

利用飛秒雷射微奈米加工技術於玻片上製作高深寬比之微流道結構

Ming-Feng Li¹ (李銘峰), Fang-Wen Sheu^{1,2} (許芳文), Ping-Han Wu³ (吳秉翰), Hsin-Chia Su³ (蘇信嘉), Hong-Shi Cao³ (曹宏熙), Chieh Hu³ (胡杰)

¹ Graduate Institute of Optoelectronics and Solid State Electronics, National Chiayi University, Chiayi 600, Taiwan

² Department of Applied Physics, National Chiayi University, Chiayi 600, Taiwan

³ Industrial Technology Research Institute, Southern Campus, Laser Application Technology Center, Tainan 734, Taiwan
(國立嘉義大學¹光電暨固態電子研究所, ²應用物理學系, ³財團法人工業技術研究院南分院雷射應用科技中心)



摘要：

我們利用中心波長為 800 nm、脈衝寬度為 115 fs、重複率為 1 kHz 的摻鈦藍寶石飛秒雷射，於玻片表面上進行微流道加工。我們依照不同的雷射功率、掃描速度、掃描次數等參數，觀察其雷射加工光斑大小、熱影響區、加工深度與加工寬度之關係。根據實驗參數曲線趨勢與流道截面觀察結果，我們在雷射加工功率為 65 mW、掃描速度為 0.8 mm/s，於相同加工線段重複掃描 7 次後，可成功製作出高深寬比、流道管壁筆直且互為平行的結構，其流道表面粗糙度可小於 1 μm。

關鍵詞：飛秒雷射，雷射加工光斑，熱影響區，微流道，高深寬比

一、原理概述：

由於飛秒雷射脈衝寬度極短，限制了材料加工區域周圍熱擴散效應，而使得加工表面品質得以提升[1]，自聚焦的效應可使加工區域小於聚焦尺寸，而突破繞射極限，實現不同材料的微精密加工[2]。其加工機制是利用飛秒雷射於極短時間內讓材料吸收光子能量，而破壞材料分子間的鍵結，於加工同時由於電子與材料分子的噴濺有助於生成電漿中的離子驅離，而使被加工區域剝除達到加工目的。

二、實驗系統：

本實驗所使用之加工雷射源其中心波長為 800 nm，脈衝寬度 115 fs，重複率 1 KHz，平均輸出功率 3.9 W 的高強度飛秒級超短脈衝雷射，經過 λ/2 波片、極化分光鏡、可調濾光片、分光鏡、電子快門、反射鏡組與雙色鏡，利用 10X 物鏡將雷射聚焦至玻片表面，並由反射鏡組、白光光源與 CCD 等構成成像系統，可於加工時同步觀察玻片表面的情形 (圖 1)。

