

LiF 晶体 F_2 色心可调谐激光器

赵家驹 周 衍 谢绳武 林嘉陵

(上海交通大学应用物理系)

提要: 本文报导以 0.53 微米激光作为泵浦的 LiF: F_2 色心可调谐激光器。实验所用的晶体的 F_2 心浓度约为 6.2×10^{17} 厘米⁻³, 高于已有报导值。0.69 微米附近可调谐激光输出线宽为 1.5 埃, 能量转换效率为 2.9%。晶体在连续运转 6 千个脉冲后, 才开始出现漂白效应。

A tunable LiF: F_2 color center laser

Zhao Jiaju, Zhou Yan, Xie Shengwu, Lin Jialin

(Department of Applied Physics, Shanghai Jiaotong University)

Abstract: A tunable LiF: F_2 color center laser using 0.53 μ m laser as the pumping source is reported. In this experiment, the concentration of F_2 center in crystal is about 6.2×10^{17} cm⁻³, a value higher than that previously reported. The linewidth of the tunable laser output around 0.69 μ m is 1.5 \AA with an energy conversion efficiency of 2.9%. There were no bleaching effects in crystal until 6000 pulses have been shot.

一、引 言

LiF 色心晶体的激光振荡已有许多报导^[1~5], 但器件的能量转换效率较低, 稳定性也较差, 经数十次脉冲运转后, 即出现漂白效应。我们利用经大剂量 Co^{60} - γ 射线辐照着色, 继而再用高压汞灯照射, 具有高密度均匀分布的 F_2 色心 LiF 晶体, 激光能量转换效率获得了提高, 并明显地延长了激光运转时间, 在长达 6 千次脉冲运转后, 才观察到激光晶体有漂白效应。在此基础上, 我们在共振腔内插入调谐元件, 在室温下获得了波长位于 0.69 微米附近的可调谐窄线宽激光输出。

二、实 验 装 置

泵浦光源系统见图 1, 我们采用的是光电调 Q 一级放大 Nd³⁺:YAG 脉冲倍频激光器, 重复率为每秒 1~10 次, 1.06 微米基波束的脉宽为 7 毫微秒。滤光片 F_1 滤去 1.06 微米基波, 透过的 0.53 微米光经透镜 L 聚

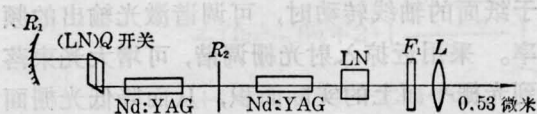


图 1 泵浦光源系统

收稿日期: 1982 年 7 月 28 日。

焦,沿 z 轴对激活介质 LiF:F_2 纵向泵浦。为了测量色心晶体的破坏阈值,我们使用了焦距较短的透镜($f=80$ 毫米)。调节晶体与透镜的间距,可以改变泵浦光的功率密度,以观察晶体的破坏情况。以下报导的输出能量和转换效率等数据,是色心晶体放在偏离透镜焦点10毫米情况下得出的。

无调谐元件的宽带激光振荡系统如图2所示。输入镜 R_1 对0.53微米泵光具有高透过率($T=90\%$),对0.69微米光全反,输出镜 R_2 对0.69微米光的透过率为80%。共振腔间距约17厘米。该系统形成由 LiF:F_2 荧光线条宽和共振腔镜 R_1R_2 反射特性决定的激光振荡,输出线宽一般为几百埃。

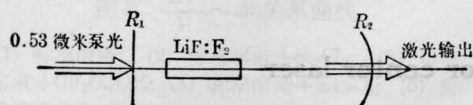


图2 宽带激光系统

为了压缩激光输出的线宽和实现调谐,我们在共振腔内插入色散元件,构成了可调谐激光系统,如图3所示。平面镜 R_3 和 R_4

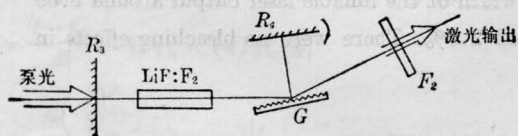


图3 腔内置有色散元件的可调谐系统

构成共振腔,对0.69微米均为全反;但 R_3 对0.53微米泵光还具有高透过率($T=90\%$)。光栅 G (1200线/毫米,闪烁角 17°)用作色散元件。光线近掠入射射向光栅,其零级衍射光作为输出,光栅的一级衍射光经反射镜 R_4 反射后返回原路形成振荡。当 R_4 绕垂直于纸面的轴线转动时,可调谐激光输出的频率。采用近掠入射光栅调谐,可增大光束落到光栅平面上的实际面积,从而降低光栅面上承受的功率密度,增加光束覆盖的刻线条纹。根据我们的测量,在近掠入射时光栅的无色散零级衍射光强约占总光强的70%,一

级衍射光强约占30%(与入射角有关),二级以上衍射光强接近零,是纵向泵浦情况下较合理的调谐光路。滤光片 F_2 滤去0.53微米泵浦光后,即可获得输出方向不变、频率连续可调的窄线宽红色激光束。

