



姓名：汪根權

學歷：

國立台灣大學化學系博士 (1993)

輔仁大學化學系學士 (1989)

現職及經歷：

國立台灣大學化學系副教授 (2002 迄今)

國立台灣大學化學系助理教授 (1998-2002)

Univesite Louis Pasteur, Strasbourg, France 博士後研究員 (1996-1998)

美國伊利諾大學香檳校區 博士後研究員 (1995-1996)



著作名稱：

1. "Highly bright blue organic light-emitting devices using spirobifluorene-cored conjugated compounds," *Applied Physics Letters*, Vol. 81, 577-579, by C.-C. Wu and K.-T. Wong et al. (2002).

2. "Ter(9,9-diarylfuorene)s: highly efficient blue emitter with promising electrochemical and thermal stability," *Journal of the American Chemical Society*, Vol. 124, 11576-11577, by K.-T. Wong and C.-C. Wu et al. (2002).

3. "Unusual nondispersive ambipolar carrier transport and high electron mobility in amorphous ter(9,9-diarylfuorene)s," *Journal of the American Chemical Society*, Vol. 125, 3710-3711, by C.-C. Wu and K.-T. Wong et al. (2003).

中文簡介：

這次得獎的三篇著作主要係提出包含9,9-雙芳香基芴(9,9-diarylfuorene)為核心架構之系列性新穎有機光電分子材料，以及針對此一系列材料在各項化學、物理、光電特性與應用上之探討。透過系統性之探討，揭



姓名：吳忠熾

學歷：

美國普林斯頓大學電機工程博士 (1997)

美國普林斯頓大學電機工程碩士 (1994)

國立台灣大學電機工程學士 (1990)

現職及經歷：

國立台灣大學電機系、光電所暨電子所副教授 (2002迄今)

國立台灣大學電機系、光電所暨電子所助理教授 (1998-2002)

工研院電子所研究員 (1997-1998)

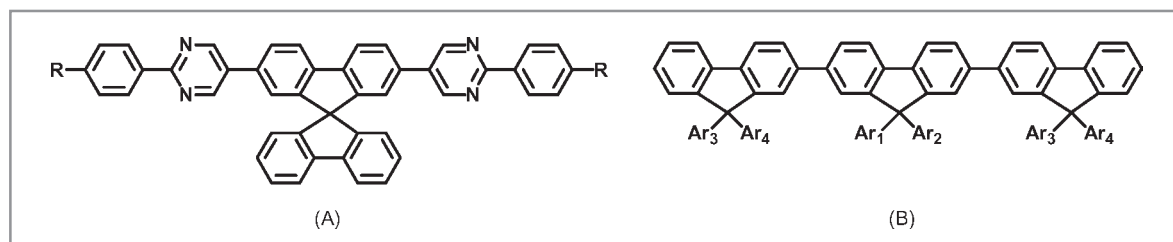


示了這一系列材料優異獨特的性質，以及一些有異於傳統認知的發現。另外值得一提的是這一系列的研究，充分地利用跨領域的研究合作，經由整合不同領域的知識與專長，並善用合作團隊間的互補性，而創造出相當有意思的研究成果。

分子結構設計

近年來分子設計的精進對於有機光電材料的發展具有重大的貢獻。共軛有機化合物中，芴(flourene)因具有較剛硬的平面性發色團，使其衍生物具有極佳的螢光量子產率，因而近年來含芴之寡芳香環化合物(oli-

goaryls)或聚合高分子為有機光電材料一重要研究主題。然而，大多數含芴材料中，於其C9位置所引入之烷基鏈為降低此一系列分子材料物理性質穩定度的最大因素。含烷基鏈之芴類化合物常因加熱、照光或於電場作用下，造成C9位置氧化斷裂(oxidative cleavage)而生成芴酮(flourenone)，而降低其放光純度與效率。引入烷基鏈亦常造成材料薄膜的形態穩定度問題，影響其應用性。在這一系列的研究工作中即著眼於改進此一缺點，於芴之C9位置引入兩個芳香基團，合成獨特的9,9-雙芳香基芴，再以過渡金屬催化之合成策略，於此骨架中引入不同功能性之共軛基團，發展出一系列以9,9-雙芳香基芴為



圖一：以 9,9- 雙芳香基芴為核心結構之有機共軛分子結構：A：含嘧啶環(pyrimidine)與旋環雙芴基(spirobifluorene)之共軛分子；B：含雙芳香取代基之寡聚芴化合物(oligofluorenes)。

核心結構之全新有機共軛分子材料(如圖一所示)。此一核心結構因含有較強 Csp^3 - Csp^2 鍵結及較剛硬的芳香環取代基而使其衍生之分子材料具有極佳且穩定的物理性質。

