

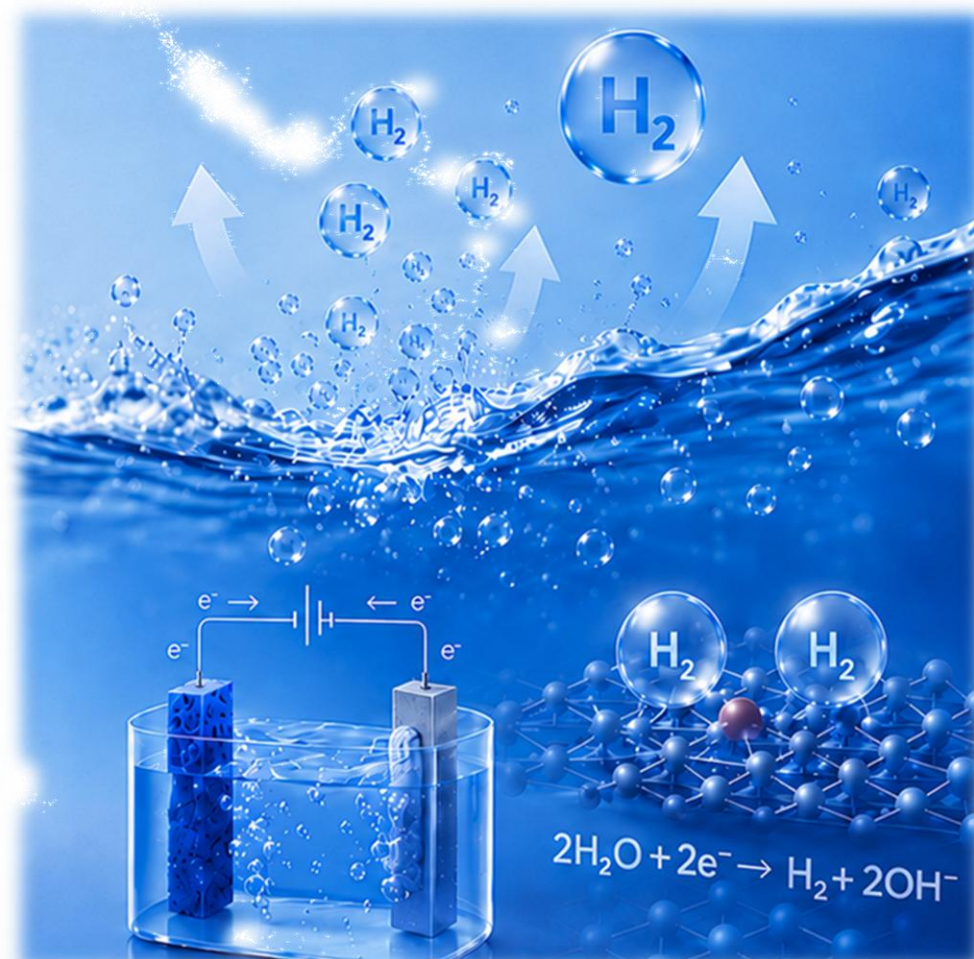
不同形貌氧化鈷材料之對電催化析氫反應之研究

班級：材四甲 學號/姓名：U11187008 李玟葦 / U11187020 陳冠達

指導教授：黃裕清 專題單位：前瞻光電材料實驗室

前言

面對全球能源危機，提升析氫反應（HER）效率是推動永續潔淨氫能的關鍵。尖晶石型氧化鈷具備低成本與高化學穩定性等優勢，但實際應用常受限於表面活性位點不足。為突破此瓶頸，本研究採用無模板的尿素輔助合成法，透過調控尿素的反應濃度與物理接觸面積，成功精準控制了材料形貌。其中，花狀形貌擴張了材料的比表面積，不僅為反應提供極豐富的可接觸催化活性位點，更能有效促進電子傳輸。此外，優化後的花狀催化劑展現出較小的 Tafel 斜率與更快速的界面反應動力學，充分證實形貌工程策略對提升 HER 整體表現有著顯著的幫助。



合成方式

1 不同形貌的尿素



(A) 粉末狀尿素
0.017 M $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
+ 0.33 M Urea



(C) 球狀尿素
0.017 M $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
+ 1.0 M Urea



2 不同濃度下的尿素



(B) 低濃度 (球狀尿素)