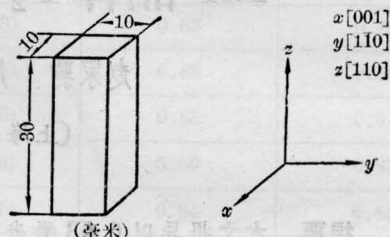


图4 LiF 晶体的尺寸和取向

LiF 晶体的尺寸和取向如图4所示。透光方向沿 z 轴。实验所用的5#样品在室温下由 $\text{Co}^{60}-\gamma$ 射线辐照*,辐照剂量为 4×10^7 拉得。用UV360型分光光度计测量了该晶体的吸收光谱,中心波长为4450埃,半宽度0.37电子伏,吸收系数 $\alpha=2.4$ 厘米 $^{-1}$ 。由此估算得 F_2 心的密度约为 6.2×10^{17} 厘米 $^{-3}$ 。荧光光谱用PMQ3型荧光光度计测量。以0.53微米光激发,荧光光谱中心波长为6900埃,半宽度0.29电子伏,约1100埃。所估算得到的 F_2 心密度值较一般报导^[2,3]为高,这可能是由于 γ 射线辐照剂量较大的原故。事实上,从晶体所呈颜色来看,文献[3]报导为黄色,而本文报导的5#样品呈茶褐色,亦可作出定性判断。

三、实验结果和讨论

用NJ-J1能量计测得倍频激光器每个脉冲的平均输出能量为12毫焦耳, LiF:F_2 色心宽带激光输出的平均能量为每个脉冲380微焦耳,最大能量可达550微焦耳。考虑到 R_2 镜的透过率为80%,滤光片 F_2 的透过率为

* 实验中为了消除 F_2 心,我们还将此晶体用80瓦高压汞灯照射三小时。 F_2 心的存在对 F_3 心振荡是不利的。但汞灯照射对 F_2 心的影响,还与该晶体所经受的 γ 射线辐照剂量有关^[6]。

58%，由此得到宽带系统的能量转换效率为6.8%。对于调谐系统，对某一特定波长实际测到的窄线宽输出能量转换效率为2.9%。这一数值是在共振腔光路未调整到最佳状态时测得的，实际效率还可更高些。调谐系统的转换效率较之宽带系统并不降低很多，表明我们所用的光栅调谐系统插入损耗并不严重，输出耦合的选择亦是恰当的。

激光器宽带输出和调谐输出的光谱分别在图5和6示出。图5照片中两条狭线分别是0.532微米和0.6328微米激光的光谱；宽带输出的光谱范围为0.652微米到0.69微米，带宽约380埃，中心波长短于0.69微米。该照片是经几百个脉冲重复曝光得到的。图6照片中单线为0.532微米泵浦光，三根并列线是调谐光栅位于不同位置时LiF:F₂心的窄线宽激光输出光谱。照片中谱线较宽是由于故意放大了摄谱仪的入射缝宽。

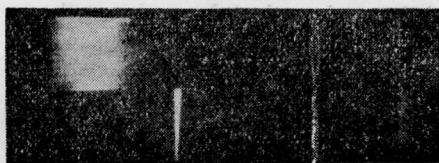


图5 宽带激光输出的光谱

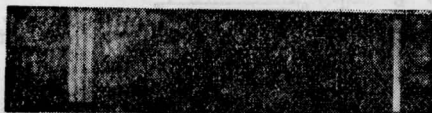


图6 可调谐窄线宽激光的输出光谱

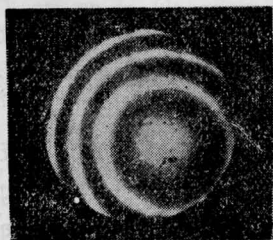


图7 调谐激光输出的F-P干涉图

我们还用F-P标准具拍摄了调谐输出的多光束等倾干涉条纹(见图7照片)。所用标准具的厚度 $d=0.2$ 毫米，材料为石英玻璃，反射率大于90%。标准具的自由光谱区 $\Delta\lambda_{\text{FSR}}\approx 6$ 埃。按图7照片中的条纹，估算出调谐输出的线宽约为1.5埃。如果进一步增大入射角，例如取 89° ，还可进一步压缩线宽(理论值可达1埃)。由于LiF:F₂心的增益较大，还可在共振腔内插入低细度F-P标准具，从而把线宽压缩到 10^{-2} 埃数量级。

实验中保持泵浦光在LiF晶体中光路不变，对于5#样品，连续运转了6千多次晶体才开始明显地漂白。泵光每分钟重复96次，0.69微米激光输出保持了65分钟。其中前2千次运转时激光输出的能量和光斑形状保持不变，光束发射角为1.6毫弧度。2千次后，激光输出光斑逐渐弥散，能量亦开始降低。晶体漂白后，沿光路部分呈黄绿色。我们曾对用不同剂量 γ 射线辐照，因而所呈颜色不同的晶体进行比较，发现除5#晶体外，其余晶体在几次到几十次运转后，激光输出性能都开始变坏，并出现漂白。这表示F₂心的稳定性可能与色心密度有关。进一步的工作尚在进行中。

本工作曾得到上海光学仪器研究所，上海市激光技术研究所和上海交大应用物理系固体物理教研组的大力支持，特致谢意。

参 考 文 献

- [1] Ю. Л. Гусев и др.; *Кван. электр.*, 1977, **4**, 2024.
- [2] R. W. Boyd, K. Teegarden; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1978, **QE-14**, No.9, 697.
- [3] 王联治等;《激光》, 1981, **8**, No.4, 25.
- [4] T. Kulinski, F. Kaczmarek; *Opt. Commun.*, 1979, **28**, 101.
- [5] T. Kulinski *et al.*; *Opt. Commun.*, 1980, **35**, 120.