

YAG:Nd³⁺ 晶体光学均匀性 对激光性能测试的影响

谷雅珍 林 荷

(中国科学院上海光机所)

提要: 在进行 Nd³⁺:YAG 激光晶体性能测试过程中,常常发现同一根晶体棒在相同的实验条件下于谐振腔内旋转不同角度时可得到不同的实验数值(例如在测定脉冲效率、连续效率、内耗时)。我们考虑这是由于激光棒的不均匀性引起的。

研究了 Nd³⁺:YAG 晶体的光学均匀性对激光输出特性的影响,几根晶体棒的激光性能测试的结果指出:光学均匀性好的晶体才能得到稳定的激光输出。

Influence of optical homogeneity of Nd:YAG crystals on laser output performances

Gu Yazhen, Lin He

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

Abstract: In measuring laser performances of Nd:YAG crystals it is always found that there are different results (such as pulsed or CW laser efficiency, internal loss) for the same crystal rod at the same experimental conditions when the rod is rotated in the cavity. We consider that is caused by the inhomogeneity of the laser rod.

The influence of optical homogeneity of Nd:YAG crystals on the laser output characteristics was studied. Laser performances of crystal rods have been measured. It is pointed out that stable laser output can be obtained with optically homogeneous crystal rods.

YAG:Nd³⁺ 激光晶体是目前中小型固体激光器中应用最广泛的一种工作物质。实际应用的激光器件对 YAG:Nd³⁺ 晶体的质量提出了很高的要求,尤其对材料光学质量的要求更高。

我们在进行 YAG 晶体激光性能测试过程中,经常发现同一根晶体棒在相同的实验条件下,沿轴向旋转激光棒在腔体内的角度或改变激光棒的输出端方向,都会得出不同

的实验数据,测量静态脉冲效率、单程损耗时都有相同情况出现,同时也发现这些不同数据与晶体的光学均匀性有直接联系。

一、静态效率

1. 实验装置

静态效率是在单次脉冲器件上进行测量

收稿日期: 1981年8月12日。

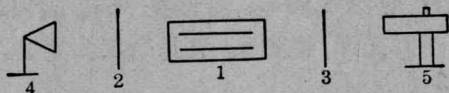


图1 测量静态效率的装置方框图

的,激光器谐振腔采用平行平面腔,实验装置如图1所示。

(1) 聚光腔:单椭圆镀银聚光器,长半轴为17毫米,短半轴为14.5毫米,腔体长为100毫米。光泵采用直管形脉冲氙灯,灯极间距为100毫米,氙灯的内径为6毫米,气压为500托。谐振腔长为400毫米。

(2) 激光输出膜片:1.06微米反射率为50%。

(3) 全反射膜片:1.06微米反射率为99.5%。

(4) 炭斗能量计。

(5) 内调焦平行光管。

为防止YAG棒吸收氙灯的紫外光而产生色心,棒外套用掺铈玻璃管,它能滤掉有害的紫外光,在可见及红外区域透过率很高。透过率曲线见图2。

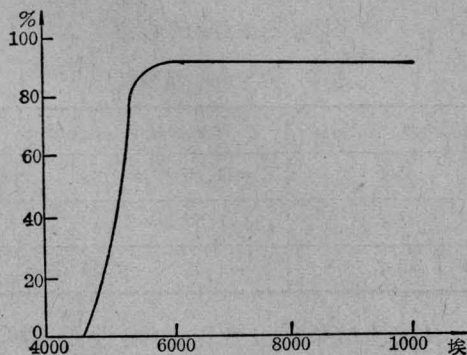


图2 玻璃套管透过率曲线

2. 实验和结果

我们测量了用高频感应加热提拉法生长的八根晶体棒,其中四根是本所自己生长的,另四根是外单位的。

光学均匀性用沙敏干涉仪测量,近场光斑位于输出端150毫米处,输入能量为50焦耳。图3为激光棒的干涉图和近场光斑;表

1示出在相同的输入能量下,改变棒在腔体内的位置所测出的输出能量值。

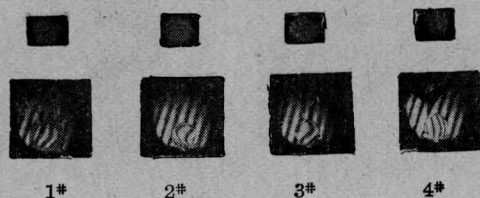


图3 激光棒干涉图和近场光斑

表1 激光棒输出能量的变化值

编号	E_{λ} (焦耳)	$E_{出}$ (焦耳)
1#	100	1.4 1.35 1.35
2#	100	1.56 1.52 1.53
3#	100	1.15 1.7 1.83 1.4
4#	100	0.8 1.55 1.35 1.8

