

第五章 總結與未來展望

5.1 結論

本研究經由奈米碳管粉末製備成奈米碳管紙，藉由 Hall effect 知其為一半金屬材料，四點探針量測得知電阻率為 $10^{-4} \Omega \cdot m$ ，BET 檢測知其為一高體表面積及高孔隙之材料。低頻介電量測系統量測方面，成功地建立一低頻薄膜介電量測系統，並量測出 RBP 之介電常數為 16，並且知道可藉由沉積不同金屬氧化物而有所改變。在電化學的循環伏安法測試下，我們得知 RBP 的反應速度極快，並知其比電容值約 150F/g。本論文最後以 4 個 Q&A 之方式，整理出以下幾個結論：

Q&A：

Q₁：整篇論文所探討的首要目標為架設一低頻薄膜介電量測系統是否有如預期中的成效？

A₁：我們利用平行板電容的觀念，以兩電極板搭配 LCR Meter 來架設成一低頻薄膜介電量測系統，並經由常見的介電材料 Teflon 薄膜、FR4 板及乾燥的紙驗證，本系統確可量測低頻薄膜材料之介電常數。

Q₂：奈米碳管紙為一半金屬性的材料，如何量測其介電常數？

A₂：由於奈米碳管紙為一半金屬性的材料，並不能直接接觸到兩電極板做量測，故我們利用兩張乾燥的紙在兩側隔開樣品及電極板，再藉由我們驗證出最適用的混合定律之隨機混合型來分離得知奈米碳管紙之介電常數。

Q₃：在奈米碳管紙沉積不同濃度的不同金屬氧化物改質前後對介電常數有甚麼影響？

A₃：我們利用電泳法分別沉積了較高及較低濃度的各六種不同金屬氧化物在各個奈米碳管紙上，再藉由低頻薄膜介電量測系統量測出其介電值，我們發現沉積不同濃度的不同金屬氧化物可以控制我們奈米碳管紙介電常數之高低，其中以沉積個氧化物最高，其介電常數可達原始奈米碳管紙的 2 倍以上。

Q₄：奈米碳管紙在電極材料方面表現如何？

A₄：奈米碳管紙可說是一良好的電極材料，除其體比表面積及高之外，其在高速循環伏安測試之結果跟低速時差異不大，表示其反應速率及高，再加上其循環壽命極長，經過 200 圈測試並沒有明顯衰退的現象。

5.2 未來工作與展望

1. 期望在往後的實驗可以試著以二元或三元合金來做改質，期盼能更加提升其介電常數。
2. 若能有效掌握沉積上去的金屬氧化物量及其氧化晶相，應可有效的提升奈米碳管紙之介電常數或是比電容值。
3. 提高組裝電容之工藝，並研究其是否有面積效應之現象。