0.017 M $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
+ 0.33 M Urea

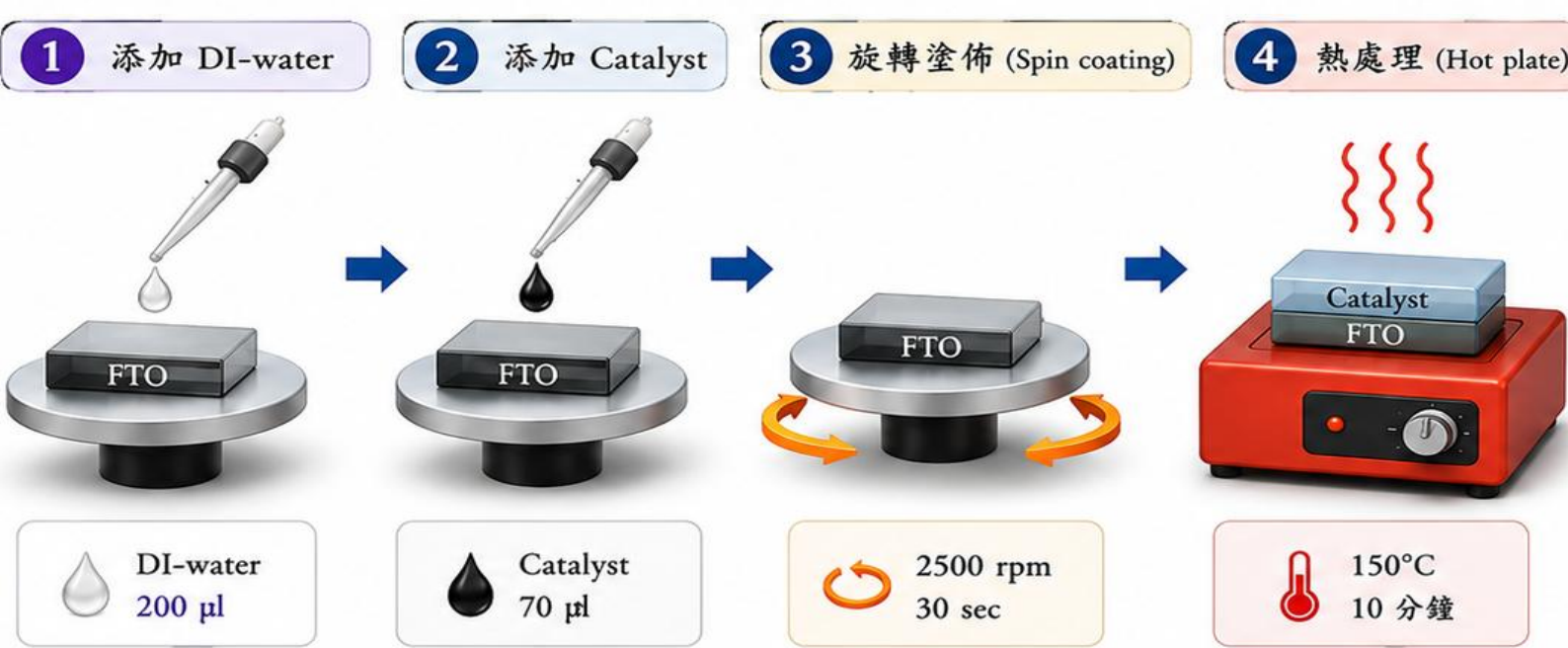


(C) 高濃度 (球狀尿素)

0.017 M $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
+ 1.0 M Urea

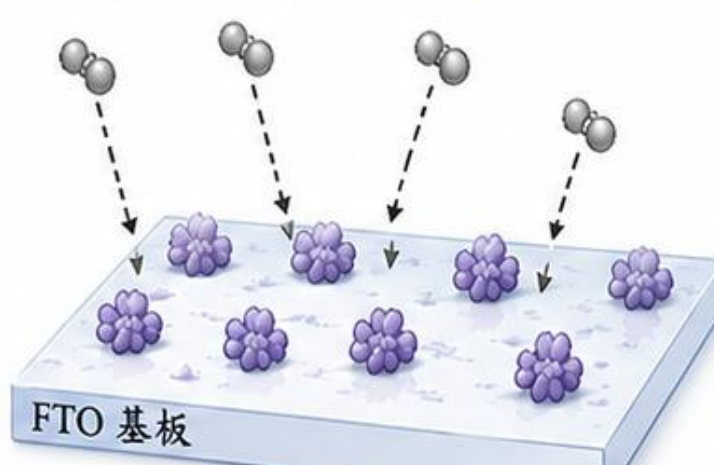
元件製備

Spin



- 流程說明
- 於 FTO 基板上滴加 200 µl DI-water。
 - 再滴加 70 µl Catalyst。
 - 以 2500 rpm 旋轉塗佈 30 秒。
 - 於 150°C 熱板上加熱 10 分鐘。

