



應用於光學同調掃描 奈秒雷射直接誘發 超寬頻光源研究

Nanosecond laser induced super continuum source directly
in optical coherence tomography application

張耀文

工業技術研究院
南分院雷射應用中心
雷射源技術部

關鍵詞

- 光纖雷射 fiber-based laser
- 光學同調掃描 optical coherence tomography
- 超寬頻 super-continuum

摘要

利用奈秒光纖雷射系統，使用『高增益放大器』與『控制光纖內部偏振色散(polarization dispersion)程度』技術，直接原生輸出頻寬約 250 奈米(奈米=nm=10⁻⁹ 米)，平均功率達 128 毫瓦(毫瓦=mW=10⁻³ W)的超寬頻(super-continuum)光源，直接由光纖雷射輸出，無需像市售產品與文獻外加非線性晶體如光子晶體光纖棒的方式，才

能間接產生寬頻光源。這種新型概念，可減少產生寬頻光源之後，所引起的耦合損耗(coupling loss)，此方式亦可降低光源成本，其規格上不僅可替代市售窄頻寬小於 100 nm、平均功率小於 5 mW 光源，也可取代雖達 200-300 nm 超高頻寬卻昂貴且維護環境難以控制的飛秒(飛秒：fs=10⁻¹⁵ 秒)雷射，未來也有機會讓目前研究中的原型品透過生醫電子影像技術與後端系統整合來實際應用。

By use of nanosecond fiber laser system combined with high gain amplifier and fiber polarization dispersion control technologies, the super-continuum source directly outputs from laser is made and the bandwidth as high as 250 nm corresponding 128 mW high average power. This new concept can minimized the coupling loss and



have great potential to replace the traditional light source in Optical Coherence Tomography (OCT) product that bandwidth less than 100 nm and average power around 5 mW. Although femto-second laser induced super-continuum can also exceed over 200 nm bandwidth even 300 nm but expensive price and maintain hard. In this project, we create a new method to get a super continuum source and have opportunities to apply this prototype in the future through Bio-electrical vision and post optical integration technology.

前言

寬頻光源為超精密光學檢測裡的重要技術，隨著半導體製程不斷的縮小、奈米科技商品化成功與生醫即時檢測(real-time probe)需求的浮現，傳統的檢測技術正面臨著解析度的挑戰。提高解析度的方法是使用寬頻光源，而不是傳統的單波長光源，寬頻光源具有很短的干涉波長(interference wavelength)與較低的同調性(coherence)，因此有較高的軸向解析度(axial resolution)，此技術已被運用於光學同調掃描(optical coherence tomography, OCT)技術上[2-4]，並用來檢測人眼與細胞的各類構造。以單一光偵測器為量測系統的光學低同調掃描架構中，縱向解析度主要受光源的中心波長與其波長頻寬影響，因此一個超高頻寬、具同調且穩定的光源為超精密光學檢測技術突破的重要關鍵。目前 OCT 商用規格約從 10 至 100 nm 頻寬，而文獻(期刊名

稱：JOSA-B；章節 Vol.19 No.4；發表年份：2002)中利用 800 皮秒(皮秒：ps=10⁻¹² 秒)的雷射與飛秒雷射，都是進行激發泵浦非線性晶體，或利用氣孔微結構光纖棒(air silica clad crystal fiber rod)來產生頻寬達 200~300 nm(半高寬)等級的光源，可稱之為超寬頻光源。另外也有利用發光二極體(LED)為光源，其優點是光源製作容易，但缺點為光束品質差與輸出耦合效率不佳，或者是半導體雷射光源，但缺點為頻寬窄造成解析度下降，且波長無法涵蓋所有應用波段。

開發超寬頻雷射可提升斷層掃描的影像解析度，具有大幅提高同調光源頻寬，以提高斷層掃描解析度，在式 1 中，可發現當光源波長越短，或者是頻寬越寬，可以提昇越大的影像解析度[1,5,6]，而我們致力於在單一光源中，提供廣頻寬且可整合超寬頻雷射光源與干涉儀來發展一全光纖(all fiber based)的概念，以縮小體積與減少環境干擾造成雜訊降低光源建置成本。

$$l_c = \frac{2c \ln 2}{\pi} \frac{1}{\Delta \nu} = \frac{2 \ln 2}{\pi} \frac{\lambda_0^2}{\Delta \lambda} \approx 0.44 \frac{\lambda_0^2}{\Delta \lambda} \quad \text{式 1}$$

λ_0 =雷射主波長， $\Delta\lambda$ =雷射頻寬， l_c =影像解析度

就醫學上來說，若可提高解析度，可應用針對視網膜進行檢測應用，視網膜層平均厚度為 250 微米(微米= μm =10⁻⁶ 米)，視網膜神經纖維層平均厚度為 110 μm ，且因需穿透水晶體等組織，需要能應用高穿透深度的光源，所以目前主要是使用 830 nm 光源，但目前商用產品缺點為光譜頻寬小於 100 nm，本技術希望提昇頻寬至 200 nm 以

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】347期・101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

機械工業雜誌官方網站：www.automan.tw