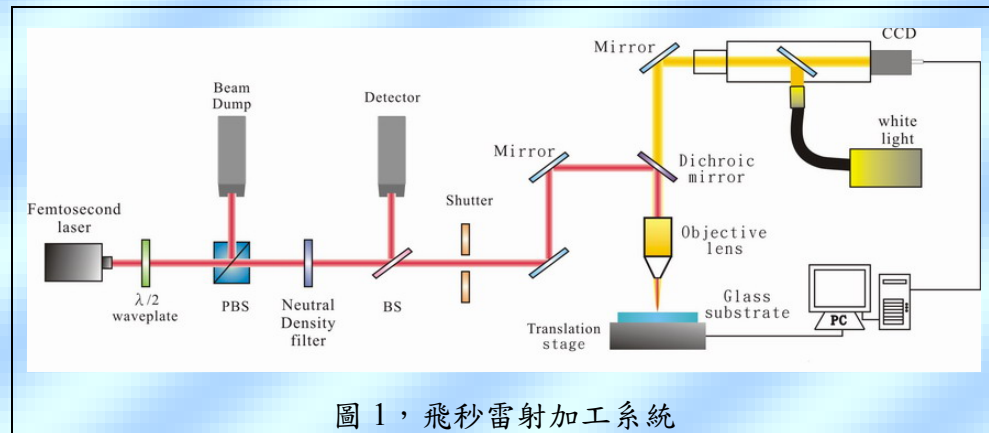


圖 1，飛秒雷射加工系統

三、實驗結果：

以 0.25 mm/s 及 0.5 mm/s 掃描速度，掃描次數分別增加為 3、5、10 次進行測試，觀察流道寬度、深度及截面結構 (圖 2、圖 3、圖 4)。

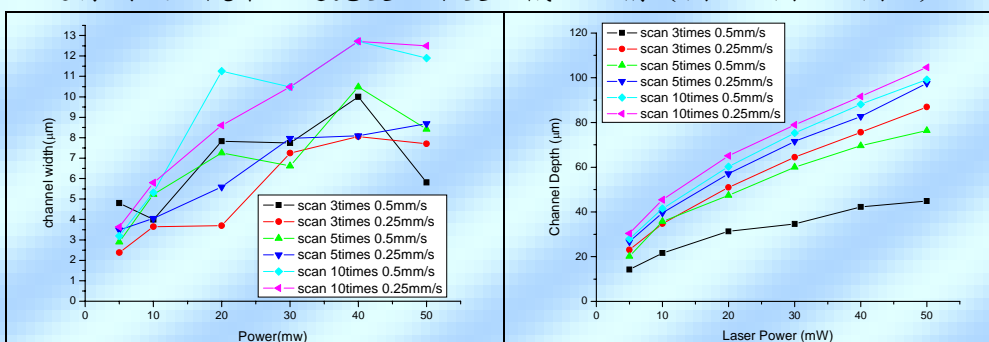


圖 2，兩種掃描速度在不同掃描次數之流道寬度曲線

圖 3，兩種掃描速度在不同掃描次數之流道深度曲線

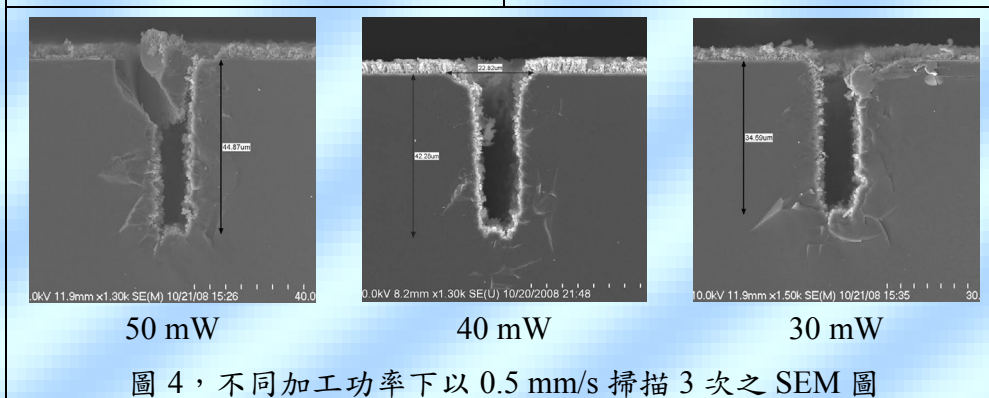


圖 4，不同加工功率下以 0.5 mm/s 掃描 3 次之 SEM 圖

雖然在 50 mW、40 mW、30 mW 加工功率下，掃描速度 0.5 mm/s 掃描 3 次，所製作出的微流道管壁截面較為平行，且在流道寬度與深度上亦可達到高深寬比結構，然而由於掃描次數較少關係，在玻片純度不夠的情況下，可能造成加工過後流道內仍殘留些微無法在該掃描次數內被剝除的部份，使得流道內表面粗糙度變高。

為了進一步改善流道內表面粗糙度，我們嘗試把加工功率提高且掃描次數增加，以探討微流道寬度、深度與截面結構之情形，並觀察其流道內表面粗糙度是否改善 (圖 5、圖 6、圖 7、圖 8)。

