

電磁波遮蔽材料的製備及其性質之研究

張良濤^{1*} 莊子儀² 顏志超¹

1：明新科技大學化工系

2：明新科技大學化工所碩士班研究生

摘要

本研究是利用置換法來製備表面金屬化導電性測試片，將較低還原電位的鋁粉末和鋁薄片分散於酚醛樹脂中，經熱壓成型後，將此測試片浸漬於較高還原電位的硝酸銀水溶液中，硝酸銀溶液中的銀離子被還原成銀於測試片表面，因而製得金屬化導電性聚合物測試片並將還原前及還原後的測試片進行電磁波遮蔽效率之比較，並探討鋁粉末含量、鋁薄片含量、鋁薄片展弦比對電磁波干擾遮蔽效應的影響，從中製得具有良好電磁波遮蔽效果的材料。研究發現隨著鋁薄片展旋比的增加，其遮蔽效果也隨之增加。

關鍵字：鋁粉末，鋁薄片，還原電位，電磁波遮蔽效果

Studies on the Preparation and Properties of EMI Shielding Materials

Liang-Tau Chang Tzu-I Chuang Chih-Chao Yen

Department of Chemical Engineering, Mingshin University of Science and Technology

Abstract

In this research, aluminum powders and aluminum flakes with lower reduction potential were dispersed in phenol-formaldehyde resin, then compressed to test sheet by compression molding. These test sheets were immersed in silver nitrate solution and silver ion were reduced to silver on the sheets surface, then metallized conductive polymers were obtained and measure the shielding effectiveness of electromagnetic interference(EMI).

Keywords : aluminum powders, aluminum flakes, reduction potential, EMI shielding effectiveness

一、緒論

昔日使用收音機聽廣播節目，能了解到“雜音”的存在，當汽車經過時，收音機總是會發出同步於汽車點火系統的雜音，到了視訊傳播年代，在家中觀賞電視，當飛機經過時，往往會有不愉快的畫面出現，能感受到“雜訊”的問題，直至現今科技發達，這些問題依然存在，電腦開機會使收音機出現雜音，使用大哥大會使電視或電腦螢幕出現雜訊，收音機、音響出現奇怪聲音，現在我們了解到這些問題不再只是雜音或雜訊能足以描述，我們將它稱之為電磁波干擾（Electro-Magnetic Interference，EMI），它亦有

* 化學工程系講師 地址：新竹縣新豐鄉新興路 1 號 Tel：03-5593142 E-mail：clt@must.edu.tw

許多不同的名稱如無線電雜訊 (Radio Noise)，電子雜訊 (Electronic Noise) 或無線電頻率干擾 (Radio-Frequency Interference, RFI) 等【1】。

EMI 是近幾十年來發現的一種新污染—電子污染，是一種看不見、聽不到、摸不著的無形污染，它隨著現今社會發達，日趨嚴重，已經到達不能忽視的地步，必須將它對人體的傷害及對精密儀器的影響等減至最低。目前有許多學術界及業界人士積極投入研究，也有業界開始將其研究成果商業化，但主要還是以導電性表面處理為主，已有不錯的成果，雖然此遮蔽法效果良好，但由於易磨損、剝落、怕氧化、加工複雜等缺點，目前開發也到了一個階段，相對的潛力也降低許多。雖然金屬具有良好的遮蔽效果，但重量大、複雜形狀不易加工、易腐蝕等問題，不合乎所要求的輕、巧、薄、短、小，所以綜合考量遮蔽效果、質量輕巧、加工成本等因素，仍以導電性填充材料添加在高分子材料內部使成爲一導電性複合材料，相當有前瞻性，而遮蔽方法的一些加工技術其後述之。【2-14】

EMI 發生的範圍一般在 10Hz~100GHz 之間，但一般而言電子產品所產生的電磁波或受電磁波干擾的頻率都有較一重要的範圍，如電腦組件所較敏感的電磁波爲 450KHz~1GHz 之間，而一般其他電子工業則較敏感於 500KHz~10MHz。EMI 依傳送方式可分爲傳導性 (Conducted) 和輻射性 (Radiated) 兩種，此兩種 EMI 有時單獨發生，亦有同時互相發生。【15】

EMI 遮蔽的定義爲當電磁波經過一導電遮蔽物時，會因遮蔽物使其發生反射 (Reflection) 或吸收 (Absorption) 作用而衰減，因此遮蔽效果 (Shielding Effectiveness, SE) 可表示成：【7,16,17】

$$SE (dB) = A + R + B$$

式中：

A：吸收耗損：由於能量在導體內之傳送所轉換成熱能而衰減。

R：表面反射損失：導體表面與空氣邊界面非連續性感抗所產生之反射耗損。

B：多重反射損失：導體兩面之間重複反射所導致之損失，一般吸收耗損 $A > 10dB$ 時，則 B 可忽略不計。此外，能量場爲電場或平面波，B 亦可忽略。

dB：分貝可定義爲輸入與輸出功率或電壓之遮蔽效應。

EMI 遮蔽效果亦可定義爲：當一個入射波 (b)，受到材料遮蔽後所得到的穿透波 (a)，此時材料的遮蔽效果 SE 之計算方式如下：

$$SE = 10 \log (P_b/P_a)$$

P：能量場強度 (Watts/m)

