

文章编号:100125078(2003)0320194203

CrYAG 被动调 Q 全固态激光器可控运转方法研究

郑 权^{1,2}, 邵兰芳¹, 赵 岭³钱龙生¹

(1. 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130022; 2. 应用光学国家重点实验室, 吉林 长春 130021;

3. 中国科学院上海光学精密机械研究所, 上海 201800)

摘 要:研究了矩形波电流驱动 LD 激励下的 CrYAG 被动调 Q 全固态激光器的可控运转包括通过改变矩形波电流的直流预激励电流、峰值电流、占空比和重复频率条件下调 Q 激光器表现出来的单脉冲发射、单频脉冲发射和多脉冲发射等。

关键词:LD 泵浦; CrYAG; 被动调 Q; NdYAG 激光器

中图分类号: TN248.1

文献标识码: A

Study on Controllable Operation of a CrYAG Passively Q-switched Laser

ZHENG Quan^{1,2}, SHAO Lanfang¹, ZHAO Ling³, QIAN Longsheng¹

(1. Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and physics, CAS, Changchun 130022, China;

2. The State Key Laboratory of Applied Optics, Changchun 130021, China;

3. Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, CAS, Shanghai 201800, China)

Abstract: The controllable operation of a LD pumped NdYAG/ CrYAG laser was studied in the paper. By changing the parameters of the rect wave current driving on the laser diode, single pulse emission, single frequency emission and multi pulse emission were obtained respectively.

Key words: LD pumped; CrYAG; passive Q-switch; NdYAG laser

1 引 言

调 Q 方式运转的激光器, 具有输出脉冲宽度窄、峰值功率高、重复频率高等优点, 在微加工、测距、遥感、激光雷达、数据存储、微外科以及非线性光学等领域有着广泛的应用。

调 Q 方式可以分为主动和被动两种。相对主动调 Q 方式, 被动调 Q 结构简单紧凑, 无需任何外部驱动装置。近几年, 具有良好物化性能的可饱和吸收体 CrYAG 的出现引起了国内外学者的极大兴趣, CrYAG 被动调 Q 方式已经在 LD 泵浦的 NdYAG、NdYLF 和 NdYVO₄ 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。作者所在的课题组还在国际上率先报道了 CrYAG 被动调 Q 的脉冲绿光、蓝光和紫外全固态激光器^[1]。

和染料调 Q 类似, 由于是可饱和吸收体的被动调 Q 过程, CrYAG 被动调 Q 全固态激光器存在脉冲能量、脉冲宽度、峰值功率和重复频率等重要技术

指标不稳定的缺点, 这很大程度上限制了此类激光器的应用^[2]。本文以一台 LD 泵浦的 NdYAG/ CrYAG 激光器为例, 讨论 CrYAG 被动调 Q 全固态激光器的可控运转方法。

2 被动调 Q 的不稳定性

LD 泵浦的 NdYAG/ CrYAG 激光器装置如图 1 所示。其中, LD 是一只连续输出的 1W 国产 GaAlAs 量子阱激光二极管, 通过制冷器 TEC₁ 严格的温控措施, 使其波长调节为 808.5nm, 与 NdYAG 的吸收峰重合, 从而最大限度地利用泵浦光。考虑到所用的 NdYAG 较厚和 CrYAG 的“动态光阑”作用, 使用了自聚焦透镜 (SML) 做为耦合光学元

基金项目: 吉林省科委资助项目 (20020607)。

作者简介: 郑权 (19732), 男, 理学博士, 现在中国科学院长春光机所应用光学国家重点实验室从事博士后研究, 主要研究方向为高性能及大功率全固态激光器, 已在国内外发表学术论文 60 余篇。

