「2022 中華民國營建工程學會第十九屆營建產業永續發展研討會」

# 氮化硼加氧化鋅塗料對防火及抗電磁波之影響

# Fireproof and Anti-electromagnetic Construction Coatings Using Boron Nitride Mixed with Zinc Oxide Nanoparticles

朱展驛 [1] (Chang-Yi CHU)、謝建德 [1,*] (Chien-Te HSIEH)、蔡宗儐 [2] (Tsung-Pin TASI)

[1] 元智大學化學工程與材料科學學系

[2] 奕通工程顧問公司

## 摘要

現今是個生活中處處脫離不了電子產品的時代，而往往這些電子產品會釋出輻射影響人體健康，甚至有時電子產品不當使用會引發火災，因此決定尋找能夠有效吸收電磁波的塗料，並且兼具防火的多功能材料。結合之前的研究結果，並找尋相關資料及適合的藥品，發現氧化鋅能夠用來抗電磁波，氮化硼的防火特性也有不錯的效果，所以決定將氮化硼及氧化鋅作為基底，進行不同比例的藥品配置。將其進行電磁波及防火測試，找出了氮化硼:氧化鋅比例為 1:3 的塗料效果最佳，經火焰測試其碳化面積降低 20%，電磁波的電場及磁場更能分別下降 74.2% 及 84.7%，有效降低電磁波及提升防火特性。在未來也可以持續本研究，將它有效利用在木板、壁毯、牆壁上，進而減少輻射及火災的危害。

***關鍵字：防火、電磁波、建築塗層、氧化鋅、氮化硼***

## Abstract

Nowadays, this is an era in which electronic products cannot be separated from daily life, and these electronic products often release radiation that affects human health, and sometimes even improper use of electronic products can cause fires. Therefore, this study aims at looking for an appropriate coating that can effectively absorb electromagnetic waves and are fireproof. Combining the previous research results, and looking for relevant information and suitable chemicals, it was found that zinc oxide can be used to resist electromagnetic waves, whereas boron nitride displays superior fire resistance. On the basis of experimental results, the construction coating with BN: ZnO ratio (1:3) exhibits the best fireproof and anti-electromagnetic wave ability. After the flame test, the carbonized area was reduced by 20%, and the electric field and magnetic field could be significantly reduced by 74.2% and 84.7% respectively. In the future, this robust design of functional coating can also be extensively used in wood plates, tapestries, and walls to reduce radiation and fire hazards.

***Keywords:*** ***Fire prevention, Anti-electromagnetic wave, Construction coatings, Zinc oxide, Boron nitride***

## 一、前言

現在每個人的生活皆離不開電子產品，電磁波帶來的輻射也對人體造成了不少的危害，有時電子產品的不當使用也可能造成爆炸進而導致火災的發生，因此我們想找出能夠有效吸收電磁波並且同時具備防火特性的材料用於日常生活中。在先前的研究中我們有使用單純的氮化硼去進行防火測試[1]，但效果卻不盡人意，後來改用半導體常用的氧化鋅進行不同比例的配置，發現效果較之前單純使用氮化硼基底塗料要來的好很多，同時也有相關文章指出氧化鋅可以抗電磁波[2]，因此同步進行抗電磁波的測試，結果也有效降低了電磁波中的電場值，證明此項是有防火及抗電磁波雙功能的塗料，再將氮化硼[3]及氧化鋅進行不同比例的配置，以氮化硼:氧化鋅比例為 3:1、2:1、1:1、1:2 及 1:3 等 5 組的數據，找尋出最好的配置，使其達到最好的功用，未來能夠應用在建築塗料上，減少電磁波及火災的傷害。

## 二、研究主體

### 2.1 實驗原料

本實驗使用的原料有 ZnO (氧化鋅)、BN (氮化硼-球磨)、Sodium silicate (矽酸鈉)、Pentaerythritol (季戊四醇)、Gypsum powder (石膏粉)。

### 2.2 塗料製備及特性分析

首先，先將 BN 粉劑與鋯球秤量重量比例為 1:5 將其放入球磨機研磨 30 min，然後配置 20 ml 矽酸鈉、0.308 g 季戊四醇、0.048 g 石膏粉做為基底加入不同比例的 BN 及 ZnO 粉劑，混和重量比例以 9%為基準值，分別配置 BN:ZnO 重量比為 1:1、2:1、3:1、1:2、1:3 等 5 種不同比例的塗料，以轉速為 150 rpm 的速度運轉一天，最後將配製的塗料刷塗在尺寸為 40 mm × 50 mm × 10 mm 的木板上，放置於烘箱 60 度的溫度加熱 24 小時，使塗料與木板吸收並將液體烘乾，塗料的厚度皆盡量控制在約 1.3 mm 左右，以火焰直接朝木板燃燒 60 秒觀察其碳化面積，得到火對於塗料的影響。

