

高功率Nd:YAG倍频激光器的结构设计

王文桂

(中国科学院上海光机所)

提要: 本文介绍BPJ-1型Nd:YAG倍频激光器在总体布置、谐振腔、聚光腔、倍频器和冷却系统的设计。器件的总体指标: 脉冲能量 >0.3 焦耳; 脉宽 <4.5 毫秒; 发散角 <1 毫弧度; 重复频率1赫; 倍频效率 $>45\%$; 可连续工作30分钟。

Structure design of high power frequency-doubled Nd:YAG lasers

Wang Wengui

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

Abstract: This paper describes the design of general arrangement, resonant cavity, optical condenser, frequency doubler and cooling system of the BPJ-1 frequency doubled Nd:YAG laser. Laser parameters are as follows: pulse energy 0.3 j, pulse duration <4.5 ns, beam divergence <1 mr, repetition frequency 1 pps, efficiency for frequency doubling $>45\%$, the device can operate continuously for 30 minutes.

一、引言

激光器的结构设计,是影响激光器的稳定性和输出激光光束质量的因素之一。因此,对一台激光器的结构设计的要求是:

1. 装调方便: 激光器内的各光学元件,例如谐振腔片、工作物质(以下简称“棒”)和泵浦光源(以下简称“灯”)等均需要装拆容易、调整方便。如果系统中任一光学元件需要更换,就能在较短的时间内(例如半小时)调整到谐振位置,使激光器很快地恢复工作。

2. 保持输出激光参数稳定: 激光器内各光学元件之间的相对位置的稳定性是十分重要的,相对位置间的微小变化(波长级)会

影响到场图分布。

3. 使用可靠: 要求在不作任何调整的情况下长时期(几个月)地正常工作。

二、结构设计

1. 总体设计: 由振荡器输出的激光球面波,经过补偿器以平面波送往I级放大器(以下简称“I放”),I放用单灯泵浦,在振荡器与I放、I放与II放(II级放大器)之间置以扩束器,以使各级工作物质孔径匹配,减小功率密度,防止棒的损坏及改善光束方向性(图1)。I放与振荡器采用同一腔体结构,但灯和棒位置互易。II放采用双灯泵浦,两灯

收稿日期: 1981年12月10日。

水平布置, 目的在于改善激光束的能量分布均匀性及减小波阵面畸变。为了防止 II 放的反向辐射经 I 放后对振荡器的破坏作用, 将 II 放设计成分离体, 以便于拉长 I 放与 II 放之间的距离。II 放之后经过倍频, 将 1.064 微米的激光转换为 0.532 微米的绿光输出。



图1 激光器光学系统

2. 谐振腔座结构设计: 为了满足人卫测距的远距离和高精度 (6000 公里的测距误差为 20 公分) 要求, 选用波形限制能力较强的高增益非稳腔^[2]。该类型腔对调整精度要求较高, 为了调整到谐振位置和获得最佳输出, 输出平板腔片设计成具有两维角度可调的微调结构, 球面腔片除具有两维角度微调外, 还具有三个坐标方向的移动微调。在微调结构中, 设有消间隙机构和锁紧装置, 以防间隙引起的晃动; 为了保持各元件间的相对稳定性, 相关零件选用同一材料及温度系数相近的材料, 并作稳定性处理; 相关零件的刚度设计, 是为了防止内应力引起的变形。上述种种措施控制了腔片位置的稳定性。同时, 还要使调节使用方便。

3. 聚光腔设计: 激光器的聚光腔设计, 决定着光从泵浦灯耦合进棒的效率, 还关系到激光棒光学均匀性的动态畸变量大小, 直接影响到输出激光束的质量 (场图分布均匀性和发散角大小)。另外, 腔的结构紧凑性也必须兼顾。

综合上述因素, 振荡器设计中选用灯的直径 D_1 与棒的直径 D_2 相等。由水冷结构决定焦距 $2c=20$ 毫米, 选用离心率 $\varepsilon=c/a=0.4$, 故长轴 $2a=50$ 毫米, 短轴 $2b=45.84$ 毫米, 腔长 60 毫米的聚光腔, 由图 2 可以看出, 这种椭圆柱腔的聚光效率 $\eta \geq 75\%$ 。其泵浦灯光照的 5% 直接照射到棒上, 大部分光

能是通过聚光腔成象照射工作物质的, 光照相对来说是均匀的, 致于其不均匀部分, 将通过 I 放和 II 放的双灯使其得到比较理想的均匀度。同样的设计思想, 双灯放大器的 $2c=25$ 毫米, $\varepsilon=0.45$, $2a=56$ 毫米, $2b=50.1$ 毫米, $\eta=75\%$, 腔长为 100 毫米。

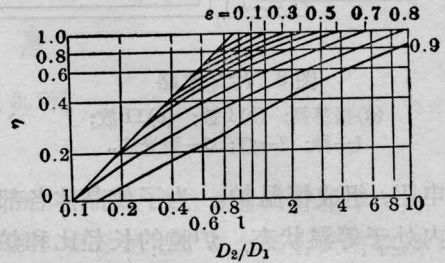


图2 离心率 ε 与聚光效率 η 的关系 (D_1, D_2 为灯棒直径)

