- 蓄電
- 直流電、交流電

尋找研究對象

如何利用壓電片發電

確定研究主題

壓電效應發電機制探討

進行研究

尋找研究對象

- 近年來環境污染造成能源的匱乏。
 - 火力發電能源累積速度慢，但人口成長迅速，能量不夠使用。
 - 一般的永續能源即使是取之不竭的光電或是風力發電、洋流發電也都有污染的問題。
 - 有沒有辦法發電順便健身？
 - 什麼是可以永遠不缺乏的能源？壓電片？
 - 壓電片的「正壓電效應」可以將機械能轉換成低成本、低污染、快速大量且安全的電能？
- 動手做做看吧！

【研究前調查】壓電效應發電方式分析及實作

【實驗一】壓電效應發電方式研究~壓電效應發電組

【實驗二】壓電效應測試方式探討~壓電效應測試器

找出研究方向~如何提升壓電效應發電功率?

壓電片特質

【實驗三】

壓電片敲擊力道對壓電效應的影響

【實驗四】

壓電片大小對壓電效應發電的影響

【實驗五】

橋式整流器對壓電效應改變電流方向的

組裝方式

【實驗六】

電容對壓電效應發電效率的影響

【實驗七】

組裝方式對壓電效應發電效率的影響

【實驗八】

保護膜對壓電效應發電的影響

【研究中思考改進】精緻化壓電片發電效應及實際生活應用

【實驗九】精緻化壓電片發電效應效率

【實驗十】壓電片發電效應的生活應用

歸納統整進行結果推論

可供實際生活應用的「高效能壓電片發電組合」

肆、研究過程與結果

【實驗一】 壓電效應發電方式分析

【表一】 壓電效應針對測量電力方法研究歷程

目的	方法	結果	推測原因	解決方案
1 壓電片真的能讓LED燈發亮?	上網購買壓電片及LED燈。	怎麼敲都不會亮。	沒有用電線連接壓電片及LED燈泡。	用電線連接壓電片及LED燈泡。
2 怎麼接壓電片才會亮?	上網查詢連接方法,看起來很簡單,只要將電線、壓電片及led燈泡接在一起就可以了。	還是不亮,不知是不是壓電片太便宜造成。	後來研判是因為我們的技術太差,壓電片發光的瞬間我們沒有確實接好電線,導致接觸不良。	改購買有焊線的壓電片。 
3 怎樣測量LED燈的光度?	壓電片發光組在手指敲後,可以發出微弱的光,將窗簾拉上,還是非常微弱。	只能用肉眼確認壓電片可以讓LED燈發亮。	壓電效應只有在碰觸當下有反應,其他時間都不會亮。	有科展文件用image J這個軟體,但無法拍到可用的圖片。
4 能有光度的數據嗎?	拍照後用image J軟體分析。	無法拍攝到可供分析的圖片。 	推測是因為燈光太暗,一閃即逝,居然連光度計也沒辦法測量,且亮燈時間短於1秒以下。	上網購買光度計實測,結果由於不是很亮,光度計無法測量數據。
5 還有其他測量電力的方法?	研究團隊不斷查詢資料並尋找其他的方式測量電力大小。	上網購買三用電表,測量發現數字完全沒動。	因為壓電片發出的電壓太微弱,無法測量。	詢問廠商後知道可以使用微電流三用電表。
6 最後定案測量方法	經過一段時間努力後,在一篇文章中發現,測量較微弱電流時可以採用「微電流三用電表」,後來又找到一家台灣公司,終於買到了比較精密的「微電流三用電表」,也才能真的測量到數據。			

【實驗二】 設計壓電效應測試器

一、實驗前思考預測：希望能製作一台精準測試下壓重量的「壓電效應測試器」。

二、實驗方法與過程：

- 1、將智高疊成90cm的高塔。
- 2、下方用智高拼成一塊大面積的方塊形狀。
- 3、再將整台壓電效應測試機制用熱熔膠黏在椅凳上(避免搖晃)。
- 4、將棉線在機制下方的洞打結,越過最高點,並穿入橫桿。
- 5、棉線上綁一個螺帽,作為敲擊壓電片工具。
- 6、將彈簧黏在木板上,再將瓦楞板黏在彈簧上,吸收壓電片震盪能量避免壓電片損壞。

三、實驗結果：

【表二】 壓電效應測試器研發歷程記錄

序	照片	裝置特色	檢討及改進
第一代		在螺帽上加上保護的棉布套及裝上固定位置的紙圈。	優點 ：可以準確的固定打擊位置。 缺點 ：沒辦法確認敲下來的力道有多大，無法進行測量。
第二代		根據查詢到的資料改成直接用螺帽+黏土製成的敲擊器敲擊。	優點 ：可以方便測電壓且測量時很穩定，又不會壓破壓電片上的陶瓷片。 缺點 ：沒辦法知道敲擊的力道大小。
第三代		經過測試需要至少 70 公分以上，壓電片才能讓 LED 燈發光。	缺點 ：敲擊用的螺帽因為重心不穩，所以常常沒有敲到壓電片的中心位置，也會破壞壓電片。
第四代		直接在下方放置電子秤，並將由土包螺帽從高處落下測量。	優點 ：藉由觀察下方電子秤數字就可以知道敲擊力道大小，可以穩定的控制力量不致於破壞壓電片上的陶瓷。 缺點 ：壓電片也容易壞掉，且力量不穩定。
第五代		文獻中有人用氣球裝水，減輕撞擊力道，讓施力平均，並利用高度控制力道大小，於是研究團隊取其優點，並用砂子取代會弄濕壓電片的水，根據所裝沙子的重量換算成力的單位，例如 50 g=50 gw	優點 ： <ul style="list-style-type: none"> ➢ 均勻施力。 ➢ 具有彈性。 ➢ 使用方式簡單。 ➢ 保護壓電片。 缺點 ： <ul style="list-style-type: none"> ➢ 太高，容易偏掉，導致數據誤差大(10~20 倍) ➢ 支撐架無法支撐太重的物品，容易歪斜
第六代 最佳		將第五代不穩且太高的缺點修改成矮的，不但較穩，敲擊時也不會那麼容易歪掉，這次的高度是設計在 20 公分左右，因為團隊想模擬實際上腳踏與拍手的距離。	優點 ： <ul style="list-style-type: none"> ➢ 穩定控制力量，減少人為誤差。 ➢ 模擬實際上腳的高度或手拍位置的真實情形。 ➢ 目前無文獻使用這種方法，是研究團隊的發現。

【實驗三】 壓電片敲擊力量大小對壓電效應發電的影響

一、實驗前思考預測：敲擊壓電片的力道大小對發電有沒有影響？

二、實驗方法與過程：

1. 使用 15 mm 的壓電片製成基礎型壓電片壓電效應測試器。
2. 使用自製壓電片壓電效應測試器及微電流三用電表測量電壓(壓一次)。
3. 紀錄實驗結果在表格中。

三、實驗結果：

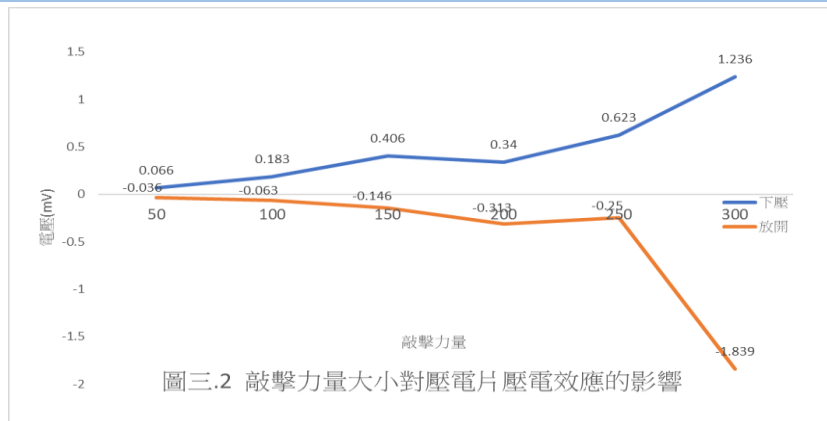
【表三.1】 敲擊力量大小對壓電片壓電效應的影響 (單位:mV)

下壓力量(gw)	246	275	295	440	516
下壓	0.025	0.088	0.386	0.798	0.070
放開	-0.117	-0.161	-0.339	-0.088	-0.559

➤ 研究團隊發現下壓力量不容易控制，結果沒有線性關係，應修改實驗方法(使用【最佳壓電效應測試器】控制力道均勻再做一次)，結果如下表。

【表三.2】 敲擊力量大小對壓電片壓電效應的影響(單位:mV)

敲擊力量大小(gw)		50	100	150	200	250	300
下壓	第一次	0.05	0.14	0.17	0.61	0.73	0.46
	第二次	0.08	0.21	0.32	0.58	0.8	1.93
	第三次	0.07	0.20	0.73	0.28	0.34	1.32
	平均	0.066	0.183	0.406	0.34	0.623	1.236
放開	第一次	0	-0.06	-0.02	-0.14	-0.13	-0.19
	第二次	0	-0.08	-0.15	-0.57	-0.50	-0.53
	第三次	-0.11	-0.05	-0.27	-0.23	-0.12	-3.14
	平均	-0.036	-0.063	-0.146	-0.313	-0.25	-1.839



四、實驗討論：

1. 敲擊力量越大，壓電效應產生的電壓越高，50 gw 只有 0.066 mV 三用電表幾乎測不到，可是 300 gw 可以達到 1.236 mV。
2. 可以看到在 250 gw 有 0.623 mV，從這之後，曲線突然變得比較陡，代表如果沒有一定重力，壓電片產生的電壓太小。
3. 下壓 (+) 跟放開 (-) 的電流相反。

五、實驗檢討與修正：

1. 雖然力道越大越好，但是研究團隊發現超過 300 gw 的會較容易壓破壓電片上的陶瓷，
2. 50 gw 的時候甚至有兩次測到 0，可能是因為重量太輕或放的時候沒放好導致失敗，也因為這樣知道將來的壓電效應不可以少於 250 gw。
3. 下壓 (+) 與放開 (-) 分別為正與負，代表壓電效應是交流電。

研究團隊查詢資料才終於發現原來當初 LED 燈泡會閃爍無法測量的原因是因為壓電片發電是交流電，所以當電流正向流動時會亮，而反向電流時則不會亮，研究團隊希望燈泡不要閃爍而是能持續發光，所以經過研究團隊查詢資料後發現橋式整流器可以達到效果，討論後決定在【實驗五】進行關於橋式整流器的實驗設計。

【實驗四】 壓電片大小對壓電效應發電的影響

一、實驗前思考預測：更大的壓電片應該可以發更多電吧？

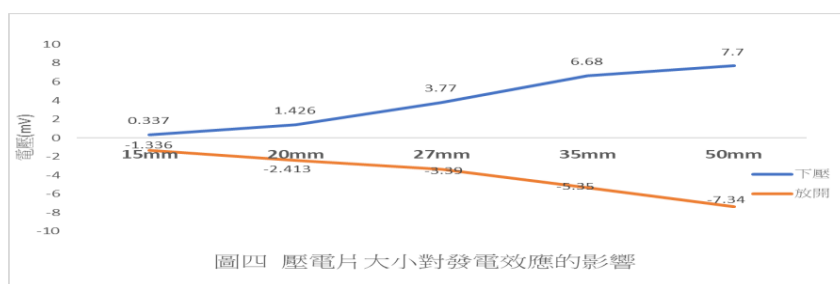
二、實驗方法與過程：

1. 使用不同大小的壓電片(直徑 15 mm、20 mm、27 mm、35 mm、50 mm)分別製成基礎型壓電片壓電效應測試器。
2. 把壓電片放入發電效應壓電效應測試器的固定電片的位置，使用自製壓電片壓電效應測試器(250 gw)及微電流三用電表測量電壓(壓 1 次)。
3. 紀錄實驗結果在表格中。

三、實驗結果：

【表四】 壓電片大小對壓電片壓電效應的影響 (單位:mV)

壓電片大小(mm)	15	20	27	35	50	
下壓	1	0.31	1.53	3.18	6.79	8.45
	2	0.13	1.25	5.19	7.36	7.53
	3	0.57	1.50	2.94	5.93	7.12
	平均	0.337	1.426	3.77	6.68	7.70
放開	1	-1.02	-2.26	-4.43	-5.43	-6.31
	2	-1.30	-3.10	-2.27	-3.34	-7.22
	3	-1.69	-1.88	-3.47	-7.29	-8.48
	平均	-1.336	-2.413	-3.39	-5.35	-7.34



