

中華民國第 57 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 生活與應用科學科

030808

低調也行-應用電磁感應原理探討低頻無線傳輸
及無線充電之效能

學校名稱：高雄市立五福國民中學

作者： 國二 邱裕仁 國二 宋威廷 國二 翁睿甫	指導老師： 陳宗慶 黃之新
---	-----------------------------

關鍵詞：無線充電、低頻、電磁感應

摘要:

無線充電是近年科技發展趨勢，其效能問題仍待提升。實驗一（線圈 200 匝，直徑 4cm，粗細 0.37mm），在不同發射頻率都可測得感應電壓及感應電流，證明可行。實驗二，發射端（線圈 200 匝，直徑 5cm，粗細 0.37mm）與高斯計距離 0 至 5cm 內，磁場強度在 5000Hz 出現最高點，且距離線圈 2cm 時最強。實驗三，方波平均功率達正弦波的 5.85 倍。實驗四，我們最後採用 20000Hz、線圈匝數組合 200：100，轉換效率 15%。實驗五，利用實驗四的結果，找出線圈直徑 4cm：7cm、粗細 0.37mm，轉換功率達 42%。實驗七，1 對 1 與 1 對 2 的線圈組合皆可進行傳輸。實驗八，對充電電池進行五小時充電，電池電流可達到 160mA。

壹、研究動機




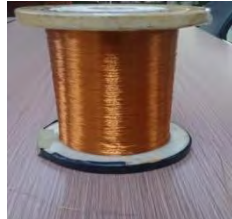











最近在做獨立研究時，發現無線傳輸與充電的有趣主題，因此使我們聯想到在國小的自然課與國中理化課本中就曾學過「電生磁，磁生電」的原理。在課本中，雖未具體敘述無線充電，但其基本原理就是課本「電流磁效應」內容的延伸，以及電磁感應及電感耦合傳送能量等。無線傳輸與充電是近幾年來十分熱門的技術，它可處理線路複雜以及線材損耗的問題，以減少負擔佈線和維護線路的成本。從 wifi 訊號到近幾年的無線鍵盤、無線滑鼠以及無線傳輸都是這個項目的延伸。由於無線電波的頻率非常高，不僅可能對機器及人體造成影響，而且其效能一直是個令人頭痛的問題。所以我們希望利用較低頻無線傳輸的形式，對較低的頻率範圍下不同頻率及不同距離的無線傳輸進行研究以期獲得較佳的效能。並利用改變線圈的直徑及銅線直徑等方式，嘗試找出最適合做低頻無線傳輸的條件。

貳、研究目的

- 一、探討低頻電源無線傳輸之可行性
- 二、比較低頻電源無線傳輸產生的磁場強度
- 三、探討波形對低頻電源無線傳輸之影響
- 四、探討不同匝數的線圈在低頻電源無線傳輸的情形

- 五、探討不同直徑的線圈在低頻電源無線傳輸的情形
- 六、探討不同粗細的銅線在低頻電源無線傳輸的情形
- 七、探討一對二電源無線傳輸之可行性及效能
- 八、探討低頻無線充電之效能

參、研究設備和器材

				
1.訊號產生器	2.示波器	3.單芯線	4.線圈	5.高斯計
				
6.三用電錶	7.線圈	8.麵包板	9.砂紙	10.電阻
				
11.簡易雷壓計	12.充電電池	13.電容	14.LED 燈	15.橋式整流器

肆、低頻無線傳輸、充電裝置製作與文獻探討

無線充電，又稱作感應充電、非接觸式感應充電，是利用近場感應，也就是電感耦合，由供電設備（充電器）將能量傳送至用電的裝置，該裝置使用接收到的能量對電池充電，並同時供其本身運作之用。基本上由於充電器與用電裝置之間以電感耦合傳送能量，兩者之間不需使用電線連接，因此充電器及用電的裝置都可以做到無導電接點外露。相對於有線充電方式，無線充電更具有安全、耐用、方便性等優點。

一、相關資訊：

（一）無線充電：

目前手機以及 3C 產品的大多為有線充電，有線充電的充電效率最高。現在無線充電的技術也有很大的進步及其應用層面，例如手機無線充電、感應磁卡、電動牙刷的無線充電等。

- 1.高頻無線充電：目前市面上利用的無線充電頻率在 100,000Hz 以上屬於高頻率。
- 2.低頻無線充電：我們實驗的無線充電頻率是相較於市面上頻率(100000Hz)較低的。

（二）無線傳輸電源的相關變因：

目前大部分的無線網路都是採用無線電波為傳輸媒介，這是因為它的穿透力強，而且是全方位傳輸，不侷限於特定方向且傳輸範圍廣。

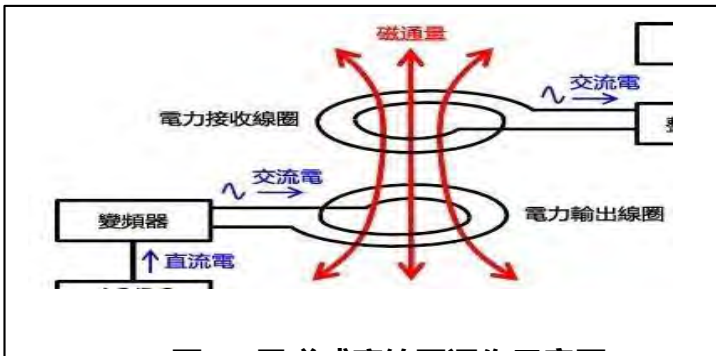
1.電感（Inductance）：電感是閉合迴路的一種屬性，即當通過閉合迴路的電流改變時，會出現電動勢來抵抗電流的改變。如果這種現象出現在自身迴路中，那麼這種電感稱為自感（self-inductance），是閉合迴路自己本身的屬性。假設一個閉合迴路的電流改變，由於感應作用在另外一個閉合迴路中產生電動勢，這種電感稱為互感（mutual inductance）。

電感會隨著線圈圈數、截面積、纏繞直徑而改變，其線圈間感應，也會產生改變。而電感改變會影響接收端測得的最大功率，因此電感值為無線傳輸電源的重要變因。

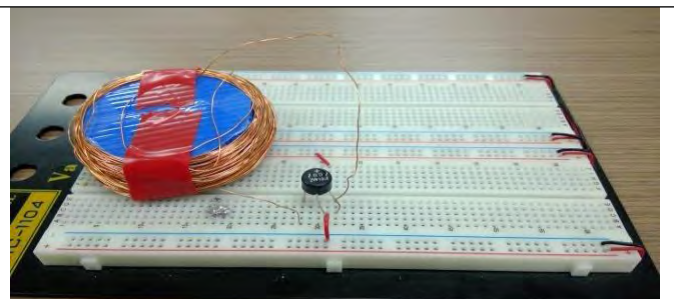
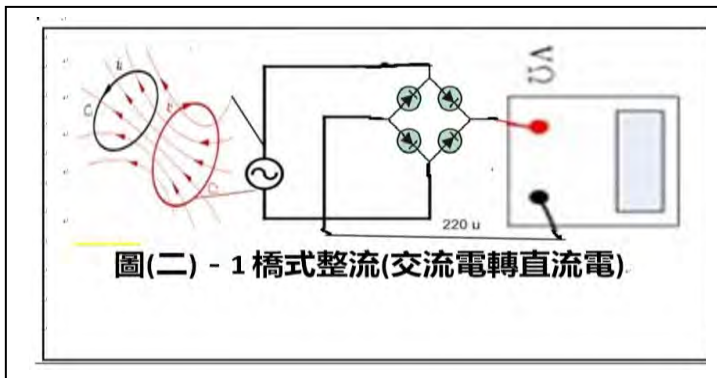
2.傳輸效率：傳輸效率好壞即是充電效果好壞，傳輸效率與距離、發射電源頻率、線圈圈數、截面積、纏繞直徑有直接的影響。所以我們試著改變以上變因，嘗試找出最佳的效率。

(三) 低頻無線傳輸裝置

無線充電運作示意圖如圖(一)

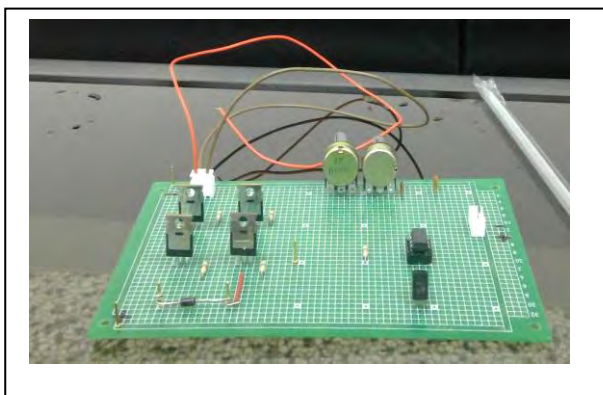


圖(一)是我們的運作示意圖。將直流電透過機器或電路轉為交流電後通入發射端線圈後，利用電磁感應原理使發射端和接收端感應，達到無線傳輸之目的。



圖(二)-2 橋式整流實際圖

橋式整流器是由四隻整流矽晶片作橋式連接，外用絕緣朔料，大功率橋式整流器在絕緣層外添加鋅金屬殼包封，增強散熱。整流橋堆一般用在全波整流電路中，它又分為全橋與半橋。全橋是由 4 隻整流二極體按橋式全波整流電路的形式連接並封裝為一體構成。



555 IC 由 Hans R. Camenzind 於 1971 年設計出來，並於 Signetics 公司 1972 年首次推出，很快的就普及全球。此 IC 的主要功能是做為方波產生器、振盪器或計時器，是數位電路常使用的元件，通常做成 8 PIN DIP 形式出售。一般常見的 555 計時晶片有 SE555、NE555、LM555...等，基本上用法均相同

二、名詞解釋：

(一) 電磁感應原理：

電磁感應 (Electromagnetic induction)，是指放在變化磁通量中的導體，會產生電動勢。此電動勢稱為感應電動勢或感生電動勢，若將此導體閉合成一迴路，則該電動勢會驅使電子流動，形成感應電流 (感生電流)

實驗一、探討低頻電源無線傳輸之可行性

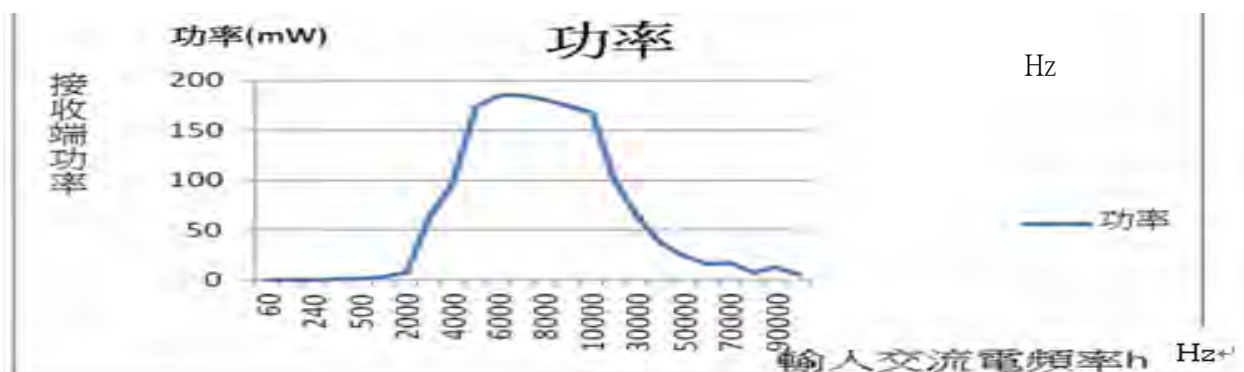
一、實驗步驟：

- (一)將粗細為 0.37mm 的漆包線纏繞為直徑大小約 4cm、200 圈的線圈兩組分別作為發射端與接收端。
- (二)發射端連接到 60~100000Hz 交流電電源上(18V)，並將接收端連接於示波器及圖(二)之整流電路。
- (三)將兩線圈交疊，距離為零後調整發射端之頻率(60~100000Hz)，分別測量接收端之交流電壓,直流電流,直流電壓，並以 LED 燈進行測試。
- (四)分別紀錄實驗結果於表一、並作圖(三)。

二、實驗數據：

表一

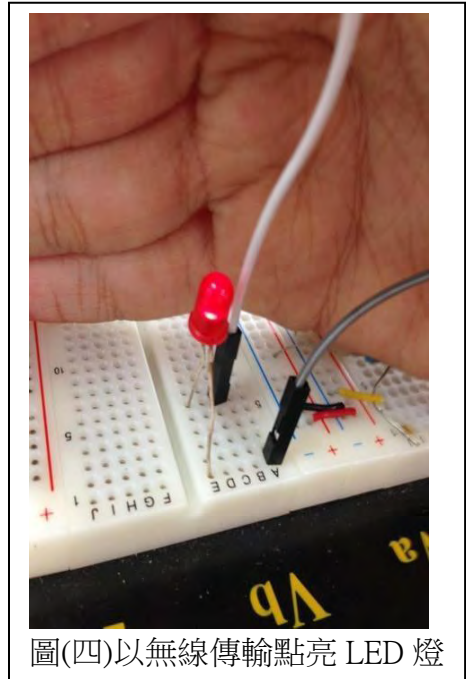
頻率 Hz	交流電壓(V)	直流電壓(V)	直流電流(mA)	功率(mW)	頻率 Hz	交流電壓(V)	直流電壓(V)	直流電流(mA)	功率(mW)
60	26.4	0.55	0.05	0.03	8000	25.8	6.33	28.60	181.04
120	26.4	0.66	0.11	0.07	9000	25.4	6.45	27.10	174.80
240	26.8	1.05	0.22	0.23	10000	25.8	6.55	25.60	167.68
300	26.8	1.34	0.28	0.38	20000	23.6	7.11	14.20	100.96
500	26.8	1.77	0.47	0.83	30000	23.0	7.74	8.21	63.55
1000	26.8	2.78	0.95	2.64	40000	19.0	7.15	5.08	36.32
2000	26.8	3.97	1.90	7.54	50000	18.4	7.29	3.35	24.42
3000	26.8	4.73	13.59	64.28	60000	27.0	7.04	2.33	16.40
4000	26.6	5.27	17.89	94.28	70000	18.4	11.36	1.46	16.59
5000	26.4	5.67	30.60	173.50	80000	16.6	6.77	1.15	7.79
6000	26.4	5.96	31.00	184.76	90000	21.0	13.35	0.93	12.42
7000	26.0	6.18	30.00	185.40	100000	42.8	6.68	0.76	5.08



圖(三)

