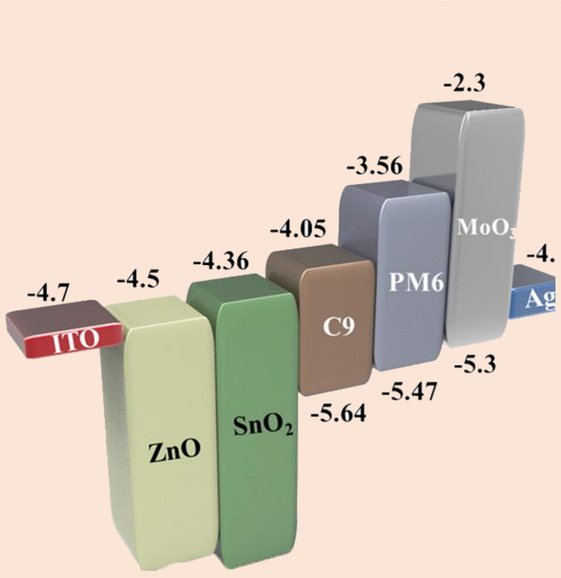
以原子層沉積製備電子傳輸層及非鹵素溶劑於高效率有機太陽能電池之應用研究

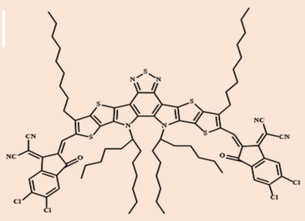
材四甲/李俊頡、車經傑、錢柏宇、蘇皇齊

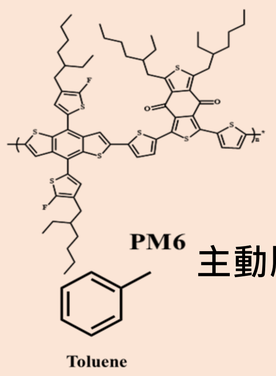
指導教授：游洋雁教授、陳政營教授

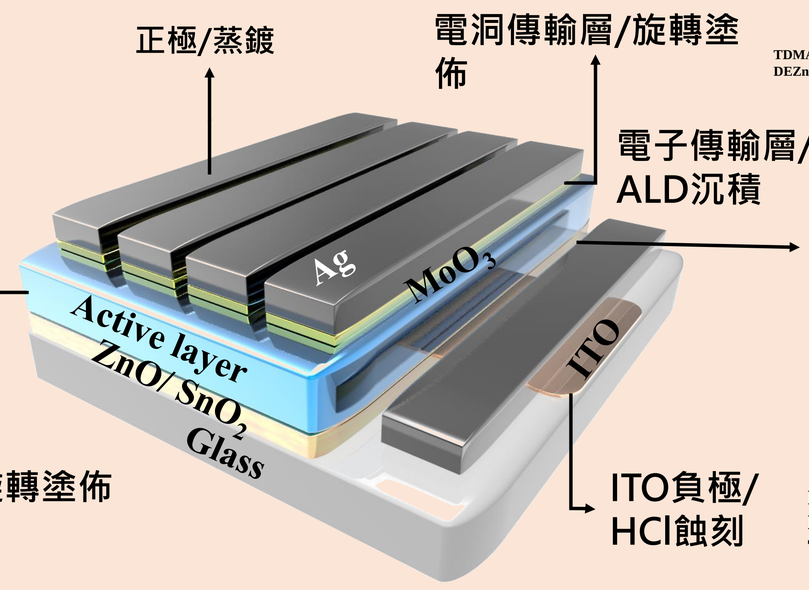
摘要

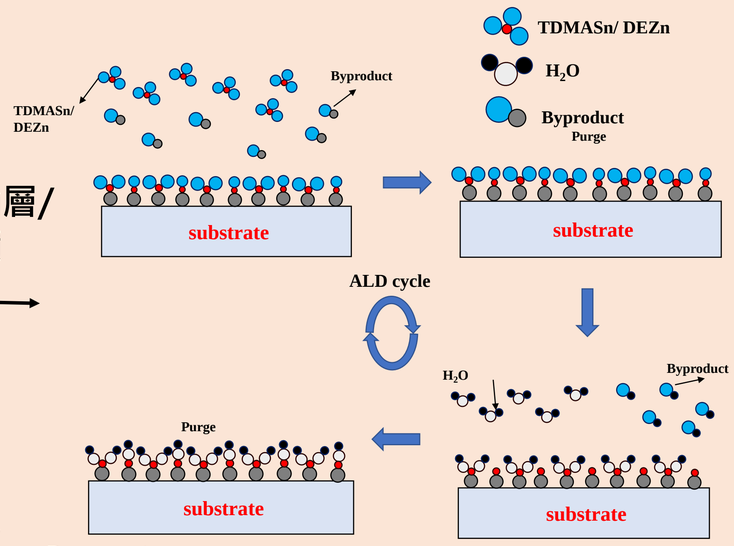
本研究使用原子層沉積 法(Atomic layer deposition, ALD) 成功的製備 ZnO 及 SnO_2 作為有機太陽能電池（OSCs)之電子傳輸層，並以非鹵素溶劑為太陽能電池活化層之溶劑，我們使用甲苯、鄰二甲苯、偏三甲苯、四氫氟喃等作為替代溶劑。其中以甲苯溶劑並加入 DIO 添加劑可展現最佳OSCs元件效率，其平均 J_{sc}, V_{oc}, FF 及 PCE 的值分別為 26.1±0.17 mA/cm^2、0.82±0.01 V、73.2±1.30%、15.7±0.12%。