入射訊號減弱程度越高代表遮蔽效果越佳。由上述公式所得之遮蔽效果以 dB 表示，其代表意義如表一所示，一般來說，具 30~60dB 的遮蔽效果就可供使用，而一般的法規可接受的遮蔽效果也必須在 30dB 以上。

表一、不同 dB 值所代表之遮蔽效果【7】

dB 值	遮蔽效果 (%)	遮蔽程度
0-10	90	低或沒有遮蔽效果
10-30	90-99.9	最低限度遮蔽效果
30-60	99.9-99.9999	平均值遮蔽效果
60-90	99.9999-99.9999999	平均值之上遮蔽效果
90-120	99.9999999-99.999999999	最佳遮蔽效果

隨著電子工業的蓬勃發展，電子產品朝向輕、巧、薄、短、小的方向發展，電子元件相對的必須高密度化，極易受到電磁波干擾及產生電磁波干擾源，影響到其它電子產品，甚至是傷害人體，因此需要進行對於電磁波干擾的遮蔽處理，所以從元件的製造至成品均需要防護材料，其可使用導電性良好的遮蔽材料，如金屬、導電性高分子等。雖然金屬本身具有良好的遮蔽效果，但重量大、複雜形狀不易加工等問題，不符合現今輕、巧、薄、短、小的趨勢，因此導電性高分子作為遮蔽材料的運用相對提高。表二為一些導電性高分子材料之 EMI 遮蔽處理加工方式之比較。

表二、導電性高分子材料之 EMI 遮蔽處理加工方式之比較【7】

處理方法		優點	缺點
外部加工	金屬板	遮蔽效果好、結構不易破壞	重量太重難以成形加工
	電鍍	遮蔽效果好、適合各種形狀、低勞工成本、自動化	薄、易刮傷而失敗，易有碎片而造成短路、污染大、過程長
	金屬濺鍍	遮蔽效果好、適合各種形狀、低投資成本	需表面處理、碎片易造成短路
	導電塗佈	遮蔽效果好、適合各種形狀、低投資成本、易加工	碎片易剝落、使用在低頻遮蔽、處理成本大、有污染問題
內部添加	添加導電填充劑	遮蔽效果好、容易做新設計、不需二次加工處理	物性強度損失較大、成形加工分散不均的問題，色澤及表面外觀較粗糙

本研究是利用置換法來製備表面金屬化導電性測試片，將較低還原電位的鋁粉末和鋁薄片分散於酚醛樹脂中，經熱壓成型後，將此測試片浸漬於較高還原電位的硝酸銀水溶液中，硝酸銀溶液中的銀離子被還原成銀於測試片表面，因而製得金屬化導電性聚合物測試片並將還原前及還原後的測試片進行電磁波遮蔽效率之比較，並探討鋁粉末含量、鋁薄片含量、鋁薄片展弦比對電磁波干擾遮蔽效應的影響，從中製得具有良好電磁波遮蔽效果的材料。【6】

二、實驗方法

(1) 聚合物/金屬粉末測試片之製備方法

取適量的的電木粉（酚醛樹脂）（長春人造樹脂新竹廠提供）分別加入不同量金屬粉末，經攪拌均勻

後，使金屬粉末完全均勻分散於電木粉中，將此混合粉末放入厚為 2 mm 之中空不銹鋼四方板框（16 cm ×16cm），上下夾以厚為 3mm 之不銹鋼板，將上述四方不銹鋼模具放入熱壓成型機中，溫度 170℃，壓力為 100 kg/cm²，先保壓 12 秒後，予以洩壓，使之排氣，再加壓到壓力為 100 kg/cm²，保壓 60 秒後，洩壓後取出，並拆開模具，即得聚合物/金屬粉末測試片（長 16cm、寬 16 cm、厚 2 mm）。金屬粉末為 Al，粒徑大小為 60-120 μm。

(2) 聚合物/金屬粉末及金屬薄片測試片之製備方法

在上述電木粉中除了添加金屬粉末外，並加入金屬薄片並改變不同展弦比(aspect ratio)及不同含量，以了解不同展弦比(aspect ratio) 及不同含量對電磁波遮蔽效率的影響。【12】