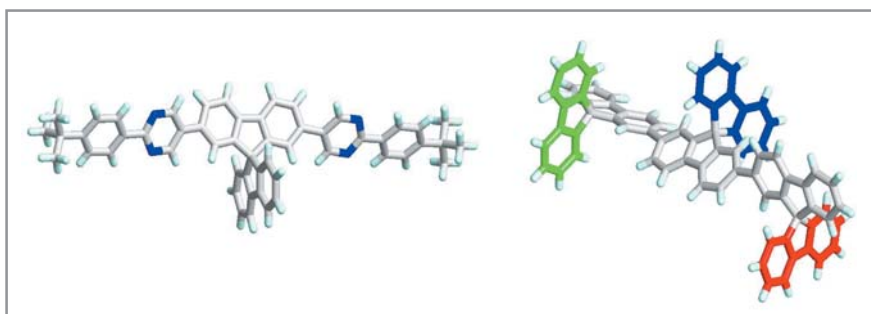
熱穩定性及薄膜形態穩定性

在有機光電元件應用中，常利用真空蒸鍍製成有機薄膜及光電元件，因而具高熱穩定性之材料方可確保製作過程及後續應用時之材料穩定性。以 9,9- 雙芳香基芴為核心結構之分子材料，因於核心結構中引入較強的碳-碳鍵使此系列材料具有極佳的熱穩定性，由 TGA 分析其裂解溫度均大於 $380^\circ C$ 。而為使所製成之薄膜具有高度之形態均勻度及穩定性，在這一系列的研究工作中首創於芴 C9 位置引入不同結構的芳香族基團，致使此碳中心為一對掌中心(chirality center)，其所衍生之材料為一光學混合物，因而增加材料結晶之困難度。同時經由 X-Ray 結構分析發現 C9 位置之雙芳香環取代基構成相對龐大的基團，使分子構形呈現高度立體

螺旋結構(如圖二所列示)，可有效阻擋發色團之間的有序堆疊，賦予材料穩定的玻璃態，經 DSC 分析其 T_g 均大於 $190^\circ C$ ，為一系列具有高熱穩定性及薄膜形態穩定性的光電材料。

電化學穩定性

在有機光電元件應用中，材料薄膜於電場作用下注入電子或電洞，亦即對分子進行氧化還原反應，因此材料的電化學穩定性也是研究此領域的一項重要課題。材料分子中常可經由引入不同電子特性的功能性基團而使新材料具有特殊的電化學穩定度，例如引入高電子親合力的嘧啶環(pyrimidine)與旋環雙芴基(spirobifluorene)結合的藍光發光材料(圖一)，即具有極佳的還原穩定性。然而在有機光電元件之運作中，材料可能同時被



圖二：以 9,9- 雙芳香基芴為核心結構之有機共軛分子立體結構。

氧化與還原，具單一的氧化或還原穩定性仍無法完全符合長期使用下之穩定性需求，因此尋求具“雙極性”(bipolar character)的新穎共軛材料系統，即同時存在穩定氧化與還原態之光電分子，是光電分子材料研究中長期存在的重要課題。在在這一系列的研究工作中首度報導了 9,9- 雙芳香基寡芴類材料（圖一，B）具有此一高度“雙極性”特性，可分別進行可逆的雙電子的氧化、還原反應。

罕見之電子與雙載子(Bipolar)傳輸特性

在各種有機光電元件之應用中，有機電荷傳輸(導)材料對元件之效能扮演關鍵性之角色，是有機光電材料研究中一項重要的課題。一般而言，穩定之非晶態有機電子傳輸材料遠較電洞傳輸材料稀少，在僅知的幾種有機電子傳輸材料中，其電子傳輸之特性遠較目前常見之電洞傳輸材料為差，載子遷移率至少低二個數量級。

在此一系列的研究中，我們利用自行架設之飛行時間式(Time-of-Flight, TOF)載子傳遞量測系統，以極短脈衝光源激發材料樣品產生暫態光電流(transient photocurrent)之方式，發現一系列具有芳香取代基之寡聚芴化合物(oligofluorenes)顯現罕見之雙載子（電子及電洞）傳輸特性，突破多項傳統對於有機電荷傳輸材料之認知與觀念，包括：(1)極高之電子移動率，超過 $10^{-3} \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ ，是目前已知非晶態有機電荷傳輸材料中電子傳輸效率最高者，且已達到目前最佳電洞傳輸材料之相同水準。(2)本系列研究之發現，清楚顯示純粹苯環為基礎之共軛系統可具有高效率

之電荷傳輸能力，以及不尋常之環境穩定性，有別於傳統認知認為電子傳輸材料通常需包含拉電子基團或缺電子雜環，以增大材料之電子親和力、增進環境穩定性等。(3)以芴為基礎之分子或高分子材料，從未發現可具有電子及雙載子傳輸特性，而本系列之研究結果首度證實適當結構之含芴分子材料可顯現優異之電子及雙載子傳輸特性。(4)在非晶態之有機材料中欲達雙載子傳輸特性，傳統上需利用混合電子傳輸材料及電洞傳輸材料，或是將電子傳輸基團與電洞傳輸基團鍵結形成所謂“雙載子傳輸”分子，但是這些傳統之方式會造成電荷傳輸基團之稀釋效應或複雜的基團(分子)間交互作用，導致電子及電洞傳輸效率大幅下降。而本系列之研究結果首度證實僅憑藉單一類芳香環功能基團即可同時達到高效率之雙載子傳輸特性。

