



光纖雷射二倍頻之綠光雷射技術

Frequency-doubling of Yb-Doped Fiber Laser :
Continuous and Pulsed Green Laser

蘇冠暉

國立交通大學
電子物理學系
助理教授

黃哲彥

國立交通大學
電子物理學系
博士

莊威哲

國立交通大學
電子物理學系
研究生

黃文政

國立交通大學
電子物理學系
研究生

陳永富

國立交通大學
電子物理學系
教授

黃凱風

國立交通大學
電子物理學系
教授

胡杰

工研院南分院
雷射應用科技中心
雷射源技術部
經理

關鍵詞

- 摻鏡光纖雷射 Yb-doped Fiber Laser
- 二階諧波產生 Second Harmonic Generation
- 綠光雷射 Green Laser

摘要

光纖雷射具有高轉換效率、低散熱需求、小系統體積產生高平均輸出功率等特性，同時維持良好的光束品質。本文將介紹光纖雷射二倍頻為綠光的近期發展、特性分析、原理簡介與技術關鍵，並簡述我們在高峰值功率光纖雷射脈衝產生技術的一些研究結果，以及進行中的二倍頻實驗與未來方向。綠光雷射初步達到 1.7-W、50- μ J 脈衝輸出。

The high efficiency, less thermal problem, higher average output power in compact size, and good beam

quality has enable the diode-pumped fiber laser to be an important light source. Combining with nonlinear technologies will extend the application field of fiber laser. Here we introduce the recent development, property analysis, principle and key point of frequency-doubling of Yb-doped fiber lasers. Further, we briefly describe our research on pulsed fiber lasers and watt-level green fiber lasers which are under way.

前言

光纖雷射具有高轉換效率、低溫控與散熱需求、在相對小的系統體積卻能較容易產生更高的平均輸出功率等特性，同時擁有相對極佳的光束品質 [1-3]。這些優點使得光纖雷射在產業應用與學術研究上，短時間內即成爲深具潛力的新星，節能世代的重要雷射光源。而高平均功率或高能量短脈衝的綠光雷射在醫療、國防、重工業與細微製程上各有



許多應用，結合光纖雷射技術將能更快拓展應用市場、逐步取代其他綠光雷射源、甚至開發新的應用。而建立良好的綠光光纖雷射技術，除了有助於國內產業對於使用該雷射的掌握與操控度，亦有機會進一步發展新的高功率紫外光雷射。

本文將介紹光纖雷射二倍頻為綠光的近期發展、特性分析、原理簡介、以及實驗過程遇到的技術關鍵點，接著介紹我們在光纖雷射脈衝產生技術的一些研究結果，以及進行中的單一震盪器光纖雷射二倍頻實驗與未來工作。

原理及技術分析

雖然目前尚未有如晶體雷射高達百瓦以上的輸出[4-6]，但由於光纖雷射本身的散熱較晶體雷射佳，以及好的光束品質，因此光纖雷射在綠光雷射的研究上有發展的潛力。目前在利用光纖雷射倍頻出綠光雷射的研究也有不錯的成果，我們擷取目前瓦級以上綠光光纖雷射的結果並表列如表一所示。

由表一可看出光纖雷射在脈衝型式有高達 80 瓦，而連續波型式下亦有 10 W 左右的輸出，且大都

具有相當高的光束品質及轉換效率。倍頻架構均以高性能的基頻光纖雷射 single pass 倍頻晶體產生綠光雷射。以輸出特性來看，十瓦以上的高功率脈衝綠光雷射，均使用主振盪器功率放大器(MOPA)架構來產生基頻雷射，意即先產生小功率的脈衝雷射作為種子源，再注入 PM 雷射光纖構成的(多級)光纖放大系統。如表一，目前數十瓦的雷射平均輸出功率已經相當高，但脈衝能量尚偏低，若要再提升能量可使用更多級放大並配合脈衝挑選機制，但會使原本複雜的架構更加複雜。因此針對不同的需求：高平均功率、高脈衝能量、或著短脈衝高峰值功率，雷射的設計與輸出特性也會不同。此外，在綠光光纖雷射商業機種上則有廠商 IPG 於 2009 年發表平均輸出功率 10 W、脈衝能量 14 μ J 的脈衝雷射，與平均輸出功率 15 W 的連續波雷射。

二階諧波產生(SHG)是頻率轉換的其中一種機制，藉由非線性晶體如三硼酸鋰(LBO)，偏硼酸鋇(BBO)，磷酸鈦氧鉀(KTP)，以及週期性極化鋁酸鋰(PPLN)等晶體，將兩個基頻光子轉換成一個新的光子，而這個光子擁有兩倍的能量，也就是光波的頻率變成兩倍、波長減半。然而要有效的產生 SHG，

表一 瓦級綠光光纖雷射列表

平均功率(W)	倍頻轉換效率	M ²	輸出型式	倍頻晶體	基頻光纖雷射架構	文獻
60	54.5%	1.33	Pulse, 10MHz/5ns	LBO, 2pcs	PM / MOPA	OL2005 [7]
80	46%	<1.15	Pulse, 120MHz/80ps	LBO	PM / MOPA x 6	CLEO2006[8]
10	51%	N.A.	Pulse, 50kHz/1.4ns	LBO	PM / MOPA	OR2008 [11]
1.5	20%	N.A.	CW	PPMgSLT	LP 10W (IPG)	OE2007 [9]
6	20.8%	<1.34	CW	PPKTP	LP 30W (IPG) linewidth=12.5MHz	OL2008 [10]
9.6	32.7%	<1.33	CW	MgO:sPPLT		OL2009 [12]

CW = continuous-wave; PM = polarization-maintained; MOPA = Master Oscillator Power Amplifier; LP = linear polarized.



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