本研究接著將配製的塗料刷塗在尺寸為 200 mm × 150 mm × 10 mm 的壁毯上，放置於烘箱 40 度的溫度加熱 24 小時，塗料的厚度皆盡量控制在約 1.0 mm 左右，以特定電器量測原始電磁波，並加入空白壁紙進行對照組，觀察 5 組塗料及空白壁紙對電磁波的影響，再找出效果最好的將其分別塗抹 1、2、3、4 及 5 mm 不同的厚度，觀察厚度不同是否會對電磁波產生影響。

# 三、結果與討論

## 3.1 表觀及微結構材料分析

在 Figure 1 中，我們觀察到在不同比例的塗料配置下所形成的波峰，以在圖上能明顯觀察到 BN: ZnO 比例在 1:3 時，還有許多連續震盪波，有別於其他四項皆有明顯的波峰，可能是 1:3 樣品結晶程度不高，卻也導致了吸收電磁波特性較佳。

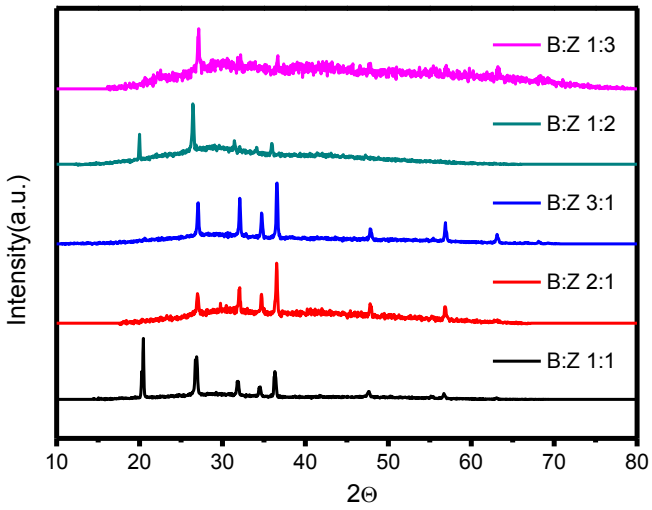


Figure 1. Typical XRD patterns of various BN + ZnO composite coatings.

在 Figure 2 可以看到 ZnO 與 BN 粉劑在 FE-SEM 下測出來的結果，ZnO 作為半導體使用的三維材料其顆粒相當小且明顯約在 1~100 奈米，而氮化硼在 FE-SEM 下所拍攝出來就如同包膜的二維材料，藉著 Figure 2 所呈現的圖，可以在 Figure 3 中觀察各比例所呈現出來的圖，能發現到 Figure 2(a)圖相比於其他圖比較平順，並且分散較均勻，明顯沒有 BN 的痕跡在上面，因此得出隨著 ZnO 濃度的上升，ZnO 顆粒也完全包裹住 BN 形成一個較大的保護力，其效果就像在薄膜外增加微小粒子形成的保護層。

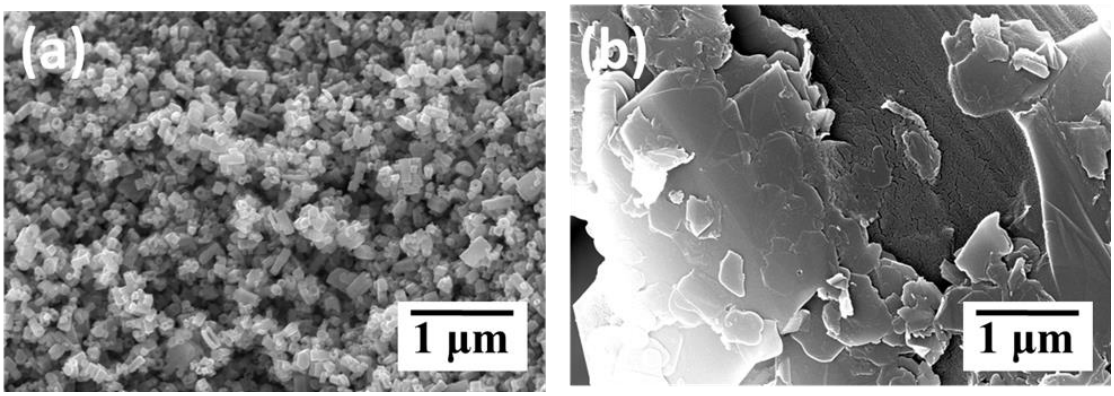

Figure 2. FE-SEM images of (a) pristine ZnO nanoparticles and (b) BN sheets.

