



雷射應用與 積層製造技術專輯 主編前言

Editor's Notes for the Special Issue on Technologies
of Laser Application and Additive Manufacturing

洪基彬

工研院南分院
積層製造與雷射應用中心
副主任

根據國際雷射權威刊物(Laser Focus World, 2012)統計資料顯示,2011 年全球雷射產業直接產值約 74.5 億美元,其中雷射應用於光通訊佔 31%,材料加工佔 26%,光顯影與資料儲存同佔 11%,若將利用雷射設備所產生的產品產值等間接產值也納入,相信時至今日雷射在產業產值貢獻已具相當影響力,或說「光製造」的時代已在發生中;1960 年世界第一台雷射誕生於美國,1961 年美國開始有商品化雷射,1970 年代美國將雷射引入汽車業生產線,底特律出現雷射加工群聚;此時,德國境內開始代理美國雷射引入於研究界,並開始出現德國境內的小型雷射公司。

1980 年代德國政府體認雷射的重要性,開始在德北、德西等地設立國家級雷射研究中心諸如 FhG ILT(1984 年)、IFSW(1984 年)、LZH(1986 年)等單位進行雷射技術研究,帶領產業試用雷射於

生產創新;因國家策略帶動及製造產業升級需求,促成雷射產業聚落蓬勃發展,諸如德北的漢堡、德南的斯圖特加與慕尼黑形成雷射汽車產業群聚,德西的杜塞道夫等地則形成雷射鋼鐵、機械及電機產業聚落。到 1990 年代德國政府有計畫的建立關鍵技術及導引產業建置大量雷射生產線,透過內需帶動出口,出口產值遂達全球 33~40%;2000 年以後積極投入雷射新應用諸如飛秒雷射技術、雷射微精密加工等,至 2010 年全球雷射業產值主要國家,德國佔 32%、美國佔 20%、日本佔 19%,德國居全球技術領先地位。

相較美國 1960 年代因國防需要而發明雷射,後續也因汽車產業需求擴大雷射產業蓬勃發展,到 1990 年代美國雷射產業仍居領導地位,因美國採市場需求自然發展,德國則透過政府有計畫的推動,先由研究機構進行先期研發,接著將研究



成果逐步導入產業，續因產業需求呼應而蓬勃發展，如此良性循環，德國自 1980 年代迄今推動四個國家型計畫，而使德國躍居世界雷射業領先地位的模式，是很值得台灣觀摩學習的典範。

工研院及金屬中心等法人單位鑑於此，2012 年一同向經濟部技術處申請「雷射光谷關鍵技術開發暨整合應用計畫」，提出師法德國產業群聚的概念，希望能先在南台灣北起嘉義南至屏東，藉雷射技術應用推動雷射產業群聚形成雷射光谷，而我國經濟部 2012 年 8 月份也宣布將雷射光谷計畫納入推動「三中一青」政策，期許推動雷射光谷產業聚落來落實此政策，充分展現政府對雷射產業的期待。

有鑒於 2012 年美國、歐洲、澳洲、亞州及南非各地政府積極推動積層製造 (Additive Manufacturing)，大家皆認為積層製造將是第三波工業革命或數位製造革命，國內產學研也積極準備或正投入積層製造領域，因此本專輯亦將臚列幾篇積層製造方面論文共襄分享；目前積層製造的方式以應用材料分類可粗分塑膠及金屬兩種，以製造方式分類至少可以分成七種含 Vat Photopolymerization、Binder Jetting、Material Jetting、Sheet Lamination、Material Extrusion、Directed Energy Deposition 及 Powder Bed Fusion 等，本期主要先集中於 Powder Bed Fusion 中的雷射積層製造，未來將擴大範圍分享。

在「雷射應用與產業透視」一文中，藉由雷射技術與產業關聯性、雷射應用領域、台灣雷射產業三個面向，對國內外雷射產業現況進行透視，以提供見樹先見林的整體視野；以超快雷射開創新興應用是歐美日等國正在努力的方向，「飛

秒雷射之精微加工技術」將介紹飛秒雷射在精微模具、機械元件、感測器、奈米粒子燒結與奈米材料製作之創新應用，希望有機會加速國內產業找到相關應用契機，促進國內產業雷射高值化；從「超快雷射於鈦金屬表面生成微/奈米結構之探討」可以看出國內業界也已積極進行超快雷射創新應用議題，文中使用皮秒綠光超快雷射於鈦金屬材料表面生成微/奈米結構，藉由參數調變探討微/奈米結構生成之影響；學界也積極運用超快雷射進行工業化製程創新，「飛秒脈衝雷射低溫成長 CIGS:Na 薄膜於軟性基板之應用」自行製作添加 Na 元素的 CIGS 靶材，利用飛秒脈衝雷射進行低溫($\leq 300^{\circ}\text{C}$)沉積，一次性的成長出具有良好結晶性的銅銦鎵硒薄膜，已可增加載子濃度及導電率。

