



## 石墨烯材料的應用展望

技術主編：黃淑娟 S. J. Huang

現職：工研院材化所(MCL/ITRI) 高分子混成研究室 主任

學歷：賓州州立大學化學工程研究所 博士

專長：奈米粉體與奈米碳材技術、觸媒化學

石墨烯為一層碳原子所組成的二維材料，承襲了 1980 年代的富勒烯(Fullerenes)及 1990 年代以來的奈米碳管(Carbon Nanotube)，是近來最受注目的碳同素異構物(Carbon Allotrope)。2010 年的諾貝爾物理獎頒佈給以膠帶剝離出石墨烯並揭露其優異特性的物理學家，更爆發了學界及業界的研究熱潮。單層而完美的石墨烯擁有高透光性（僅吸收 2.3% 可見光）、高導熱( $>4,000\text{ W m}^{-1}\text{ K}^{-1}$ )、極高的電子傳輸速率( $>10^6\text{ cm}^2\text{ V}^{-1}\text{ S}^{-1}$ )、較金屬銀或銅更低的電阻率( $10^{-6}\ \Omega\cdot\text{m}$ )，且是已知最薄與最強韌的材料。BCC Research 預測在 2015 年之前，石墨烯材料的商業化應用產品將會出現，其市場預估將有六千七百萬美元，且於 2020 年大幅成長達六億七千五百萬美元。短期（5~10 年）內的應用將包括複合材料、儲能材料、軟性平面顯示器、太陽光電及感測器；而長期（>10 年）的應用則包括取代矽之半導體應用、自旋電子元件(Spintronic Device)、單電子電晶體(Single Electron Transistors)。根據 BCC Research 的預測，在 2020 年之前，石墨烯最大的市場將為電容器及功能性複合材料。

石墨烯商業化的主要關鍵在於其生產及週邊配套技術是否可大量、穩定且經濟化的實現。石墨烯相關材料（包括單層石墨烯、多層石墨烯、氧化石墨烯等）的特性與其製程方法息息相關。本期技術專題中，首篇文章彙整了石墨烯之製程方法、產品來源及其多樣的特性，並討論不同製程方法所產生之石墨烯性質與其適合的應用領域。此外，文中並舉出數項石墨烯應用例及其最新發展趨勢，包括透明電極、鋰離子電池、超高電容器及氣體感測器等。第二篇文章聚焦於石墨烯 / 高分子複合材料的製備，以及機械補強、導電及導熱等應用特性介紹。石墨烯所擁有的機械、導電、導熱、阻氣特性，可賦予高分子材料優異的功能特性。由於應用於複材之石墨烯不一定需要單層或低缺陷的產品，因此預期是石墨烯短期內最易商業化之應用。奈米材料的加工與應用主要的技術關鍵之一即為分散。相較於其他奈米材料，石墨烯材料的片狀結構更容易在乾燥製程中，緊密疊層而影響後續的加工分散。因此，本期的技術專題亦探討了高分散性石墨烯材料的製備方法。

石墨烯材料仍屬於產品發展歷程中之高度研發期，儘管商業化的產品仍未出現，未來的市場潛力是不容忽視的。美、日、韓及歐盟等政府科技單位及公司皆紛紛投入研發布局及應用產品專利卡位。藉由本期技術專題的介紹，期待可以讓讀者對石墨烯的技術投入與應用趨勢有所了解，並做為其產品或技術研發的參考。🔍