

應用潛力日趨強大

導電性聚苯胺高分子之市場及應用

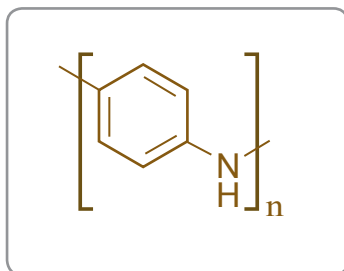
李逸揚

自部份高分子的導電性被發現以來，基於全球ICT產業的快速發展腳步，以及對新材料的要求，使導電高分子成為最受矚目的研究方向。本文以聚苯胺為說明，介紹導電高分子發展、應用與市場情況。

導電高分子是一種容許電子在分子表面或內部進行傳遞的材料，1977年Hideki Shirakawa教授意外發現些微摻雜碘進入反式聚丙炔(trans-Polyacetylene；PAC)，可以具有相似於金屬的導電性，這個重大的發現也讓其與另外兩位共同研究者Alan J. Heeger與Alan MacDiarmid 於2000年時共同獲得諾貝爾化學獎。Shirakawa的發現為高分子研究開啟一個新世界，自此人類對於這種具有導電能力的高分子材料之各種研究開發便不曾間斷過。

聚苯胺的發展

聚苯胺(polyaniline；PAn)是一種具有導電能力的高分子，其化學結構如圖一所示。



▲圖一 聚苯胺的化學結構

聚苯胺結構容易合成且在空氣中穩定，在一般情況下導電度可以達到10~50 S/cm。雖然聚苯胺的導電性不是所有導電高分子中最好的，但因其可以透過融化或溶解的方式與其它高分子進行加工，使聚苯胺成為一種常用的導電高分子。

最早的商業化生產聚苯胺，是在1990年代初期，由芬蘭Neste Chemicals投資設立試驗工廠以商業化生產聚苯胺，到今日全球聚

苯胺的產量已將近400公噸。表一為2007年到2013年全球主要導電分子的預估使用量，聚苯胺的用量僅次於聚噻吩(polythiophenes；PTP)，2008年時為379公噸，推估市值約2,900萬美元左右。預期2013年時，聚苯胺的用量可達到

862公噸，年複合成長率可達17.9%，是幾個常見導電高分子中成長率最高的材料。

聚苯胺的合成加工

現行主要合成聚苯胺的方法是以peroxydisulfate為氧化劑，在鹽酸中與aniline進行聚合反應，受到氧化而聚合的anilines則在形成聚合物之後析出。析出後的聚苯胺晶體，可溶於多種常見的有機溶劑，亦可在一些材料上利用spin-coating的加工進行表面塗佈，目前常與聚苯胺併用的材料包括鋁、鈦、玻璃、矽及聚乙烯等。聚苯胺也可與其它的高分子以溶液摻混的方式，形成高分子聚合體，應用於各種不同的導電用途。

聚苯胺的另一項優點在於優異的加工性能，其可透過融化或溶解的方式進行加工，這使聚苯胺可以輕易地與一般的PE、PP及PVC等高分子混合，並隨意地製成不同的形狀。聚苯胺適用於目前各式常見的高分子加工方式，如：射出成形、吹膜成形、押出成形、薄膜成膜及纖維紡絲等成形方式，聚苯胺可以在加工過程中耐受230℃的高溫5~10分鐘而不減低其導電度。

聚苯胺通常由1,000或1,000以上的單體所組成，自然界中的聚苯胺可以有許多不同氧化程度；因氧化的程度不同，而呈現不同的顏色及導電度等物理型態。由於這項特性，聚苯胺可以藉由調整其氧化狀態改變導電度，使聚苯胺可擁有如同玻璃般的絕緣性，或如同矽、鎢般的導電性。

除了導電性之外，聚苯胺另一項重要特性是光學性質。在自然光下聚苯胺呈現半透明的淡綠色，這項特性使聚苯胺可應用於塑膠中導電性添加劑。目前最常用的添加劑導電碳黑加工後的產品只能呈現黑色，而添加聚苯胺的產品仍可保有透明，這對於許多必須要求透明的應用來說，是相當具有吸引力的一項特性。

聚苯胺之供應與台灣發展

如表二所列，主要的聚苯胺供應商有Panipol、PolyOne、Econyx及American Dye Source，其中Panipol是市場上最重要的公司，這家位於芬蘭的導電高分子生產廠，其主要的導電高分子技術來源是Neste Chemicals公司的導電高分子研究部門，以及諾貝爾獎得主Alan Heeger。