四、實驗討論：

1. 根據上面的數據，可以知道壓電片大小的電量從 15 mm 的 0.337 mV 增加到 50 mm 的 7.7 mV。
2. 壓電片的發電效應，當壓電片的大小越大所得的電量也會比較大。
3. 我們最後從直徑 15 mm、20 mm、27 mm、35 mm 和 50 mm 選擇 35 mm 以上的壓電片作為之後實驗用的壓電片大小。

五、實驗檢討與建議：

1. 研究團隊後面實驗均選用 35 mm 以上的壓電片，確保發電效應。
2. 過程中也因為敲擊不均勻，造成許多壓電片損壞，所以針對壓電片破損部分，進行實驗八~針對不同保護膜造成的影響作實驗。

【實驗五】橋式整流器對壓電片發電效應的影響

【實驗五.1】不同種類橋式整流器對壓電片發電效應的影響






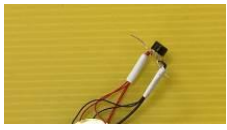
一、實驗前思考歷程：因為電要存進電容時必須是直流電，而壓電片壓出來的是交流電，因此團隊想要用網路上看到的橋式整流器試著將交流電變成直流電，在網路上找到不同形式橋式整流器。

二、實驗方法與過程：

1. 將壓電片與電容連接不同種類橋式整流器 (KBPC5010、KBU1510、2W10M)。
2. 用壓電效應測試器 (250 gw) 敲擊一下後將電容取出，測出三種不同種類的橋式整流器看哪一種的儲存電量較高。

三、實驗結果：

【表五.1】不同種類的橋式整流器對壓電片發電效應發電的影響(單位:mV)

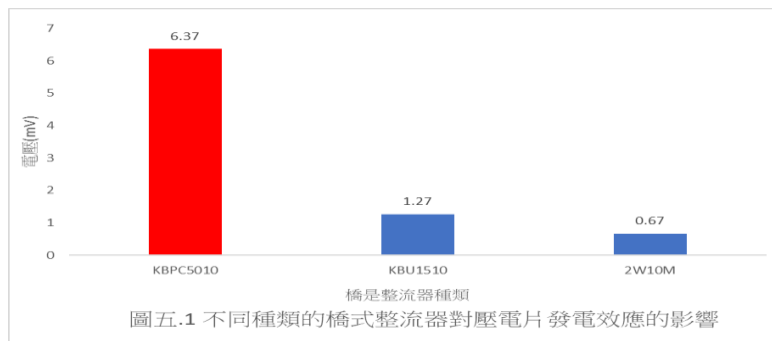
型號	KBPC5010	KBU1510	2W10M
不同形式的橋式整流器			
組裝圖			

KBPC：整流器的類型標識，指的是橋式整流器。

25、35、50：數字代表最大的正向工作電壓，分別為 25 V、35 V 和 50 V。這是指在整流器工作時，允許的最大反向電壓。

06、10：數字代表最大的正向工作電流，分別為 6A 和 10A。這是指在整流器工作時，允許的最大正向電流。

1	6.3	1.1	0
2	6.7	1.5	1.0
3	6.1	1.2	1.0
平均	6.37	1.27	0.67



四、實驗結果與討論：

1. KBPC5010(6.37 mV) > KBU1510(1.27 mV) > 2W10M(0.67 mV)。

2. 實驗中我們經過測量後發現種類為 KBPC5010 的橋式整流器的效應最好。

五、實驗檢討與修正：因為連接方式造成有的時候電容會被震掉，需要確認怎樣連接較佳。

【實驗五.2】不同型號的橋式整流器對壓電片發電效應的影響

一、實驗前思考歷程：在前一個實驗中我們發現 KBPC5010 的橋式整流器的效應最好，所以我們再找了一下資料，查到 KBPC 還有其他型號。

二、實驗方法與過程：

1. 分別將壓電片連接不同型號橋式整流器(KBPC2506/2510/3506/3510/5010)。

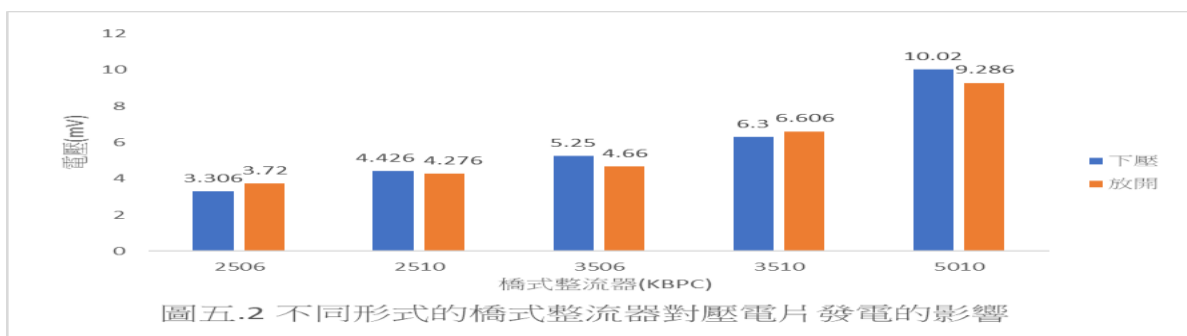
2. 用壓電效應測試器(250 gw)敲擊壓電片(壓一下)。

3. 記錄下壓與放開時的最高電壓。

三、實驗結果：

【表五.2】不同型號的橋式整流器對壓電片壓電效應發電的影響(單位:mV)

種類	次數 1		2		3		平均	
	下壓	放開	下壓	放開	下壓	放開	下壓	放開
KBPC2506	3.67	5.13	3.16	3.3	3.09	2.73	3.306	3.72
KBPC2510	4.41	5.31	4.51	3.31	4.36	4.21	4.426	4.276
KBPC3506	5.85	4.31	4.33	4.88	5.54	4.79	5.25	4.66
KBPC3510	6.83	6.8	6.02	6.31	6.05	6.71	6.3	6.606
KBPC5010	10.9	9.63	10.3	9.16	10.02	9.07	10.02	9.286



四、實驗結果與討論：

1. KBPC2506(下壓 3.306 mV、放開 3.72 mV) < KBPC2510(下壓 4.426 mV、放開 4.276 mV) < KBPC3506(下壓 5.25 mV、放開 4.66 mV) < KBPC3510(下壓 6.3 mV、放開 6.606 mV) < KBPC5010(下壓 10.02 mV、放開 9.286 mV)。
2. 在我們採購的各種尺寸的橋式整流器裡面，經過測量後發現型式為 KBPC5010 的橋式整流器的效應最好。所以在後續的實驗都使用 KBPC5010 的橋式整流器進行實驗。

五、實驗檢討與修正：

1. 一開始的時候因為連接方式錯誤造成沒有將交流電順利轉成直流電，可知連接方式是很重要的，再次確認研究連接方式的重要性。
2. 這種橋式整流器體積較大，且電線容易脫落，所以研究團隊想要在之後的實驗(實驗七)進行對不同種類的橋式整流器和壓電片的連接方式進行測試，試圖找到更具發電效應且容易操作的整流器。
3. 所有的電如果不能收集起來也太浪費了，所以研究團隊想要找到方式收集，查詢到了「電容」這種工具，也購買了不同種類的電容測試(實驗六)。

【實驗六】不同電容儲電對壓電片發電組儲電效應之探討

「35V470 μ F」是電子元件的規格說明，通常用於電子電路中的電容器。
「35V」是這個電容器可以安全地承受的電壓，為 35 伏特。
「470 μ F」指的是電容器的電容值，代表電容器的儲電量。

實驗六.1.1 電容實驗前確認壓電片敲擊次數對壓電片發電效應的影響

一、思考歷程：團隊想知道敲擊次數會不會有倍數增加和敲擊多少下是最好的。

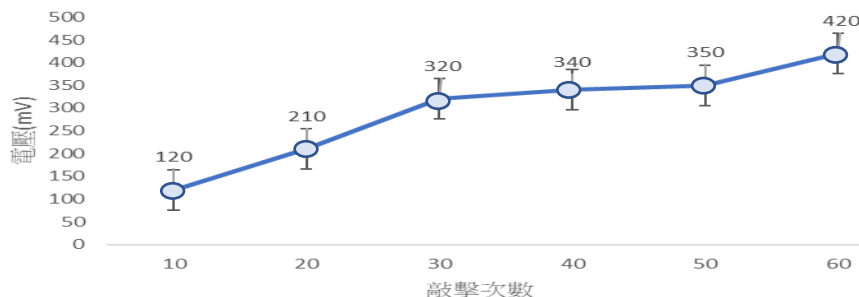
二、實驗方法與過程：

1. 將直徑 35 mm 的壓電片和電容(S0806 50v470 μ F)接在橋式整流器上。
2. 用壓電效應測試器(250 gw)敲擊壓電片，分別敲擊 10、20、30、40、50、60 下，測試不同的次數對發電效應的影響。

三、實驗結果：

【表六.1.1】壓電片敲擊次數對壓電片發電效應的影響(單位:mV)

次數	10	20	30	40	50	60
1	150	190	310	360	410	490
2	100	220	290	310	320	340
3	100	220	350	360	320	430
平均	120	210	320	340	350	420



圖六.1.1 壓電片敲擊次數對壓電片發電效應的影響

四、實驗討論：

1. 實驗結果發現 30~60 下之間的成長曲線沒有很高，依照曲線推論 40 下應為 400 mV，50 下應該 500 mV，而 60 下則應該達到 600 mV，結果跟我們預期的不太一樣。
2. 我們在測量時有發現敲擊 10~30 下呈現倍數成長，但到 40 下之後就只有 10、20 mV，慢速成長，所以我們決定之後的實驗敲擊次數都決定保持 30 下。

五、實驗檢討與修正：團隊推測也許到 40 下後因為敲擊太多下導致電容歪掉，無法將所有敲擊的電量都儲存起來，我們可以把電容接上去後，將其兩腳向上折，固定電容。

【實驗六.1.2】不同種類電容對壓電片發電組儲電效應的影響

一、實驗前思考歷程：團隊找到兩種電容，想知道會不會對壓電片發電效應產生影響？

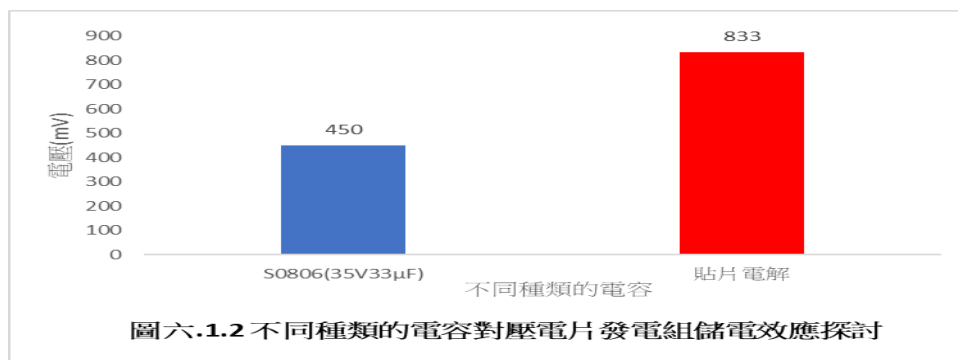
二、實驗方法與過程：

1. 分別組裝 35 mm 壓電片和 S0806(35V33 μ F)和貼片電解電容在橋式整流器(KBPC5010)上。
2. 壓電效應測試器(250 gw)分別敲擊兩組發電組的壓電片(30 下)。
3. 測出兩組的電容所儲存電量，測試三次後計算平均。

三、實驗結果：

【表六.1.2】不同種類的電容對壓電片發電組儲電效應探討(單位：mV)

次數	第 1 次	第 2 次	第 3 次	平均
S0806(35V33 μ F)	460	410	540	450
貼片電解	770	1000	730	833



四、實驗討論：

1. 根據實驗結果發現貼片電解(833 mV)的電壓大於 S0806(35V470 μ F)的電壓。
2. 但因實驗過程中發現貼片電解的接腳過短，電線容易落，連接的壓電片數量有限，所以最後採用電容 S0806 做為未來研究使用的電容。