(3) 表面金屬化之導電測試片之製備

將上述測試片裁成 1cm×3cm 的測試片，將此測試片浸入 60℃ AgNO₃ 溶液中，適當時間後取出，以蒸餾水清洗，乾燥後以四端子方法(four terminal method)測其表面電阻。【18】

(4) X-ray 繞射儀的分析

將還原後的表面金屬化測試片表面做 X-ray 做繞射的分析，擬測出其 2 θ 值，再經由布拉格 (Bragg) 方程式計算出 d 值，進而判斷還原後測試片表面的成分。本實驗使用銅靶當作光束，操作條件為 30KV，20mA，掃描範圍從 10⁰~80⁰，繞射儀掃描速度為每分鐘 4 度。

(5) 電磁波遮蔽效率的測試

還原前後的測試片之電磁波屏蔽效率測試樣品係依據 ASTM D4935-89 之方法量測，此量測方法利用垂直入射的遠場平面波長量測平板材料，需分別量測 reference 與 test 兩片試片，經計算求得電磁屏蔽效率值。委託台中漢翔航空股份有限公司的儀器進行電磁屏蔽效率量測，量測之頻率範圍由 30MHz 到 1500MHz。

三、結果與討論

如表一及圖一所示，當 wt% 等於 10 或大於 10 時，電木粉/鋁粉測試片經硝酸銀溶液處理後的表面，顯示良好的導電性。而當 wt% 等於 5 時還原後的表面雖有銀白色的銀粒子析出來，但由於銀粒子無法形成連續導電路徑，所以無法獲得良好導電性。【19】

本研究除了要製備具有良好導電性材料外，另外的重要主題是放在電磁波遮蔽效果的研究。由於鋁粉價格便宜，所以先針對此方面做探討。由表二及圖二可看出尚未經過硝酸銀溶液處理的電木粉/鋁粉測試片隨著鋁粉含量的增加，其遮蔽效果也增加，即使當鋁粉含量高達 35wt%，但其遮蔽效果最好只能達到 18.90dB，也就是頂多只能遮蔽掉 98.71 % 電磁波，而一般要能商業化的產品，其遮蔽效果必須達到 30dB 以上才能遮蔽掉 99.9% 的電磁波。當電木粉/鋁粉測試片經過硝酸銀溶液處理後的測試片，如表二及圖二所示，隨著鋁粉含量的增加，其遮蔽效果也增加，特別是到了 20wt% 以上，其遮蔽效果顯著增加，主要是測試片表面附著一層緻密的銀層，使得測試片獲得良好的導電性。一般而言，導電性愈好，電磁波遮蔽效果愈好。雖然當鋁粉含量高達 30~35%，遮蔽效果高達 35~67dB 之間，也就是可以去除 99.968%~99.99998% 的電磁波，但是由於鋁粉添加量過多，相對的也會使測試片本身的物性變差。因此本研究改以鋁薄片(Aluminum Flakes)當填充材料，由於鋁薄片價格較碳纖維、不鏽鋼纖維或鍍鎳纖維來得便宜，

而且易配色、比重低，且可得較佳遮蔽效果，但其缺點是要達到 30~50dB 之遮蔽效果需加入高含量鋁片，如此則易造成伸長率、衝擊強度、拉伸強度及彎曲強度等機械性質下降等缺點，爲了克服此一缺點，本研究使用低含量鋁片。同時也加入少量鋁粉，一方面鋁粉和鋁片可以作爲電磁波遮蔽效果，另一方面部分鋁粉和硝酸銀溶液反應，使銀離子還原成銀於試片表面。由於內部鋁薄片填充材料形成內部導電通路，再加上試片表面金屬化形成內外皆具有良好導電情形，使得電磁波遮蔽效果可大幅提升。

由表三及圖三的結果得知，當只加入低含量鋁薄片及鋁粉，而沒有進行硝酸銀溶液還原時，其遮蔽效果雖比只加入鋁粉來得好，但仍然無法達到 30dB 以上，此乃因爲鋁薄片含量太低，因此無法形成良好導電通路，不過該表可看到展旋比愈大，其遮蔽效果也愈好。當這些測試片經過硝酸銀溶液還原後，由表三及圖三可看出，其遮蔽效果雖然比未還原前來得好，但仍無法達到 30dB 以上，造成此種原因，乃是測試片內部的鋁薄片含量太少，無法形成良好導電通路，雖然該測試片表面有優異的導電性，但是鋁粉和硝酸銀溶液還原後的銀層太薄，以致於雖可提高遮蔽效果，但提升不多。