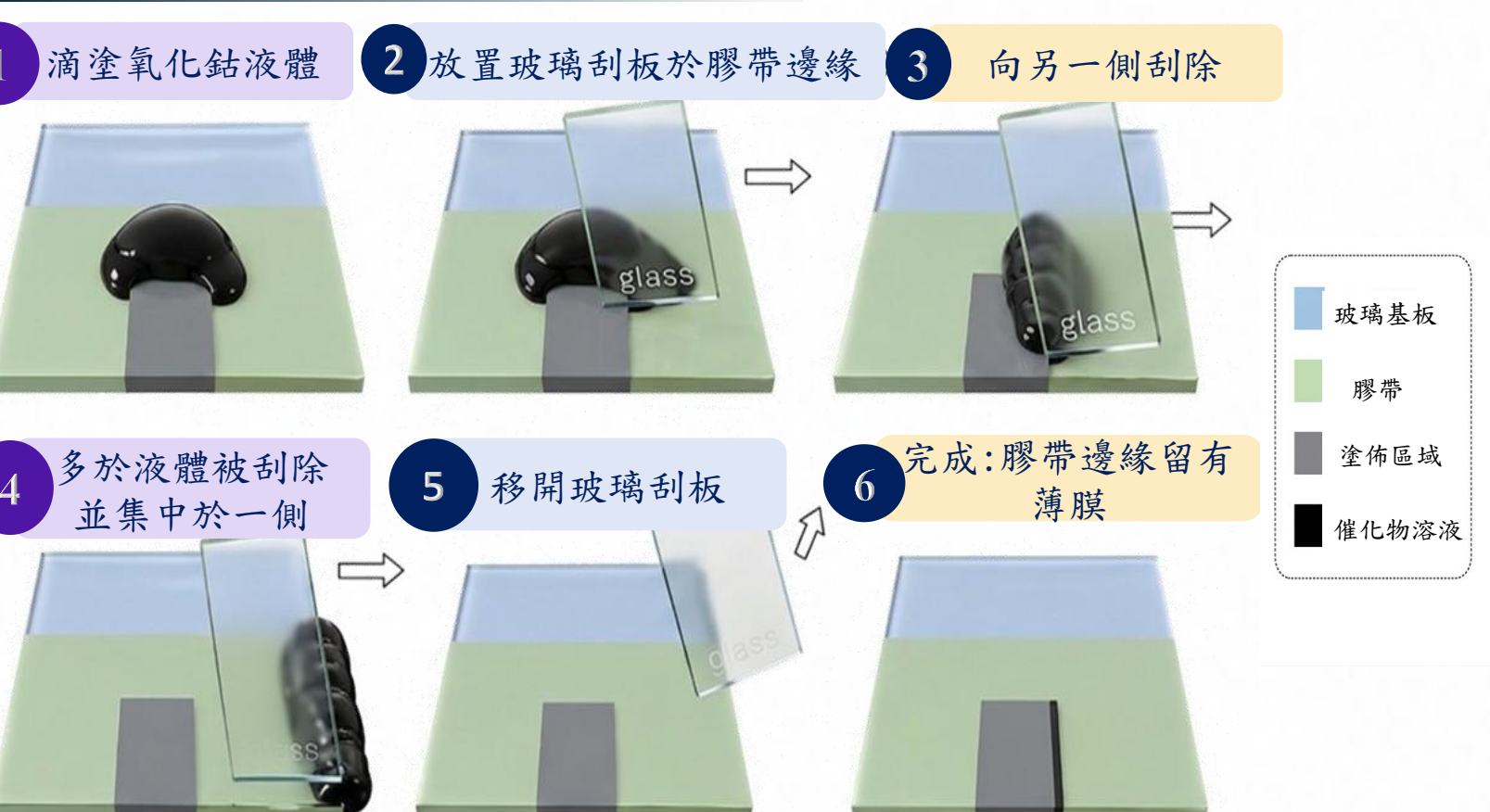
旋塗後的微觀結構 (分布較稀疏)