五、實驗檢討與修正：

1. 有時電容無法測出數據，可能因拆下電容時手碰到須注意。

【實驗六.2】不同容量的電容對壓電片發電組儲電效應的影響

一、實驗前思考預測：研究團隊想知道不同大小的電容是否對儲電效應產生影響。

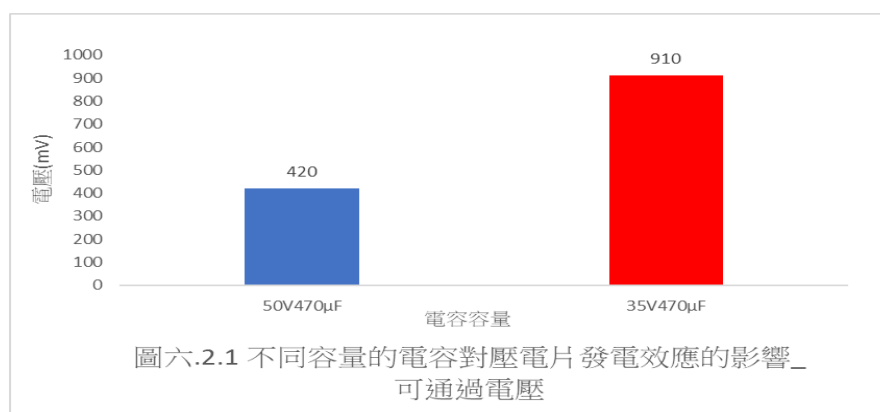
二、實驗方法與過程：

1. 組裝壓電片和 50V470 μ F 電容在橋式整流器上，拿壓電效應測試器(250 gw)敲擊壓電片(30 下)，使用三用電表測出電量。
2. 重複步驟 1 測試 35V470 μ F 和 35V33 μ F 電容的儲電效應。

三、實驗結果：

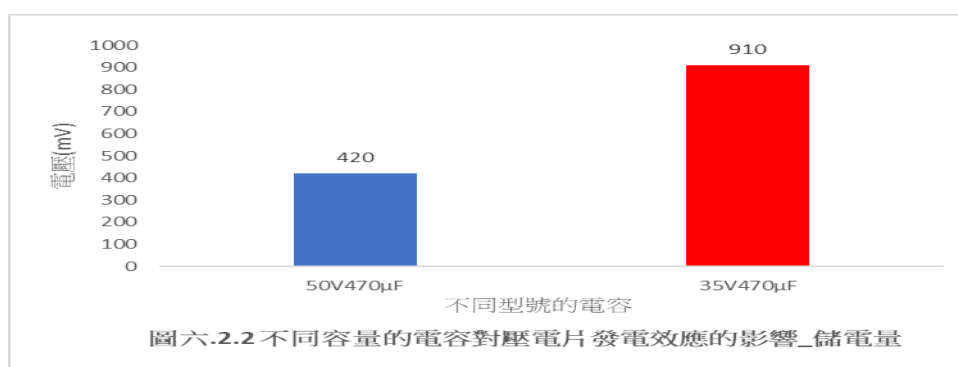
【表六.2.1】不同容量的電容對壓電片發電效應探討_可通過電壓（單位：mV）

次數	第 1 次	第 2 次	第 3 次	平均
50V470 μ F	470	360	440	420
35V470 μ F	680	1110	940	910



【表六.2.2】不同容量的電容對壓電片發電效應的影響_儲電量（單位:mV）

次數	1	2	3	平均
35V470 μ F	680	1110	940	910
35V33 μ F	2790	3850	4440	3690



四、實驗討論：

1. 不同電容測到電壓值分別是 35V33 μ F(3690 mV) > 5V470 μ F(910 mV) > 50V470 μ F(420 mV)。
2. 但是後來發現電容 50V470 μ F 雖然測量出的電量較小，但因為比較便宜，35V470 μ F 的電容一顆要 10.024 元，而 50V470 μ F 的電容只有 8.1 元，相對便宜很多，團隊討論後決定未來實驗就使用 50V470 μ F 作為未來電容使用。

五、實驗檢討與修正：

1. 電容的儲電量不容易測量，所以團隊使用測到的電壓值數據代替，希望未來找到適合的方法可以測量儲電量。
2. 電容種類繁多，建議未來的研究者在充足的時間下可以做更多的研究。

【實驗七】壓電片與橋式整流器組裝方式對壓電片發電效應的影響

一、實驗前思考預測：根據實驗六的結果，研究團隊想知道在改變不同組裝方式的橋式整流器、壓電片與電容蓄電之後的發電效應有沒有辦法增加。

二、實驗方法與過程及結果：

研究連接方式歷程如下面表格整理，希望討論各種方式產生的影響，所以從 n 橋 n 壓(每個橋式整流器配一個壓電片)到 1 橋 n 壓(一個橋式整流器配多個壓電片)，也更換不同的橋式整流器後將結果整理在下面表格中：

方式	照片	特色	裝置照片	裝置特色
n 橋 n 壓		常見方方正正的橋式整流器，可以並列在一起。		<ul style="list-style-type: none"> ➤ 一個壓電片一個橋式整流器連接轉換成直流電。 ➤ 橋式整流器接腳長，所以可連接較多壓電片。

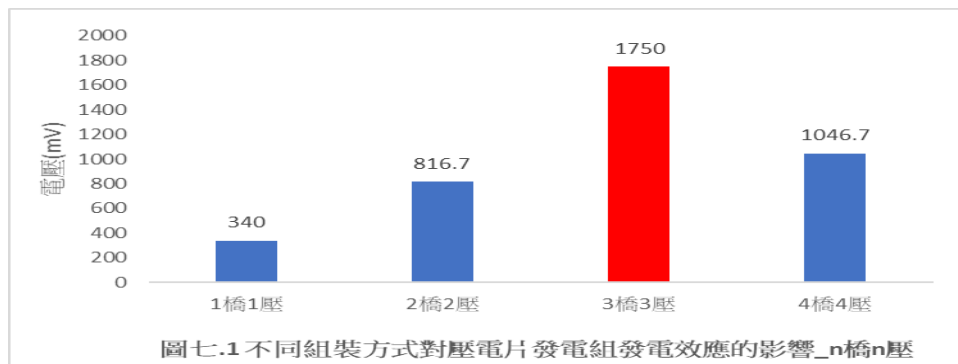
一、實驗流程：

1. 準備不同數量的壓電片(壓電片*1~5)、電容(50V470 μ F)、橋式整流器。
2. 再把壓電片分別接上一個橋式整流器，再將所有壓電片組合接在電容上。
3. 準備壓電效應測試器(250 gw)敲擊 n 橋 n 壓的壓電片組合 30 下。
4. 取下電容並用三用電表測出數據。

二、實驗結果：

【表七.1】不同組裝方式對壓電片發電組發電效應的影響_n 橋 n 壓(單位:mV)

次數	1 橋 1 壓	2 橋 2 壓	3 橋 3 壓	4 橋 4 壓
1	250	830	1750	1100
2	410	720	1750	850
3	360	900	1750	1190
平均	340.0	816.7	1750.0	1046.7



三、實驗討論：

缺點：

- 壓電片要敲擊需要敲擊面積較大才有可能，所以敲擊空間需要比較大，也常有沒辦法敲擊的地方，有點可惜。
- 因為組裝上需要很多線，研究者容易眼花，實在不是個好方法。
- 四個以上的壓電片也較難敲擊到，收集到的電量數據反而越來越小。

1 橋 n 壓 (一)		立方體的橋式整流器，所以可以並列在一起。		所有的壓電片由一個橋式整流器連接、轉換成直流電。
-------------------	---	----------------------	---	--------------------------

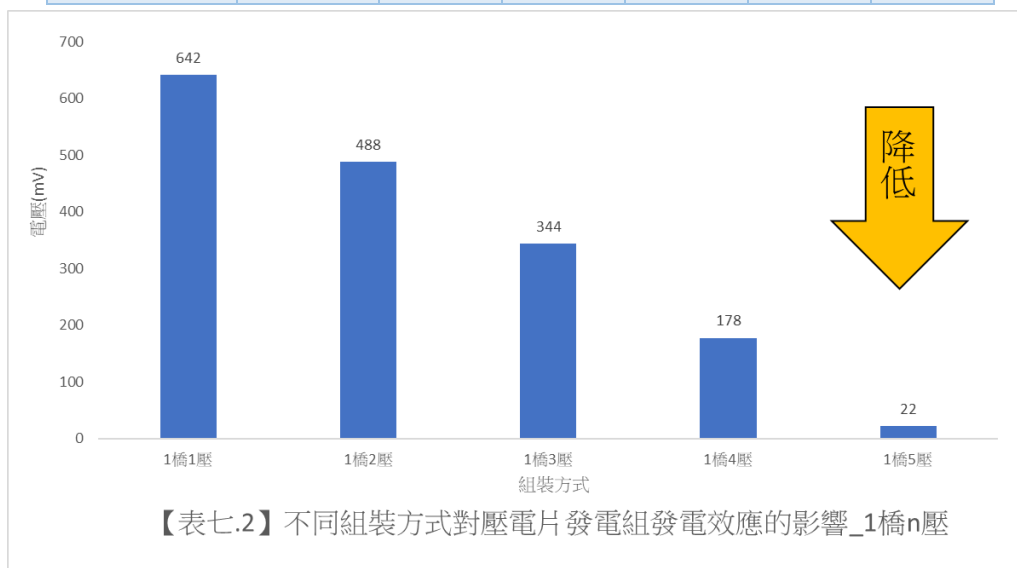
一、實驗流程：

1. 組裝電容(50V470 μ F)加上橋式整流器(KBPC5010)不同數量的壓電片*1~5。
2. 再把壓電片疊起來接在同一個橋式整流器，再將橋式整流器接上電容。
3. 準備壓電效應測試器(250 gw)敲擊壓電片(30下)。
4. 取下電容並用三用電表測出數據。

二、實驗結果：



【表七.2】不同組裝方式對壓電片發電組發電效應的影響_1 橋 n 壓 (單位:mV)

第 n 次	1	2	3	4	5	平均
1 橋 1 壓	630	800	670	610	500	642
1 橋 2 壓	470	610	500	480	380	488
1 橋 3 壓	330	420	340	330	300	344
1 橋 4 壓	150	220	170	180	170	178
1 橋 5 壓	20	40	10	20	20	22



三、實驗討論：

- (一)優點:不佔敲擊空間，而且很多壓電片連在一起，也可以全部敲擊到。
- (二)缺點：沒辦法解決電量越來越小的問題。
- (三)檢討與改進:根據實驗五想知道此時是否用不同的橋式整流器可以改善收集到電壓的大小?

扁橋 n 壓		橋式整流器是扁形的，接腳較長可以接很多壓電片(KBU1510)		所有的壓電片由一個扁形的橋式整流器連接、轉換成直流電。
圓橋 n 壓		圓柱形橋式整流器很小顆方便攜帶。		所有的壓電片由一個圓柱形的橋式整流器連接將其轉換成直流電。
缺點： <ul style="list-style-type: none"> ➢ 測試時數據很小，每次都在 50 mV 內 ➢ 橋式整流器的接腳短，無法連接更多片壓電片，最多連接 4 片就是極限了。 ➢ 當連接過多壓電片時常造成短路。 				

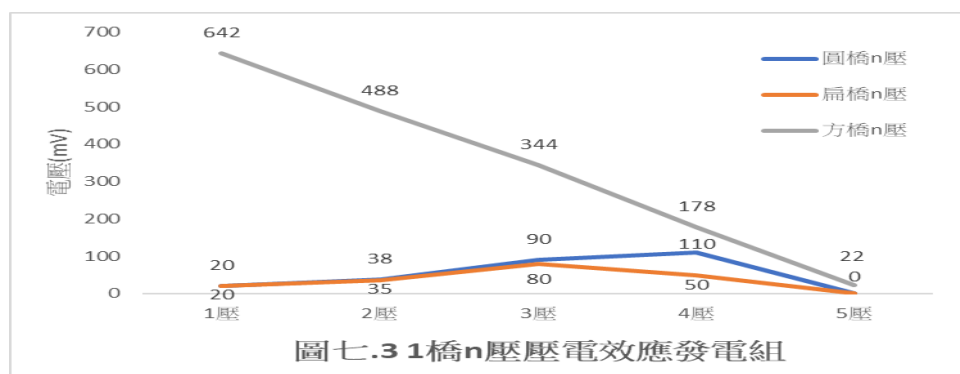
一、實驗流程

1. 將壓電片分別接上三種不同的橋式整流器(方橋、圓橋、扁橋)，接上三個電容。
2. 準備壓電效應測試器(250 gw)敲擊 30 下壓電片。
3. 取下電容，並用三用電表測電量。
4. 依序接上多個壓電片接上橋式整流器並接上一個電容。

二、實驗結果：

【表七.3】 1 橋 n 壓壓電效應發電組 (單位:mV)