高量子產率之固態藍光及紫外光發光

傳統上，許多分子在單分子或稀釋溶液態具有相當高之發光量子產率，甚至可接近 100%。但現今許多有機光電應用中，分子係存在於固態薄膜之形式，其中分子間密集之堆疊或聚集，易造成發光基團間較強之交互作用，衍生消光機制，造成分子在薄膜態之發光量子產率大幅下降，不利於實際應用。

在此一系列的研究中，我們利用自行架設之有機薄膜之光致發光(PL)絕對量子效率(thin-film PL quantum yield)量測系統，針對系列性分子進行定量化之光致發光(PL)探討。結果發現以 9,9- 雙芳香基芴為核心、含

嘧啶環(pyrimidine)之寡連芳香化合物(圖一)，具有非常高之薄膜或固態藍光量子效率(>80%)，而另一系列之新型藍光及紫外光有機發光材料：oligo(9,9-diarylf luorene)s(圖一)，亦具有非常高之固態量子效率(~90%)。如此高的薄膜PL量子效率在有機藍光材料中是少見的，證實了對分子結構設計上以側邊立體障礙降低發光基團之堆疊與交互作用之策略極為成功。而特別值得一提的是這些性質之增進並未造成主要發光基團光色偏移或劣化材料之電荷傳輸特性等，整體而言在功能性分子設計策略上具有高度的彈性與變化空間。

高亮度、高效率有機藍光及紫外光發光元件

綜合而言，這一系列以9,9-雙芳香基芴為核心之新穎有機光電分子材料，具有極高之薄膜藍光量子產率，良好之電荷傳輸特性、成膜特性、薄膜形態穩定性等，具有高度應用於有機藍光發光元件之潛力。在針對材料特性進行適當的元件結構設計下，我們成功地利用9,9-雙芳香基芴為核心、含嘧啶環(pyrimidine)寡聚芳香化合物製作出高效率以及高直流操作亮度(80000 cd/m²)之藍光元件。而另一系列之藍光有機發光材料：oligo(9,9-diarylf luorene)s，除有非常高之固態PL量子效率，同時更具有良好之電荷傳遞特性，可在元件中同時扮演電荷傳遞及發光之角色，簡化有機發光元件之結構，在針對材料特性進行適當的元件結構設計，我們成功地研製出不需摻雜之高效率藍光元件(~5.3 % photon/electron)以及紫外光元件

(~4 % photon/electron)。圖三所示即為利用點亮之高效率紫外光元件激發紅綠藍光染料發光之照片。

評審簡評：

獲獎人汪根樞先生與吳忠熾先生一系列得獎著作之主要貢獻係利用縝密的分子設計合成新穎有機光電分子材料9,9-雙芳香基寡芴類分子，並透過化學、物理、光電特性到應用上廣泛而深入的探討，揭示了一系列獨特的性質，突破傳統上有機光電分子材料的一些認知與瓶頸。

獲獎人在針對有機光電分子材料之光電特性探討與應用上，領先國內相關研究團隊架設飛行時間式(Time-of-Flight, TOF)載子傳輸量測系統、分子薄膜發光量子效率量測系統、有機光電元件製作分析技術等，並據以



圖三：點亮之9,9-雙芳香基芴有機紫外光元件，用以激發紅綠藍光有機染料發光。

揭示了獲獎著作中一系列的重要發現。例如發現三芴化合物(terfluorenes)顯現罕見之雙載子(電子及電洞)傳輸特性：具有非晶態有機材料中最高的電子傳輸效率($>10^{-3} \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$)。這些發現打破傳統中之電子傳輸材料通常需含拉電子基團或缺電子雜環，以增大材料之電子親和力、增進環境穩定性之認知。並首度證實適當結構之含芴分子材料可顯現優異之電子及雙載子傳輸特性，以及證實僅憑藉單一類芳香環功能基團即可同時達到高效率之雙載子傳輸特性。在發光特性上，發現以9,9-雙芳香基芴(9,9-diarylfluorene)為核心架構之系列性新穎有機光電分子材料具有非常高之固態藍光量子效率($\geq 90\%$)，是有機藍光材料中的記錄，並成功製作出高亮度($80000 \text{ cd}/\text{m}^2$)之有機藍光元件，以及不需摻雜之高效率(5.4%)藍光元件，都是有機藍光元件中的紀錄。

在日益競爭的學術研究上追求卓越的學術研究成果，跨領域的研究合作勢在必行，經由整合不同領域的知識與專長，才得以創造出世界級的傑出研究成果。綜觀二位獲獎人研究內容涵蓋功能性有機光電分子之設計合成與鑑定、分子各項物理與化學特性之分析、固態分子材料之光電特性探討、以及有機光電元件之研製及量測分析等廣泛的範疇，透過系統性的材料基礎性質的分析研究進以突顯分子材料之良好性質，並充分利用這些材料的特性創造出令人驚羨的應用成果，兩位獲獎人為近年來新進人員中透過跨領域合作研究的絕佳典範。