



# 短脈衝雷射加工機制 與應用技術專輯 主編前言

Editor's Notes for the Special Issue on Technologies  
for Short Pulse Laser Mechanism and Applications

洪基彬

工業技術研究院南分院  
雷射應用中心  
副主任

雷射自 1960 年問世至今已廣被世人所知，雷射技術也普遍應用於工業、軍事、藝術、日常 3C 產品等等，以工業加工應用而言無論板塊材加工如汽車版金裁切、銲接，微細加工如 PCB 印刷電路板盲孔鑽孔等，都已在生產線上導入雷射製程取代傳統方式，以汽車版金加工為例，歐洲進口車因採用雷射裁切、銲接，使版金件使用中因熱或外力造成的變形量相對獲得控制，縱然使用年限超過十年以上，氣密性與隔音依就相當良好，即是雷射可以大力提升品質的例子；台灣目前在板塊材加工已較普及，而微細加工則尚待大力推廣，然若欲達成高加工品質以賺取高附加價值利益，非對雷射與被加工材料之間作用機制有所清楚掌握，恐無法竟其功，甚至難以論及技術與應用創新，尤其尺寸在微奈米等級的微細加工，對微觀作用機制更需瞭解、掌握，才有機會完成加

工精度，以 3C 產品的 PCB 鑽孔要求直徑在 50 微米以下時，若對微觀作用機制不清楚諸如雷射光型、波長、脈衝寬度、脈衝能量等對材料的關係，想要達到所需規格尺寸，恐怕挑戰將相對辛苦。

因此，工研院積極建構各式雷射實驗室，包含以作用時間區分有連續波、ms( $10^{-3}$  秒)、 $\mu$ s( $10^{-6}$  秒)、ns( $10^{-9}$  秒)、ps( $10^{-12}$  秒)及 fs( $10^{-15}$  秒)等多種脈衝寬度雷射或以波長而言有遠紅外線、近紅外線、綠光及紫外光等雷射，針對不同雷射對不同材料如塑膠、金屬及硬脆材料等，進行製程研究及探討可能作用原理與機制，目的就是希望能分享給國內相關同行；就超快雷射微觀作用原理與機制而言，國外仍陸續透過論文發表探究中，尚未完全有定論，而一般雷射作用機制則較有定論，但他山之石可以攻錯；本專輯嘗試透過產學研在相關領域的研究成果，提供大家相互觀摩學



習的平台，期以加速國內雷射應用升級、轉型與創新。

首先「超快雷射之微觀熱傳行為」，將針對薄膜受到超快雷射加熱後的物理機制與目前文獻上許多學者針對不同觀點所提出的數學模式作說明，讓大家在觀念上認識微觀熱傳導模式的可靠度，並分享各種微觀熱傳導模式的適用範圍，熱傳導大致上可說是目前雷射作用機制模型的顯學；「飛秒雷射之透明材料內部改質應用」則是介紹超快雷射非線性吸收現象，並透過電子晶格雙溫模型解釋分析在飛秒尺度下，超快雷射於透明介電材料內部之雷射退火改質特性，換言之，就是透過飛秒雷射作用在硬脆材料的實驗研究，來驗證或呼應微觀熱傳導模型的討論；「皮秒光纖雷射應用於 CIGS 薄膜太陽能電池製程」簡介 CIGS 薄膜太陽能電池架構，以及光纖雷射在 CIGS 畫線製程上的應用，相較於傳統奈秒雷射，使用皮秒雷射可獲得較好的加工結果，並介紹工研院雷射應用中心所開發之 100 皮秒脈衝雷射源應用於 CIGS 製程上的參數測試實驗結果，而同樣的 CIGS 薄膜太陽能電池畫線製程，為何分別用奈秒與皮秒雷射加工，會有明顯品質差異，其道理或許對應到微熱傳導模型，自可釋疑；皮秒雷射原本在雷射發展過程中被視為不必存在的產品，因皮秒雷射能做的，飛秒雷射皆可以辦到且品質更好，但在工業化與商品化過程中，發現皮秒雷射仍有存在的必要，甚至不見得是過渡性產品，畢竟各有所長各有所專，既然皮秒雷射已是目前超快雷射工業應用主力，在雷射光經過的光學元件與模組表面上的抗反射膜，就需嚴肅對待，「光學薄膜對皮秒雷射加工機之影響性」對於皮秒雷射

