

中華民國第四十八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

第二名

最佳團隊合作獎

030811

「退波助攔」－竹炭銀遮蔽電磁波之探討

學校名稱：臺北市立民生國民中學

作者： 國二 陳胤竹 國二 姚驊庭 國二 胡鈺邦 國二 沈一真	指導老師： 劉佳容 葛淑貞
---	-----------------------------

關鍵詞：竹炭銀膠片、電磁波、遮蔽效果

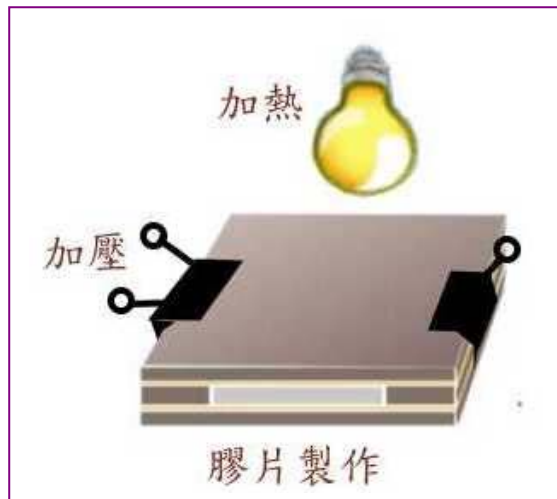
作品名稱：『退波助攔』－竹炭銀遮蔽電磁波之探討

壹、摘要

近幾年來，手機電磁波危害人體成爲熱門的話題；本研究製作不同材質、比例、添加量的竹炭銀複合膠片，並測試其遮蔽電磁波的效果。結果發現：

- 一、手機電磁波在撥出後 3~5 秒時（撥通前）出現最大值。
- 二、雙面加壓、加熱製成的竹炭銀複合膠片遮蔽效果較佳。
- 三、竹炭銀（1：3）複合膠片遮蔽效果介於竹炭與銀膠片之間。
- 四、50%竹炭膠片比 10%遮蔽效果好。
- 五、隨著銀比例增加，竹炭銀複合膠片遮蔽效果越好。
- 六、隨著粉體添加量增加，竹炭銀複合膠片遮蔽效果越好。
- 七、1：9、10%比 1：3、20%的手機套遮蔽效果好且便宜。

本研究成功研發出竹炭銀複合膠片，利用竹炭：銀=1：9、1mm、10% 膠片製作手機套，不僅輕薄柔軟，且遮蔽效果很好。



貳、研究動機


在八年級上學期理化課中，老師曾經介紹各種色光的波長和頻率，並且告訴我們電磁波無所不在；許多研究指出，手機電磁波有害身體健康，所以我們想要研究如何遮蔽手機電磁波，使電磁波對我們的影響降到最低。在介紹電磁波的書中，有提到金屬可以導電並有遮蔽電磁波的效果；而上網搜尋資料時，找到「備長炭阻絕電磁波」、「竹炭銀可導電」的報告；

於是我們參考之前科展研究，以竹炭當作載體，利用銀鏡反應，製作金屬結合非金屬的複合物；之後再製作成竹炭銀複合膠片，以其輕薄的特性來遮蔽手機電磁波，保護我們的身體。

參、研究目的

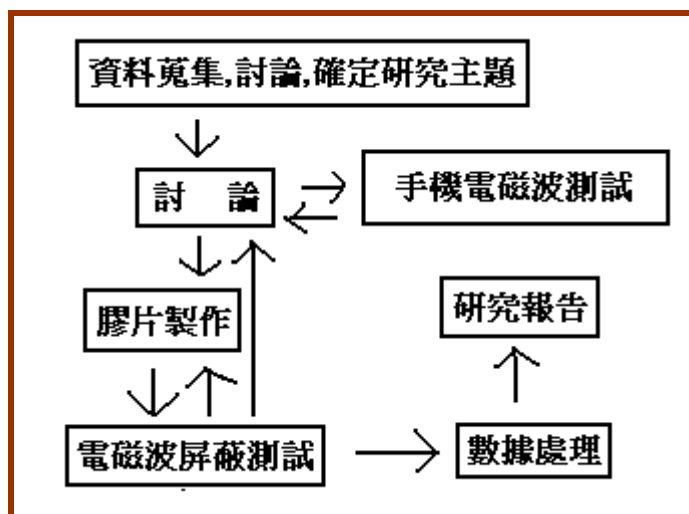
- 一、研究手機電磁波最強的發射位置、撥話與接話時電磁波曲線
- 二、研究製作能夠遮蔽電磁波的膠片
- 三、研究不同材質遮蔽電磁波的效果
- 四、研究不同添加量之竹炭膠片遮蔽電磁波的效果
- 五、研究不同比例之竹炭銀複合膠片遮蔽電磁波的效果
- 六、研究不同添加量之竹炭銀複合膠片遮蔽電磁波的效果
- 七、竹炭銀複合膠片（2mm）遮蔽電磁波的應用
- 八、竹炭銀複合膠片（1mm）遮蔽電磁波的應用

肆、研究設備及器材

器材與藥品	燒杯、洗滌瓶、量筒、燈泡、塑膠罐、滴瓶、離形紙、鑷子、鐵模、玻棒、菜瓜布、碼表、溫度計、漏斗、鐵架、電子秤、電磁攪拌器、電磁攪拌、自製烤箱、研鉢組、吹風機、刮勺、長尾夾、測波器、美工刀、夾鏈袋、秤量紙、手套、封口模、濾紙葡萄糖（ $C_6H_{12}O_6$ ）、氫氧化鉀（ KOH ）、硝酸銀（ $AgNO_3$ ）、竹炭、氨水、丙酮、樹脂、熟化劑（如圖一）	
		圖一：各種器材

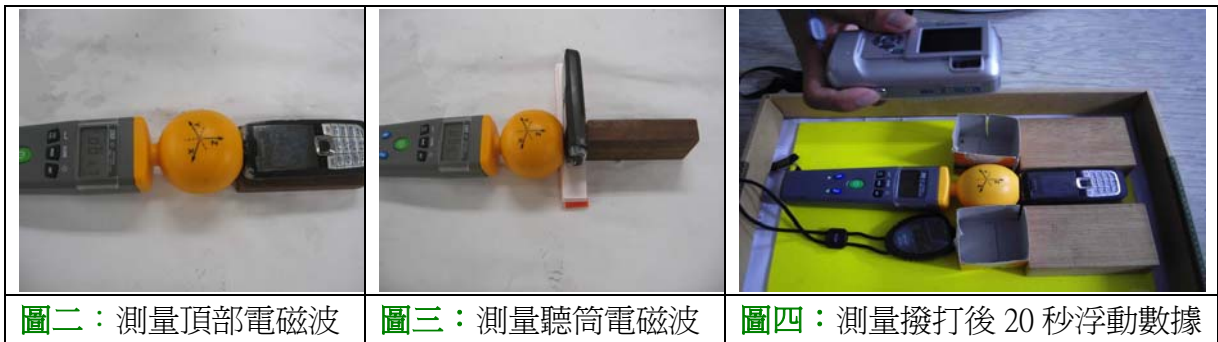
伍、研究方法與過程

- 一、研究方法與過程



- 二、研究手機電磁波最強的發射位置、撥話與接話時電磁波曲線
 - (一) 手機電磁波最強的發射位置

1. 固定測試用手機：由於每支手機電磁波強度不同、天線位置也不一樣，因此固定一支手機，進行所需實驗。此手機頂部平順、非掀蓋或滑蓋樣式，較便於測量。
2. 測量不同位置強度：將手機對準測波器後撥出，分別測量上(頂部)、下(底部)、前(聽筒)、後(背面)、左、右(兩側)的最大值。(如圖二、三)



圖二：測量頂部電磁波

圖三：測量聽筒電磁波

圖四：測量撥打後 20 秒浮動數據

(二) 撥話與接話時電磁波曲線

1. 將撥話手機頂部與測波器緊貼，測波器旁放一碼錶，在上方以相機錄影（如圖四）；另備一碼錶供對時用，接話手機則放置隔壁教室。
2. 撥打手機時，同時按 2 個碼錶，持對時用碼錶到隔壁教室，第 10 秒時按通話，第 20 秒時掛斷電話。
3. 將錄影資料在電腦上慢速播放，記錄整秒時的浮動數據。
4. 同樣方法記錄五次，再整理分析。

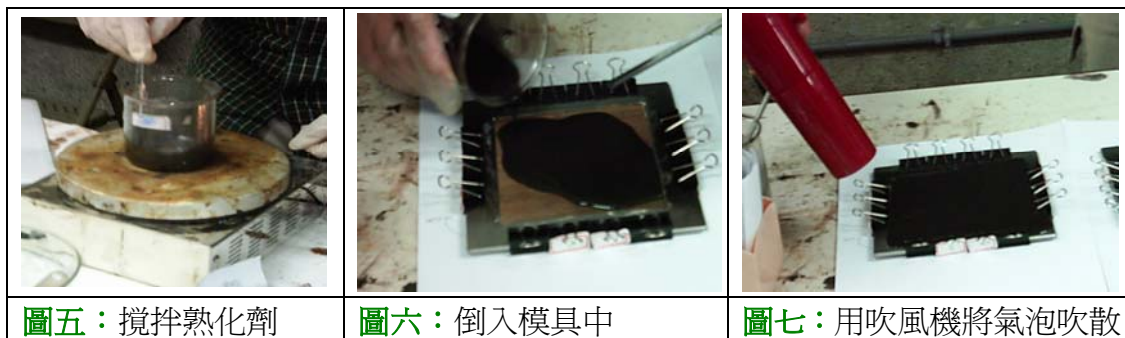
三、製作能夠遮蔽電磁波的膠片

(一) 配製粉末：

1. 調配 0.5M 葡萄糖水溶液：秤取 0.90 克的葡萄糖，加入 10 毫升的水攪拌至完全溶解
2. 調配 0.8M 氫氧化鉀水溶液：秤取 0.45 克的氫氧化鉀，加入 10 毫升的水攪拌至完全溶解。
3. 調配 0.1M 硝酸銀水溶液：秤取 0.17 克的硝酸銀，加 10 毫升的水攪拌至完全溶解。
調配類多侖試液：將配置完成的硝酸銀水溶液取 20 毫升放入燒杯中，以滴管將濃氨水緩慢滴入，開始時有棕色沉澱出現，然後棕色沉澱會溶解且顏色漸淡，繼續加濃氨水，直至沉澱恰完全溶解。將 10 毫升的氫氧化鉀水溶液加入燒杯中(硝酸銀水溶液：氫氧化鉀水溶液=2：1)，此時沉澱又再出現，再用滴管將濃氨水逐滴地加入，直至沉澱恰完全溶解為止。
4. 加竹炭粉：固定銀克數，依比例加入竹炭粉，製作出不同比例（竹炭：銀）的竹炭銀粉末。(銀的克數=類多侖試液 $\times 2/3 \times 0.34/20 \times 108/170$)
5. 利用銀鏡反應鍍銀在竹炭上，反應時採用二號塑膠瓶（參考之前科展作品，銀不易鍍上二號塑膠）：
 - (1) 將類多侖試液與葡萄糖溶液以體積 5：1 的比例混合均勻。（濃氨水不算體積）
 - (2) 接著將配好的溶液倒入小滴瓶（或塑膠罐）中，放入電磁攪拌子後，放在電磁攪拌器上，轉速開到 7，直到溶液澄清後，再倒入濾紙過濾，最後將濾紙放入自製烤箱中烘乾，濾紙上的乾粉即為所需。

