

BeAl₂O₄:Cr³⁺ 晶体的激光性能实验

张守都 张克敏

(中国科学院上海光机所)

提要: 获得了 BeAl₂O₄:Cr³⁺ 晶体的电子-振动激光输出。自由振荡阈值 170 焦耳, 输出激光能量 140 毫焦耳, 激光中心波长为 7526 埃。激光具有与结晶学 *b* 轴相平行的线偏振特性。用石英双折射滤光片作调谐元件, 看到了激光的调谐输出。

Experiment of laser performances of Alexandrite crystals

Zhang Shoudu, Zhang Keming

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica)

Abstract: Vibronic laser output in Alexandrite crystals has been obtained. Experimental results prove that the laser performances has been improved as the temperature elevated, and the emission was the strongly polarized one as $E // b$. Tunable emission was observed at room temperature.

一、引言

BeAl₂O₄:Cr³⁺ 晶体在常温下, 可在 7000 ~ 8180 埃波长范围内获得连续可调谐的激光输出。它的光谱和物化性能均可称为较理想的激光晶体材料。1976 年 R. C. Morris 和 C. F. Cline 首次报导了它的激光实验结果^[1], 目前已在 701 ~ 818 毫微米波长范围内可连续调谐激光输出^[2, 3]。还能在二倍频 350 ~ 400 毫微米的紫外区调谐, 再加上其他非线性效应, 可从 200 ~ 1400 毫微米范围内输出激光。

二、实验条件

激光实验采用镀银的单椭圆聚光腔, 脉冲氙灯激励。激光共振腔是由半径 2 米的凹面腔片和一平面镜组成, 腔长 380 毫米。激光棒两端面镀 750 毫微米波长光的增透膜, 并用去离子水冷却和控制激光棒的工作温度。

激光棒是用高频加热引上法生长出的 BeAl₂O₄:Cr³⁺ 晶体, 沿结晶学 *C* 轴方向切割加工而成。A 棒尺寸为 $\phi 5.2 \times 74$ 毫米,

收稿日期: 1982 年 11 月 3 日。

B棒为 $\phi 4 \times 55$ 毫米。掺杂原子浓度约为0.1%。在Twyman-Green干涉仪上,用6328埃波长光源测得总的波前畸变为3.5条纹。对1.06微米光,测量侧向光散射损耗系数约为 0.02 厘米^{-1} 。

三、实验结果与讨论

1. 激光输出

图1是A棒在不同输出腔片透过率下与输出激光能量之间的关系曲线。由于光泵浦不均匀,或是激光棒的光学质量不均匀,所以性能曲线的初始部分有点弯曲。它说明最初只有在棒内一小部分体积上有激光输出。激光阈值随输出耦合的增加而上升,这是四能级激光运转所必然的趋势,同时激光效率斜率也有所提高。在 40°C 工作温度下,当 $R=95\%$ 时,阈值为191焦耳。输入360焦耳能量,激光输出52毫焦耳,斜率0.037%。当 $R=85\%$ 时,阈值为265焦耳。同样的输入能量,激光输出60毫焦耳,斜率上升到0.07%。用单色仪检测输出激光中心波长为7526埃,这些均证明了它是电子-振动激光输出。

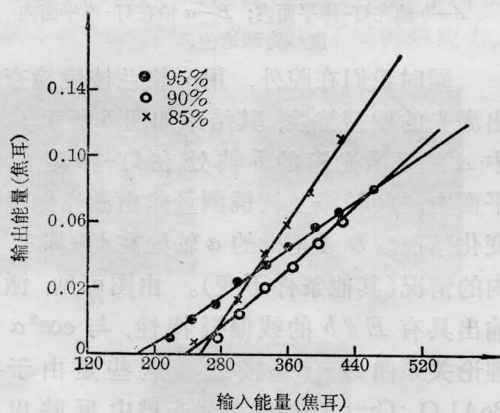
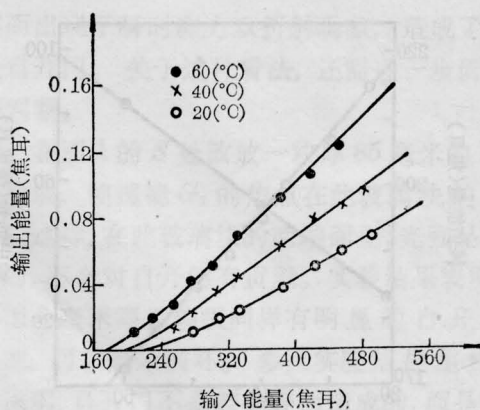