為使雷射製程達到所需效果，設計合適光路模組進行光束或光路調控，是成功操作雷射製程應用的關鍵，「雷射線性光學模組於退火製程應用研究」以雙片式 lens array 系統設計一線型光束模組，進行雷射退火製程來提升觸控面板之 ITO film 電性與 IGZO TFT 電子遷移率，實驗顯示線型光束模組有效提升元件整體特性；金屬高能雷射加工為達到高加工精度，必需加工面維持在雷射加工景深內，利用光學式或電容式感測技術，藉由位置感測器搭配 z 軸馬達定位，可兼收非破壞性與高精度結果，「位移感測模組於高能雷射加工之應用」將分析上述兩種感測技術在應用上所呈現的特點；在 OLED 面板中，有機層遇到水、氧會失效，因此必須在兩片玻璃基板間做密封封合，雷射由於可以適當控制光斑大小，局部加溫玻璃介質且不損毀鄰近有機層，因此開始被導入應用，「應用於 AMOLED 之雷射熔接封合技術介紹」



將分享雷射封合技術與影響封合製程品質的相關參數，以及 OLED 封合製程相關專利分析；「雷射掃描技術於手機 PET 保護膜切割的應用」是研究將雷射掃描切割技術應用在智慧型手機螢幕保護膜 PET 上，以取代傳統的刀模生產製造，其中深入探討不同雷射切割系統各自特色及振鏡掃描模組的理論與實務要點，並以實驗結果作對應；針對不同厚度的金屬材料，加工製程中需要改變雷射聚焦平面與材料表面的關係，才能提昇雷射加工成效，「雷射動態變焦模組之光路設計與應用」提出雷射動態變焦技術可透過複合光學架構，進行不同光槓桿比例的調變，整合雷射動態變焦技術與自動焦距檢測模組，使得雷射切割頭內之光學鏡片相對位置移動，在光斑尺寸固定的前提之下，達到焦距呈線性變化之光學變焦系統的理論分析。

波長 2940 nm 雷射具有非常廣泛的應用，諸如齶齒治療或植牙手術的牙齒與牙齦切割、皮膚紅斑去除、表面牙周炎治療等，「生醫應用 Er:YAG 晶體模組化雷射系統」分享如何採用脈衝光激發，經由水冷機構模組製作出 2940 nm 生醫應用雷射系統，並提出其與一般三能階或四能階雷射特性差異處的論述；「雷射超音波於管件瑕疵檢測應用」分享以脈衝雷射激發物體產生超音波作為檢測物體內部資訊的方法，此法可以在不破壞物體的情況下獲得非透明材質表面底下的資訊，並以理論模型及實驗結果呼應可以應用於諸如輸油鋼管高溫製造即時缺陷監控；「應用雷射量測方法於校正線掃描量測儀運動軸準確度」研究如何校正線掃描量測儀運動軸精確度的問題，定義出一套調整方法，包含運動軸的平面度與直線度調整

機制，其實驗利用安捷倫的雷射測距儀、幾何機構件與雷射專用鏡片組，做為雷射量測方法的基礎工具。

2012 年 3 月《經濟學人》雜誌指出，全球正邁入第三波工業革命—「數位化製造」，而最重要觸媒為積層製造亦稱為 3D 列印，「積層製造之發展趨勢」分享日前在雷射積層製造的國際趨勢，包含美、歐、澳、非與亞洲等國家，也介紹台灣現況及應用推動情況；「雷射積層製造技術於塑膠射出模具產業之應用」透過雷射積層製造與材料特性、模具積層製作等應用例，說明運用雷射積層製造技術對於塑膠射出模具產業的優勢與機會；「雷射積層製造之精密鑄造應用」分享整合雷射積層與鑄造兩個製程技術與鑄造模具之複合工法流程，並藉由協助產業的各種案例諸如航太鑄造零件、汽車引擎鑄造模具等實務，呈現本應用的多樣面向。

經濟部技術處自 96 年起開始支持台灣雷射技術與產業應用，歷經投入業界科專及法人科專技術深耕，已逐漸嶄露成效；相較中國政府大量資金與眾多產學研的投入激光產業，面對其以量變誘發質變的做法，台灣須採取差異化以求勝出與領先，「質精與創新」或許是台灣雷射產業可以差異化的方向；本專輯特彙列十五篇論文，從產業面、超快創新應用、關鍵模組製程應用與創新、量測基礎核心及熱門雷射積層製造等面向分享，正是朝向提供「質精與創新」方向的觀摩，期望國內產官學研透過推動經濟部宣布的「雷射光谷」，共同成就台灣雷射產業高質化，創造優質就業環境與經濟效益，讓大家可以獲得富裕的生活。