(二) 調配粉體混合膠體，製成膠片

1. 製作過程—以製作重量百分比 10% 的膠片，第五代模型為例
 在燒杯中加入 20g 樹脂，再加入 7g 熟化劑（樹脂：熟化劑=10：3.5），接著將 3g 調配好的粉末，加入燒杯中，用玻棒攪拌幾分鐘，再放入電磁攪拌子，放在電磁攪拌器上，轉速開到 2，溫度開到 6，等燒杯內的膠開始變稠（約 10 分鐘），倒入模具備中，用吹風機將氣泡吹散，並在燈下烤。烤乾後，將膠片推離模具。鐵板、離形紙、模具、玻棒及燒杯用丙酮和菜瓜布清洗。（如圖五、六、七）




2. 膠片配方：(不同添加量之竹炭銀膠片)(如表一)

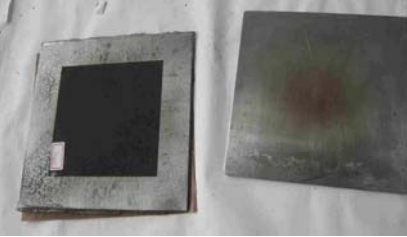
表一：不同添加量之竹炭銀膠片的配方				
膠片	空白片 0%	粉末 10%	粉末 20%	粉末 30%
樹脂	10g	10g	10g	10g
熟化劑	3.5g	3.5g	3.5g	3.5g
粉末	0 g	1.5g	3.36g	6.45g

3. 膠片模型

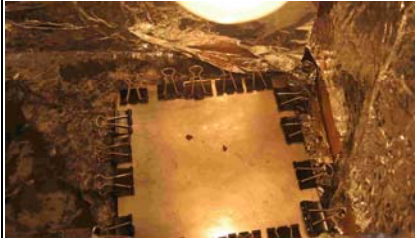
	特點	方法	結果	照片
第一代	使用夾鍊袋 單面照光	以夾鍊帶當作模板，放入調配好比例的粉體混合膠體，等待膠片硬化即可取出備用。（如圖八）	1. 無法固定厚度 2. 不均勻 3. 氣泡多	 圖八
第二代	拼製模具 攪拌時加熱 單面照光	以 4 片 L 型金屬片圍成方形，固定在鐵板上做為模具；粉體混合膠體攪拌並加熱，濃稠後再倒入模具，照光。（如圖九）	1. 會有接縫 2. 不易取下	 圖九

第三代 手工切割 模具 攪拌時加 熱 離形紙 單面夾法 單面照光	在鐵板鋪上離形紙，上面用長尾夾夾住一個中空且厚度為 10 cm×10 cm×2 mm 的鐵板為模具，放入調配好比例的粉體混合膠體，照光。（如圖十）	1. 有表面張力，厚度無法精準。 2. 照光處會收縮使測試遮蔽效果不佳。	
---	---	---	--

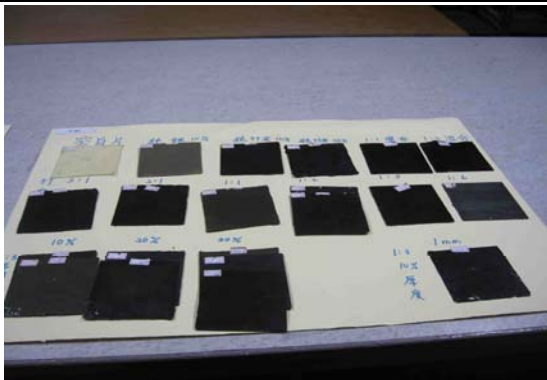
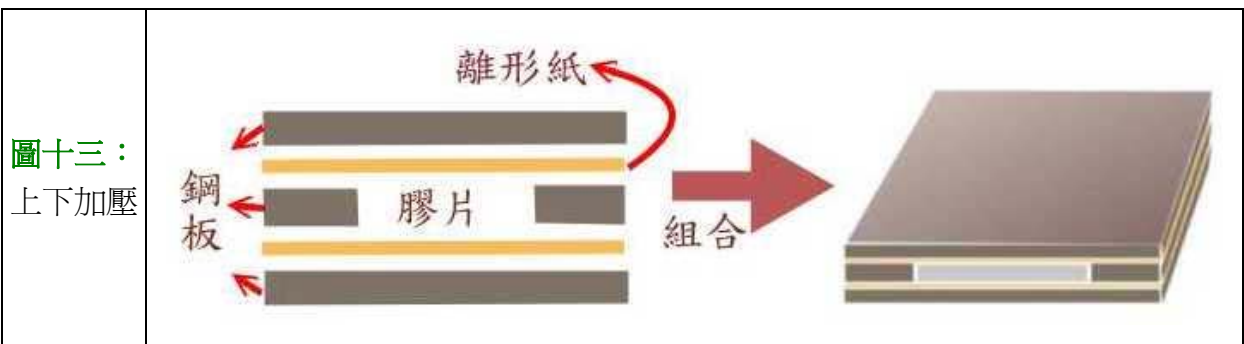
圖十

第四代 雷射切割 模具 攪拌加熱 離形紙 單面照光 上下加壓	同第三代模具，放入混合膠體，鋪上另一張離形紙，再放上另一鐵板，以長尾夾固定，單面照光。（如圖十一）	1. 可控制厚度，易成型。 2. 測試後數據兩面差異甚大	
--	---	---------------------------------	--

圖十一

第五代 雷射切割 模具 離形紙 上下加壓 雙面照光 加熱	採用每隔十分鐘翻面（雙面輪流照光），其餘配法與第三代膠片相同。（如圖十二、十三、十四、十五）	1. 測試後兩面差異不大且遮蔽效果很好	
--	--	---------------------	---

圖十二



圖十四：第三、四代膠片



圖十五：第五代膠片

(三) 測試膠片的遮蔽效果

- 前置作業：找一間空教室，在不使用其他電器下測試。
 - 製測波台：在海報紙上畫線，以公分為單位，標上刻度，在 0 公分上畫一垂直線
 - 固定架座：兩個紙盒各切一個縫，縫隙開口對準 0 公分處垂直線，固定在線上兩邊，可插待測塑膠片。
 - 將手機墊高，頂部對準測波器中心點固定，頂部邊緣對齊 0 公分處的垂直線。
- 測量：（測量電磁波計量單位：mW/m²）
 - 測量背景值：將手機與測波器緊貼，撥打市話，由測波器測量撥打後的最大值，測出的數據便為背景值。為求客觀，且輪流測試三家電信業者門號，紀錄以供比較。
 - 測量膠片遮蔽電磁波的效果（有遮蔽效果值<0）：將膠片固定在架座上，依上述方法測量。（如圖四）
- 計算：【遮蔽% =（膠片平均值－背景平均值）÷背景平均值】

四、研究不同材質遮蔽電磁波的效果

方法同上述三之（三），先測背景值，再測有遮蔽物 10% 空白膠片、竹炭膠片、竹炭銀複合膠片銀膠片的剩餘電磁波，並登錄計算比較。

五、研究不同添加量之竹炭膠片遮蔽電磁波的效果

方法同上述三之（三），以 10%、50%竹炭膠片（2mm）為遮蔽材料。

六、研究不同比例之竹炭銀複合膠片遮蔽電磁波的效果

方法同上述三之（三），以竹炭：銀=3：1、1：1、1：3、1：6、1：9 的竹炭銀複合膠片（2mm、10%）為遮蔽材料。

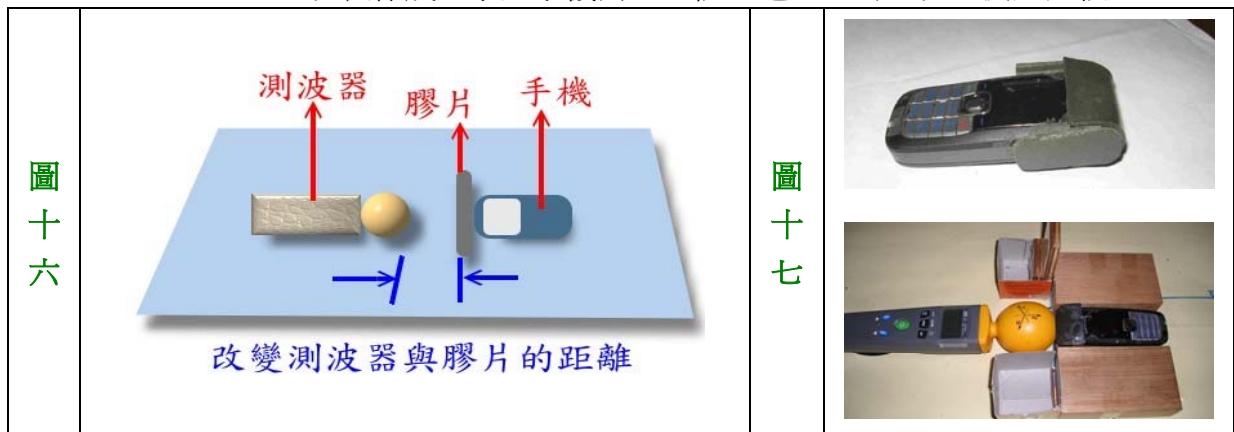
七、研究不同添加量之竹炭銀複合膠片遮蔽電磁波的效果

方法同上述三之（三），以 10%、20%、30%的竹炭銀複合膠片（2mm、竹炭：銀=1：3 複合）為遮蔽材料。

八、竹炭銀複合膠片（2mm）遮蔽電磁波的應用

（一）空氣對降低電磁波的測試：0 公分緊貼、2 公分隔空氣。方法同上述三之（三），以 20%的 1：3 竹炭銀複合膠片為遮蔽物，但測波器退後 2 公分測量比較。

（二）將遮蔽效果為 88% 以上的兩種膠片（竹炭：銀=1：9，2mm，10%、竹炭：銀=1：3，2mm，20%）製作成口字型手機套，並依上述三之（三），測量比較。