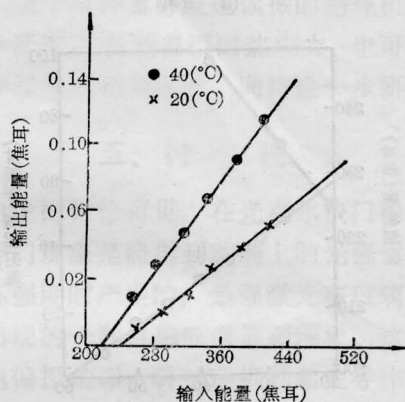
图1 输出腔片透过率与激光输出的关系
(工作温度 40°C)

2. 温度效应

改变激光棒的温度,测量了A棒和B棒



(a) A棒

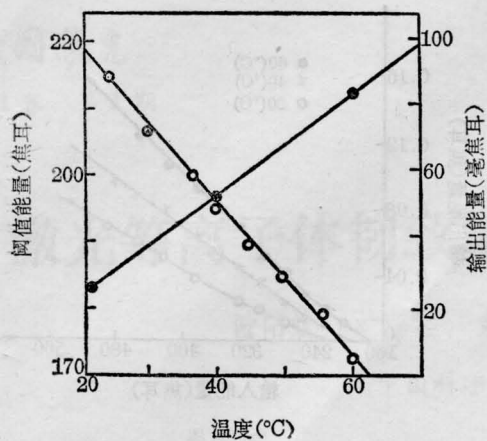


(b) B棒

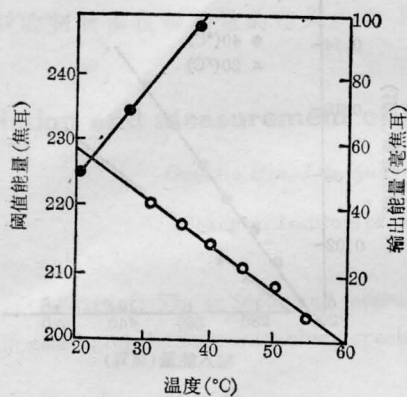
图2 A、B棒输出特性与温度的关系
($R=85\%$)

的激光性能与工作温度的关系,实验得到如图2所示的结果。图中表明激光性能随工作温度升高而有明显的改善(在其他条件相同情况下)。在图3中更容易看出激光阈值和输出能量与温度关系近乎有线性变化。

表1是用A棒在相同实验条件下,仅改变工作温度所得的结果。据[4]对激光增益计算的结果,在 300K 时, $\text{BeAl}_2\text{O}_4:\text{Cr}^{3+}$ 的激光增益截面是 $7 \times 10^{-21} \text{ 厘米}^2$,温度升高到 475K 时,截面增大到 $2 \times 10^{-20} \text{ 厘米}^2$ 。因此可以预计,再提高工作温度,激光性能还会有所改善,输出激光波长也会由此而改变。



(a) A 棒



(b) B 棒

图3 A、B 棒激光阈值和输出能量与温度的关系

○—阈值曲线；●—输出能量

表 1

工作温度(°C)	20	40	60
激光阈值(焦耳)	225.6	191.4	170
输出能量(毫焦耳)**	27.7	52	83
斜率(%)**	0.282	0.37	0.49

** $R=95\%$, 输入 360 焦耳能量下。

3. 偏振特性

由于 $\text{BeAl}_2\text{O}_4:\text{Cr}^{3+}$ 晶体的吸收和荧光光谱具有明显的偏振特性, 因此它的激光性能也必然会与激光棒的棒轴取向以及它在腔内放置的方位有关。由图 4 可见, 用同一根 C 轴取向的激光棒, 在相同的工作温度下, 当

它的结晶学 b 轴处在灯-棒平面内放置时, 其激光输出能量明显的要比 a 轴在灯-棒平面内的方位放置时要高得多。阈值也要低很多, 斜率约要高一倍。当然泵浦光的不均匀也是一个因素。