收稿日期: 2003210225

件^[3]。

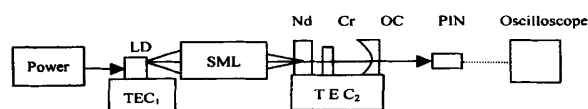


图1 LD泵浦NdYAG/CrYAG被动调Q激光器及测量系统

激光晶体NdYAG(厚度3.0mm,掺杂浓度1.0atm%)的左端面镀808nmAR、1064nmHR膜作为激光器的一个腔镜,右端面镀1064nmAR膜;调Q晶体CrYAG(小信号通过率 $T_0 = 85\%$)两面均镀1064nmAR膜;输出平凹镜(耦合镜OC)左凹面(曲率半径200mm)对1064nm透过率约为15%。整个谐振腔置于制冷器TEC₂上,腔长约为10mm。

LD泵浦的NdYAG/CrYAG激光器输出的调Q脉冲激光由快速硅光电二极管PIN接收后显示在示波器上,由示波器可以读出调Q激光的脉冲能量、脉冲宽度、峰值功率和重复频率等重要技术指标。图2给出了当LD连续泵浦功率为800mW时激光器输出的脉冲序列,可见各脉冲的峰值功率和重复频率等参量都很不稳定。

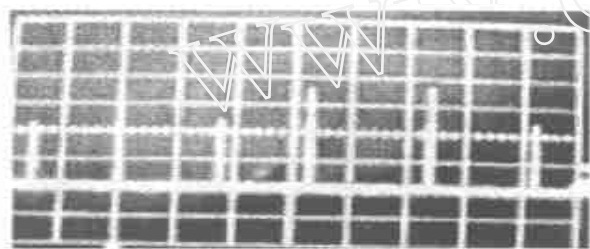


图2 NdYAG/CrYAG激光器输出的不稳定脉冲序列

当改变激光器的工作条件(如改变泵浦功率、输出镜透过率、CrYAG的小信号通过率等)使相邻脉冲间隔大于200μs时,输出脉冲的能量和周期稳定性要相对好很多。200μs的数值恰好近似为NdYAG激活离子的上能级寿命。

3 被动调Q的可控运转

LD泵浦NdYAG/CrYAG激光器可以有两种方式:连续泵浦和脉冲泵浦。连续泵浦可获得更高的调Q重复频率,但由于受到腔内剩余反转粒子数、饱和吸收恢复时间及晶体热效应的影响,激光器输出脉冲的重复频率不稳定,能量波动也比较大;而采用脉冲泵浦可以通过电控手段使输出的激光脉冲与泵浦脉冲有同样的频率,进一步采取措施还可以在时间上有一定的同步性,从而获得可控稳定的激光脉冲输出。

下面讨论在LD矩形波电流脉冲泵浦条件下图1所示的CrYAG被动调Q激光器表现出来的发射状态。我们采取的控制过程是(如图3所示):先对LD进行直流预激励(要求预激励电流可调),使泵浦光功率低于激光器的阈值,而后再叠加一电流矩形波调制脉冲频率(要求驱动LD的矩形波电流脉

冲的周期、占空比及电流幅度连续可调),从而获得与泵浦脉冲同样频率的激光脉冲输出。

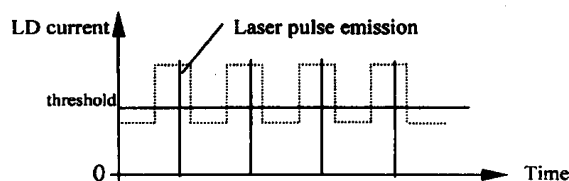


图3 LD脉冲泵浦电流

对实验装置图1,激光器出光的阈值电流约为750mA。我们设定矩形波电流脉冲的重复频率为1kHz,当LD预激励直流电流为600mA,叠加的矩形脉冲峰值电流为300mA时(此值受LD工作允许电流限制。对1W的LD,其最大电流工作不超过1000mA为宜),通过调节占空比(即矩形波宽度),很容易实现了激光器的稳定输出(图4给出了LD泵浦调制电流和调Q脉冲激光输出的同步波形)。该系统连续运转2h,调Q激光脉冲的重复频率1kHz稳定,单脉冲能量、宽度和峰值变化量均优于0.01%(均方根误差计算值)。实验还观察到当激光器达到稳定状态后,各脉冲偏振方向均严格地与LD偏振泵浦方向相同,这与文献[4]的结论吻合。