三、實驗結果與討論：

- (一)經上表可以得知，在 60~100000 赫茲的交流電源頻率下，都可以測到感應電壓及感應電流。而功率在 7000Hz 時達到最高點 185.4(mW),為輸入功率的 41%。
- (二)接上 LED 燈之後，也會亮如圖(四)，證明我們的無線傳輸電源是可以成功進行傳輸，且可以驅動一些小功率的電子產品的。



圖(四)以無線傳輸點亮 LED 燈

實驗二、比較低頻電源無線傳輸產生的磁場強度

發射端電源頻率範圍(60~100,000Hz)

一、實驗步驟:

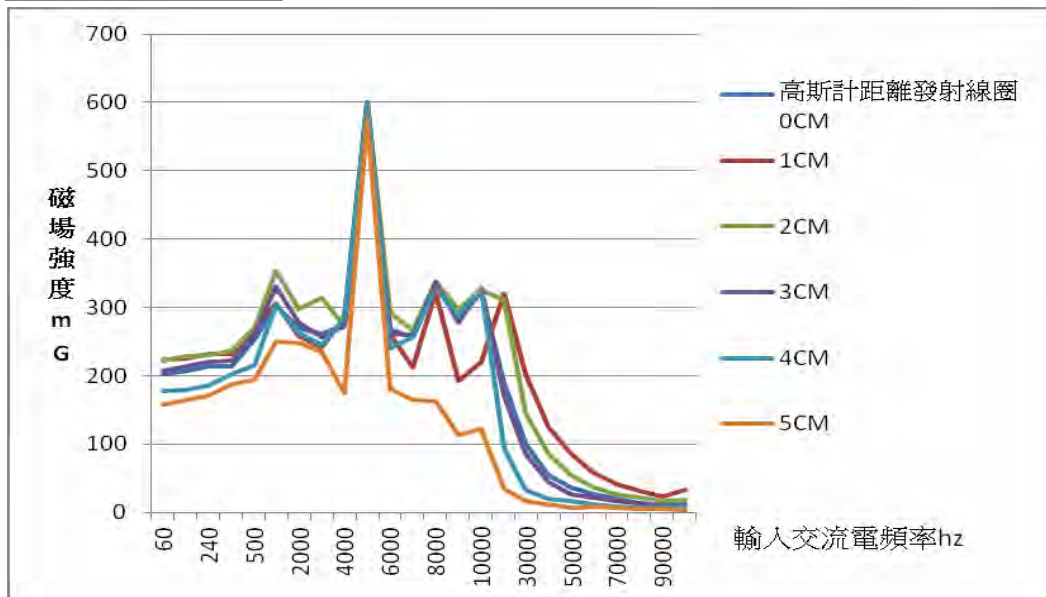
- (一)選取粗細為 0.37mm 的漆包線纏繞為直徑大小約 4cm、100 圈的線圈一組作為發射端。
- (二)發射端連接到 60~100,000Hz 交流電電源上，輸出電壓(18V)電流強度(50mA)，並將接收端連接於示波器。
- (三)將兩線圈交疊，距離為零後，分別調整發射端之頻率(60~10000Hz)，並將高斯計緊貼於發射端中心。
- (四)將實驗結果分別紀錄於表(二)。
- (五)改變測量距離重複步驟一至四，分別紀錄實驗結果於表(二)，並將表二至表七繪圖於圖(五)。

二、實驗數據：

表(二)電磁波強度與發射端距離(cm)

0		1		2		3		4		5	
頻率 (Hz)	功率 (mW)	頻率 (Hz)	功率 (mW)	頻率 (Hz)	功率 (mW)	頻率 (Hz)	功率 (mW)	頻率 (Hz)	功率 (mW)	頻率 (Hz)	功率 (mW)
60	202	60	224	60	222	60	207	60	177	60	158
120	208	120	226	120	228	120	214	120	179	120	165
240	213	240	232	240	230	240	220	240	185	240	171
300	214	300	232	300	236	300	222	300	202	300	188
500	254	500	269	500	269	500	262	500	216	500	194
1000	303	1000	306	1000	354	1000	331	1000	304	1000	250
2000	270	2000	258	2000	297	2000	278	2000	263	2000	249
3000	262	3000	242	3000	314	3000	257	3000	245	3000	235
4000	275	4000	286	4000	273	4000	273	4000	284	4000	174
5000	600	5000	600	5000	600	5000	600	5000	600	5000	577
6000	268	6000	261	6000	293	6000	261	6000	240	6000	181
7000	257	7000	212	7000	266	7000	260	7000	257	7000	165
8000	337	8000	323	8000	337	8000	337	8000	329	8000	163
9000	285	9000	192	9000	297	9000	278	9000	288	9000	113
10000	323	10000	220	10000	325	10000	327	10000	329	10000	121
20000	189	20000	321	20000	311	20000	171	20000	93	20000	35
30000	100	30000	202	30000	145	30000	85	30000	33	30000	16
40000	54	40000	125	40000	86	40000	45	40000	20	40000	11
50000	36	50000	85	50000	54	50000	27	50000	16	50000	7
60000	27	60000	58	60000	37	60000	22	60000	12	60000	9
70000	20	70000	41	70000	27	70000	17	70000	8	70000	7
80000	13	80000	32	80000	22	80000	14	80000	7	80000	5
90000	12	90000	23	90000	16	90000	9	90000	7	90000	5
100000	12	100000	33	100000	18	100000	10	100000	6	100000	4
平均	197	平均	208	平均	219	平均	197	平均	179	平均	133

磁場強度 mG



圖(五)不同頻率和距離下的磁場強度

三、實驗結果與討論：

(一)發現在低頻無線傳輸時，可以根據不同頻率時所產生的磁場強度繪製出其特性軸。磁場最高點相當接近，大約在 5000HZ 時達到最強。

(二)我們利用直徑 4cm 銅線直徑 0.37mm、100 圈線圈單獨進行測試，不接收端是因為兩個線圈會產生互感，導致電感增加，可能對實驗造成影響。雖然我們已經盡量選擇在本次實驗中電感較小的線圈，但磁場強度最高點還是在低頻的範圍內。

(三)由於低頻電磁波穿透力較強，而測得的磁場強度又較大，所以決定利用低頻電磁波進行實驗。

(四)本實驗測到 100,000Hz 時已經可以發現，磁場自最高點約在 5000HZ，超過 5000HZ 後開始有下降的趨勢。

(五)由實驗發現，磁場最強點並不是在緊貼線圈的地方，而是在距離線圈中心外約 2cm 處。

(六)基於本實驗結果，我們決定以頻率 100,000HZ 以下的交流電進行爾後實驗。

實驗三、探討波形對低頻電源無線傳輸之影響

一、實驗步驟：

(一)將粗細為 0.37mm 的漆包線纏繞為直徑大小約 4cm、200 圈的線圈兩組分別作為發射端與接收端。

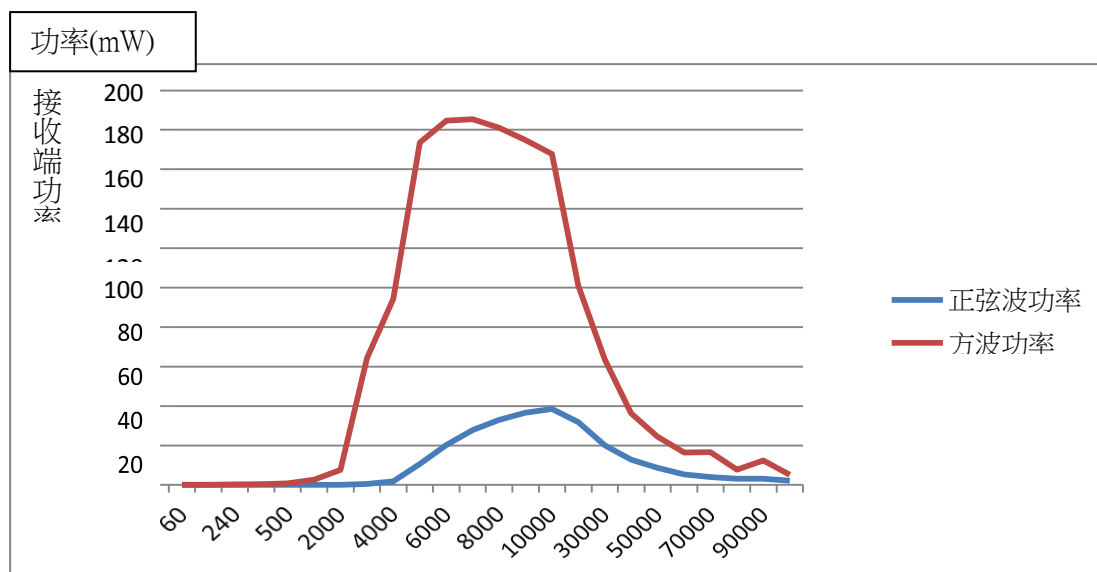
(二)以 60~100,000Hz 訊號產生器分別產生正弦波與方波，連接於發射端，輸出交流電壓為(18V)電流強度為(50mA)，並將接收端連接示波器及橋式整流器(將交流電轉為直流電)。

(三)測量接收端之交流電壓、直流電壓、直流電流，並記錄正弦波、方波於表(三)。

(四)將表(三) 之接收端功率繪圖於圖(六)。

二、實驗數據：

表(三)不同波型之紀錄										
正弦波					方波					
頻率 Hz	交流電 壓(V)	直流電 壓(V)	直流電 流(mA)	功率 (mW)	頻率 Hz	交流電 壓(V)	直流電 壓(V)	直流電 流(mA)	功率 (mW)	
60	0.092	0.25	0.000	0.00	60	26.4	0.55	0.05	0.03	
120	0.152	0.26	0.000	0.00	120	26.4	0.66	0.11	0.07	
240	0.280	0.25	0.000	0.00	240	26.8	1.05	0.22	0.23	
300	0.350	0.42	0.000	0.00	300	26.8	1.34	0.28	0.38	
500	0.044	0.23	0.000	0.00	500	26.8	1.77	0.47	0.83	
1000	1.080	0.29	0.000	0.00	1000	26.8	2.78	0.95	2.64	
2000	2.060	0.53	0.027	0.01	2000	26.8	3.97	1.90	7.54	
3000	2.900	0.87	0.552	0.48	3000	26.8	4.73	13.59	64.28	
4000	3.580	1.19	1.570	1.87	4000	26.6	5.27	17.89	94.28	
5000	4.120	1.48	7.230	10.70	5000	26.4	5.67	30.60	173.50	
6000	4.560	1.71	11.800	20.18	6000	26.4	5.96	31.00	184.76	
7000	4.900	1.90	14.630	27.80	7000	26.0	6.18	30.00	185.40	
8000	5.240	2.06	16.040	33.04	8000	25.8	6.33	28.60	181.04	
9000	5.400	2.20	16.630	36.59	9000	25.4	6.45	27.10	174.80	
10000	5.600	2.30	16.710	38.43	10000	25.8	6.55	25.60	167.68	
20000	6.280	2.78	11.440	31.80	20000	23.6	7.11	14.20	100.96	
30000	6.440	2.91	6.920	20.14	30000	23.0	7.74	8.21	63.55	
40000	6.520	2.97	4.310	12.80	40000	19.0	7.15	5.08	36.32	
50000	6.640	3.01	2.840	8.55	50000	18.4	7.29	3.35	24.42	
60000	6.700	3.04	1.716	5.22	60000	27.0	7.04	2.33	16.40	
70000	6.820	3.05	1.310	4.00	70000	18.4	11.36	1.46	16.59	
80000	6.940	3.06	1.027	3.14	80000	16.6	6.77	1.15	7.79	
90000	7.040	3.80	0.823	3.13	90000	21.0	13.35	0.93	12.42	
100000	7.160	3.11	0.673	2.09	100000	42.8	6.68	0.76	5.08	



圖(六)不同波形之接收端功率

三、實驗結果與討論：

- (一)方波的直流電流及功率較高，平均功率約為正弦波的 5.85 倍，推測是因為方波的波形相較於正弦波波形較陡，起伏較劇烈，因此之後均採用方波來進行實驗。
- (二)經實驗測得，方波的交流電壓、直流電壓、直流電流都比正弦波大。推測由於方波的高低電位變化較正弦波明顯，而產生的磁場交變也較明顯，因此各項數值均比正弦波來的好。
- (三)實驗中發現，在 8000HZ 時方波功率開始和正弦波功率接近，在示波器上顯示的波形也開始接近正弦波。

實驗四、探討不同匝數的線圈在低頻電源無線傳輸情形

一、實驗步驟：

- (一) 選擇粗細為 0.37mm 的漆包線纏繞為直徑大小約 4cm 的線圈 (匝數為 100 圈、200、300、400 圈)兩組，分別作為發射端與接收端
- (二) 發射端連接到 60~100,000Hz 交流電電源上(電壓 18V，電流 50mA)並使其產生方波，並將接收端連接於示波器。
- (三) 將兩線圈交疊（距離為零）後，分別調整發射端之頻率(60~100000Hz)，測量接收端之直流電流、直流電壓。
- (四) 改變線圈匝數重複步驟 1~3。將各種配對匝數下所測得的最大功率及其頻率，紀錄於表(十)-1，並將符合手機充電電壓之數據紀錄於表(四)-2。
- (五)分別將發射端 100 匝、200 匝、300 匝、400 匝的線圈與各種不同匝數接收端之接收端

