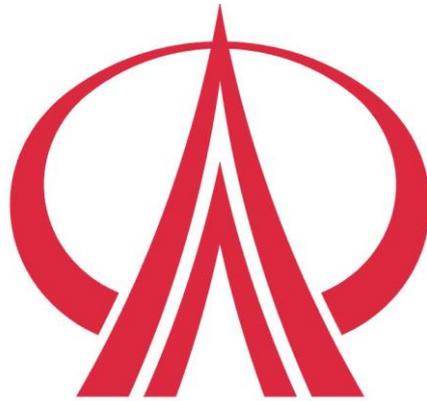


修平科技大學 專題研究論文
工業工程與管理系

指導老師：吳家宏老師

具片狀發電機之登山用充電器研製



學生：吳秉聰	學號：BE100067
學生：何俊諭	學號：BE100068
學生：林祺偉	學號：BE100069
學生：張德志	學號：BE100081
學生：紀至軒	學號：BE100099

中華民國一〇三年十二月三十一日

摘要

本專題主要是利用電磁學的基本原理製作一隨身式發電機結構，讓登山客在登山時或運動的人們，利用上下震動、左右擺盪的動作讓本發電機結構發電，也就是利用磁鐵的磁力線來回切割片狀線圈而發電，進而對充電電池進行充電，使登山客在登山時或運動的人們身上的動能轉變成電能，除了能減少攜帶備用電池以減輕負擔外，也相當符合綠能環保、節能減碳的目的。

本專題的概念是利用登山客或運動人士的手、腳、背包或身體上任何可以產生震動的部位來攜帶本發電機裝置。本發電機裝置中包含一滾珠滑動型的磁鐵機構，利用慣性力及彈力使滾珠滑動型的磁鐵來回切割片狀線圈而發電，磁鐵兩側各加上一片鐵片以增加磁力線的密度，以增加發電電壓及發電的效率。

為了瞭解本發電機結構的發電狀況及儲存電能的能力，除了接上示波器來瞭解本發電機的電壓波形外，也接上 LED 燈進行測試，必須使工作電壓在 3V 以上的 LED 燈順利發亮，才符合對充電電池充電需達 3V 以上的門檻。其次以資料擷取卡擷取本發電機的電壓訊號，並圖示出電壓與時間的關係，本專題證實了本發電機的發電、充電可行性。

本專題首先量測本發電機所發的交流電電壓訊號，發現兩磁鐵單間隔、三磁鐵兩間隔及兩磁鐵兩間隔所得的最大平均電壓分別為 0.9、4 及 7V。再將本發電機所產生的交流電通過橋式濾波整流電路，讓交流電變成直流電對 4700 μ F 的電容器進行充電，以資料擷取卡擷取電容器 30 秒的充電電壓訊號，發現兩磁鐵單間隔、三磁鐵兩間隔及兩磁鐵兩間隔的電容器充電電壓分別達到 0.068、1 及 2.4 V。若讓本發電機持續操作，當充電電壓超過 3V 以上，再經由充電電路導入充電電池，一樣可使充電電池充電，這就兼具綠能環保及節能減碳的優點，也可以節省購買電池的費用和減輕登山時背包的重量，讓登山客更輕鬆舒適。

目錄

摘要.....	I
目錄.....	II
圖目錄.....	III
表目錄.....	IV
第一章、緒論.....	1
1-1 研究動機.....	1
1-2 研究目的.....	1
1-3 研究流程.....	3
1-4 研究人員工作分配及進度甘特圖.....	4
1-5 章節敘述.....	6
第二章、文獻回顧與探討.....	7
2-1 替代能源.....	7
2-2 電磁學原理.....	9
2-3 綠色能源.....	14
2-4 電池汙染.....	15
第三章、研究方法與目的.....	16
3-1 儲能電路設計.....	17
3-2 儲能裝置結構.....	17
3-3 實驗設備.....	21
第四章、具片狀發電機之登山用充電器製作與實驗.....	27
4-1 具片狀發電機實驗模具設計.....	27
4-2 具片狀發電機製作.....	29
第五章、結論與建議.....	41
5-1 結論.....	41
5-2 建議.....	41
5-3 未來發展方向.....	42
參考文獻.....	43

圖目錄

圖 1-1 研究流程圖	3
圖 1-2 工作分配圖	4
圖 1-3 預定進度甘特圖	5
圖 2-1 佛萊明右手定則	11
圖 2-2 佛萊明左手定則	11
圖 2-3 搖動式手電筒	13
圖 3-1 震動式發電機的結構外型	19
圖 3-2 震動式發電機內部構造	19
圖 3-3 橋式整流濾波電路	19
圖 3-4 作為儲存電能的傳統電解電容	19
圖 3-5 電容運作示意圖	19
圖 3-6 螢光棒結構改良	19
圖 3-7 發電機電壓訊號(V_{AB})	20
圖 3-8 經過橋式整流電路，把交流電轉向同向電流(V_{CD})	20
圖 3-9 利用電容器將電壓平整化(V_{EF})	20
圖 3-10 最後輸出電壓訊號(V_{GH})	20
圖 3-11 示波器外觀	21
圖 3-12 連接示波器	21
圖 3-13 探測棒連接發電機	22
圖 3-14 AC 測試	22
圖 3-15 探測棒連接發電機	22
圖 3-16 DC 測試	22
圖 3-17 資料擷取	23
圖 3-18 NI USB-6009 DAQ 資料擷取卡	23

圖 3-19 選擇連接頻道.....	24
圖 3-20 擷取秒數及擷取頻率選擇.....	24
圖 3-21 電路本身所產生之雜訊圖.....	25
圖 3-22 波形擷取圖.....	25
圖 3-23 擷取後的資料儲存於 Excel 檔.....	26
圖 4-1 具片狀發電機實驗模具設計、製作及實驗流程.....	27
圖 4-2 五大瓶頸.....	28
圖 4-3 解決對策.....	28
圖 4-4 線圈纏繞模具.....	29
圖 4-5 插入小插銷的纏繞模具.....	30
圖 4-6 虎鉗固定纏繞模具.....	30
圖 4-7 纏繞線圈完成圖.....	31
圖 4-8 3D 列印機.....	31
圖 4-9 頭尾相連之線圈固定於片體線圈槽中.....	32
圖 4-10 以三用電錶量測片體之線圈.....	32
圖 4-11 具片狀發電機實體圖.....	33
圖 4-12 具片狀發電機分解圖.....	34
圖 4-13 具片狀發電機組合圖.....	34
圖 4-14 4700 μ F 的電容器.....	35
圖 4-15 電阻.....	35
圖 4-16 發光二極體.....	35
圖 4-17 鍺二極體.....	35
圖 4-18 單蕊線.....	35
圖 4-19 充電電路板.....	33
圖 4-20 兩磁鐵單間隔交流電壓與時間關係圖.....	36

圖 4-21 三磁鐵兩間隔交流電壓與時間關係圖	37
圖 4-22 兩磁鐵兩間隔交流電壓與時間關係圖	37
圖 4-23 兩磁鐵單間隔充電電壓與時間關係圖	38
圖 4-24 三磁鐵兩間隔充電電壓與時間關係圖	38
圖 4-25 兩磁鐵兩間隔充電電壓與時間關係圖	39
圖 4-26 磁鐵及間隔數與電壓大小關係圖	40

表目錄

表 2-1 本振動式片狀發電機與太陽能發電之 SWOT 表.....	8
表 2-2 發電機與電動機說明及比較表.....	12
表 2-3 執行機關資源回收成果統計表.....	15
表 4-1 磁鐵數及間隔多寡與電壓大小之比較.....	40

第一章、緒論

1-1 研究動機

根據統計現階段台灣的電池污染逐年增加，根據行政院環保署的環保統計中 103 年版年報資料顯示，電池回收從 91 年 3972 顆增加到 102 年 15659 顆。還有研究指出一顆一號電池可以使一平方米的土地失去利用價值，這對台灣來說是很嚴重的一個污染，因為台灣的土地面積不大，一號電池的用量逐年增加，這會讓台灣可以使用的土地逐年減少，加上一粒鈕扣電池可以污染 600 噸的水，這些水量大約等於一個人一生的飲水量【1】；當下雨時，滲漏進垃圾層的雨水，就會把這些污染物帶到土壤和地下水裡，從而進入魚類體內，在食物鏈中累積，或在農作物中影響人類的食品安全，間接威脅到人類的健康。

儘管近年來人們對環保意識的抬頭，但廢電池污染卻未引起人們相對的重視。人們若將廢舊電池混入生活垃圾中一起填埋，滲出的汞及重金屬就會滲透土壤，污染地下水，破壞人類的生存環境。進而進入食物鏈中，間接威脅到人類的健康。廢電池污染及其處理已經成為日益嚴重的問題，是目前社會最為關注的環保焦點之一。

本專題就是利用指導教授先前研發之片狀線圈與磁鐵可相對運動產生電的特性，利用搖擺片狀線圈切割磁力線或搖擺磁鐵之磁力線切割線圈，擷取人們運動或登山客的振動能量或週遭環境機械振動的能量，並轉換成電能。又因指導教授研發之片狀發電機有製造簡單、成本低廉及可大量製造等優點，因此用於振動式發電上相當具有可行性。

1-2 研究目的：

本專題其中一個目的是為了解決登山客在登山時需要準備數個備用電池的麻煩所開發的，當缺乏電力時，可以利用本裝置的磁鐵與片狀線圈作相對運動，藉以切割線圈產生電流，將所產生的電以電瓶、電池或電容將電能儲存起來，當

缺乏電力時，就可以利用此儲存的電能達成補充電力的目的了。

本專題另一個目的是減少電池所帶來的污染以及對人體環境的危害，根據交通部觀光局統計(2005年)發現國人有百分之二十二之民眾從事「露營、登山、森林步道進行」等活動，粗略估算約有五百零六萬的民眾從事「露營、登山、森林步道進行」等活動，若這些民眾可以使用本專題研製的充電方式，一個人大約要用 2~4 顆不等的電池，若以 2 顆來計算，大約有一千零一十二萬顆電池使用在從事「露營、登山、森林步道進行」等活動上，如果這其中有 20% 的民眾使用了本專題製作之登山用充電器大約就能少掉二百零二萬四千顆電池，這樣可以減少電池的污染，也能讓充電器符合現代人所重視的綠能環保目標。

要達成上述目的首先需要設計出，交流電與直流電均須達到 3V 以上之電壓的小型發電機，因為與廠商接洽，廠商希望小型發電機能設計在 75*80*15(mm) 的空間內進行發電。

