

红外可调谐 $\text{NaCl}(\text{OH}^-) : (\text{F}_2^+)_\text{H}$ 色心激光*

吴季怀 许承晃 黄妙良 林碧洲
(华侨大学材料物理化学研究所, 泉州 362011)

提要 采用我们研制的优质 $\text{NaCl}(\text{OH}^-) : (\text{F}_2^+)_\text{H}$ 色心晶体作激光介质, 在 X 型激光腔中, 实现了中心波长为 $1.57 \mu\text{m}$, 可调谐波段为 $1.40 \sim 1.75 \mu\text{m}$ 的低温红外连续可调谐色心激光运转。探讨了 $(\text{F}_2^+)_\text{H}$ 心的几个吸收带, 激光输出与工作介质和辅助光的关系等问题。

关键词 色心激光, NaCl 晶体, $(\text{F}_2^+)_\text{H}$ 色心

Infrared tunable CW $\text{NaCl}(\text{OH}^-) : (\text{F}_2^+)_\text{H}$ color center laser

WU Jihuai, XU Chenghuang, HUANG Miaoliang, LIN Bizhou

(Institute of Material Physical Chemistry, Hua Qiao University, Quanzhou 362011)

Abstract Using $\text{NaCl}(\text{OH}^-) : (\text{F}_2^+)_\text{H}$ color center crystal made by authors as laser medium, the low temperature infrared tunable CW color center laser operation has been realized successfully in the X-model laser cavity, with tunable laser wavelength from $1.40 \mu\text{m}$ to $1.75 \mu\text{m}$ and its peak wavelength is at $1.57 \mu\text{m}$. Some problems such as several absorption bands of $(\text{F}_2^+)_\text{H}$ color center, the relation between color center laser output and laser medium, as well as auxiliary light have been discussed in this paper.

Key words color center laser, NaCl crystal, $(\text{F}_2^+)_\text{H}$ color center

1 引言

$\text{NaCl}(\text{OH}^-)$ 晶体中的 $(\text{F}_2^+)_\text{H}$ 色心近年来引起广泛重视。它除了具备 F_2^+ 型色心的优良特性外, 其色心浓度大、稳定性好、激光输出功率强, 尤其是它的可调谐激光的峰值波长为 $1.57 \mu\text{m}$, 恰好处于石英光纤能量损耗的最小处, 在孤子激光、光纤通讯、光计算等重要的高科技领域有很好的应用前景。有关的研究进展表明, $\text{NaCl}(\text{OH}^-) : (\text{F}_2^+)_\text{H}$ 色心晶体的发现、激光运转和应用是近几年来色心研究的一项重大突破^[1~3]。

但在晶体制备时, 激光活性心— $(\text{F}_2^+)_\text{H}$ 心的有效形成; 激光运转时, 激光活性心和非激光活性心的作用、辅助光的作用等问题至今尚未获得令人满意的解决, 限制了其固有特性的有效发挥和更广泛的使用。作者对这些问题进行了较深入和系统的研究, 获得较满意的结果^[4~6]。在此基础上, 成功研制出优质 $\text{NaCl}(\text{OH}^-) : (\text{F}_2^+)_\text{H}$ 色心晶体, 并实现了低温红外连续可调谐 $(\text{F}_2^+)_\text{H}$ 色心激光运转。本文主要报道有关激光运转的结果。

收稿日期: 1992年3月9日; 收到修改稿日期: 1992年7月14日。

* 本课题为国家自然科学基金高技术项目和国家青年自然科学基金项目。

2 实验装置和结果

实验中采用的激光腔为四镜折迭像散补偿的 X 型激光腔,其结构如图 1 所示。泵浦光为 $1.079\ \mu\text{m}$ 的 $\text{Nd}^{3+}:\text{YAP}$ 激光。辅助光为 Ar^+ 激光。激光介质采用我们研制的 $\text{NaCl}(\text{OH}^-):(\text{F}_2^-)_\text{H}$ 色心晶体。作为色心激光晶体,必须满足激活心浓度高、稳定性好、光-光转化率高要求。我们解决了晶体制备的一些关键问题^[4~6],获得了满足上述要求的色心激光晶体。

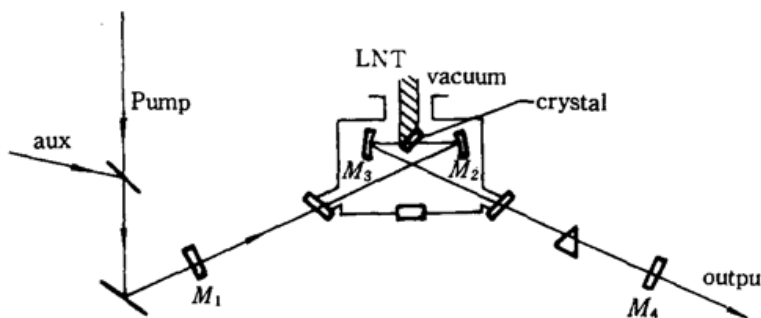


Fig. 1 X-model color center laser cavity

把经过光学表面加工的晶体切成 $12 \times 8 \times 2\ \text{mm}^3$, 夹在铜冷指上,按(100)取向放置于晶体室内,抽真空到 $133 \times 10^{-3}\ \text{Pa}$,加液氮降温至 $-196\ ^\circ\text{C}$,调整泵浦光为水平偏振,辅助光为水平偏振后,就可进行激光调试。