九、竹炭銀複合膠片（1mm）遮蔽電磁波的應用

- (一) 將膠片作更薄，製作竹炭：銀=1：9、1mm、10% 膠片與口字型手機套，並依上述三之（三），測量兩者遮蔽電磁波的效果。
- (二) 以竹炭：銀=1：9，10% 之 1mm 與 2mm 作數據比較與成本分析。

陸、研究結果

一、研究一結果

- (一) 不同位置的手機電磁波強度

表二：不同位置的手機電磁波功率密度數值（單位mW/m²）

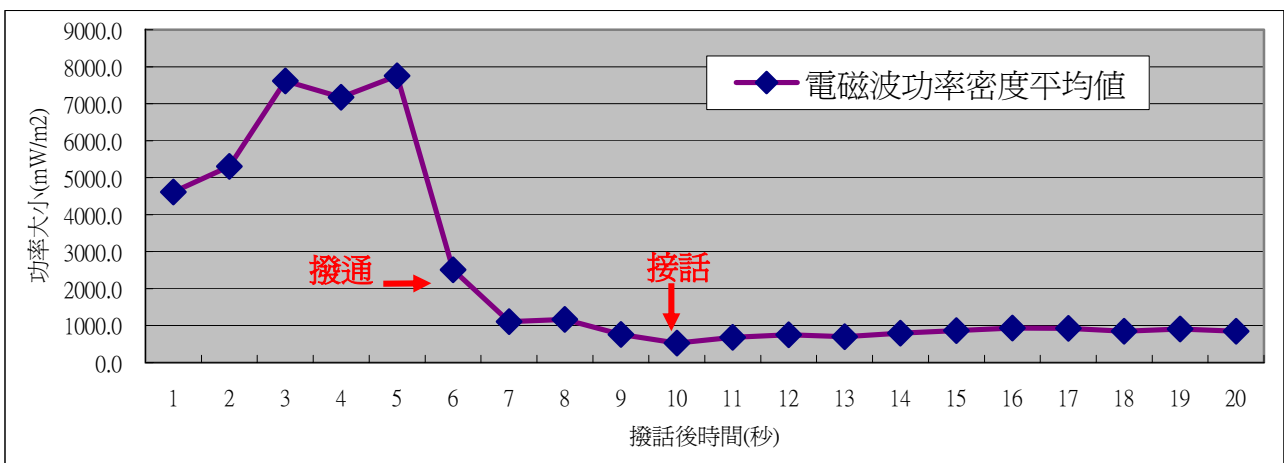
次數	上(頂部)		下(底部)		左(聽筒左)		右(聽筒右)		前(聽筒)		後(聽筒背)	
1	7747	8019	1000	966.3	5083	4593	5756	5890	3874	3699	8112	8206
2	8673	7837	893.6	703.3	4967	4238	5348	4799	3574	369	6825	8019
3	8573	8573	1242	1035	4967	4000	5638	4744	3615	3615	6825	7747
4	8475	7928	728	606.9	4700	4488	5142	5142	3533	3374	6533	6904
5	8282	8206	566.4	1011	4189	3574	5959	5323	3839	3192	8378	7140
6	8378	8282	679.4	806.7	4910	4386	4910	5262	3874	4047	6763	6905
7	8112	8019	769.4	787.3	4593	3918	5890	6097	3492	3143	8015	6236
8	8378	8282	760.5	687.3	5025	3657	5262	5638	4238	3657	6763	6533
9	8206	7484	695.2	626.8	4854	5083	4910	6984	3192	3049	7571	7928
10	7747	7926	566.4	1059	4488	5823	4967	6609	4189	4189	8206	7484
平均	8156.35		809.525		4576.8		5513.5		3487.7		7354.65	

※說明：1.以頂部及聽筒背部發射的電磁波最強。(如表二)

(二) 撥打後每秒電磁波功率密度的變化

表三：撥打後每秒電磁波功率密度的變化數值（單位mW/m²）

時間	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均	
撥打後	1	39.7	6027.0	5638.0	5526.0	5825.0	4611.1
	2	1143.0	6984.0	7314.0	5323.0	5756.0	5304.0
	3	7747.0	8019.0	7928.0	5823.0	8573.0	7618.0
	4	7571.0	6459.0	8282.0	6673.0	6905.0	7178.0
	5	6826.0	8206.0	7230.0	8019.0	8475.0	7751.2
	6	3374.0	1746.0	3084.0	2000.0	2345.0	2509.8
	7	955.3	736.5	1787.0	1524.0	534.7	1107.5
	8	833.9	853.3	1807.0	1726.0	606.9	1165.4
	9	398.2	511.8	1592.0	1047.0	243.5	758.5
	10	359.0	375.9	955.3	679.4	270.4	528.0
接話後	11	586.3	579.6	1213.0	778.2	258.2	683.1
	12	656.4	606.9	1107.0	1047.0	347.6	753.0
	13	389.1	873.2	1081.0	912.3	261.3	703.4
	14	663.9	893.6	1159.0	1059.0	206.5	796.4
	15	586.3	1343.0	1213.0	922.9	270.4	867.1
	16	641.4	1687.0	1107.0	1000.0	220.1	931.1
	17	559.9	1574.0	1023.0	1186.0	276.7	923.9
	18	641.4	1574.0	893.6	912.3	225.4	849.3
	19	559.9	1648.0	977.6	1081.0	276.7	908.6
	20	606.9	1542.0	1011.0	833.9	236.1	846.0



圖十八

※說明：1.以撥打後 3~5 秒間出現最大值。（如表三）

2.第 5~6 秒收到訊號(撥通)，第 7~20 秒數值趨於穩定。（如圖十八）

二、研究二結果

(一)改良前後(竹炭：銀=1：3 複合、2mm、20%，第三、四、五代)膠片簡易測試數據(如表四、五、六)

表四：第三代，竹炭：銀=1：3 複合、2mm、20%竹炭銀複合膠片簡易測試數據

次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²
1	2979	6	3374	11	2601	16	2119
2	2780	7	2979	12	2631	17	2399
3	2748	8	3120	13	2455	18	2748
4	3374	9	3492	14	2631	19	2692
5	3619	10	2372	15	2349	20	2748
全部平均值		2810.5					

表五：第四代，竹炭：銀=1：3 複合、2mm、20%竹炭銀複合膠片正反面簡易測試數據

正面				反面			
次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²
1	1172	6	1199	1	4799	6	5142
2	1011	7	1094	2	5083	7	4648
3	1132	8	1081	3	5384	8	5447
4	1059	9	1000	4	5083	9	4744
5	1107	10	711	5	4593	10	5323
全部平均值		780.9		5024.6			

表六：第五代，竹炭：銀=1：3 複合、2mm、20%竹炭銀複合膠片簡易測試數據

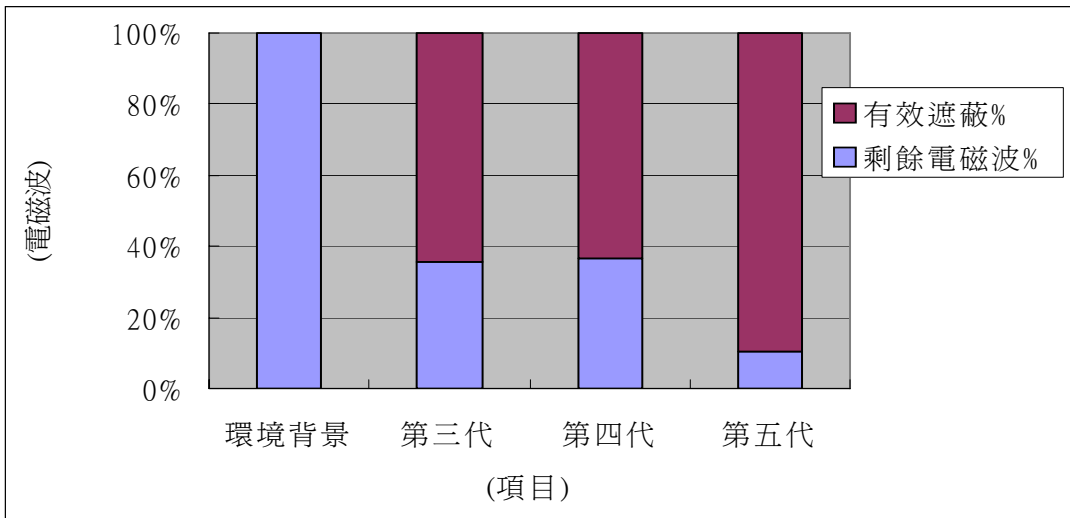
次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²
1	778	6	736	11	787	16	901
2	671	7	736	12	977	17	955
3	687	8	833	13	838	18	955
4	853	9	863	14	1107	19	695
5	719	10	933	15	988	20	621
全部平均值		831.65					