加工機內光學鏡片所需膜質較高之薄膜特性需求，提出光學薄膜設計方向與檢測技術，以利於使用者對鏡片薄膜的掌握；奈秒雷射目前仍是國內業界加工的主力，「紫外光雷射應用於被動元件之陶瓷材料劃線最佳參數」，透過田口式實驗探討 UV 雷射參數對於加工陶瓷基板的特性關係，期望能有效及快速運用在陶瓷基板加工量產上，並提供相關產業人員快速尋找重點參數及節省製程時間的方法，以提升企業產能，從實驗現象也可呼應熱傳導模型的適用範疇。

進行雷射加工過程，透過各式光路設計以達到所需光束或光型是必要手段，然而物理上，雷射光經過各式光學元件必會有像差產生並造成加工誤差，工程上只要誤差能符合允收範圍也就無妨，「系統控制應用於雷射振鏡系統之畸變補償」是由電機的系统觀點提出修正光學像差另類方式，其中提出畸變理論分析係透過振鏡系統動態方程式的推導與系統判別的方式完成系統轉移函數，進而設計適當之控制器以抑制產生的桶形或是枕形畸變；而實施雷射曲面加工最需解決的是如何正確對焦或聚焦，「雷射測距模組及其應用」依目前雷射測距系統之主體結構及測距模式作論述，並舉例其分別於半導體產業與傳統工業界中之應用模式，將有助於使用者更懂挑選合宜測距模組；「自動化視覺系統設計及參數設定探討」以業界加工晶粒實例，探討為達到節省人力、物力及時間的自動化要求，如何利用視覺影像系統來辨識晶粒邊緣位置，進而提供對位機制，降低在影像對位與機構夾持中，所衍生的誤差，並利用視覺檢知來設定偏移誤差容許範圍，達到最彈性及有效率加工目的。



網路普及後讓資訊更加透明、更易取得，在高度競爭環境中，「創新」應該是最能領先或超越對手的策略，「應用於光學同調掃描奈秒雷射直接誘發超寬頻光源研究」提出利用『高增益放大器』與『控制光纖內部偏振色散程度』技術，開發出頻寬約 250 奈米的奈秒光纖雷射系統，這種超寬頻雷射可大幅提升斷層掃描的影像解析度，未來有機會應用於生醫電子影像技術，開發出物美價廉的 OCT 電腦斷層掃描等雷射生醫領域；高齡化社會型態愈來愈普遍，義齒或假牙的需求大增，國內義齒製造產業，所謂的牙技所或技工所，目前仍多採用傳統人工模造工藝技術，需經十多道以上製程，製造過程耗工費時，且重工比例高，近年來先進國家落實數位化牙科，加上隨著數位化製造能力提升及義齒新材料開發，牙體製造技術出現重大變革，透過「義齒先進數位化製造技術」介紹，可提供大家尤其義齒業者、從業人員及設備業者更能掌握產業與技術脈動，無論使用者或服務者將更能認識義齒數位化製造的趨勢，讓自己明天更美好；目前人類在雷射技術研發的最前瞻應該算是埃秒雷射，在「埃秒雷射原理與應用簡介」將介紹埃秒雷射原理，如何產生埃秒雷射，以及可能的應用，讓我們開始認識人類的創新前瞻，也為將來創新應用與機會預作準備。

期望經由十一篇論文能激起大家對雷射技術追根究底與創新的熱誠，有人提出美國矽谷能成為全世界最佳創業基地，乃因矽谷擁有良好「創新體系」，而良好創新體系植基於技術、人才、資金與產業四項關鍵要素能緊密結合；雷射技術應該是最能將台灣產業尤其製造業，升級、轉型及新興化的「光製造技術」，諸如既有複合加工機若

加上雷射，便能成為粗加工與微細加工同時可完成的群集加工機(cluster center)，這就是一種升級，也可製作更多樣化加工件，又是轉型或新興化，所以，若能以雷射技術作示範，透過諸如推動產業群聚來建構「雷射光谷」，形成一完全創新體系基地，相信將可使台灣產業永續茁壯，開創更大經濟價值。

■