从干涉图可以看出1#晶体光学均匀性最好,与背景条纹相比相差在半个条纹以内,同时这根晶体散射颗粒很少,散射损耗小;2#晶体除晶体边缘部分外棒的中心部位光学均匀性较好;3#和4#晶体棒的干涉条纹与背景条纹相差一根条纹以上,而且散射颗粒较多。从实验数据中可以看出:1#、2#晶体激光近场光斑分布均匀,几乎沿整个棒的截面同时都产生激光振荡。棒在腔内旋转角度或改变输出端方向,在相同的实验条件下,激光能量输出十分稳定。而光学均匀性较差,散射颗粒严重的3#、4#晶体棒,其激光能量输出随棒在腔内的位置而变,从表1的数据可看出激光输出的能量相差一倍以上。因此,我们认为这主要是晶体棒光学均匀性和光散射引起的。为了更进一步说明,再列举四根晶体激光棒的测量结果,干涉图是用台曼-格林干涉仪拍摄的,背景条纹为零级,参看图4、表2。

从图4、表2中可以看出G-1、G-2光学均匀性好,激光输出稳定。G-3、G-4两根棒光学均匀性差,激光输出不稳定,在相同输入能量下,输出最小为1.6焦耳;最大可达2.35焦耳。

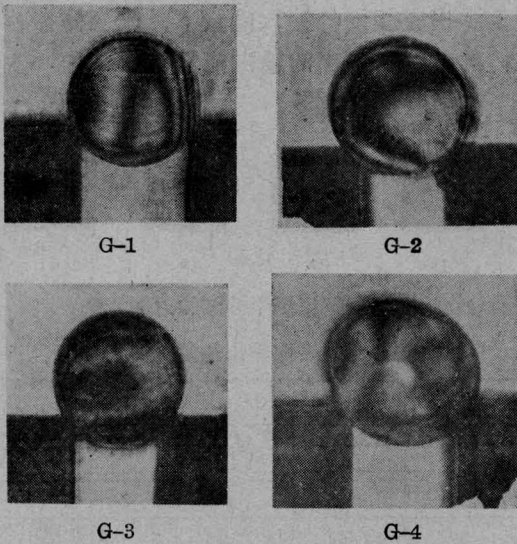


图4 激光棒干涉图

表2 激光能量输出变化值

晶体编号	E_{λ} (焦耳)	$E_{出}$ (焦耳)
G-1	79	1.12 1.12 1.15
G-2	79	1.15 1.04 1.12
G-3	100	1.27 1.63 1.47 2.08
G-4	100	1.9 2.35 1.6

二、单程损耗

单程损耗是反映晶体内部各种缺陷造成光损耗的综合值，就是激光晶体在受激发射过程中，由于谐振腔及晶体的散射、吸收、衍射等引起光子在腔内通过一次的总损耗，单位为 $\% \text{厘米}^{-1}$ 。

单程损耗测量采用阈值作图法。通过改变谐振腔输出端膜片的反射率 R 值，测出相应的阈值光泵能量 $E_{阈}$ 。利用公式

$$\ln \frac{1}{R} = 2KE_{阈} - 2\delta l$$

作出一条直线，直线的截距为 $2\delta l$ ，即可求出 δ 值。式中 R 为输出膜片的反射率； K 为与器件有关的常数； l 为棒长； δ 为单位长度的损耗系数。

