

二极管抽运的 $\text{Cr}^{3+} \cdot \text{LiSrAlF}_6$ 激光器的研究

赵卫疆 于俊华 张 华 赵旭光 周更夫
(哈尔滨工业大学光电子技术研究所 哈尔滨 150001)

提要 论述了一全固化 $\text{Cr}^{3+} \cdot \text{LiSrAlF}_6$ 激光实验装置,用连续二极管激光器对 1 mm 晶体薄片纵向抽运,在平行平面腔结构中,产生 5.2 mW 的激光输出.自由振荡光谱范围为 832~ 845 nm,斜率效率为 15%.

关键词 $\text{Cr}^{3+} \cdot \text{LiSrAlF}_6$ 晶体,二极管激光器,斜率效率

1 引 言

1989 年美国劳伦斯·里弗莫尔国家实验室首先发现了 $\text{Cr}^{3+} \cdot \text{LiSrAlF}_6$ 晶体,并研究了它的激光特性^[1,2]. $\text{Cr}^{3+} \cdot \text{LiSrAlF}_6$ 晶体属 colquiriite 结构,此类晶体的辐射与吸收光谱较宽.在近红外光谱区的辐射光谱范围为 760~ 1010 nm,辐射截面较大,峰值可达 $4.8 \times 10^{-20} \text{ cm}^2$.在红光区,宽吸收带的峰值位置与二极管激光器(GaInP/AlGaInP)的 670 nm 输出波长相重合,适用于二极管激光器直接抽运.另外, $\text{Cr}^{3+} \cdot \text{LiSrAlF}_6$ 晶体的掺杂浓度很高,甚至可达到理想化学配比,且浓度猝灭效应小,同时 Cr^{3+} 在晶体中分布均匀,高掺杂浓度并不影响其光学质量,精选棒中散射损失 $< 0.6\% / \text{cm}^{[3]}$,是用于研制小型甚至微型全固化宽带可调谐激光器件的理想材料.

$\text{Cr}^{3+} \cdot \text{LiSrAlF}_6$ 晶体一经出现就受到普遍关注,在许多条件下已经实现了激光振荡,包括:闪光灯、二极管抽运激光器、超短脉冲激光器、单频可调谐振荡器、调 Q 激光器等.对二极管激光器抽运 $\text{Cr}^{3+} \cdot \text{LiSrAlF}_6$ 激光器的研究,国内起步较晚.目前,只有中国科学院西安光机所报道了脉冲式二极管激光器抽运的 $\text{Cr}^{3+} \cdot \text{LiSrAlF}_6$ 激光器^[4],连续二极管激光器抽运的 $\text{Cr}^{3+} \cdot \text{LiSrAlF}_6$ 激光器的研究国内尚未见报道.

我们研究了连续运转二极管激光器抽运 $\text{Cr}^{3+} \cdot \text{LiSrAlF}_6$ 激光装置,用 1 mm 厚晶体薄片,在平行平面腔中获得最大的激光输出为 5.2 mW.

2 实验装置

激光装置如图 1 所示.实验中使用的抽运源是中国科学院半导体所生产的 HTL67M 401-P2 型光纤耦合连续输出二极管激光器,工作波长为 670 nm.为了减小介质的热负载,对抽运光进行斩波,斩波器的占空比为 1:1.抽运光经透镜准直聚焦在 $\text{Cr}^{3+} \cdot \text{LiSrAlF}_6$ 晶体上,晶体中

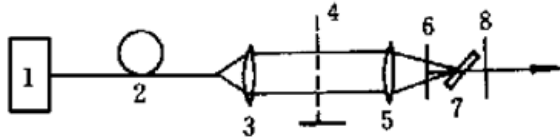


图1 二极管抽运 $\text{Cr}^{3+} \cdot \text{LiSrAlF}_6$ 激光器装置
1: 二极管激光器; 2: 光纤; 3, 5: 准直聚焦透镜; 4: 斩波器;
6: 二色片; 7: $\text{Cr}^{3+} \cdot \text{LiSrAlF}_6$ 晶体; 8: 输出耦合镜

