

文章编号 :0253-2239(2002)09-1149-02

用 $\text{Cr}^{4+}:\text{YAG}$ 晶体实现 $\text{Nd}^{3+}:\text{YAG}$ 0.946 μm 激光 被动调 Q 运转*

王青圃¹⁾ 张行愚¹⁾ 李平¹⁾ 张少军²⁾ 连洁¹⁾ 王浩¹⁾

(1), 山东大学光学系, 济南 250100
(2), 山东大学晶体材料研究所, 济南 250100

摘要: 以 $\text{Cr}^{4+}:\text{YAG}$ 晶体作为可饱和吸收体, 氙灯作为抽运源, 实现了 $\text{Nd}^{3+}:\text{YAG}$ 晶体在 0.946 μm 波长处的调 Q 运转。激光脉冲宽度为 38 ns, 能量为 1.7 mJ。

关键词: $\text{Cr}^{4+}:\text{YAG}$ 晶体; 可饱和吸收体; 被动调 Q

中图分类号: TN248.1 文献标识码: A

1 引 言

$\text{Cr}^{4+}:\text{YAG}$ 是近几年发展起来的新型晶体材料, 可以作为激活介质, 产生 1.3 μm ~ 1.6 μm 的可调谐激光, 或通过锁模运转产生飞秒脉冲。 $\text{Cr}^{4+}:\text{YAG}$ 作为可饱和吸收体则得到了人们更广泛的研究, 也具有更广泛的应用。 $\text{Cr}^{4+}:\text{YAG}$ 为 1.06 μm 激光进行被动调 Q 已经得到充分的研究^[1~4], $\text{Cr}^{4+}:\text{YAG}$ 被激光二极管抽运的 0.946 μm 激光进行被动调 Q 在国际上最近也有少量报道^[5,6]。我们用华北光电技术研究所生产的 $\text{Cr}^{4+}:\text{YAG}$ 晶体首次实现了用氙灯抽运的 $\text{Nd}^{3+}:\text{YAG}$ 激光器 0.946 μm 激光的被动调 Q 运转。

由于 $\text{Nd}^{3+}:\text{YAG}$ 激光器的 0.946 μm 跃迁属于准三能级系统, 激光下能级⁴ $I_{9/2}$ 的 Z_5 子能级仅位于基态能级之上 857 cm^{-1} 处, 常温下约 0.7% 的钕离子位于激光下能级, 使实现粒子数反转难于 1.06 μm 激光的情况, 再加上 0.946 μm 激光跃迁的受激发射截面较小, 所以实现钕离子的 0.946 μm 激光运转相对较困难。由于氙灯抽运的激光器激活介质较长, 相应的再吸收损耗也大^[7], 按照 Barnes 的观点, 用氙灯抽运的激光器实现 0.946 μm 激光运转比用激光二极管抽运的激光器实现 0.946 μm 激光运转更困难^[8]。我们在实验中选取的 $\text{Nd}^{3+}:\text{YAG}$ 具有较小的直径 (4 mm), 以便于散热, 具有较

短的长度 (40 mm), 以减小再吸收损耗。

谐振腔由曲率半径为 2 m 的后腔镜和平面输出镜构成, 谐振腔长为 30 cm, 后腔镜镀 0.946 μm 全反膜 (反射率高于 99.5%) 和 1.06 μm 增透膜 (透过率高于 97%) 对 1.34 μm 光的透过率也高于 76%; 平面输出镜同样镀 1.06 μm 增透膜, 对 0.946 μm 光的透过率为 3.1%。实验中用到的两片 $\text{Cr}^{4+}:\text{YAG}$ 晶体, 它们的小信号透过率 T_0 分别为 91% 和 96%, $\text{Cr}^{4+}:\text{YAG}$ 放在靠后腔镜的地方, 激活介质 $\text{Nd}^{3+}:\text{YAG}$ 两端镀 0.946 μm 增透膜, 基本位于谐振腔中央, 循环冷却水温度为 10 $^{\circ}\text{C}$ 。用 LPE-1B 激光能量计测量脉冲能量, 用 MRD500 型 PIN 探测器和 TDS620B 数字存储示波器测量脉冲宽度和形状。

