



照亮光電產業的明燈—— 2007年杜聰明獎得主 普魯克

普魯克教授是是慕尼黑大學的化學博士，也是國際上極富盛名的光電半導體專家，他的研究卻在物理領域大放異采，至今已發表超過1千5百篇的論文，對全球光電產業的發展貢獻卓著。

普魯克教授在分子束磊晶科技上的研究成果蜚聲國際，而台灣的發光二極體基板技術也獨步全球，普魯克教授和中山大學的合作若有突破性的成果，未來發光二極體製造成本可望大幅下降。

■周明奇 何扭今

1992年，普魯克（Klaus H. Ploog）教授到柏林擔任歐洲著名光電半導體研發中心保羅德魯得固態電子研究所（Paul Drude Institute, PDI）的主任，同時擔任柏林宏博（Humboldt）大學的物理系教授。1999年，德國國科會把PDI列為重點發展機構，同時把普魯克教授評為國際頂尖研究員。

普魯克教授不僅曾在《自然》（*nature*）和《科學》（*Science*）等國際知名期刊上發表多篇論文，也曾獲得許多重要獎項，其中最特別的是2003年獲頒維爾克（Welker）獎。這個獎項是1976年由德國西門子公司所設立，頒發的對象是在化合物半導體領域有重要貢獻者，每年只有1名獲獎

人。華裔科學家中央研究院院士卓以和博士也曾在1986年獲得這項殊榮。

在半導體晶片的製程中，磊晶的生長是一項挑戰性頗高的技術，高品質的磊晶薄膜可以在晶圓上形成非常均勻的晶體結構，對半導體的效能有關鍵性的影響。什麼是磊晶呢？簡單地說，它是一種生長在具有類似結構的基板上的薄膜材料，製作的原理有點類似蓋房子時砌疊一層層的磚塊，只不過磊晶技術中的磚塊僅有單個分子，甚至原子的大小。薄膜和基板的晶格常數能否匹配，是決定薄膜品質的重要因素，而基板結構及其物理和化學性質也會影響磊晶的生長。此外，材料的大小和結晶方向都會影響

薄膜的性質，隨著半導體元件縮小至奈米規格，倘若能夠控制材料的生長方向，意味著能夠微調許多相關的物理性質。

分子束磊晶 (molecular beam epitaxy, MBE) 技術是一種非常重要的磊晶生長技術，原理是在一高真空的腔體內加熱所欲生長的材料，材料獲得能量後會蒸發成個別的分(原)子，以極高的熱速率及一顆顆分(原)子的方式沉積在基板上，並可利用快門阻

隔的方式來控制分子束，進而獲得平坦界面。MBE的特點是在成長過程中，有反射高能電子繞射現象，使它具有在磊晶成長時監控磊晶層成長厚度的能力，並能控制精確度達到單一原子層。

在磊晶成長過程中，配合反射式高能電子束繞射的裝置可以觀測薄膜的生長情形，同時可以極為準確地掌控組成元素分(原)子的變化。目前MBE生長技術廣泛應用在半導體產業中，例如高電子移動率電晶體、雷射



光學元件的製作必須使用大量的晶體材料，柴式提拉法 (Czochralski pulling method) 是一種從溶液中提拉晶體的方法，可快速生長大尺寸的高品質晶體。圖中顯示的是運用這個方法所生長的鋁鎵氮單晶。

二極體、發光二極體等。此外，MBE也可以應用在有機生物材料上，這種由奈米—生物—資訊組合的技術也會對未來資訊科技產生重要的影響。

1974年，普魯克教授首度把分子束磊晶技術引進歐洲，並領導德國學術重鎮馬克斯普朗克固態研究院 (Max Planck Institute for Solid-State Research) 的MBE研究團隊，發展出高品質的砷化鎵和鋁砷化鎵生長技術，同時探討材料在原子尺度和量子力學上的各種現象，研究成果受到學

術界和工業界的高度重視。

得到1985年諾貝爾物理獎的克利欽 (Klaus von Klitzing) 教授跟普魯克教授有過密切合作，他曾說：「今日，奈米在科學上已經是一個重要的名詞，普魯克教授在奈米科學和奈米元件上做出了巨大貢獻，當他開始利用MBE探討新一代的電子元件時，奈米科學 (nanoscience) 這個字甚至還沒有出現。」

