



2012 中技社科技研究獎學金

CTCI Science and Technology Research Scholarship



硫化物量子點敏化光化學電極之研究

Sulfide Quantum Dots as Sensitizers for Photochemical Electrodes

國立成功大學 化學工程學系 博士班四年級 利宗倫

指導教授：鄧熙聖教授

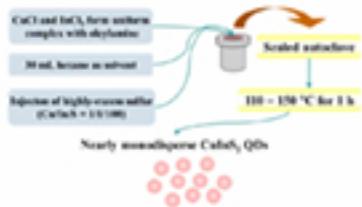


研究重點

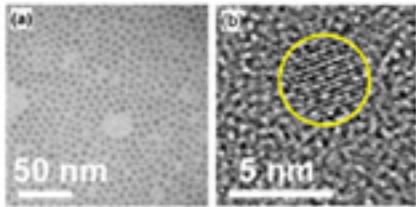
1. 製備高品質之CuInS₂量子點
2. 新型CuInS₂量子點/CdS複合式共敏化劑
3. CuInS₂量子點/CdS共敏化太陽能電池

研究成果

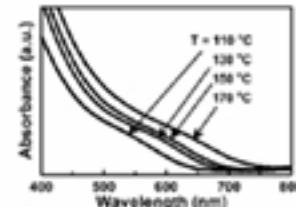
1. 製備高品質之CuInS₂量子點：利用簡便溶熱法於壓力鍋中合成CuInS₂量子點。其中銅/錫/硫的劑量比為1/1/100。利用硫過量的反應條件，能使CuInS₂於較低的反應溫度下瞬間成核。於反應溫度110–150 °C下反應一小時的CuInS₂量子點，其元素比例Cu:In:S為1.1:1.0:2.1，粒子尺寸為3.5–4.3奈米，並有均勻的粒徑分布(7–11%)。CuInS₂量子點在吸收光譜上展現強烈的量子偶限效應。



圖一、CuInS₂量子點合成示意圖

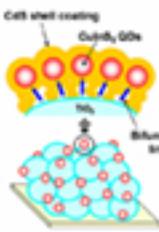


圖二、150 °C下合成量子點之(a)TEM和(b)HR-TEM圖

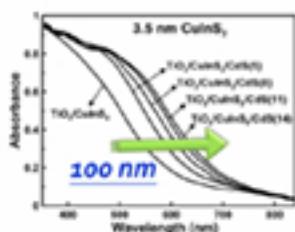


圖三、不同尺寸CuInS₂量子點展現出不同之吸收光譜

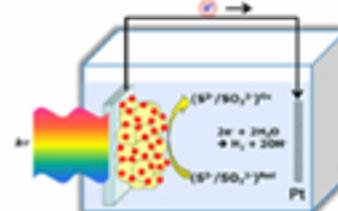
2. 新型CuInS₂量子點/CdS複合式共敏化劑：我們首度發現CuInS₂量子點/CdS共敏化之二氧化鈦薄膜可以形成一高效能光電極。CuInS₂量子點具有高導電帶位置，能有效將光電子注入二氧化鈦中。沉積CdS能有效抑制電子的再結合，並緩解CuInS₂量子點中的量子偶限效應，使其能隙值由2.10減小到1.80 eV。於AM 1.5G模擬太陽光照射下(1 sun)，展現16 mA cm⁻²的分解水光電流。



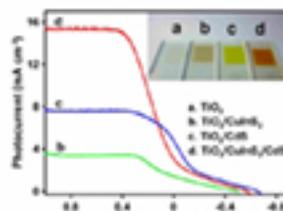
圖一、共敏化電極示意圖



圖二、共敏化電極隨CdS/CuInS2量子點發生紅位移

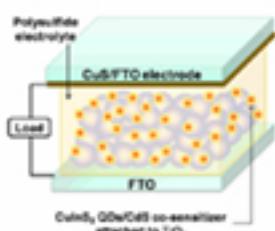


圖三、光電極分解水產生氫氣示意圖

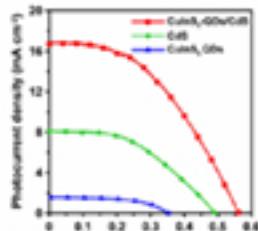


圖四、光電極分解水產生氫氣之光電流

3. CuInS₂量子點/CdS共敏化太陽能電池：此高效能光電極沉積ZnS純化層後，以polysulfide為電解質，和CuS相對電極組裝成一高效率量子點敏化太陽能電池。於AM 1.5G模擬太陽光照射下(100 mW cm⁻²)，此太陽電池之短路電流為16.9 mA cm⁻²，開環電壓為0.56V，填充因子為0.45，光電轉換效率為4.2%。其IPCE應答波長起始於約800 nm，於510 nm之IPCE值可達到約80%。



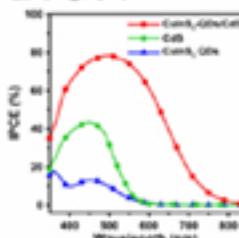
圖一、共敏化太陽能電池示意圖



圖二、太陽能電池電流-電壓曲線

photoanode	V_{oc} (V)	J_{sc} (mA cm ⁻²)	FF	IPCE (%)
TiO ₂ /CuInS ₂	0.354	1.56	0.56	0.31
TiO ₂ /CdS	0.490	8.04	0.46	1.80
TiO ₂ /CuInS ₂ /CdS	0.560	14.9	0.45	4.20

表一、太陽能電池光伏特性參數



圖三、太陽能電池IPCE光譜應答

研究生活及心得

量子點敏化太陽能電池的研究是門檻相當高的課題，必須對半導體物理、分析電化學、半導體量子點之合成、光電化學及奈米薄膜技術有相當的了解以及知識才有辦法投入研究。感謝在成大研究路上的師長與同學的幫忙，希望未來能將更好的研究成果與大家分享。