当 $\text{Cr}^{4+}:\text{YAG}$ 晶体的小信号透过率 $T_0 = 91\%$ 时, 阈值抽运能量约为 19 J, 脉冲宽度为 38 ns, 脉冲能量为 1.7 mJ。当 $T_0 = 96\%$ 时, 阈值抽运能量约为 11 J, 脉冲宽度为 67 ns, 脉冲能量为 0.92 mJ, 但抽运能量达到 19 J 时, 可以出现 2 或 3 个调 Q 脉冲。通过用 LBO 晶体倍频该脉冲, 可以得到蓝色脉冲, 确认该调 Q 脉冲为 0.946 μm 。将光衰减后用 CCD 测其光强分布, 发现其接近高斯分布, 即激光运转于基模状态。进一步的理论和实验研究正在进行之中。

* 国家自然科学基金 (69978009) 和教育部博士点基金资助课题

E-mail: qpwang@sdu.edu.cn

收稿日期: 2002-05-27

参 考 文 献

- [1] Wang Junmin, Li Ruining, Yang Weidong et al.. CW output and high repetitive passive Q -switching of a $\text{Nd}:\text{YVO}_4$ laser coupled directly by a laser diode. *Chinese J.*

- Lasers* (中国激光), 1996, **28**(12):1057 ~ 1060 (in Chinese)
- [2] Ouyang Bin , Ding Yanhua , Wan Xiaoke *et al.*. Saturable absorption of Cr^{4+} :YAG and its performance as passive Q -switches. *Acta Optica Sinica* (光学学报), 1996, **16**(12):1665 ~ 1670 (in Chinese)
- [3] Zhang Xingyu , Zhao Shengzhi , Wang Qingpu *et al.*. Theoretical and experimental study of Cr^{4+} :YAG Q -switching characteristics. *Acta Optica Sinica* (光学学报), 1998, **18**(9):1180 ~ 1185 (in Chinese)
- [4] Zhang Xingyu , Zhao Shengzhi , Wang Qingpu *et al.*. Laser-diode-pumped Cr^{4+} :YAG repetitively Q -switched Nd^{3+} :YAG laser. *Chinese J. Lasers* (中国激光), 1999, **26**(8):678 ~ 682 (in Chinese)
- [5] Spiekermann S , Karisson H , Laurell F. Efficient frequency conversion of a passively Q -switched Nd:YAG laser at 946 nm in periodically poled KTiOPO_4 . *Appl. Opt.*, 2001, **40**(12):1979 ~ 1982
- [6] Wang C W , Weng Y L , Huang P L *et al.*. Passively Q -switched quasi-three-level laser and its intracavity frequency doubling. *Appl. Opt.*, 2002, **41**(6):1075 ~ 1081
- [7] Risk W P. Modeling of longitudinally pumped solid-state lasers exhibiting reabsorption losses. *J. Opt. Soc. Am. (B)*, 1988, **5**(7):1412 ~ 1423
- [8] Barnes N P , Walsh B M , Hutcheson R L *et al.*. Pulsed $^4I_{3/2}$ to $^4I_{9/2}$ operation of Nd lasers. *J. Opt. Soc. Am. (B)*, 1999, **16**(12):2169 ~ 2177

Passive Q -Switching of 0.946 μm Nd^{3+} :YAG Laser with Cr^{4+} :YAG Saturable Absorber

Wang Qingpu¹⁾ Zhang Xingyu¹⁾ Li Ping¹⁾ Zhang Shaojun²⁾
Lian Jie¹⁾ Wang Hao¹⁾

(1), Department of Optics, Shandong University, Jinan 250100
(2), Institute of Crystal Materials, Shandong University, Jinan 250100
(Received 27 May 2002)

Abstract: With Cr^{4+} :YAG as the saturable absorber and xenon flash lamp as the pumping source, passively Q -switched quasi-three-level laser operation of Nd^{3+} :YAG at 0.946 μm is realized. Pulses with a width of 38 ns and an energy of 1.7 mJ are obtained.

Key words: Cr^{4+} :YAG crystal; saturable absorber; passive Q -switch