1-3 研究流程

本專題「具片狀發電機之登山用充電器研製」之研究流程，如圖1-1所示。

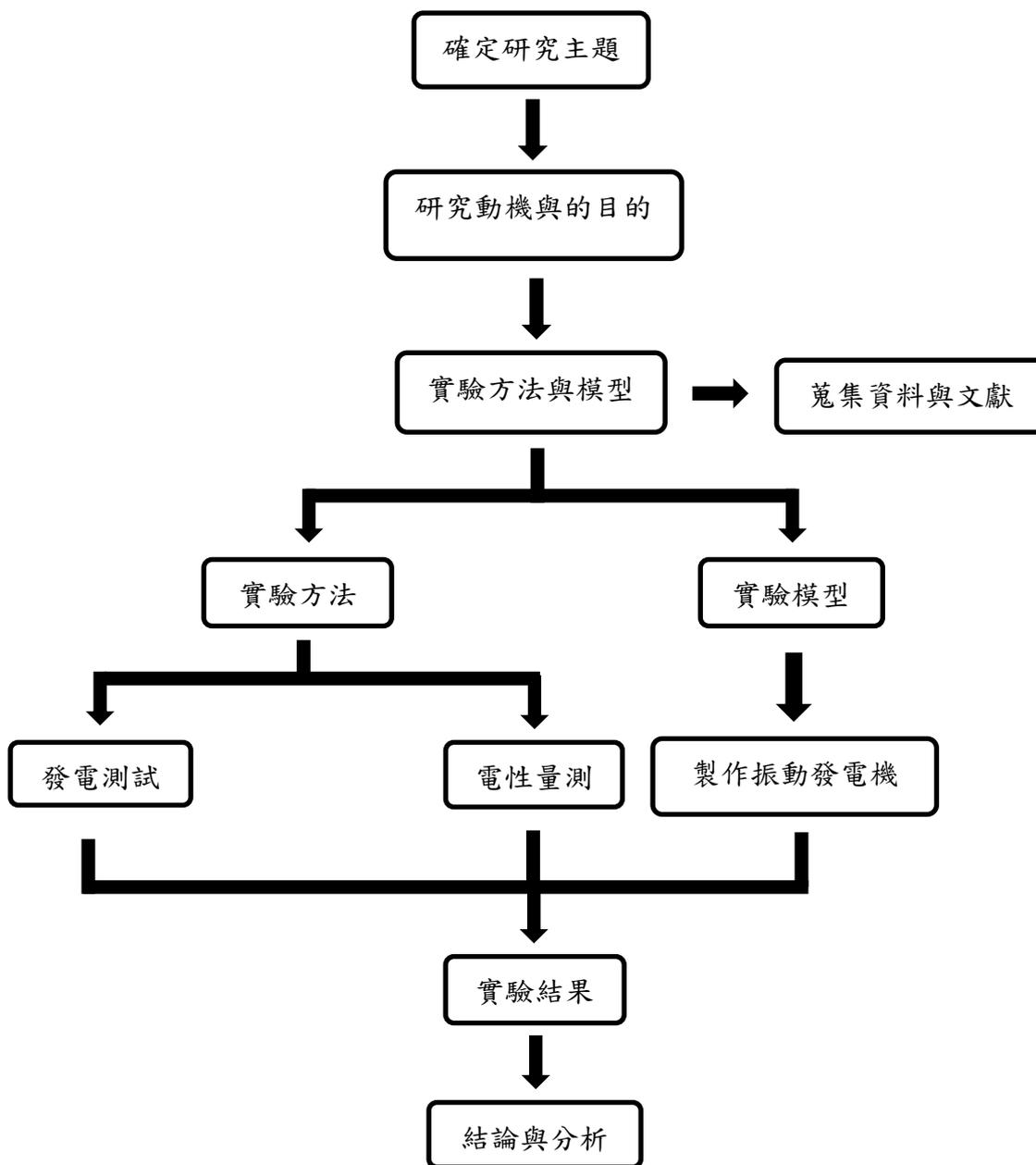


圖1-1 研究流程圖

1-4 研究人員工作分配及進度甘特圖

本專題「具片狀發電機之登山用充電器研製」的組員工作分配，如圖1-2所示。

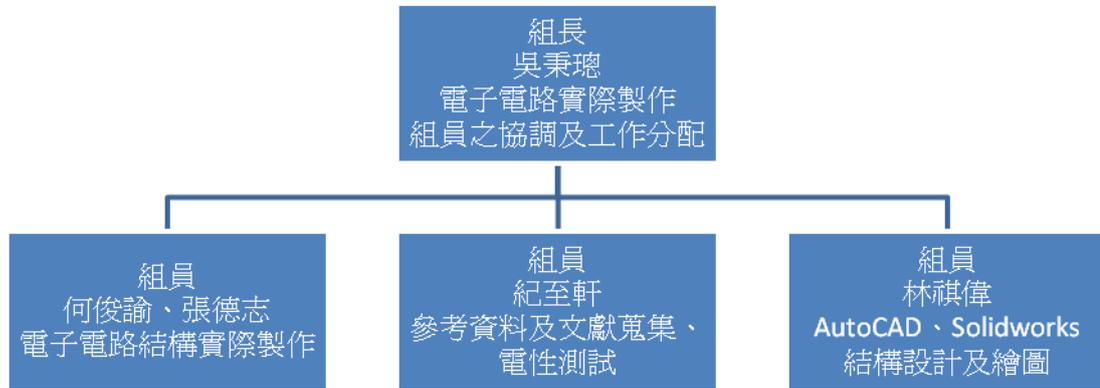


圖1-2、工作分配圖

本專題「具片狀發電機之登山用充電器之研製」的組員工作預定進度甘特圖，如圖1-3所示。

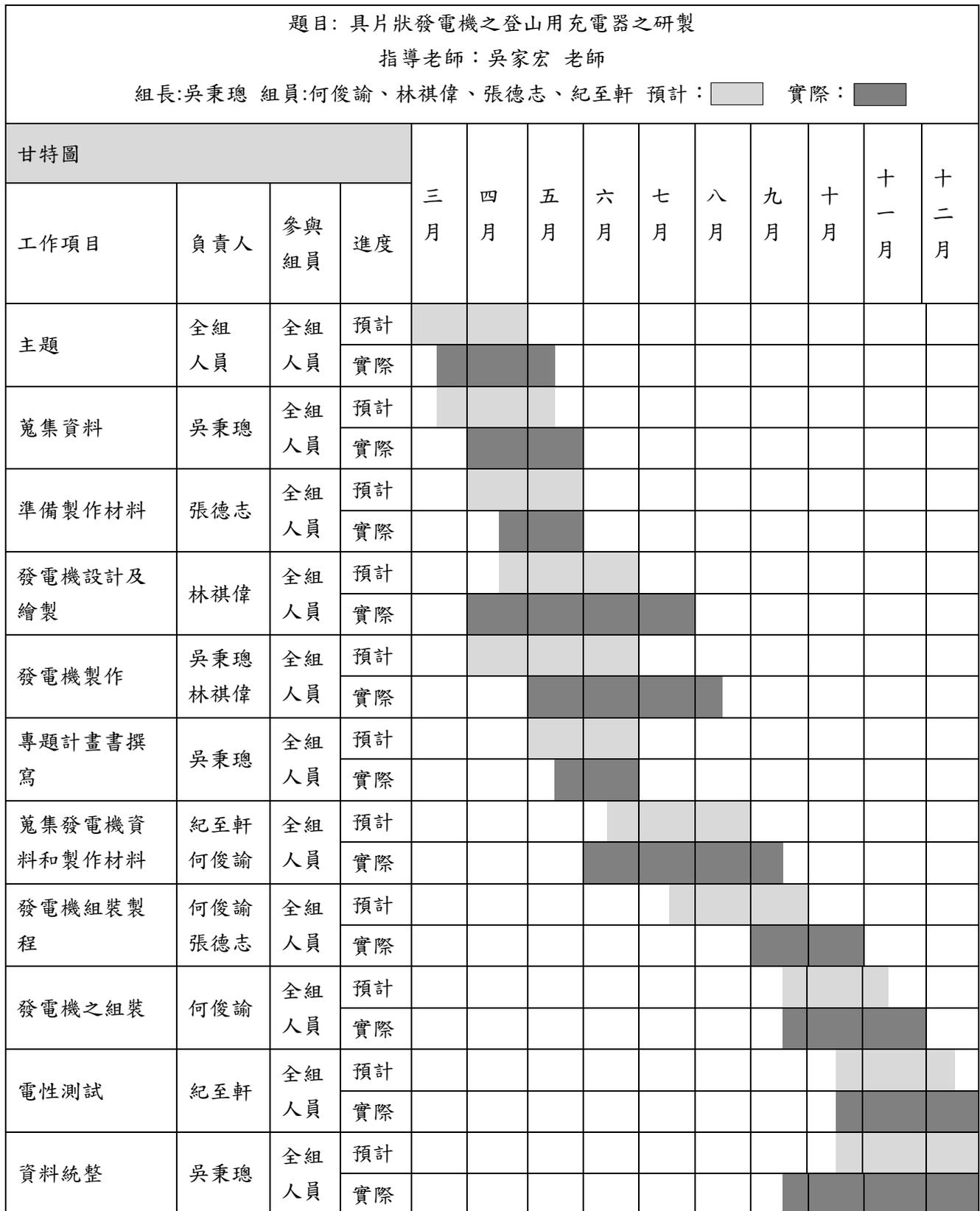


圖1-3、預定進度甘特圖

1-5 章節敘述

本專題論文章摘要共計有五章，現分述如下：

第一章、本篇為論文的緒論，簡要說明本論文之研究動機、目的及預期完成的目標。

第二章、介紹相關文獻，藉由文獻探討，提出更好的小型發電機機構設計及改善方案。

第三章、提出具片狀發電機之登山用充電器的研究架構，並以「轉換效率高、構造簡單及維修容易」做為產品設計的理念，並以實驗為基礎探討本專題所提出發電機充電的可行性。

第四章、建立具片狀發電機之登山用充電器實驗方式，以實驗方式確立小型發電機之發電及充電功能。

第五章、為論文之結論與討論，以及未來的發展方向。

首先確定本專題主題，撰寫研究動機與目的，並收集與本專題具片狀發電機之登山用充電器的相關資料。彙整資料後，開始設計及製作小型發電機結構，擬定研究架構及方法，實驗結果判定，最後作實驗的結論與建議。

第二章、文獻回顧與探討

2-1 替代能源

利用「電池」及「替代能源」為關鍵字作專利及論文的搜尋，發現到目前比較普遍的替代能源為太陽能電池，這是相當成熟的一個產品，但是它也是有缺點的，像是高溫問題及氣候影響，由於太陽能充電器的環境和電池適用的環境有所衝突，所以不能直接將太陽能充電器附加到電池組上。因為太陽能系統需要接受足夠的日照，而電池的工作溫度則不能太高。一家生產太陽能供電裝置的SunWize公司，其產品採取獨立設備的設計，可連接行動電話以取代桌上型的充電器。太陽能發電的另外一個標準，也就是即使日照不足，也必須能夠獨立提供電話電能，不過如果要供應最低3瓦的電能，太陽能板的尺寸會太大，同時，由於電池技術及各種電話中電池管理功能的進步，採用太陽能的理由就更少了。現在的高性能電池一次充電可讓行動電話持續用數天，有時甚至更長。這些原因使太陽能技術在利用上缺少其必要性。

本專題希望振動式發電機在裝上橋式整流電路之後接上充電電路，以達到對電池或電容充電的目的，以解決其它研究無法將電能有效儲存的缺點，這也是本專題的研究重心。

由於經濟持續發展，產品不斷的被創新及改良，物質生活不斷的進步，對於電池的需求也快速增加，因此使得目前市售電池的污染還沒有辦法有效的解決。全球的研究人員無不開始研究新的電池替代品，本專題的振動式發電機希望可以成為最新的電池替代品，讓振動式發電機不侷限在登山客的充電電池，而是取代所有低電壓觸發元件。

以下介紹太陽能相關文獻：

太陽能主要有光能與熱能兩種能量形式。利用太陽能發電的技術主要有三種；第一種是利用特殊的半導體材料，製造出太陽能電池，太陽能電池經由光線照射後，把光能直接轉換成電能。第二種方法是把太陽能轉換成熱能，再利用熱

能發電。第三種方法則是利用太陽能與化學能間的轉換，把水分解成氫和氧，利用氫來發電。就對環境影響而言，太陽熱能於運轉過程中並無污染物排出；但開發設備時，若開發範圍較大，則需考量環境影響評估法相關規範。

太陽光發電，主要是利用太陽能電池吸收太陽光能，再直接將之轉換成電能，以供需求端應用，於應用時並無環境污染物排出；若是採集中設立太陽光能電廠的方式開發應用，則需考慮開發面積大小；在汰舊太陽能電池時，亦需考慮廢棄電池的處理與回收利用。此外，在太陽能電池的製造過程中可能需運用一些化學品，此時須符合適用之空污法及水污法規範。上述太陽能缺點如下：

1. 結構上較為複雜，且加工製作與組裝過程較為耗時。
2. 製造成本高、需要用到面積較大。
3. 製造過程中需要使用到化學品，對環境還是有些許污染。

本專題就以指導教授的「震動式片狀發電機之構造」專利【2】與太陽能電池作一比較，振動式片狀發電機的優點為製程少、結構簡單、組裝容易、成本低廉及不需使用化學品，且產品對環境友善，可以回收再利用，這些優點恰好可以補太陽能電池的不足。

表2-1、本振動式片狀發電機與太陽能發電之SWOT表

	振動式片狀發電機	太陽能
優勢(Strength)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 不造成環境污染。 2. 取之不盡用之不竭。 3. 隨時可以發電。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 不造成環境污染。 2. 取之不盡用之不竭。
劣勢(Weakness)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 震動不足無法發電。 2. 較適合供應低電壓元件。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 成本高、占用面積大、製程複雜且困難。 2. 易受氣候影響。
機會(Opportunity)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 成本較低。 2. 相關產品較少。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 可利用範圍較為廣泛。
威脅(Threat)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 製程容易被模仿。 2. 其它產品取代性高。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 市面上相同產品眾多。 2. 維修費用高。

2-2 電磁學原理

具片狀發電機之登山用充電器研製其原理是利用法拉第(Faraday)電磁感應原理【3】。由於發電機是經由電與磁相互作用的關係，所以設計理念是非常重要的，下面就介紹與本專題相關震動能之發電機的原理。