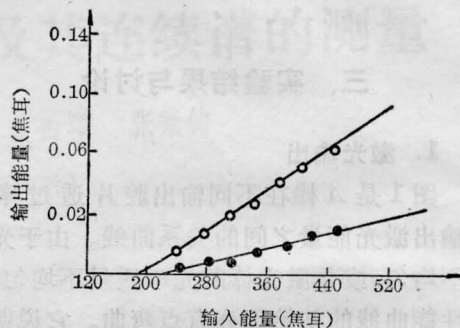


图4 激光棒放置方位与输出的关系

○— b 轴在灯-棒平面内；●— a 轴在灯-棒平面内

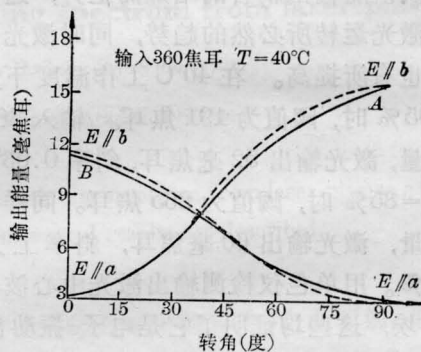


图5 输出激光的偏振特性

A— b 轴在灯-棒平面内；B— a 轴在灯-棒平面内
虚线为理论值，

同时我们在腔外, 用一格兰棱镜检查输出激光的偏振特性, 其结果如图 5 所示。图中 A 线是激光棒的 b 轴处在灯-棒组成的平面内, 旋转格兰棱镜测量输出激光能量的变化情况。 B 线是棒的 a 轴处在灯-棒平面内的情况(其他条件不变)。由图可见: 激光输出具有 $E//b$ 的线偏振特性, 与 $\cos^2\alpha$ 的理论关系曲线十分接近。这些是由于在 $\text{BeAl}_2\text{O}_4:\text{Cr}^{3+}$ 晶体的荧光光谱中反映出 $E//b$ 的荧光强度要比 $E//c$ 或 $E//a$ 方向振荡的高出一个数量级, 以致使棒轴取向为 b 的激光棒很难有激光振荡。所以可以说,

(下转第 43 页)

相继的电子又极易沿此沟道到达 D 介质表面, 并和 D 介质表面附近的正离子进行表面放电复合(我们在实验中观察到这种表面发光), 这是用负电压易引起辉光放电强度不均匀的一种可能解释。但是从实验中观察到此时仅仅是局部辉光强度的不均匀, 整个 S 区间都有不同强度的辉光放电, 并没有形成弧光放电。

4. 观察低气压下脉冲充电造成 S 区间的辉光。图 7 是 S 区间气压为 25 托用负 4000 伏脉冲充电时造成 S 区间辉光的照片。可见只要适当地选取放电区域的几何尺寸、气压以及使用的电压, 无论是脉冲充电或脉冲放电均可以造成 S 区间的均匀辉光, 但是内部的电子、离子的运动状态是不同的, 充电辉光是一个分荷储能过程, 而放电过程是一个异荷复合过程。

5. 充电助离化作用的观察。对器件进

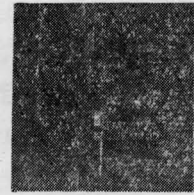


图 7 脉冲充电辉光图
(气压 $P=30$ 托, 电压负 4 千伏)

行充电时, 用外加高频火花放电到器件中的助离化金属丝 W_1 , 使之在器件内产生火花放电, 造成电子、离子对, 增加器件充电速度。实验中发现充电时, 助离化火花放电能够大大提高充电速度, 尤其是外加电压接近器件的着火电压还未起辉时作用更明显, 外加电压使 S 区间压降大于着火电压时, 充电过程将是以前充电辉光引起的分荷积储为主。

参 考 文 献

- [1] 王福敦等;《激光》, 1981, 8, No. 3, 44.

(上接第 46 页)

因为在激光棒中, $E//b$ 方向上的跃迁截面较其他方向的大, 增益高, 首先发生了振荡, 因此电子-振动输出激光也具有 $E//b$ 的偏振特性。这对它在 Q 开关运转和非线性上的应用十分有利。

4. 可调谐激光输出

在腔内以布儒斯特角插入双折射石英滤光片进行激光调谐实验。旋转石英滤光片, 用单色仪监视输出的激光波长, 观察到激光的调谐现象。

本工作与马笑山、吴光照同志一起讨论, 朱汝德同志和长春光机学院马珉同学参加部分实验, 特此致谢。

参 考 文 献

- [1] R. C. Morris, C. F. Cline; USP 3997853, 1976.
[2] J. C. Walling et al.; IEEE J. Quant. Electr., 1980, QE-16, No. 2, 120~121.
[3] J. C. Walling et al.; IEEE J. Quant. Electr., 1980, QE-16, No. 2, 119~120.
[4] J. C. Walling et al.; IEEE J. Quant. Electr., 1980, QE-16, No. 12, 1302~1315.