在表四及圖四中，本研究降低鋁粉量，但提升鋁薄片含量，但鋁粉和鋁薄片的總重(5.25g)與表三(5.25g)一樣時，可以發現未還原的測試片，其鋁薄片較多時，隨著展旋比的增加，其遮蔽效果也隨之提升，且遮蔽效果也比表三較低含量鋁薄片來得好，可見鋁薄片愈多且展旋比愈大，形成內部導電通路情形愈好，因此遮蔽效果也較好，不過遮蔽效果仍未能達到 30dB 以上。但由表四及圖四可發現在相同展旋比時，還原後的測試片要比未還原前的遮蔽效果來得好，且隨著展旋比的增加，同樣的遮蔽效果也隨之提升，特別在展旋比爲 15 時，其遮蔽效果爲最好，在各頻率下皆能達到 30dB 以上(35~39dB 之間)，會有如此優異的結果，乃是內部高展旋比的鋁薄片填充材料形成較佳的導電網路，而另一方面測試片內部鋁粉和硝酸銀溶液反應形成表面緻密的銀層，使得測試片內外皆具有良好導電情形，使得電磁波遮蔽效果能夠大幅提升。

在表五及圖五中，當鋁粉和鋁薄片的含量提高時，未經硝酸銀溶液處理的測試片隨著展旋比的增加，其遮蔽效果也隨之增加，在展旋比爲 15 時，其在 900MHZ 及 1.8GHZ 可以達到 30dB 左右的遮蔽效果，而且與表三、表四比較可看出在相同展旋比下，鋁薄片含量愈多，其遮蔽效果也愈好。在表五及圖五中，當測試片經硝酸銀溶液處理後，可看出隨著展旋比的增加，其遮蔽效果也隨之增加，而且遮蔽效果也比未經硝酸銀溶液處理來得好，特別是在較高展旋比時，例如 10 及 15 時，其遮蔽效果爲 40~55dB，幾乎可以完全遮蔽掉電磁波。【12】

爲了確認電木粉／鋁粉經硝酸銀溶液處理後的測試片是否在表面形成一層緻密的銀層，以 x-ray 繞射儀分析，其結果確認測試片表面爲銀金屬，如表六所示。

四、結論

本研究得到下列幾點結論：

- 1、本研究是利用置換法來製備表面金屬化導電性測試片，將較低還原電位的鋁粉末和鋁薄片分散於酚醛樹脂中，經熱壓成型後，將此測試片浸漬於較高還原電位的硝酸銀水溶液中，硝酸銀溶液中的銀離子被還原成銀於測試片表面，因而製得導電性良好之金屬化導電性聚合物測試片。
- 2、尙未經過硝酸銀溶液處理的鋁粉／電木粉測試片隨著鋁粉含量的增加，其遮蔽效果也增加，即使當鋁

粉含量高達 35wt%，但其遮蔽效果最好只能達到 18.90dB，也就是頂多只能遮蔽掉 98.71 % 電磁波。當鋁粉／電木粉測試片經過硝酸銀溶液處理後的測試片，隨著鋁粉含量的增加，其遮蔽效果也增加，特別是到了 20wt% 以上，其遮蔽效果顯著增加，主要是測試片表面附著一層緻密的銀層，使得測試片獲得良好的導電性。但是由於鋁粉添加量過多，相對的也會使測試片本身的物性變差。

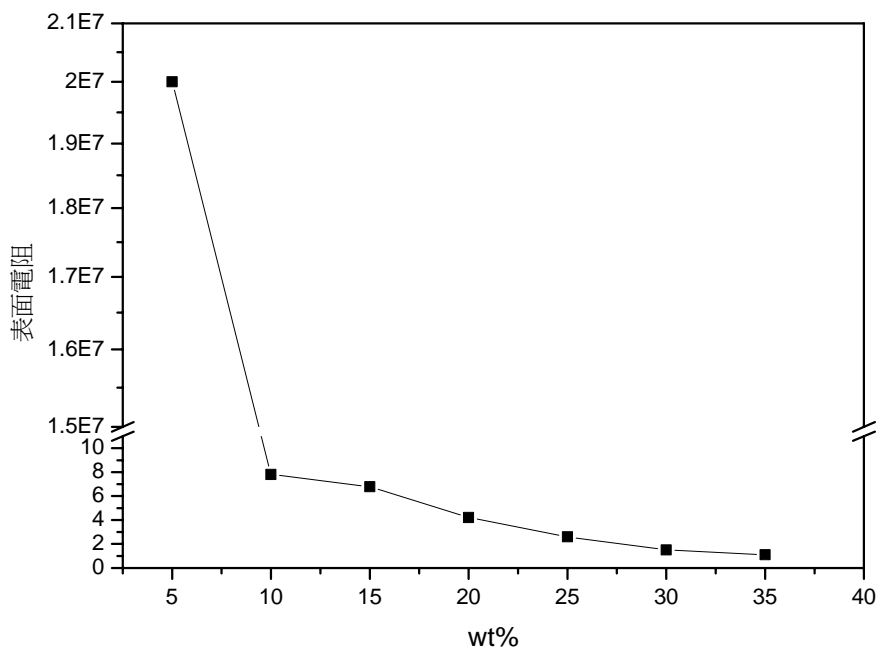
- 3、本研究在電木粉中加入低含量鋁薄片，同時也加入少量鋁粉，一方面鋁粉和鋁片可以作為電磁波遮蔽效果，另一方面部分鋁粉和硝酸銀溶液反應，銀離子還原成銀粒子披覆在測試片表面。由於內部鋁薄片填充材料形成內部導電通路，再加上試片表面金屬化形成內外皆具有良好導電情形，使得電磁波遮蔽效果可大幅提升。當測試片經硝酸銀溶液處理後，可看出隨著展旋比的增加，其遮蔽效果也隨之增加，而且遮蔽效果也比未經硝酸銀溶液處理來得好，特別是在較高展旋比時，例如 10 及 15 時，其遮蔽效果為 40~55dB，幾乎可以完全遮蔽掉電磁波。