一位名叫奧斯特(H.C. Oersted)的人，於1820年時，奧斯特主持一個電磁的講座，當天晚上他正在講課時突然靈感一來將通電導線與磁針平行排列，結果小磁針會擺動，當改變電流方向時，發現小磁針會向相反方向偏轉，此一現象說明了電流方向與磁針轉動之間有著某種關聯，於是在1820年向科學界宣布了電流的磁效應，證明了電與磁之間是有關係的，也揭開了電磁學的序幕。後來人們為了紀念他，就把磁場強度的單位以「奧斯特」命名。

1831年，科學家法拉第發現對於兩個相鄰的線圈A和B，只有當接通或斷開線圈迴路A時，線圈B附近的磁針才會產生反應，也就是此時線圈B中產生了電流。如果維持線圈A的接通狀態，則線圈B中不會產生電流，法拉第意識到這是一種瞬態效應。實驗時發現引起導體中感應電動是最重要的因素，就是磁通變化率，這個磁通量可由磁棒或線圈產生，假設一迴線的面積為A，迴線平面與磁場B垂直，則由式2.1知，穿過此迴線的磁通量(magnetic flux)為：

$$\phi_B = BA \quad (2.1)$$

B的單位在SI單位制中為特士拉(Tesla，簡寫為T)，又可記為韋伯/米² (Weber/m²，簡寫為Wb/m²)，則 ϕ_B 的單位為韋伯(Weber，簡寫為Wb)。

由(2.1)式可得 $B = \phi_B / A$ ，表示單位面積的磁通量，因此磁場B稱為磁通密度。

亦可得B的單位為牛頓·秒/庫倫·米 或 牛頓/安培·米

$$(1T = 1Wb / m^2 = 1 \frac{N \cdot S}{C \cdot m} = 1 \frac{N}{A \cdot m})。$$

內磁通量的變化率成正比，以公式 2.2 表示為：

$$\varepsilon = -\frac{d\phi}{dt} \quad (2.2)$$

其中 ε ：感應電動勢。

$d\phi$ ：封閉導線所經過的磁通量。

t ：時間。

由(2.2)式知， $d\phi$ 為磁通量 ϕ 在時間 dt 內的改變量，負號表示感應電動勢的方向，如果磁通量變化率的單位以韋伯/秒表示之，則感應電動勢單位為伏特。(2.2)式稱為法拉第感應定律(Farady's law of induction)。

設迴線的匝數為 N ，且在每一匝中磁通量的變化率相同，則因各迴線中的電動勢係串連，故總電動勢應為各迴線中電動勢的和，此總電動勢為：

$$\varepsilon = -N \frac{d\phi}{dt} \quad (2.3)$$

在法拉第做有關電磁感應研究的同時，德國科學家冷次同時做了相關研究，補充法拉第定理不足的地方，提出有關感應電流方向的定律，稱為冷次定律【3】(Lenz's law)，其定義如下：

因磁通量變化而生感應電流方向，是要使感應電流產生的新磁場，反抗原有磁通量的變化。即當通過一迴線的磁通量增加，則感應電流的方向，將會產生一磁場，使迴線的磁通量減少。反之亦然，因此，冷次定律可說明式(2.2)中之負號。

由法拉第定律可知，感應電動勢正比於封閉導線內的磁通變化量。1955年馬克士威以更簡單、清楚的方式來呈現冷次定律，以一線圈中所產生感應電流方向，所生磁場能夠反抗線圈中的磁通量變化。

根據以上定律，對本專題所做的具片狀發電機之登山用充電器研製原理做最佳的說明。

佛萊明右手定則

發電機所產生電力的方向，可以由佛萊明右手定則【4】來說明。如圖2-1所

示，導體運動於磁鐵之間時，由磁鐵N極至S極的磁力線會橫切過導體，導體會產生電動勢而使電流流動。此時，弗萊明右手定則可以簡易地表示磁力線、導體的運動方向及電流的流向三者間的關係。右手的大拇指、食指及中指相互彎曲呈直角。其中，食指為磁力線的方向，導體的運動方向為大拇指的方向，則中指的方向即為電流的方向。

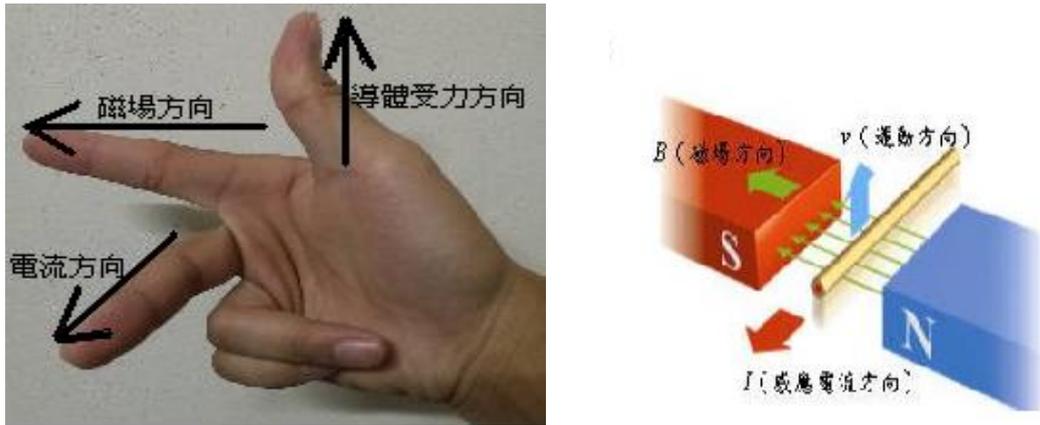


圖 2-1 佛萊明右手定則

佛來明左手定則

佛萊明左手定則【4】可簡易地表示磁力線、電流及作用力方向的關係。此法則為左手的大拇指、食指及中指呈彎曲且互為直角的關係，將食指指向磁線的方向，將中指指向電流的方向，而導體的運動方向(電磁力的方向)，則為大拇指所指的方向，如圖2-2所示。馬達的運轉方向即依據佛萊明左手定則來運轉。

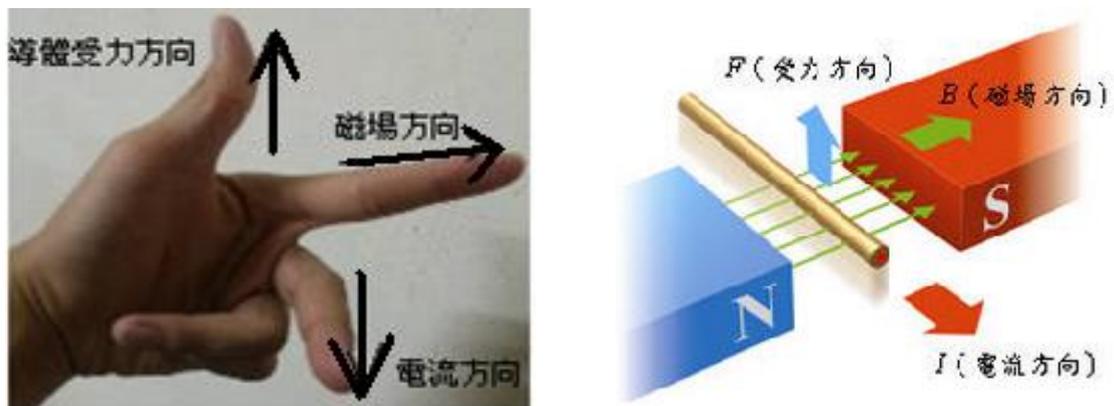


圖 2-2 佛萊明左手定則

經由以上敘述得知，佛萊明左、右手定則的運用，在發電機與電動機的結構

上是可以一樣的，只是使用的方式不同，由表2-2對電動機與發電機作一說明及比較。

表 2-2 發電機與電動機說明及比較表

名稱	發電機(Generator)	電動機(Motor)
原理	以”動能”變成”電能”來達到發電的目的	以”電能”變成”動能”來達到運動的目的
效應	電磁效應	電流的磁效應
輸出方式	機械能→磁能→電能	電能→磁能→機械能
定律	佛萊明右手定則	佛萊明左手定則
圖示		
圖解	<p>將右手大拇指、食指、中指伸直成直角。</p> <p>(1)大拇指：導體運動方向。</p> <p>(2)食指：磁場方向。</p> <p>(3)中指：感應電勢或感應電流方向。</p>	<p>將左手大拇指、食指、中指伸直成直角。</p> <p>(1) 大拇指：導體運動方向。</p> <p>(2) 食指：磁場方向。</p> <p>(3) 中指：導體電流方向。</p>

發電機是依據佛萊明右手定則來發電的，由於線圈切割磁力線，隨著時間、大小和流向變化可以產生如波浪般的電訊號，也就是交流電。

發電機的構造，其利用使磁鐵於線圈間迴轉，周圍的線圈便能發電的原理，利用此動力，例如水力、風力、蒸氣的推力等，使線圈在磁場中快速轉動，線圈

內便會有感應電流產生，發電機是一種可將機械能(或稱力學能)轉變為電能的機械。

市面上手搖式發電機，係由發電機理論為基礎，經手部來回擺動及加速度運動過程中，由動能轉變電能，將其電能儲存，待需要時再使用。S.R. Vettori et al 為電磁式發電機【6】，是由手搖發電讓燈泡發亮的一個例子，在搖動頻率為3Hz時，可產生200mW的功率，如圖2-3所示。

此發電機的缺點：

1. 圓柱體摩擦，面接觸摩擦力大。
2. 體積大不好收納。



圖 2-3 搖動式手電筒

震動能發電原理的分類，依特性可分為4種：靜電型(electrostatic)、電磁感應型(electromagnetic)、磁致伸縮型(magnetostrictive)、壓電型(piezoelectric)【5】。

(1) 靜電型：

發電是利用震動改變帶電結構體的間距，使電容改變進而間接提升電位能並產生電流。缺點：是運作前需額外供電才能使結構運作。

(2) 電磁感應型：

利用震動改變金屬線圈與磁鐵的距離，磁通量改變可使線圈產生感應電流。

(3) 磁致伸縮型：

利用震動使磁致伸縮材料因變形而造成磁場的改變，進而使線圈產生感應電流。缺點：線圈與磁性物質之設置得占據一定的空間，難以微小化。

(4) 壓電型：

利用震動使壓電材料變形並使改變其電場進而產生電流。

2-3 綠色能源

一個人一生的飲水量約600噸，一粒鈕扣電池就可將水污染使其無法飲用。電池的種類、生產量和使用量的不斷擴大，隨之廢舊電池的數量和種類也不斷增加。其含有汞、鉛、鎘、鎳等重金屬及酸、鹼等電解質溶液，對人體及生態環境有著不同程度的危害。雖然一些電池工廠已經開始生產「無汞電池」，但是含汞電池，因其價格便宜，應用面廣，銷售量相當大，仍佔用許多市場。儘管近年來人們對環保意識的抬頭，但廢電池污染卻未引起人們相對的重視。人們若將廢舊電池混入生活垃圾中一起填埋，滲出的汞及重金屬就會滲透土壤、污染地下水，破壞人類的生存環境。繼而進入食物鏈中，間接威脅到人類的健康。廢電池污染及其處理已經成為日益嚴重的問題，是目前社會最受關注的環保議題之一【1】。

基於全球暖化與綠色環保等議題，再生能源逐漸受到重視，許多新型態能量轉換技術的開發，已成為能源研究的重點項目。如何將環境中或日常生活中潛在能源轉化為電能以供電子產品使用，包括太陽電池、熱電、壓電、磁電轉換等方式，皆為熱門的研究主題。

長久以來能源問題一直是各國政府的施政重點之一，石化燃料及核能是目前主要的能源來源，但人們了解石化燃料總有用盡的一天，而核能又問題多，因此再生能源不斷受到重視，特別是在地球暖化問題日益嚴重的今天，新型態能量轉換技術的開發已成為能源研究的重點項目，多方深入探討可能的替代能源已刻不容緩。另一方面，目前電能的應用對象已由早年的家用電器轉變成個人隨身電子產品，這些電路的耗電量低，因此有可能將環境中潛在能源轉化為電能而供其使用，所以這種能量擷取(Energy Harvesting)，也就是以發電機構或材料來設計能量擷取器，從環境或個人的日常活動中擷取能量轉換成電力，提供這些小型電子產品之能量來源，已不是遙不可及的概念了。

2-4 電池汙染

表 2-3 執行機關資源回收成果統計表

年別及地區別 Year & District		電池 Batteries
95年	2006	11,547
96年	2007	11,954
97年	2008	14,033
98年	2009	14,898
99年	2010	13,475
100年	2011	12,457
101年	2012	13,970
102年	2013	15,659

