

奈米科技與光觸媒

文・圖／呂宗昕（化工系教授）

奈米科技

「奈米」是度量衡單位之一，是十億分之一公尺。奈米科技被譽為二十一世紀中最重要的前瞻技術之一，奈米科技亦被認為將引發人類社會的第四波工業革命，將衍生與過去截然不同的新世代電子、光電、化工、材料、機電、與生醫等產業。奈米科技將為現代工業帶來巨大衝擊，並對現代文明具有深遠影響。諾貝爾物理獎得主費曼教授於1959年所發表的預言式演講中，以「底層之下，還有廣大空間」為題，將人類的思維帶向超迷你及微小的空間，並指出在架構物質最基礎的原子與分子層次中，還有一個浩瀚無窮的未知世界等待科學家去開拓。他所指的原子及分子層次，即是今日的奈米世界。

奈米科技與現代工業

現代工業社會積極追求輕、薄、短、小的科技產品之際，同時對產品的靈敏度、精確度、處理速度及多功能性的要求亦日趨嚴格，依傳統理論與技術發展出的現代科技，已逐漸無法滿足上述需求。在另一方面，隨著環保意識的提高，綠色潔淨產品及永續經營的概念，亦挑戰目前製備技術。另外在醫療保健的重視下，如何開發可早期診斷及治療的技術，亦考驗著科學家的智慧。在各種不同的經濟、社會、政治、文化背景下，為了迎接新的挑戰及滿足新科技的需求，第四次工業革命已蓄勢待發。在這波工業革命中，奈米科技將扮演重要角色。不同的學術理論將被建立，不同學術藩籬將被打破，各科技領域也將重新整合。原有的化工、材料、電

子、光電、生醫、機電等工業，亦將與奈米科技結合後，產生全然不同的風貌及企業再生的動力。

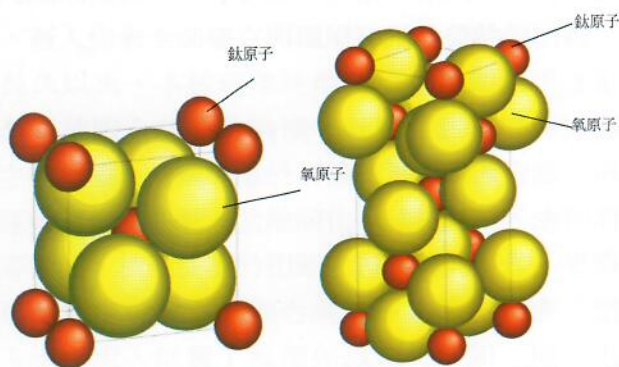
奈米材料與光觸媒

奈米材料是奈米科技的基礎，由不同化學或物理的方式製備不同形態的奈米材料，其電、光、磁、化學等特性經量測分析，確立其獨特特性後，再加以組裝及應用於不同奈米元件上。奈米材料乃指構成材料的基本單位，在三維空間中至少有一維在100奈米以下。其材料種類包括陶瓷、半導體、高分子、金屬、及複合材料等。依其尺寸特徵，可分為零維、一維、及二維奈米材料，在量子力學上稱為量子點、量子線、及量子井結構。零維的奈米材料即是所謂的奈米粉體，亦是目前最被積極廣泛應用的奈米材料。奈米光觸媒是奈米粉體中的代表材料，也是國內在第一波的奈米科技中的熱門產品。

奈米光觸媒的發展

一般所說的觸媒是可以促進化學反應的物質，觸媒本身參與反應進行，但在反應前後並不會減少或改變。而光觸媒是指經過特定範圍的光激發下，可以催化化學反應進行的物質。光觸媒在光照射下，可將光能轉成化學能，促進有機物降解，這樣的反應過程稱為光觸媒反應。利用光觸媒的作用，可去除空氣的臭味或水中的有機物質，以達到去污、除臭、淨水等功能。