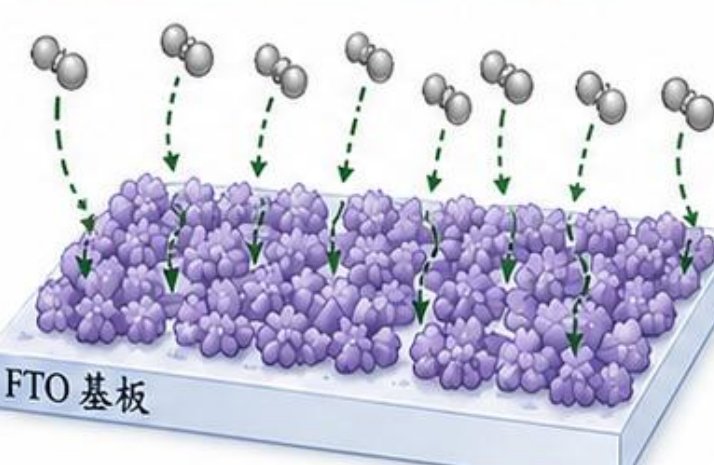
- 顆粒分布較稀疏，表面覆蓋率較低
- H_2 吸附位點較少
- 氣體進入與擴散路徑受限

H_2 吸附與進入效果較差

Blade



刮塗後的微觀結構 (分布較密集)

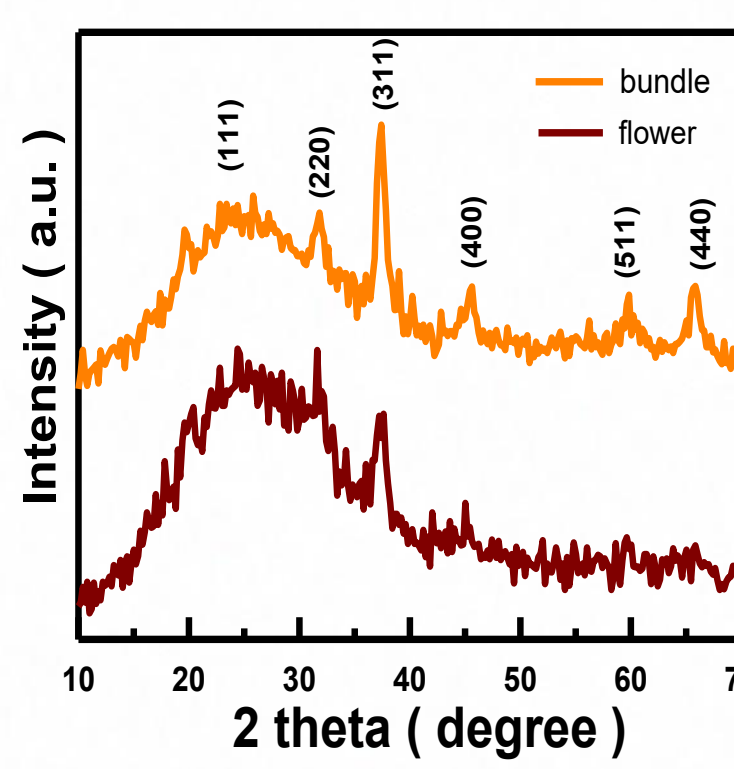
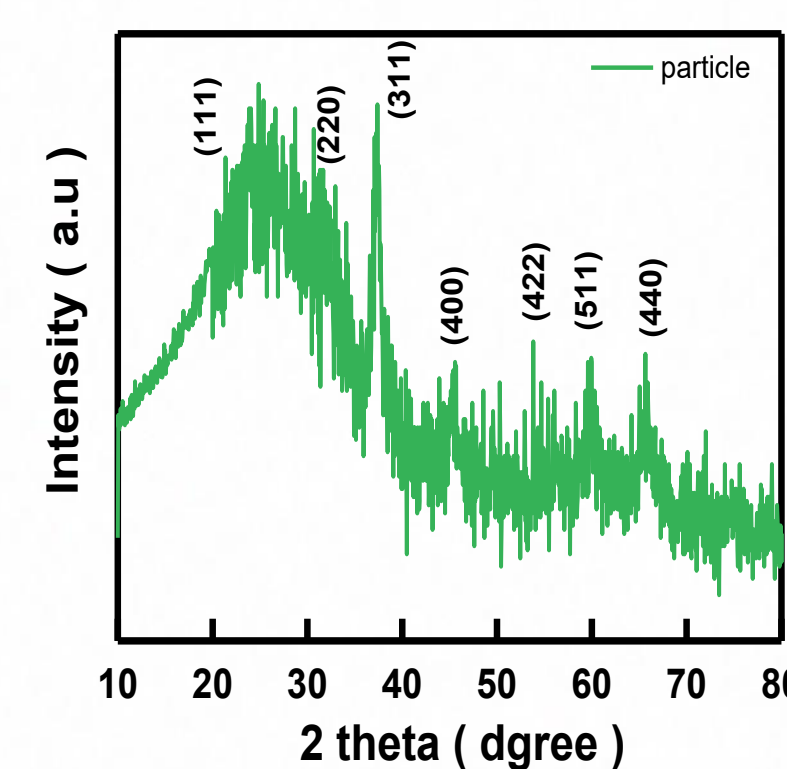