	1 壓	2 壓	3 壓	4 壓	5 壓
圓橋 n 壓	20	38	90	110	0
扁橋 n 壓	20	35	80	50	0
方橋 n 壓	642	488	344	178	22



綜合討論

- 一、從結果可以發現一個橋式整流器配一個壓電片，雖然比較穩定，可是需要很多橋式整流器及空間。
- 二、研究團隊原先以為小的整流器較好，沒思考到接腳也會影響，會造成短路。
- 三、雖然最後結果回到一開始的連接方式，可是錯誤的嘗試經驗也希望提供其他研究者參考，不要跟我們一樣重蹈覆轍。
- 四、起初使用展開的壓電片連接方式太佔空間，所以希望將壓電片疊起來，沒想到完全失敗，網路上也找不到答案，團隊討論後，需要尋求專業的諮詢。

原來以為這是研究團隊的創新發現~將壓電片疊起來應該一定會成功，沒想到，研究團隊發現三用電表中的電壓怎麼會這麼低，到底發生什麼事？於是研究團隊到處查詢資料，經過詢問專家後，研究團隊對於壓電片發電效應因此有了新的想法~正相反疊（實驗九），希望知道是否是因為導電的因素造成無法產生更大電壓，反而越變越小。



【實驗八】不同的保護膜對壓電片發電效應的影響

實驗八.1 不同保護膜對壓電片發電效應的影響

一、實驗前思考預測：因為壓電片中間的陶瓷容易損壞，如果加上保護膜會不會更好？

二、實驗方法與過程：

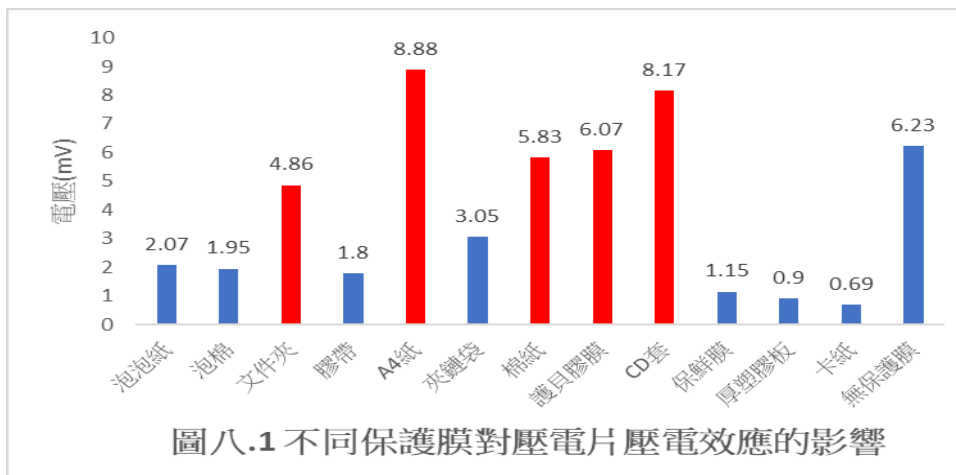
1. 準備不同材質的壓電片保護膜。(泡泡紙、泡棉、文件夾、膠帶、A4 紙、夾鏈袋、棉紙、護貝膠膜、CD 套、保鮮膜、厚塑膠膜、卡紙)
2. 將各種壓電片保護膜黏上直徑 35 mm 的壓電片，連接到三用電表。
3. 壓電效應測試器(250 gw)壓 1 下使壓電片產生電壓。
4. 觀察各種壓電片保護膜對於壓電片發電的影響。
5. 使用相同的方式敲擊，取得微電流三用電表的數據紀錄。

三、實驗結果：

【表八.1】不同保護膜對壓電片壓電效應的影響(單位:mV)

	1	2	3	平均
泡泡紙	2.24	1.74	2.23	2.07
泡棉	2.48	2.08	1.31	1.95
文件夾	6.7	4.17	3.73	4.86
膠帶	2.17	1.66	1.57	1.80
A4 紙	10.01	10.4	6.24	8.88
夾鏈袋	3.84	5.41	8.92	3.05
棉紙	5.32	6.07	6.07	5.83
護貝膠膜	4.46	6.48	7.29	6.07
CD 套	6.70	8.21	9.62	8.17
保鮮膜	0.81	0.48	2.15	1.15
厚塑膠板	1.58	0.44	0.24	0.90
卡紙	0.01	1.50	0.42	0.69
無保護膜	7.30	8.00	3.40	6.23

紅字者須進行第二次測試(測試加保護膜之後的壓電片耐壓程度)



四、實驗討論：

1. A4 紙(8.88 mV)>CD 套(8.17 mV)>護貝膠膜(6.07 mV)>棉紙(5.83 mV)>文件夾(4.86 mV)>夾鏈袋>泡泡紙>泡棉>膠帶>保鮮膜>厚塑膠板>卡紙
2. A4 紙最好，前五名包括 CD 套、護貝膠膜、棉紙、文件夾，其他為不建議使用的材質。

實驗八.2 發電效應較佳的前五名保護膜受損所需之敲擊次數表

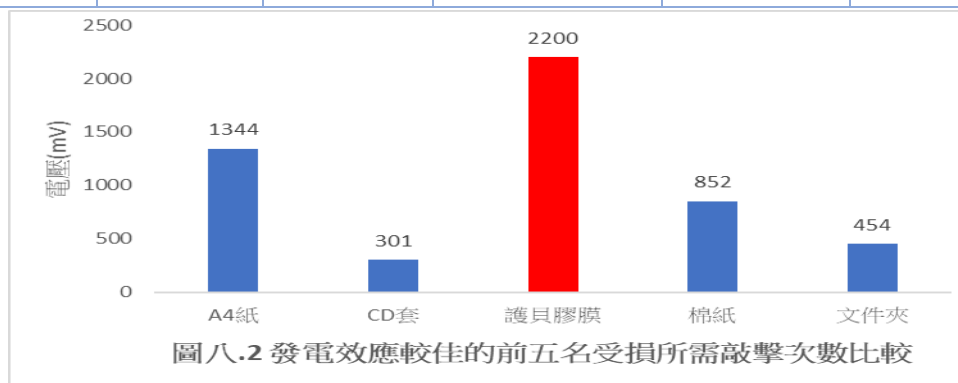
一、實驗前思考歷程：研究團隊覺得如果只看加了保護膜的發電效應，可是加了保護膜的保護效應沒有被驗證，是不夠的，所以應該還要測試加了保護膜會不會比沒加保護膜不容易損壞。

二、實驗方法與過程：

1. 根據實驗八.1 測試後前五名的保護膜(A4 紙、CD 套、護貝膠膜、棉紙、文件夾)，壓電效應測試器(250 gw)敲擊。
2. 實驗敲幾下後壓電片會破裂，選擇實驗八.1 結果中發電效應影響較小(發電效應較佳，較不會因為加了保護膜而有太大的改變)的前五名耐用度測試結果如下。

【表八.2】 發電效應較佳的前五名壓電片受損所需之敲擊次數比較(單位:mV)

	A4 紙	CD 套	護貝膠膜*	棉紙	文件夾
敲擊次數 (次)	1344 下	301 下	2200 下 (未破)	852 下	454 下



三、實驗結果:護貝膠膜(2200 下) > A4 紙(1344 下) > 棉紙(852 下) > 文件夾(454 下) > CD 套(301 下)

四、實驗討論：

1. 護貝膠膜(2200次) > A4影印紙(1344次) > 棉紙(852次) > 文件夾(454次) > CD套(301次)，護貝膠膜敲擊受損所需要的敲擊次數最多，所以最適合當作壓電片保護膜的材料。

五、實驗檢討與建議：

1. 經過這十二種保護膜的測試後，發現A4紙、CD套、護貝膠膜、棉紙、文件夾這五種材質的保護膜較其他七種有較好的發電效應。
2. 建議其他研究者可以繼續研究其他材質的保護膜。
3. 加上保護膜會讓壓電片的發電效應受到影響，希望未來能找到不須加上保護膜也不會破壞壓電片，又能得到一定發電量的連接方法(實驗九)
4. 一開始，以為只要研究不同保護膜的發電效應就好，為了要確認加保護膜是否有保護效應，以至於必須進行兩次實驗，未來建議研究者應該交換實驗順序。
5. 未來研究保護膜材質測試時也可以以性質進行分類，例如：彈性、延展性……等。

【實驗九】精緻化壓電片發電效應效應

實驗前思考預測：研究團隊發現壓電片疊在一起之後，會發生因為金屬會導電所以互相抵消電壓太微小了、所以研究團隊想要增加電壓。

【實驗九.1】精緻化壓電片發電效應效應~壓電片數量

一、實驗前思考歷程：從實驗八的結果可以發現，雖然一橋n壓的效應最好，研究團隊不甘心，希望可以找到讓壓電效應發電效應更好的辦法。發現只有一片壓電片、無膜的情況下，所產出的電量在600mV左右。如果將多片的壓電片疊在一起，可不可以增加產出的電量？所以就做了五片跟一片的比較。

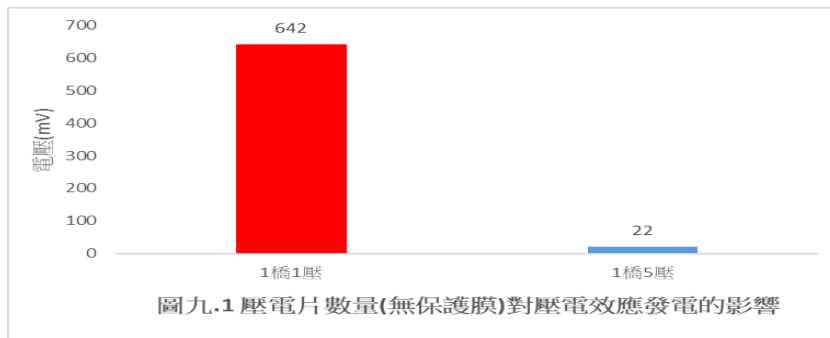
二、實驗方法與過程：

1. 分別將一片及五片的壓電片接在橋式整流器上，再用萬用黏土黏好電線，以免滑動，將電容放到相對的接頭上。
2. 用壓電效應測試器(250 gw)敲擊三十下，並將電容小心取下測量數據。

三、實驗結果：

【表九.1】 壓電片數量(無保護膜)對壓電效應發電的影響

實驗次數	1	2	3	4	5	平均
1橋1壓	630	800	670	610	500	642
1橋5壓	20	40	10	20	20	22



四、**實驗討論**:將五片壓電片疊在一起敲擊之後，發現電量反而變少，推測可能是因為導電的金屬碰在一起，會使產生的電因接觸而抵銷，或是當五片壓電片疊在一起，下壓力量會被分散，使底部壓電片無法受力。

五、**實驗檢討與修正**:根據之前實驗八的實驗結果，可以知道如果插入適當的保護膜不會讓壓電片發電效應影響太大，或許有可能解決壓電片因金屬產生導電問題，造成發電效應變差的缺點。

【實驗九.2】精緻化壓電片發電效應~增加隔層保護膜

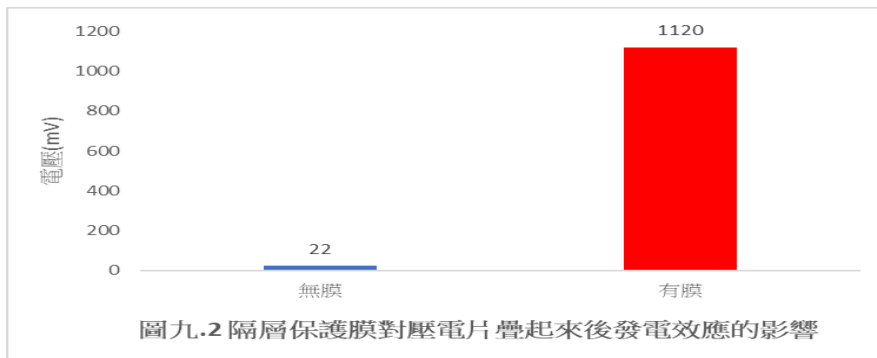
一、**實驗前思考歷程**:增加隔層保護膜對壓電片是否對壓電片有影響。

二、**實驗方法與過程**：

1. 分別將兩組五片壓電片疊在一起，並將所有的線接在同一個接頭上，再用萬用黏土黏好電線，以免滑動，將電容放到相對的接頭上。
2. 用壓電效應測試器(250 gw)敲 30 下，並將電容小心取下測量數據。

【表九.2】有隔層保護膜對壓電片疊起來後發電效應的影響(單位:mV)

次數	1	2	3	4	5	平均
無膜	20	40	10	20	20	22
有膜	1220	1190	930	1100	1160	1120



三、**實驗結果**:

1. 有隔層保護膜的壓電片(1120 mV)，比沒有保護膜的(22 mV)多了 51 倍。
2. 因為會造成導電需要加上保護膜。

四、**實驗討論**:

1. 將五片壓電片疊在一起敲擊之後，發現電量反而變得超級少。覺得可能是因為金屬碰在一起導電，可以運用保護膜來防止金屬接觸。
2. 我們發現壓電片加上保護膜(隔層加保護膜)的電量 1120 mV，比沒有加保護膜的壓電片所發出的電量 22 mV 高了 50.9 倍，可見壓電片之間必須要隔開。

五、**實驗檢討與修正**:

1. 使用保護膜也有問題，疊很多壓電片時會變的凹凸不平，越多越不平。
2. 如將壓電片正反排放，能否減少凹凸不平的問題呢？

【實驗九.3】精緻化壓電片發電效應~正反放置

一、實驗前思考歷程:研究團隊好奇如果將壓電片正反排列可以嗎?