表七 環境背景測試數據

次 數	mW /m ²	次 數	mW /m ²	次 數	mW /m ²	次 數	mW /m ²	次 數	mW /m ²	次 數	mW /m ²	次 數	mW /m ²	次 數	mW /m ²	次 數	mW /m ²	次 數	mW /m ²	次 數	mW /m ²	次 數	mW /m ²	
1	7484	36	7484	71	6905	106	6686	141	6825	176	6825	211	6984	246	7147	281	7399	316	7147	351	7065	386	6984	
2	7747	37	7571	72	7065	107	6763	142	6905	177	6905	212	7571	247	7399	282	7484	317	7314	352	7230	387	7147	
3	7747	38	7928	73	7314	108	6902	143	7147	178	7484	213	7658	248	7399	283	7571	318	7747	353	7399	388	7837	
4	7837	39	8019	74	7399	109	6984	144	7314	179	7658	214	7747	249	7484	284	7658	319	7837	354	7399	389	7928	
5	7928	40	8112	75	7484	110	7230	145	8112	180	7658	215	7837	250	7658	285	7747	320	7928	355	7484	390	8206	
6	7928	41	8112	76	7571	111	7628	146	8206	181	7928	216	7928	251	7658	286	7747	321	7928	356	7837	391	8378	
7	8282	42	8378	77	7928	112	7747	147	8282	182	8112	217	7928	252	7837	287	7928	322	8112	357	8206	392	8475	
8	8378	43	8475	78	8019	113	7928	148	8378	183	8282	218	8112	253	8019	288	8112	323	8378	358	8378	393	8673	
9	8573	44	8573	79	8206	114	8282	149	8475	184	8378	219	8206	254	8112	289	8206	324	8378	359	8475	394	8673	
10	8673	45	8673	80	8378	115	8378	150	8475	185	8673	220	8573	255	8206	290	8378	325	8673	360	8573	395	8673	
11	7147	46	7230	81	7147	116	6905	151	7065	186	7399	221	7399	256	7399	291	6905	326	7399	361	7399	396	8573	
12	7314	47	7399	82	7147	117	7571	152	7230	187	7658	222	7747	257	7571	292	7399	327	7747	362	7571	397	7837	
13	7314	48	7658	83	7484	118	7571	153	7314	188	7747	223	7747	258	7837	293	7658	328	7747	363	7837	398	7747	
14	7837	49	7673	84	7658	119	7571	154	7571	189	7837	224	7747	259	8019	294	7747	329	7747	364	8019	399	7658	
15	8019	50	7928	85	7747	120	7658	155	7658	190	7928	225	7837	260	8206	295	7837	330	7837	365	8206	400	7399	
16	8112	51	7928	86	7928	121	7658	156	7747	191	8019	226	7928	261	8378	296	7928	331	7928	366	8378	401	7928	
17	8206	52	8019	87	8206	122	8206	157	8019	192	8019	227	8282	262	8475	297	8112	332	8282	367	8475	402	6905	
18	8206	53	8206	88	8378	123	8378	158	8206	193	8206	228	8282	263	8573	298	8206	333	8282	368	8573	403	8206	
19	8206	54	8378	89	8573	124	8475	159	8378	194	8206	229	8573	264	8673	299	8206	334	8573	369	8673	404	8206	
20	8475	55	8475	90	8673	125	8673	160	8475	195	8573	230	8573	265	8673	300	8573	335	8573	370	8673	405	8112	
21	6905	56	6763	91	6984	126	7928	161	7147	196	7837	231	6984	266	7147	301	7399	336	6984	371	7065	406	7568	
22	7147	57	7658	92	7399	127	7571	162	7147	197	7837	232	7571	267	7399	302	7484	337	7147	372	7399	407	7658	
23	7230	58	8378	93	7484	128	8378	163	7230	198	7837	233	7658	268	7399	303	7571	338	7747	373	7571	408	7658	
24	7658	59	8019	94	7747	129	6905	164	7399	199	7837	234	7747	269	7484	304	7658	339	8112	374	7579	409	7747	
25	8019	60	8206	95	7747	130	7484	165	8019	200	8112	235	7837	270	7658	305	7747	340	8282	375	7837	410	7928	
26	8282	61	7230	96	7928	131	7928	166	8112	201	8282	236	7928	271	7658	306	7747	341	8282	376	7928	411	8282	
27	8282	62	8019	97	7928	132	7571	167	8112	202	8378	237	7928	272	7837	307	7928	342	8378	377	7928	412	8378	
28	8378	63	7747	98	8019	133	8112	168	8112	203	8475	238	8112	273	8019	308	8112	343	8475	378	8112	413	8573	
29	8378	64	7399	99	8112	134	7230	169	8475	204	8475	239	8206	274	8112	309	8206	344	8475	379	8475	414	8573	
30	8673	65	8282	100	8282	135	8206	170	8475	205	8573	240	8573	275	8206	310	8378	345	8573	380	8573	415	8673	
31	7399	66	7314	101	7147	136	7067	171	6325	206	7147	241	8112	276	7837	311	8282	346	7747	381	8112	416	7873	
32	7571	67	7399	102	7147	137	7147	172	7399	207	7174	242	8378	277	8019	312	8282	347	7928	382	8282	417	8019	
33	7571	68	7571	103	7230	138	7314	173	7658	208	7399	243	8378	278	8019	313	8383	348	8282	383	8282	418	8378	
34	7747	69	7658	104	7314	139	7399	174	7747	209	7471	244	8573	279	8206	314	8475	349	8282	384	8378	419	8378	
35	7837	70	7747	105	7571	140	7571	175	8019	210	7658	245	8673	280	8206	315	8475	350	8378	385	8475	420	8673	
全部平均值														7881.074										

(三) 改良前後 (竹炭：銀=1：3 複合、2mm、20%第三、四、五代) 膠片簡易測試數據比較(如表八)

比較	第三代	第四代		第五代
膠片平均值	2810.5	780.9	5024.6	831.65
環境背景平均值	7881.074	7881.074	7881.074	7881.074
有效遮蔽%	-64.339	-63.168		-89.448



圖十九

※說明：1.第四代膠片兩面遮蔽效果差異大。(如表八、圖十九)
2.第五代平均遮蔽效果較第三代、第四代的膠片還要好。

三、研究三結果

(一) 不同材質膠片測試數據(如表九、十、十一、十二)

次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²
1	7314	11	7837	21	6763	31	7837	41	6825	51	8112
2	7314	12	7928	22	6905	32	8019	42	6902	52	8282
3	7358	13	7928	23	7314	33	8112	43	7147	53	8282
4	7399	14	7928	24	7399	34	8112	44	7147	54	8378
5	7484	15	7958	25	7571	35	8282	45	7314	55	8378
6	7484	16	8112	26	7571	36	8282	46	7571	56	8475
7	7484	17	8112	27	7571	37	8378	47	7571	57	8573
8	7658	18	8378	28	7658	38	8475	48	7747	58	8673
9	7658	19	8378	29	7658	39	8475	49	7747	59	8673
10	7747	20	8573	30	7837	40	8673	50	7747	60	8673
全部平均值		7852.35									

表十：2mm、10%竹炭膠片測試數據

次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²
1	7065	11	7837	21	7147	31	8112	41	7747
2	7065	12	7928	22	7230	32	8206	42	7747
3	7147	13	8206	23	7399	33	8282	43	7928
4	7399	14	8282	24	7399	34	8378	44	7928
5	7484	15	8282	25	7571	35	8378	45	8019
6	7571	16	8282	26	7658	36	8378	46	8019
7	7747	17	8378	27	7837	37	6825	47	8206
8	7747	18	8378	28	7837	38	6905	48	8282
9	7837	19	8378	29	8112	39	7314	49	8378
10	7837	20	8378	30	8112	40	7571	50	8378
全部平均值		7847.336							

表十一：2mm、10%、（竹炭：銀=1：3 複合）竹炭銀複合膠片測試數據

次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²
1	4799	11	5510	21	3014	31	4286	41	4541	51	5323
2	4854	12	5574	22	3049	32	4437	42	4593	52	5447
3	5083	13	5638	23	3084	33	4488	43	4593	53	5547
4	5202	14	5690	24	3374	34	4593	44	4799	54	5638
5	5202	15	5690	25	3374	35	4744	45	4854	55	5756
6	5323	16	5823	26	3413	36	4910	46	4967	56	5890
7	5323	17	6027	27	3533	37	4967	47	4967	57	5890
8	5384	18	6097	28	3615	38	5025	48	5202	58	6097
9	5447	19	6097	29	3699	39	5025	49	5262	59	6168
10	5510	20	6239	30	3742	40	5083	50	5323	60	6459
全部平均值		4988.05									

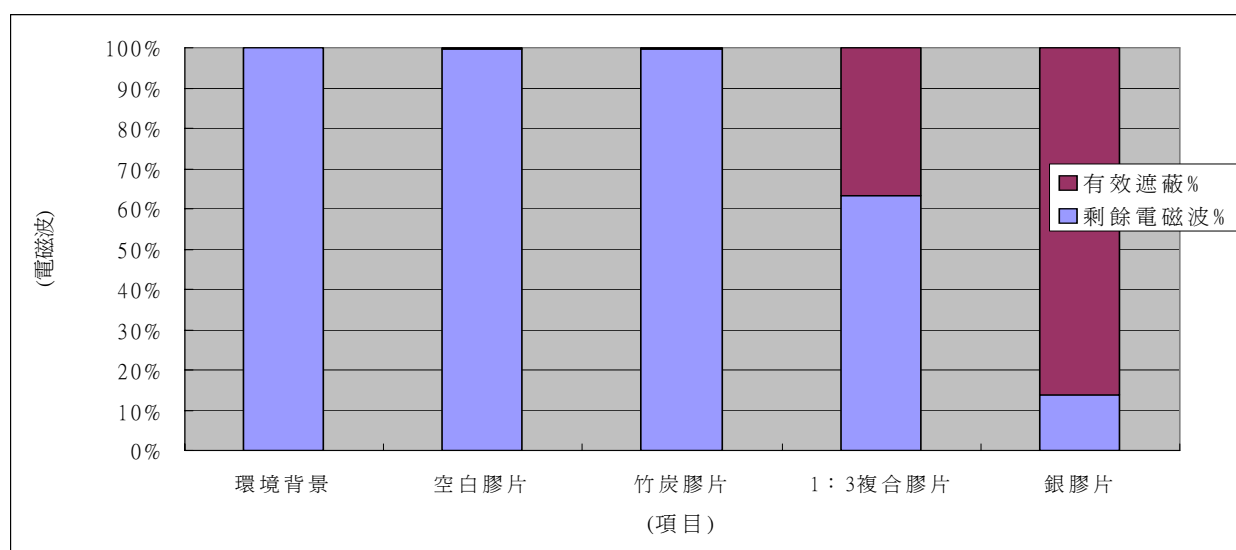
表十二：2mm、10%銀膠片測試數據

次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²
1	912	11	1159	21	1011	31	1186	41	641	51	922
2	1000	12	1186	22	1023	32	1199	42	663	52	933
3	1000	13	1213	23	1035	33	1199	43	695	53	966
4	1071	14	1242	24	1094	34	1213	44	703	54	988
5	1094	15	1271	25	1107	35	1256	45	719	55	1023
6	1119	16	1300	26	1145	36	1271	46	719	56	1035
7	1119	17	1327	27	1159	37	1285	47	744	57	1047
8	1145	18	1343	28	1159	38	1312	48	833	58	1094
9	1159	19	1358	29	1172	39	1374	49	873	59	1159
10	1159	20	1406	30	1172	40	1456	50	901	60	1242
全部平均值			1088.517								

