

以石墨烯與碳黑複合材料應用於超級電容之電極

黃振宇* 胡庭豪 卜一字

國立高雄海洋科技大學微電子工程系

高雄市楠梓區海專路 142 號

E-mail: smegerp@gmail.com

摘要

在電容器的應用上，由於碳電極具有高表面積及高導電性，因此碳材料可說是非常好的一個電極材料，本研究計劃是以石墨烯和碳黑混合製作 應用於超級電容電極上，研究其電極介面和電容特性之影響。對於石墨烯和碳黑複合之超級電容電極，由 X 光繞射分析儀(X-ray Diffraction, XRD)進行材料微結構分析，最後將製備成的複合電極以電化學分析儀作循環伏安(cyclic voltammetry, CV)及恆電流充放電(constant current charge-discharge, CP)求其電容值。

關鍵詞：石墨烯 碳黑 超級電容

一、前言

電化學電容器(Electrochemical capacitor)又稱為超級電容(Supercapacitor)，具有高能量密度、高功率密度、循環壽命長、快速充放電，和溫度範圍廣等特性，其功能涵蓋了電池和傳統電容器的優點，以致於廣泛地使用於各領域。從材料的觀點來看，一般來說，超級電容器的電極材料大致上可分為三種：碳材料[1-3]、金屬氧化物[4,5]及導電高分子[6]，在這些材料中，碳材料具有高表面積及高導電性和循環壽命長。

以石墨烯和碳黑複合材料作為超級電容的電極，碳黑摻入到石墨烯層可以抑制石墨烯凝聚，改善電解質和電極之間的反應及電極的導電性，因此，對碳黑摻入石墨烯層中能提高其電化學反應。

二、實驗方法

本研究利用塗佈方式製備石墨烯和碳黑複合電極，實驗流程如圖 1 所示。所使用材料為石墨烯和碳黑，調配溶液時將 N-甲基吡咯烷酮混於石墨烯和碳黑中，利用超音波震盪器震盪 10 分鐘，使其均勻混合，接著再加入黏著劑，以 60°C 溫度均勻攪拌 2 小時。再以塗佈方式將溶液均勻塗佈

於金屬基板，之後置於烘箱中以 70°C 烘乾去除有機溶劑，以上步驟可以重複進行製作出所需薄膜之厚度。

對於石墨烯和碳黑複合之超級電容電極，由 X 光繞射分析儀(XRD)進行材料微結構分析，最後將製備成的複合電極以電化學分析儀作循環伏安(CV)及恆電流充放電(CP)求其電容值。

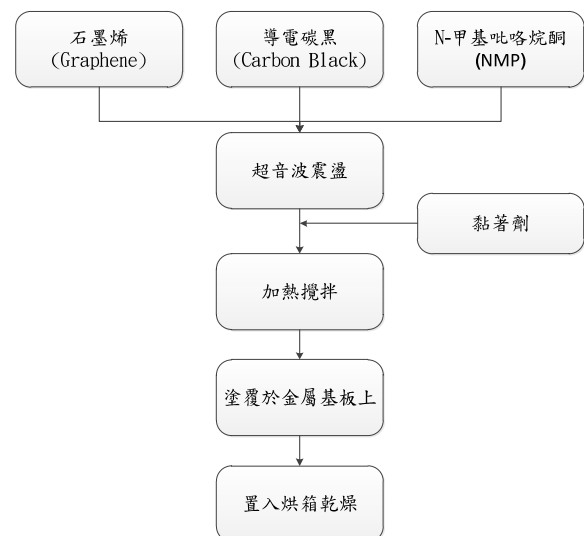


圖 1. 超級電容製備石墨烯和導電碳黑電極之流程圖

三、結果與討論:

圖 2 為石墨烯和碳黑複合電極進行 X 光繞射分析儀 (XRD) 量測, 量測參數以 $3^\circ/\text{min}$ 之掃描速度、掃描範圍 $20^\circ\sim 80^\circ$ 進行 XRD 分析, 由 XRD 分析可知在峰值 2θ 約 26.4° 有明顯的波峰, 這波峰表示有石墨烯和導電碳黑材料且結晶方向為(002)。