五、參考文獻

1. 林國榮, 1987.4, “電磁波干擾及控制”, 初版, P2~P11。
2. 張坤煌, 1999.10, “EMI 與導電複合材料”, 工業材料, 154 期, P94~P101。
3. 劉文隆, 1992.10, “複合材料電磁遮蔽膠粒之製作與加工”, 材料與社會, 70 期, P63~P69。
4. 鄭國彬等, 1999, “不銹鋼複合針織物補強熱可塑性複合材料之製造與電磁波屏蔽效應之研究”, 台灣電磁相容研討會, P105~P111。
5. 馬振基, 1998. 8, “EMI/RFI 遮蔽用導電性高分子複合材料”, 塑膠資訊, NO.33, P1~P14。
6. 劉文隆, 1992. 7, “複合材料技術在電磁干擾遮蔽產品的應用”, 材料與社會, 67 期, P89~P95。
7. 工業技術研究院化學工業研究所, 1998. 6, “導電性高分子專題調查報告”。
8. 高信敬, 1996. 11, “資訊電子產品外殼塑件防電磁波技術”, 塑膠中心培訓班講義。
9. R.M.Gresham, 1998 Feb, “EMI/RFI Shielding of Plastics”, Plating and Surface Finishing, P63~P69。
10. K. Wenderoth and J. Petermann, 1989 Feb, “Synergism on Electro-magnetic Interference (EMI) – Shielding in Metal – and Ferroelectric- Particle Filled Polymers ”, Polymer Composites, Vol.10, No.1, P52~P56。
11. 周文祥等, 1999, “塑膠成型構裝雷射模組之電磁干擾研究”, 1999 台灣電磁相容研討會, P93~P96。
12. 蔣志明, 1998.6, “防電磁波干擾鋁箔填充塑膠產品研製”, 台大材料所碩士論文。
13. 劉文隆, 1994, “複合材料技術在電磁干擾遮蔽產品的應用”, 台北國際自動化機具大展專刊, P361~P381。
14. 沈永清, 1998. 9, “導電性塑膠材料”, 化工資訊, P6~P13。
15. 吳萬章, 1999, “用於電磁干擾遮蔽效用的導電性塑膠”, 高分子工業, 2 期, P20~P23。
16. M. T. Kortschot and R. T. Woodhams, 1985 Oct, “Electromagnetic Interference Shielding with Nickel-Coated Mica Composites”, Polymer Composites, No.4, P269~P332。
17. 盧敏彥, 1998. 9, “導電塑膠應用-電磁干擾屏蔽”, 化工資訊, P15~P23。
18. 顏志超, 1990. 11, “導電性聚合物的製備及其性質的研究”, 中原化工所博士論文。
19. M. T. Kortschot and R. T. Woodhams, 1988 Feb, “Computer Simulation of the Electrical Fillers”, Polymer Composites, Vol. 9, No.1, P60~P71。