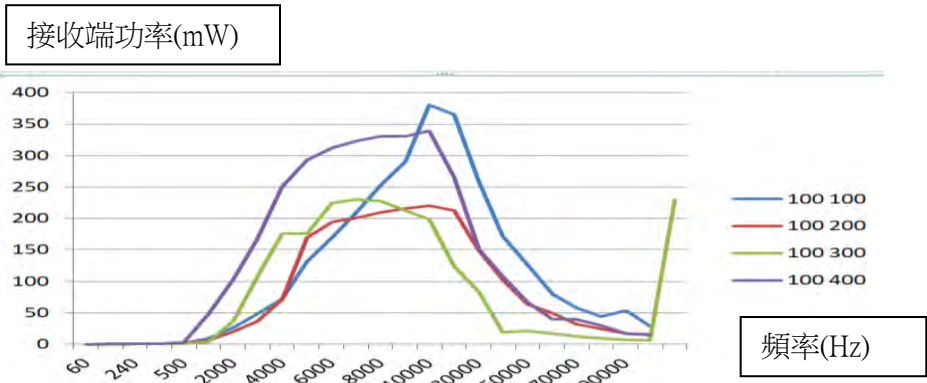
功率繪圖於圖(七)至圖(十)。

(六)分別將接收端 100 匝、200 匝、300 匝、400 匝的線圈與各種不同匝數發射端之接收端
功率繪圖於圖(十一)至圖(十四)。

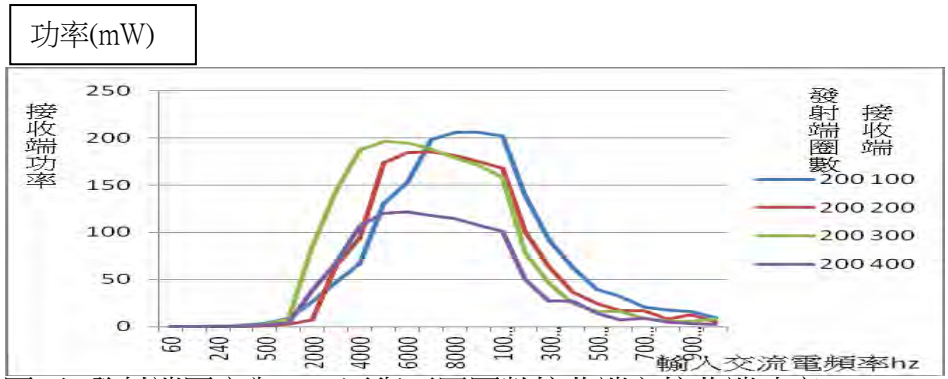
二、實驗數據：

表(四)-1 不同匝數的線圈測得最大功率及其頻率					
圈數/測得最大 功率(mW)/及其 頻率		發射端			
		100 圈	200 圈	300 圈	400 圈
接收 端	100 圈	10000HZ	10000HZ	7000HZ	10000HZ
		379.953(mW)	220.095(mW)	229.469(mW)	339.6633(mW)
	200 圈	8000HZ	7000HZ	5000HZ	6000HZ
		205.66(mW)	185.4(mW)	196.64(mW)	121.522(mW)
	300 圈	30000HZ	5000HZ	4000HZ	3000HZ
		10.2949(mW)	75.031(mW)	102.7818(mW)	70.8874(mW)
	400 圈	9000HZ	6000HZ	4000HZ	3000HZ
		73.355(mW)	49.2618(mW)	104.178(mW)	233.244(mW)

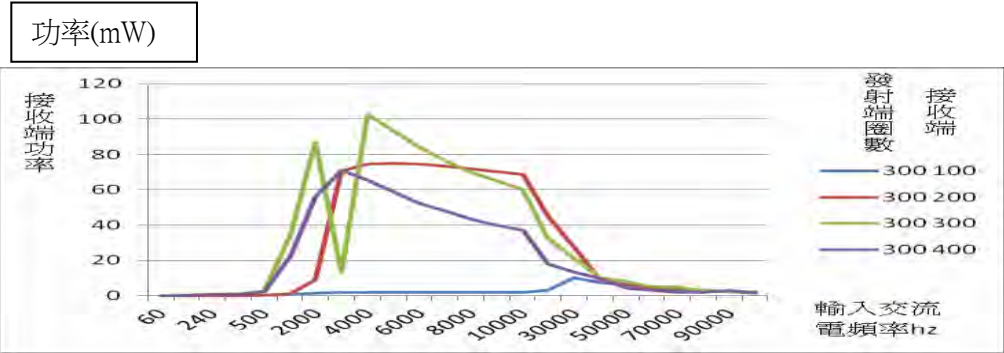
表(四)-2									
發射端 圈數	接收端 圈數	頻率 (Hz)	電壓 (v)	電流	發射端 圈數	接收端 圈數	頻率 (Hz)	電壓 (v)	電流 (mA)
100	100	3000	4.97	9.67	300	300	3000	5.11	2.63
100	400	500	4.77	0.52	300	400	3000	4.78	14.83
200	100	20000	4.95	28.1	300	400	4000	5	13.08
200	100	30000	5.15	17.9	300	400	5000	5.14	11.44
200	100	50000	5.14	7.7	300	400	6000	5.19	10.1
300	200	2000	4.86	1.897	400	200	60000	5.06	1.33
					400	300	3000	5.1	18.74



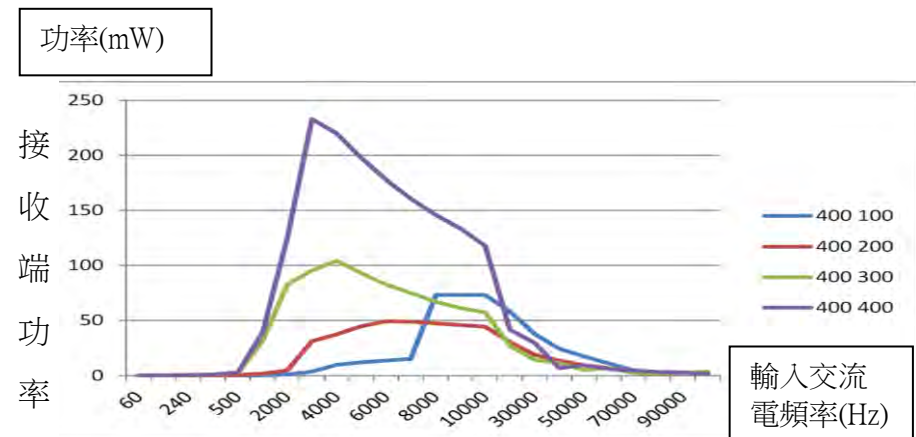
圖(七)發射端固定為 100 匝與不同圈數接收端之接收端功率



圖(八)發射端固定為 200 匝與不同圈數接收端之接收端功率

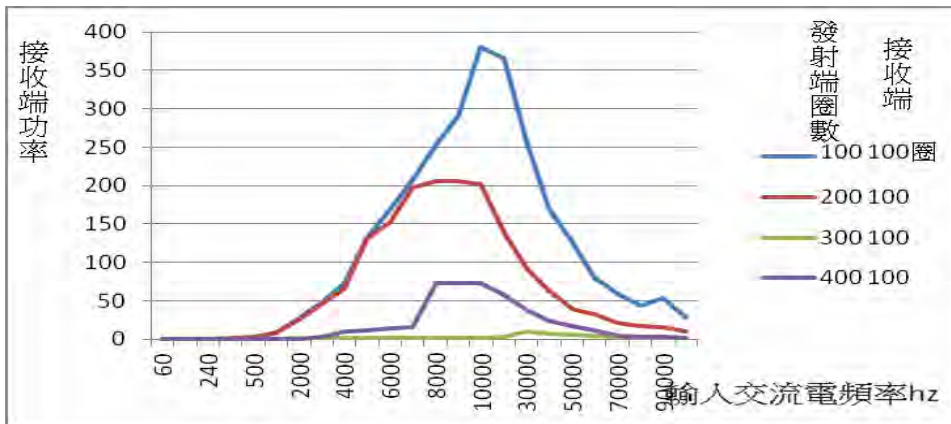


圖(九) 發射端固定為 300 圈與不同圈數接收端之接收端功率



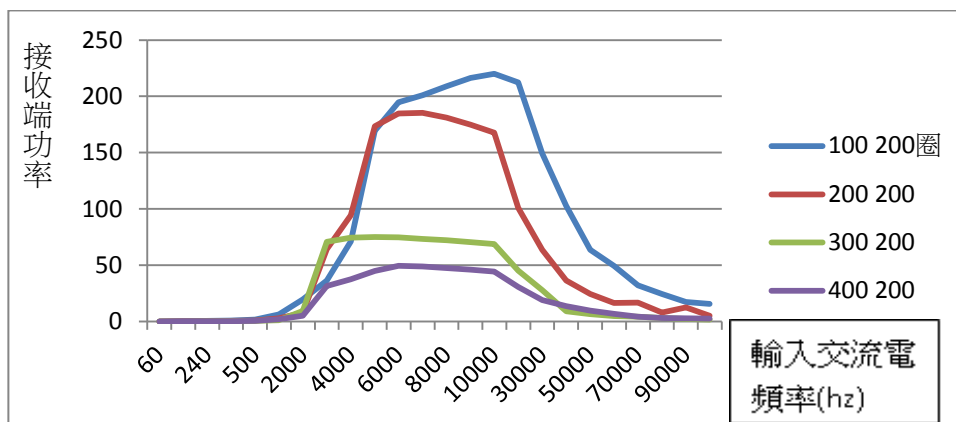
圖(十) 發射端固定為 400 圈與不同圈數接收端之接收端功率

功率(mW)



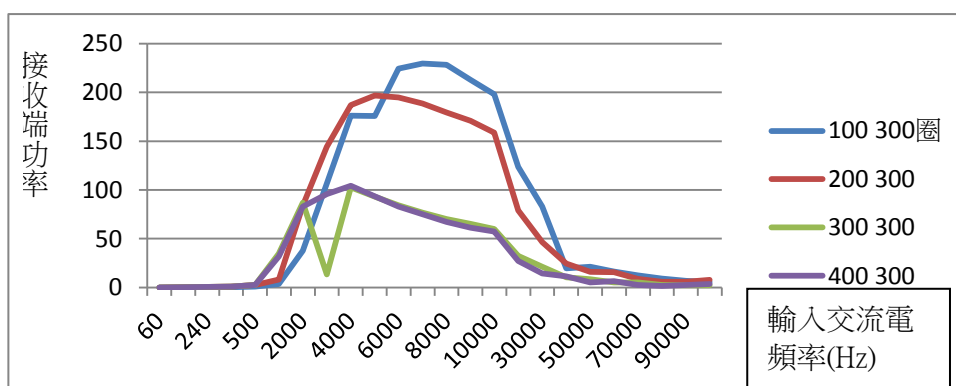
圖(十一)接收端固定為 100 圈與各種不同發射端圈數之接收端功率

功率(mW)



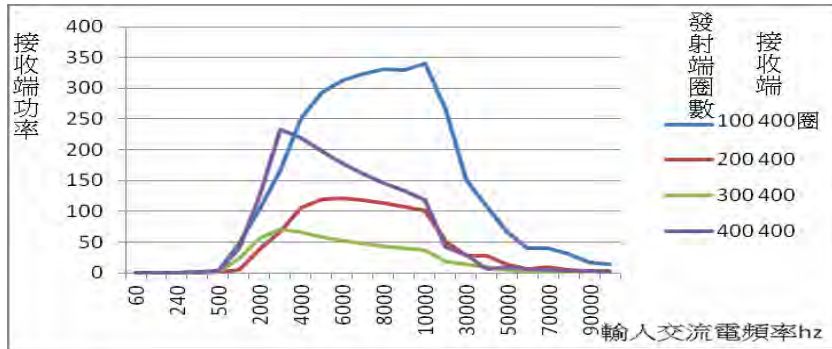
圖(十二) 接收端固定為 200 圈與各種不同發射端圈數之接收端功率

功率(mW)



圖(十三) 接收端固定為 300 圈與各種不同發射端圈數之接收端功率

功率(mW)



圖(十四) 接收端固定為 400 圈與各種不同發射端圈數之接收端功率

三、實驗結果與討論：

- (一) 發現發射端和接收端的線圈圈數會影響感應電壓，即隨著線圈圈數的差異，會產生升壓或降壓的效果。
- (二) 使用發射端 100 圈、接收端 400 圈、60000Hz 時，交流電壓達到最高 75.6V，由結果 1 得知，因為接收端圈數與發射端圈數比值為 4，電壓也會變成 4 倍，輸入電壓 $18V \times 4 = 72V$ ，值大約接近。
- (三) 使用發射端 100 圈、接收端 400 圈、80000Hz 時直流電壓達到最高 24.9V，由於我們用的交流轉直流電路是橋式整流，橋式整流器會把正弦波或方波波形的下半部截掉，因此直流電壓輸出會是交流電壓數入的一半。而發射端 100 圈接收端 400 圈 80000Hz 時，交流電壓為 38.8V， $38.8/2 = 19.4V$ ，電壓與實際值稍微接近，尚有一些誤差。
- (四) 發射端 100 圈接收端 100 圈於 10000Hz 時直流電流達到最高 48.9mA。在發射端 100 圈時，接收端 100 圈，與發射端圈數比值為 1，是本組實驗中(發射端 100 圈對接收端 100、200、300、400 圈)電壓最小的，因此電流便是最大的。
- (五) 隨著每組線圈不同的電感，而使每一組線圈產生最大功率的頻率改變，因此在本次探討中幾乎每一個實驗的每一組數據均有一個明顯的峰值。
- (六) 本次實驗，我們找到了最適合進行手機充電的發射頻率為 20000 赫茲，之後將套用在之後的實驗中。
- (七) 功率在發射端 100 圈、接收端 100 圈時達到最大約 379.953 毫瓦，轉換效率為 84%。但考慮直流電壓必須高於 4.75v 的充電下限並且低於 5.25v 的範圍下，才能對手機進行無線充電。在發射端 200 圈對接收端 100 圈的組合下，我們將發射端連接 20000 赫茲方波，接收端測得直流電壓 4.95V，達到此標準，而直流電流為 28.1mA，功率 139.095mW，約為發射端輸出功率之 15%。這個線圈組數與頻率的組合將會套用在往後的實驗中。

實驗五、探討不同直徑的線圈在低頻電源無線傳輸之情形

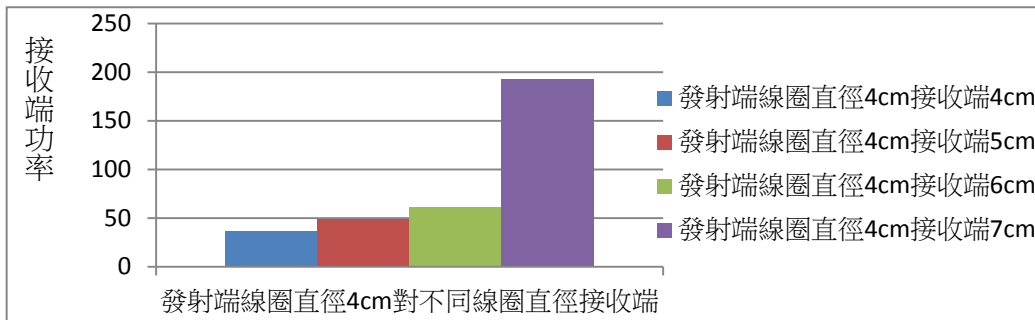
一、實驗步驟：

- (一)選擇粗細為 0.37mm 的漆包線纏繞為直徑大小約(4、5、6、7)cm 發射端 200 圈、接收端 100 圈的線圈。
- (二)發射端連接到 20,000Hz 交流電電源上(電壓 18V、電流 50mA)，並將接收端連接於示波器上。
- (三)固定發射端的線圈直徑大小為 4 cm，分別與 4、5、6、7cm 之接收端線圈交疊（距離為零）後，分別測量接收端之直流電流、直流電壓，並記錄於表(五)。
- (四)改變發射端的線圈直徑大小為 5 cm、6 cm、7 cm 重複步驟(三)。
- (五)分別將接收端功率繪圖於圖(十五)至圖(二十二)。