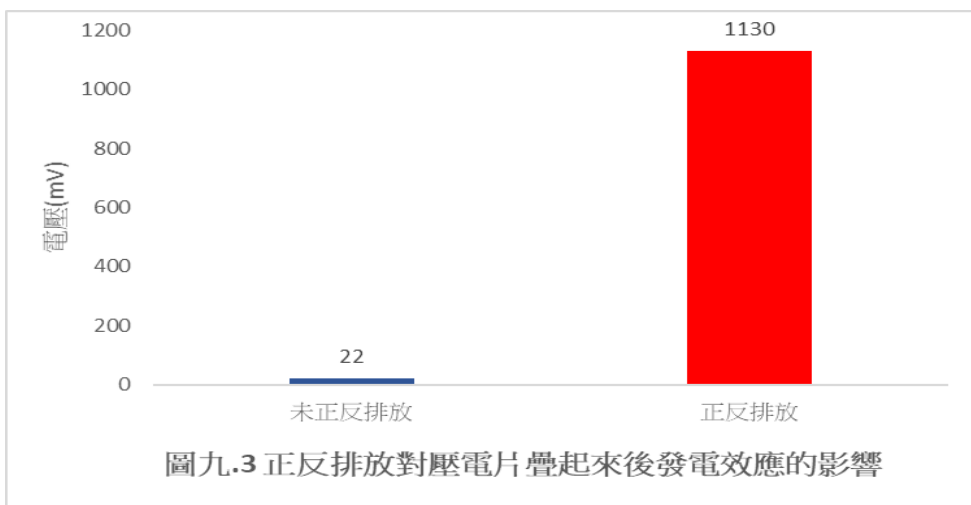
二、實驗方法與過程:

1. 將五片壓電片正反面相反(盡量避免壓電片之間產生凹凸不平狀態)排放在一起。
2. 將壓電片的電線連接至橋式整流器和電容。
3. 用壓電效應測試器(250 gw)敲擊壓電片三十下,並將電容小心取下測量數據。

三、實驗結果:

【表九.3】正反排放對壓電片疊起來後發電效應的影響(單位:mV)

次數	1	2	3	4	5	平均
未正反排放	20	40	10	20	20	22
正反排放	1130	960	1300	1050	1080	1130



四、實驗討論: 將五片壓電片疊在一起正反排放敲擊之後,發現電壓跟有加保護膜的相似,所以可以減少未來使用保護膜的機會。

五、實驗檢討及修正:

1. 減少保護膜的使用又能減少厚度,果然是非常實用的方式,不知道還有沒有其他方法。
2. 研究團隊決定繼續查詢相關文獻。

【實驗十】壓電片發電裝置生活應用

【實驗十.1】壓電片儲存電量裝置-手拍發電手環

一、實驗前思考歷程：研究團隊想設計一個讓既能夠讓老人的手達到運動的效應，同時也能發光的裝置。

二、實驗方法過程：

		<p>結果與討論：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 因為膠帶的部分不太黏，將撕開的地方改成魔鬼氈方便使用。 2. 有了這個裝置可以達到晚上一邊做手部運動，一邊照亮周遭。
<p>因為膠帶的部分不太黏，就將撕開的地方改成魔鬼氈方便使用。先把魔鬼氈黏在墊布的上下兩側後，接著用絕緣膠帶把壓電片黏在中間。</p>	<p>將壓電片的線延長，然後接上 LED 燈固定在手環以免脫落，拍打時，LED 燈的確會發光，但是不怎麼明亮。</p>	

【實驗十.2】壓電片儲存電量裝置-發光拖鞋

一、實驗前思考歷程：因為我們想要做一個只要經過踩踏發光的拖鞋，不僅省電，又能夠照明。

二、實驗過程與結果：

1. 將兩片壓電片分別黏貼在藍白拖鞋(重)及輕橘拖鞋(輕)的之上方及底部。
2. 將護貝膠膜(保護膜)用膠帶固定在壓電片上。
3. 分別將壓電片上連接 LED 燈放置到拖鞋上方。
4. 用腳踩踏 200 下實測裝置可儲存電能。

三、實驗結果與討論：

【表十.2】壓電片儲存電量裝置-發光拖鞋的發光效果比較(單位：mV)

	藍白拖鞋(較厚實)		輕橘拖鞋(較輕盈)	
壓電片位置	拖鞋下方	拖鞋上方	上方	下方
電壓	40	20	10	30
結果討論	經過實驗後發現燈會亮，只是亮光小。	經過實驗後發現燈會亮，只是亮光非常微小(幾乎沒有)。	LED 幾乎不會發光，發電效應是四個版本中最差。	經實驗後發現燈會亮，只是亮光比版本一小版本二大。
檢討與修	因為壓電片很容易破掉，所以要多加幾	兩顆 LED 燈中有一顆比較亮，猜測是因為	可以試試看把壓電片疊起來，或許	討論後發現可能是因為把壓電片放在

正	片保護膜。	較亮的 LED 燈連接的壓電片所在位置較容易被踩踏到，所以建議要將壓電片黏在較容易被踩踏的位置。	能產生更多電量。	下方會和地板有縫隙，所以將壓電片改到上方。
---	-------	--	----------	-----------------------

【實驗十.3.1】壓電片儲存電量裝置-腳踏蓄電板

一、實驗前思考歷程：如果能收集日常生活中沒有用到的能量，將它變成生活上可以應用的裝置，於是研究團隊設計了一個能夠讓老人運動腿部，同時也能發電的裝置。

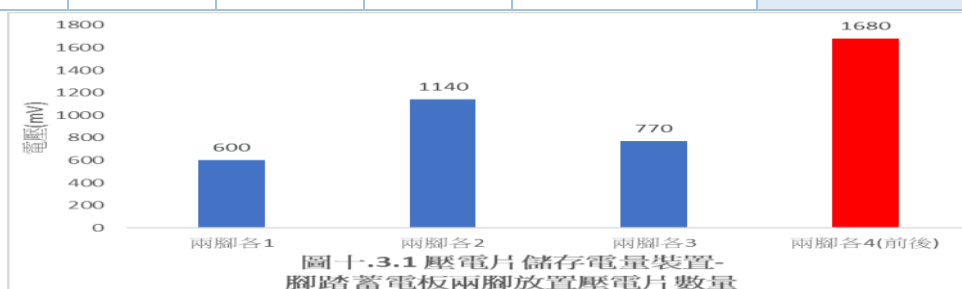
二、實驗方法與過程：

1. 先將硬保麗龍板從側面橫向切出一個開口。
2. 將開口的靠兩側的位置放置實驗所需要的壓電片數量(壓電片的排列方式為正反排放、不加裝保護膜)。
3. 把壓電片的線從另外一方連接出來，並接上橋式整流器與電容(接法如實驗五)。
4. 最後畫上腳丫子的圖案表明壓電片位置。
5. 測試時，每腳踩三十下，並記錄下來。

三、實驗結果：

【表十.3.1】壓電片儲存電量裝置-腳踏蓄電板兩腳放置壓電片數量(單位:mV)

	兩腳各 1	兩腳各 2	兩腳各 3	兩腳各 4(前後)	裝置圖片
1	710	1190	600	1640	
2	670	1050	900	1630	
3	430	1170	800	1760	
平均	600	1140	770	1680	



四、實驗討論：

1. 我們不停地踩踏過後，的確會產生少量電量，這證明腳踏蓄電板不只可以讓老人運動腿部，也能發電，如果經過長時間的電量生產，應該能夠使其他電池產品運作。
2. 發現如果使用 3 片壓電片，會發生斜掉的問題，所以我們改兩邊各放兩個壓電片。

五、實驗檢討與修正：因為經過長時間的踩踏，可能會造成壓電片偏移或損壞，我們可以加裝保護膜並固定好位置，最後我們選擇用兩邊各兩個的壓電片。

【實驗十.3.2】壓電片儲存電量裝置-腳踏蓄電板_材質的不同對壓電片發電效應影響

一、實驗前思考歷程：如果上方的材質不同會不會增加發電效能？

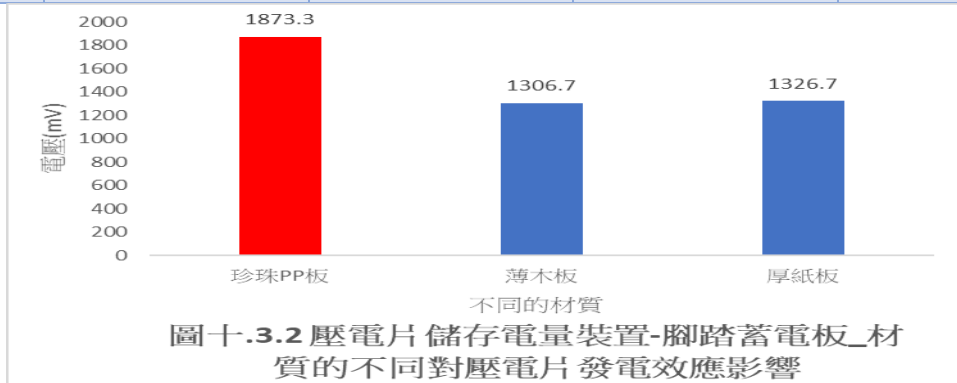
二、實驗方法與過程：

1. 準備不同的腳踏蓄電板材質(珍珠 PP 板、薄木板、厚紙板)，並各裁切成 12*30 cm，貼在一片 36*30 cm 的珍珠 PP 板。
2. 將一疊(五片)50 mm 的壓電片以正反排放的方式，連接橋式整流器與電容，放在每個材質的下方。
3. 在每個材質上方各敲擊 30 下，並記錄下來，測三次算平均。
4. 續以同樣方式測二疊(十片)50 mm 的壓電片。

三、實驗結果：

【表十.3.2】壓電片儲存電量裝置-腳踏蓄電板_材質的不同對壓電片發電效應影響(單位:mV)

	1	2	3	平均
珍珠 PP 板	2150	1490	1980	1873.3
薄木板	1840	760	1320	1306.7
厚紙板	410	1840	1730	1326.7



四、實驗討論：

1. 原本團隊以為最硬的薄木板可以達到最好的效應，因為下壓時，更容易一次性壓到所有的壓電片，但結果卻事與願違，而且還是效應最差的材質。推測是因為薄木板太硬所造成壓電片不能有太大的振動。
2. 根據實驗結果顯示，不同材質的腳踏蓄電板對壓電片的發電效應產生顯著影響。珍珠 PP 板表現出最佳的發電效能，平均值為 1873 mV，較薄木板 1307 mV 和厚紙板 1327 mV 高出許多。
3. 可能因為珍珠 PP 板具有較好的彈性和穩定性，能夠更有效地將機械能轉換為電能。

《未來研究建議》

研究團隊發現壓電效應靠著不斷累積可以獲得極大的能量，歷屆科展作品對這一塊尚有許多研究空間，包括整流器、電容、連接法、生活應用、結合可再生能源……等，可以提供永續能源的可能性。

伍、結論

研究目的一

【實驗一】設計可以利用壓電效應發電的機制~壓電效應發電組

1. 最後定案測量方法：經過一段時間努力後，在一篇文章中發現，測量較微弱電流時可以採用「微電流三用電表」，後來又找到一家台灣公司，終於買到了比較精密的「微電流三用電表」，也才能真的測量到數據。