表一 電木粉／鋁粉測試片經硝酸銀溶液處理後的表面電阻

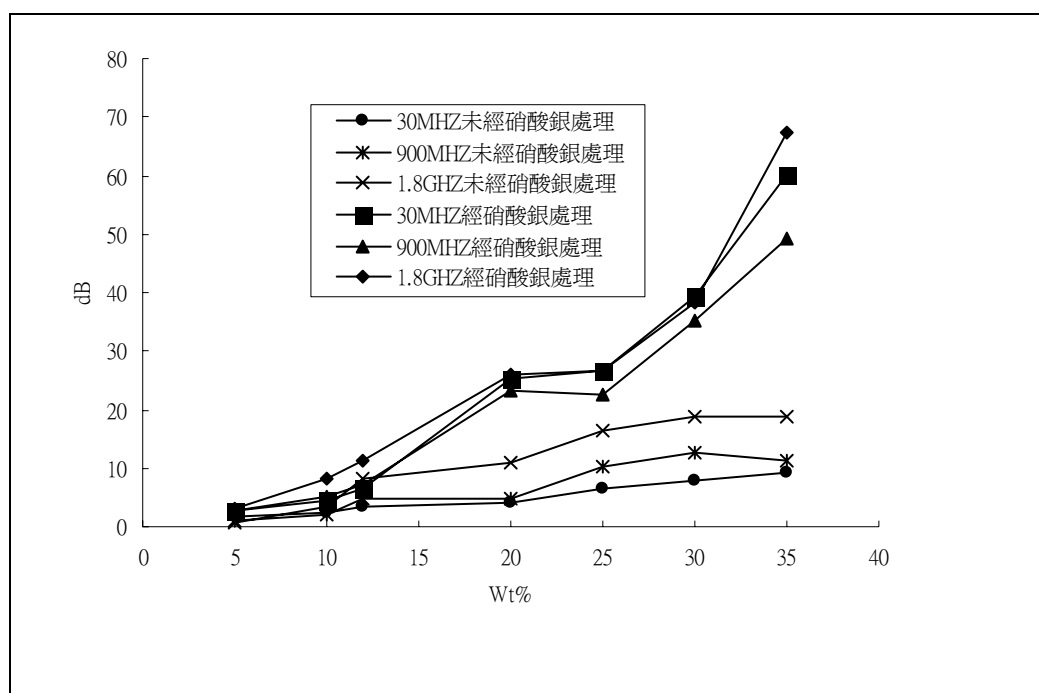
電木粉(g)	鋁粉(g)	wt%	表面電阻(Ω/cm^2)
33.25	1.75	5%	$>2 \times 10^7$
31.50	3.50	10%	7.8×10^0
29.75	5.25	15%	6.8×10^0
28.00	7.00	20%	4.2×10^0
26.25	8.75	25%	2.6×10^0
24.50	10.50	30%	1.5×10^0
22.75	12.25	35%	1.1×10^0



圖一 電木粉／鋁粉測試片經硝酸銀溶液處理後的表面電阻

表二 電木粉／鉛粉未經硝酸銀溶液及經硝酸銀溶液處理後之電磁波遮蔽效應

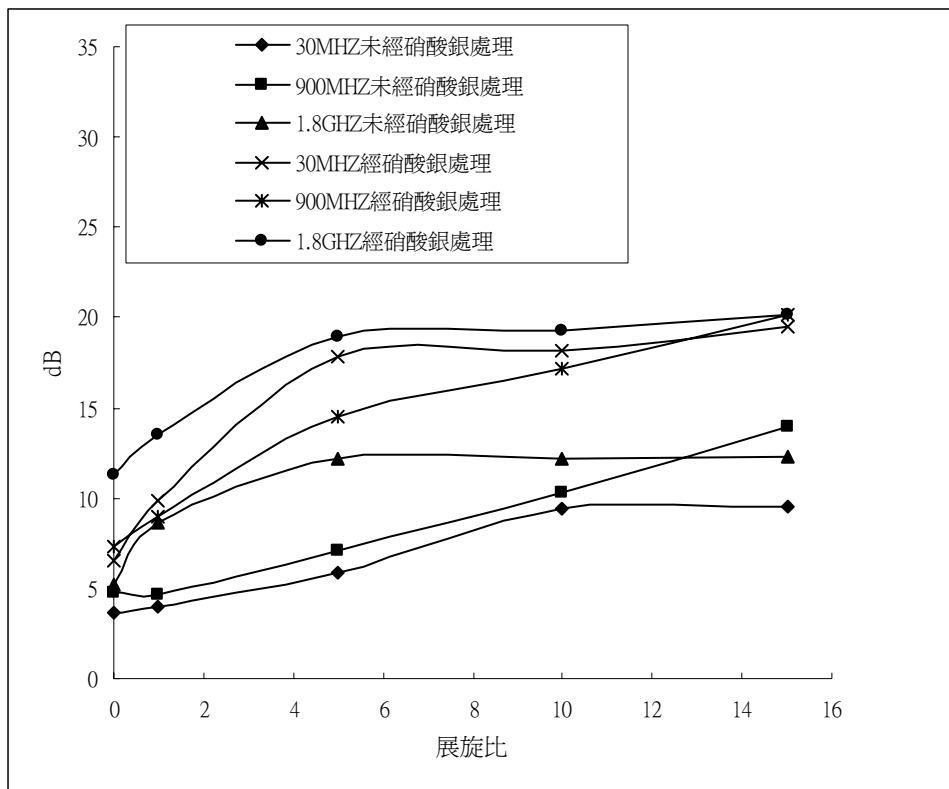
電木粉 (g)	鉛粉 (g)	wt%	未經硝酸銀溶液之處理			經硝酸銀溶液之處理		
			30MHZ	900MHZ	1.8GMZ	30MHZ	900MHZ	1.8GMZ
33.25	1.75	5%	1.84	0.94	0.60	2.63	2.81	3.17
31.50	3.50	10%	2.33	1.94	3.49	4.52	5.18	8.33
29.75	5.25	12%	3.47	4.71	8.36	6.56	7.35	11.26
28.00	7.00	20%	4.20	4.95	11.07	25.15	23.12	25.98
26.25	8.75	25%	6.64	10.20	16.50	26.75	22.69	26.57
24.50	10.50	30%	8.02	12.62	18.84	39.25	35.11	38.19
22.75	12.25	35%	9.27	11.37	18.90	60.11	49.23	67.18



