

LiF:F₂⁻ 晶体调 Q 的偏振特性

张贵芬

(中国科学院上海光机所)

提要: 研究了 LiF₂:F₂⁻ 晶体调 Q 输出的偏振特性, 解释了形成偏振光的原因。

Polarization characteristics of lasers with a LiF:F₂⁻ Q-switch

Zhang Guifen

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

Abstract: The polarization characteristics of the laser with a LiF:F₂⁻ Q-switch are studied. The reasons causing the polarization are presented.

一、引言

LiF:F₂⁻ 晶体用于 YAG:Nd³⁺ 激光器调 Q, 已经得到了良好的实验结果。在同一实验装置上, 仅改变调 Q 元件, 比较了 KDP 晶体、BDN (二氯乙烷溶液) 染料及 LiF:F₂⁻ 晶体调 Q 性能, 得到如下结果:

LiF:F₂⁻ 晶体——输出能量 50 毫焦耳, 脉冲宽度 (FWHM) 10 毫微秒, 输出谱宽 0.05 Å, 输出能量起伏 ±1.5%;

KDP 晶体——输出能量 45 毫焦耳, 脉冲宽度 (FWHM) 8 毫微秒, 谱线宽度 0.2 Å;

BDN 染料——输出能量 40 毫焦耳, 脉冲宽度 (FWHM) 14 毫微秒, 谱宽 0.05 Å, 能量起伏在 ±10%。

由此可见, LiF:F₂⁻ 晶体调 Q 达到或超过以前常用的两种调 Q 元件。使用寿命已超过五个月, 性能没有明显变化。它综合了

KDP 类晶体及染料调 Q 的优点, 具有使用方便、光学质量均匀及光稳定性好的特点, 特别适用于高重复频率等方面。

作为 Q 开关元件, 除上述参数外, 很多实际应用还要求输出偏振光, 比如参放、倍频、选脉冲及光学隔离等。本文就 LiF:F₂⁻ 晶体调 Q 输出偏振特性进行了研究, 解释形成偏振光输出的原因。

二、偏振度的测量

实验装置如图 1 所示。振荡器腔结构为平凸型不稳定腔。凸面镜曲率半径 $R=100$ 厘米, 镀全反射膜, 输出腔板为平行平板, 腔长为 50 厘米。YAG:Nd³⁺ 为 $\phi 4 \times 100$ 毫米, 电源重复率为 2 次/秒。LiF:F₂⁻ 晶体为长方体, 横截面为 10×10 毫米的正方形, 柱面为解理面, 放置在靠全反射镜一方。腔外

收稿日期: 1982 年 6 月 7 日。

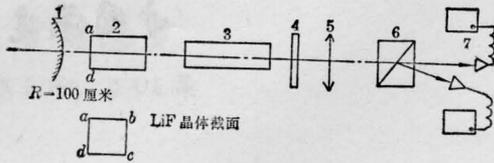


图1 实验装置示意图

1—凸镜；2—LiF:F₂ 晶体；3—YAG:Nd³⁺棒；4—输出腔镜；5—校准透镜；6—洛匈棱镜；7—能量卡计

放洛匈棱镜进行偏振度测量。

首先将 LiF:F₂ 晶体棱 *ab* 水平放置，输出光经洛匈棱镜后分成两束，寻常光 I_0 和非寻常光 I_e 。转动洛匈棱镜， I_0 和 I_e 强度发生变化。二者间的强度基本满足 Malus 公式， $I_0 = I \cos^2 \alpha$ 及 $I_e = I \sin^2 \alpha$ ，式中 α 角是输出激光电矢量与经过洛匈棱镜后寻常光电矢量间的夹角。当转到 $\alpha = 0$ 时，得到 $I_{0\max}$ 及 $I_{e\min}$ 值。当 $\alpha = \pi/2$ 时，则得到 $I_{0\min}$ 及 $I_{e\max}$ 。用高灵敏度卡计测出 $I_{0\max}$ 及 $I_{e\min}$ ，则可根据偏振度定义 $P = \frac{I_{0\max} - I_{e\min}}{I_{0\max} + I_{e\min}}$ ，求出输出光偏振度。我们通过多次测量进行平均，求得 LiF:F₂ 晶体调 Q 输出光偏振度 ≈ 0.9 。

在测量偏振度时，我们也观察到 [1] 报导的偏振面跳变现象。也就是说，不改变检偏器的位置，输出光可以从 $I_{0\max}$ 变到 $I_{e\max}$ ，即偏振面偏转 90°。跳变的几率不等，有时三、五个脉冲跳变一次，有时十几个、二十几个脉冲跳变一次。

改变 LiF 晶体位置，使棱 *ab* 从水平方向转到垂直方向，即转 90°，实验结果没有什么变化。但将晶体转动 45° 时，则输出光偏振面也相应转动 45°。顺时针、逆时针转动结果相同。这表明输出光偏振或者和 *ab* 棱垂直或者和 *ab* 棱平行。

三、偏振特性的解释

众所周知，LiF 晶体是一种具有岩盐结

构的面心立方晶体，而属于立方晶系的晶体不具有双折射特性。LiF:F₂ 晶体调 Q 产生偏振光输出原因只能从色心结构入手。

关于 LiF:F₂ 晶体调 Q 输出偏振特性在 [1] 中也有报导。它认为产生偏振的原因是 LiF:F₂ 晶体中存在着微区各向异性，其吸收差在 1~2%，这种差异造成偏振光输出。对偏振面的跳变则认为这是由于 LiF:F₂ 晶体及 YAG:Nd³⁺ 棒的不稳定性引起。我们认为这种解释是牵强附会的。它不能解释实验中所观察到的现象：为什么偏振面总处在平行或垂直于 *ab* 棱？偏振面为什么要跳变 90° 等类现象。