【實驗二】設計可以利用壓電效應發電的機制~壓電效應測試器

1. 結合之前的失敗經驗，利用氣球裝沙土，減輕撞擊力道，讓施力平均，並利用高度控制力道大小，後來又因敲擊高度太高，導致測量時會歪掉，無法準確包覆壓電片，所以我們改良了第五代，將其變成 20 cm，不僅讓數據準確，更讓團隊可以輕鬆掌控敲擊位置，最終我們完成了一座可以測量壓電片發電效應的壓電效應測試器。

研究目的二

【實驗三】壓電片敲擊力道對壓電效應發電的影響

1. 敲擊力量越大，壓電效應產生的電壓越高，50 gw 只有 66 mV，三用電表幾乎測不到，可是 300 gw 可以達到 1236 mV。
2. 可以看到在 250 gw 有 340 mV，從這之後，曲線突然變得比較陡，代表如果沒有一定力量，壓電片產生的電壓太小。
3. 下壓 (+) 跟放開 (-) 的電流相反，原來壓電片發電是交流電，難怪之前燈光會閃爍。
4. 雖然力道越大越好，但是研究團隊發現超過 300 gw 的會較容易壓破壓電片上的陶瓷。
5. 50 gw 的時候有兩次測到 0 mV，可能是因為重量太輕或放的時候沒放好，所以導致失敗，也因為這樣知道將來的壓電效應不可以少於 250 gw。
6. 研究團隊查詢資料才終於發現原來 Led 燈泡會閃爍的原因是因為壓電片發電是交流電，所以當電流正向流動時會亮，而反向電流時則不會亮，也希望燈泡不要閃，能持續發光，所以經過研究團隊討論後設計橋式整流器的實驗設計(實驗五)。

【實驗四】壓電片大小對壓電效應發電的影響

1. 壓電片大小的電量從直徑 15 mm 的 0.337 mV 增加到直徑 50 mm 的 7.7 mV，當壓電片直徑越大發電效應也會比較大。
2. 我們最後從直徑 15 mm、20 mm、27 mm、35 mm 和 50 mm 中選擇 35 mm 的壓電片作為之後實驗用的壓電片大小，因為直徑 35 mm 以上的壓電片發電效應比較明顯，容易觀察。
3. 過程中也因為敲擊位置不均勻，造成許多壓電片損壞，所以針對壓電片破損部分，進行關於不同保護膜的影響的實驗設計(實驗八)~針對不同保護膜進行測試。

【實驗五】橋式整流器對壓電效應發電的影響

1. KBPC2506(下壓 3.306 mV、放開 3.72 mV) < KBPC2510(下壓 4.426 mV、放開 4.276 mV) < KBPC3506(下壓 5.25 mV、放開 4.66 mV) < KBPC3510(下壓 6.3 mV、放開 6.606 mV) < KBPC5010(下壓 10.02 mV、放開 9.286 mV)。
2. 發現 KBPC5010 的橋式整流器的效應最好，KBPC5010(6.37 mV) > KBU1510(1.27 mV) > 2W10M(0.67 mV)，所以後續實驗都使用 KBPC5010 的橋式整流器進行實驗。

3. 開始時因為連接方式錯誤造成沒有將交流電順利轉成直流電，可知連接方式是很重要的，再次確認研究連接方式的重要性。
4. 這種橋式整流器體積較大，且線容易脫落，所以研究團隊想要再設計實驗(實驗七.2~4)驗證不同種類的橋式整流器，希望找到更具發電效應且容易操作的橋式整流器。
5. 發出的電如果不能收集起來也太浪費了，所以研究團隊想找到方式收集，在查詢後找到了「電容」這種工具，也購買了不同種類、型號的電容進行測試(實驗六)。

研究目的三

【實驗六】電容對壓電片發電效應的影響

1. 如果敲擊超過 30 下，就容易導致電容歪掉，也可以將電容接腳向上折用來固定。
2. S0806(35V33 μ F)電容儲存的電壓(450 mV)沒有比貼片電解電容的電壓(833 mV)大，可是實驗過程中發現貼片電解的接腳過短，能連接的壓電片有限，所以還是使用 S0806。
3. 在查詢資料後發現 S0806 此電容種類有 35V33 μ F(3690 mV)、35V470 μ F、50V470 μ F 不同的型號，實驗後發現 35V33 μ F 的電壓最大，但研究團隊查資料後發現電容 50V470 μ F 的儲電量最多，而且比較便宜，所以之後就用這個型號。

【實驗七】壓電片組裝方式對壓電片發電效應的影響

實驗七.1 n 橋 n 壓與 1 橋 n 壓

1. 優點：n 橋 n 壓(1100 mV、850 mV、1190 mV、1046 mV)時收集到的電壓數據都比 1 橋 n 壓的最佳版(642 mV)還要高，確認每一個壓電片連接到橋式整流器時有準確接到。
2. 缺點：但壓電片要敲擊需要敲擊面積較大才有可能，也常有沒辦法打到的地方，有點可惜，因為組裝上需要很多線，研究者容易眼花，實在不是個好方法，四個以上的壓電片也較難敲擊到，收集到的電量數據反而越來越小。

實驗七.2~4 更換橋式整流器的種類

1. 優點：連接方法簡單，較其他橋式整流器小，方便攜帶。
2. 缺點：測試時數據很小，每次都在 80 mV 內，橋式整流器的接腳短，無法連接更多片壓電片，最多連接 4 片就是極限了，當連接過多壓電片時常造成短路。

【實驗八】壓電片有無保護膜對壓電效應發電的影響

1. A4 紙(8.88 mV)>CD 套(8.17 mV)>護貝膠膜(6.07 mV)>棉紙(5.83 mV)>文件夾(4.86 mV)>夾鏈袋>泡泡紙>泡棉>膠帶>保鮮膜>厚塑膠板>卡紙
2. A4 紙最好，前五名包括 CD 套、護貝膠膜、棉紙、文件夾，其他為不建議使用的材質。
3. 研究團隊覺得應該還要測試加了保護膜會不會比沒加保護膜不容易損壞，於是設計實驗八.2，前五名的保護膜用 300 gw 敲擊，看敲幾下後會破裂，發電效應影響較小的前五名破壞程度以護貝膠膜的保護效應最高，敲了 2000 多下壓電片都還沒破。
4. 護貝膠膜(2200 次)>A4 影印紙(1344 次)>棉紙(852 次)>文件夾(454 次)>CD 套(301 次)，護貝膠膜受損所需要的敲擊次數最多，所以最適合當作壓電片保護膜的材料。
5. 建議其他研究者可以繼續研究有可能的保護膜材質，並以特質作為區分的依據。
6. 根據實驗結果，發現加上保護膜會加耗材，希望未來能找到不須加上保護膜也不會破壞壓電片，又能得到一定發電量的連接方法(設計實驗九)。

7. 一開始，以為只要研究不同保護膜的發電效應就好，沒想到確認加了保護膜是否有保護效應，以至於必須進行兩次實驗，未來建議研究者應該同時進行，可減少研究耗材。

研究目的四

【實驗九】精緻化壓電片發電效應

- 實驗九.1: 增加壓電片數量，將五片壓電片疊在一起敲擊之後，發現電量反而變得超級少，推測是因為壓電片金屬與金屬碰在一起，導致導電造成的。
- 實驗九.2: 增加隔層保護膜，可運用隔層保護膜來防止金屬彼此接觸，但因凹凸不平無法堆疊更多壓電片。
- 實驗九.3: 改正反排放，為改進凹凸不平問題希望疊放更多壓電片，採正反排放方式，電壓跟有隔層保護膜的差不多，也減少研究者放保護膜的工作。

【實驗十】壓電片發電效應的生活應用~

實驗十.1 手拍發光手環

1. 老人在手部運動拍打時，LED 燈的確會發光，但是沒有很亮。
2. 有了這個裝置可以達到晚上邊做手部運動，一邊照亮周遭。

實驗十.2 發光拖鞋

藍白拖：

上方：LED 燈會發光，但亮光微弱。

底部：1. 經過實驗後發現 LED 燈為四種中最亮的。

2. 兩顆 LED 燈中有一顆比較亮，猜測是因為較量的 LED 燈連接的壓電片所在位置較容易踩踏到，所以建議要將壓電片黏在較容易被踩踏的位置。

3. 用壓電效應測試器(250 gw)敲擊拖鞋上方 30 下後平均為 20 mV，是四個版本中效應最佳版本。

輕橘拖：

上方：1. LED 幾乎沒發光，為四個版本中效應最差的。

2. 可以試著把壓電片疊起來，或許能產生更多電量。

底部：1. 實驗結果發現 LED 燈會亮，只是很微弱，為第二差的。

2. 討論後發現可能是因為把壓電片放在下方會和地板有縫隙。

【實驗十.3.1 腳踏蓄電板】

1. 我們不停地踩踏過後，的確產生不少能量，所以利用壓電片發電組製作腳踏蓄電板不可以讓老人運動腿部，也能發電，如果經過長時間，應該能夠使其他電池產品運作，所以團隊在切開的板子中將壓電片正反排放。
2. 兩腳各一片壓電片時可以達到 600 mV 的電壓，兩腳各兩片有 1140 mV，但兩腳各三片時數據掉到 770 mV，推測是因為 3 片壓電片，會發生壓電片偏斜的問題，而兩腳各四片(兩兩前後放)可達到 1680 mV，實驗後可發現兩個一疊的效應較佳，推測是因為經過長時間的踩踏，造成壓電片偏移，而兩片時會向橋梁一樣穩穩的固定住。
3. 研究團隊希望未來可以繼續研究各種增強壓電效應，並以更高效能的方式儲存電能。

【實驗十.3.2 腳踏蓄電板—材質】

1. 根據實驗結果顯示，不同材質的腳踏蓄電板對壓電片的發電效應產生顯著影響。珍珠 pp 板表現出最佳的發電效能，平均值為 1873 mV，較薄木板 1307 mV 和厚紙板 1327 mV 高出許多。
2. 可能是因為珍珠 pp 板具有較好的彈性和穩定性，能夠更有效地將機械能轉換為電能。
3. 原本團隊以為最硬的薄木板可以達到最好的效應，因為下壓時，更容易一次性壓到所有的壓電片，但結果卻事與願違，而且還是效應最差的材質。推測是因為薄木板太硬所造成壓電片不能有太大的振動。

陸、未來展望及感想

一、「一個人一個人，集結力量互助合作，用更堅固的羈絆彼此相連。」神戶市長久元喜造先生在漫長重建前說的話讓人省思，與夥伴共同在科學專題研究社中鑽研知識的過程，不斷的累積失敗的經驗，並學會避免錯誤，我們學到了重要的科學精神就是~永不放棄。

二、本團隊實驗研究歷程真的十分艱辛，團隊成員對於將腦袋裡的想法具體呈現出來有非常大的困難，尤其是壓電片、橋式整流器及電容的組裝，一次又一次的重複失敗，不知道什麼時候才能成功的無奈；但實驗過程中的小小發現跟改良，卻是無可取代的美好。

三、研究團隊也一直在思考這個實驗的重要性，台灣的能量來源十分缺乏，所以能讓能量盡量不要散失，是非常重要的，本研究還有好多好多可供繼續研究的重點，例如：壓電效應如何運作在實際生活中？如何在短時間內達到壓電效應增強作用？壓電片發出的電能不能轉換成其他能量？也是未來可行的研究方向之一。

柒、參考資料

1. 佑來了-壓電效應，https://www.youtube.com/watch?V=ZAa6Cd_GWwAYA
2. 中華民國第四十八屆中小學科學展覽會，國小組自然科，來電捕手-新概念能源探究 <https://twsf.ntsec.gvoV.tw/actiVity/race-1/48/elementary/081501.pdf>
3. 中華民國第 58 屆中小學科學展覽會，高級中等學校組，工程學科(二)科，醜小「壓」發電-壓電材料發電之探討，<https://twsf.ntsec.gvoV.tw/actiVity/race-1/58/pdf/NPHSF2018-052405.pdf>
4. 中華民國第 51 屆中小學科學展覽會，高中組，生活與應用科學科，史特林你真酷 <https://twsf.ntsec.gvoV.tw/actiVity/race-1/51/pdf/040810.pdf>
5. 中華民國第四十七屆中小學科學展覽會，國小組，生應科，鼠力發電廠 <https://twsf.ntsec.gvoV.tw/actiVity/race-1/47/elementary/080823.pdf>
6. 中華民國第 57 屆中小學科學展覽會，國中組，生活與應用科學科，我的行動電源免充電 <https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=61&a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=5&sid=13627>
7. 金門地區第六十屆中小學科學展覽會 國中組 生活與應用科學，哎壓壓-我的橋樑會發電 <file:///C:/Users/user/Downloads/%E5%93%8E%E5%A3%93%E5%A3%93%EF%BC%8D%E6%88%91%E7%9A%84%E6%A9%8B%E6%A8%91%E6%9C%83%E7%99%BC%E9%9B%BB.pdf>
8. 壓電材料之發電器應用，材料世界網。
<https://www.materialsnet.com.tw/DocView.aspx?id=7361>