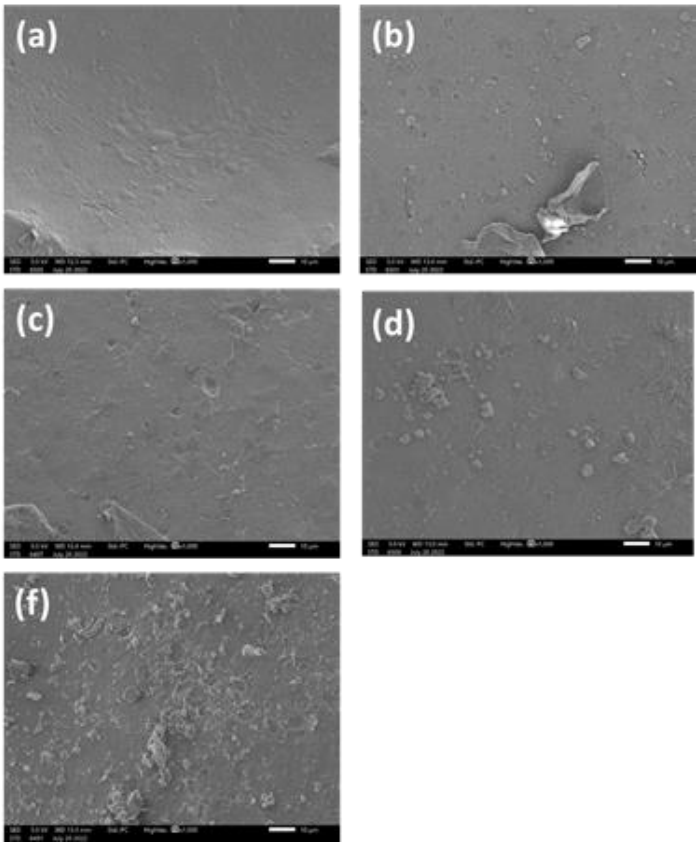


Figure 3. Top-view FE-SEM images of BN + ZnO composite coatings with various BN: ZnO weight ratios:(a) 1:3, (b) 1:3, (c) 1:1, (d) 2:1, and (e) 3:1.

### 3.2 防火及抗電磁特性分析

在測試抗火性時，以 1050 度的高溫燃燒木板，在 Figure 4(a)的效果遠勝過其他組，在相同時間 60 秒內，僅僅只有(a)組的中心小部分碳化，並未大面積擴散到其他地方。在 Figure 5 中可以看到明顯的碳化面積在一分鐘內的比較圖，隨著 BN 濃度的上升，碳化面積越來越大，但 ZnO 比例較多時，碳化面積有下降的趨勢，因此結果的認定上防火效能以 BN:ZnO 為 1:3 效能最好，可有效阻隔火源，使其不受到大面積的擴散。

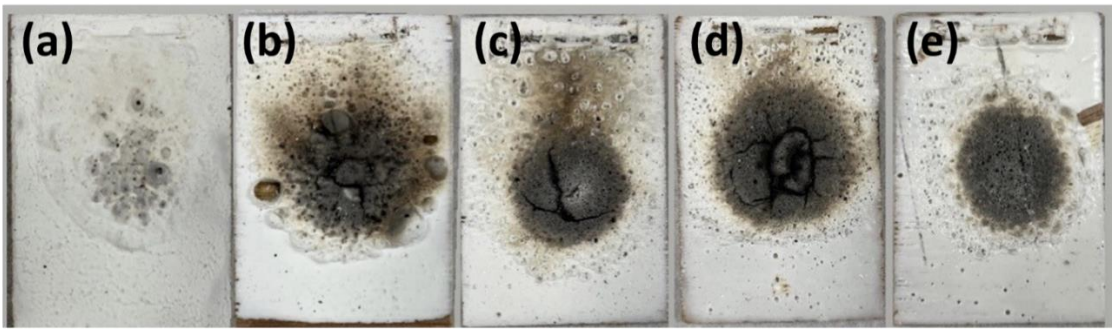


Figure 4. Photographs of the composite coatings with various BN: ZnO weight ratio:

(a) 1:3, (b) 1:2, (c) 1:1, (d) 2:1, and (e) 3:1, after the fire injection test.