二、實驗數據：

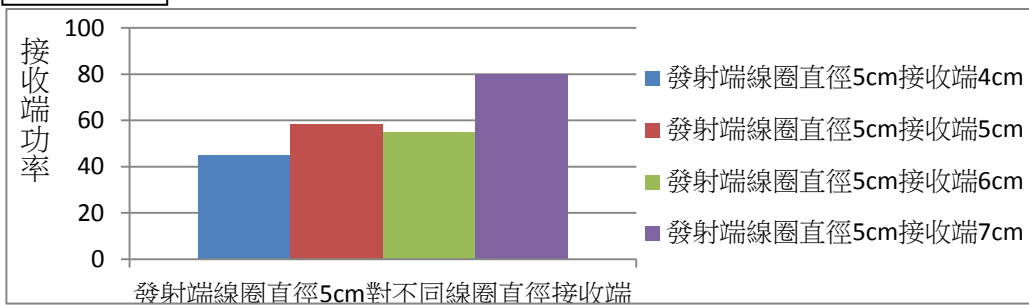
表(五) 不同直徑的線圈測得效能（發射端 200 圈銅線直徑 0.37mm；接收端 100 圈銅線直徑 0.37mm）											
線圈直徑 (cm)		交流電壓 (V)	直流電壓 (V)	直流電流 (mA)	接收端直流電源之 功率(mW)	線圈直徑(cm)		交流電壓 (V)	直流電壓 (V)	直流電流 (mA)	接收端直流電源之 功率(mW)
						發射端	接收端				
4	4	7.83	2.78	13.03	36.22	6	4	6.48	1.97	0.39	0.76
4	5	12.00	3.4	14.38	48.89	6	5	9.12	2.12	6.71	14.23
4	6	11.20	4.42	13.84	61.17	6	6	12.80	4.33	13.67	59.19
4	7	12.40	10.76	17.94	193.03	6	7	13.70	5.13	13.42	68.84
5	4	5.85	3.57	12.65	45.16	7	4	3.92	1.16	0.01	0.01
5	5	7.90	3.54	16.48	58.34	7	5	6.72	1.76	0.35	0.62
5	6	11.60	4	13.7	54.8	7	6	9.68	3.41	10.16	34.65
5	7	17.00	5.86	13.68	80.16	7	7	6.80	1.00	12.13	12.13

功率(mW)



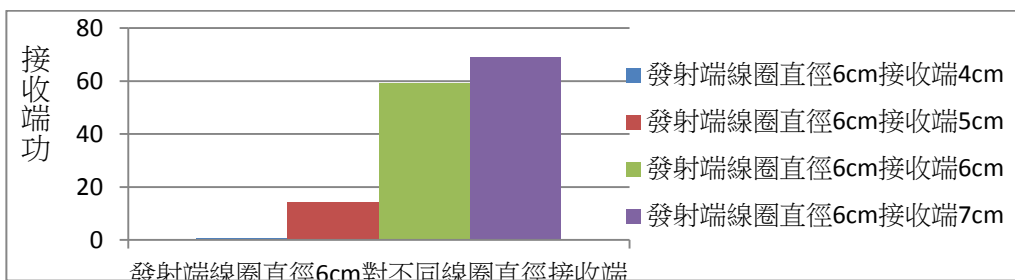
圖(十五)固定發射端 4cm 對不同直徑接收端線圈之接收端功率

功率(mW)



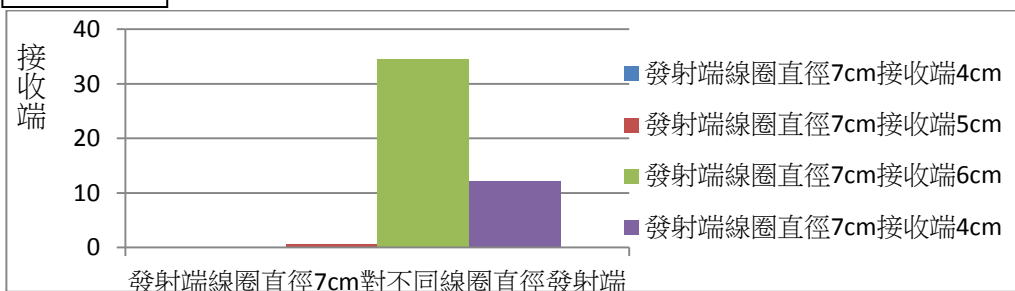
圖(十六) 固定發射端 5cm 對不同直徑接收端線圈之接收端功率

功率(mW)



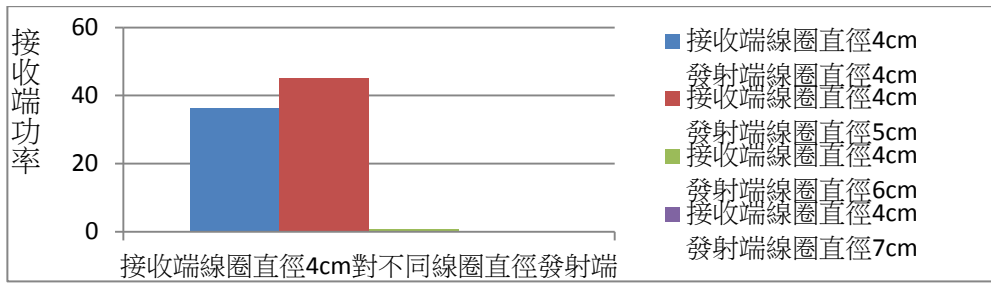
圖(十七) 固定發射端 6cm 對不同直徑接收端線圈之接收端功率

功率(mW)



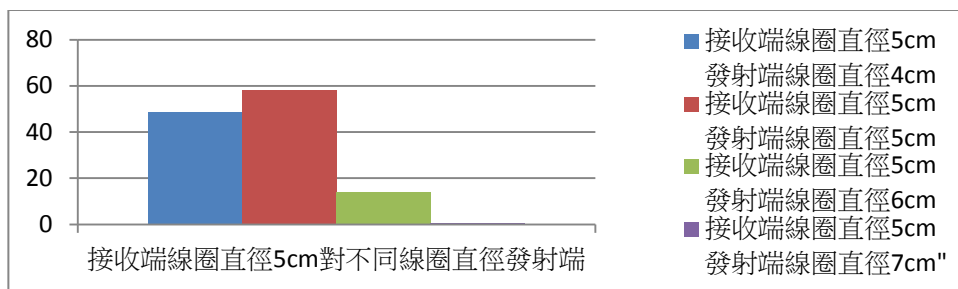
圖(十八) 固定發射端 7cm 對不同直徑接收端線圈之接收端功率

功率(mW)



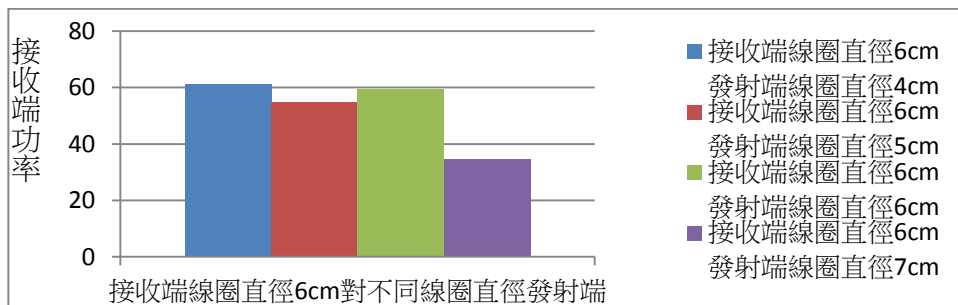
圖(十九) 固定接收端 4cm 對不同直徑發射端線圈之接收端功率

功率(mW)



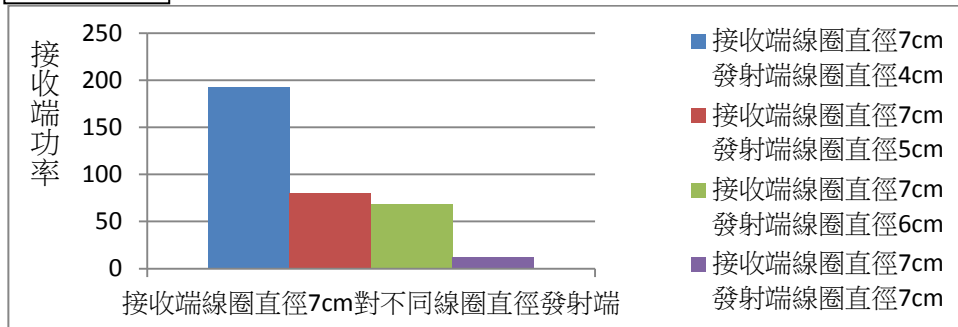
圖(二十) 固定接收端 5cm 對不同直徑發射端線圈之接收端功率

功率(mW)



圖(二十一) 固定接收端 6cm 對不同直徑發射端線圈之接收端功率

功率(mW)



圖(二十二) 固定接收端 7cm 對不同直徑發射端線圈之接收端功率

三、實驗結果與討論：

- (一)從實驗結果發現，當接收端直徑不等於發射端直徑時，接收端線圈越大，發射端線圈越小時功率越高。發射端線圈直徑 5cm、接收端線圈直徑 5cm 和發射端線圈直徑 6cm 接收端線圈直徑 6cm 功率較高的原因可能是因為其涉及磁共振，所以功率得到增加。根據 本次實驗結果可能是因為磁場強度大約在間隔兩公分左右達到最強，所以我們設的線圈直徑剛好卡在磁場最強的地方，故效果最好。
- (二)發現如果發射端線圈直徑大於接收端的話，功率會大量降低，甚至歸零。而發射端線圈直徑 7cm、接收端線圈直徑 6cm 功率會高於發射端線圈直徑 7cm、接收端線圈直徑 7cm，可能是因為線圈纏繞時的誤差，才導致此結果。
- (三)發現功率在發射端 4cm 接收端 7cm 時達到最高 193(mW)，轉換效率為 42%。

實驗六、探討不同粗細的銅線在低頻電源無線傳輸的情形

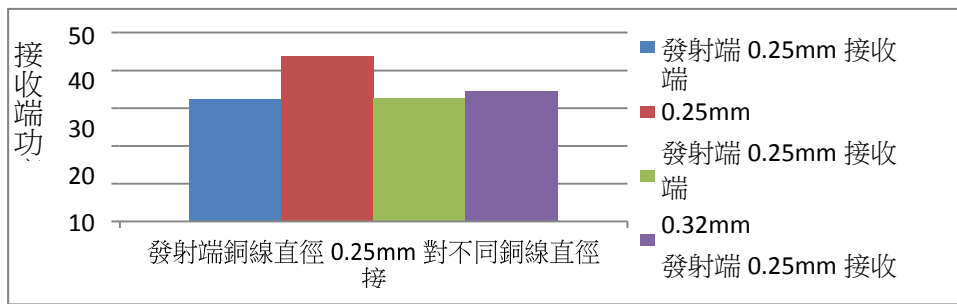
一、實驗步驟：

- (一)選擇粗細為(0.25、0.32、0.37、0.41mm)的漆包線纏繞成直徑大小約為 4cm 的發射端 200 圈、直徑大小約為 7cm 接收端 100 圈的線圈。
- (二)發射端連接到 20,000Hz 交流電電源上(電壓 18V、電流 50mA)，並將接收端連接於示波器上
- (三)固定發射端的線圈粗細大小為 0.25mm，分別與 0.25、0.32、0.37、0.41mm 之接收端線圈交疊（距離為零）後，調整發射端之頻率(20,000Hz)分別測量接收端之直流電流、直流電壓，並記錄於表(六)
- (四)改變發射端的線圈粗細大小為 0.32、0.37、0.41mm 重複步驟(三)。
- (五)分別將接收端功率繪圖於圖(二十三)至圖(三十一)。

二、實驗數據：

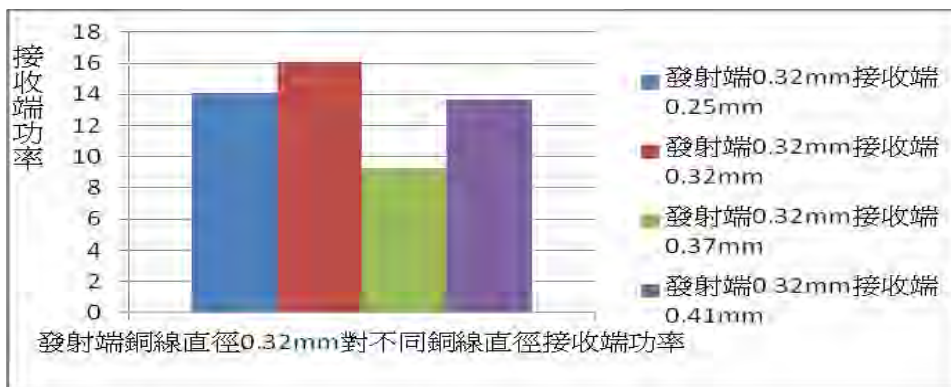
發射端線徑 (mm)	接收端線徑 (mm)	接收端功率 (mw)	發射端線徑 (mm)	接收端線徑 (mm)	接收端功率 (mw)
0.25	0.25	32.40	0.37	0.25	54.72
0.25	0.32	43.86	0.37	0.32	25.33
0.25	0.37	32.78	0.37	0.37	21.05
0.25	0.41	34.68	0.37	0.41	58.13
0.32	0.25	14.08	0.41	0.25	55.81
0.32	0.32	16.10	0.41	0.32	21.37
0.32	0.37	9.29	0.41	0.37	54.62
0.32	0.41	13.70	0.41	0.41	58.36

功率(mW)