- 顆粒分布較密集，表面覆蓋率較高
- H_2 吸附位點多
- 氣體進入與擴散路徑暢通

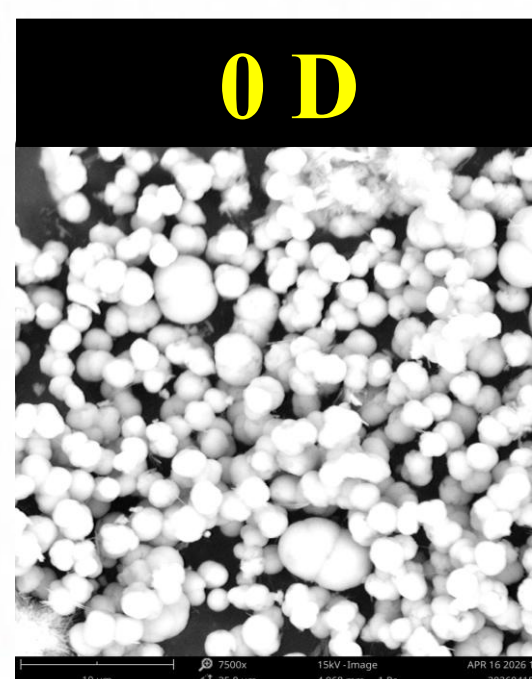
H_2 吸附與進入效果較好

