



石墨烯超級電容之開發

Graphene Supercapacitor Development

季宇文

工研院機械所
先進機械技術組
石墨烯專案小組

黃昆平

工研院機械所
先進機械技術組
石墨烯專案小組
專案經理

關鍵詞(Keywords)

- 石墨烯 Graphene
- 超級電容 Supercapacitor
- 孔洞性材料 Porous Materials

摘要(Abstract)

多孔性石墨烯材料有需多的優點，其中高比表面積，擁有獨特的多孔性結構以及優良的電子導電性等。這些超乎尋常的材料特性使得石墨烯可以作為高性能超級電容器的關鍵材料。電化學電容器(ECS)，也被稱為擬電容器或是超級電容器(SCS)，擁有良好的功率密度(power density)表現使得其充放電的速度遠高於電池，而這樣的特性若

是應用在電動車或是混合動力上深具潛力也備受關注。本文討論石墨烯成長以及在超級電容上的應用成果，其中包含摻雜石墨烯，直立石墨烯，石墨/金屬氧化物的複合材料超級電容器等進行介紹，以及石墨烯超級電容未來面對的挑戰進行相關的討論。

Combining the advantages of both porous materials and graphene, porous graphene materials have attracted vast interests due to their large specific surface areas, unique porous structures and excellent electronic conductivity. Electrochemical capacitors (ECs), also known as pseudocapacitors or supercapacitors (SCs), are receiving great attention for their potential applications in electric and hybrid electric vehicles because of their ability to store energy, alongside with the advantage of delivering



the stored energy much more rapidly than batteries, namely the power density. This article focuses on recent research developments in graphene-based supercapacitors, including doped graphene, vertical graphene and graphene/metal oxide composites. The challenges and prospects of graphene-based supercapacitors are also discussed.

1. 前言

由於近年許多研究報告指出奈米碳材料有著良好的物理特性，使得其可以被視為孔洞性材料的主要結構。石墨烯是由碳原子以 SP^2 結構排列而成的完美二維晶體，由於其前所未有的物理和化學性質，並具有超高的電子導電性，導熱性，機械強度，化學穩定性以及獨特的二維(2D)形態和超高比表面積的等，在過去十年中已成爲最熱門的研究主題[1-5]。雖然單層石墨烯片的理論比表面積爲 $2630 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ [6]，但是許多的實驗獲得的石墨烯可使用表面區域是遠低於這個值，主要是由於石墨烯具有的強烈聚集傾向。舉例來說，研究報告指出天然存在的尺寸 80 目三維石墨其表面積是僅僅只有 $3.46 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ [7]。因此將石墨烯製造成多孔結構，將是一種有效的策略可使其避免產生再堆疊的行爲，並獲得真正可利用有效的高表面積的石墨烯材料。

利用石墨烯制做多孔材料，的確具有比其他多孔碳材的幾個明顯的優勢。首先，石墨烯擁有良好的機械強度可有助於提高多孔框架的穩定性，並防止多孔結構的收縮或折疊。第二，石

烯的優良的熱穩定性和化學穩定性可以使這些多孔材料能夠承受許多嚴苛的條件。第三，在這些多孔材料所產生的通道是有利的電解質的快速擴散，並且利用石墨烯的優異電導率使它成爲理想集電體的多孔框架，可在其中進行快速的運輸電荷載體。第四，含氧官能團，例如石墨烯氧化物(GO)和還原的石墨烯氧化物(RGO)，這些石墨烯衍生物可以加強物質間吸引力，使得各種有機或無機物質的結合，這也讓石墨烯作爲多孔材料可以產生具有各種不同複雜性的特異結構。這些罕見特性使得多孔石墨烯材料非常適合應用於高性能的電化學儲能元件和能量轉化設備，諸如鋰離子電池，超級電容器等關鍵組件[8-10]。

通過上述的動機，在過去幾年中石墨烯多孔材料的結構在各領域中已經看到了前所未有的成長。所以我們透過此文章來討論近年有關多孔石墨烯在超級電容中的應用，並提出在不久的將來可能面對的挑戰或是解決辦法。在這一文章中，我們將總結典型的石墨烯材料的製造方法。以及利用元素摻雜或是與金屬氧化物形成復合物等材料改質，將之應用在超級電容器中所產生的不同表現。透過結構—性能的關係，在這些材料中增強電化學能量存儲和轉換的應用進行討論，並希望在未來，推進更多石墨烯和碳材料的進步以及增加其廣泛的應用。

2. 石墨烯的製作與石墨烯超級電容器

本文章將介紹一系列如何產出單層的石墨烯的製作方法，其中以機械剝離高定向熱解石墨

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】387期・104年6月號

每期220元・一年12期2200元

劃撥帳號：07188562 工業技術研究院機械所

訂書專線：03-591-9342

傳真訂購：03-582-2011

機械工業雜誌官方網站：www.automan.tw