我们对三根 YAG 棒进行了单程损耗的

测量，见图 5，表 3。用台曼-格林干涉仪拍摄了干涉图形，见图 6。背景条纹为零级。

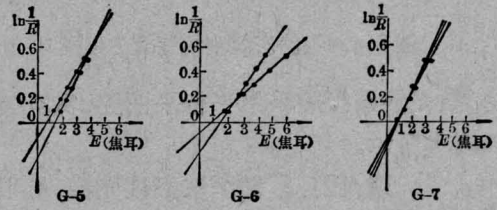
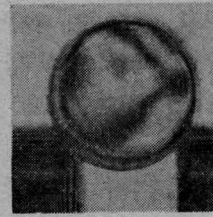


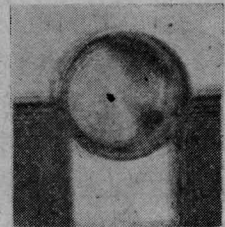
图5 阈值能量与 $\ln \frac{1}{R}$ 的关系曲线



G-5



G-6



G-7

图6 三根棒的干涉图

表3 激光棒单程损耗

晶体编号	单程损耗 δ ($\% \text{厘米}^{-1}$)
G-5	$\delta_1=1.15$ $\delta_2=2.69$
G-6	$\delta_1=1.5$ $\delta_2=0.6$
G-7	$\delta_1=1.61$ $\delta_2=1.69$ $\delta_3=1.76$

从实验结果看出光学均匀性好的 G-7 棒，内耗值很相近，三次测量结果基本一致。光学均匀性差的 G-5、G-6 棒，测量的内耗值相差很大。因此单程损耗的不稳定因素也与晶体的光学均匀性有直接关系，对于光学均匀性较差的 YAG 棒，内耗值是难测准的。

三、结果讨论

从上述实验结果看出 YAG: Nd^{3+} 晶体

光学质量对脉冲效率和单程损耗测量的稳定性影响很大,其原因我们认为,在我们的实验条件下,单灯单椭圆聚光腔,光泵照射不均匀,对于光学均匀性较差的激光棒,特别是在输入能量较低的情况下光泵的照射不均匀使晶体棒不能同时产生激光振荡,当转动激光棒时,如光学均匀性好的一面靠近氙灯,则吸收光泵的能量多,输出能量就偏高。如果光学均匀性不好的一面靠近氙灯,吸收光泵的能量就少,输出能量就偏低,激光振荡区域随着棒在腔内位置的改变而变化,使测得的结果偏差很大。光学均匀性好的棒则不存在上述情况。

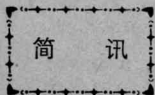
另外,散射颗粒引起的散射损耗及光学不均匀性引起完全不规则的程差变化,使激光光束在腔内偏折或发散,这就破坏了腔内稳态特征波形,因此在输入能量较低时,转动激光棒和改变输出端方向导致输出不稳定。如果输入能量较高或用双灯泵浦,可能会得

到较稳定的输出。

四、结 束 语

1. 为获得光学均匀性好的激光晶体,应采用选棒与改进生长工艺相结合的方法。目前用高频炉生长的凸界面晶体都有核心,核心产生的应变区较大,核心虽然只有2毫米,其应力范围可达8~10毫米。在选棒时虽将核心切除,仍不能切除由核心引起的应力区域。因此在生长有核心的YAG晶体时,一方面要尽量缩小核心的直径或者生长直径为 $\phi 30 \sim 40$ 毫米的大晶体,以便从大尺寸的晶体毛坯中选出光学均匀性好的部位切棒。

2. 鉴于当前研制的YAG:Nd³⁺激光棒,相当部分都存在程度不同的光学不均匀性,建议使用者在调整激光器时,将激光棒在聚光腔中的位置反复调试,以便获得最佳激光输出。



广州市激光学会成立

1982年1月21日,广州市激光学会在广东省科学会堂召开成立大会。省科协、市科协的负责同志和科学工作者150多人参加了大会。正在中山大学讲学的中国科学院上海光机所研究员邓锡铭也应邀出席了大会,并作了访美情况和我国目前激光技术发展情况的报告。

大会讨论了激光学会章程,选举了理事会。学会理事长由中山大学郑顺旋同志担任,广州市应用光学研究所谌树钦任秘书长。学会设立三个专业组:激光医学组;激光元件、器件研究组;激光应用组。

广州市从1963年起便开始激光技术研究,是我国较早开展这项研究工作的省市之一。目前广州市大约有50个单位、300多名科学工作者在从事激光技术和应用的研究。

(纪 钟)