



圖二 (左) 三維 IC 封裝產業中, Cu/SiO₂ 混合鍵合製程微凸塊接點在臨場接合中的應力變化趨勢以及實驗裝置示意圖。利用 ED-XND 技術進行選區繞射, 並追蹤奈米雙晶銅塊 (111) 晶面在室溫、100 °C、150 °C、200 °C 的接合應力分佈 [3]。

(右) 全固態電池中 LiFePO₄ 晶粒內部與 Li₆PS₅Cl 界面氧化價態分析。圖中分別為放電後的 LFP 與 LFP+LPSC (a, c), 與充電後的 LFP 與 LFP+LPSC (b, d) 晶粒 [4]。

對於具有優選取向或缺陷密度過高的材料, 藉由掃描入射 X 光能量, 能量散佈式奈米繞射 (ED-XND) 技術可在無須旋轉樣品下量測特定晶面的結構變化, 等效於傳統 θ -2 θ 掃描。此技術已應用於 3D IC 封裝中奈米雙晶銅微凸塊的原位研究, 成功重建熱循環過程中的應力分佈, 並證實 (111) 取向與雙晶界面可有效緩解熱膨脹不匹配所引發的剪切應力 (圖二左) [3]。

除結構分析外, 選區 X 光吸收能譜量測也是奈米聚焦 X 光的重要應用, 解析化學配位與原子短程結構。在全固態電池研究中, 整合 nXAS 的截面分析, 直接揭示 LiFePO₄ 與硫化物電解質界面處的化學降解反應與高阻抗副產物生成機制, 為界面設計提供關鍵依據 (圖二右) [4]。

總結而言, 奈米聚焦 X 光繞射與能譜技術能在奈米尺度下, 以非破壞、高穿透方式量測實際材料與完整元件結構, 並定量提供晶體取向、應變、殘留應力與化學狀態等資訊, 補足電子顯微鏡在體積解析與真實操作條件分析上的限制。從半導體、先進封裝到金屬、能源與環境材料, 奈米聚焦 X 光技術已成為連結微觀結構解析與材料性能優化的重要研究平台。

參考文獻：

1. T. T. Mai *et al.*, ACS Appl. Nano Mater. **8**, 15187 (2025).
2. P. P. Biswas *et al.*, Chemosphere **337**, 139357 (2023).
3. W. Y. Hsu *et al.*, Nanomaterials **13**, 2448 (2023).
4. B. Y. Tsai *et al.*, J. Phys. Chem. C **127**, 14336 (2023).

用戶資訊

實驗計畫申請

■ 2026-2 期實驗計畫申請目前審核中

2026 年第二期 (2026 年 7 - 12 月) 實驗計畫申請目前正陸續進行初複審中, 核定的光束線排程後續將於 6 月初公告於用戶入口網。

■ 2027-1 期實驗申請預告

2027 年第一期 (2027 年 1 - 6 月) 光束線使用預計 2026 年 7 月初開放申請, 截止日期為 2026 年 8 月 17 日 (一), 歡迎計畫主持人踴躍上網 (<http://userportal.nsrrc.org.tw/>) 提出計畫申請。

其他資訊

- 為鼓勵優秀研究生投入加速器光源研發與應用, 以培育光源科技人才。國輻中心提供加速器光源研究領域研究生獎學金, 評審著重於學業及學術表現、發展潛力、參與計畫經驗、研究主題與本中心加速器光源研發與應用等領域契合度。獎學金每年 6 月 1 日至 7 月 31 日開放申請, 歡迎碩博士生踴躍提出申請。



- 為提升系統服務品質與作業效率, 宿舍及學舍申請系統已完成改版並正式上線。即日起宿舍預約需求, 請使用新系統完成預約作業如有疑問, 歡迎洽詢宿舍櫃檯 (分機 4130; Email: dorm@nsrrc.org.tw)。