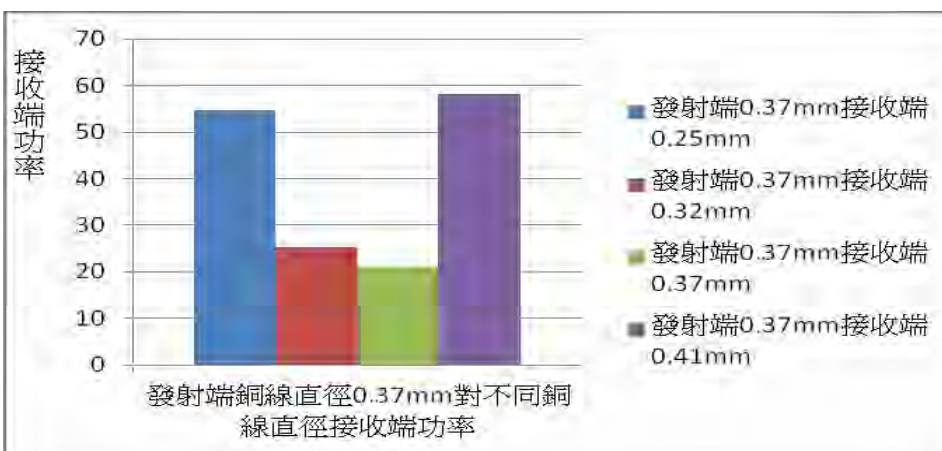
圖(二十三)固定發射端銅線直徑 0.25mm 對不同銅線直徑接收端之接收端功率

功率(mW)



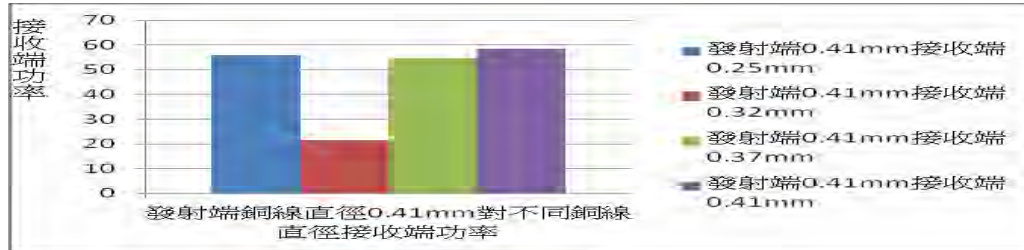
圖(二十四) 固定發射端銅線直徑 0.32mm 對不同銅線直徑接收端之接收端功率

功率(mW)



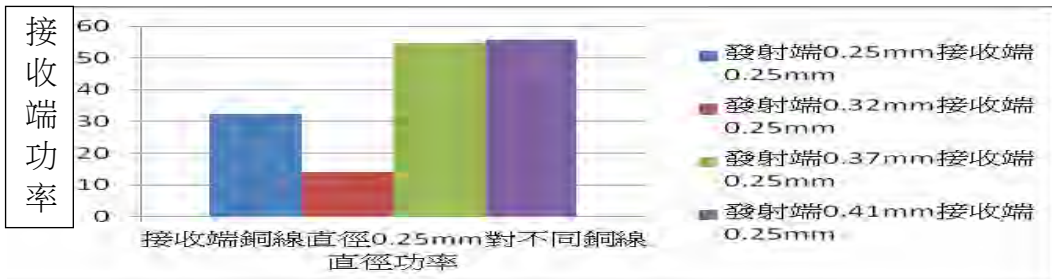
圖(二十五) 固定發射端銅線直徑 0.37mm 對不同銅線直徑接收端之接收端功率

功率(mW)



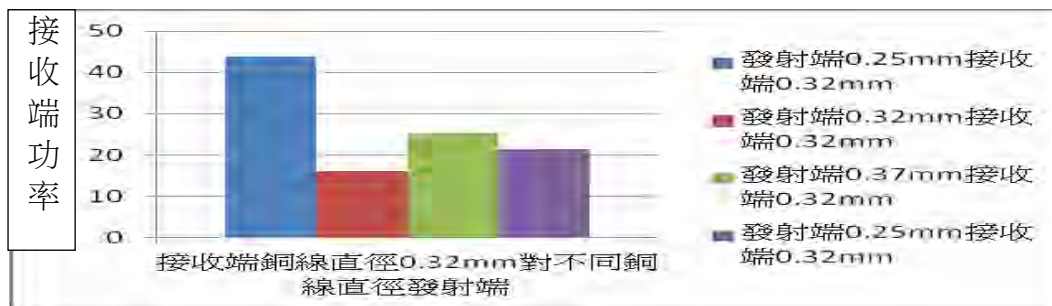
圖(二十六) 固定發射端銅線直徑 0.41mm 對不同銅線直徑接收端之接收端功率

功率(mW)



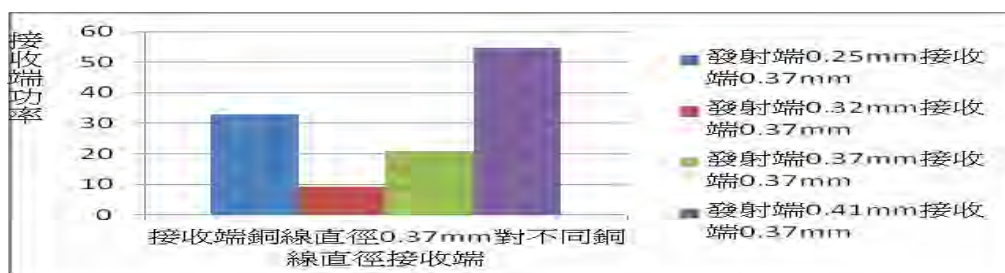
圖(二十七) 固定接收端銅線直徑 0.25mm 對不同銅線直徑發射端之接收端功率 mW

功率(mW)



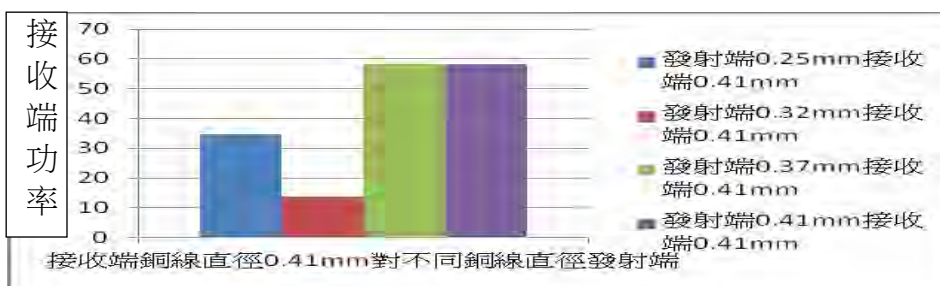
圖(二十八) 固定接收端銅線直徑 0.32mm 對不同銅線直徑發射端之接收端功率

功率(mW)



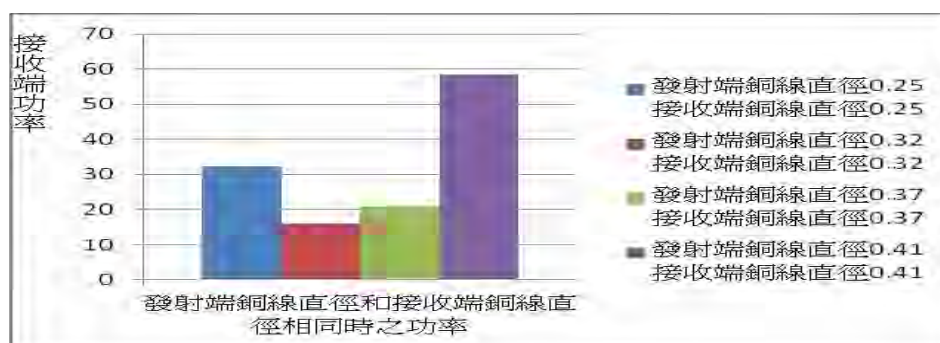
圖(二十九) 固定接收端銅線直徑 0.37mm 對不同銅線直徑發射端之接收端功率

功率(mW)



圖(三十) 固定接收端銅線直徑 0.41mm 對不同銅線直徑發射端之接收端功率

功率(mW)



圖(三十一)發射端銅線直徑等於接收端銅線直徑時功率

三、實驗結果與討論：

- (一)在圖(二十三)和圖(二十四)時，發射端銅線 0.25mm 和 0.32mm 的情況下功率都在接收端 0.32mm 時達到最大。
- (二)在圖(二十八)在接收端 0.32mm 時，發射端線圈直徑 0.25mm 時功率達到最大
- (三)除上述幾個情況外，大部分的數據功率都在發射端或接收端為 0.41mm 時達到最高，以 0.25mm 次之。
- (四)發現在發射端 0.41mm 接收端 0.41mm 時功率達到最高(約為發輸入功率的 10%)，而大部分的數據中 0.32mm 功率都最低(約為輸入功率的 3.5%)，兩邊呈現上升趨勢，如要進行無線傳輸，請盡量避開此銅線直徑，推測如果能找到更大或更小的銅線線徑進行實驗，可以獲得更佳的數據。

實驗七、探討電源一對二無線傳輸之可行性及效能

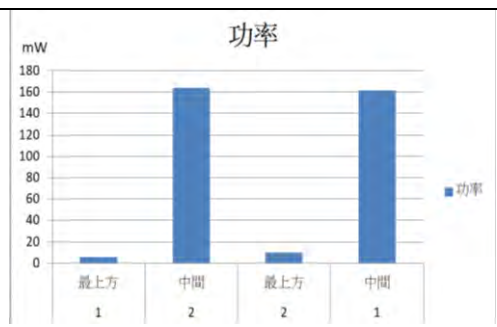
一、實驗步驟

- (一)選擇粗細為 0.37mm 的漆包線纏繞成直徑大小約 4cm、粗細 0.37mm、圈數 100 圈的線圈四組分別作為一個發射端與三個接收端，分別編號為 1、2、3，每次選取兩個接收端進行實驗，以黑色貼紙表示發射端方向
- (二)發射端連接到 12V(5000Hz)交流電電源上，並將接收端連接於整流電路上。
- (三)將三組線圈交疊後，先以中間層為發射端線圈，分別測量上下兩接收端之交流電壓、直流電流、直流電壓，改變接收端相對位置進行實驗，計算平均功率並紀錄於表(七)。
- (四)再將三組線圈交疊後，以最底層為發射端線圈，分別測量兩接收端之直流電流、直流電壓，改變接收端相對位置進行實驗，計算六組數據之平均功率並紀錄於表(八)。
- (五)將兩組線圈交疊後，以最頂層為發射端線圈，測量接收端之直流電流、直流電壓，改變接收端相對位置進行實驗，計算六組數據之平均功率並紀錄於表(八)。
- (六)將三組線圈分別與發射端配對，測量接收端之直流電流、直流電壓，計算六組數據之平均功率並紀錄於表(九)。

二、實驗數據

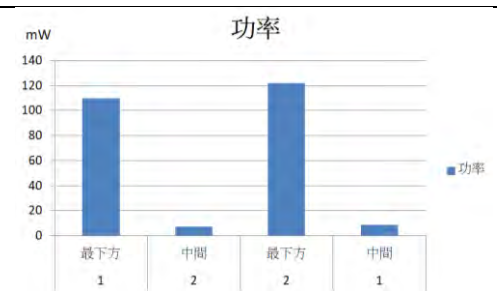
表(七)接收端(1、2)發射端在中間			mW	功率
接收端編號	位置	功率(mW)		
1	發射端上方	132.6		
2	發射端下方	105.6		
2	發射端上方	132.17		
1	發射端下方	119.51		
			圖(三十二) 接收端(1、2)發射端在中間	

表(八)接收端(1、2)發射端在下方		
接收端編號	位置	功率(mW)
1	最上方	5.95
2	中間(離發射端較近)	163.83
2	最上方	10.12
1	中間(離發射端較近)	161.92



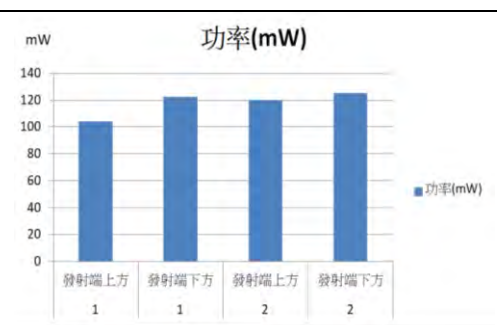
圖(三十三) 接收端(1、2)發射端在下方

表(九)接收端(1、2)發射端在上方		
接收端編號	位置	功率(mW)
1	最下方	109.65
2	中間(離發射端較近)	7.16
2	最下方	121.89
1	中間(離發射端較近)	8.82



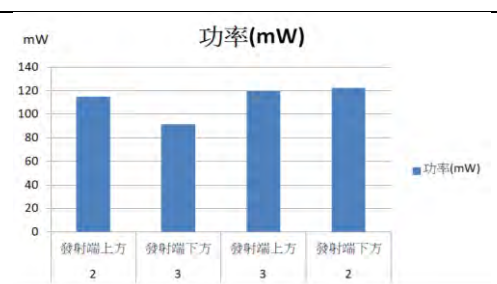
圖(三十四) 接收端(1、2)發射端在上方

表(十)接收端(1、2)單一接收端		
接收端編號	位置	功率(mW)
1	發射端上方	104.28
1	發射端下方	122.52
2	發射端上方	119.991
2	發射端下方	125.188



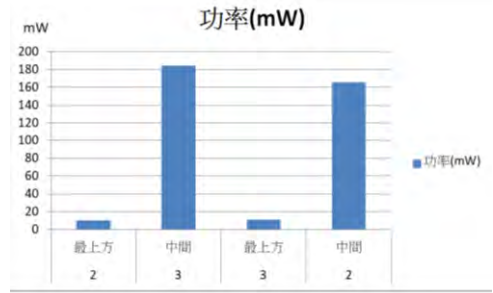
圖(三十五) 接收端(1、2)單一接收端

表(十一)接收端(2、3)發射端在中間		
接收端編號	位置	功率(mW)
2	發射端上方	115.01
3	發射端下方	91.35
3	發射端上方	120
2	發射端下方	122.51



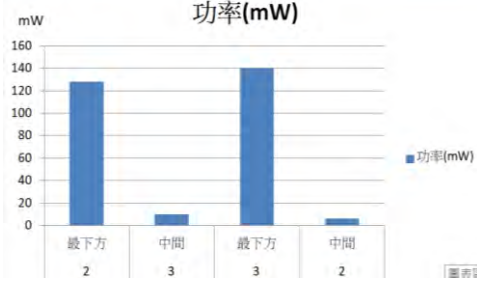
圖(三十六) 接收端(2、3)發射端在中間

表(十二)接收端(2、3)發射端在下方		
接收端編號	位置	功率(mW)
2	最上方	10.35
3	中間(離發射端較近)	184.01
3	最上方	11.13
2	中間(離發射端較近)	165.36



