

红宝石激光泵浦掺铬钨酸锌的激光特性

臧竞存 詹永玲* 刘 征

(北京工业大学化学与环境工程系, 北京, 100022)

摘要: 我们采用丘克拉斯基法生长出 $\text{ZnWO}_4:\text{Cr}^{3+}$ 单晶, 并测到该晶体从 800~1100nm 的宽带荧光发射, 用红宝石激光器泵浦 $\phi 5\text{ mm} \times 17\text{ mm}$ 的晶体棒, 获得 $400\mu\text{J}$ 的 $0.95\mu\text{m}$ 红外脉冲激光。

Laser properties of chromium-doped Zinc tungstate pumped with a ruby laser

Zang Jingcun, Zhan Yongling, Liu Zheng

(Dept. of Chemical & Environmental Engineering, Beijing Polytechnic University)

Abstract: The $\text{ZnWO}_4:\text{Cr}^{3+}$ signal crystal has been grown out by using Czochralski method. The fluorescent radiation from 800nm to 1100 nm of the crystal has been observed. Using a 5mm crystal rod, we obtain $400\mu\text{J}$ laser pulse output at $0.95\mu\text{m}$ wavelength, pumped with a ruby laser at room temperature.

一、引 言

掺铬钨酸锌 ($\text{ZnWO}_4:\text{Cr}^{3+}$) 是一种新型可调谐激光晶体, Cr^{3+} 离子在 ZnWO_4 基质中很稳定, 吸收带宽, ${}^4\text{T}_2 \rightarrow {}^4\text{A}_2$ 有宽带荧光发射。 ZnWO_4 的晶体结构属于黑钨矿型, P2/C 空间群, 对称性低, Cr^{3+} 离子一般取代 Zn^{2+} 离子, 处于畸变的八面体晶场中。 W^{6+} 离子的半径小, 电价高, 对氧有很强的极化作用, 造成 Cr^{3+} 离子周围的氧形成弱的晶场, 这些因素使 Cr^{3+} 离子的荧光发射的 Stokes 位移很大, 发射带较宽, 从 800~1100nm 都有较强的荧光, Cr^{3+} 离子的吸收带宽, 有利于选择多种泵浦光源。

在 1984 年, 西德汉堡大学的 Petermann K 等人首次报道了 77K 温度下实现了 $\text{ZnWO}_4:\text{Cr}^{3+}$ 晶体的可调谐激光输出, 也提到用 R700 染料激光器以 10mJ 能量在室温下获得脉冲激光, 但未做室温下激光实验的详细报道^[1~3]。国内罗遵度等也从理论上分析了 $\text{ZnWO}_4:\text{Cr}^{3+}$ 单晶作为可调谐激光新材料的优缺点, 没有进一步开展晶体生长的实验工作。我们利用自己生长的低位错密度的晶体^[4], 经固体介质中退火^[5], 进行了红宝石激光泵浦的实验。

*北京工业大学应用物理系。

二、实验装置

实验装置如附图所示。图中M半反镜是对 $0.6943\mu\text{m}$ 泵浦光的监测镜，其反射率 $R=4\%$ 。

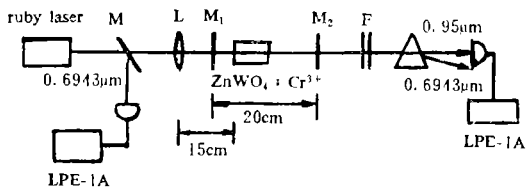


Fig. Experimental system scheme

M—beam splitter L—concave lens M_1 —input mirror M_2 —output mirror F—filter LPE—energy meter

平面镜 M_1 和 M_2 组成谐振腔，输入镜 M_1 对 $0.6943\mu\text{m}$ 的透射率 $T=87\%$ ，对 $0.95\mu\text{m}$ 的光反射率 $R=99.5\%$ ；输出镜 M_2 对 $0.95\mu\text{m}$ 光的反射率 $R=96.2\%$ 。截止滤光片F对 $0.6943\mu\text{m}$ 的泵浦光透过率 $T<1\%$ ，对 $0.95\mu\text{m}$ 的光透过率 $T>99\%$ 。聚焦透镜L的焦距 $f=20\text{cm}$ 。

红宝石激光器输出的 $0.6943\mu\text{m}$ 激光作为泵浦光，泵浦方式为纵向。泵浦光

经透镜L在 $\text{ZnWO}_4:\text{Cr}^{3+}$ 晶体表面形成 2.7mm 的光斑。 M_1 和 M_2 组成的谐振腔腔长约 20cm 。滤光片F大大减弱通过它的泵浦光成分，并由棱镜将其与研究的 $\text{ZnWO}_4:\text{Cr}^{3+}$ 产生的 $0.95\mu\text{m}$ 激光分开。探测系统选用中科院物理所生产的LPE-1A激光能量功率计，其精度为 $\pm 10\mu\text{J}$ 。

$\text{ZnWO}_4:\text{Cr}^{3+}$ 晶体样品经过定向切割，然后抛光，加工精度为光学一级，不平行度 $<15''$ 。然后镀增透膜。

三、实验结果和讨论

实验结果如附表，其中7*晶体泵浦光能量为 1.03J ，输出镜在 $0.95\sim 1.0\mu\text{m}$ 范围内的透

Table Experimental data of laser properties of $\text{ZnWO}_4:\text{Cr}^{3+}$ Crystals pumped by ruby laser

number	doped concentration (% wt)	length of crystals (l/mm)	pump direction	polarization	laser output energy (Q/ μJ)		
7*	0.005	16	[100]		360	220	220
9*	0.01	10	[010]		40	38	25
50*	0.005	13	[100]	$E//b$	200	110	
100*	0.005	17	[100]	$E//b$	68	83	59
				$E\wedge b 60^\circ$	400	347	230