目前使用最多的光觸媒材料為二氧化鈦。其光觸媒特性由日本東京大學名譽教授藤嶋昭教授所發現。當時因注意到二氧化鈦在紫外光照射下，可以將水分子



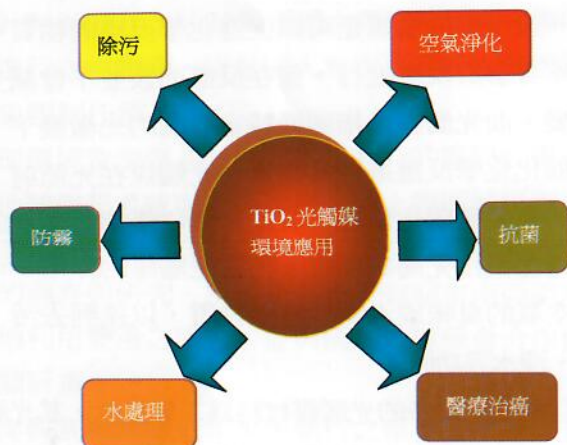
圖一：二氧化鈦的結晶構造。

分解為氫氣及氧氣，因而發現二氧化鈦的光化學特性，並開啓光觸媒於各種民生產品上的應用。

雖然其他半導體材料亦具有光觸媒作用，但因二氧化鈦具有物性及化性穩定、原料來源豐富、價格低、耐酸鹼，及無毒性等優點，因此成為眾多光觸媒材料中最被廣泛運用的奈米粉體。

光觸媒作用原理

二氧化鈦具有兩種較常見的晶體結構（如圖一所示），分別為金紅石型（Rutile）及銳鈦礦型（Anatase），而後者具有較優良的光觸媒活性。光觸媒作用原理如下：當以大於二氧化鈦的能隙照光後，電子會由導電帶越遷至傳導帶，因而產生電



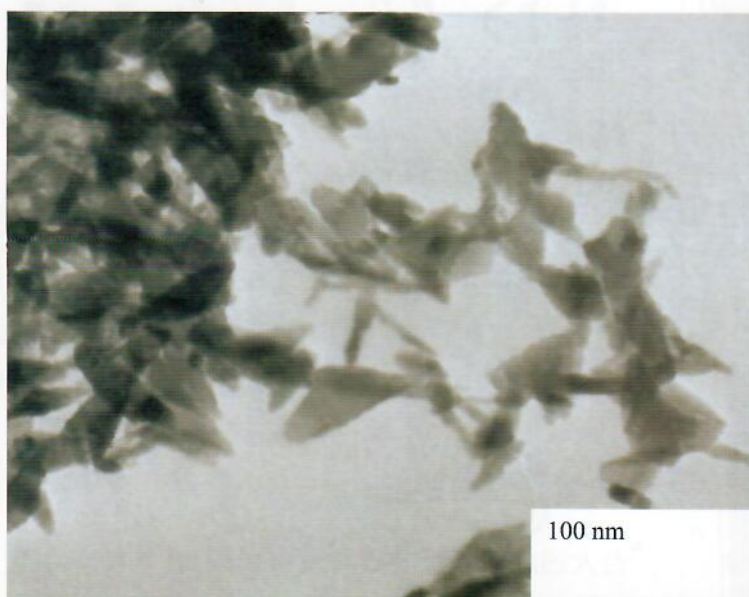
圖二：二氧化鈦光觸媒的應用領域。

子-電洞對。電子會與氧分子結合成為超氧離子自由基，而電洞會與氫氧根反應成為氫氧離子自由基，所產生的兩種自由基具有高氧化還原能力，因此可將有機物降解為二氧化碳及水，而達到淨化的效果。因銳鈦礦相的二氧化鈦能隙為3.2eV，故須紫外光波段的光源才可激發二氧化鈦產生光觸媒作用。利用光觸媒的特殊光化學反應，可運用於「淨水」、「清淨空氣」、「防污」、「抗菌」、「防霧」、及「醫療」六大領域。因光觸媒的眾多功能，亦被稱為「夢幻材料」，故目前已被廣泛應用於空氣清淨機、冷氣機、抗菌塗料、自清磁磚、自潔玻璃上。當二氧化鈦粉體粒徑小至奈米等級後，隨著粒徑變小，粉體比面積增大，可增加被反應物質與光觸媒的接觸機會，促進光觸媒反應效率，且可避免電子與電洞的再結合，以提高其量子效率。另外奈米化後，可提高透明度，以擴展光觸媒使用範圍。