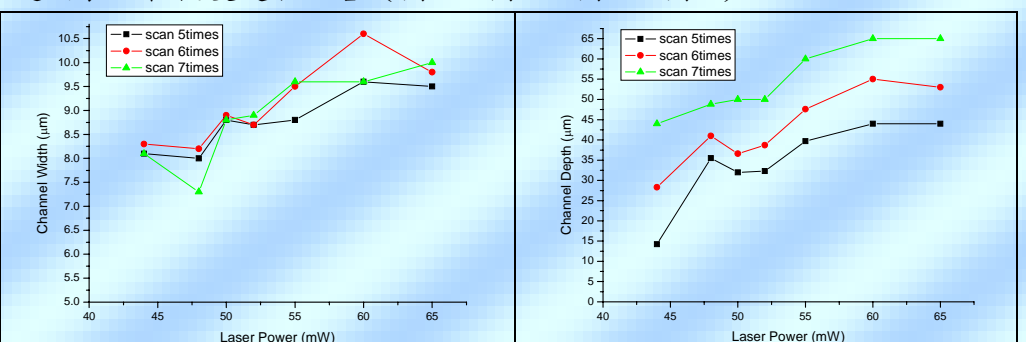


圖 5，掃描速度 0.8 mm/s 時之流道寬度變化曲線

圖 6，掃描速度 0.8 mm/s 時之流道深度變化曲線

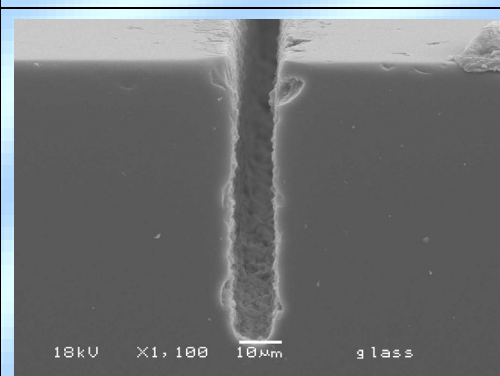


圖 7，在 65 mW 以 0.8 mm/s 掃描 7 次之 SEM 圖

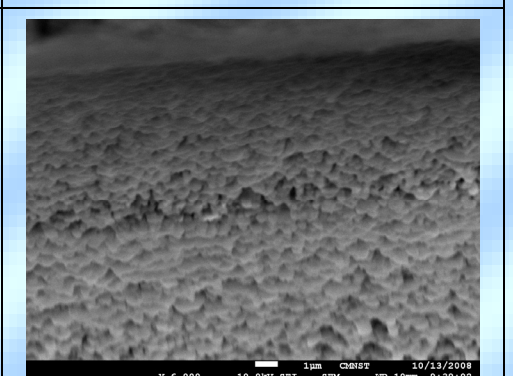


圖 8，高深寬比流道管壁 SEM 檢測結果

由結果得知，在加工功率 65 mW 以掃描速度 0.8 mm/s 掃描 7 次可製作出流道深度 50 μm、寬度 10 μm (深寬比 5:1) 且流道管壁互為平行、流道內之表面粗糙度較低之結構，其表面粗糙度小於 1 μm。

四、結論：

從以上實驗研究結果，我們發現欲製作高深寬比且流道管壁互為平行之結構，可將雷射聚焦於玻片表面，在較高雷射加工功率下，以一定速度多次掃描。此加工方式有助於微流道內部玻璃粒子排除，藉由多次掃描可使流道深度增加，同時可降低流道內表面粗糙度。

五、參考文獻：

- [1] B. N. Chichkov, C. Momma, S. Nolte, F. von Alvensleben and A. Tünnermann (1996) Femtosecond, picosecond and nanosecond laser ablation of solids. Applied Physics A: Materials Science & Processing, 63(2), 109-115.
- [2] 蔡昆霖 (民 94)，應用飛秒雷射對高分子及不銹鋼金屬材料做細微加工之研究，國立台灣科技大學機械工程系研究所碩士論文。