以下是電池內所含造成環境汙染的物質：

1. 汞

汞是在室溫下唯一呈液體狀態的金屬，可由腸道吸收。有機汞在體內組織中滯留的時間較久，其吸收比率以甲汞最高。汞具有明顯的神經毒性，進入人體後由血液運送至各組織，對內分泌系統、免疫系統及中樞神經系統等都有不良影響，會導致語言與步行障礙、聽覺受損及加速老化等，對兒童影響更大。

2. 鎘

鎘毒性是潛在性的，在人體內極易引起慢性中毒，是一種毒性很大的重金屬。慢性鎘中毒容易發生在鎘污染區，藉由鎘污染的蔬菜、稻米及地下水等經食物鏈進入人體。鎘在人體的吸收率非常低，但會慢慢累積，其中約50~75%積存在肝及腎臟中，呼吸所吸入的鎘約50%被吸收。鎘對人體組織和器官的影響是多方面的，且治療極為困難，主要病症是肺氣腫、骨質軟化及貧血，長久之下易形成軟骨症及自發性骨折，四肢因而疼痛不已，稱之為「痛痛症」(Itai-itai disease)。

3. 鉛

鉛進入人體的方式大致有呼吸道吸入、消化道食入及皮膚吸收等三種。一但進入人體後，80%以上貯存於骨骼與牙齒，其餘則存在血液和軟組織中，且最

難排泄。當身體因過度疲勞、發燒或其他原因而使血液酸性增加時，骨骼或牙齒中的鉛便流入血液中，增加鉛中毒之症狀。慢性鉛中毒會影響血流、神經、泌尿及生殖等系統，導致貧血、神經功能失調及腎損傷等，對兒童危害性更大。

4. 鎳

鎳具有致癌性，對水生生物有明顯危害，且鎳鹽能引起過敏性皮膚炎。

第三章、研究方法與目的

3-1 儲能電路設計

實驗部分，利用製作出的滾珠滑動型的磁鐵發電機構，如圖3-2及圖3-4所示。來模擬使用者震動動能轉換成電能的情況，以量測電壓來了解發電機的儲電能力，並以基本電學理論探討此發電機的蓄電可行性。本裝置以凸輪帶動平台震動本發電機，切割單個線圈或多個線圈進行量測，量測出來的發電電壓需要符合高於3V的電壓，以達成對充電電池充電需達3V以上的門檻為目標。為了完成本專題的研究目標，因此必須設計符合本條件的充電電路，以匹配本小型發電機構的儲能系統開發。

本專題是將發電機接上橋式整流濾波電路，如圖3-3示，與震動式發電機裝置的線圈連接，用以防止感應線圈產生之交流電壓逆流，由於本研究使用的實驗型小型震動式發電機之電壓可能比較小，所以電路是採用通過電壓只要0.3伏特的鍺(Ge)二極體做為橋式電路的元件，因為使用矽(Si)二極體通過的電壓為0.7伏特，這對小型震動式發電機而言會是一種負擔。當電能通過整流單元可以將交流電壓轉換為一直流電壓，若電容器的電容值越大即可從示波器上看出，電訊號會越來越趨近於理想直流，經儲能單元儲存經整流後的直流電壓就是要使用的電，儲能單元一般為傳統的電解電容(如圖3-4所示)、超級電容或是儲能電池。

3-2 儲能裝置結構

電容的運作，如圖3-5所示，是利用兩片導電極板，其間隔以絕緣物，連接電源形成一個通路，其中一片導電極板帶正電荷，負電荷則被排斥到另一片導電極板上，在兩片導電極板之間建立一個電位差，直到兩極板間的電位差與電源電壓相同時，電子停止移動，過程中電源的能量帶出而轉存於兩極板上，而具有儲存電荷的能力。因傳統的電解電容儲存電能的容量不足，只能應用在微小型的電量儲存需求下。超級電容的優點是體積小且運用活性碳為電極，利用活性碳的空

孔增加表面積，可以吸附更多的電子，故儲電量大大的增加，但成本過高。目前主要的儲能裝置是儲能電池，儲能電池的原理是利用化學反應提供電位能，而電容會隨充放電變化，理論上電池是恆定的，但是因為化學電池無法瞬間放電，這也是一大問題。本專題將以傳統的電解電容、超級電容、儲能電池作為儲能效率高低的研究。

實作方面則是以指導老師的發明，「螢光棒結構改良」【7】（如圖3-6所示）為實驗基礎，做電性方面的量測，作為本研究的儲電電路及充電電路的模擬，以手握住握柄進行搖晃”螢光棒結構改良”使其產生電壓訊號 V_{AB} ，如圖3-7所示，在接一個橋式整流電路，把交流電轉向同向電流 V_{CD} ，如圖3-8所示，再利用電容器將電壓平整化 V_{EF} ，如圖3-9所示，在充電電容前放置一個二極體，使後面的電容器充電後電流不要回流，再放置一開關及電組，當開關在ON的位置，讓充飽的電容慢慢放電，則會使發光二極體發亮。若不放置開關、電組及發光二極體直接量測電壓訊號，此時電壓訊號 V_{GH} ，如圖3-10所示。並以簡單電學理論來探討此裝置之發電充電可行性。

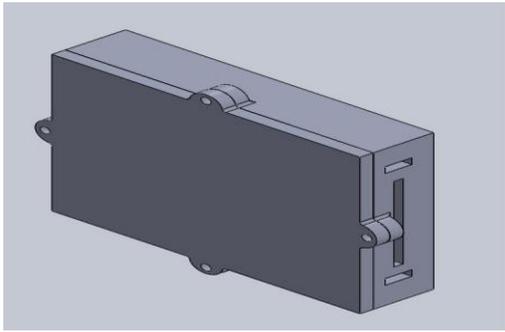


圖3-1 震動式發電機的结构外型

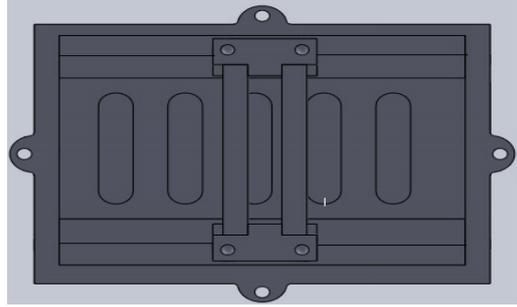


圖 3-2 震動式發電機內部構造

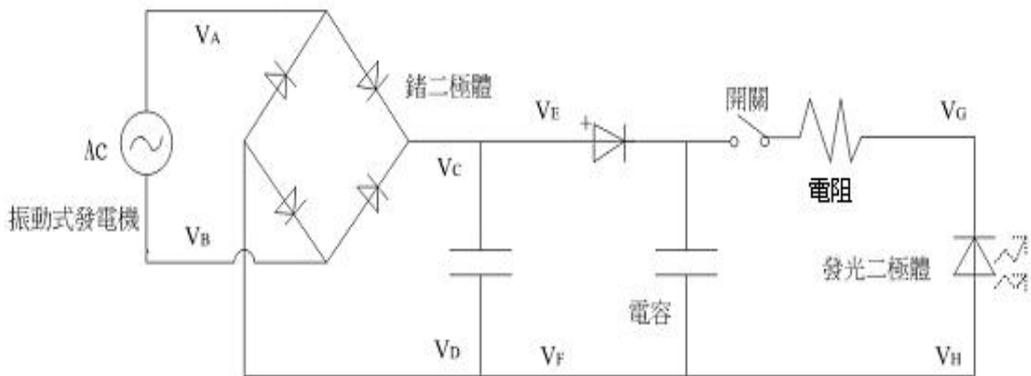


圖 3-3 橋式整流濾波電路

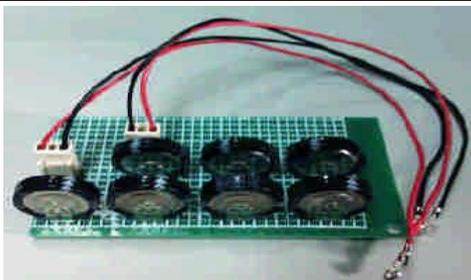


圖3-4 作為儲存電能的傳統電解電容

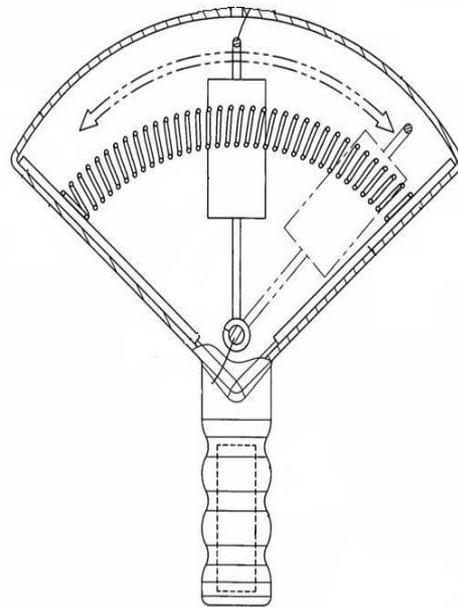


圖3-6 螢光棒結構改良

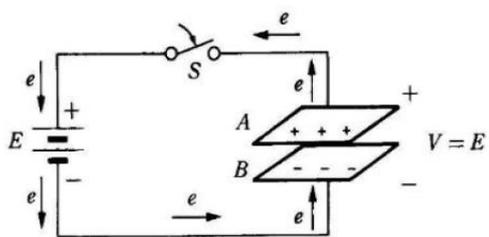


圖3-5 電容運作示意圖

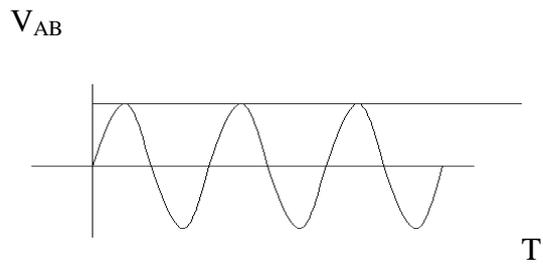


圖3-7 發電機電壓訊號(V_{AB})

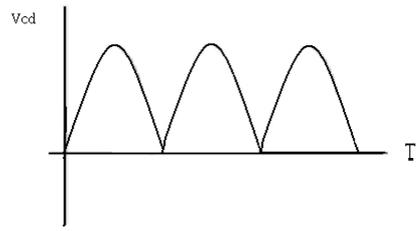


圖3-8經過橋式整流電路，把交流電轉向同向電流(V_{CD})

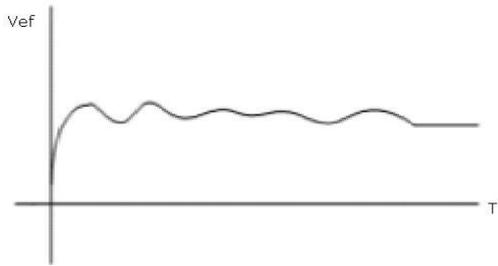


圖3-9 利用電容器將電壓平整化(V_{EF})

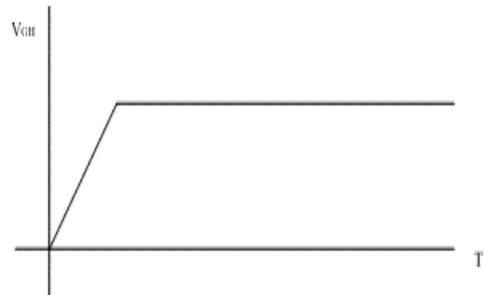


圖3-10 最後輸出電壓訊號(V_{GH})

3-3 實驗設備

3-3-1 示波器

示波器是一種能夠顯示電壓信號動態波形的電子測量儀器。它能夠將時變的電壓信號，轉換為時間域上的曲線，原本看不見的電信號，就可以轉換為二維平面上可直觀的光信號，因此能夠分析電器信號的時域性質。



圖 3-11 示波器外觀

3-3-2 連接示波器

1. 連接示波器

先將圖中探測棒，一端接於示波器，另一端接上本專題之小型發電機進行電壓測試，如圖3-12



圖 3-12 連接示波器

2. 未經過橋式電路(交流電)

先把VOLTS/DIV旋鈕轉到0.5V，檔位切到AC檔，測試最大電壓為2V，探測棒直接連接發電機，如圖3-13、圖3-14所示。



圖 3-13 探測棒連接發電機

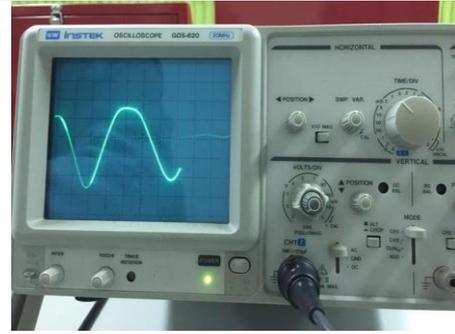


圖 3-14 AC 測試

3. 經橋式電路(直流電)