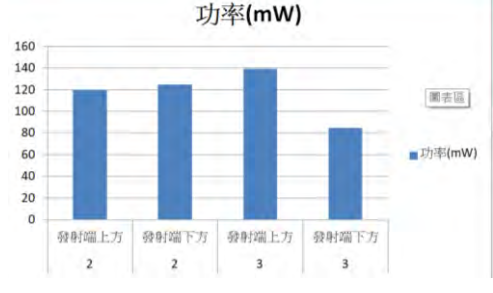
圖(三十七) 接收端(2、3)發射端在下方

表(十三)接收端(2、3)發射端在上方		
接收端編號	位置	功率(mW)
2	最下方	128.14
3	中間(離發射端較近)	9.8
3	最下方	140.14
2	中間(離發射端較近)	5.85



圖(三十八) 接收端(2、3)發射端在上方

表(十四)接收端(2、3)單一接收端		
接收端編號	位置	功率(mW)
2	發射端上方	119.991
2	發射端下方	125.188
3	發射端上方	139.356
3	發射端下方	84.66



圖(三十九) 接收端(2、3)單一接收端

三、實驗結果與討論：

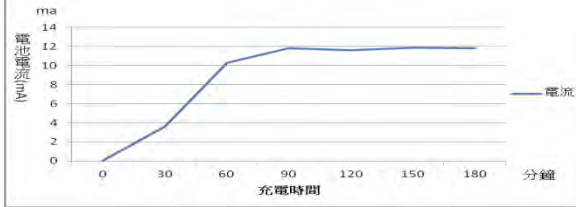
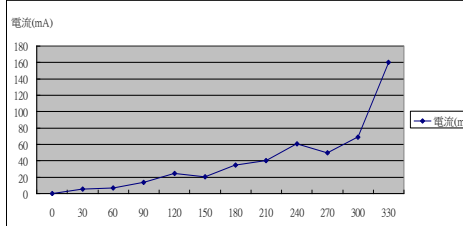
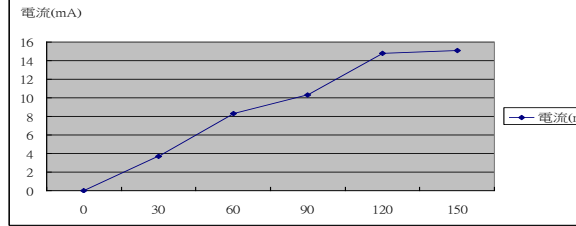
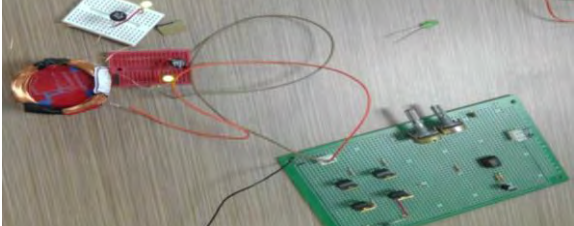
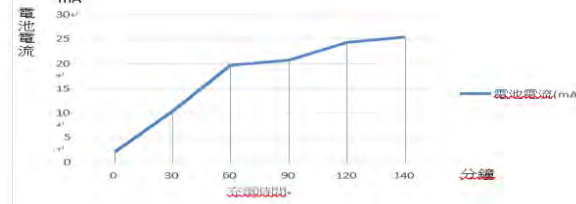
- (一)發現在一對二充電時，發射端在中間時，兩邊接收端功率和單一接收端差異不大，而且同時有兩個線圈接收，使得兩個線圈總功率高於單一線圈。
- (二)在本次一對二實驗中，若兩接收端在發射端的相同方向，兩線圈會應為重疊而產生距離差異，距離較近的線圈功率較大。距離較遠的線圈功率約為總功率的 5%。距離較近的線圈功率較單一接收端時高。

實驗八、探討低頻無線充電之效能

一、實驗步驟：

- (一)選擇粗細為 0.37mm 的漆包線纏繞成直徑大小約 5cm、發射端 100 圈、接收端 200 圈的線圈兩組。
- (二)發射端連接到 5000Hz 的 NE555 震盪電路(可代替訊號產生器，但其電流較大)和訊號產生器，並將 被充電之電池連接於接收端上。
- (三)將兩線圈交疊（距離為零）進行充電。
- (四)每隔三十分鐘記錄一次電池電流

二、實驗數據：

	
<p>圖(四十) 以訊號產生器進行充電</p>	<p>圖(四十三)以 NE555 和震盪電路進行充電</p>
	
<p>圖(四十一)以訊號產生器進行充電-2</p>	<p>圖(四十四)充電實際圖</p>
	
<p>圖(四十二)以 NE555 電路進行充電</p>	

三、實驗結果與討論：

(一)我們利用訊號產生器和 NE555 晶片及充電電池進行充電實驗時，發現電池越充越慢，到達某一限度時就停滯不前。推測是應為我們所供應的電流不足，所以我們以改變電路的方式改善。

(二)在本充電實驗中發現，單以 NE555 晶片作為電源進行充電時，在前 60 分鐘電流即可達到 20mA，比以訊號產生器(11 至 15 mA)進行充電效果好。但在電池電流達到 25.3mA 時即無法增加。

(三)將 NE555 晶片經過震盪電路後，經過五小時的充電可使電池電流達到 160(mA)

伍、結論

一、由實驗一得知，在 60~100000 赫茲的交流電源頻率下，而功率在在 7000Hz 時達到最高點 185.4(mW),為輸入功率的 41%。可以成功進行傳輸，且可以驅動一些小功率的電子產品的。

二、發現在實驗二時在不同距離下磁場平均最高點相當接近，大約在 5000HZ 時達到最強。

三、承上，發現磁場最強點在距離線圈約 2cm 處。

四、實驗三發現方波的直流電流及功率較高，平均功率約為正弦波的 5.85 倍，推測是由於方波的高低電位變化較正弦波明顯，而產生的磁場交變也較明顯，隨著頻率增加，繪製的摺線圖中方波功率開始和正弦波功率接近

五、由實驗四發現隨著每組線圈不同的組合，而使每一組線圈產生最高功率的頻率改變。

六、找到了在發射端 100 圈、接收端 100 圈時達到最大約 379.953 毫瓦，轉換功率高達 84 %

七、實驗五中，在 4 至 7 公分的範圍內，當發射端固定時接收端越大，功率越高。當接收端固定時發射端越小，功率越高。根據本次實驗結果可能是因為磁場強度大約在間隔兩公分左右達到最強，所以我們設的直徑差剛好卡在磁場最強的地方，故效果最好。在發射端線圈直徑 4cm、接收端 7cm 時達到最高 193(mW)，轉換效率達到最大的 42%。

八、實驗六發現大部分的數據功率都在發射端銅線直徑或接收端線圈直徑為 0.41mm 時達

到最高，以 0.25mm 次之。在發射端線圈直徑 0.41mm 接收端線圈直徑 0.41mm 時功率達到最高(約為輸入功率的 10%)

九、在實驗七中發現，發射端在中間時，兩線圈總功率高於單一線圈，在本次一對二實驗中，若兩接收端在發射端的相同方向，兩線圈會應為重疊而產生距離差異，距離較近的線圈功率較大，約占總功率的 95%。距離較遠的線圈功率為總功率的 5%。

十、在實驗八中發現，在對電池充電時，NE555 晶片的充電效果比訊號產生器好。在連接後續震盪電路，經過五小時充電後，電流可以達到 160(mA)

陸、未來展望

一、在這次的實驗八中，由於輸入電流的不足，所以導致我們只能做到 25.3(mA)的充電，要調高輸入電流線路又無法附載，容易發生危險，希望在未來能夠使用可以負荷更強電流的材料來進行充電。

二、在這次的實驗中，由於經費、安全及效能的考量，我們選擇以電池作為充電對象，希望之後可以利用其他的電子產品，例如手機，進行無線充電實驗。

柒、參考資料

一、第 54 屆--民國 103 年 物理科 飛「波」傳「電」~6V 電池直流電源之無線電力傳輸與充電

二、無線充電：跟電線說再見 <http://technews.tw/2014/12/14/wireless-charging>

三、深入理解無線充電原理

http://archive.eettaiwan.com/www.eettaiwan.com/ART_8800679440_675763_TA_f65c9061.HTM

四、磁共振無線充電系統之共振線圈設計與分析

file:///C:/Users/ccchiu/Downloads/tw_knowledge_440514617.pdf

五、無線充電的分析與應用

http://web.fg.tp.edu.tw/~tfghdb/blog/wp-content/uploads/2016/01/WL21_pp137-pp160_%E7%84%A1%E7%B7%9A%E5%85%85%E9%9B%BB%E7%9A%84%E5%88%86%E6%9E%90%E8%88%87%E6%87%89%E7%94%A8.pdf

【評語】 030808

1. 以電磁感應原理探討低頻無線傳輸及無線充電的可行性與效能，轉換效率可達 42%，富實驗精神。
2. 如能與現有相關文獻中報導的技術比較，較能呈現此作品之價值。
3. 既然採用低頻磁感應設計，傳輸端與接收端中間可放不同介質測試穿透率與傳輸效率。

作品海報

壹、研究動機

無線傳輸與充電是近幾年來十分熱門的技術，它可處理線路複雜以及線材損耗的問題，以減少負擔佈線和維護線路的成本。鳥類頭腦細胞培養接觸了手機頻率之後，一半以上的細胞樣本就顯示出神經元異常放電或停工。因此，希望利用較低頻無線傳輸的形式，對較低的頻率範圍下不同頻率及不同距離的無線傳輸進行研究以期獲得較佳的效能。並利用改變線圈的直徑及銅線直徑等方式，嘗試找出最適合做低頻無線傳輸的條件。

貳、研究目的

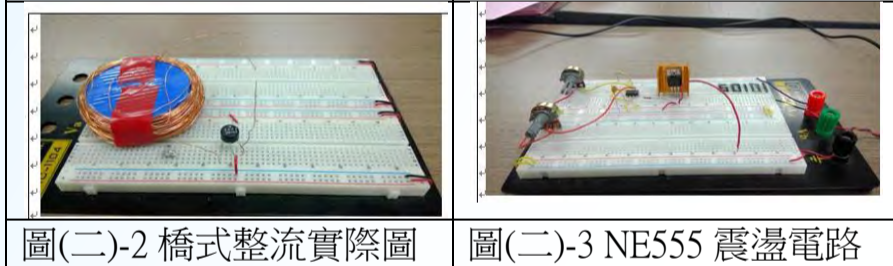
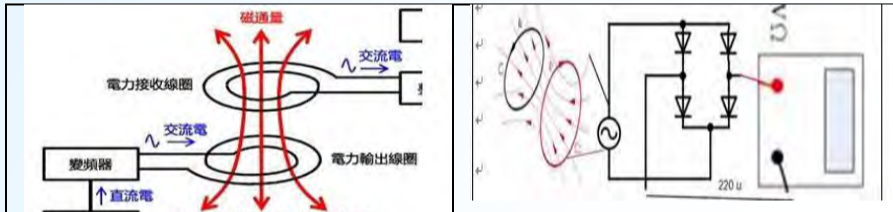
- 一、驗證低頻電源無線傳輸之可行性
- 二、比較低頻電源無線傳輸產生的磁場強度
- 三、探討波形對低頻電源無線傳輸之影響
- 四、探討不同匝數的線圈低頻電源無線傳輸的情形
- 五、探討不同直徑的線圈低頻電源無線傳輸的情形
- 六、探討不同粗細的銅線低頻電源無線傳輸的情形
- 七、探討一對二電源無線傳輸之可行性及效能
- 八、探討低頻無線充電之效能

參、主要研究設備及器材



肆、裝置製作與文獻探討

一、裝置製作(低頻無線傳輸裝置示意圖如下)



二、文獻探討(詳見作品說明書)

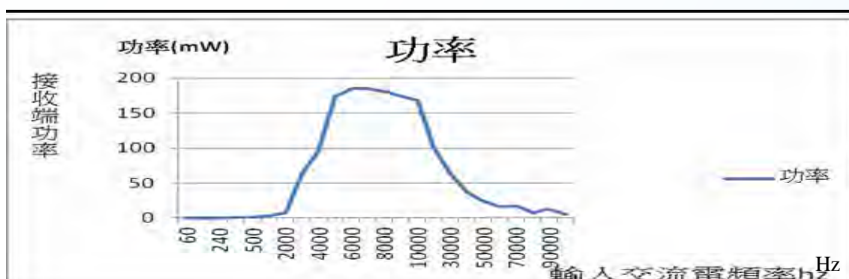
1. 電磁感應原理
2. 冷次定律
3. 感應電動勢

伍、實驗方法與流程

實驗一、探討低頻電源無線傳輸之可行性

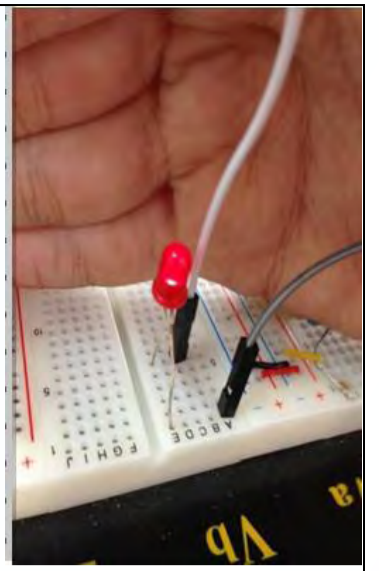
一、實驗步驟：

- (一)將粗細為 0.37mm 漆包線纏繞為直徑大小約 4cm、200 圈的線圈兩組，分別作為發射端與接收端。
- (二)發射端連接到 60~100,000Hz 交流電電源上 (18V)，並將接收端連接於示波器及圖(二)之整流電路。
- (三)將兩線圈交疊，距離為零後調整發射端之頻率 (60~100,000Hz)，分別測量接收端之交流電壓，直流電流，直流電壓，並以 LED 燈進行測試。
- (四)分別記錄實驗結果、並作圖(三)。



二、實驗結果與討論：

- (一)在 60~100,000 Hz 的交流電源頻率下，都可以測到感應電壓及感應電流。而功率在 7000Hz 時達到最高點 185.4(mW),為輸入功率的 41%
- (二)接上 LED 燈之後也會發亮如圖(四)，證明無線傳輸電源是可成功進行傳輸，且可驅動一些小功率的電子產品。