(二) 四種不同材質膠片測試數據比較(如表十三、圖二十二)

表十三：四種不同材質膠片測試數據比較

不同材質膠片	2mm	2mm、10%	2mm、10%	2mm、10%
	空白膠片	竹炭膠片	(竹炭：銀=1：3 複合) 竹炭銀複合膠片	銀膠片
膠片平均值	7852.35	7847.336	4988.05	1088.517
環境背景平均值	7881.074	7881.074	7881.074	7881.074
有效遮蔽%	-0.36447	-0.42809	-36.7085	-86.1882



圖二十

※說明：1.空白膠片幾乎沒有遮蔽效果。(如表十三、圖二十)

2.在相同厚度、相同添加量的條件下，竹炭：銀=1：3 複合膠片遮蔽電磁波的效果介於竹炭膠片與銀膠片之間。(如表十三、圖二十)

3.膠片遮蔽效果：銀>竹炭：銀=1：3 複合>竹炭>空白(如表十三、圖二十)

四、研究四結果

(一) 不同添加量竹炭膠片測試數據 (如表十四、十五)

表十四：10%、2mm 竹炭膠片測試數據

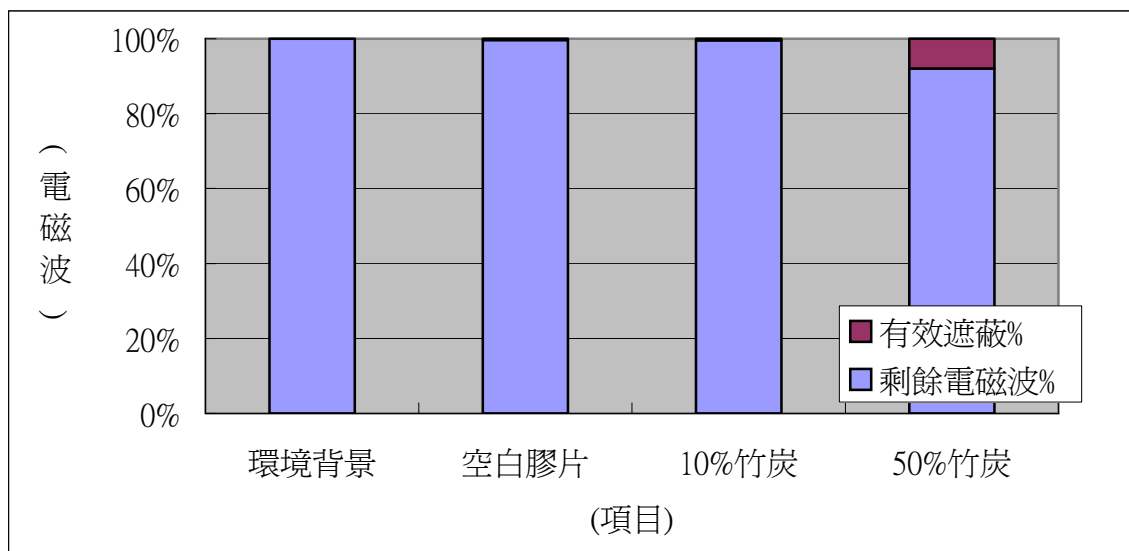
次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²
1	7065	11	7837	21	7147	31	8112	41	7747
2	7065	12	7928	22	7230	32	8206	42	7747
3	7147	13	8206	23	7399	33	8282	43	7928
4	7399	14	8282	24	7399	34	8378	44	7928
5	7484	15	8282	25	7571	35	8378	45	8019
6	7571	16	8282	26	7658	36	8378	46	8019
7	7747	17	8378	27	7837	37	6825	47	8206
8	7747	18	8378	28	7837	38	6905	48	8282
9	7837	19	8378	29	8112	39	7314	49	8378
10	7837	20	8378	30	8112	40	7571	50	8378
全部平均值		7847.336							

表十五：50%、2mm 竹炭膠片測試數據

次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²
1	7747	11	7658	21	6905	31	6905	41	6763	51	7147
2	8019	12	8112	22	5638	32	7571	42	7658	52	7314
3	7399	13	6686	23	6459	33	6905	43	7399	53	7747
4	6905	14	8206	24	7147	34	6609	44	7314	54	6984
5	7837	15	7230	25	7484	35	7065	45	8378	55	7928
6	7147	16	7571	26	7065	36	6459	46	7065	56	8019
7	6905	17	8673	27	7314	37	6168	47	8282	57	7314
8	8019	18	6825	28	6686	38	7230	48	7314	58	7147
9	6686	19	6239	29	6385	39	6533	49	8019	59	8378
10	7658	20	6686	30	6312	40	6027	50	8475	60	7571
全部平均值		7254.85									

(二) 不同添加量竹炭膠片測試數據比較(如表十六)

不同添加量竹炭膠片	空白膠片	10%竹炭	50%竹炭
膠片平均值	7852.35	7847.336	7254.85
環境背景平均值	7881.074	7881.074	7881.074
有效遮蔽%	-0.36447	-0.42809	-7.94592



圖二十一

※說明：1.竹炭添加量越多，遮蔽效果越好。(如表十六、圖二十一)

2.膠片遮蔽效果：50% > 10% > 空白。(如表十六、圖二十一)

五、研究五結果

(一) 不同比例竹炭銀複合膠片測試數據(如表十七、十八、十九、二十、二十一)

次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²
1	7314	11	7837	21	6825	31	7827	41	6609	51	7837
2	7314	12	7837	22	7147	32	7837	42	6686	52	7837
3	7399	13	8019	23	7147	33	8017	43	6984	53	7928
4	7484	14	8112	24	7314	34	8112	44	7147	54	7928
5	7484	15	8206	25	7399	35	8112	45	7230	55	8019
6	7571	16	8206	26	7484	36	8112	46	7399	56	8112
7	7571	17	8282	27	7484	37	8282	47	7658	57	8378
8	7658	18	8475	28	7571	38	8282	48	7658	58	8378
9	7658	19	8475	29	7571	39	8475	49	7747	59	8625
10	7658	20	8673	30	7658	40	8573	50	7837	60	8673
全部平均值		7785.533									

表十八：2mm、10%、（竹炭：銀=1：1）竹炭銀複合膠片測試數據

次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²
1	6686	11	7928	21	6533	31	7747	41	6312	51	7147
2	6905	12	8019	22	6763	32	7747	42	6459	52	7230
3	7230	13	8019	23	6763	33	7928	43	6686	53	7230
4	7571	14	8019	24	6825	34	7928	44	6686	54	7399
5	7571	15	8112	25	6825	35	8112	45	6686	55	7571
6	7658	16	8112	26	7147	36	8282	46	6763	56	7658
7	7658	17	8378	27	7314	37	8378	47	6825	57	7837
8	7747	18	8378	28	7314	38	8625	48	6905	58	7837
9	7837	19	8475	29	7484	39	8673	49	6964	59	8019
10	7837	20	8475	30	7747	40	8673	50	7065	60	8206
全部平均值		7548.476									

表十九：2mm、10%、（竹炭：銀=1：3）竹炭銀複合膠片測試數據

次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²
1	4799	11	5510	21	3014	31	4286	41	4541	51	5323
2	4854	12	5574	22	3049	32	4437	42	4593	52	5447
3	5083	13	5638	23	3084	33	4488	43	4593	53	5547
4	5202	14	5690	24	3374	34	4593	44	4799	54	5638
5	5202	15	5690	25	3374	35	4744	45	4854	55	5756
6	5323	16	5823	26	3413	36	4910	46	4967	56	5890
7	5323	17	6027	27	3533	37	4967	47	4967	57	5890
8	5384	18	6097	28	3615	38	5025	48	5202	58	6097
9	5447	19	6097	29	3699	39	5025	49	5262	59	6168
10	5510	20	6239	30	3742	40	5083	50	5323	60	6459
全部平均值		4988.05									

表二十：2mm、10%、（竹炭：銀=1：6）竹炭銀複合膠片測試數據

次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²
1	1242	11	1706	21	1611	31	2000	41	141	51	440
2	1300	12	1766	22	1726	32	2000	42	151	52	456
3	1406	13	1787	23	1787	33	2000	43	160	53	456
4	1456	14	1787	24	1828	34	2070	44	162	54	472
5	1489	15	1849	25	1849	35	2070	45	162	55	477
6	1542	16	1871	26	1849	36	2143	46	162	56	517
7	1611	17	1910	27	1871	37	2143	47	173	57	522
8	1611	18	1932	28	1888	38	2291	48	196	58	528
9	1629	19	1932	29	1955	39	2318	49	199	59	528
10	1687	20	1955	30	1977	40	2601	50	236	60	586
全部平均值			1336.15								