圖 1 圖片來源：第 55 屆科展~高中生應科~微型壓電陶瓷散熱模組設計與應用之探討

圖 2 圖片來源：第 48 屆國中科展生活與應用科學科~愈走愈來電~腳踩發電機之研究

除圖 1 及圖 2 外均為作者團隊自行拍攝

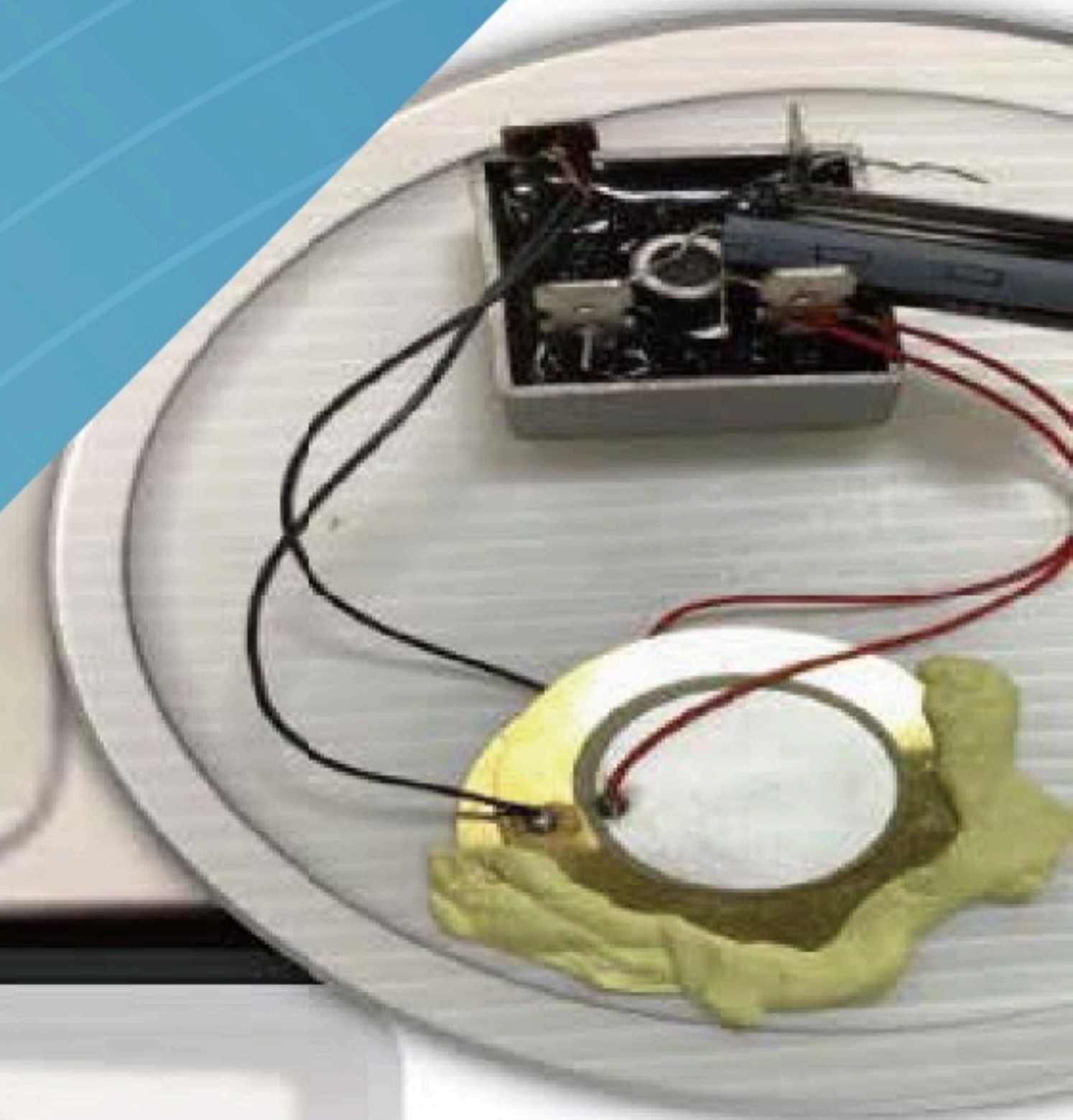
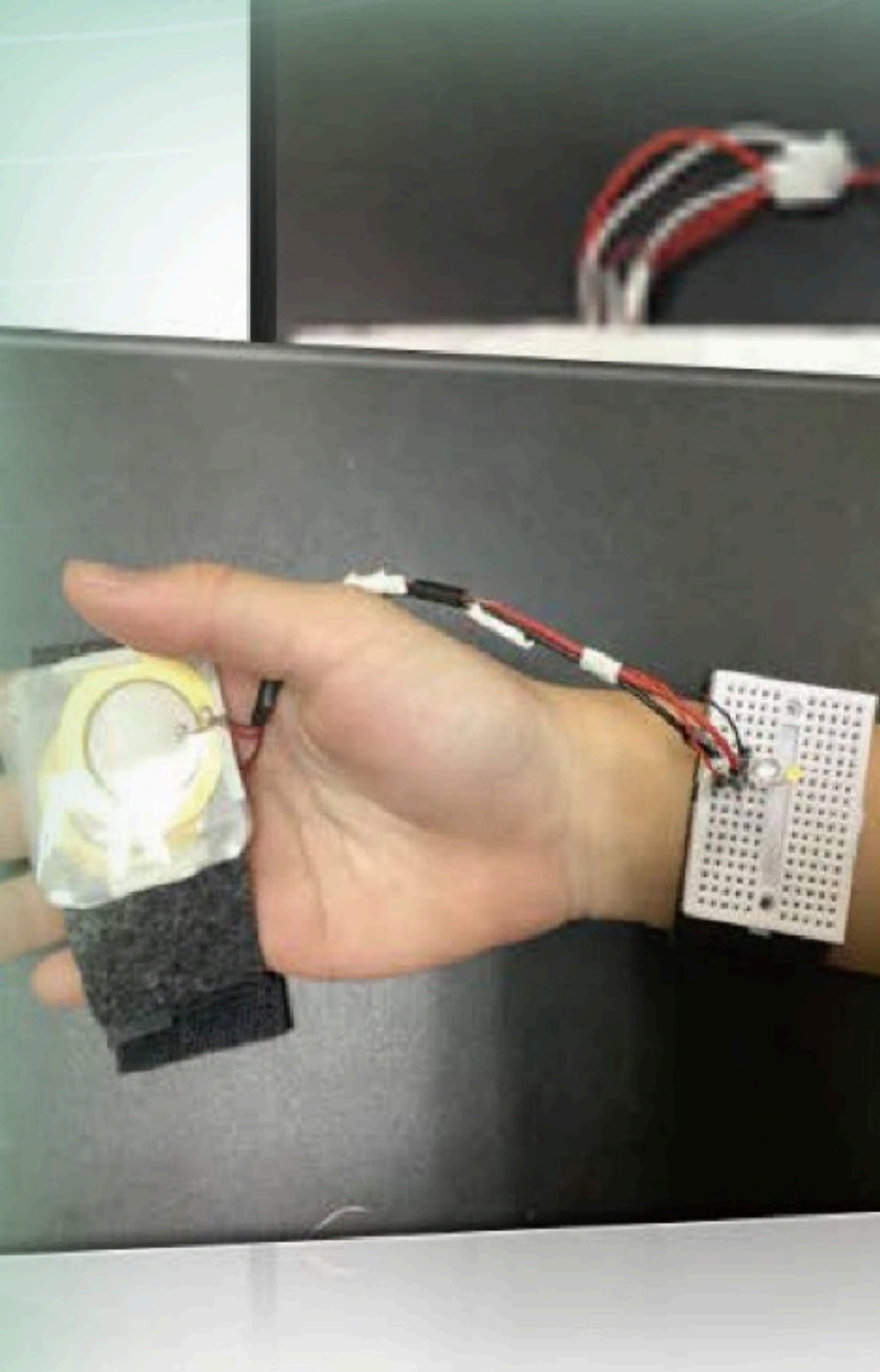
【評語】 080120

壓電效應雖然已普遍用於日常生活中，然而用在儲能裝置的源頭並不多見。本研究設定壓電陶瓷片為主體，看得見 LED 發光為標的；並經由整流裝置，將能量儲存在電容器裡。經過反覆的驗證及修正，逐漸掌握了發電儲能過程所牽涉的物理原理。對實驗方法及研究過程，均有詳實的記錄。尤其該實驗也嘗試了實際穿戴裝置的可能性，整體架構完整，值得鼓勵。

作品簡報

壓電專家

探討神秘的壓電效應



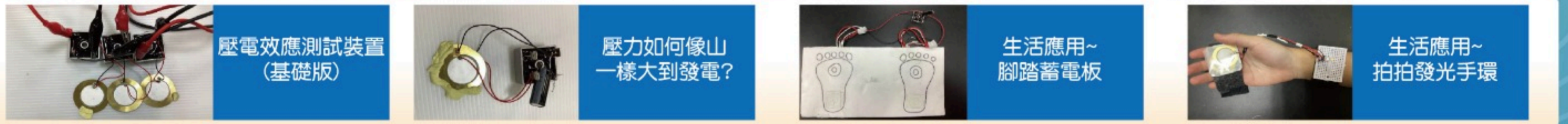
摘要

能源一直是大問題，團隊希望讓生活中浪費的能量轉換成可用的資源。

從各種壓電效應發電的方法開始進行研究，查詢文獻，我們突破困難，設計了穩定的發電壓電效應測試器，發現壓電片越多數據越大，發電效應也越好，但敲擊下的壓電片很容易受損，所以我們找到最好用的保護膜，因為實驗才發現壓電片是交流電，必須透過橋式整流器轉變成直流電，並儲存到電容內，才可以較容易地應用在生活中，為了善用實驗成果，我們也測試不同組合方式，最終讓壓電片發電效應倍數增加，更發現正反排放的效應尤其驚人，團隊將會朝向老人生活或實際應用，做出可運動也可發光的裝置。

研究團隊研究壓電片發電，製作出低成本、有效應且最能儲存電量發電組，作品仍在繼續研發中……

【關鍵字】壓電效應、電容、橋式整流器



壹 前言

一、研究動機

新聞裡常常看到有人因為夜晚光線太暗，而發生事故，我們想要讓事故發生次數減少，因此我們開始天馬行空的思考，哪種東西可以腳踩下去就可以發光？後來我們看到「佑來了！壓電風扇」，壓電效應這麼高深的學問，好像很好玩。

※相關單元：康軒版 4下第四單元 燈泡亮了

二、研究目的

- (一)設計利用壓電效應發電的機制及壓電效應測試方法研究~壓電效應發電組、壓電效應測試器。
- (二)研究各種壓電片性質造成壓電效應發電組發電效能的變因~壓電片敲擊力道、壓電片大小。
- (三)針對其他變因研究造成壓電效應發電效能的差異~橋式整流器、電容、組裝方式、壓電片保護膜。
- (四)設計最高效應利用壓電片蒐集電能的方式~精緻化壓電效應發電組、實際應用情形。

三、文獻回顧及探討

(一)文獻回顧

文獻名稱	文獻重點說明	對本研究的貢獻度
第48屆科展國小組自然科~來電捕手~新概念能源探究	原來利用壓電效應，可以發電，而發的電是可以應用的永續能源，對地球友善。	敲擊過程中，電壓的值是一直在跳動的，電壓的值有正有負交替出現「有正有負」表示：壓電電壓是「交流電」而非直流電，本研究將交流電轉化成直流電。
第58屆科展(高級中等學校組)工程學科(二)科~醜小「壓」發電~壓電材料發電之探討	他們比第48屆科展自然科~來電捕手-新概念能源探究」研究的更深入，可以提供研究團隊更深入了解壓電材料的特質與用途。	◆根據不同種類的壓電片設計不同的研究方式。 ◆壓電片產生的電流不大，藉由收集電流儲存電量，供未來使用。
第55屆科展~高中生應科~微型壓電陶瓷散熱模組設計與應用之探討	提供壓電片通電後振動的裝置方式，作為研究初始的想法及應用。探究蜂鳴片懸臂振動情形(如圖)	研究團隊確認本研究想要研究的主題是正壓電效應而非逆壓電效應，也就是「振動產生電能」。
第62屆國小組物理科~磁入電出~手擺發電應用在緊急充電效能之探討	透過手擺發電運用緊急充電發電裝置上，提供研究團隊生活應用的很多想法。	如果透過壓電效應平常就將原本沒辦法好好利用的能量儲存下來，會比緊急充電才發電來的有用。
生活與物理「步步來電」~壓電效應之製作與演示	做出步行發電機，將其裝在走廊上，平時同學走路時儲存微小的電量，聚沙成塔，利用在生活上，提供研究團隊一個新的方向，可以應用在生活中。	壓電片沒有疊起來，因此少了許多電量，研究團隊把2~5個壓電片疊在一起，並在其加入保護膜，避免電量因導電而流失，也增加了電量大小。
第48屆國中展生活與應用科學科~愈走愈來電~腳踩發電機之研究	此實驗讓我們知道原來壓電片是交流電，必須利用橋式整流器來轉換成直流電，下圖為壓電片整流示意圖	壓電片較發電機扁，裝在鞋子上也比較舒服，發電機會凸出一塊。