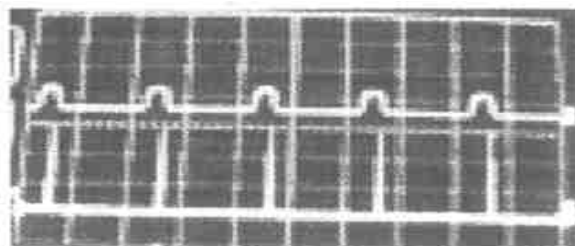


图4 泵浦调制电流(上)和调Q激光输出脉冲(下)的同步波形

当矩形电流脉冲的重复频率和峰值电流不变时,考察改变直流预激励电流对Q脉冲可控输出稳定性的影响。实验发现,在激光器的阈值电流以下,直流预激励电流越接近激光器的阈值电流,激光脉冲越接近于矩形波电流的前沿出现。这主要是由于预泵浦也会造成NdYAG的反转粒子数积累,预激励电流越接近激光器的阈值,其能量积累越多,从而使Q开关更容易打开。实验也发现,直流预激励电流接近激光器阈值电流时,激光脉冲还表现出良好的单频发射,这与文献[5]的结论吻合。

当矩形脉冲的峰值电流和宽度不变时,考察改变重复频率对Q脉冲可控输出稳定性的影响。实验发现泵浦电流脉冲在1kHz时可获得激光单脉冲输出,而在10kHz时可能就得到多脉冲输出(图5),这主要是由于在两种条件下的泵浦初始时刻腔内剩余反转粒子数及晶体的热效应等都存在差异的结果。这时可以通过降低矩形电脉冲的峰值电流高度或减小矩形电脉冲的宽度来获得单脉冲激光发射。

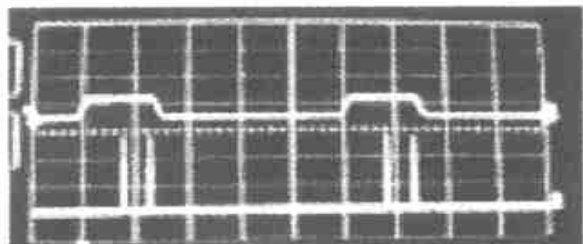


图 5 泵浦调制脉冲(上)和多脉冲调 Q 激光输出(下)的同步波形

应该指出的是,稳定的多脉冲激光发射有时也是有用的。图 5 所描述的稳定双脉冲激光发射情形就可以用于相关测量、敌我识别、抗干扰通讯和测距等诸多应用领域中。

4 结 论

以上研究结果充分说明矩形波电流泵浦是实现被动调 Q 激光器稳定可控输出的一种可行方法。通过改变矩形波电流的直流预激励电流、峰值电流、占空比和重复频率条件,调 Q 激光器可以表现出单脉冲发射、单频脉冲发射和多脉冲发射等多种状态,

在实际应用中具有重要的指导意义。

该方法类似于 CrYA G 与声光调制器结合使用的主被动调 Q 方式,但对中小功率连续 LD 泵浦的全固态激光器更经济实用。另外,对染料、GaAs 等被动调 Q 激光器也有一定的借鉴意义。

参考文献:

- [1] Q Zheng, et al. LD pumped passively Q-switched Nd:YVO₄ infrared and green lasers[J]. Optics & Laser Technology, 2001, 33(5): 3552357.
- [2] 郑权,钱龙生. LD 泵浦被动调 Q NdYA G/LBO 绿光激光器[J]. 中国激光, 2002, 29(A6): 4922494.
- [3] 郑权,钱龙生. 可饱和吸收体 CrYA G 做被动调 Q 元件时的选模作用[J]. 光子学报, 2002, 31(5): 5502552.
- [4] 郑权,钱龙生. LD 泵浦 NdYA G/CrYA G 激光器发射偏振特性的研究[J]. 激光与红外, 2002, 32(4): 2482249.
- [5] 郑权,钱龙生. 用布氏片实现有效连续和脉冲单频绿光输出[J]. 中国激光, 2002, 29(A9): 7692772.