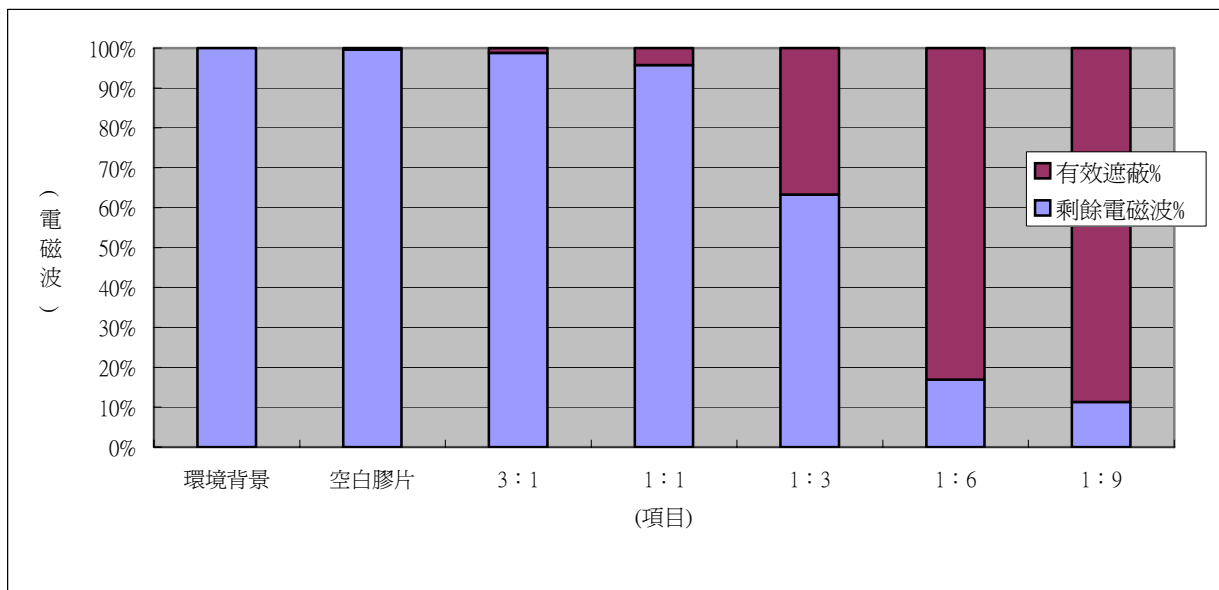
表二十一：2mm、10%、（竹炭：銀=1：9）竹炭銀複合膠片測試數據

次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²
1	1000	11	1172	21	505	31	648	41	621	51	844
2	1011	12	1172	22	528	32	648	42	621	52	873
3	1023	13	1227	23	566	33	648	43	649	53	873
4	1047	14	1300	24	579	34	671	44	656	54	883
5	1107	15	1312	25	586	35	671	45	672	55	894
6	1107	16	1343	26	593	36	679	46	695	56	966
7	1132	17	1422	27	621	37	769	47	720	57	966
8	1145	18	1489	28	621	38	778	48	737	58	989
9	1145	19	1489	29	626	39	833	49	745	59	1011
10	1145	20	1524	30	634	40	893	50	752	60	1023
全部平均值			893.3167								

(二) 不同比例竹炭銀複合膠片比較(如表二十二)

表二十二：不同比例竹炭銀複合膠片測試數據比較

竹炭：銀	空白膠片	3：1	1：1	1：3	1：6	1：9
膠片平均值	7852.35	7785.533	7548.467	4988.05	1336.15	893.3167
環境背景平均值	7881.074	7881.074	7881.074	7881.074	7881.074	7881.074
有效遮蔽%	-0.36447	-1.21228	-4.22033	-36.7085	-83.0461	-88.665



圖二十二

※說明：1.在相同厚度、相同添加量的條件下，隨著複合銀比例的增加，竹炭銀複合膠片遮蔽電磁波的效果越大。(如表二十二、圖二十二)

2.膠片遮蔽效果：竹炭：銀=1：9>1：6>1：3>1：1>3：1>空白

3.膠片遮蔽效果：竹炭：銀=1：9>銀（研究二）

六、研究六結果

(一)、不同添加量竹炭銀複合膠片測試數據(表二十三、二十四、二十五)

表二十三：竹炭：銀=1：3、2mm、10% 竹炭銀複合膠片測試數據

次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²
1	4799	11	5510	21	3014	31	4286	41	4541	51	5323
2	4854	12	5574	22	3049	32	4437	42	4593	52	5447
3	5083	13	5638	23	3084	33	4488	43	4593	53	5547
4	5202	14	5690	24	3374	34	4593	44	4799	54	5638
5	5202	15	5690	25	3374	35	4744	45	4854	55	5756
6	5323	16	5823	26	3413	36	4910	46	4967	56	5890
7	5323	17	6027	27	3533	37	4967	47	4967	57	5890
8	5384	18	6097	28	3615	38	5025	48	5202	58	6097
9	5447	19	6097	29	3699	39	5025	49	5262	59	6168
10	5510	20	6239	30	3742	40	5083	50	5323	60	6459
全部平均值			4988.05								

表二十四：竹炭：銀=1：3、2mm、20% 竹炭銀複合膠片測試數據

次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²
1	703	11	1011	21	505	31	901	41	445	51	769
2	751	12	1094	22	634	32	966	42	483	52	833
3	853	13	1172	23	679	33	977	43	540	53	833
4	893	14	1186	24	703	34	993	44	573	54	853
5	955	15	1199	25	728	35	1035	45	573	55	873
6	966	16	1285	26	760	36	1107	46	579	56	893
7	966	17	1406	27	796	37	1213	47	579	57	912
8	977	18	1507	28	805	38	1227	48	586	58	1035
9	988	19	1687	29	814	39	1312	49	586	59	1172
10	1003	20	1807	30	901	40	1327	50	769	60	1172
全部平均值				930.8333							

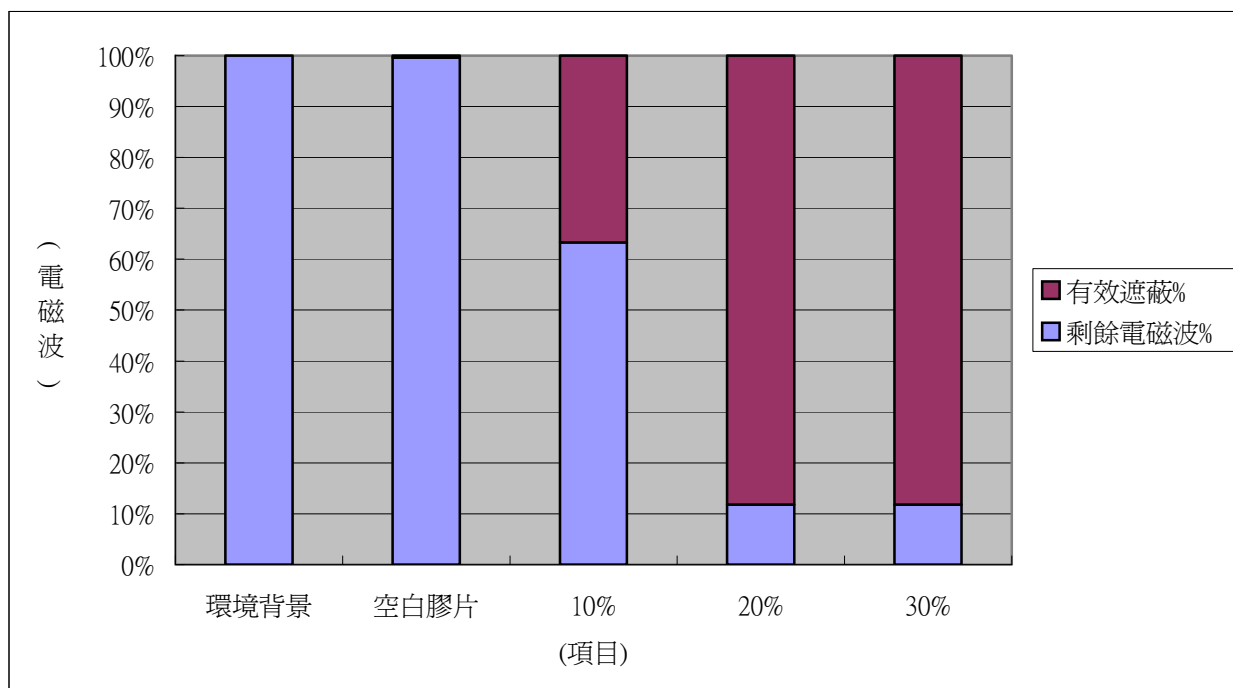
表二十五：竹炭：銀=1：3、2mm、30% 竹炭銀複合膠片測試數據

次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²
1	633	11	944	21	719	31	1071	41	426	51	873
2	711	12	966	22	805	32	1081	42	435	52	893
3	744	13	977	23	883	33	1094	43	461	53	955
4	751	14	1000	24	883	34	1145	44	466	54	966
5	814	15	1011	25	944	35	1172	45	472	55	988
6	824	16	1023	26	966	36	1172	46	494	56	1000
7	843	17	1035	27	977	37	1242	47	540	57	1023
8	912	18	1172	28	1000	38	1312	48	573	58	1024
9	933	19	1172	29	1011	39	1374	49	824	59	1172
10	944	20	1199	30	1023	40	1574	50	863	60	1256
全部平均值				929.3333							

(二) 不同添加量竹炭銀複合膠片比較(如表二十六)

表二十六：不同添加量竹炭銀複合膠片測試數據比較

添加量	空白膠片(0%)	10%	20%	30%
膠片遮蔽平均值	7852.35	4988.05	930.8333	929.3333
環境背景平均值	7881.074	7881.074	7881.074	7881.074
有效遮蔽%	-0.36447	-36.7085	-88.189	-88.208



圖二十三

※說明：1.在相同厚度、相同比例的條件下，隨著添加量的增加，竹炭銀膠片遮蔽電磁波的效果越大，但 20%和 30%相近。(如表二十六、圖二十三)
2.膠片遮蔽效果：30% > 20% > 10% > 空白

七、研究七結果

(一) 空氣對降低電磁波的測試數據 (如表二十七、二十八)

表二十七：無膠片遮蔽，與測波器隔著空氣 2cm 的測試數據

次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²
1	5574	6	6097	11	5510	16	6459	21	4700	26	5547
2	5574	7	6168	12	5690	17	6763	22	4967	27	5690
3	5890	8	6533	13	5890	18	6763	23	5025	28	5690
4	5959	9	6763	14	5959	19	6984	24	5384	29	5756
5	6027	10	7147	15	6239	20	7230	25	5384	30	5823
全部平均值				5972.833							

表二十八：有膠片遮蔽(竹炭：銀=1：3 複合、2mm、20%)，隔著空氣 2cm 的測試數據

次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²
1	621	11	853	21	483	31	627	41	380	51	614
2	679	12	873	22	494	32	641	42	389	52	627
3	687	13	883	23	529	33	649	43	407	53	641
4	728	14	944	24	529	34	649	44	422	54	649
5	745	15	989	25	529	35	656	45	427	55	656
6	745	16	1035	26	573	36	695	46	541	56	695
7	745	17	1059	27	573	37	745	47	541	57	711
8	761	18	1071	28	593	38	787	48	573	58	728
9	778	19	1145	29	593	39	815	49	573	59	737
10	834	20	1199	30	614	40	844	50	586	60	853
全部平均值			695.7								