在抽运功率为 $3.5\ \text{W}$ 、辅助光功率为 $5\ \text{mW}$ 的条件下,可获得大于 $250\ \text{mW}$ 的连续色心激光输出,其峰值波长为 $1.57\ \mu\text{m}$,可调谐波段为 $1.40 \sim 1.75\ \mu\text{m}$ 。

上下左右平行移动晶体时(幅度为 $2\ \text{mm}$),没有发现激光输出急剧下降的点(区)。连续抽运 $12\ \text{h}$,色心激光输出也未见下降。关机室温搁置 $700\ \text{h}$ 后,重新开机运转,仍可重复上述结果,更长的抽运时间和搁置时间也能重复上述结果。

3 讨 论

3.1 $(\text{F}_2^-)_\text{H}$ 心的几个吸收带

在晶体制备时,作者发现 $(\text{F}_2^-)_\text{H}$ 心的形成与消失总伴随着中心波长为 $1.09\ \mu\text{m}$, $0.45\ \mu\text{m}$ 和 $0.29\ \mu\text{m}$ 吸收带的提高与降低。 $1.09\ \mu\text{m}$ 是 $(\text{F}_2^-)_\text{H}$ 心的一个吸收峰,这已得到公认。一般认为,光聚集前的 $0.45\ \mu\text{m}$ 和 $0.29\ \mu\text{m}$ 吸收峰分别属于 F 心和 $\text{O}^{2-}-\text{F}^+$ 。而光聚集后,这二个吸收峰的归属则无人探讨。我们用 $0.475\ \mu\text{m}$ 的 Ar^+ 激光激发晶体,并不产生中心波长为 $1.26\ \mu\text{m}$ 的 F 心荧光,而产生了中心波长为 $1.57\ \mu\text{m}$ 的 $(\text{F}_2^-)_\text{H}$ 心荧光(与用 $1.079\ \mu\text{m}$ 的 YAP 激光激发所得的荧光相同)。根据吸收谱和荧光谱的结果,我们认为光聚集后的 $0.45\ \mu\text{m}$ 吸收峰已不是 F 心的吸收峰,而是 $(\text{F}_2^-)_\text{H}$ 心的一个吸收峰。同样,光聚集后的 $0.29\ \mu\text{m}$ 吸收峰已不是 $\text{O}^{2-}-\text{F}^+$ 吸收峰,而是 $(\text{F}_2^-)_\text{H}$ 心的另一个吸收峰。这一结论对探讨 $(\text{F}_2^-)_\text{H}$ 心的结构模型,有效提高 $(\text{F}_2^-)_\text{H}$ 色心激光输出有重要意义。

3.2 色心激光输出与辅助光的关系

色心激光输出与泵浦光、辅助光有直接的关系。实验测定了色心激光输出与泵浦功率的关系(如图 2);激光输出与辅助光功率的关系(如图 3)。图中的 a , b 和 c 曲线分别是以 $0.475\ \mu\text{m}$,

0.488 μm 和 0.514 μm 的 Ar^+ 激光作辅助光的条件下测定的。由图中可看出:不同辅助光的作用是 0.475 $\mu\text{m} > 0.488 \mu\text{m} > 0.514 \mu\text{m}$ 。

$(\text{F}_2^+)_\text{H}$ 心激光运转时,辅助光的作用是保持 $(\text{F}_2^+)_\text{H}$ 激光活性心的构型,使之能持续不断地、有效地产生激光。根据前面的分析 0.45 μm 是 $(\text{F}_2^+)_\text{H}$ 心的一个吸收带,因而当辅助光波长愈接近 0.45 μm 时,就愈易为 $(\text{F}_2^+)_\text{H}$ 心所吸收,更有效地发挥辅助作用。因此作为辅助光的效果就会有 0.475 $\mu\text{m} > 0.488 \mu\text{m} > 0.514 \mu\text{m}$ 。