(二)我們的研究

- 1、本研究為求數據精確，尋求最適合使用的電表，並設計可以利用壓電效應發電的機制~壓電效應測試器。
- 2、研究團隊不斷研究如何將壓電效應放大，研究成果也能變成實際可以應用在生活上的作品。
- 3、在研究過程中，遇到所有困難與挫折都能一關一關挑戰，並克服問題。

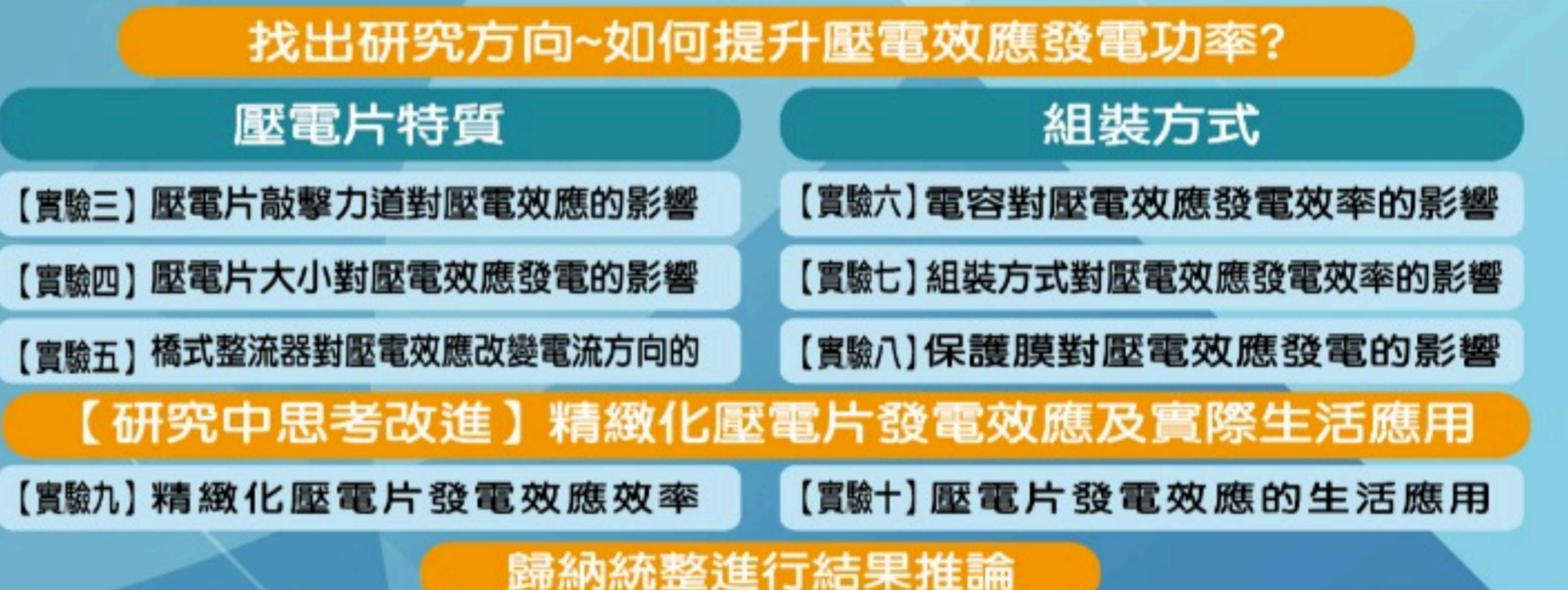
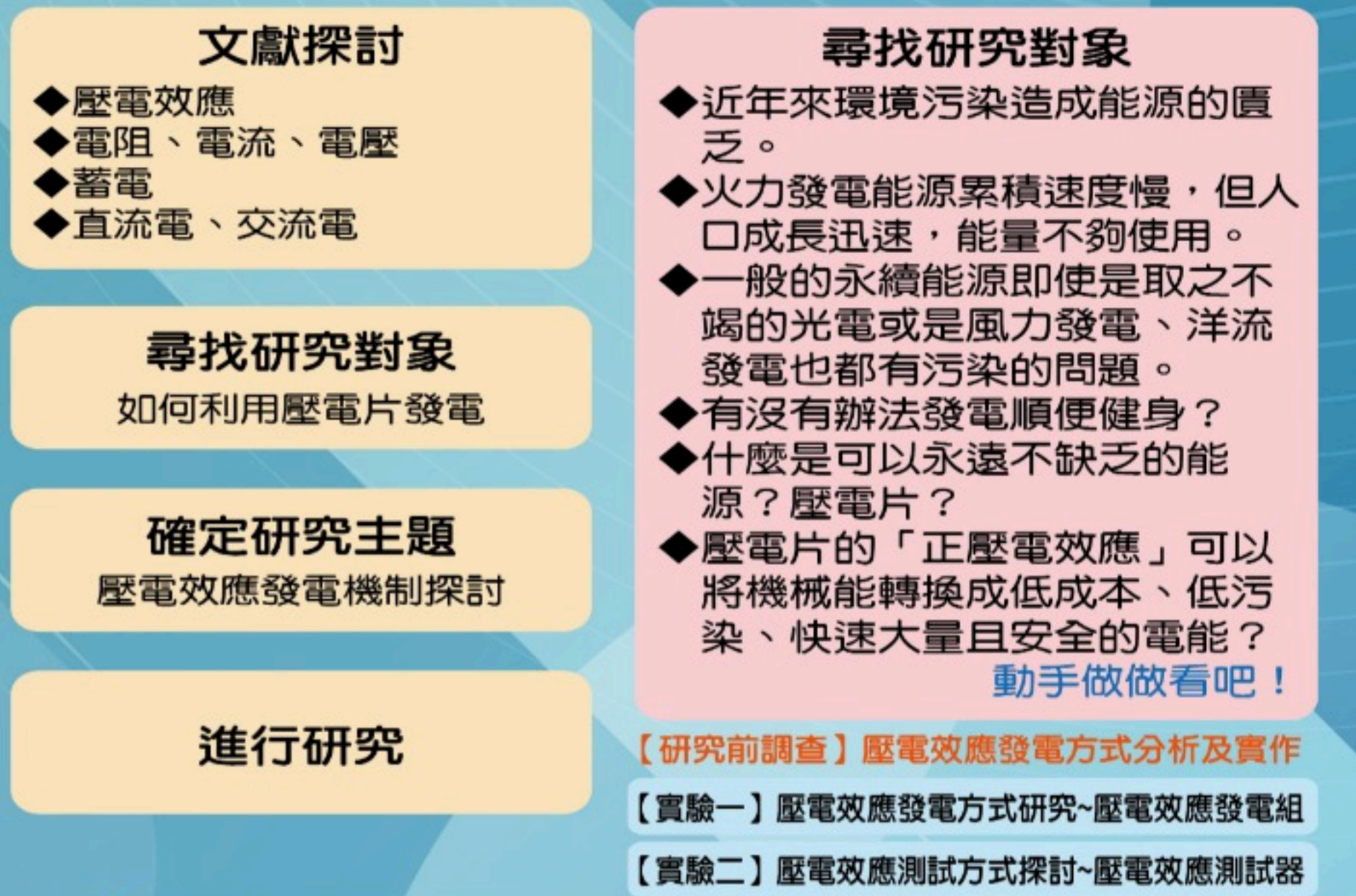
貳 研究設備及器材

發光二極體	鱷魚夾	魔鬼氈	墊布	絕緣膠帶
鑷子	橋式整流器	麵包板	藍白拖鞋	輕橋拖鞋
電線	電容	橋式整流器	紙板	珍珠PP板
基本文具	壓電片	木板	萬用黏土	硬保麗龍板
壓電效應測試器(樂高積木、木板、棉線、彈簧、瓦楞板、熱熔膠、電子秤、黏土、棉布套)	氣球包(氣球、沙子)	油土加螺帽(油土、螺帽、塑膠膠)	電表(三用電表、微電流三用電表)	(不同材質保護膜)泡泡紙、泡棉、文件夾、膠帶、A4紙、夾鏈袋、棉紙、護貝膠膜、CD套、保鮮膜、厚塑膠膜、卡紙

參 研究架構與流程

一、我們的思考及研究設計歷程如下：

【表2】思考及研究設計歷程圖



肆 研究過程與結果

【實驗一】壓電效應發電方式分析

【表一】壓電效應針對測量電力方法研究歷程

目的	方法	結果	推測原因	解決方案
1 壓電片讓LED燈發亮?	上網購買壓電片及LED燈。	怎麼敲都不亮。	沒有用電線連接壓電片及LED燈泡。	用電線連接壓電片及LED燈泡。
2 怎麼接才會亮?	將電線、壓電片及LED燈泡接在一起。	還是不亮。	我們沒有確實接好電線，導致接觸不良。	改購買有焊線的壓電片。
3 怎樣測LED燈的光度?	手指敲擊後，可發出微弱的光。	能用肉眼確認LED燈發亮。	壓電效應只有在碰觸當下有反應。	用image J這個軟體。
4 有數據嗎?	用image J軟體分析。	無法拍攝到可供分析的圖片。	推測是因為燈光太暗，一閃即逝，亮燈時間短於1秒以下。	購買光度計，但不是很亮，無法測量。
5 其他測量方法?	尋找其他測量電力大小的方式。	購買三用電表，但數字沒動。	壓電片發出的光太微弱，無法測量。	用微電流三用電表。
6 最後定案測量方法	經過一段時間努力後，在一篇文章中發現，測量較微弱電流時可以採用「微電流三用電表」，後來又找到一家台灣公司，終於買到了比較精密的「微電流三用電表」，也才能真的測量到數據。			

【實驗二】設計壓電效應測試器

【表二】壓電效應測試器研發歷程記錄

照片	裝置特色	檢討及改進
第一代	在螺帽上加上保護的棉布套及裝上固定位置的紙圈。	優點：可以準確的固定打擊位置。 缺點：沒辦法確認敲下來的力道有多大，無法進行測量。
第二代	根據查詢到的資料改成直接用螺帽+黏土製成的敲擊器敲擊。	優點：可以方便測電壓且測量時很穩定，又不會壓破壓電片上的陶瓷片。 缺點：沒辦法知道敲擊的力道大小。
第三代	經過測試需要至少70公分以上，壓電片才能讓LED燈發光。	缺點：敲擊用的螺帽因為重心不穩，所以常常沒有敲到壓電片的中心位置，也會破壞壓電片。
第四代	直接在下方放置電子秤，並將由土包螺帽從高處落下測量。	優點：藉由觀察下方電子秤數字就可以知道敲擊力道大小，可以穩定的控制力量不致於破壞壓電片上的陶瓷。 缺點：壓電片也容易壞掉，且力量不穩定。
第五代	文獻中有人用氣球裝水，減輕撞擊力道，讓施力平均，並利用高度控制力道大小，於是研究團隊取其優點，並用沙子取代會弄濕壓電片的水，根據所裝沙子的重量換算成力的單位，例如50 g=50 gw	優點：均勻施力、具有彈性、使用方式簡單、保護壓電片。 缺點：太高容易偏掉，導致數據誤差大(10~20倍)支撐架無法支撐太重的物品，容易歪斜。
第六代	將第五代不穩且太高的缺點修改成矮的，不但較穩，敲擊時也不會那麼容易歪掉，這次的高度是設計在20公分左右，因為團隊想模擬實際上的腳踏與拍手的距離。	優點：穩定控制力量，減少人為誤差。模擬實際上腳的高度或手拍位置的真實情形。目前無文獻使用這種方法，是研究團隊的發現。

