

## 高分子聚合物及硒化鎘量子點混成之四單色式白光發光二極體

蘇炎坤\*、陳應誌、黃俊元

國立成功大學電機資訊學院微電子工程研究所

[yksu@mail.ncku.edu.tw](mailto:yksu@mail.ncku.edu.tw)

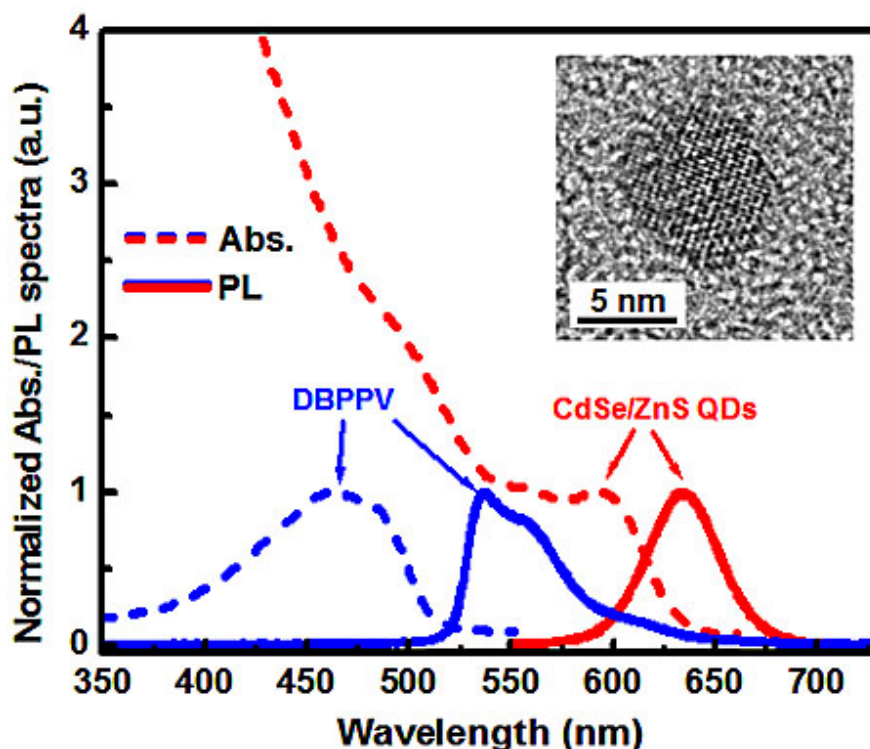
[Journal of Electrochemical Society, vol. 156, pp. H625-H628, 2009](#)

### 近

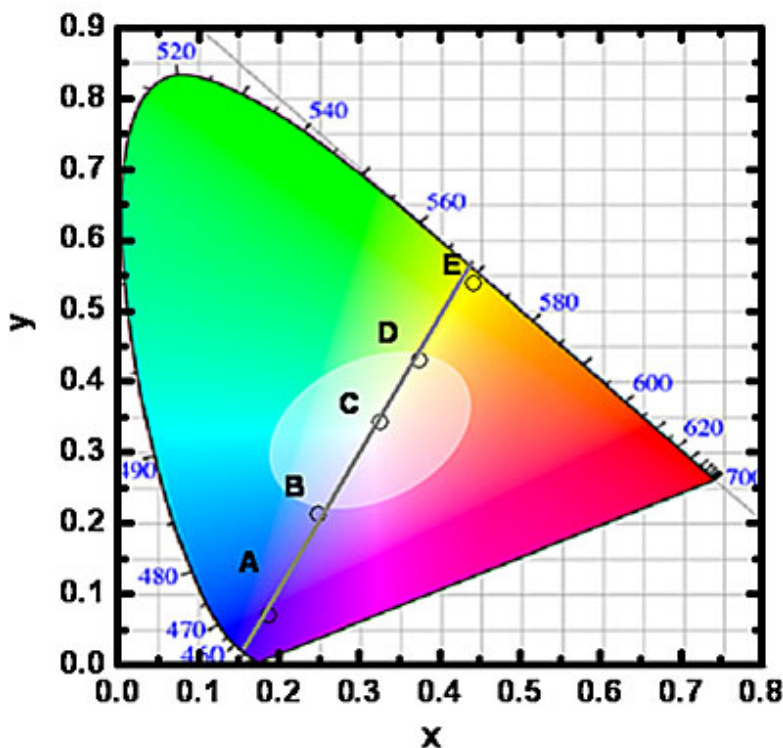
幾年來，因為膠體量子點(或奈米晶體)的應用受到大量開發，造成量子點相關的新穎化學合成逐漸受到重視，量子點的優勢包含其光學及化學穩定性，發光波長可調性，及容易與有機或無機材料混成之高適用性。事實上，目前已開發出多種較安全及環保的奈米晶體合成法，得到的優異光特性讓量子點相關應用不只是研究階段，部分相關元件更已接近商品化，在此，我們利用量子點的高量子效率，與高分子聚合物聚苯乙烯結合作為奈米螢光粉，將氮化鎵發光二極體發出之藍光部分轉為紅綠光，而得到高純度白光，並且對聚苯乙烯和量子點間非輻射式能量轉換作定量分析。