相較文獻中普遍使用之鹵素溶劑OSCs元件效率為 16.2%，有非常相近的效率表現，此結果顯示了將鹵素溶劑替換為非鹵素溶劑的可行性。











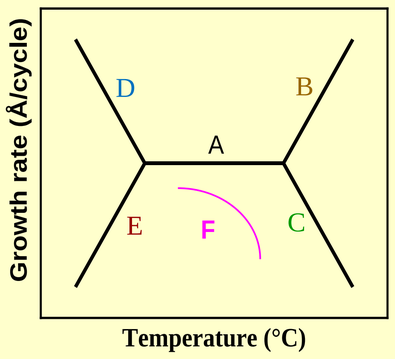
Precursor：

DEZn : $Zn(C_2H_5)_2 + H_2O \longrightarrow ZnO + 2C_2H_6$

TDMASn : $(O)_xSn(DMA)_{4-x} + 2H_2O \longrightarrow (OH)_x + SnO_2 + (4-x)HDMA$

結果與討論

Growth Window of ALD



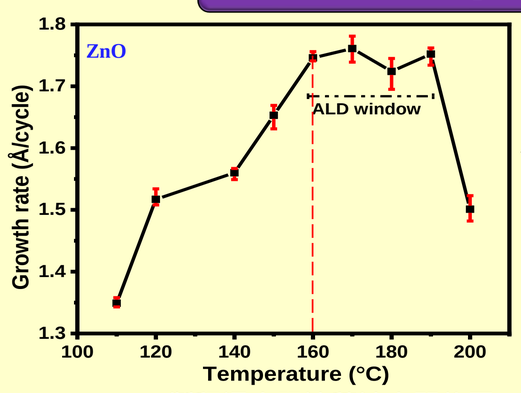
原子層沉積窗口 (ALD-window)

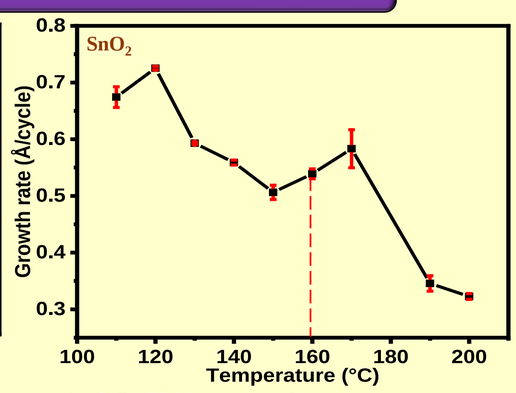
A. 沉積速率固定，不隨溫度改變
B. 高溫分解
C. 高溫脫離
D. 低溫凝結
E. 低溫化學反應性不足
F. 基板reactive sites受溫度影響