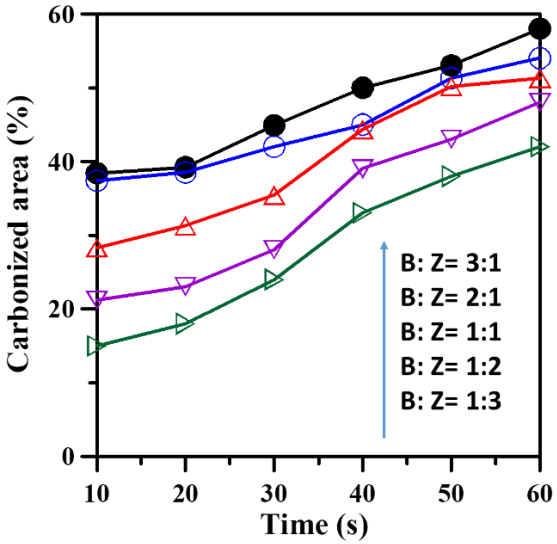


Figure 5. Carbonized area as a function of injection time.

電磁波所測出來的結果也與防火的結果相同，隨著 ZnO 濃度的提升，在 100 秒內電場跟磁場下降的程度也十分可觀(如 Figure 6)。我們在單純測試電器的電場強度時，電場可以來到 350 V/m，而加入空白紙在 100 秒時僅僅下降至 228 V/m，但到了 BN:ZnO 比例為 1:3 時卻可下降 58.8 V/m 的強度，並取用了效果最好的比例塗料進行不同厚度對電磁波的實驗，而實驗結果就猶如 Figure 6(b)一樣幾乎成同一水平線，不會隨著厚度的增加而對電磁波的強度有所降低。

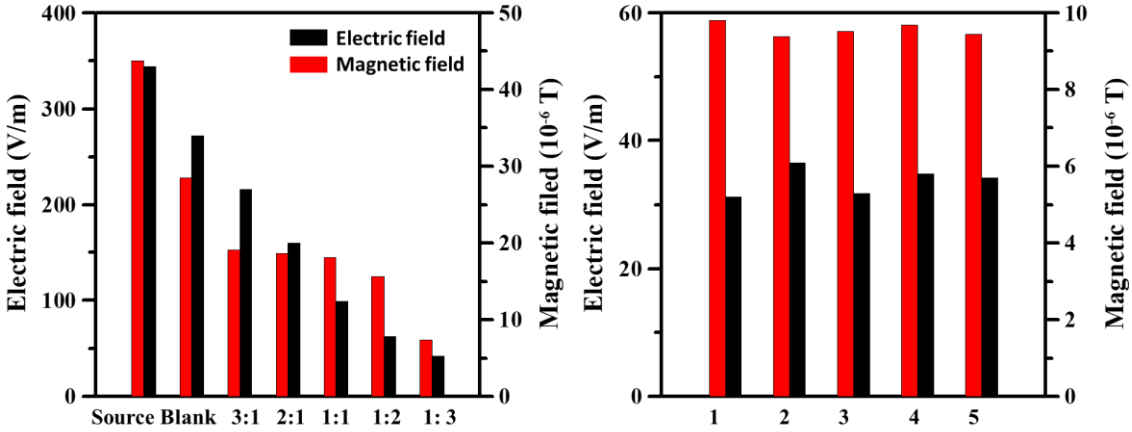


Figure 6. (a) Magnetic and electric field as a decreasing function of BN/ZnO coatings, and (b) the variation of thickness with both the magnetic and electric field at the fixed BN: ZnO ratio (=1: 3 in w/w).

## 四、結論及未來工作

實驗結果中得到加入氧化鋅在氮化硼塗料中，重量比例以 BN:ZnO 為 1:3 時

效果最好，得到當氧化鋅比例比氮化硼多時，可有效包覆氮化硼，產生良好的保護力，不論是在防火或是抗電磁波的性質上皆有良好的效果，而厚度的增加並不會對電磁波有更進一步的影響，因此在未來的應用上，也可以將這樣的比例塗料作為基底進行其他測試，找出這種塗料其他功效，並應用在更多的建築材料。

## 五、參考文獻


[1] Q. Sun, W. Ye, J. Cheng, X. Long, “Effects of boron nitride coatings at high temperatures and electromagnetic wave absorption properties of carbon fiber-based magnetic materials”, Journal of Nanomaterials, 2020, 3672517 (2020).

[2] W.-L. Song, M.-S. Cao, B. Wen, Z.-L. Hou, J. Cheng, J. Yuan “Synthesis of zinc oxide particles coated multiwalled carbon nanotubes: Dielectric properties, electromagnetic interference shielding and microwave absorption”, Materials Research Bulletin, 47, 1747-1754 (2012).

[3] K. Sakuraya, H. Okada, F. Abe, “Influence of heat treatment on formation behavior of boron nitride inclusions in P122 heat resistant steel”, ISIJ International, 46 1712-1719 (2006).