表二十九：空氣對降低電磁波的測試數據比較

遮蔽物		距離 0cm	距離 2cm
無膠片遮蔽	環境背景平均值	7881.074	5972.833
有膠片遮蔽	膠片遮蔽平均值	930.8333	695.7
竹炭：銀=1：3 複合、2mm、20%	有效遮蔽%	-88.189	-88.35226

※說明：1.若沒有使用遮蔽電磁波的膠片，直接測環境背景，空氣可以使電磁波減少一些。
(如表二十八)

2.在相同(竹炭：銀=1：3，2mm，20%)條件下，竹炭銀複合膠片隔著空氣測試，其遮蔽電磁波效果稍微好一點，但相差不多。(如表二十七、二十八、二十九)

(二) 2mm 竹炭銀複合膠片製成手機套 (如表三十)

表三十：竹炭：銀=1：3、2mm、20% 製成的手機套測試數據

次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²
1	511	11	648	21	197	31	760	41	359	51	703
2	579	12	687	22	211	32	760	42	511	52	736
3	579	13	711	23	224	33	769	43	579	53	769
4	593	14	744	24	229	34	796	44	621	54	778
5	600	15	744	25	248	35	805	45	626	55	778
6	600	16	796	26	634	36	814	46	634	56	778
7	606	17	805	27	663	37	901	47	648	57	863
8	648	18	833	28	695	38	912	48	648	58	893
9	648	19	863	29	703	39	933	49	663	59	901
10	648	20	893	30	736	40	988	50	695	60	988
全部平均值			681.4167								

表三十一：竹炭銀複合膠片 (竹炭：銀=1：3、2mm、20%) 與手機套測試數據比較

遮蔽物	複合膠片	手機套
膠片遮蔽平均值	930.8333	681.4167
環境背景平均值	7881.074	7881.074
有效遮蔽%	-88.189	-91.3537

※說明：1.製成手機套的竹炭銀複合膠片 (竹炭：銀=1：3、2mm、20%) 遮蔽電磁波的效果比未製作前更好。(如表三十一)

表三十二：竹炭：銀=1：9、2mm、10% 製成的手機套測試數據

次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²
1	883	11	461	21	208	31	736	41	108	51	167
2	679	12	483	22	179	32	883	42	120	52	359
3	901	13	517	23	367	33	540	43	85	53	203
4	1059	14	456	24	313	34	559	44	95	54	160
5	1011	15	461	25	343	35	663	45	116	55	201
6	1023	16	583	26	445	36	769	46	89	56	162
7	751	17	426	27	431	37	505	47	85	57	273
8	863	18	566	28	450	38	505	48	80	58	185
9	922	19	517	29	367	39	634	49	119	59	138
10	1000	20	440	30	359	40	540	50	110	60	293
全部平均值			449.1								

表三十三：竹炭銀複合膠片（竹炭：銀=1：9、2mm、10%）與手機套測試數據比較

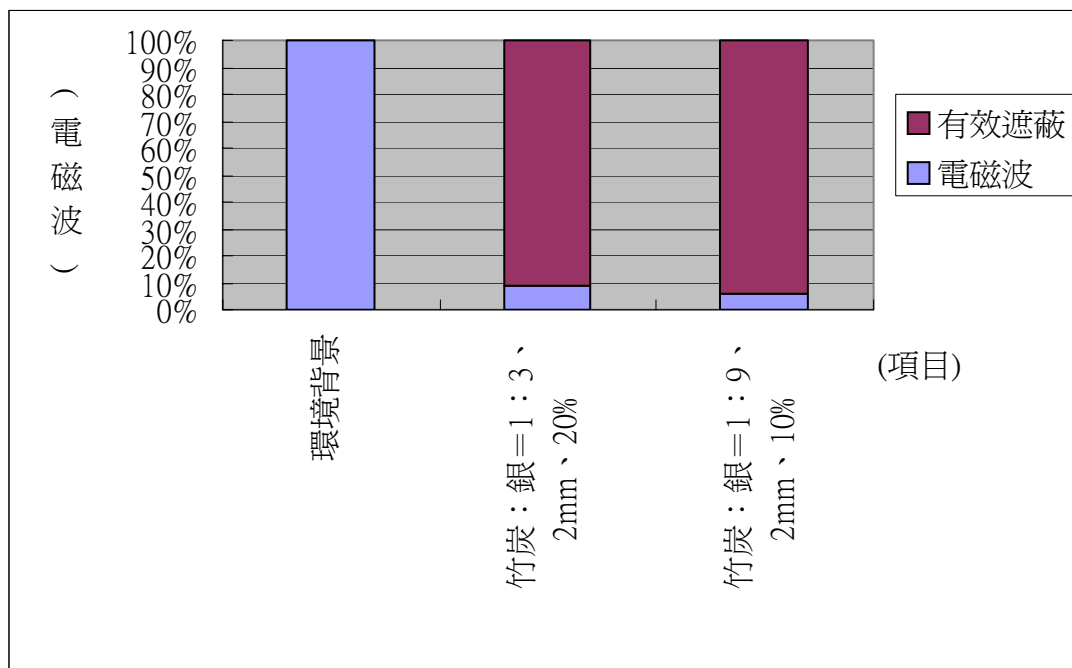
遮蔽物	複合膠片	手機套
膠片平均值	893.3167	449.1
環境背景平均值	7881.074	7881.074
有效遮蔽%	-88.665	-94.3015

※說明：1.製作成手機套的竹炭銀複合膠片（竹炭：銀=1：9、2mm、10%）遮蔽電磁波的效果比未製作前更好。（如表三十三）

表三十四：手機套測試數據比較

手機套	竹炭：銀=1：3、2mm、20%	竹炭：銀=1：9、2mm、10%
手機套遮蔽平均值	681.4167	449.1
環境背景平均值	7881.074	7881.074
有效遮蔽%	-91.3537	-94.3015

成本分析		竹炭：銀=1：3、20%、2mm	竹炭：銀=1：9、10%、2mm
硝酸銀 (10元/克)		6.88克×170/108 ×10元/克 =108.29元	4.05克×170/108 ×10元/克 =63.75元
竹炭 (0.5元/克)		2.29克×0.5元/克 =1.145元	0.45克×0.5元/克 =0.225元
一張膠片價格		109.435元	63.975元
遮蔽效果	膠片	-88.2%	-88.7%
	機套	-91.4%	-94.3%



圖二十四

- ※說明：1.原本膠片遮蔽效果相當，但製作成手機套後，1：9、10%、2mm的竹炭銀複合膠片比1：3、20%、2mm的膠片遮蔽電磁波的效果還要好，且高達-94.3%。
- 2.從成本分析來看，1：9、10%、2mm的竹炭銀複合膠片比1：3、20%、2mm的膠片還要便宜。
- 3.因為1：3、20%、2mm的膠片添加量較多，所以較硬一些，而1：9、10%、2mm會比較柔軟。(表三十四、三十五，圖二十四)

八、研究八結果

(一) 1mm 竹炭銀複合膠片與製作成手機套的測試數據 (如表三十六、三十七)

表三十六：竹炭：銀=1：9、1mm、10% 複合膠片測試數據

次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²
1	1439	11	1145	21	1199	31	955	41	1406	51	1047
2	1422	12	1132	22	1186	32	955	42	1374	52	1035
3	1406	13	1119	23	1186	33	944	43	1358	53	966
4	1374	14	1119	24	1172	34	933	44	1186	54	933
5	1373	15	1107	25	1145	35	893	45	1172	55	933
6	1327	16	1081	26	1132	36	893	46	1145	56	933
7	1256	17	1023	27	1081	37	893	47	1107	57	922
8	1256	18	977	28	1011	38	883	48	1094	58	883
9	1242	19	933	29	988	39	814	49	1071	59	805
10	1159	20	863	30	966	40	814	50	1059	60	787
全部平均值			1083.533								

表三十七：竹炭：銀=1：9、1mm、10% 製成手機套測試數據

次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²	次數	mW/m ²
1	824	11	719	21	678	31	634	41	606	51	586
2	805	12	719	22	671	32	634	42	606	52	586
3	778	13	711	23	656	33	634	43	606	53	579
4	760	14	711	24	656	34	634	44	606	54	579
5	760	15	711	25	656	35	634	45	600	55	573
6	751	16	703	26	656	36	626	46	600	56	566
7	751	17	703	27	648	37	613	47	593	57	566
8	744	18	703	28	648	38	613	48	593	58	553
9	736	19	695	29	641	39	613	49	593	59	553
10	728	20	679	30	634	40	606	50	593	60	553
全部平均值			652.7667								

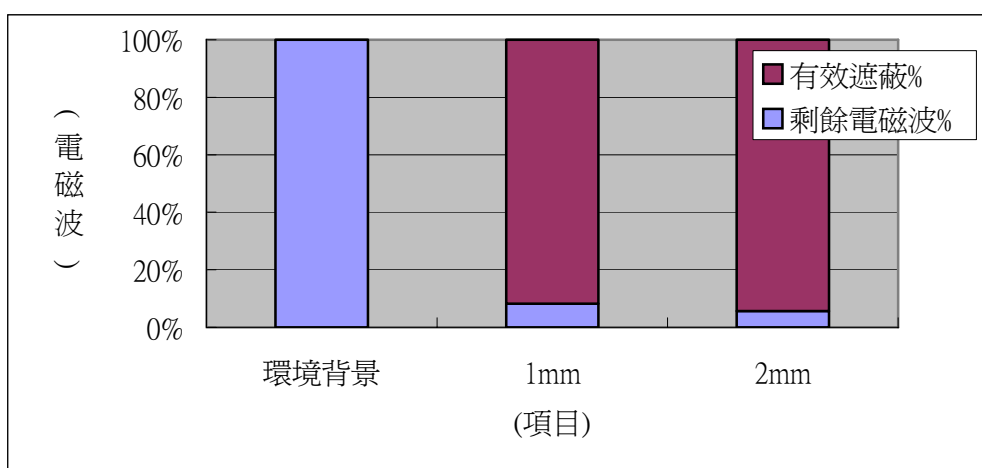
※說明：1.製成手機套的複合膠片（竹炭：銀=1：9、1mm、10%）遮蔽電磁波的效果比未製作前更好。（如表三十八）

表三十八：竹炭銀複合膠片（竹炭：銀=1：9、1mm、10%）與手機套測試數據比較

遮蔽物	複合膠片	手機套
平均值	1083.533	652.7667
環境背景平均值	7881.074	7881.074
有效遮蔽%	-86.2515	-91.717

