维普资讯 http://www.cqvip.com

第 18 卷 增 刊
2001 年 12 月

量 子 电 子 学 报
CHINESE JOURNAL OF QUANTUM ELECTRONICS

Vol.18 Suppl.,
Dec., 2001

文章编号: 1007-5461(2001) 增刊 -0050-03

全固态被动调 Q 单频绿光激光器的研究

郑 权, 钱龙生

(中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 长春 130022)

摘 要 报道了一种 LD 近贴泵浦、KTP 晶体腔内倍频的 Nd:YVO_4/Cr:YAG/KTP 结构高重复频率被动调 Q 绿光激光器. 当腔内加入布氏片时, 获得了单频运转. 在注入泵浦功率为 800 mW 时, 得到平均功率 43 mW 、脉冲宽度 26.4 ns 、重复频率 39.3 kHz 、峰值功率 41.4 W 的被动调 Q 单频脉冲绿激光输出.

关键词 绿光激光器; Cr:YAG; 被动 Q 开关; 单频

中图分类号: TN248.1, TN248.34 **文献标识码**: A

1 引 言

LD 泵浦的全固体激光器结构紧凑、效率高、寿命长, 已经引起人们的广泛重视. 尤其是调 Q 方式运转, 具有脉冲宽度窄、峰值功率高、重复频率大等优点, 在微加工、测距、遥感、激光雷达、数据存储、微外科等领域有广泛的应用.

相对主动调 Q 方式, 全固化被动调 Q 激光器结构简单紧凑, 勿需任何外部驱动装置. 近几年, 具有良好物理化学性能的可饱和吸收被动调 Q 晶体 Cr:YAG 的出现引起了国内外学者的极大兴趣 [1] . 闪光灯泵浦和 LD 泵浦、 Cr:YAG 被动调 Q 方式已经在 Nd:YAG 、 Nd:YLF 、 Nd:YVO_4 和 Nd:S-FAP 等激光器中成功地得到运用, 输出了高重复频率脉冲红外激光 [2~5] . 但对于 LD 泵浦掺 Nd^{3+} 晶体、 KTP 或其它非线性晶体腔内倍频、 Cr:YAG 被动调 Q 绿光激光器, 直到 2000 年的 SPIE 会议上才有报道 [6] . 该文采用折叠腔结构, 用 1 W 的 LD 泵浦 Nd:S-FAP 晶体, 经 KTP 晶体腔内倍频, 结果只得到了平均功率约 8 mW 、脉冲宽度 17 ns 、重复频率 12.5 kHz 的调 Q 脉冲绿光输出.

本文报道了使用国产连续 LD 近贴泵浦 Nd:YVO_4/Cr:YAG/KTP 结构的高重复频率被动调 Q 绿光激光器. 当腔内加入布氏片时, 实现了调 Q 单频运转. 在注入泵浦功率为 800 mW 时, 得到平均功率 43 mW 、脉冲宽度 26.4 ns 、重复频率 39.3 kHz 、峰值功率 41.4 W 的被动调 Q 单频绿激光脉冲输出.

2 被动调 Q 绿光激光器

图 1 为 Cr:YAG 被动调 Q 的绿激光器结构示意图.

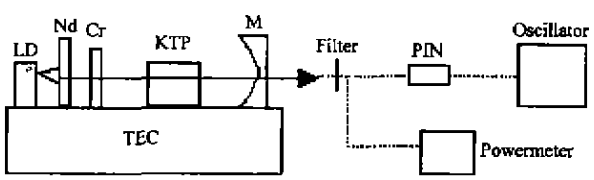


Fig.1 The equipment of passively Q-switched green laser

LD 是一只连续输出 1 W 的国产 GaAlAs 量子阱激光二极管, 其发光结尺寸为 $1\times100\ \mu m^2$, 发散角为 $7.8\ deg\times28.6\ deg^2$. 通过 TEC 严格的温控措施, 使其波长调节为 808.9 nm, 与 Nd:YVO_4 的吸收峰重合, 从而最大限度地利用泵浦光.

