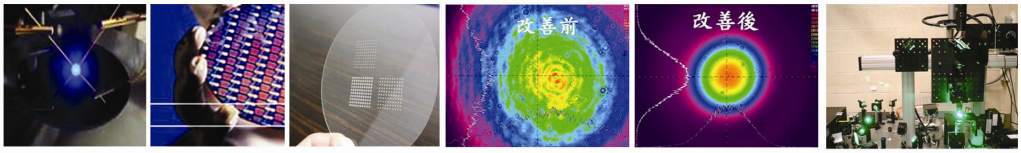


飛秒雷射之透明材料微細加工及應用

Femtosecond Laser Micromachining of Transparent Materials and Its Applications

鄭中緯
工研院南分院
雷射應用科技中心
飛秒雷射技術部

簡志維
工研院南分院
雷射應用科技中心
飛秒雷射技術部

吳秉翰
工研院南分院
雷射應用科技中心
飛秒雷射技術部

關鍵詞

- 透明材料　Transparent materials
- 飛秒雷射　Femtosecond laser
- 光纖雷射　Fiber laser
- 生物感測器　Biosensor
- 生物晶片　Biochip

摘要

飛秒雷射是指雷射脈衝寬度在飛秒(femtosecond, fs=10^{-15}s)等級，材料在此超短脈衝寬度照射下，加工機制有別於長脈衝雷射，具極低熱影響區及非線性吸收特性，可在透明材料表面及內部進行微米或奈米尺度的超精密加工，因此已有國外單位積極應用於高精密，高附加價值的產品製造上。本文針對工研院南分院雷射應用科技中心之飛秒雷射實驗系統作介紹，並說明在透明材料之微細加工成果，以及近兩年連結國內學界單位，將飛秒雷射微細加工應用在生物感測器、生物晶片之研究成果。

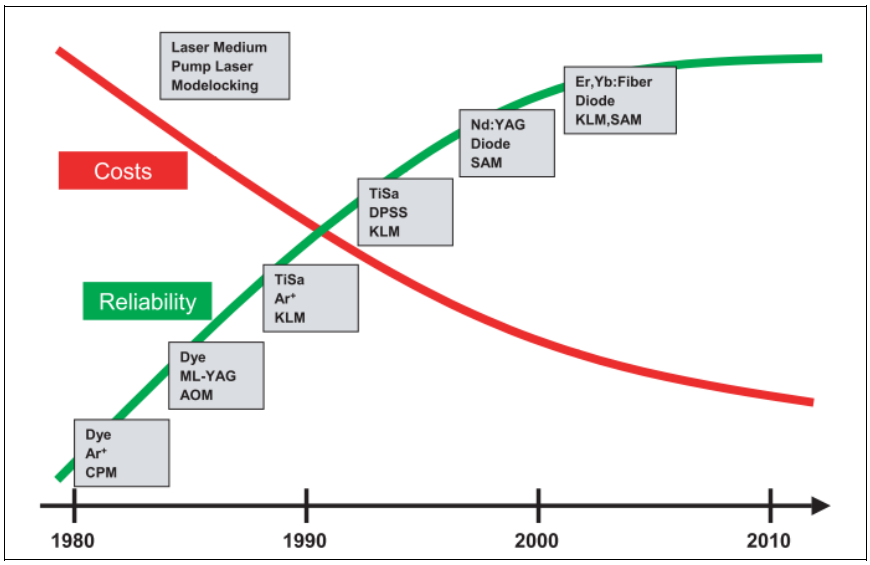
The pulse width of femtosecond laser is in the domain of femtosecond (fs=10^{-15}s). This ultra short pulse processing mechanism of material is different from the long pulsed laser. Due to the properties of low heat affected zone and the nonlinear absorption are usable on micron/nano ultra-precision machining on surface and internal of transparent materials, this technique has been applied using in high-precision and value added products manufacturing in other countries. This research was basis on femtosecond laser application technology laboratory in IITRI South, introduced the result of micromachining of transparent materials and femtosecond laser micromachining applications on biosensor and biochip by academic in couple of years.