發電機先與橋式整流電路連接，探測棒再與充電電路的電容兩端連接，再把VOLTS/DIV選鈕轉到5V，檔位切到DC檔，測試最大電壓為20V，如圖3-15、圖3-16所示。



圖 3-15 發電機與橋式整流電路連接

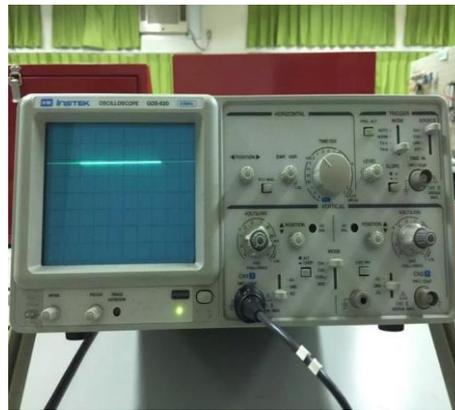


圖 3-16 DC 測試

3-3-3 資料擷取(DAQ)

資料擷取(DAQ)是測量真實訊號的一種紀錄，透過電壓將訊息帶入電腦中分析、辨別、儲存或做其他處理。本電壓測試是使用DAQ卡，是國家儀器NI (National Instruments)的AD/DA卡，此系統是將類比訊號轉換成數位訊號。經LabVIEW程式的配合，以利電腦接收DAQ卡的訊號輸入。