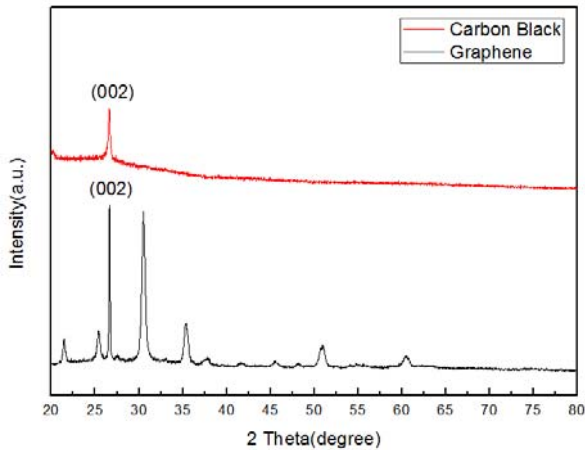


圖 2. 石墨烯和導電碳黑複合材料之 X 光繞射分析儀量測圖

圖 3 石墨烯和碳黑複合電極在電流密度為 5mAcm^{-2} 下的充放電測試, 可由圖所知其充放電時間均相當對稱, 代表此電極具有相當良好之對稱性及可逆性。

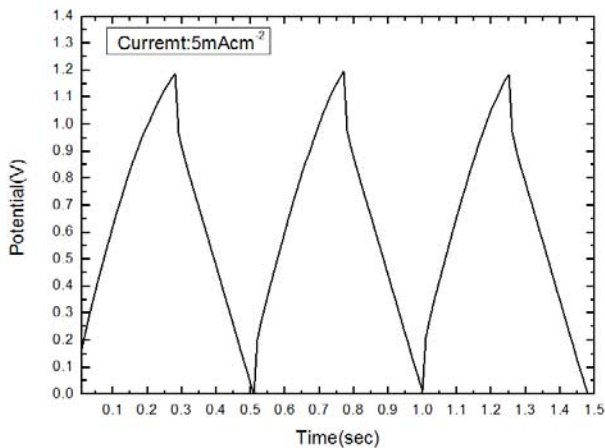


圖 3. 石墨烯和碳黑複合電極在電流密度為 5mAcm^{-2} 下的充放電量測圖

圖 4 為石墨烯和碳黑複合電極以電化學分析儀作循環伏安(CV)在不同掃描速率為 10mVs^{-1} 、 20mVs^{-1} 、 40mVs^{-1} 、 100mVs^{-1} 下, 由圖中可知石墨烯和碳黑複合電極本身在低速的掃描速率下之行爲呈現較方形之理想電容行爲顯現石墨烯和碳黑的行爲主要是電雙層的充放電, 在較低的掃描速

率下, 具有較好的電容特性。

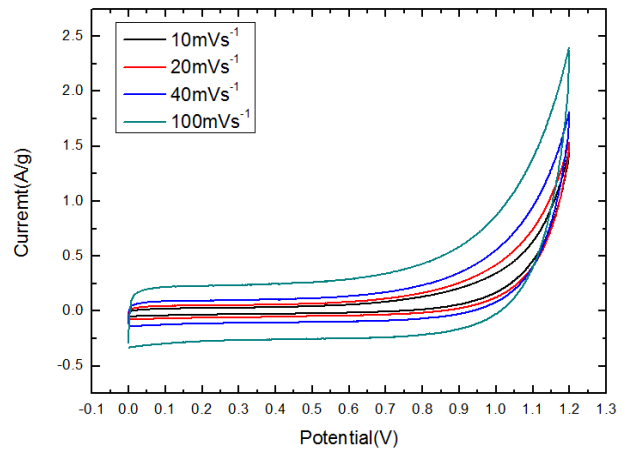


圖 4. 石墨烯和碳黑複合電極在不同掃描速率下的循環伏安圖

圖 5 為石墨烯和碳黑複合電極在不同掃描速率的循環伏安所計算之電容值, 由圖 4 可知, 當掃描速率較低時, 氧化還原或是化學吸/脫附反應, 不僅發生在電極表面, 而且發生在電極內部, 活性物質的利用率大增, 電容值較高, 隨著掃描速率提高, 圖形的面積變大, 充放電週期縮短, 因此功率密度相對增加, 計算不同掃描速率的電容值變化, 則可發現隨掃描速率提高, 其電容值有下降的趨勢。

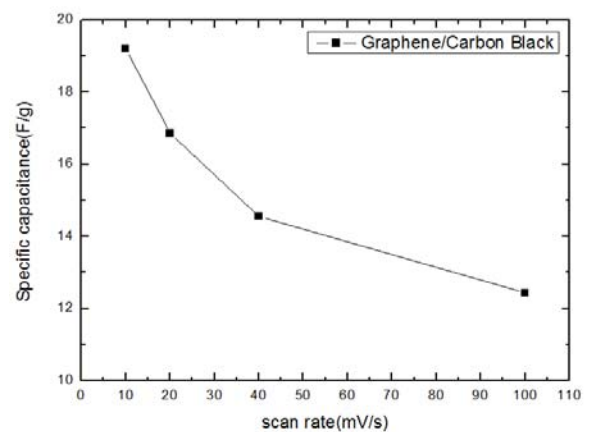


圖 5. 石墨烯和碳黑複合電極在不同掃描速率電容值

四、結論

本研究利用塗佈方式製備石墨烯和碳黑複合電極, 由 X 光繞射分析儀進行可知石墨烯和碳黑的結晶方向為(002) 在 26.4° 有明顯的波峰, 可由充放電量測得出此石墨烯和碳黑製作複合電極具有相當良好之對稱性及可逆性, 再由循環伏安量測可得掃描速率為 10mV/s 時電容值為 19F/g 。

參考文獻

1. Arbizzania, C., M. Mastragostino, F. Soavi (2001) New trends in electrochemical supercapacitors, *J. Power Sources* **100**, 164-170
2. Kuila, Tapas, Saswata Bose, Ananta Kumar Mishra, Partha Khanra, Nam Hoon Kim, Joong Hee Lee (2012) Chemical functionalization of graphene and its applications, *Progress in Materials Science* **57**, 1061–1105
3. Singh, Virendra, Daeha Joung, Lei Zhai, Soumen Das, Saiful I. Khondaker, Sudipta Seal (2011) Graphene based materials: Past, present and future, *Progress in Materials Science* **56**, 1178–1271
4. Jang, J. H., S. Han, T. Hyeon, S. M. Oh (2003) Electrochemical capacitor performance of hydrous ruthenium oxide/mesoporous carbon composite electrodes, *J. Power Sources* **123**, 79-85
5. Reddy, R. N., R. G. Reddy (2004) Sol–gel MnO₂ as an electrode material for electrochemical capacitors, *J. Power Sources* **124**, 330-337
6. Prasad, K. R., N. Munichandraiah (2002) Potentiodynamically Deposited Polyaniline on Stainless Steel Inexpensive, High-Performance Electrodes for Electrochemical Supercapacitors, *J. Electrochem. Soc.* **149**, A1393-A1399