

透过激光器有机玻璃盖板观察到上面讨论的实验现象。30个预电离火花时,强辉光放电有30处,它们分别对应于30个火花产生区,在两火花之间的中间部分放电较弱。随着预电离火花增加,强辉光逐个增加。即使火花隙增加到60个,强辉光放电区实际上也还没有完全联接。这意味着随预电离火花的增加激光输出能量可进一步提高。

在图3(a)中给出了两主电极间的近场光强分布,图3(b)是垂直主放电间的光强分布。工作电压和气压以及气体比份与图2实验相同。光强分布的

测量是用1mm的狭缝靠近输出窗口沿输出光斑的一边逐阶推向另一边测量的。通过狭缝的激光用炭斗和直流复合计检测。图3(a)的光强分布在接近阳极区出现凹陷,可能与电子的分布、气体带电粒子以及它的激发态粒子分布有关,导致在这个区域受激XeCl*粒子降低。

(中国科学院安徽光机所 姚永邦 马树森
朱俊杰* 秦玉英 王广昌 王绍卿
1986年8月20日收稿)

有耦合孔谐振腔的紫翠宝石激光器的选模特性

Abstract: This paper presents the mode selection characters of the resonator with an output-coupling aperture in alexandrite lasers. The experimental results are analyzed and discussed.

一、引言

紫翠宝石(BeAl₂O₄:Cr³⁺)激光器是室温下在700.0~800.0nm间可调谐的终端声子振荡器,目前已经达到了较高的输出功率水平。但由于Cr³⁺离子的受激发射截面比较小(7×10⁻²¹~3×10⁻²⁰cm²),增益系数相应较低,国内外多采用多模振荡的谐振腔结构以获得低阈值及高输出能量。然而,激光器的单模运转又是很多激光应用所要求的。因此,对紫翠宝石激光器进行选模方面的研究是十分必要的。

不稳定腔是一种很好的选模谐振腔。但紫翠宝石增益低,按我们目前取得的数据,放大率一般要选在1.1~1.2之间。这样一来输出衍射环很窄,选模性能得不到多少改善。采用传统的腔内加小孔光阑选模,则因衍射损失的增加使阈值迅速增加,输出能量急剧下降,也不是一种好办法。采用耦合孔输出方式选模,既降低了阈值又得到相当高的能量输出,是一种比较合适的选模腔结构。

文献[1]的作者计算了具有耦合孔非对称球面腔本征模结构及损耗,但只计算了小耦合孔情况。这虽然有利于选模,但耦合输出能量很小,实际应用不宜采用。文献[2]的作者计算了具有大耦合孔圆形单面镜腔中的模结构及损耗,所用的模型与我们的实验结构比较接近,可以用来分析这里所得的实验结果。

二、实验装置及结果

实验使用的紫翠宝石棒尺寸为φ5×70mm,实

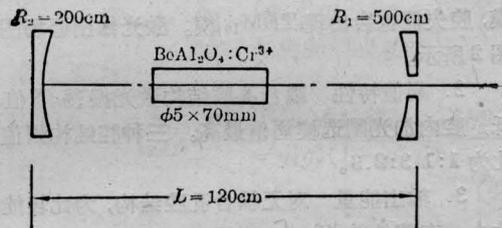


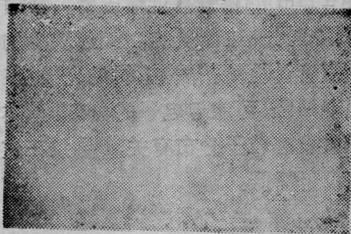
图1 耦合孔腔结构示意图

验测得最佳输出耦合率 $T=20\%$, 因此选用φ2mm的耦合孔。谐振腔是非对称稳定球面腔,两反射镜的曲率半径分别为 $R_1=500$ cm, $R_2=200$ cm, 均镀宽带全反射膜。在 R_1 镜中心开孔。实验装置如图1所示。当 R_1 镜上无耦合孔时,镜面上的斑点尺寸为 $w_1^2 = \left(\frac{\lambda L}{\pi}\right) \left[\frac{g_2}{g_1(1-g_1g_2)}\right]^{1/2}$, 对上述给定的 R_1 和 R_2 , 当 $L=120$ cm 时, w_1 有极大值且等于0.05mm。当用腔内加小孔光阑选模时,根据自孔径选模条件,小孔半径为 w_1 的二倍,即也是φ2mm。

实验比较了三种腔结构的激光输出性能:(1)腔开φ2mm耦合腔;(2)腔参数与(1)相同,但无耦合孔;(3)腔内加φ2mm选模光阑。在后两种情况中输出镜取最佳耦合率值。实验结果如下:

1. 选模性能 耦合腔在低光泵激励时,输出TEM₀₀模,强光泵时(三倍于阈值能量以上)输出TEM₀₁模,有时也会出现TEM₁₀模,和激光棒热形变造成腔的失调有关。腔内加小孔光阑输出TEM₀₀

* 华中大学院82届毕业实习生。



(a) 距输出镜 $d=2.5\text{m}$, 无耦合孔腔, 多模



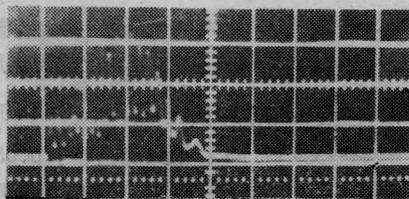
(b) $d=1.2\text{m}$, 耦合孔腔, TEM_{00} 模

图2 近场分布图

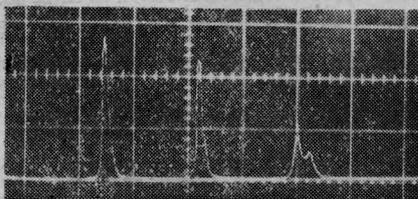
模, 腔失调也会出现 TEM_{10} 模。激光输出近场图如图2所示。

2. 阈值特性 耦合孔腔结构激光振荡阈值最低, 腔内加光阑选模阈值最高。三种腔结构阈值之比为 1:1.3:2.3。

3. 输出能量 对无耦合孔腔结构, 为比较能量大小, 在腔外放 $\phi 2\text{mm}$ 光阑。在同一泵浦水平下 (126J), 耦合孔腔输出能量最高, 腔内加光阑输出能量最低。三种腔结构的输出能量分别为 72mJ、54mJ 和 7mJ。



(a) 耦合孔腔



(b) 腔内加光阑

图3 激光脉冲波形图

扫描速度 $5\mu\text{s}/\text{cm}$; 灵敏度 $0.01\text{V}/\text{cm}$

4. 激光振荡时间特性 腔内加小孔时的输出呈现规则的衰减脉冲列, 间距近似相等, 类似于单模速率方程所预言的脉冲结构。耦合孔腔的输出脉冲比无耦合孔腔时还要多, 有时接近准连续输出^[3]。显然这和阈值下降有关系。脉冲波形如图3所示。

三、实验结果讨论

1. 由于三种腔结构振荡阈值不同, 在相同的光泵能量下输出能量不同是可以理解的。对于四能级系统而言, 输出能量 $E=A(K_{e4}-1)$, 式中 A 为常数, $K_{e4}=\frac{E_{泵}}{E_{阈}}$, 即所谓超阈值。对于耦合孔腔 $K_{e4}=2.3$, 腔内加光阑时 $K_{e4}=0.34$, 二者之比为 6.7 倍。实验测量得到的能量之比在 7~10 倍, 二者基本符合。无孔谐振腔 $K_{e4}=1.3$, 与耦合孔腔之比为 1.7 倍。实验测得的输出能量之比为 1.5 倍, 也是符合的。

2. 对耦合孔腔, 腔长度短到 40cm 时, 阈值升高, 输出能量减小, 多模振荡。腔长在 1~1.5m 之间变化, 输出特性基本不变。腔长大于 1.8m 时, 振荡阈值再度升高, 输出能量变小。腔内加光阑, 当光阑孔径为 $\phi 3\text{mm}$ 时也出现多模振荡。从激光实验已经知道, 在固体激光器中要观察到横模结构是比较困难的。固体棒折射率不均匀及内部存在的散射颗粒会使模发生畸变。特别是双球面腔的调整要求比较严格, 而棒的热透镜效应又经常使腔处在失调状态下, 所以在实验上经常观测到模图跳变。在低光泵时, TEM_{00} 模振荡比较稳定。强光泵时棒边缘的增益变大, 更有利于 TEM_{01} 模振荡, 模式变换更显著。要想得到稳定的 TEM_{00} 模振荡, 必须合理设计耦合孔的大小, 抑制 TEM_{01} 模振荡。

参 考 文 献

- [1] M. Tsuji *et al.*; *Appl. Opt.*, 1979, 18, No.9, 1334.
- [2] Ting Ye Li *et al.*; *JOSA*, 1967, 57, No.8, 984.
- [3] R. P. Sandoval; *Appl. Opt.*, 1979, 18, No.9, 1328.
- [4] 《固体激光导论》编写组; “固体激光导论”, 上海人民出版社, 1975 年。

(中国科学院上海光机所
张贵芬 李白翎* 马笑山
1986 年 6 月 26 日收稿)

* 长春光机学院 82 届实习生。