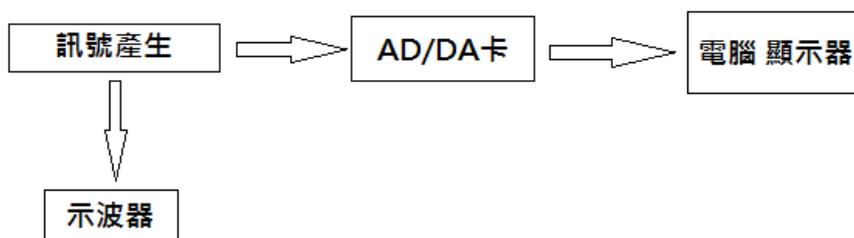


圖3-17資料擷取

本實驗所使用的AD/DA卡為USB介面，先將擷取裝置連接於電腦上，確認可在電腦上使用，開啟程式做測試。



圖3-18 NI USB-6009 DAQ資料擷取卡

LabVIEW 程式測試

步驟一：預先設定頻道，本專題設定在第四頻道。

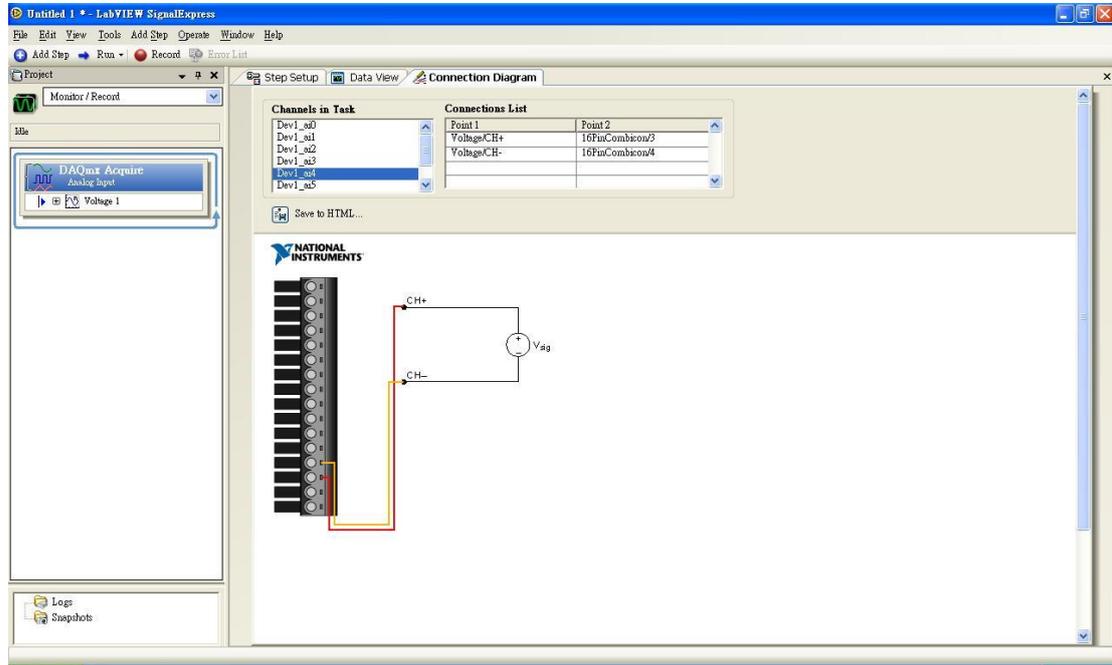


圖 3-19 選擇連接頻道

步驟二：設定更新資料畫面的秒數及擷取資料的頻率。

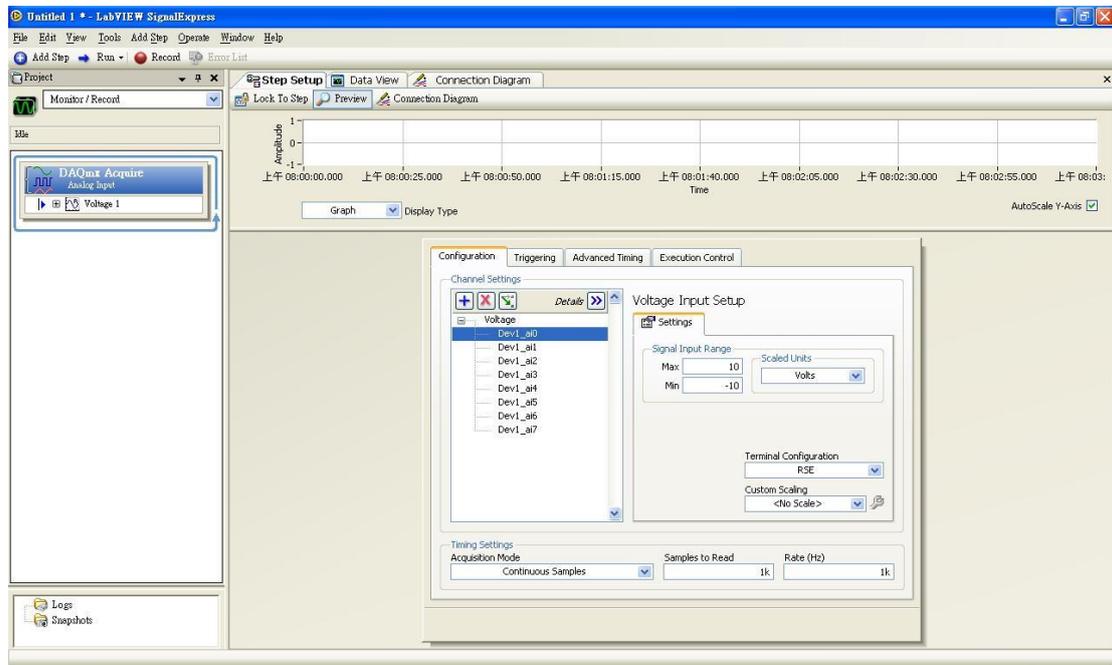


圖 3-20 擷取秒數及擷取頻率選擇

步驟三：尚未接受訊號之雜訊波形。

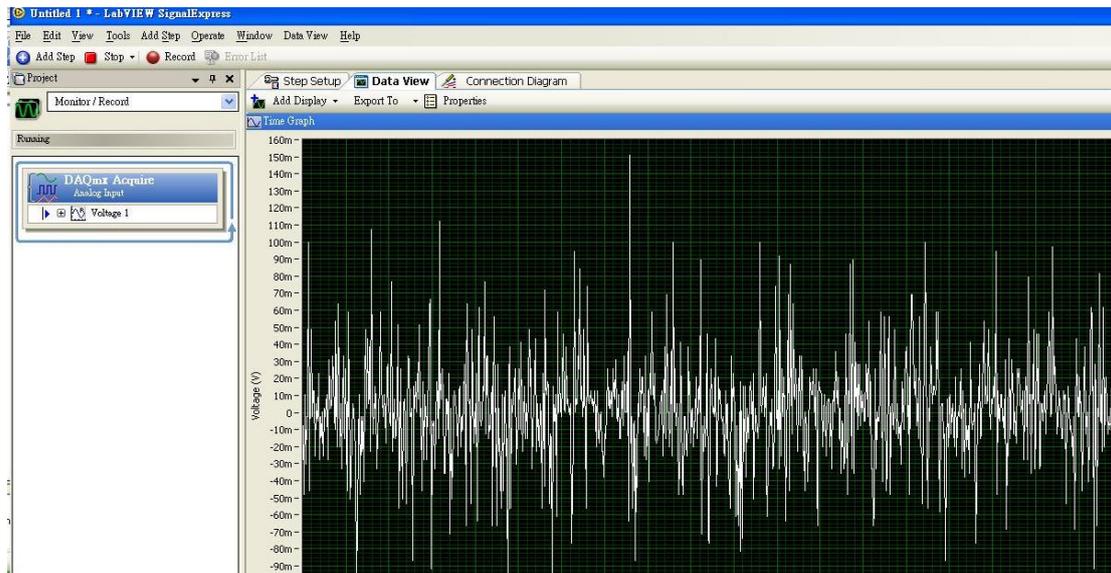


圖 3-21 電路本身所產生之雜訊圖

步驟四：測試中的波形。

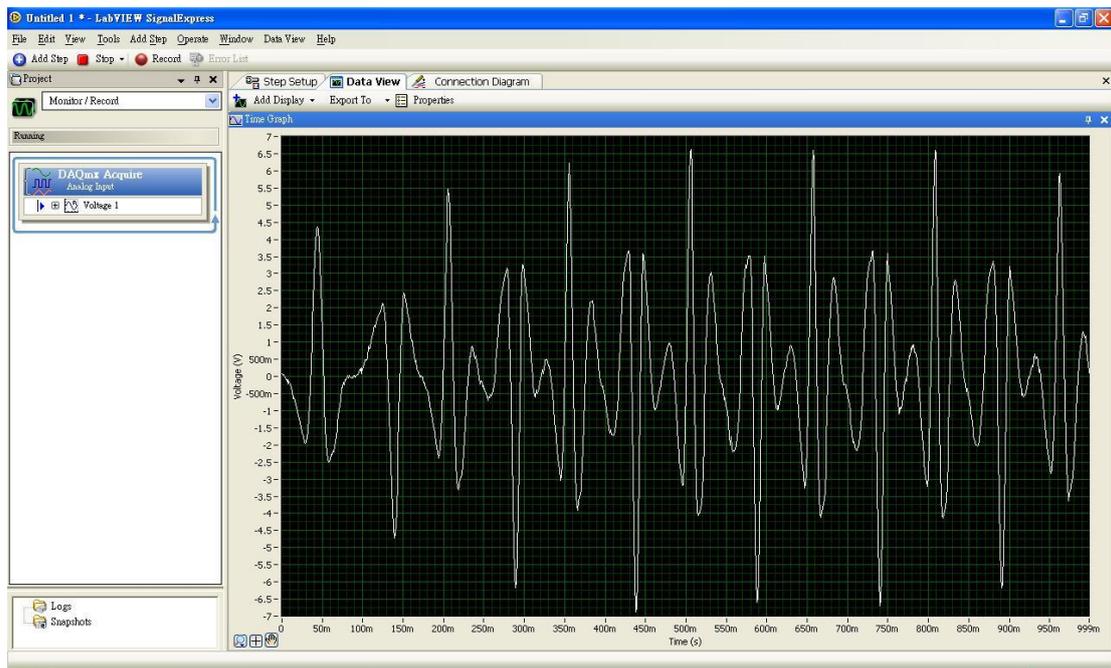


圖3-22 波形擷取圖

步驟五：設定測試後的數據以Excel檔的檔名輸出。

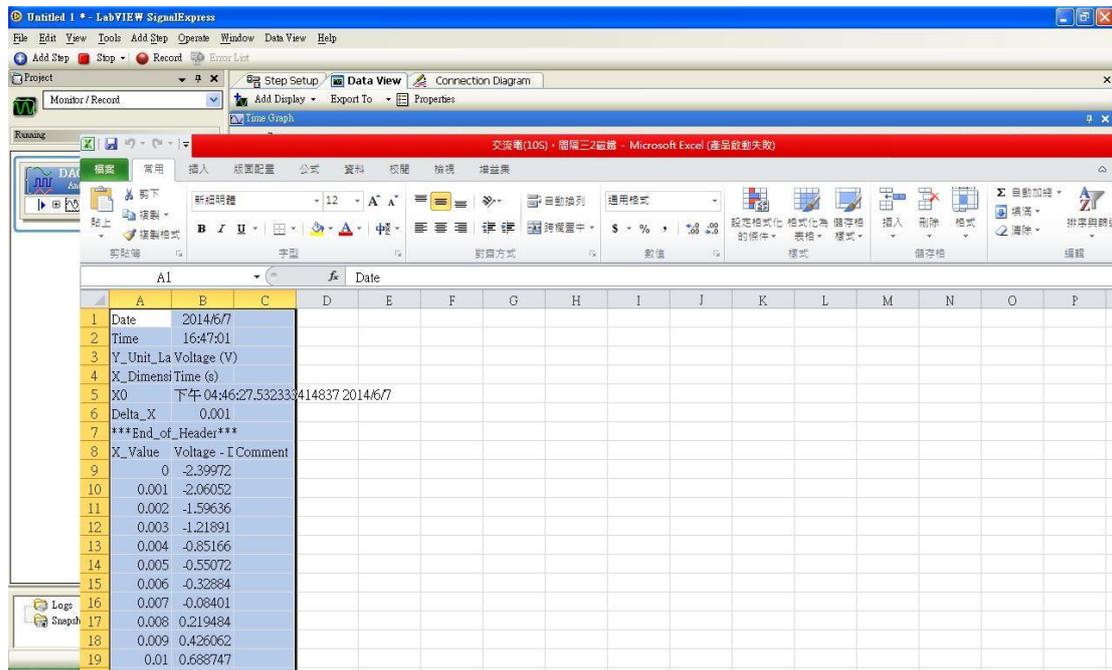


圖 3-23 擷取後的資料儲存於 Excel 檔

第四章、具片狀發電機之登山用充電器製作與實驗

4-1 具片狀發電機實驗模具設計

以下為具片狀發電機實驗模具設計、製作與實驗流程，如圖4-1所示

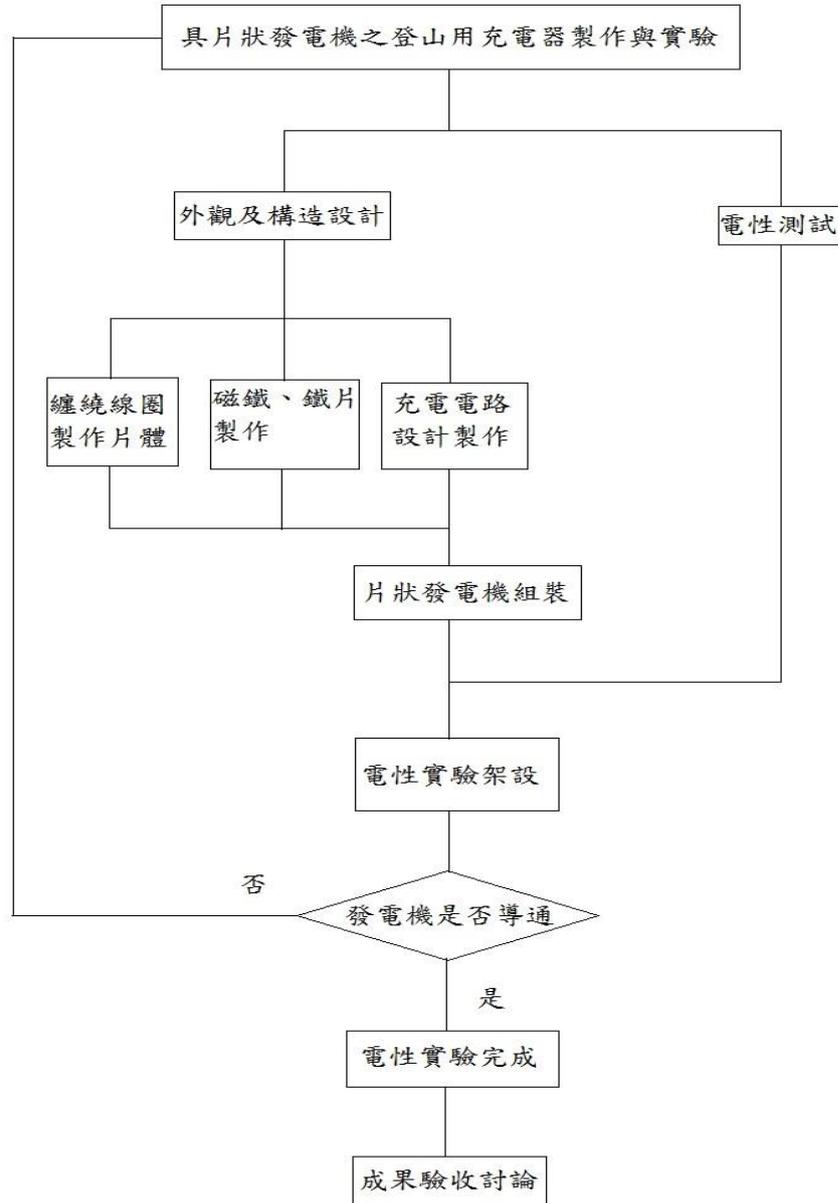


圖 4-1 具片狀發電機實驗模具設計、製作及實驗流程

本實驗運用魚骨圖(fishbone diagram)來釐清具片狀發電機製作問題的所有可能潛在的原因。其中發電製作遇到五大瓶頸，分別是材料、測量設備、人員、線圈製作、發電機組裝，其中有些細節的問題點用魚骨圖來表示，如圖4-2所示。

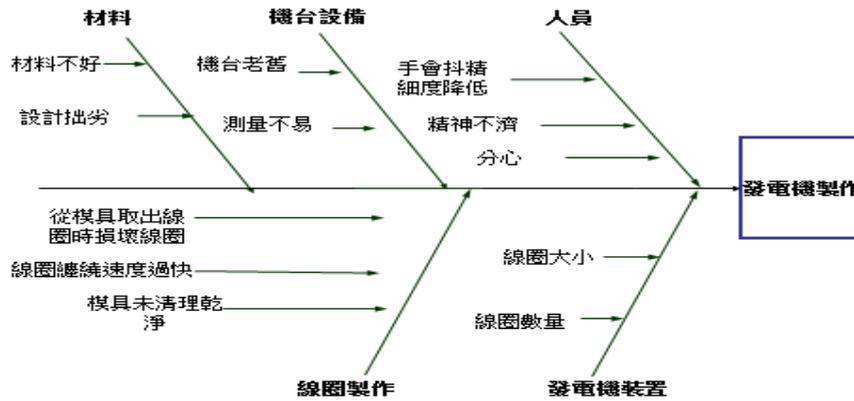


圖 4-2 五大瓶頸

繪製出魚骨圖後，做問題整理，追查真正的原因，並尋找解決的方法，這時魚頭的方向會剛好相反過來，又稱反轉，如圖4-3所示。

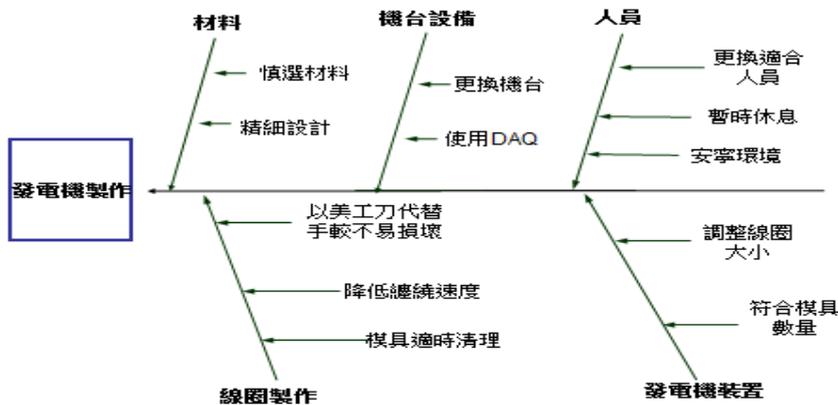


圖 4-3 解決對策

4-2 具片狀發電機製作

4-2-1 線圈纏繞模具製作

以 CNC 車銑床將鋁材加工，製作出單層平面線圈纏繞模具，如圖 4-4 所示。



圖 4-4 線圈纏繞模具

將兩小插銷放置於有鑽小孔的模具中，如圖4-5所示，再將銅線一端由模具上之小孔穿入並在背後黏貼固定，兩長插銷再插入模具底座的孔洞定位，再以虎鉗將其模具底部夾緊固定，如圖4-6所示。固定後銅線以單一方向纏繞於兩模具間，纏繞過程需在兩模具縫隙中塗上白膠，讓線圈互相貼合不鬆散，本專題纏繞200圈線圈作為實驗用的一組平面線圈。

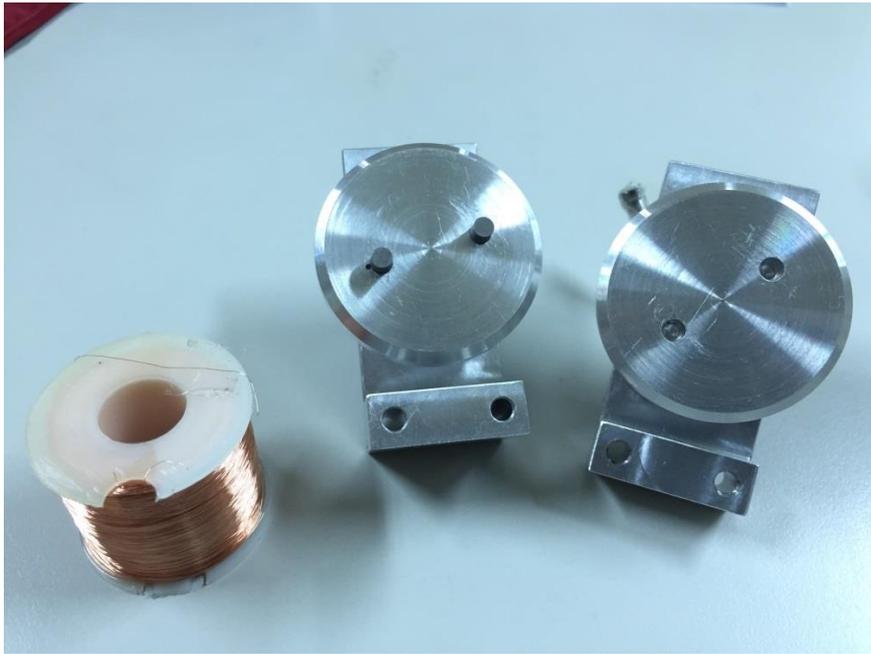


圖 4-5 插入小插銷的纏繞模具



圖 4-6 虎鉗固定纏繞模具

線圈自模具輕輕取下，將線圈上膠固定，使線圈緊實順暢，即完成所纏繞的平面線圈，如圖4-7所示。



圖 4-7 纏繞線圈完成圖

4-2-2 片體製作

線圈纏繞完成後，將線圈置於以3D列印機(圖4-8)製作的片體線圈槽中，並將各線圈頭、尾以焊錫焊接之，並貼上膠帶固定於片體線圈槽中，如圖4-9所示。

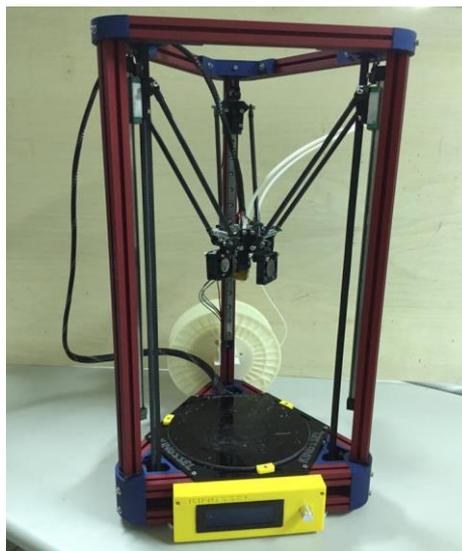


圖4-8 3D列印機



圖4-9 頭尾相連之線圈固定於片體線圈槽中

再使用三用電錶的歐姆檔來量測片體是否導通，如圖4-10所示。



圖4-10 以三用電錶量測片體之線圈

片體完成後，安裝到以3D列印的發電機本體上，本專題是利用片狀線圈與3D列印機列印的滾珠滑動型磁鐵組相對運動可產生電的特性，利用搖擺磁鐵組之磁力線切割線圈，擷取振動的能量或週遭環境機械振動的能量來轉換發電，並記錄相關電壓訊號，如圖4-11所示。