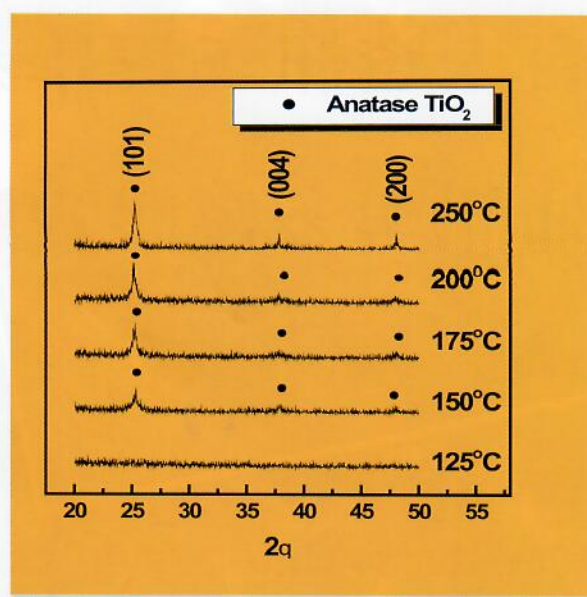
新型高效能二氧化鈦光觸媒製程

為進一步提高二氧化鈦的光觸媒活性，本研究室開發新型溶液製程，結合水熱法製程與顯微乳膠的技術，進一步控制二氧化鈦的結晶性、粒徑，及比面積，以提昇其光化學反應效率。採用油相溶液與水相溶液混合得微乳膠溶液。溶液經過滴定改變溶液酸鹼值。將上述的微乳膠溶液置於一密閉容器中，進行水熱反應。在水熱反應後生成白色的粉體懸浮物，經過清洗後過濾收集粉體產物，並置於乾燥箱中乾燥後，最後可得到白色的粉體產物。

本研究室成功以微乳膠水熱法於100°C-200°C之低溫，成功製備單相銳鈦礦相二氧化鈦光觸媒粉體。當微乳膠溶液為酸性時，經水熱反應後可得到圓球狀的粉體，而當pH值增加時，則可得到特殊的短柱狀TiO₂粉體（如圖三所示），其粉體比表面積與光觸媒活性相較於圓球狀粉體皆有明顯的提昇。其比面積可高達280m²/g，且短柱狀二氧化鈦的光觸媒反應性可較日本石原產業公司之ST-01粉體活性高出數倍。本製程有反應溫度低和反應時間短之優點，且所合成之粉體形態及比面積可藉製程控制，



圖三：化工系電子與光電陶瓷實驗室合成的奈米光觸媒。



圖四：低溫結晶化製程所製備的光觸媒X光繞射圖譜。

可大幅提昇其光觸媒活性，及提高我國光觸媒產業之競爭力。

低溫高壓結晶化製程

奈米科技中，具二維的陶瓷薄膜材料亦是重要材料之一。一般陶瓷具有複雜結晶構造及多種陽離子成分，因此不易於低溫結晶化，往往須要高溫退火處理。當陶瓷薄膜應用於電子或光電元件時，因高溫熱處理程序，容易造成陶瓷薄膜與基板發生相互擴散反應，並使陶瓷中低蒸汽壓物質逸散，以致影響陶瓷薄膜及基板之特性。再者，高溫處理程序限制了基板所用之種類，一般低晶點物質如塑膠或玻璃無法使用。為克服上述高溫熱處理程序之缺點，本研究發展一新型高壓結晶化製程，將各種不同利用化學或物理法製備之陶瓷薄膜先驅物，於一定程序處理後，利用高壓反應器進行結晶化處理。一般於兩小時反應下，可將陶瓷薄膜結晶化溫度大幅下降。目前已成功於150°C成功製備光觸媒薄膜結晶化（如圖四），且證實該光觸媒薄膜有優良的光觸媒活性及親水性。未來可將光觸媒直接塗佈於塑膠基板上。另外並成功於350°C製備PZT壓電陶瓷、氧化鋯high K材料等陶瓷薄膜。該技術已獲多國專利，將來可與不同技術整合，將陶瓷薄膜應用於不同光電及電子元件上。

隨著各種不同維次的奈米材料發展，奈米科技將越來越成熟。光觸媒熱潮僅是奈米科技的第一波，威信日後將有各種不同材料的熱潮將風起雲湧。奈米世代的來臨亦指日可待。

參考文獻

1. 藤嶋昭、橋本和仁、渡部俊也，光清靜革命，CMC出版社，1997
2. 藤嶋昭、橋本和仁、渡部俊也，光觸媒的結構，日本實業出版社，2000
3. A. Fujishima and K. Honda, Nature, 238, 37, 1972
4. 呂宗昕，圖解奈米科技與光觸媒，商周出版社，2003
5. C. H. Lu, Y. C. Chen, and Y. C. Sun, J. Mater. Chem., 12, 1628, 2002
6. C. H. Lu, W. J. Hwang, and Y. C. Sun, Jpn. J. Appl. Phys. 41, 6074, 2002

呂宗昕 小檔案

現職：台大化工系教授
 學歷：台灣大學化工系學士
 日本東京工業大學無機材料系碩士
 日本東京工業大學無機材料系博士
 經歷：美國柏克萊大學及勞倫斯國家實驗室博士後研究員
 台灣大學化工系副教授
 研究領域：奈米電子與光電粉體材料、LED 螢光材料、
 電子陶瓷材料、鋰離子電池、被動元件材料、
 半導體薄膜製程