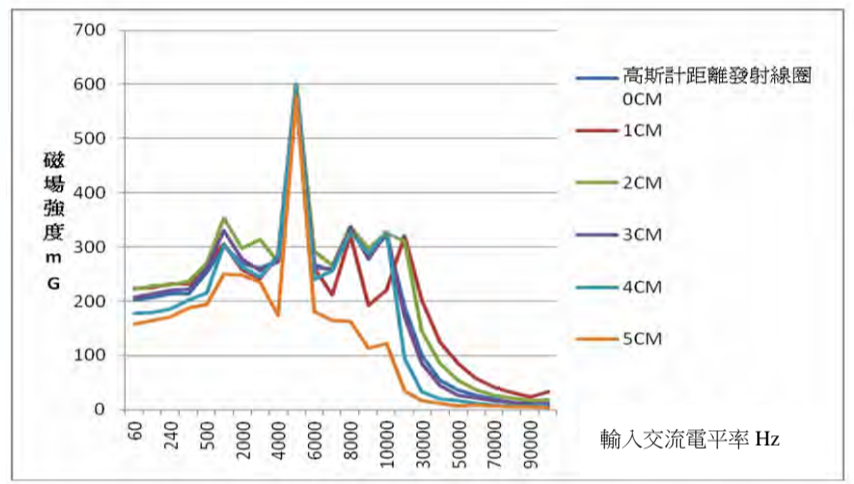


圖(四)以無線傳輸點亮 LED 燈

實驗二、比較低頻電源無線傳輸產生的磁場強度

一、實驗步驟：

- (一)選取粗細為 0.37mm 的漆包線纏繞為直徑大小約 4cm、100 圈的線圈一組作為發射端。
- (二)發射端連接到 60~100,000Hz 交流電電源上，輸出電壓(18V)電流強度(50mA)
- (三)分別調整發射端之頻率(60~100,000Hz)，並將高斯計緊貼於發射端中心。
- (四)將實驗結果分別記錄並繪圖，如圖(五)。



圖(五)不同頻率和距離下的磁場強度

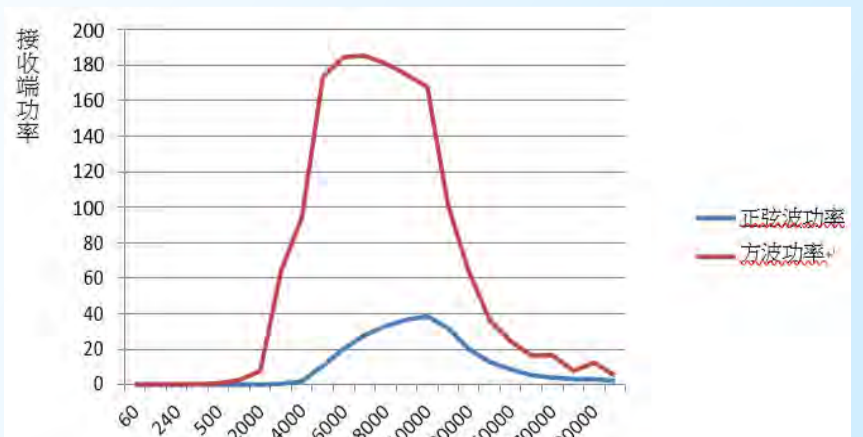
二、實驗結果與討論：

- (一)發現在不同距離低頻無線傳輸時，磁場最高點相當接近，大約在 5,000Hz 時達到最強。
- (二)本實驗測到 100,000Hz 時已經可以發現，磁場自 5,000Hz 後開始有下降的趨勢。
- (三)發現磁場最強點並不是在緊貼線圈的地方，而是在距離線圈中心外約 2cm 處。
- (四)基於本實驗結果，決定以頻率 100,000Hz 以下的交流電進行爾後實驗。

實驗三、探討波形對低頻電源無線傳輸之影響

一、實驗步驟：

- (一)將粗細 0.37mm 的漆包線纏繞為直徑約 4cm、200 圈的線圈兩組，分別作為發射端與接收端。
- (二)以 60~100,000Hz 訊號產生器分別產生正弦波與方波，連接於發射端，輸出交流電壓為(18V)電流強度為(50mA)，並將接收端連接示波器及橋式整流器(將交電轉為直流電)。
- (三)分別測量接收端之交流電壓、直流電壓、電流，並記錄正弦波、方波之功率並繪圖如圖(六)。



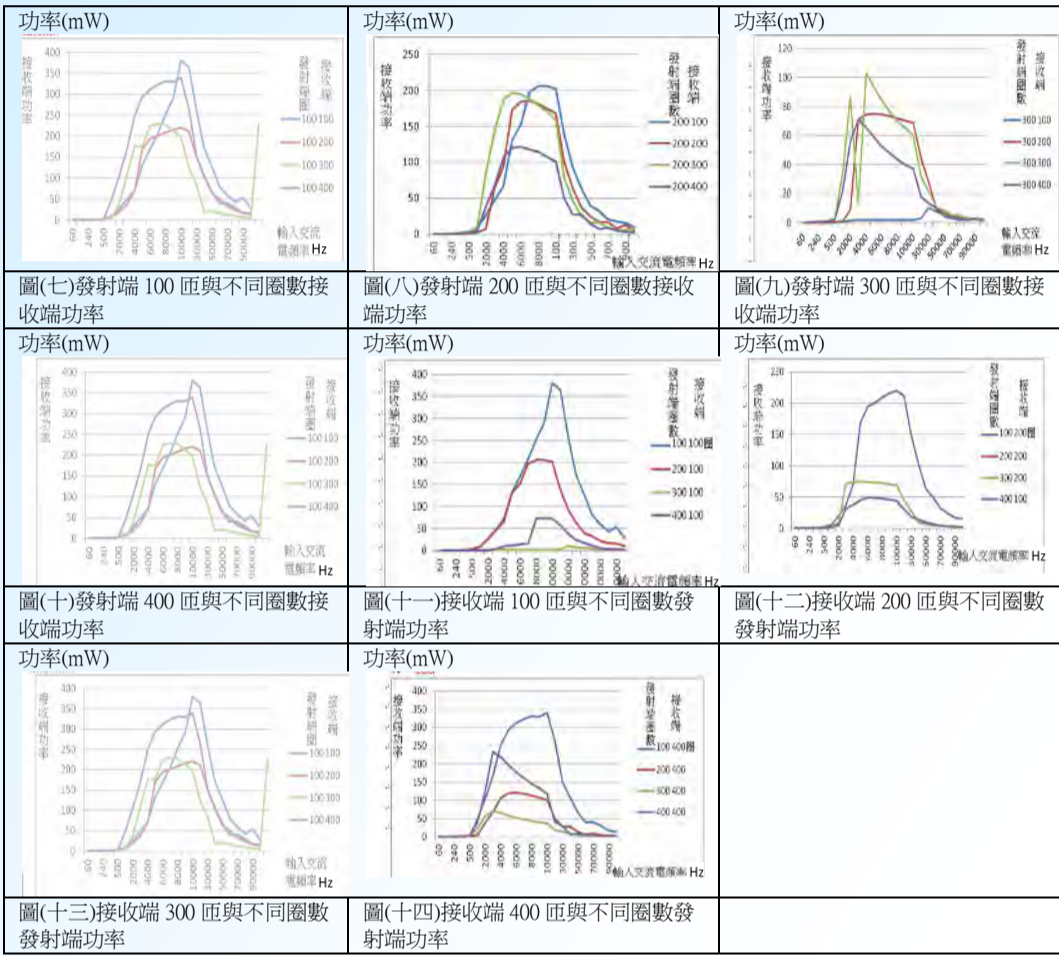
二、實驗結果與討論：

- 經實驗測得，方波的交流電壓、直流電壓、直流電流都比正弦波大。推測由於方波的高低電位變化較正弦波明顯，而產生的磁場交變也較明顯，因此各項數值均比正弦波來的好。
- 實驗中發現，在 8000Hz 時方波功率開始和正弦波功率接近

實驗四、探討不同匝數的線圈在低頻電源無線傳輸情形

一、實驗步驟：

- 選擇粗細為 0.37mm 的漆包線纏繞為直徑大小約 4cm 的線圈 (匝數為 100、200、300、400 圈)兩組，分別作為發射端與接收端
- 發射端連接到 60~100,000Hz 交流電電源上(電壓 18V，電流 50mA)並使其產生方波，並將接收端連接於示波器。
- 將兩線圈交疊 (距離為零) 後，分別調整發射端之頻率(60~100000Hz)，測量接收端之交流電壓、直流電流、直流電壓。
- 改變線圈匝數重複步驟 1~3。將各種配對匝數下所測得的最大功率及其頻率繪圖於圖(七)至圖(十四)。



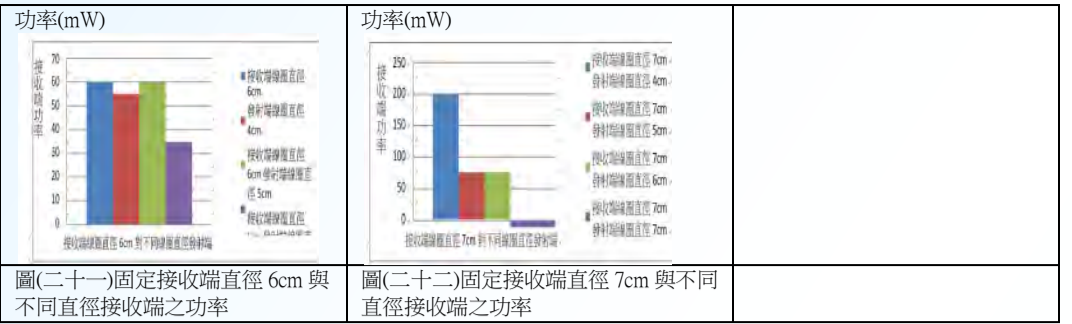
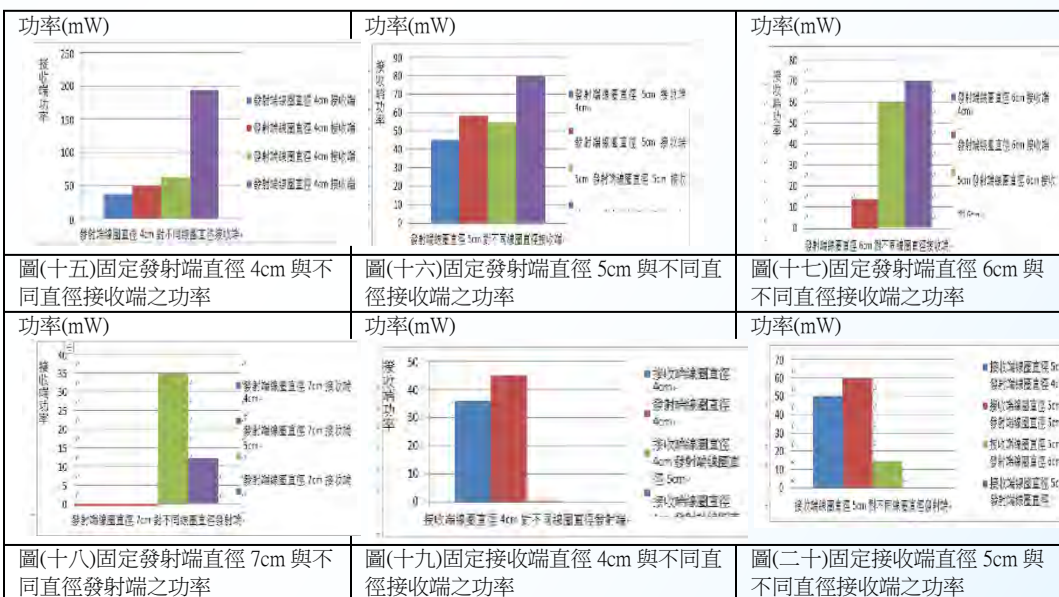
二、實驗結果與討論：

- 發射端 100 圈接收端 100 圈於 10000Hz 時直流電流達到最高 48.9mA。
- 隨著每組線圈不同的電感，而使每一組線圈產生最大功率的頻率改變。
- 功率在發射端 100 圈、接收端 100 圈時達到最大 379.953(Mw)，轉換效率為 84%。但考慮直流電壓必須高於 4.75v 的充電下限，並且低於 5.25V 的範圍下，才能對手機進行充電。在發射端 200 圈對接收端 100 圈的組合下，我們將發射端連接 20,000 Hz 方波，接收端測得直流電壓 4.95V，達到此標準，功率 139.095mW，約為發射端輸出功率之 30%。這個線圈組數與頻率的組合將會套用在往後的實驗中。

實驗五、探討不同直徑的線圈在低頻電源無線傳輸之情形

一、實驗步驟：

- 選擇粗細為 0.37mm 的漆包線纏繞為直徑大小約(4、5、6、7)cm 發射端 200 圈、接收端 100 圈的線圈。
- 發射端連接到 20,000Hz 交流電電源上(電壓 18V、電流 50mA)，並將接收端連接於示波器上。
- 固定發射端和接收端線圈的線圈直徑大小組合，並記錄接收端功率，分別將結果繪圖，如圖(十五)至圖(二十二)。



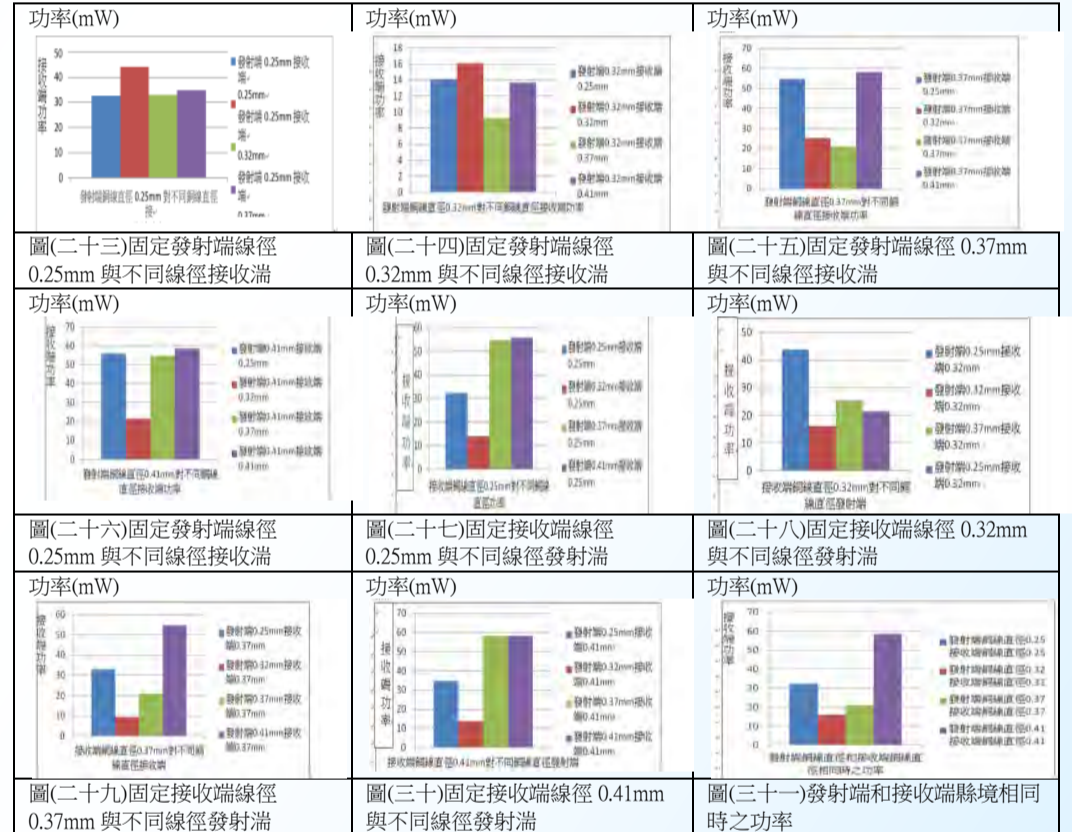
二、實驗結果與討論：

- 在 4 至 7 公分的範圍內，當發射端固定時接收端越大，功率越高。當接收端固定時發射端越小，功率越高。根據本次實驗結果可能是因為磁場強度大約在間隔兩公分左右達到最強，所以我們設的直徑差剛好卡在磁場最強的地方，故效果最好。
- 發現功率在發射端 4cm 接收端 7cm 時達到最高 193(mW)，轉換效率為 42%。