圖 4-11 具片狀發電機實體圖

本發電機構以Solidworks會提軟體設計本發電機結構外型，如圖4-12、4-13所示，其中一組磁鐵的寬度A與線圈槽寬度B相同，線圈槽與線圈槽間的距離C也與線圈槽寬度B相同，線圈槽中線至下一個線圈槽中線之距離稱為單間隔；且本發電機的結構中包含一滾珠滑動型的磁鐵組，利用慣性力及彈力使滾珠滑動型的磁鐵組來回切割片狀線圈而發電。因此，本發電機具有構造簡單、成本低廉、維修容易、便於加工、容易組裝及可大量製造等優點。

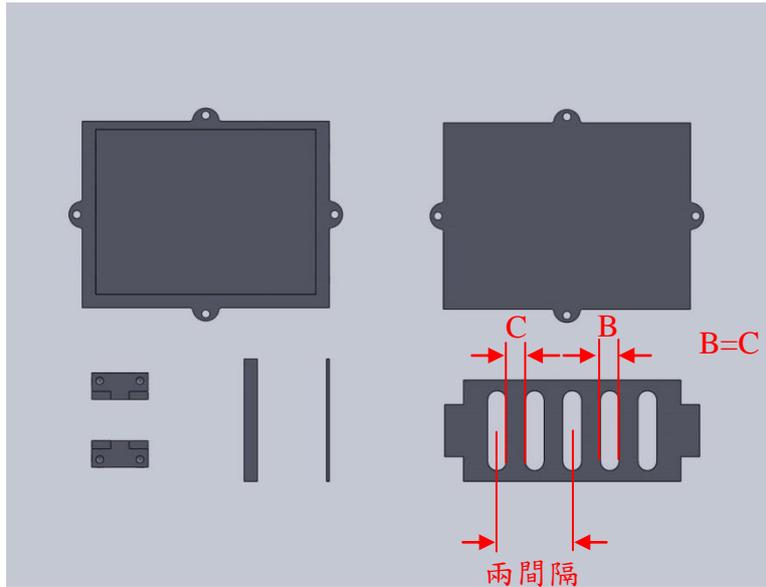


圖 4-12 具片狀發電機分解圖

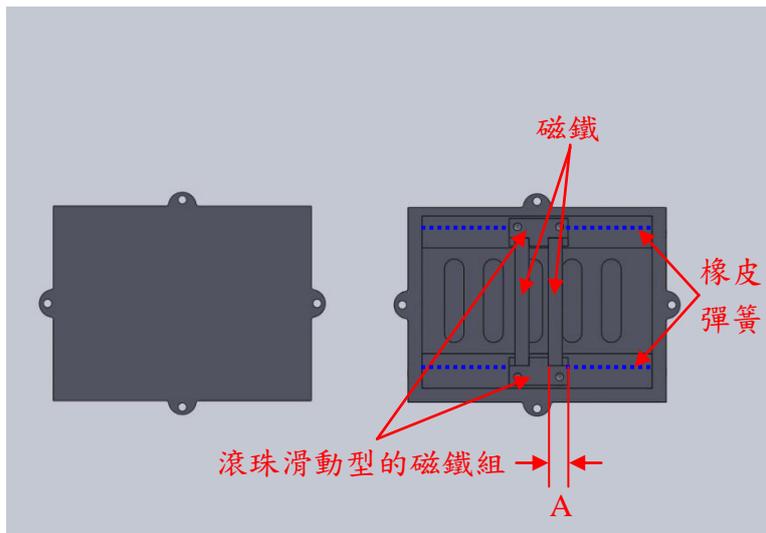


圖 4-13 具片狀發電機組合圖

4-2-3 電子零件

本專題的充電電路使用到如圖4-14~4-19所示的電子元件來製作，其中包括：電容器、電阻、發光二極體、鍺二極體、單蕊線、充電電路板等。



圖 4-14 4700 μ F 的電容器

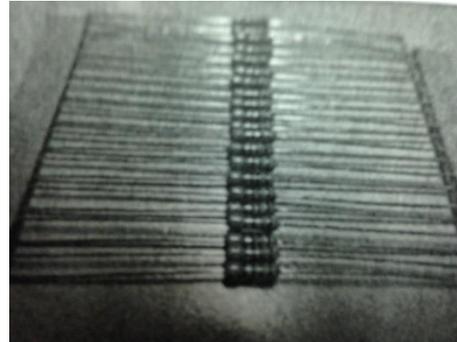


圖 4-15 電阻

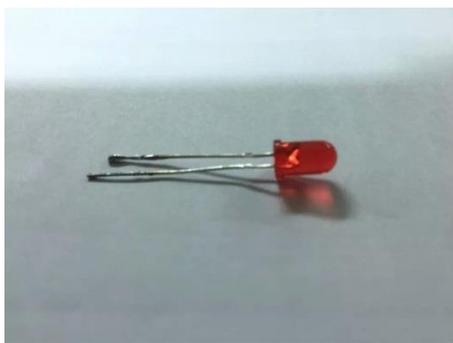


圖 4-16 發光二極體

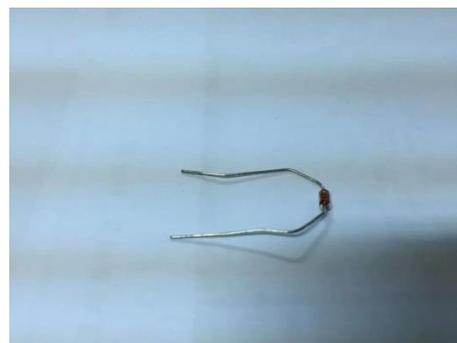


圖 4-17 鍺二極體



圖 4-18 單蕊線



圖 4-19 充電電路板

4-2-4 實驗數據

以兩磁鐵單間隔、三磁鐵兩間隔及兩磁鐵兩間隔的方式作實驗(磁鐵及間隔數之定義如圖4-12及圖4-13所示)，以每秒振動5次(5Hz)的振動平台震動本發電機來作發電電壓試驗。本專題首先以資料擷取卡擷取本發電機所發的交流電電壓訊號，所得電壓與時間關係分別如圖4-20、圖4-21及圖4-22所示。再將本發電機所產生的交流電通過橋式濾波整流電路，讓交流電變成直流電對4700 μ F的電容器進行蓄電，以資料擷取卡擷取電容器30秒的蓄電電壓訊號，所得電壓與時間關係分別如圖4-23、圖4-24及圖4-25所示。