材料分析

XRD

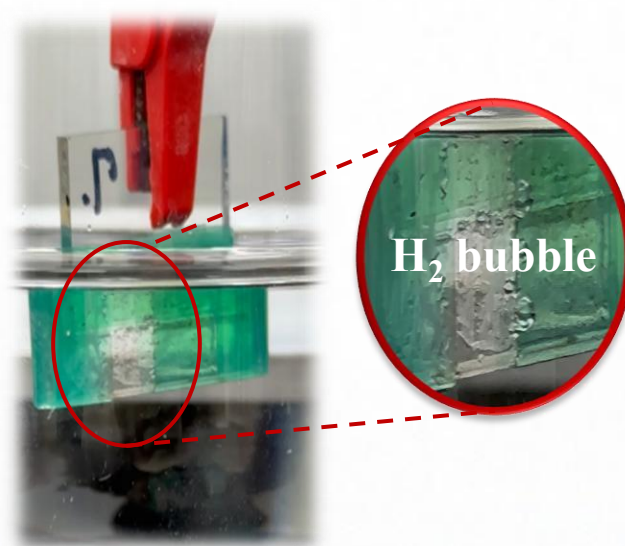
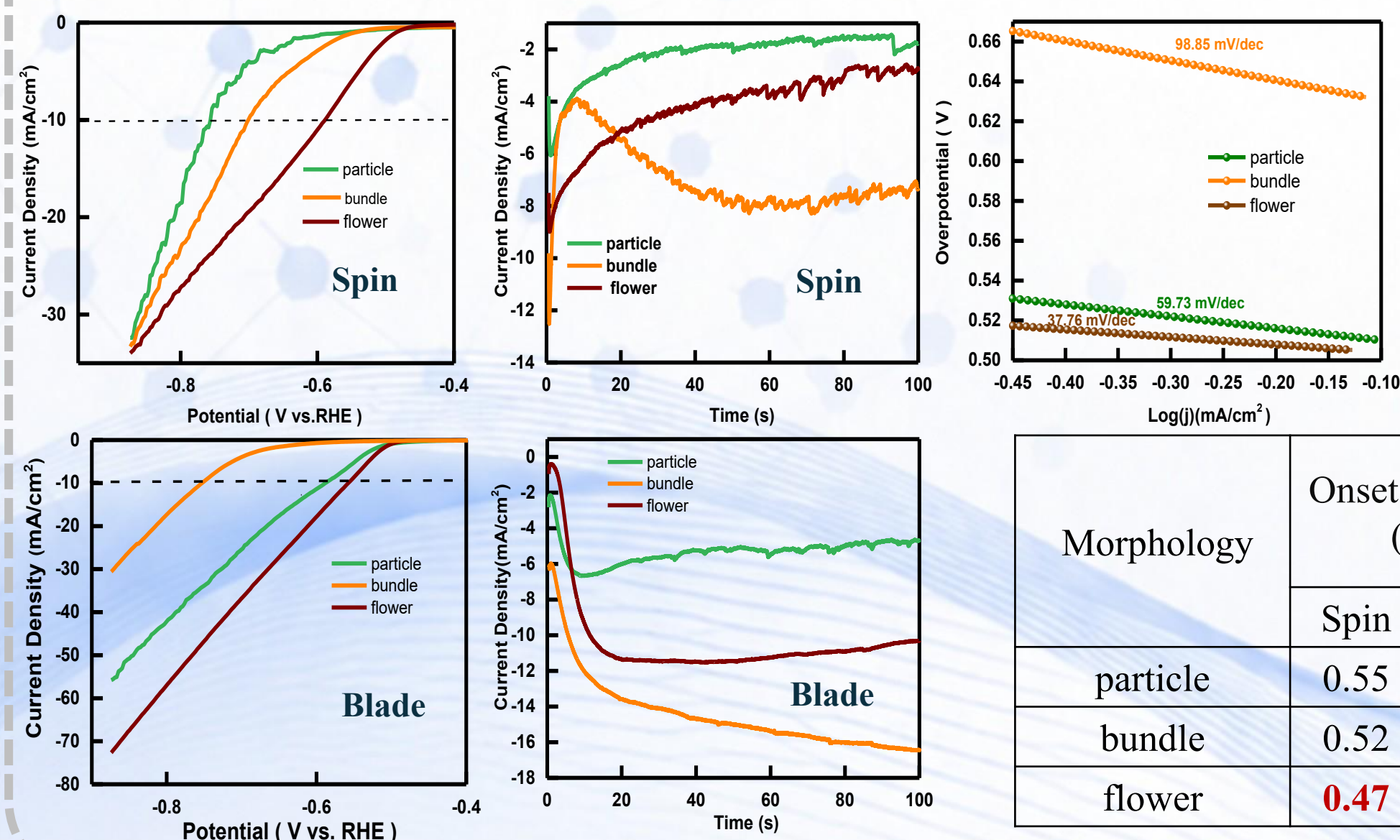


