



透視材料、掌握製程—多模態 快速材料檢測技術的發展與應用

技術主編：江叡涵 R. H. Jiang

現職：工研院材化所(MCL/ITRI) 微結構與特性分析研究室經理

學歷：國立清華大學 (NTHU) 材料所博士

專長：材料分析、拉曼光譜(Raman)、雷射誘導擊穿光譜(LIBS)、紅外線光譜(NIR)、太赫茲光譜 (THz)、多模態感測融合、非破壞性檢測技術，以及人工智慧與機器學習於材質分選及線上製程監控之應用

製造業正由自動化、數位化邁向智慧化與永續化。工業4.0使設備、產線與企業流程形成即時監控與協同管理的智慧製造系統，工業5.0則進一步強調以人為本、永續發展與產業韌性，除了追求效率與產能外，也同時回應低碳製造、資源循環與供應鏈穩定等需求。

在此趨勢下，材料檢測已不再只是實驗室中的品質確認工具。面對各種應用場域，傳統依賴人工判讀、離線取樣與破壞性分析的方法，逐漸難以滿足高通量、非破壞、即時回饋與高可靠度的要求。因此，結合光譜、X光、太赫茲、影像辨識、光彈應力分析與製程訊號的多模態快速材料檢測技術，正成為材料辨識、缺陷分析與製程監控的重要發展方向。本期「材質智慧分選」技術專題，共收錄六篇文章，涵蓋奈米尺度表徵、先進合金設計、光譜分類、塑膠回收、工業廢塑膠分選與多模態材料檢測等面向。

清華大學嚴大任副校長團隊介紹針尖增強拉曼光譜(TERS)之原理、系統架構與應用發展，說明其於奈米尺度分子振動資訊解析上的價值。清華大學葉安洲教授與林威志博士後研究員則以耐火高熵合金為主題，探討機器學習如何整合文獻資料、實驗數據、熱力學計算與物理描述特徵，協助縮小材料設計空間，加速候選合金開發。明志科技大學黃宗鈺教授團隊以電器廢棄塑膠為例，說明光譜資料與深度學習模型在材料分類上的應用流程。大豐環保劉致辰襄理則從台灣廢塑膠容器「全分類、高值化」需求出發，分析近紅外光譜與AI影像辨識在材質、用途、顏色與形態分類上的互補關係。台北大學林道通校長與Dr. Haobijam Basanta之文章，聚焦工業廢塑膠分選精度與材料溯源問題，提出以可見光近紅外光譜、影像辨識與邊緣AI決策為核心的智慧分選流程，並討論多模態感測與數位產品護照於未來循環經濟基礎設施中的可能角色。最後，筆者撰寫之〈AI多模態快速材料檢測技術〉，統整近紅外、拉曼、太赫茲、LIBS、XRF、XRD、XCT、光彈應力分析與影像辨識等方法，探討其在智慧分選、半導體與晶錠非破壞檢測、結晶與化工製程監控、低碳替代燃料快篩等場域的應用潛力。

整體而言，多模態快速材料檢測技術的價值，在於建立「材料訊號—品質指標—製程決策」的連結。期望本期專題能促進產業界對多模態檢測技術的理解與交流，進一步推動感測硬體、AI模型、線上檢測平台與應用場域的整合發展，為台灣智慧製造與循環經濟開啓新的產業契機。🔗