實驗六、探討不同粗細的銅線在低頻電源無線傳輸的情形

一、實驗步驟：

- 選擇粗細為(0.25、0.32、0.37、0.41mm)的漆包線纏繞成直徑大小約為 4cm 的發射端 200 圈、直徑大小約為 7cm 接收端 100 圈的線圈。
- 發射端連接到 20,000Hz 交流電電源上(電壓 18V、電流 50mA)，並將接收端連接於示波器上
- 固定發射端的線圈粗細大小為 0.25mm，分別與 0.25、0.32、0.37、0.41mm 之接收端 線圈交疊 (距離為零) 後，調整發射端之頻率(20,000Hz)分別測量接收端之交流電壓、直流電流、直流電壓，並計算功率
- 改變發射端的線圈粗細大小為 0.32、0.37、0.41mm 重複步驟(一)至(三)分別將接收端功率繪圖於圖(二十三)至圖(三十一)。



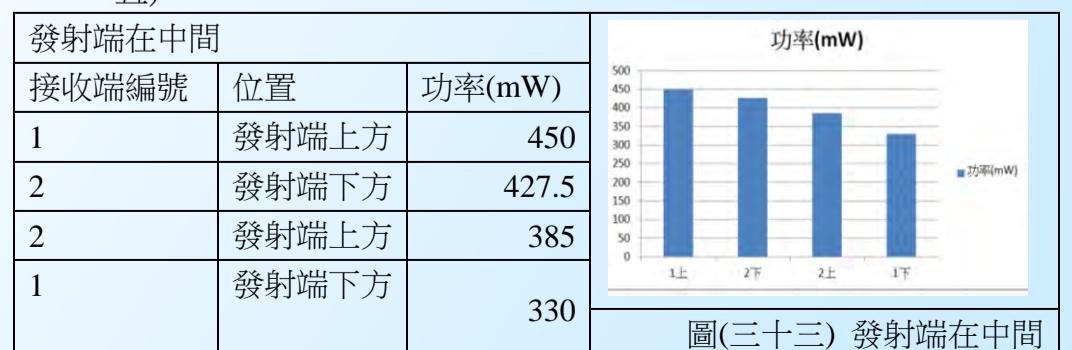
二、實驗結果與討論：

- 大部分的數據功率都在發射端或接收端為 0.41mm 時達到最高，以 0.25mm 次之。
- 發現在發射端 0.41mm，接收端 0.41mm 時，功率達到最高(約為輸入功率的 10%)，而大部分的數據 0.32mm 功率都最低(約為輸入功率的 3.5%)

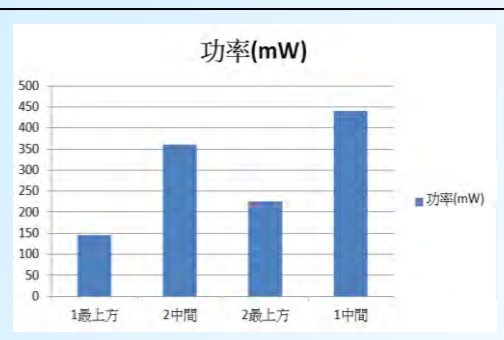
實驗七、探討電源一對二無線傳輸可行性及效能

一、實驗步驟

- 選擇粗細為 0.37mm 的漆包線纏繞成直徑大小約 4cm、圈數 100 圈的線圈三組分別作為一個發射端與二個接收端。
- 發射端連接到 20,000Hz 交流電電源上(NE555 震盪電路)，並將接收端連接於示波器上。
- 將三組線圈交疊後，先以中間層為發射端線圈，分別測量兩接收端之直流電流、直流電壓，實驗結果分別記錄於圖(三十三)。
- 再將三組線圈交疊後，改變線圈相對位置，分別測量兩接收端之直流電流、直流電壓實驗結果分別記錄於圖(三十四)圖(三十五)。

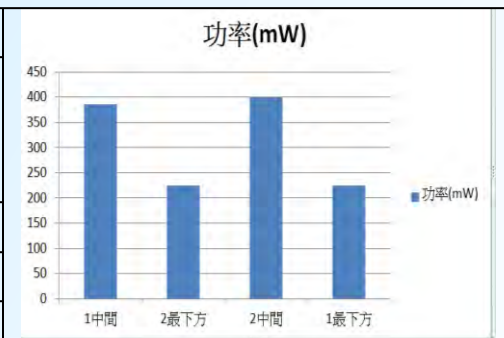


發射端在下方		
接收端編號	位置	功率(mW)
1	最上方	146
2	中間	360
2	最上方	225
1	中間	440



圖(三十三) 發射端在下方

發射端在上方		
接收端編號	位置	功率(mW)
1	最下方	385
2	中間	225
2	最下方	400
1	中間	225



圖(三十四) 發射端在上方

二、實驗結果與討論：

(一)發現在一對二充電時，發射端在中間時，兩邊接收端功率和單一接收端差異不大，而且同時有兩個線圈接收，使得兩個線圈總功率高於單一線圈。

(二)在本次一對二實驗中，若兩接收端在發射端的相同方向，兩線圈會因為重疊而產生距離差異，距離較近的線圈功率較大。距離較遠的線圈功率約為總功率的 34%。距離較近的線圈功率較單一接收端時高。

實驗八、探討低頻無線充電之效能

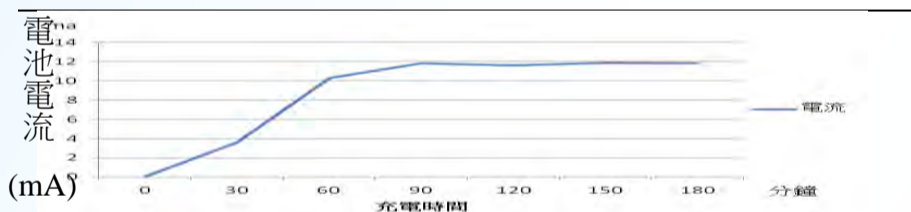
一、實驗步驟：

(一)選擇粗細為 0.37mm 的漆包線纏繞成直徑大小約 4cm、發射端 200 圈、接收端 100 圈的線圈兩組。

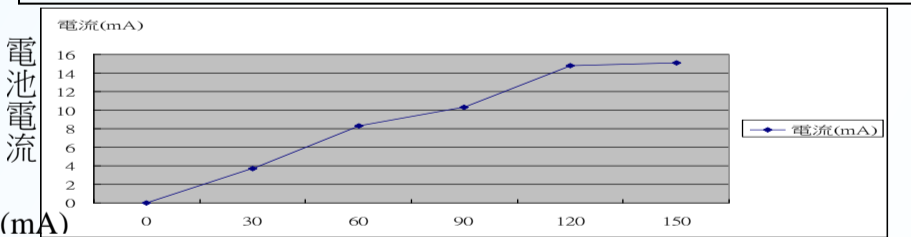
(二)發射端連接到 20,000Hz 的 NE555 震盪電路(可代替訊號產生器，但其電流較大)和訊號產生器，並將被充電之電池連接於接收端上。

(三)將兩線圈交疊(距離為零)進行充電。

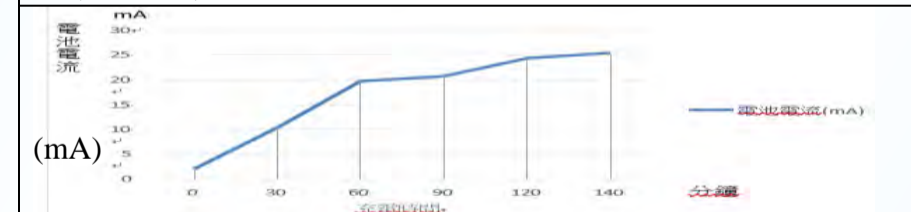
(四)每隔三十分鐘記錄一次電池電流



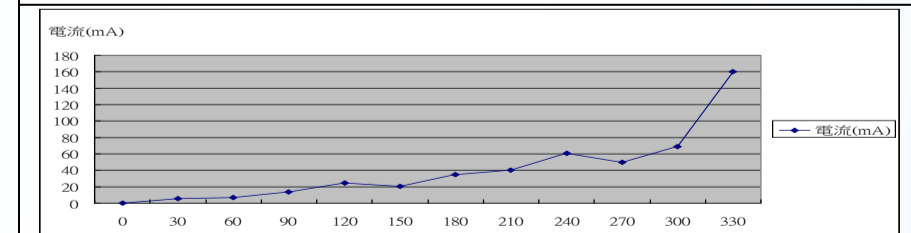
圖(三十二) 以訊號產生器進行充電



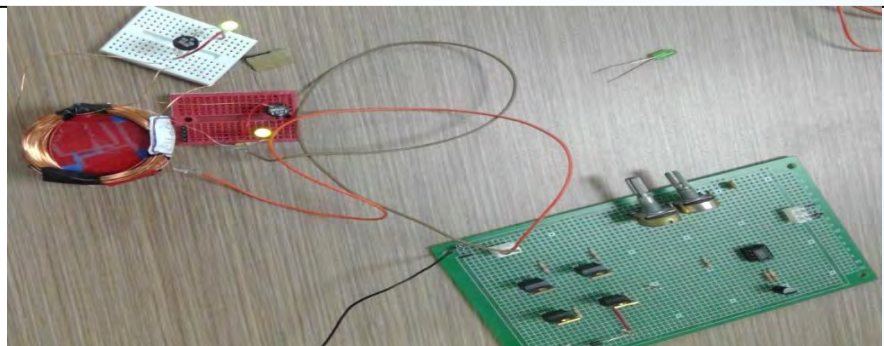
圖(三十三)以訊號產生器進行充電-2



圖(三十四)以 NE555 電路進行充電



圖(三十五)以 NE555 和震盪電路進行充電



圖(三十六)充電實際圖

二、實驗結果與討論：

(一)我們利用訊號產生器和 NE555 晶片及充電電池進行充電實驗時，發現電池越充越慢，到達某一定程度時就停滯不前。推測是應為我們所供應的電流不足，所以我們以改變電路的方式改善。

(二)在本充電實驗中發現，單以 NE555 晶片作為電源進行充電時，在前 60 分鐘電流即可以達到 20mA，比以訊號產生器(11 至 15 mA)進行充電效果好。但在電池電流達到 25.3mA 時即無法增加。

(三)將 NE555 晶片經過震盪電路後，經過五小時的充電可使電池電流達到 160(mA)

陸、結論

- 一、由實驗一得知，在 60~100,000 Hz 的交流電源頻率下，而功率在在 7,000Hz 時達到最高點 185.4(mW),為輸入功率的 41%。可以成功進行傳輸，且可以驅動一些小功率的電子產品的。
- 二、發現在實驗二時在不同距離下磁場平均最高點相當接近，大約在 5000Hz 時達到最強。
- 三、承上，發現磁場最強點在距離線圈約 2cm 處。
- 四、實驗三發現方波的直流電流及功率較高，平均功率約為正弦波的 5.85 倍，推測是由於方波的高低電位變化較正弦波明顯，而產生的磁場交變也較明顯，隨著頻率增加，繪製的摺線圖中方波功率開始和正弦波功率接近
- 五、由實驗四發現隨著每組線圈不同的組合，而使每一組線圈產生最大功率的頻率改變。
- 六、找到了在發射端 100 圈、接收端 100 圈時達到最大約 395.954 (mW)，轉換功率高達 84%
- 七、實驗五中，在 4 至 7cm 的範圍內，當發射端固定時接收端越大，功率越高。當接收端固定時發射端越小，功率越高。根據本次實驗結果可能是因為磁場強度大約在間隔 2cm 左右達到最強，所以我們設的直徑差剛好卡在磁場最強的地方，故效果最好。在發射端線圈直徑 4cm、接收端 7cm 時達到最高 193(mW),轉換效率達到最大的 42%。
- 八、實驗六發現大部分的數據功率都在發射端銅線直徑或接收端線圈直徑為 0.41mm 時達到最高，以 0.25mm 次之。在發射端線圈直徑 0.41mm 接收端線圈直徑 0.41mm 時功率達到最高(約為輸入功率的 10%)
- 九、在實驗七中，發現距離會對功率造成影響，較接近發射端的接收端功率較高，當有兩接收端時，總功率較單一接收端高
- 十、在實驗八中發現，NE555 晶片的充電效果比訊號產生器好。在連接後續震盪電路，經過五小時充電後，電流可以達到 160(mA)

柒、未來展望

- 一、在這次的實驗八中，由於輸入電流的不足，所以導致我們只能做到 160(mA)的充電，要調高輸入電流線路又無法負載，容易發生危險，希望在未來能夠使用可以負荷更強電流的材料與電路來進行充電。
- 二、在這次的實驗中，由於經費、安全及效能的考量，我們選擇以電池作為充電對象，希望之後可以利用其他的電子產品，例如手機，進行無線充電實驗。

捌、參考資料

- 一、第 54 屆--民國 103 年 物理科 飛「波」傳「電」~6V 電池直流電源之無線電力傳輸與充電
- 二、無線充電：跟電線說再見
<http://technews.tw/2014/12/14/wireless-charging/>
- 三、深入理解無線充電原理
http://archive.eettaiwan.com/www.eettaiwan.com/ART_8800679440_675763_TA_f65c9061.HTM
- 四、磁共振無線充電系統之共振線圈設計與分析
file:///C:/Users/ccchiu/Downloads/tw_knowledge_440514617.pdf