Fig. 1 Diode pumped $\text{Cr}^{3+} \cdot \text{LiSrAlF}_6$ laser setup

1: diode laser; 2: optical fiber; 3, 5: collimating-focussing lens; 4: chopper; 6: dichroscope; 7: $\text{Cr}^{3+} \cdot \text{LiSrAlF}_6$ crystal; 8: output coupler

响应范围之内, 所以测量曲线未经光电倍增管响应曲线校正。

3 结果及讨论

测得 $\text{Cr}^{3+} \cdot \text{LiSrAlF}_6$ 晶体对非偏振抽运光的吸收系数为 $0.45/\text{mm}$, 在自由振荡条件下, 输出激光的光谱如图 2 所示, 输出光谱范围从 $832 \sim 845 \text{ nm}$. 输出光谱范围较窄是因谐振腔片的镀膜带宽起了限制作用。

在斩波条件下, 晶体最大平均吸收抽运功率为 60 mW 时, 获得的激光最大平均输出功率为 5.2 mW . 在不采用斩波的条件, 晶体最大吸收抽运功率为 120 mW , 获得的激光最大输出功率为 8.8 mW . 图 3 给出两种条件下输入与输出功率之间的关系对比, 从中可以看出, 在斩波条件下, 阈值平均吸收抽运功率为 26 mW , 斜率效率为 15% . 在不斩波条件下, 阈值吸收抽运功率为 54 mW , 斜率效率为 13% . 因此采用斩波方式拦截抽运, 可在一定程度上克服热效应的影响, 提高激光的输出效率. 激光输出功率的不稳定性约为 5% , 与抽运用二极管激光器的不稳定性基本一致, 可以认为整个装置的不稳定性主要来源于抽运源。

在纵向二极管抽运的固态激光器中, 抽运光与震荡光之间模式匹配的好坏决定抽运效率的高低. 我们采用的是平行平面腔结构, 未在腔型及耦合方式上做最佳化设计, 所以抽运效率低是必然的. 我们这样做的主要目的是为了验证在现有实验条件下, 晶体薄片的两表面镀膜使之成腔产生激光输出的可行性, 为研究薄板型激光器做准备。

4 结论与展望

本文验证了一连续二极管激光器抽运的 $\text{Cr}^{3+} \cdot \text{LiSrAlF}_6$ 晶体薄片的激光系统, 为进一步用晶体薄片的两平行表面做腔片, 制成复合腔薄板型激光器提供了可靠的实验依据. 这种小型

Cr^{3+} 的掺杂浓度为 3% (at-%), 厚度为 1 mm , 晶体倾斜放置在谐振腔中, 谐振腔的轴线与晶体表面法线的夹角为布儒斯特角. 采用平行平面腔结构, 腔长约为 10 mm . 输入镜片为二色片, 对抽运光高透, 对振荡光高反, 输出耦合镜的透射率在 $800 \sim 860 \text{ nm}$ 小于 0.5% .

激光功率用 LPE-1A 型功率能量计测量, 光谱数据用 0.5 m 的 WDG500-1A 型光栅单色仪-光电倍增管-记录仪系统测量. 光电倍增管光谱响应范围为 $165 \sim 870 \text{ nm}$, 因为测量曲线仍在其

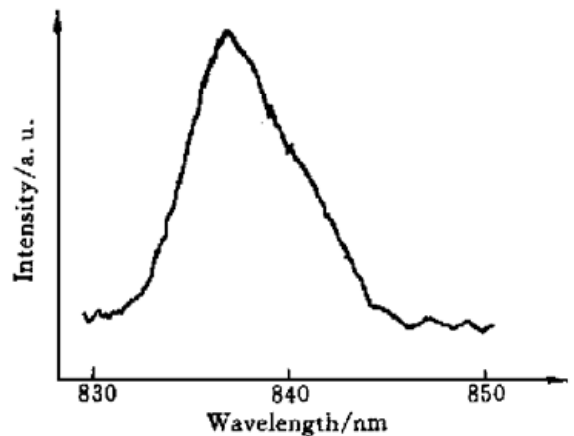


图2 二极管抽运 $\text{Cr}^{3+} \cdot \text{LiSrAlF}_6$ 激光器
激光光谱

Fig. 2 Laser spectral of diode pumped $\text{Cr}^{3+} \cdot \text{LiSrAlF}_6$ laser