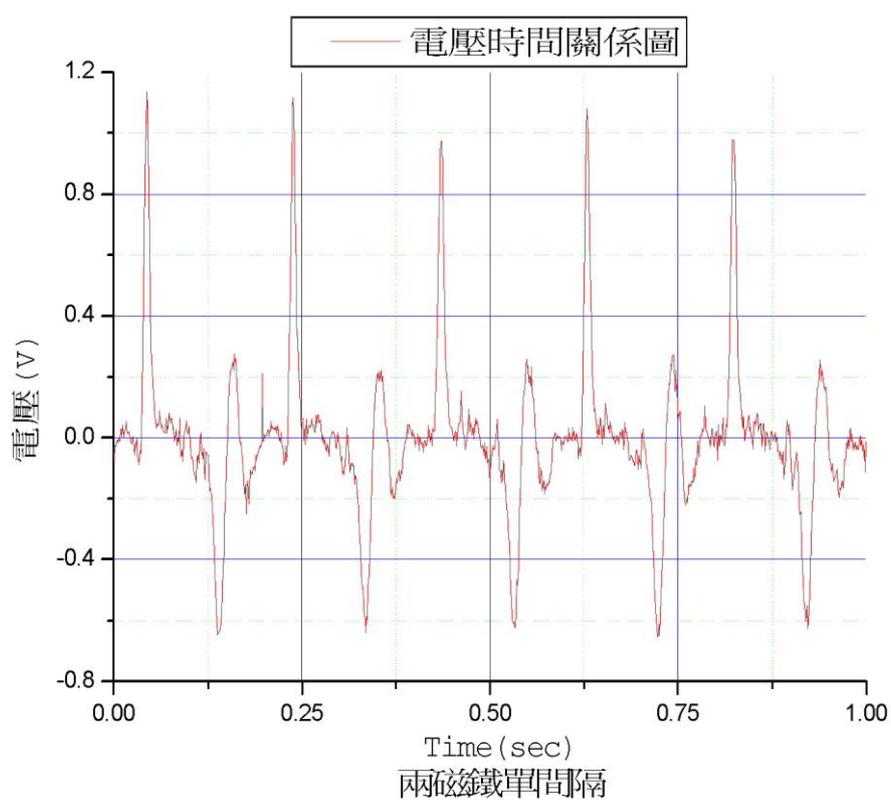


圖 4-20 兩磁鐵單間隔交流電壓與時間關係圖

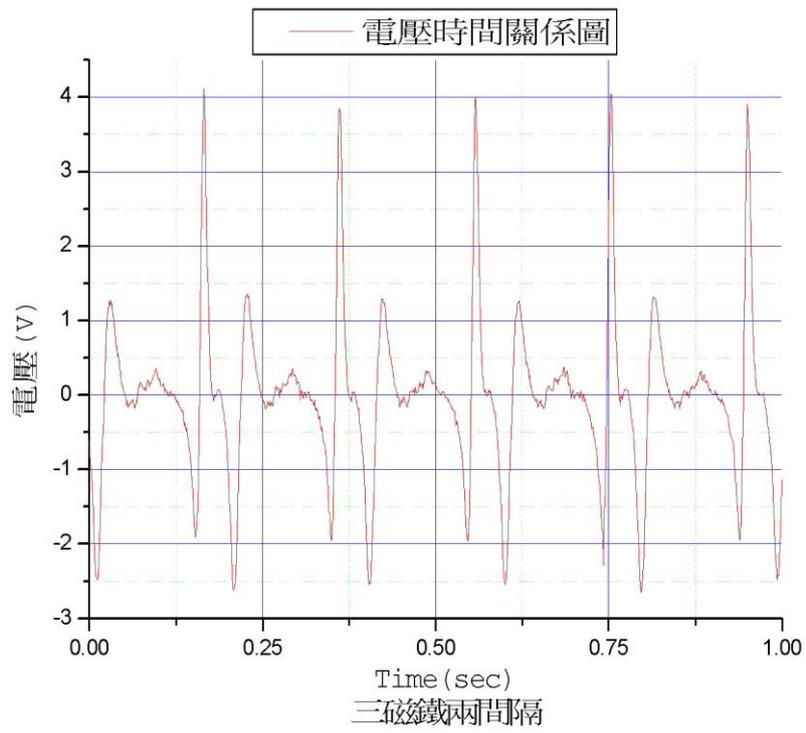


圖 4-21 三磁鐵兩間隔交流電壓與時間關係圖

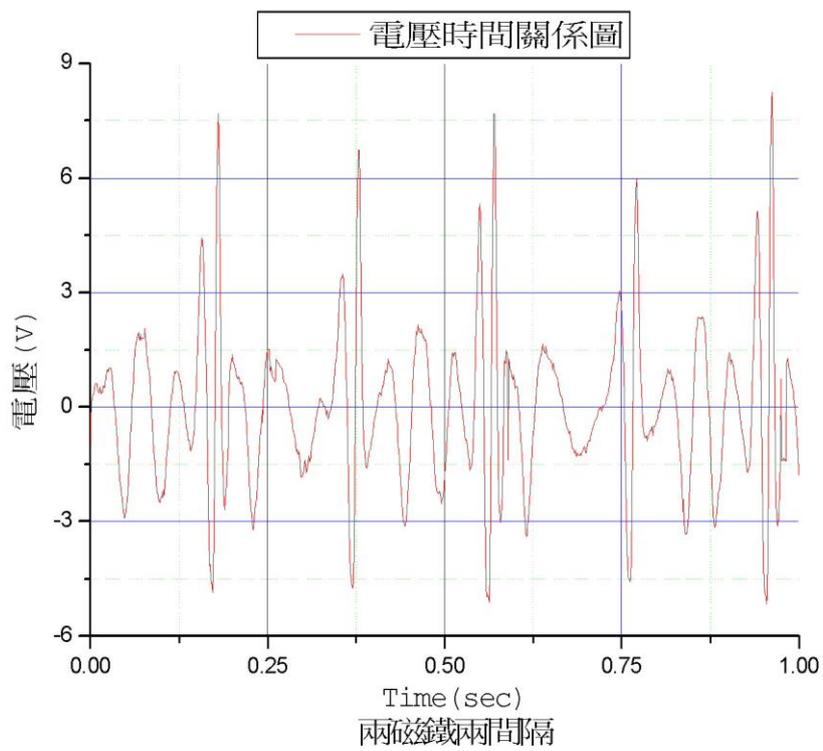


圖 4-22 兩磁鐵兩間隔交流電壓與時間關係圖

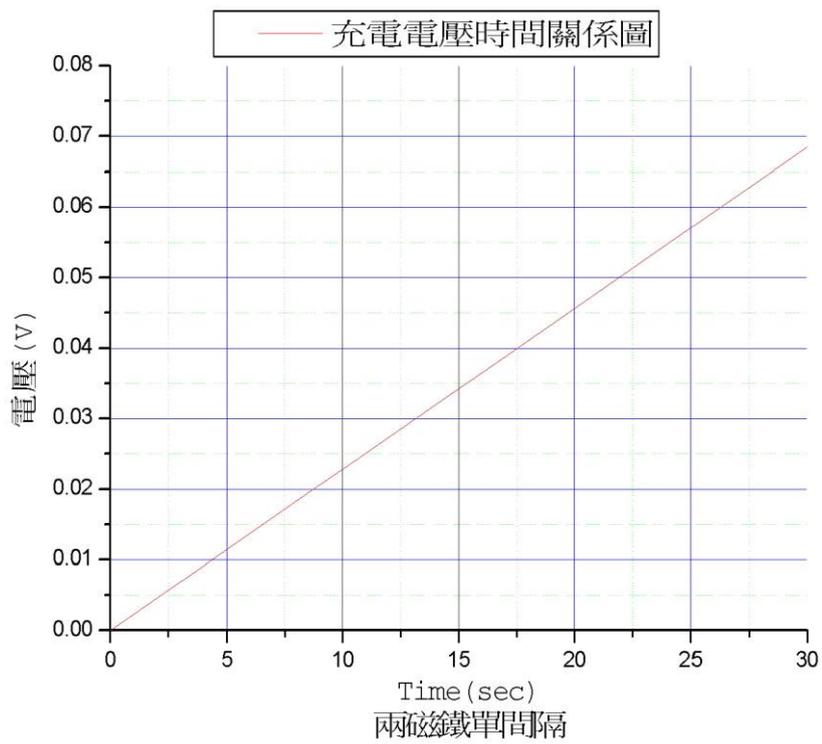


圖 4-23 兩磁鐵單間隔充電電壓與時間關係圖

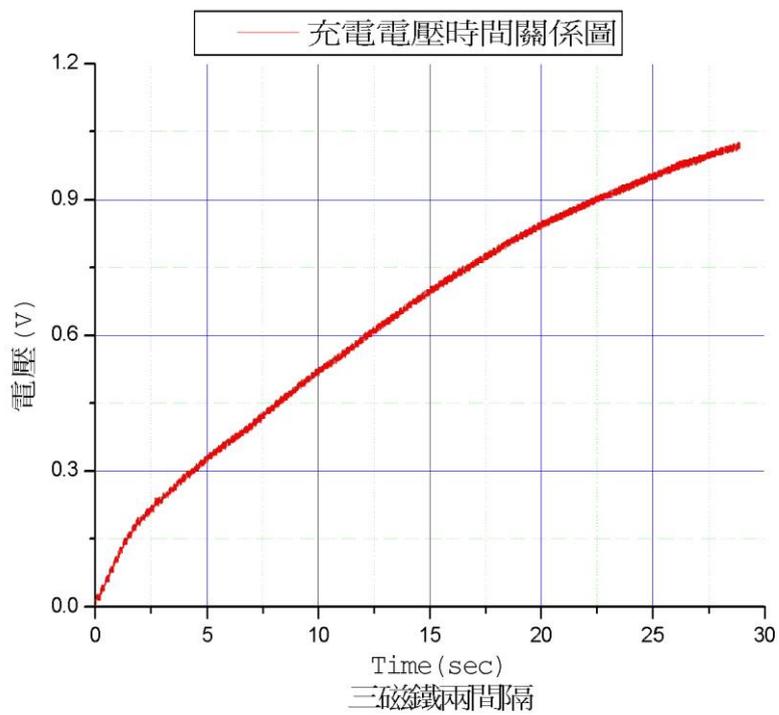


圖 4-24 三磁鐵兩間隔充電電壓與時間關係圖

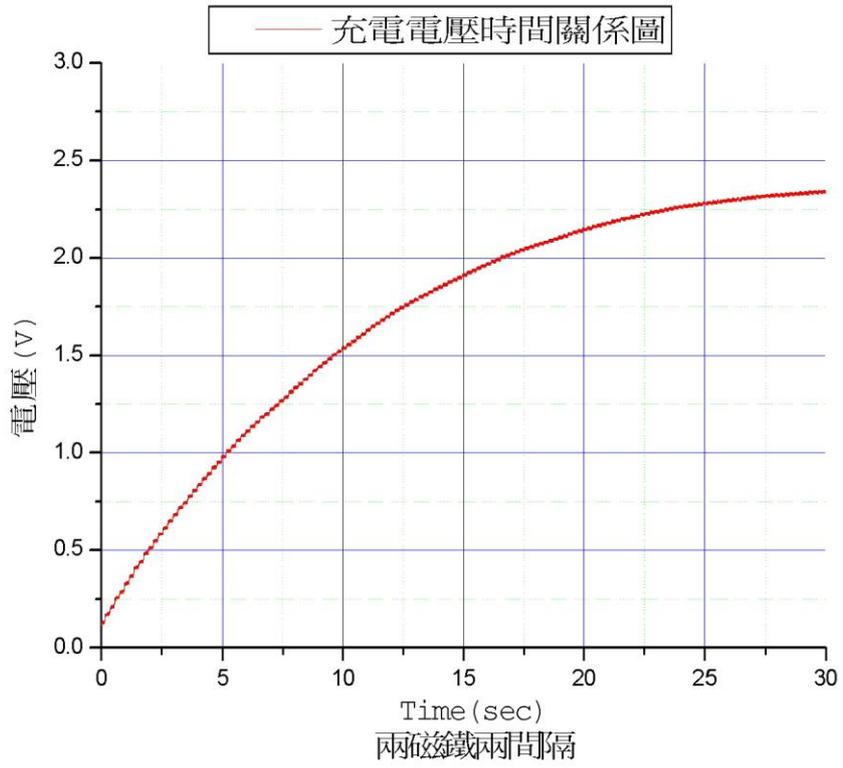


圖 4-25 兩磁鐵兩間隔充電電壓與時間關係圖

由以上實驗得知電容值的大小與電能可以持續多久時間有很大的關係，以從本文所挑選的電容而言，電容值越大的電容，所需要充電的時間較久，但是以電量而言，就有比較多的電量可以使用。而本實驗以磁鐵數及間隔多寡作實驗，讓發電結構震動30秒後，由磁鐵數及間隔多寡與電壓的關係得知(如表4-1及圖4-26所示)，兩磁鐵兩間隔的具片狀式發電機儲能量最大。

表 4-1、磁鐵數及間隔多寡與電壓大小之比較

磁鐵數	兩磁鐵單間隔	三磁鐵兩間隔	兩磁鐵兩間隔
電壓大小	0.068 v	1 v	2.4 v

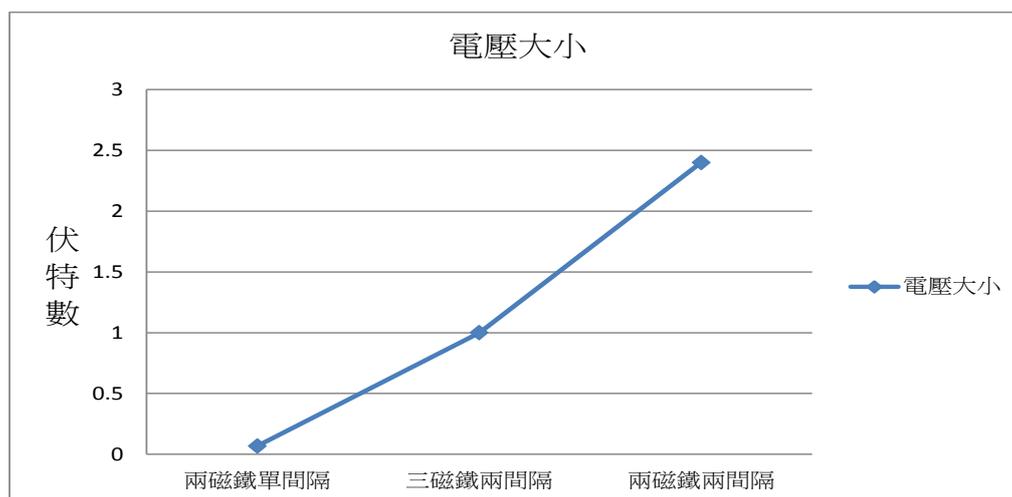


圖 4-26 磁鐵及間隔數與電壓大小關係圖

第五章、結論與建議

5-1 結論

本發電機由以往實驗經驗得知，用來儲能的電容器，電容值越大，充電時間越長，負載作用時間相對越持久，而在電路上除了原本的橋式整流器外，必須再接上充電電路才算完成整個電路。經由充電實驗發現，本具片狀式發電機由原來的無儲能裝置發展出可儲存電能的裝置，可以經由接上儲能電容的負載得知電容器的儲能是有效果的。

由實驗得知，本發電機所發的交流電電壓訊號，發現兩磁鐵單間隔、三磁鐵兩間隔及兩磁鐵兩間隔所得的最大平均電壓分別為0.9、4及7V，可得兩磁鐵兩間隔比三磁鐵兩間隔所得的最大平均電壓還大，原因是因為三磁鐵的磁鐵較重，對以慣性力及橡皮彈簧作震動的結構而言，其慣性較大，不易震動，因此震幅較小，所以電壓比較小；又兩磁鐵單間隔的磁鐵太接近，磁力線較集中在同邊的磁鐵間，在片體間的磁力線較少，所以電壓更小。

另外，再將本發電機所產生的交流電通過橋式濾波整流電路，讓交流電變成直流電對4700 μ F的電容器進行蓄電，以資料擷取卡擷取電容器30秒的蓄電電壓訊號，發現兩磁鐵單間隔、三磁鐵兩間隔及兩磁鐵兩間隔的電容器蓄電電壓分別達到0.068、1及2.4 v，由上述發電機所發的交流電電壓訊號也可以明顯預測本結果。若讓本發電機持續操作，當蓄電電壓超過3V以上，再經由充電電路導入充電電池，一樣可使充電電池充電，這就兼具綠能環保及節能減碳的優點，也可以節省購買電池的費用和減輕登山時背包的重量，讓登山客更輕鬆舒適。

5-2 建議

由於本發電機的發電是利用登山時的運動能量屬於上下、左右搖動的振動模式，而人類活動中處處都有能量存在，例如：跑步、走路及腳踏車，任何可以有搖擺、震動的動作都有運動能量可以運用，任何振動或往返運動的物體上皆可使

用此震動型發電、儲能設備。

但因本發電機目前的結構是屬於單一上下或左右運動的方式產生電能，而其他能量產生的方式可能是上下、左右及前後震動或是搖擺運動產生電能。所以建議結構可設計對應多方向運動的發電方式，就可因應不同運動方向而擷取更多的能量。

5-3 未來發展方向

1. 利用本專題具片狀發電機之充電器電能，供應低電壓之各類電子產品所需電能。
2. 提供新的能源替代方案讓低電壓之各類電子產品業界使用，達成綠色能源之開發目的。
3. 達到節能減碳、環境維護，且符合永續開發再生資源的利用。
4. 本專題成果將投稿論文並發表於綠色能源科技方面的研討會，且提供相關研究成果於展示會中發表。
5. 參加綠色能源方面的競賽及發明展，以拓展能源科技之視野。

參考文獻

1. <http://www.epochtimes.com/b5/6/10/25/n1498694.htm>，意文，”小小廢電池污染大(上)”。
2. 吳家宏，”震動式片狀發電機之構造”，中華民國專利公告號，M361562，2009。
3. Lorrain • Corson(1990) 。《電磁學基本原理與應用》。林道隆。復文書局。
4. 戴文正(1998) 。《小型電動機基礎與微算機控制》。文笙書局
5. http://eshare.stust.edu.tw/EshareFile/2011_6/2011_6_58c0ff20.pdf，黃韋誠，”振動能源”。
6. S.R. Vettori et al, 2001, ”Renewable Energy flashlight”, US patent 6,220,719, to Applied Innovative Technologies Inc., Patent and Trademark Office.
7. 吳家宏，” 螢光棒結構改良”，中華民國專利公告號，M466203，2013。