圖二 電木粉／鉛粉未經硝酸銀溶液及經硝酸銀溶液處理後之電磁波遮蔽效應

表三 電木粉／鋁粉／鋁薄片未經硝酸銀溶液及經硝酸銀溶液處理後之電磁波遮蔽效應

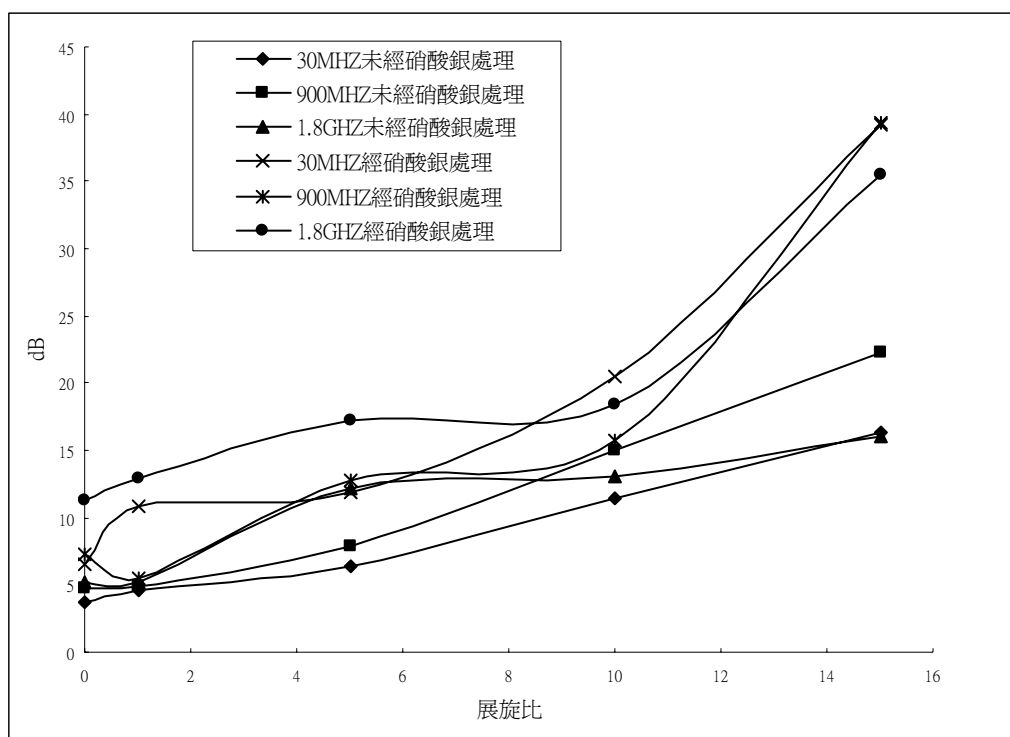
電木粉 (g)	鋁粉 (g)	鋁薄片 (g)	展旋比	未經硝酸銀溶液之處理			經硝酸銀溶液之處理		
				30MHZ	900MHZ	1.8MHZ	30MHZ	900MHZ	1.8MHZ
29.75	5.25	0	0	3.67	4.71	5.25	6.56	7.35	11.26
29.75	4.50	0.75	1	4.01	4.61	8.69	9.89	8.95	13.50
29.75	4.50	0.75	5	5.87	7.07	12.20	17.85	14.50	18.90
29.75	4.50	0.75	10	9.44	10.27	12.20	18.21	17.15	19.30
29.75	4.50	0.75	15	9.51	13.95	12.30	19.53	20.21	20.15