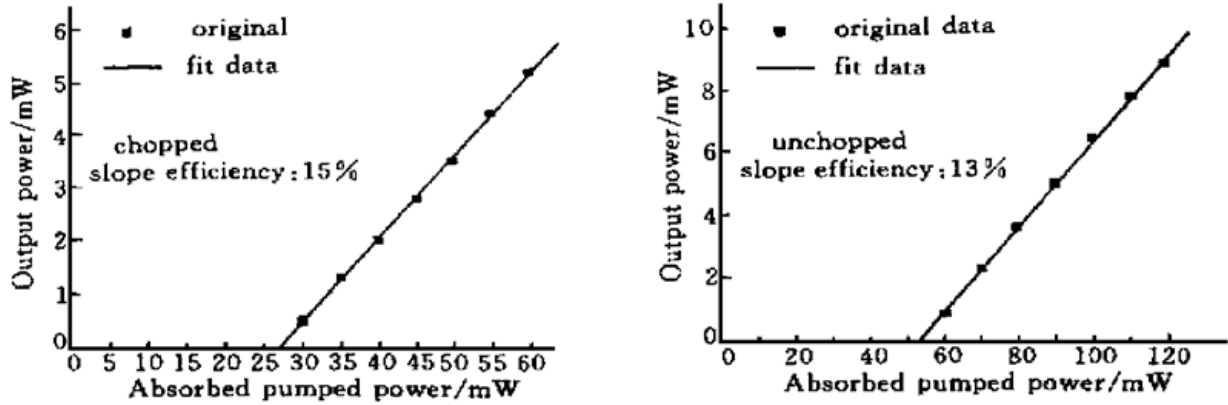


图3 二极管抽运 $\text{Cr}^{3+}:\text{LiSrAlF}_6$ 激光器输出功率曲线

Fig. 3 Output power curve of diode pumped $\text{Cr}^{3+}:\text{LiSrAlF}_6$ laser

振荡器可产生高光束质量的单纵模激光输出,它发出的优质种子光,再经过放大器后构成 MOPA 微型激光装置,可获得高光束质量的高功率激光输出.这是此类激光器走向实用化的重要手段之一,它将在计量学、遥感、医学诊断、通讯、数据存储、显示技术、光谱应用以及抽运其他激光器等领域有着广泛的应用前景.

参 考 文 献

- 1 S. A. Payne, L. L. Chase, L. K. Smith *et al.*. Laser performance of $\text{LiSrAlF}_6:\text{Cr}^{3+}$. *J. Appl. Phys.*, 1989, **66**(3): 1051~ 1056
- 2 S. A. Payne, L. K. Smith, R. J. Beach *et al.*. Properties of $\text{Cr}:\text{LiSrAlF}_6$ crystals for laser operation. *Appl. Opt.*, 1994, **33**(24): 5526~ 5536
- 3 W. R. Rapoport, M. L. Shand. Excited state absorption and upconversion in $\text{Cr}:\text{LiSrAlF}_6$. *Solid State Comm.*, 1992, **84**(1/2): 29~ 31
- 4 Du Geguo, Mao Yanli, Ruan Shuangchen. A diode laser pumped $\text{Cr}:\text{LiSAF}$ tunable laser. *Chinese J. Lasers* (中国激光), 1998, **A25**(3): 209~ 212 (in Chinese)

Study of Diode-laser-pumped $\text{Cr}^{3+}:\text{LiSrAlF}_6$ Laser

Zhao Weijiang Yu Junhua Zhang Hua Zhao Xuguang Zhou Gengfu
(Institute of Opto-Electronics, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001)

Abstract In this article, an all-solid-state laser, CW diode laser longitudinally pumped 1 mm thickness $\text{Cr}^{3+}:\text{LiSrAlF}_6$ crystal microchip laser is reported. 5.2 mW laser output was obtained in the parallel planar cavity. The laser spectral range of free oscillation was from 832 nm to 845 nm, and the slope efficiency was 15%.

Key words $\text{Cr}^{3+}:\text{LiSrAlF}_6$ crystal, diode laser, slope efficiency