氮化鎵材料系列是一種理想的短波長發光器件的材料，但這種材料過

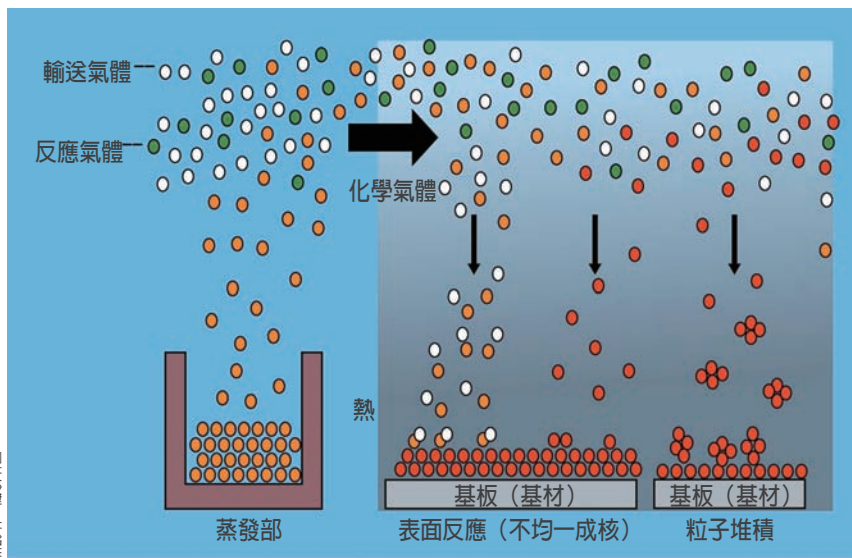
1974年，普魯克教授首度把分子束磊晶技術引進歐洲，並發展出高品質的砷化鎵和鋁砷化鎵生長技術，同時探討材料在原子尺度和量子力學上的各種現象，研究成果受到學術界和工業界的高度重視。



前國科會主委陳建仁院士頒發杜聰明獎給普魯克教授

去生長在傳統的藍寶石基板上時，一旦增加電流強度，眼睛觀察到的發光二極體顏色就會有所改變，這種物理現象稱為量子局限 Stark 效應。為了克

服這個問題，普魯克教授利用 MBE 生長高品質的半導體量子井結構，並不斷研究它的物理性質，終於有了重大的突破。



磊晶生長機制示意圖，一顆顆分(原)子沉積在基板上，最終形成薄膜。

今日，奈米在科學上已經是一個重要的名詞，
普魯克教授在奈米科學和奈米元件上做出了巨大貢獻，
當他開始利用 MBE 探討新一代的電子元件時，奈米科學這個字甚至還沒有出現。

1999 年，他和研究團隊利用分子束磊晶的方法在鋁酸鋰基板上生長氮化鎵的量子井結構。因為鋁酸鋰基板和氮化鎵的晶格匹配度較高，因此可得到品質較佳的氮化鎵磊晶薄膜，當電流增強時，放射光譜也不會往紅光方向移動，並進一步提升發光二極體的發光效率。這項備受矚目的研究成果發表於知名期刊《自然》上。

除了致力於研究外，普魯克教授也積極和全球著名研究機構合作，包括日本電信電話公司基礎實驗室、三菱中央研究實驗室、史丹佛大學、東京技術學院、帝京大學等單位。2007 年 2 月，普魯克教授應國立中山大學的邀請，受聘為奈米科技研發中心和材料與光電科學學系講座教授，並協助安排該校教授至德國進行學術交流，以拓展國際視野，同時促進國際合作。普魯克教授的加入，不僅使台德雙方的合作更為密切，對學校老師和學生的研究和學習也有莫大的助益。 □

周明奇

中山大學材料科學與光電科學學系

何扭今

中山大學奈米科技研發中心

深度閱讀資料

陶正統 (2006), 杜聰明獎的意義與期待, 科學月刊, 443 期, 804-805 頁。