圖三 電木粉／鋁粉／鋁薄片未經硝酸銀溶液及經硝酸銀溶液處理後之電磁波遮蔽效應

表四 電木粉／鋁粉／鋁薄片未經硝酸銀溶液及經硝酸銀溶液處理後之電磁波遮蔽效應

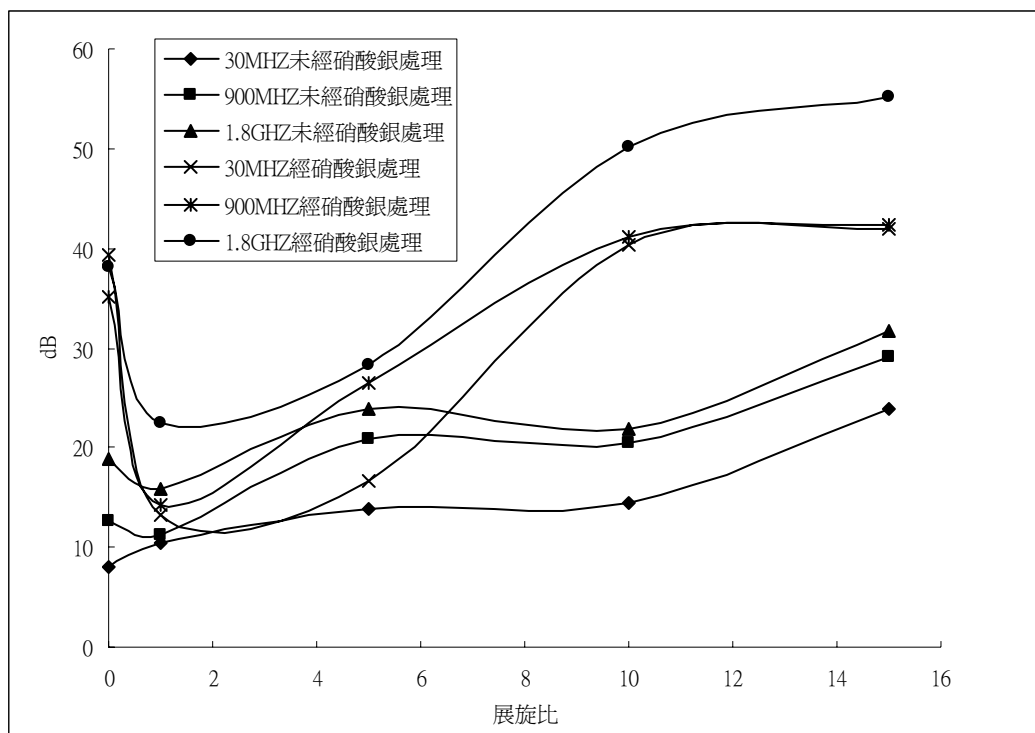
電木粉 (g)	鋁粉 (g)	鋁薄片 (g)	展旋比	未經硝酸銀溶液之處理			經硝酸銀溶液之處理		
				30MHZ	900MHZ	1.8GMZ	30MHZ	900MHZ	1.8GMZ
29.75	5.25	0	0	3.67	4.71	5.25	6.56	7.35	11.26
29.75	3.00	2.25	1	4.57	4.89	5.13	10.87	5.52	12.90
29.75	3.00	2.25	5	6.45	7.83	12.12	11.86	12.73	17.28
29.75	3.00	2.25	10	11.43	15.07	13.14	20.55	15.74	18.36
29.75	3.00	2.25	15	16.40	22.24	15.98	39.22	39.36	35.44



圖四 電木粉／鋁粉／鋁薄片未經硝酸銀溶液及經硝酸銀溶液處理後之電磁波遮蔽效應

表五 電木粉／鋁粉／鋁薄片未經硝酸銀溶液及經硝酸銀溶液處理後之電磁波遮蔽效應

電木粉 (g)	鋁粉 (g)	鋁薄片 (g)	展旋比	未經硝酸銀溶液之處理			經硝酸銀溶液之處理		
				30MHZ	900MHZ	1.8GMZ	30MHZ	900MHZ	1.8GMZ
24.50	10.50	0	0	8.02	12.62	18.84	39.25	35.11	38.19
24.50	6.00	4.50	1	10.52	11.20	15.82	13.22	14.22	22.50
24.50	6.00	4.50	5	13.76	20.90	23.78	16.69	26.51	28.20
24.50	6.00	4.50	10	14.42	20.54	21.82	40.43	41.23	50.22
24.50	6.00	4.50	15	23.84	29.12	31.74	41.93	42.41	55.22



圖五 電木粉／鋁粉／鋁薄片未經硝酸銀溶液及經硝酸銀溶液處理後之電磁波遮蔽效應

表六 電木粉／鋁粉測試片經硝酸銀溶液處理後的表面之 x-ray 繞射儀分析結果

電木粉／鋁粉經硝酸銀溶液處理後的測試片		純 銀	
2 θ	d	2 θ	d
38.2	2.354	38.14	2.359
44.4	2.039	44.33	2.034
64.6	1.442	64.50	1.445
77.6	1.229	77.61	1.230