ALD優勢

- 良好的鋪附性
- 精準的厚度控制
- 薄膜的均勻性
- 製程穩定性

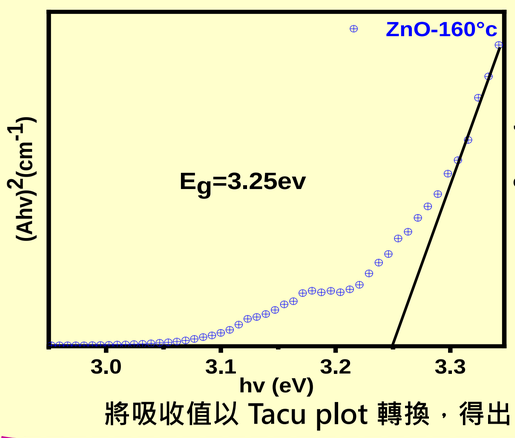
ZnO and SnO_2 Growth Window of ALD

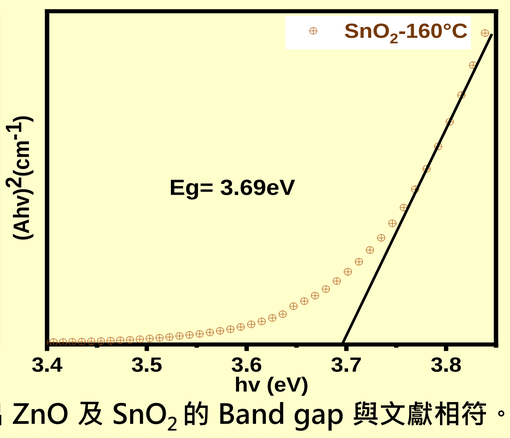




ALD 製程溫度跟沈積速率關係圖，ZnO 有明顯的 ALD window。

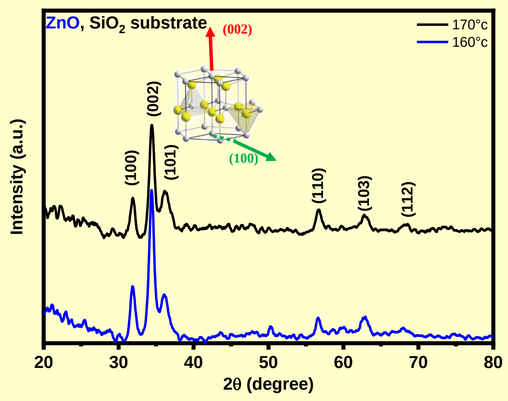
Band gap of ZnO and SnO_2

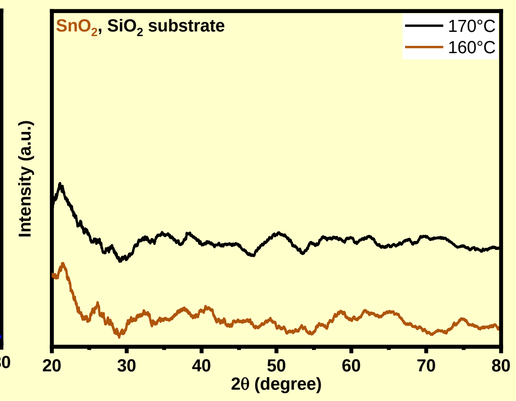




將吸收值以 Tacu plot 轉換，得出 ZnO 及 SnO_2 的 Band gap 與文獻相符。

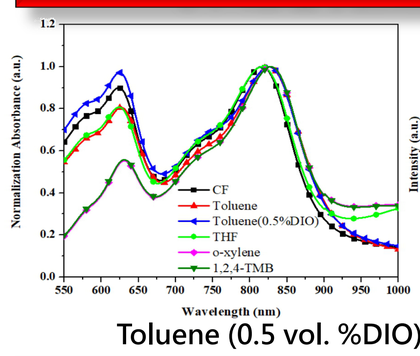
X-ray Diffraction spectroscopy

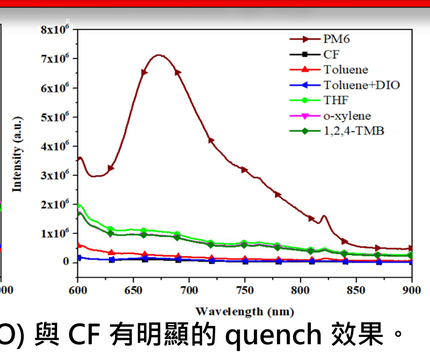




ZnO的特徵峰與文獻相符。SnO_2 表示出無特徵峰，推測是製程溫度太低導致。

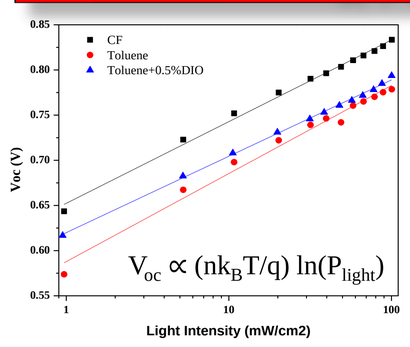
UV-vis & Photoluminescence (PL)

