

「光學超穎材料／超穎介面及其應用」專題介紹

Special Issue Introduction to “Optical Metamaterials/Metasurfaces and their Applications”

客座主編－嚴大任 博士

國立清華大學材料科學工程學系教授兼專案助理副校長

近十餘年來，光學科技的發展已逐步跳脫僅依賴材料天然物性的傳統框架，轉而邁向「以結構設計光」的新典範。其中，光學超穎材料 (optical metamaterials) 與超穎介面 (metasurfaces) 的興起，正是這場轉變的核心推力。透過次波長尺度的人工結構設計，研究者得以精準操控光的相位、振幅與偏振等，不僅突破傳統光學元件在體積、重量與功能整合上的限制，也為新世代光電元件與系統開啟嶄新的設計自由度與應用可能。基於此一重要發展脈絡，本人受邀擔任《科儀新知》第 245 期「光學超穎材料/超穎介面及其應用」專題之客座主編，特別邀請國內外長期深耕相關領域的學者，從基礎原理、製程技術到應用實例等不同切入點，系統性呈現光學超穎材料的研究現況與未來潛力，期望藉此促進學術研究與實務應用之間的交流與整合。

本期人物專訪特別邀請國立清華大學物理系果尚志教授。果教授現任國科會指導之跨部會「量子系統推動小組」召集人，其研究歷程橫跨材料科學、奈米光電與量子科技等關鍵領域。專訪內容以其學術發展為主軸，引領讀者理解不同物理尺度與研究領域之間的內在連結，這正是當前超穎材料與量子光電發展所不可或缺的核心知識基礎。此外，果教授亦分享其多年累積的行政與領導經驗，並以「人生就是每個當下加總的結果」為題，回顧在不同人生階段所累積的歷練與經驗，終將成為支撐個人前行的重要資產，亦為年輕世代研究者提供深具啟發性的思考視角。

在專題文章部分，首先由國立臺灣大學蕭惠心教授「超穎介面與奈米光子元件」從整體奈米光子學觀點出發，系統性說明超穎介面在超薄光學元件與感測應用中的核心原理與發展方向，為本專題奠定完整的技術全貌。國立中央大學光電科學與工程學系－王智明教授以「折射透鏡技術限制與超穎透鏡發展」為題，說明超穎透鏡在相位調控與輕量化光學系統中的優勢，並進一步探討結合傳統折射光學的混合式設計，如何在效率、製造可行性與商業化之間取得平衡。國立成功大學光電科學與工程學系－吳品頡教授：「微共振腔輔助多重高品質因子共振超穎介面於光波前操控」一文，則提出微共振腔輔助的多重高品質因子共振超穎介面平台，展示其在寬頻、多波長波前操控上的高度自由度，並於全像、結構性色彩與資訊加密等應用中展現亮眼成果。

本期亦特別邀請英國南安普頓大學物理與天文學院副教授、兼任學院國際長的歐俊裕教授，其「聚焦離子束製造光學超穎材料」從國際研究發展的角度回顧超穎材料近二十餘年的演進歷程。文章指出，儘管超穎材料早已在光學與奈米光子學中展現深遠影響，相關應用直到近年才逐漸找到明確利基，並開始進入消費型產品領域。文中進一步探討奈米製程技術的關鍵角色，包含利用聚焦離子束微影技術製作光學超穎材料，以及基於奈米機械結構所實現的可重構超穎材料設計，為未來高彈性光學元件提供重要技術路徑。

此外，國立陽明交通大學電子研究所－曾銘綸助理教授：「紫外超穎介面於前瞻光譜與奈米製造之應用」聚焦深紫外波段，介紹紫外超穎介面於前瞻光譜分析與奈米製造中的應用潛力，展現超穎介面在高能短波光學領域的關鍵角色；國立陽明交通大學光電工程學系－黃耀緯副教授：「以介電質雅努斯超穎介面產生方向性不對稱軌道角動量」，則以介電質雅努斯超穎介面為主軸，展示其在方向性不對稱軌道角動量操控上的創新成果，為微型化、多功能光場調控提供嶄新解方。

綜觀本期內容，光學超穎材料與超穎介面不僅是一項新穎的光學設計工具，更是一種重新定義光與材料互動方式的關鍵平台。期盼透過本專題的呈現，能協助讀者掌握此一快速演進的研究領域，並進一步思考其在未來光電科技、量子資訊與跨域應用中的長遠影響。