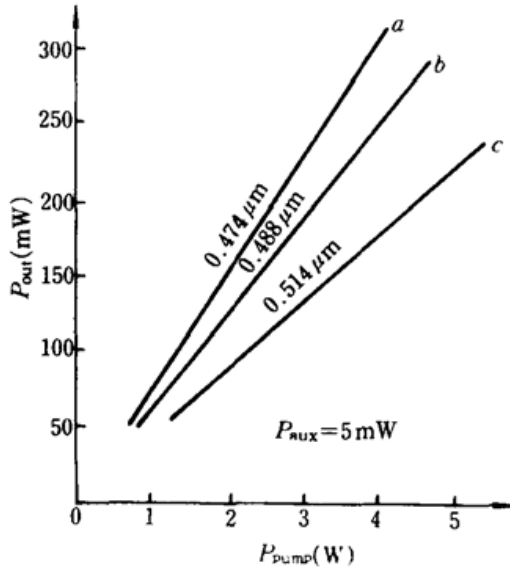


Fig. 2 Laser output vs pump power

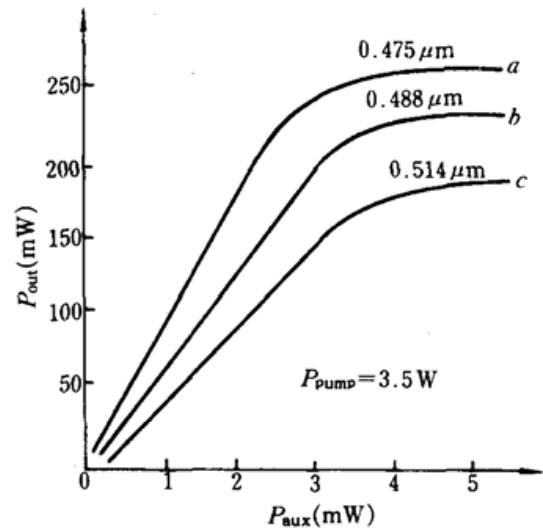


Fig. 3 Laser output vs auxiliary power

3.3 色心激光输出与工作介质的关系

作为激光工作介质,晶体中各种色心的存在会影响激光输出。实验比较了不同晶体(它们的吸收谱如图 4 曲线 *a, b, c*)进行激光调试的情况。结果表明:吸收谱如图 4 (*a*) 的晶体其激光输出大大减小,甚至不产生激光;吸收谱如图 4 (*b*) 的晶体其泵浦效率低;吸收谱如图 4 (*c*) 的晶体可获较高效率的激光输出。我们认为:在色心激光晶体中,除了激光活性心— $(\text{F}_2^+)_\text{H}$ 心外,还有非激光活性心,如 F_4 、 F_5 心等。当非激光活性心的吸收带复盖到 1.57 μm 时(如图 4 (*a*)),此晶体会发生自吸收,而使激光输出大大减小,甚至不产生激光;当非激光活性心的吸收带与泵浦光波长(1.08 μm)相交迭时(如图 4 (*b*)),非激光活性心会吸收泵浦光,这类吸收是无效吸收,降低了泵浦效率,而且这些无效吸收所产生的热效应对 $(\text{F}_2^+)_\text{H}$ 心不利;当晶体中不存在上述二类非激光活性心(如图 4 (*c*))时,晶体中 $(\text{F}_2^+)_\text{H}$ 心的浓度只要达到 0.15 OD,就可产生激光输出,并随着 $(\text{F}_2^+)_\text{H}$ 心浓度的提高,激光输出也相应提高。

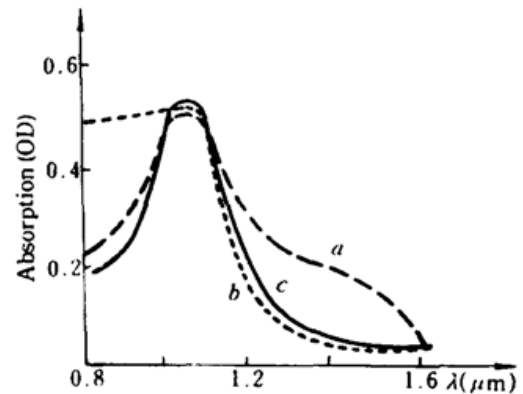


Fig. 4 Absorption spectra of three kinds of $\text{NaCl}(\text{OH}^-) : (\text{F}_2^+)_\text{H}$ crystal

(a) No laser; (b) low pump efficiency; (c) laser effectively

参 考 文 献

- 1 Pinto J. F. , Pollock C. R. , *Opt. Lett.* , **11**, 319~322(1986)
- 2 German K. R. , Pollock C. R. , *Opt. Lett.* , **12**, 474~476(1987)
- 3 Gelleman W. , *J. Phys. Chem. Solid* , **52**, 249~297(1991)
- 4 吴季怀, 许承晃 *et al.* , 人工晶体学报, **17**(3-4), 335(1988)
- 5 吴季怀, 许承晃 *et al.* , 华侨大学学报, **11**(3), 222~228(1990)
- 6 吴季怀, 许承晃 *et al.* , 人工晶体学报, **20**(3-4), 364(1991)