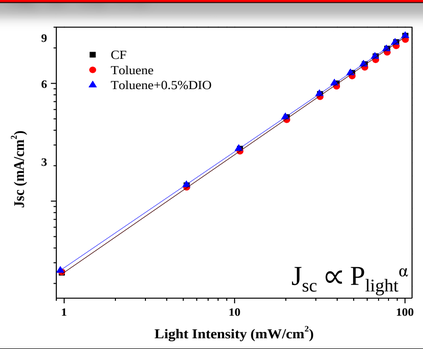




Toluene (0.5 vol. %DIO) 與 CF 有明顯的 quench 效果。

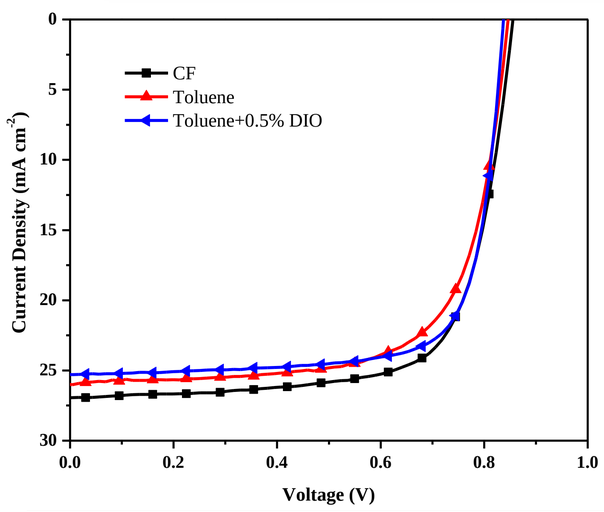
載子複合情況

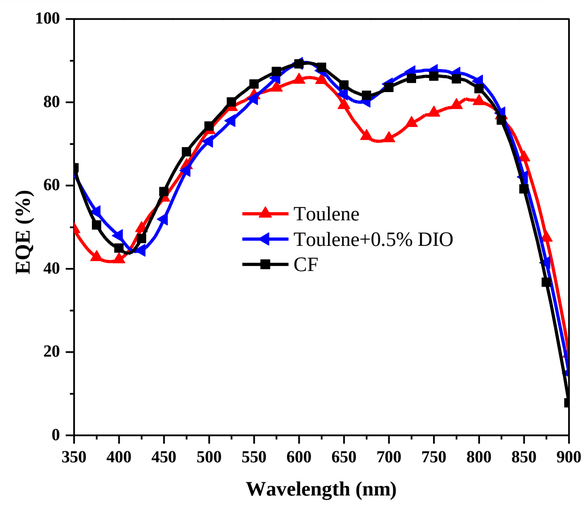




Solvent	n	α
CF	1.339	0.987
Toluene	1.637	0.977
Toluene (0.5 vol. % DIO)	1.419	0.985

J-V curve & External Quantum Efficiency (EQE)





Solvent	J_{sc} (mA cm^{-2})	V_{oc} (V)	FF (%)	PCE (%)
CF	26.56±0.33	0.86±0.01	71.3±1.1	16.2±0.12
Toluene	25.0±1.00	0.86±0.01	70.4±2.1	15.1±0.15
Toluene (0.5 vol. % DIO)	26.1±0.17	0.82±0.01	73.2±1.3	15.7±0.12

Toluene (0.5 vol. % DIO) 有最接近以 CF 作為溶劑時的元件效率，其效率表現如 J-V 圖表所示。

Toluene (0.5 vol. %DIO) 與 CF 有較接近的 n 值與 α 值，說明它們有類似的抑制載子複合效果。

結論

- 本研究使用原子層沉積法 (Atomic layer deposition, ALD) 成功的製備 ZnO 作為有機太陽能電池（OSCs)之電子傳輸層，並以氯仿作為主動層溶劑具有高達 16.2% 的效率與文獻相符。
- 透過甲苯之非鹵素溶劑可成功取代取代氯仿之鹵素溶劑，所製備二元有機太陽能電池（OSCs)，可以達到相近的光電性能。