通常, LD 发出的光空间分布不对称且存在像散, 需要经过圆化整形和聚焦后注入激光晶体, 否则会因为模式匹配不好影响输出光斑的质量 [7] . 但实验中采用了近贴泵浦方式, 即 LD 发出的光直接入射到紧邻的 Nd:YVO_4 晶体上. 这主要是基于谐振腔内存在慢饱和吸收体 Cr:YAG 的考虑. 具体地说, 由于振荡光束在中心轴线附近具有最高的强度, 从而被动 Q 开关 Cr:YAG

基金项目: 863 计划资助项目 (863-Z35-2B) .

维普资讯 http://www.cqvip.com

在轴线中心及附近位置最先被漂白；而对离轴线较远的位置来说则因其入射光功率密度低，不易漂白，从而损耗较大．因此，插入 Cr:YAG 总的结果相当于在腔内插入了一个“动态光阑”，导致高阶横模不易形成振荡，从而改善了输出光束的空间分布．另外，近贴泵浦方式避免了光束传输和整形过程中能量的损失，器件结构简单紧凑．

激光晶体 Nd:YVO_4(厚 1.15 mm，掺杂浓度 3 at.%) 的左端面镀 808 nm 增透和 1064 nm 高反膜作为激光器的一个腔镜，右端面镀 1064 nm 增透膜；调 Q 晶体 Cr:YAG(小信号通过率 $T_0 = 87\%$) 两面均镀 1064 nm 增透膜；倍频晶体 KTP(2 mm×2 mm×9 mm，II 类临界相位匹配) 两端均镀 1064 nm 和 532 nm 增透膜．输出平凹镜 (M) 左凹面 (曲率半径 50 mm) 镀 1064 nm 高反膜和 532 nm 增透膜，右平面镀 532 nm 增透膜．

实验中，采用图 1 装置很容易获得调 Q 绿光脉冲输出．但由于是被动调 Q，得到的脉冲宽度、峰值功率、重复频率等重要参数都很不稳定，限制了应用．而单频运转能够解决这些问题 [8]．

3　用布氏片实现单频输出

Nd:YVO_4 发出的光为线偏振光，由 Fresnel 定律可知，当腔内加入布氏片时，只有当其偏振方向与布氏片的 p 偏振面重合时损耗才为零．对 II 类临界位相匹配双折射晶体 KTP，作倍频使用时其光轴与晶面平行并与入射基频光的偏振方向成 45° 角．当基频线偏振光通过 KTP 时分解为 o 光和 e 光，位相差 δ 为：

$$\delta = 2\pi d\ (n_o - n_e)/\lambda. \tag{1}$$

式中，d 是 KTP 的长度，n_o 和 n_e 分别为不同纵模对应下 o 光和 e 光在 KTP 中的折射率，λ 为不同纵模对应下真空中的波长．根据上面的分析，只有对 $\delta = m\pi$，即返回到 BP 片的光偏振方向与原方向相同的纵模，布氏片对其损耗才为零．对其它纵模，则存在不同的损耗．在激光器中，有时百分之几的损耗就可以完全抑制该纵模形成了，布氏片恰通过对各纵模的选择性损耗实现了选频 [9]．

在图 1 装置中加入布氏片，可以实现调 Q 的单频绿激光输出．此时的谐振腔结构如图 2 所示．

测得泵光阈值约为 240 mW．随注入泵浦功率的增加，调 Q 绿光脉冲输出的平均功率和峰值功率显著增加，而脉冲宽度和重复频率却表现出先增加后减小的趋势．显然，这些规律与 Nd:YVO_4 受激发射截面大、激光上能级寿命短、储能低的特点是一致的．

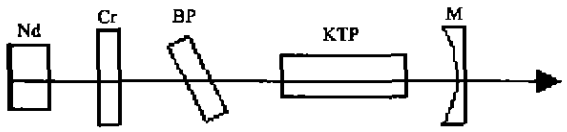


Fig.2　The Resonator of Q-switched SLM green laser

在注入泵浦功率为 800 mW 时，得到平均功率 43 mW、脉冲宽度 26.4 ns、重复频率高达 39.3 kHz、峰值功率 41.4 W 的被动调 Q 单频脉冲绿光输出．图 3 为单脉冲波形，可以看出有很好的上升和下降沿．图 4 为单频绿激光 Q 脉冲的序列．表明即使是对被动调 Q、单频绿激光脉冲的振幅和周期稳定性也是相当好的．图 5 是输出激光经标准具形成的干涉环，表明是很好的单频．