Neste是第一家將聚苯胺量產的公司，1998年Neste獨立其導電高分子相關部門成立Panipol，該公司成立後持續投入聚苯胺的生產，並開發聚苯胺的諸多下游應用(圖二)。Panipol目前的主力產品包括了聚苯胺粉末、墨水及塗料，是全球聚苯胺相關產品的領導公司之一。

目前台灣的聚苯胺產業尚未成形，國內聚苯胺的發展仍以學術研究為主，近五年來

▼表一 常見導電高分子的使用量

單位：公噸

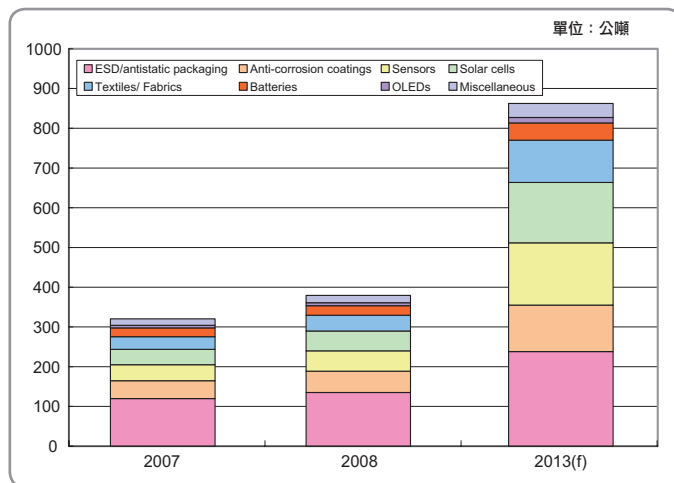
高分子	2007年	2008年	2013(f)年	CAGR%
				2008~2013年
Polythiophenes (PTP)	1,015.0	1,188.0	2,452.0	15.6
Polyanilines (PAn)	320.0	379.0	862.0	17.9
Polypyrroles (PPy)	103.0	115.0	220.0	13.9
其它	11.8	16.8	54.4	26.5
Total	1,450.0	1,699.0	3,589.0	16.1

資料來源：Frost & Sullivan; BCC Research2008;工研院IEK(2009/6)

▼表二 全球主要聚苯胺供應商

類型	公司	國別	主要聚苯胺產品
供應商	Panipol	芬 蘭	聚苯胺粉末、墨水及塗料
	PolyOne	美 國	聚苯胺的溶液、粉末，及以聚苯胺為主成份的抗靜電微量滴定管等產品
	Eeonyx	美 國	日前開發出一系列以聚苯胺摻混的各式纖維，其製品可達到抗靜電防護的導電等級
	American Dye Source	加拿大	各種等級的聚苯胺及其衍生物

資料來源:Frost & Sullivan; 工研院IEK(2009/6)



資料來源：BCC research, 工研院IEK (2009)

▲圖二 2007~2013年聚苯胺的主要應用

台灣學術界共有48件聚苯胺的相關研究，總投入研發經費約在新台幣4,100萬元左右，共有台灣大學在內的二十餘家公私立大學投入相關的基礎研究，內容除了聚苯胺的生合成以外，應用性的研究主要以聚苯胺的感測器、電磁干擾遮蔽及合成各種複合材料的應用為主。

聚苯胺的應用及發展趨勢

因優異的可加工性，聚苯胺常被用來與一般的高分子混煉，或溶於液體中塗佈。聚苯胺的用途相當廣泛，包括靜電消散(ESD)、抗靜電膜與包裝、防鏽塗料、導電纖維、電池、感應器、太陽電池等。圖二為

2007~2013年聚苯胺的應用，由於聚苯胺的導電度適合用於靜電消散及抗靜電的用途上，使聚苯胺被廣泛地應用於各種電子材料的包裝產品上。

未來聚苯胺幾個較被看好的應用包括感測器及防鏽兩大應用領域。在感測器的應用方面，聚苯胺可以透過solvent evaporation及spin-coating的方式形成膜，並可藉由膜的電位變化，偵測瓦斯、有機液體、氧化胺等氣體的存在；防鏽應用方面，則是透過在金屬表面上塗佈聚苯胺，聚苯胺可藉由電荷的傳遞將金屬保持在相對穩定的氧化狀態，避免金屬受到更進一步的氧化造成鏽蝕。

聚苯胺的未來發展重點在於提升其應用性與降低生產成本。為了提升聚苯胺應用，目前所生產的聚苯胺必須要提升其導電度、耐候性及抗鏽蝕性，以藉由提高材料的性能而增加應用範圍。另外，有效提升聚苯胺的產率，以及提高生產時對pH的耐受性等，都能降低聚苯胺的生產成本，進而提高聚苯胺的使用量。

作者

李逸揚/工研院產經中心 副研究員