我们认为，产生偏振光输出的原因是由于 F₂ 心的结构造成的。

首先测量 LiF:F₂ 晶体对自然光在 1.06 微米处的透过率。然后再测量线偏振光下 LiF:F₂ 晶体的透过率，任意转动晶体方位，得到完全相同的透过率值。这表明 LiF:F₂ 晶体不存在各向异性吸收。

经高能射线照射后的 LiF 晶体中，产生各种类型的色心。最简单的是 F 心，它是一个阴离子空位俘获一个电子形成的。F 心也是立方对称的，因而也不具有各向异性。F₂ 是 F 心的高聚合物，它是两个 F 心共同占有一个电子形成的。根据 Seitz 提出的模型 [2]，如图 2 所示，F₂ 心失去了立方对称性。但在三维空间内，F 心方位有六个等同的方式，如图 2(b)。所以从不同方向测 LiF:F₂ 晶体的吸收仍然是各向同性的，这和实验结果是一致的。

当把 LiF:F₂ 晶体放入激光谐振腔内时，则发生完全不同的情形。设光垂直射入晶体 (100) 面，如图 3 所示。F₂ 心可以简单地处理成简谐偶极子，光偶极矩方向在两个卤离子空位的连线上，也就是在 [011] 和 [0 $\bar{1}$ 1] 及其他相反方向上。因为优质 YAG:Nd³⁺ 不具有各向异性，起始的自发发射荧光是各向同性的，也就是自然光。但是在 LiF:

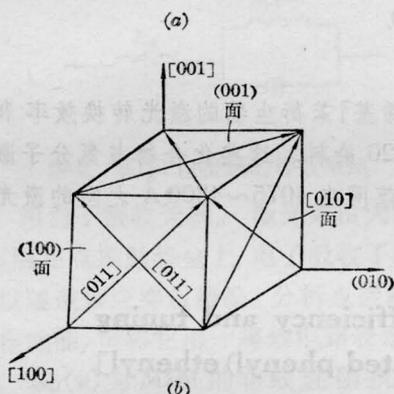
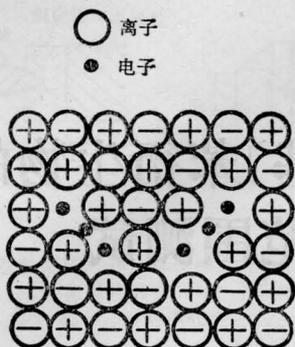


图2 F_2 心模型(a)及六个等同的取向(b)

F_2 晶体中, 只有电矢量在 $[011]$ 及 $[0\bar{1}1]$ 的正负方向上的光子才有最大吸收, 也就是只有沿 $[011]$ 及 $[0\bar{1}1]$ 方向振动的光子才产生“漂白”效应。和腔内驻波场引起多纵模振荡完全相反, 饱和吸收体中的驻波场只造成最大吸收谱线的饱和透明, 因而可以选出单纵模输出。二个沿 $[011]$ 及 $[0\bar{1}1]$ 振荡模有相同的

(上接第 211 页)

电子云的活动范围, 缩小了最高占有轨道(HOMO)和最低空轨道(LUMO)之间的能差, 也即降低了跃迁能, 所以向红移。实验结果与 Hückel 分子轨道法(HMO法)计算的结论是一致的^[3]。另外, 给电子基团提高激光能量转换效率。从表 1 和表 2 看, 染料 II ~ V 的激光效率等于或高于母体 I。

3. 1, 4-双 $[\beta$ -(取代苯基) 乙烯基] 苯类

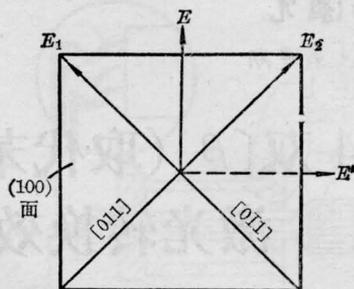


图3 偏振光的产生原理

波长。同时又有相同数量的 F_2 心, 二个振荡模强度相等。这样腔内同时振荡着二个振幅相等、波长相同而又相互垂直的模。谐振腔的驻波条件及半波损失, 使镜面上产生节点, 也就是二个波初相相同或相差为 π , 二个波迭加结果产生输出偏振光, 其电矢量或者垂直于棱 ab , 或者平行于棱 ab , 如图 3 的 E 及 E' 所示。

按照上述模型, 则能圆满解释实验中所观察到的现象。

为了改善输出线偏振光的特性, 我们在腔内插入洛匈棱镜起偏, 这样既消除了跳变现象, 同时又提高了偏振度, 在 ± 0.98 以上。

参 考 文 献

- [1] B. A. Бученков и др.; *Кван. электр.*, 1981, **8**, No. 10, 2239.
- [2] J. H. Schulman, W. D. Compton; "Color Centers in Solids", Pergman Press, 1962, p. 115.

染料的热稳定性好, 低于熔点温度没有分解现象。

参 考 文 献

- [1] Azuma Kensaku; *J. Appl. Phys.*, 1979, **18**, No. 1, 209.
- [2] 汪小兰等; 《高等学校化学学报》, 1980, **1**, No. 2, 125.
- [3] 薛价献等; 《高等学校化学学报》, 1982, **3**, No. 1, 93.