表三十九：1mm 與 2mm 手機套測試數據比較

竹炭：銀=1：9、10%手機套數據	1mm	2mm
平均值	652.7667	449.1
環境背景平均值	7881.074	7881.074
有效遮蔽%	-91.717	-94.3015



圖二十五

表四十：1mm 與 2mm 手機套成本分析

成本分析		1mm	2mm
硝酸銀 (10 元/克)		2.025 克×170/108 ×10 元/克 =31.875 元	4.05 克×170/108 ×10 元/克 =63.75 元
竹炭 (0.5 元/克)		0.225 克×0.5 元/克 =0.1125 元	0.45 克×0.5 元/克 =0.225 元
一張膠片價格		31.9875 元	63.975 元
遮蔽效果	膠片	-86.2515%	-88.7%
	機套	-91.717%	-94.3%

※說明：1.竹炭：銀=1：9、10% 手機套 1mm 比 2mm 遮蔽效果略差一些。(如表四十)

柒、討論

一、研究一：研究手機電磁波最強的位置、撥話與接話時電磁波曲線

(一) 本實驗的手機電磁波，以頂部至聽筒背部最強，因此本研究皆以手機頂部作為測試。

(二) 撥打後電磁波功率密度最大值出現在 3-5 秒，之後便趨於穩定，接話後電磁波不會再增強。因此本研究均以「測量電磁波的最大值、不接話」為原則。

二、研究二：研究製作能夠遮蔽電磁波的膠片

(一) 因人工攪拌製成的塑膠片，粉末分佈不均，且熟化很慢，所以改以電磁攪拌器攪拌均勻並加熱，當膠體開始變稠就取出，倒入模具。

(二) 第一代膠片製作使用夾鏈袋裝入膠體，因密閉環境不易乾燥，所以自製烤箱，用燈泡加熱烘乾。但成型後，氣泡多、厚度不均，且不好撕開，因而採用各式模具（第二代），但都無法順利取下，之後改採人工裁切鋼板當作模具（第三代），但人工裁切鋼板凹凸不平，最後改以雷射切割鋼板作為模具（第四、五代）。

(三) 為順利取下成型塑膠片，曾使用蛋糕紙夾層，但無法均勻擴散，改使用離形紙（第三代以後）後就容易取出，且可重複使用。

(四) 第三代膠片製作因未加蓋，膠體在燈光下照太久會熱脹冷縮，使膠片厚度不均。

(五) 第四代膠片兩面遮蔽效果差異大，可能是因為只採以單面照光，所以竹炭銀粉末沉澱在下方，使的數據不均勻。

(六) 第五代改良後的膠片，採用雙面加壓、雙面加熱法，不僅厚度均勻且數據穩定，遮蔽效果也比第四代較好。

(七) 為求實驗精準，盡量增加測試次數，求取平均值。

三、研究三：研究不同材質遮蔽電磁波的效果

(一) 根據研究結果，空白膠片幾乎沒有遮蔽效果，但因樹脂可以混合遮蔽電磁波的材料使其定型，加上其輕薄、柔軟的特性，所以運用樹脂當作定型膠體。

(二) 竹炭膠片遮蔽電磁波的效果比空白膠片稍好一些，顯示竹炭可以遮蔽部分電磁波；另有研究四證明。

(三) 在相同（2mm、10%）條件下，銀膠片遮蔽電磁波的效果最佳，顯示銀是將電磁波反射，所以效果很好。

(四) 在相同（2mm、10%）的條件下，竹炭：銀=1：3 的竹炭銀複合膠片遮蔽電磁波的效果介於竹炭膠片與銀膠片之間，顯示銀包覆在部分竹炭表面，此均勻的複合膠片兼具竹炭遮蔽電磁波的效果和銀反射電磁波的效果，使遮蔽電磁波的效果增加。研究四和五有針對銀比例增加、竹炭銀複合物添加量增加，再進一步做研究。

四、研究四：研究不同添加量之竹炭膠片遮蔽電磁波的效果

(一) 結果顯示竹炭添加量越多，遮蔽效果越好，此也證明竹炭可以遮蔽電磁波；雖然竹炭遮蔽效果比銀小很多，但仍然有遮蔽作用。

(二) 本研究利用竹炭當作銀的載體，製作成複合物膠片可遮蔽電磁波，其成本比純銀膠片來的低。

五、研究五：研究不同比例之竹炭銀複合膠片遮蔽電磁波的效果

- (一) 在相同(2mm、10%)條件下，隨著複合銀比例的增加，竹炭銀複合膠片遮蔽電磁波的效果越大。
- (二) 竹炭銀複合膠片(竹炭：銀=1：9，10%，2mm)遮蔽電磁波的效果比研究三中的銀膠片還要好一些，但相差不多，顯示竹炭：銀=1：9複合物中，竹炭大部分被銀包覆(參考之前科展作品)，此時竹炭的功用只在於載體而已，所以1：9竹炭銀複合膠片與銀膠片效果相近。

六、研究六：研究不同添加量之竹炭銀複合膠片遮蔽電磁波的效果

- (一) 在相同(竹炭：銀=1：3，2mm)條件下，隨著添加量的增加，竹炭銀複合膠片遮蔽電磁波的效果越大，顯示膠片中遮蔽電磁波材料越多、越密集，電磁波越不容易通過。
- (二) 20%竹炭銀複合膠片和30%相近，顯示20%的濃度夠大，能夠遮蔽大部分的電磁波，再多的量也不會增加太多遮蔽效果。
- (三) 20%、30%竹炭銀複合膠片遮蔽電磁波的效果大於研究三中的銀膠片。竹炭：銀=1：3時，此時銀部分包覆著竹炭，此複合膠片兼具竹炭遮蔽電磁波和銀反射電磁波的效果，又因添加量增加使其濃度增大，使遮蔽電磁波的效果增加。

七、研究七：竹炭銀複合膠片(2mm)遮蔽電磁波的應用

- (一) 若沒有使用遮蔽電磁波的膠片，直接測量環境背景，空氣可以使電磁波降低一些；顯示若使用無遮蔽電磁波的手機時，吾人接聽電話時，耳朵應離開手機，不可貼近手機，否則電磁波太強，會影響人體。
- (二) 在相同(竹炭：銀=1：3，2mm，20%)條件下，使用竹炭銀複合膠片遮蔽手機電磁波，有間隔空氣測試其遮蔽電磁波比未間隔空氣效果較佳，但相差不多；顯示若要使用本研究製作之竹炭銀複合膠片來遮蔽手機的電磁波時，可以不需要隔著空氣聽電話，即可遮蔽大部分電磁波。
- (三) 製作成手機套的竹炭銀複合膠片(竹炭：銀=1：3、2mm、20%與竹炭：銀=1：9、2mm、10%)遮蔽電磁波的效果均比未製作前更好，而且聽筒依然可以聽到聲音。
- (四) 從成本分析來看，1：9、10%、2mm的竹炭銀複合膠片比1：3、20%、2mm的膠片還要便宜。
- (五) 製作成手機套後，1：9、10%、2mm的竹炭銀複合膠片比1：3、20%、2mm的膠片遮蔽電磁波的效果還要好，且高達-94.3%。且1：3、20%、2mm的膠片添加量較多，所以較硬一些，而1：9、10%、2mm會比較柔軟。

八、研究八：竹炭銀複合膠片(1mm)遮蔽電磁波的應用

- (一) 竹炭：銀=1：9、10%手機套1mm比2mm遮蔽效果稍差一些，但其優點為價格便宜、比較薄且柔軟，若有適當的模具，1mm是未來一體成型手機套的更好選擇。
- (二) 生活中微波爐和吹風機的電磁波很大，將來亦可以嘗試製作遮蔽不同頻率的電磁波遮波材料。

捌、結論

一、研究一

(一) 手機電磁波以頂部至聽筒背部上緣位置最強，撥出後 3~5 秒時(收訊前)出現最大值。

二、研究二

(一) 雙面加壓、加熱製成的竹炭銀複合膠片遮蔽效果較佳。

三、研究三

(一) 空白膠片幾乎沒有遮蔽效果。

(二) 在相同 (2mm) 條件下，膠片遮蔽效果：銀 > 竹炭：銀 = 1 : 3 複合 > 竹炭 > 空白。

四、研究四

(一) 在相同 (2mm) 條件下，50% 竹炭膠片遮蔽效果比 10% 效果較佳。

五、研究五

(一) 在相同 (2mm、10%) 條件下，隨著複合銀比例的增加，竹炭銀複合膠片遮蔽電磁波的效果越大。

(二) 膠片遮蔽效果：竹炭：銀 = 1 : 9 > 1 : 6 > 1 : 3 > 1 : 1 > 3 : 1 > 空白。

六、研究六

(一) 在相同 (竹炭：銀 = 1 : 3，2mm) 條件下，隨著添加量的增加，竹炭銀複合膠片遮蔽電磁波的效果越大。

(二) 膠片遮蔽效果：30% > 20% > 10% > 空白。

七、研究七

(一) 製作成 2mm 手機套的竹炭銀複合膠片：竹炭：銀 = 1 : 9，10% 遮蔽電磁波的效果比 1 : 3，20% 更好、也較便宜，而且不需隔著空氣聽電話，聽筒依然可以聽到聲音。

八、研究八

(一) 竹炭：銀 = 1 : 9、10% 手機套 1mm 比 2mm 遮蔽效果較差一些，但其優點為價格便宜、比較輕薄且柔軟。

玖、參考資料

一、台北市立民生國中 民 96 竹炭與銀的美麗邂逅 (47 屆全國科展化學第三名) 20 頁

二、國立高雄師範大學附屬高級中學 民 93 黑金秘辛－備長炭粉末對行動電話電磁波阻絕之效果探討 (44 屆全國科展生活與應用科學科)

三、何鎮揚 陳雅玲 廖家榮合著 奈米科技交響曲－化學篇 初版 台北市：臺大出版中心 民 93

四、谷腰欣司著 圖解電磁波的構造 第一版 新店市 世貿出版社 207 頁 民 95 年

五、修伊特著、陳可崗譯 觀念物理 V 第一版 三重市 天下雜誌 240 頁 民 90 年

【評語】 030811

整體創意、實驗設計、產品開發均相當紮實，具有良好之水準，書面資料與口頭報告均有不錯之品質。產品具有實用性、應用性及研究性。

應盡量以數據輔助來做結論，並考量各種實用性之進一步設計。