过率为95%，晶体端面的功率密度约 $1.2 \times 10^8 \text{W}$ 。光泵之后晶体端面有蚀斑，输出能量明显下降。其余样品的泵浦光能量约为 $0.5\sim 0.6\text{J}$ 。考虑到掺杂浓度较低， $n_0 = 4.56 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ ，吸收截面 $\sigma = 1.4 \times 10^{-18} \text{cm}^2$ ，晶体实际吸收能量约 300mJ 。

从实验看出，掺 Cr^{3+} 离子的浓度不能太高，在 $0.01\% \text{wt}$ 时，激光输出能量 Q 还低于浓度 $0.005\% \text{wt}$ 的晶体，作者还对掺杂浓度为 $0.02\% \text{wt}$ 和 $0.05\% \text{wt}$ 的晶体样品进行了光泵实验，未观察到激光振荡，这样的掺杂浓度是远低于国外报道的 800ppm 。实验结果与作者所做荧光光强与掺杂浓度的关系的结论基本符合^[9]，即在 $0.005\% \sim 0.01\% \text{wt}$ 之间，荧光最强。

泵浦光沿 $\text{ZnWO}_4:\text{Cr}^{3+}$ 晶体的[100]方向入射，在光矢量 \vec{E} 与晶体的 b 轴方向交角为

60° 时, 所获得的激光能量最大, 可达400μJ, 是室温下ZnWO₄:Cr³⁺ 晶体目前实现的最大激光输出。

殷宝璐、何学东、武少华同志参加了初期的研制工作, 特此感谢。

参 考 文 献

- [1] Petermann K, Huber G. *J Lumin*, 1984; 31-32: 71~77
- [2] Huber G, Petermann K. *Tunable Solid State Lasers*. Springer-Verlag, 1985: 11~19
- [3] Kolbe W, Petermann K, Huber G. *IEEE J Q E*, 1985; QE-21(10): 1596~1599
- [4] 臧竞存, 武少华, 陈冬丽 *et al.* 北京工业大学学报, 1991; 17(1): 39~42
- [5] 臧竞存, 武少华, 张克从. 人工晶体学报, 1992; 21(2): 161~165
- [6] 臧竞存, 武少华, 马 跃. 中国激光, 1991; 18(6): 445~449

*

*

*

作者简介: 臧竞存, 男, 1947年11月出生。副教授。现从事晶体生长工作。

詹永玲, 女, 1937年出生。高级工程师。从事激光技术及应用的教学和科研工作。

刘 征, 男, 1992年毕业于北京工业大学环化系无机非金属材料专业, 现在机电部12所工作。

收稿日期: 1992年10月8日。

·军事光电动态·

机载反导激光武器研究

美国开展机载反导弹激光武器的研究。美国军方人员和政府科学家说, 美国政府正在开展两项机载激光武器的研究, 这种武器可从远距离击中“飞毛腿”这类战术弹道导弹。第一项研究是监测激光射向目标的水平光束在大气层中的扰动效应, 为期一年。该项研究预计需要1000万美元, 由战略防御计划局拨款, 研究工作已于4月在空军系统司令部的Philips实验室开始进行。另一项研究是用高空无人机直接发射激光束, 避免大气扰动的影响。这项研究由劳伦斯·利弗莫尔国家实验室进行。可能在1994年以后对射程为100km的激光武器进行机载试验, 以后射程将扩大到500km。作战系统的部署可能要到2005年。(取自Defense News, 1992年4月27日~5月3日)

英研制微波炸弹

英国法恩博鲁国防研究署的科学家正研制一种能摧毁敌人电子设备而不杀伤人员的“微波炸弹”。该研制工作由英国国防部主持, 是所谓“非杀伤性武器”的一部分, 目的在于使敌人暂处于瘫痪状态而不是被杀死。这种炸弹由飞机或导弹发射, 在空中爆炸, 能烧毁某一区域的电脑电路和电话线, 释放出的大规模无线电脉冲还能扰乱

人的大脑神经系统, 从而使人暂时失去知觉。(摘自《中国科学报》, 1992年10月16日, 第3版, 姜)

美研制新型激光武器

美国军方正在研制一种能使战场上的士兵失明的新型便携式激光武器。据英国《新科学家》周刊报道, 这种重约10kg的轻型激光武器, 也可以用于破坏光学传感器设备, 如射击瞄准镜和坦克用闭路电视系统。与此同时, 美国军方正在研制护目镜用以保护美国士兵的眼睛不被激光武器伤害。(转自《中国科学报》, 1992年9月8日, 第3版, 谷文)

·书 海 拾 贝·

《世界武器博览》即将出版

由兵器工业出版社出版的彩色兵器图册《世界武器博览》将于1993年3月底与广大读者见面。该图册精选了我国和世界主要国家陆、海、空军武器装备, 共有彩色武器照片达300幅, 包括: 轻武器、火炮、导弹、坦克与装甲车辆、军用飞机、舰船、观瞄器材、警用武器、防化器材及军用机器人等10部分。每种武器的图题除中英文对照外, 均有简要的性能与特点文字介绍。(据《科技日报》, 1993年3月10日, 第4版)