首先將聚苯乙烯及量子點個別溶於甲苯中，聚苯乙烯與量子點的吸收和螢光光譜如圖一，其吸收峰值分別位於462及538nm，而螢光波峰則在598和634nm。亦即氮化鎵之藍光極容易被聚苯乙烯所吸收，而聚苯乙烯之綠光則容易被量子點吸收，如此有利於製作高效率光轉換白光發光二極體。其中插圖為量子點之穿遂式電子顯微鏡照片。



圖一、聚苯乙烯與量子點之吸收和螢光光譜



圖二、固定聚苯乙炔/量子點比例，調整其混成使用量可得到接近飽和色之單色光，其中白光色度座標為(0.33,0.34)

在不同混合比例下，我們可以得到不同光色之二極體，如圖二，其中白光色度座標為(0.33,0.34)，色溫5800K，衍色性75，增加量子點的含量可將色溫偏移至暖白光並提高衍色性。

對於非輻射式能量轉換，我們可以用圖示顯示氮化鎵主動層(藍光光源)、聚苯乙炔(黃綠光光源)和量子點(紅光光源)三者間關係，如圖三。公式(1)表示主客體(host-guest)間能量轉換發生率：

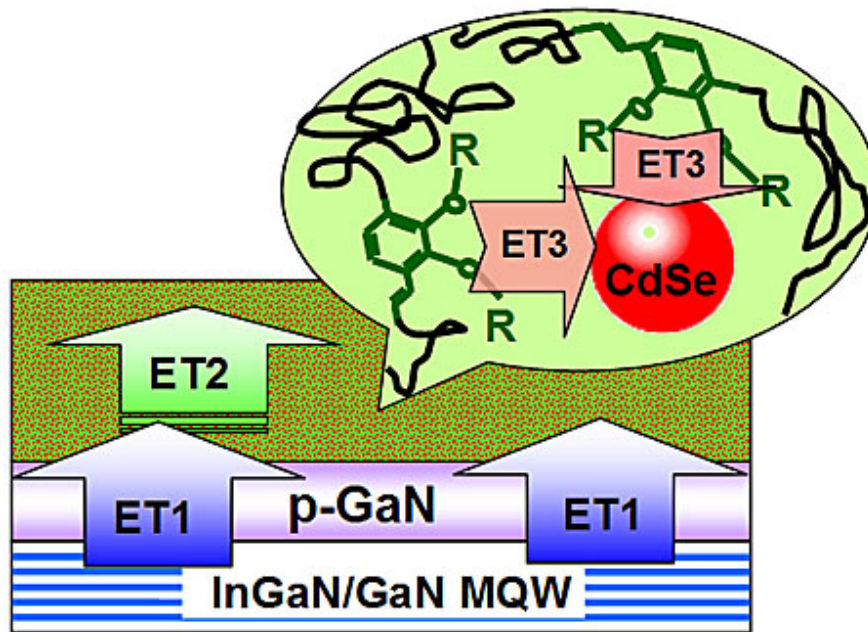
$$K_F = \tau^{-1}(R_F / R)^6 \quad (1)$$

其中 $\tau$ 為客體的生命期， $R$ 是主體和客體間距離， $R_F$ 是Förster半徑，因此非輻射式能量轉換的發生除了主體螢光與客體吸收光譜需高度重疊之外，與兩者間距亦高度相關，因此，由於氮化鎵主動層與聚苯乙炔-量子點混合物距離太遠，非輻射能量轉移不太可能發生。而量子點與聚苯乙炔兩者均勻混合且無相分離，故可由兩者光譜及公式(2)計算其Förster半徑：

$$R_F = (8.8 \times 10^{23} JK^2 Q_D n^{-4})^{1/6} \quad (2)$$

其中 $K^2$ 是位向因子， $J$ 是主客體光譜積分面積， $Q_D$ 為量子點之量子效率， $n$ 為材料折射率，結果可得兩者之Förster半徑為53 Å，考量到量子點粒徑及表面官能基長度，我們認為聚苯乙炔與量子點之平均間距約為6.0 Å，結果從公式(3)：

$$E_T = \frac{K_F}{K_F + \tau^{-1}} = \frac{R_F^6}{R_F^6 + R^6} \quad (3)$$



圖三、氮化鎵主動層、聚苯乙烯和量子點三者之能量轉換關係示意圖，ET1表示發自氮化鎵主動層之藍光被聚苯乙烯及量子點吸收，ET2表示自聚苯乙烯發出的黃綠光被量子點吸收，ET3即為聚苯乙烯(主體)與量子點(客體)間之非輻射能量轉移。

可得激子以非輻射的方式將能量從聚苯乙烯轉移至量子點的機率約為32%。

*Copyright 2010 National Cheng Kung University*