(上接第 193 页)

的斜效率为 0.14 %。

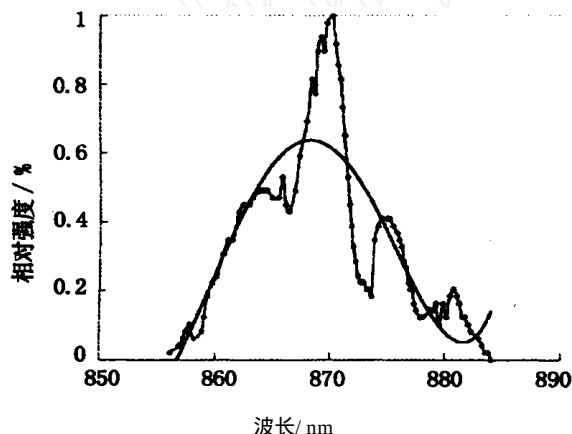


图 3 泵浦光功率一定时,基频光波长的分布

图 3 为谐振腔中不放 LBO 倍频晶体时测得的基频光的波长分布曲线。由图 3 可以看出,基频光谱的中心波长偏离 860nm 约 10nm, 860nm 处的功率只有基频光峰值功率的 20 %,这也是造成倍频光输出功率偏低的主要原因。主要是由于本次实验所采用的输出镜的反射膜的反射曲线中心偏离 860nm 造成的。如果我们改进膜层,使输出镜对 860nm 的反射率达到 99.9 %,则谐振腔中 860nm 基频光的功率必然会大大提高,倍频效率即倍频光的输出功率必然会得到增强。另外,改进倍频晶体的温度控制系统,提高温度控制精度或在谐振腔中加入选频元件如标准具或偏振片等来调制腔模的波长都可以使倍频效率得到提高。

5 结 论

研究了采用最大输出功率为 500mW 的激光二极管泵浦 CLiSAF 晶体,采用 LBO 类临界相位匹配代替 KN 晶体腔内倍频获得波长为 430nm 功率为 0.54mW 连续蓝紫光激光输出。由于避免了非临界相位匹配中对倍频晶体的高温控制要求,故本文讨论的倍频方式结构紧凑、简单,且激光器的成本低,因此是获得中小型 430nm 固体激光器的一种实用的方法。

参考文献:

- [1] Stephen A payne, L L Chase, L K Smith, et al. Laser performance of Cr³⁺:LiSrAlF₆ [J]. J. Appl. Phys., 1989, 66(3): 105121056.
- [2] Martin Stalder, Bruee H T Chai, Michael Bass. Flashlamp pumped CLiSrAlF₆ laser [J]. APPL. Phys. Lett., 1991, 58(3): 2162218.
- [3] Richard Scheps, Joseph F Myers, Harvey B Serreze, et al. Diode pumped CLiSrAlF₆ laser [J]. Opt. Lett., 1991, 16(11): 8202822.
- [4] A Miller, P Li Kam Wa, B H T Chai, et al. Generation of 1502fs tunable pulses in CLiSrAlF₆ [J]. Opt. Lett., 1992, 17(3): 1952197.
- [5] Donald J Harter, Jeff Squier, Gerard Mourou. Alesandrite laser pumped CLiSrAlF₆ Opt. Lett., 1992, 17(21): 151221514.
- [6] 孟红祥,何良芳,余锦,等. 激光二极管泵浦的 CrLiSAF 二次谐波产生获得可调谐蓝色激光连续输出[J]. 光学学报, 1999, 19(7): 877 - 879.
- [7] 杜戈果,等. 半导体激光泵浦的 CLiSAF 可调谐激光器[J]. 中国激光, 1998, A25(3): 2092211.