



奈秒脈衝光纖雷射之精密深刻

Precision Engraving by Nanosecond Pulsed Fiber Laser

李姿儀

工研院雷射中心積層製造技術組 關鍵模組部

摘要：本文主要探討以奈秒脈衝光纖雷射於金屬表層之精密加工。為符合在工業需求上之加工時間及設備成本的考量，本研究將以奈秒脈衝光纖雷射於精密加工製程應用上的品質與成本做深入解析，藉以開拓在奈秒脈衝雷射應用上之新境界與提升其產業利用價值。在實驗設計上，以調變各項雷射參數因子來控制在特定深度內的精密微結構加工，找出在雕刻深度、移除效率與加工精密度三項加工需求條件平衡上之最佳化製程。

Abstract : This article focuses on precision engraving of metal surface using a nanosecond pulsed fiber laser. In order to meet the industrial demand in low processing time and low equipment cost, this study analyzed in-depth on the quality and cost of precision machining using the nanosecond pulsed fiber laser. The research intended to open up a new realm of applications of nanosecond pulsed fiber laser and enhance its industrial value. In the experimental design, we controlled the specific depth of the micro-structure processing by adjusting the laser parameters and found out the optimized process parameters for balancing the requirements in the depth of the carving, removal efficiency and precision machining.

關鍵詞：奈秒、光纖雷射、精密加工、深刻

Keywords : Nanosecond, Fiber Laser, Precision Machining, Engraving

前言

據 Laser Focus World (LFW) 估計，雷射銷售額在 2017 年將成長至近 111 億美元，相較於 2016 年的銷售額 104 億美元，其增長幅度約為 6.6%，這項預估數據顯示雷射市場仍保持穩定的成長，與全球經濟不穩定導致之部分國家生產總值下降相比，雷射市場前景依然看好。

在雷射各項應用領域中，雷射於工業加工應用收入占總營收的 39% (達 40.72 億美元)，為 2016 年市場占比之最，其次，是雷射光通訊和光儲存占 36% (達 37.32 億美元)，再者，科技研發和軍用市場占 8% (達 8.77 億美元)，接下來，依

序是醫療美容 8.38 億美元、感測器市場 6.08 億美元，最後，娛樂、顯示器及影像記錄部分為 2.68 億美元。

然而，雖然雷射市場的總成長率呈正值，但各類型之雷射營收與增長比例卻大有不同。近年來，在材料表層的加工應用上，光纖雷射已大幅勝過於固態雷射與二極體雷射，其營收在 2016 年為 12% 之正成長，預計在 2017 年會持續提升 (表 1) [1]。

雷射發展歷程

雷射源自於英文 Laser 之英譯，其主要為 light



表 1 各型態雷射營收與成長比較

(SOURCE: Laser Markets Research/ Strategies Unlimited)

	2015 REV.	2016 REV.	2017 REV.
CO ₂	\$910.1	\$873.8	\$869.5
y-to-y		-4%	0%
FIBER	\$1,167.1	\$1,304.8	\$1,409.4
y-to-y		12%	8%
SOLID-STATE	\$428.3	\$424.8	\$435.9
y-to-y		-1%	3%
OTHER	\$359.7	\$553.9	\$717.4
y-to-y		54%	30%
TOTAL	\$2,865.9	\$3,157.3	\$3,423.3
y-to-y		10.2%	8.7%

amplification by stimulated emission of radiation 的縮寫，意即藉著激勵作用致使光子能量放大。

人類史上第一台雷射為美國科學家西奧多·哈羅德·梅曼於 1960 年 5 月宣布得一波長 0.6943 微米的紅寶石雷射，同年，前蘇聯科學家尼古拉·巴索夫發明了半導體雷射，此後，二氧化碳雷射、摻釹釷鋁石榴石雷射 (Nd:YAG Laser)、光纖雷射等陸續誕生，直至 1990 年代起，雷射產業更是蓬勃發展，各種類型雷射相繼被研製出來，其應用範圍擴及至工業、通訊、電子、軍事、醫療與影視、文創等諸多領域。

構成雷射之三要素分別為激發光源、增益介質與共振腔，在眾多類型的雷射中，光纖雷射以半導體雷射做為激發光源 (pump source)、增益光纖 (gain fiber) 為增益介質與光纖光柵 (fiber grating) 為共振腔，因光纖具備可撓性且能量損耗僅存在於光纖間熔接，使得光纖雷射相對體積小質輕且光電轉換效率亦相較於他種形態雷射為佳，再加上其不需多餘耗材之優勢，適合用於工業上之加工應用。近年來，在雷射市場中，光纖雷射已逐步取代其他型態雷射進而在工業加工市場中獨占鰲頭。

工研院雷射中心奈秒脈衝雷射系統與應用介紹

1. 奈秒脈衝光纖雷射系統

工研院雷射中心開發之奈秒脈衝光纖雷射技術，係以雙批覆層摻鐳光纖 (double cladding Yb-doped fiber) 做雷射增益介質 (gain medium) 並搭配光學與電路設計和搭載專門機構，為一套全方位之光機電整合系統。雷射系統之操作波長在 1064 奈米並具備大範圍可彈性調變的雷射脈衝重複率及脈衝寬度，使其脈衝能量於最高尖端 (瞬時) 功率時可達 3 萬瓦以上之等級，且雷射光束品質為單模模態，加工效果快速且精細，並具備輕便、氣冷式散熱、維修頻率低等優點，可操作於振動、粉塵、及高溼度的工業環境，符合現階段之業界需求。

2. 奈秒脈衝光纖雷射應用範圍

工研院雷射中心除了針對雷射源模組之研製與技術增進外，亦致力於其應用層面，在雷射源研發與試量產實驗室外，另成立雷射製程應用實驗室，針對雷射於材質的加工精細度、速度及材質類型的多樣化應用做深入探討。雷射加工原理用簡單的定義來說明即為瞬間高溫且穩定均勻的熱加工處理，利用高溫作用時材料本身特性之反應來達打印雕刻之效果。

以下，將介紹奈秒脈衝光纖雷射之各項常見應用：

(1) 金屬表面一般雕刻

雷射於金屬表面加工時，利用雷射各項參數因子的調變，使材料表面產生燒蝕、燒熔及去除等作用，材料表面因熔化或汽化效應，循著雷射

(2) 金屬表面彩色雕刻

更完整的內容

詳見【機械工業雜誌】419期・107年2月號

機械工業雜誌・每期 220 元・一年 12 期 2200 元

劃撥帳號：07188562 工業技術研究院機械所

訂書專線：03-591-9339

傳真訂購：03-582-2011

機械工業雜誌・官方網站：www.automan.tw

機械工業雜誌・信箱：jmi@itri.org.tw