SEM



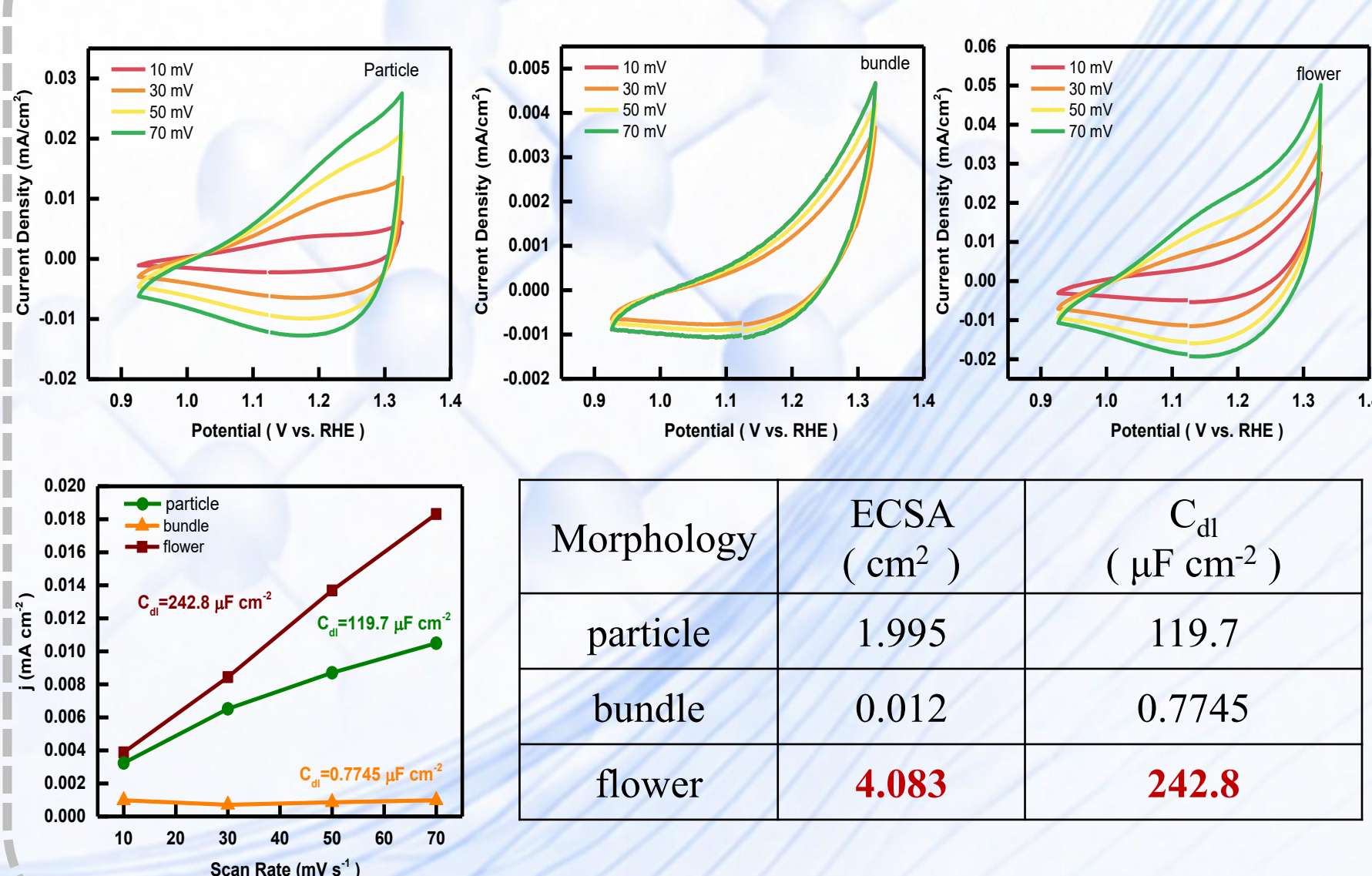
電化學分析

Linear sweep voltammetry (LSV) and IT and Tafel Slope



Morphology	Onset Potential (V)		Overpotential @ -10 mA/cm ² (V)	
	Spin	Blade	Spin	Blade
particle	0.55	0.52	0.75	0.56
bundle	0.52	0.64	0.70	0.75
flower	0.47	0.50	0.59	0.55

(Cyclic Voltammetry CV and ECSA)



Morphology	ECSA (cm ²)	C _{dl} (µF cm ⁻²)
particle	1.995	119.7
bundle	0.012	0.7745
flower	4.083	242.8

結論

在水熱反應中，尿素水解所主導的 OH^- 釋放速率，決定了材料的成核與成長機制。隨著尿素濃度由低至高，材料形貌依序由束狀→球狀轉變；另一方面，相較於會生成束狀結構的球狀尿素，採用粉末狀尿素會使反應接觸面積由大變小，進而限制並調控了 OH^- 的釋放速率，進而影響了初始的成核速率，使晶體成核與後續的生長達到特定平衡，成功誘導材料發展出 3D 花狀形貌。此花狀分級結構因具備高比表面積與豐富活性位點，能有效增強氫氣 (H_2) 的吸附與反應能力，在鹼性析氫反應 (HER) 中展現最佳的電催化效能。