Fig.3　Waveform of green laser pulse



Fig.4　Pulse series of Q-switched SLM green laser

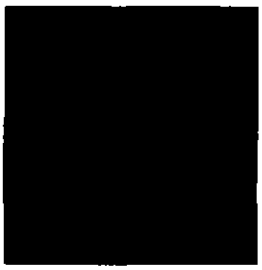


Fig.5　Interference pattern of Q-switched SLM green laser by an etlon

维普资讯 http://www.cqvip.com

4 结 论

采用连续激光二极管近贴泵浦 Nd:YVO_4 晶体、KTP 晶体腔内倍频、慢饱和吸收体 Cr:YAG 被动调 Q、布氏片选频的方法实现了全固体绿光激光器的脉冲单频稳定输出。该设计具有结构紧凑、效率高、重复频率高、稳定性好等优点，适于产品化，具有很好的市场前景。

当然，倘若将抛光的 Cr:YAG 晶片直接按布氏角放置使用，会同时起到 Q 开关和布氏片的作用，也省去了镀增透膜的需要。但限于条件，未能进行这些工作。

参 考 文 献

1 冷雨欣，林礼煌，欧阳斌等. Cr:YAG 晶体的激发态吸收研究 [J]. 光学学报，2001, 21 (2): 225~227

2 Shimony Y, Burshtein Z, Baranga Ben-Amar. Repetitive Q-switching of a CW Nd:YAG laser using Cr YAG saturable absorber [J]. *IEEE J. Quant. Electron*, 1996, 32: 305~310

3 王 春，胡文涛，陈绍和等. LD 端面泵浦 Cr:YAG 被动调 Q 的 Nd:YLF 激光器 [J]. 量子电子学报，1997, 14 (4): 359~362

4 Bai Y, Wu N, Zhang J *et al.* Passively Q-switched Nd:YVO_4 laser with a Cr:YAG crystal saturable absorber [J] *Appl. Opt.*, 1997, 36: 2468~2472

5 Zhang X, Zhao S, Wang Q. Laser diode pumped Cr:YAG passively Q-switched Nd:S-FAP laser [J]. *Opt. Commun.*, 1998, 155 55~60

6 Zhao S, Zhang X, Wang Q. Diode-laser-pumped passively Q-switched Nd:S-FAP green laser [C] *SPIE*, 2000, 3929: 261~265

7 Paolo Laporta, Marcello Brussard. Design criteria for mode size optimization in diode-pumped solid-state lasers [J]. *IEEE J. of Quant. Electron.*, 1991, 27(10): 2319~2326

8 Baer T. Large-amplitude fluctuations due to longitudinal mode coupling in diode-pumped intracavity-double Nd:YAG lasers [J]. *J. Opt. Soc. Am.*, 1989, B3: 1175~1180

9 Hideo Nagai, Masahirokume *et al.* Low-noise operation of a diode-pumped intracavity-doubled Nd:YAG laser using a brewster plate [J]. *IEEE J. of Quant. Electron.*, 1992, 28: 1164~1168

All-solid-state Passively Q-Switched and Single-frequency Green Laser

Zheng Quan, Qian Longsheng

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Academia Sinica, Changchun 130022)

Abstract A LD-pumped Nd:YVO_4/KTP/Cr:YAG passively Q-switched and single-frequency green laser is reported for the first time in this paper. With 800 mW incident pump laser, Q-switched SLM green laser with average power of 43 mW, pulse width of 26.4 ns, repetition rate of 39.3 kHz and peak power of 41.4 W is obtained.

Key words green laser; Cr:YAG; passive Q-switch; single frequency

郑 权 (1973, 7-)，男，黑龙江省甘南县人，现在中国科学院长春光机所攻读博士学位，主要从事 LD 泵浦的大功率及高性能全固体激光器的研究，已经在国内外重要学术刊物上发表论文 30 余篇。