前言

從 1980 年代開始，不同型式的飛秒雷射源逐漸被開發出來，如圖一所示[1]，從染料(dye)、鈦藍寶石(Ti:sapphire)、固態(solid state)及最近的光纖(fiber)型式，可以看得到從 1990 年代開始，由於 DPSS 雷射激發之鈦藍寶石飛秒雷射源穩定性逐漸提升，因此國際上開始有研究探討這些雷射在材料微細加工及工業應用之可行性，雖然已驗證可以達到較佳品質加工，如熱影響區極小、非線性多光子吸收(nonlinear multi-photon absorption)特性及加工特徵可小於光學繞射極限等特點，但這些雷射源價格昂貴、重複頻率低及雷射系統複雜，使得實際應用受到限制，除非有利基應用場合，否則通常不被工業界所採納。近幾年因爲光纖型式的飛秒雷射，具有價格低、高重複頻率、操作容易及高穩定性之優勢，預期爲未來飛秒雷射之主流。雖此型式脈衝能量目前較低(約數十 μJ)，但只要聚焦後雷射劑量足以進行材料加工，則在高重複頻率下，將可同時提加工速度及精度，有機會符合業界高產能需求，並已吸引國際上重要研究單位投入高重複頻率飛秒雷射微細加工技術開發。

目前歐、美、日等國製程設備廠商配合半導體、顯示器、太陽能電池、生物晶片等產業，紛紛投入微奈米精度之飛秒雷射微細加工技術開發，但台灣廠商對於此新雷射加工機制不熟悉及無適當環境作先期測試評估，無法有效配合國內相關產業進行新製程技術開發，使得設備技術自主及製程創新受到限制。以及國內缺少具整合產學研之飛秒雷射技術單位，使研發力量無法彰顯。爲協助此問題，工研院南分院雷射應用科技中心於 97 年在政府資源協助下，成立飛秒雷射應用實驗室，已建置高功率鈦藍寶石飛秒雷射及高重複頻率飛秒光纖雷射實驗系統，系統主要規格如圖二所示，具有極佳的設備規格互補特性，可提供產學研作先期測試評估及進行新製程技術開發。

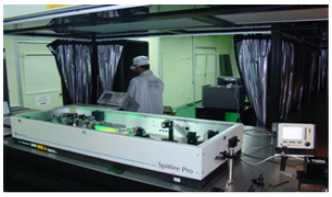
飛秒雷射光束透過聚焦可產生極高功率密度，例如脈衝寬度爲 100fs 的飛秒雷射，1mJ 的脈衝能量就可以在聚焦光斑直徑爲 20μm 的焦點上，產生約 2.25×10^{15} W/cm^2 的功率密度。如此高的功率密度可以使雷射與材料的交互作用過程產生各種非線性光學效應，使得飛秒雷射加工機制有別於連續或奈秒

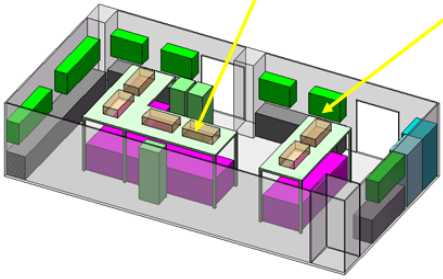


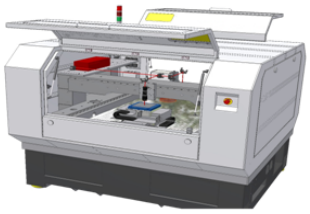
圖一

不同型式的飛秒雷射源之比較[1]

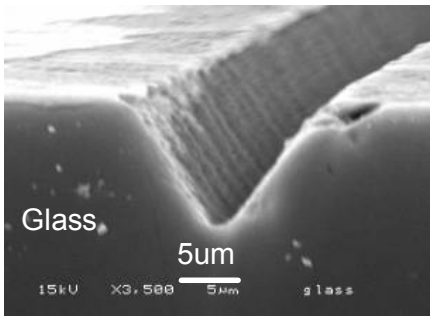
Item	High power fs laser	High-repetition-rate femtosecond fiber laser system
Setup date	2008.07	2009.08
Central Wavelength	800 nm	1060 nm
Gain medium	Ti : Sapphire	Yb dope fibre laser
Wavelength Tuning Range (with OPA)	240~2600 nm	530 nm
Repetition rate	1 kHz	200kHz~2MHz
Pulse duration	<120 fs	≤500 fs
Pulse energy	≥3.5 mJ at 1kHz	≥3.0μJ at 1MHz
Average output power	≥3.5W at 1kHz	≥3.0 W at 1MHz

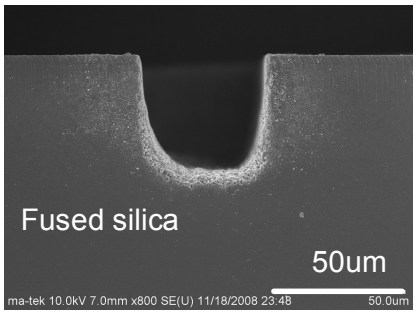






圖二　工研院南分院之飛秒雷射實驗系統





圖三

高功率鈦藍寶石飛秒雷射加工玻璃及石英之 SEM 圖

更完整的內容
請參考【機械工業雜誌】323 期・99 年 2 月號
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：03-591-9342
傳真訂購：03-582-2011