聚光腔的效率除取决于腔形结构外, 还取决于椭圆柱面镀层的光洁度, 以及镀层对于棒的吸收波长的反射率。银的反射膜在强光照射下很易氧化, 随着氧化膜的形成, 聚光效率降低, 输出能量变小, 故使用适当的时期后应予以重新抛光。对 Nd:YAG 工作物质来说, 金膜更为合适。

4. 冷却系统设计: 由于光泵功率较高, 激光输出功率较大, 故选用分腔水冷。各路通道截面按等流速设计, 流程通道内避免突变, 水温保持在 30°C 以下, 每分钟流量大于 10 升, 在盛夏高温季节, 可用冰块降低水泵内的水温。单灯泵浦的水流从棒进入, 经灯后流出, 双灯泵浦的灯和棒分别水冷, 腔体另成一路。各水路经接水柱汇总, 与水泵连接, 如图 3 所示。水泵置于仪器的底座下部。

为了防止近棒区域因水阻大而流动性差, 工作物质所在的一段管道内, 设计成螺旋水流, 以提高冷却效果。

5. 倍频器设计: 由于 KD*P 晶体的匹配角对温度具有极高的灵敏度, 欲保持倍频效率的稳定性, 要求倍频器在恒温 (温度波动 $\pm 0.1^\circ\text{C}$) 状态下工作, 为此, KD*P 安装在高导热率的铜套内, 四周绕有加热线圈和装有

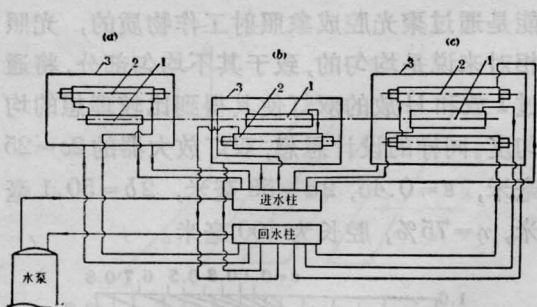


图3 冷却水路

(a)振荡器; (b)I放; (c)II放;
1—棒; 2—灯; 3—聚光腔,

乙烯泡沫塑料组成保温壁,使炉内与外界很好地隔热,保证晶体精确地和均匀地在 $45^{\circ}\text{C} \pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 的恒温状态下工作。因为KD*P是水溶性晶体,因此,用“O”型橡皮圈密封在恒温炉内。倍频器具有三维角度的精密微调机构。

器件的实验研究工作,由我所604组同志承担^[1~3]。对吴兆庆、朱宝铃、韩广礼、梁月明等同志在研制工作中的帮助一并致谢。

参 考 文 献

- [1] 范琦康等;《激光》,1979,6, No. 3, 14.
- [2] 范琦康等;《激光》,1980,7, No. 3, 44.
- [3] 杨福民等;《科学通报》,1981,26, No. 12, 738.

热敏电阻,组成恒温炉。为了使晶体各部分在炉内处于等温状态,炉膛的长径比和炉长与晶体长度之比为4:1。用聚苯乙烯和聚苯

(上接第671页)

波长和光密度是选购激光防护眼罩时必须注意的两个主要参数。

2. 激光外科手术器械: 外科手术器械多是光滑的金属平面,把这些器械原封不动地用于激光手术,它们对激光将作镜式反射,从而危害工作人员和病人。所以为激光外科手术设计一套手术器械是很有必要的。激光外科手术器械必须具备下述条件: (1) 表面毛糙,以造成漫反射。(2) 尽可能把器械对光的一面做成凸面,把平行光变成发散光。(3) 器械应是有色的,为了简便,可一律电镀成酸性铬黑。但不可染黑,因染料受不住二氧化碳激光所生之热。

3. 激光室墙壁的颜色: 墙壁应是毛糙、浅色的。对于可见激光,墙壁应刷激光的互补色。对于二氧化碳激光,据实验白的和黑的反射差不多,看来刷成浅灰会是令人满意的。

参 考 文 献

- [1] Laser Institute of America, Laser Safety Guide, 3rd ed. Cincinnati, Ohio, 1976.
- [2] American Conference of Governmental Industrial Hygienists, A Guide for Control of Laser Hazards, Cincinnati, Ohio, 1973.
- [3] Mallow A.; Laser Safety Handbook, Litton Educational Publishing, Inc., 1978.
- [4] American National Standards Institute, American National Standard for the Safe Use of Lasers Z 136. 1~1976, New York, 1976.

首届全国基础光学学术报告会在北戴河召开

中国光学学会于1982年6月24日至29日在北戴河召开了首届全国基础光学学术报告会和基础光学专业委员会工作会议。一共有131人出席了这次会议。

报告会收到论文180篇,由组织委员会评选出其中的80篇作为本届报告会的论文报告。这些报告按内容分成七个专题,它们是: (1) 光学的基本理论问题; (2) 经典光学; (3) 激光物理; (4) 强光光学与非线性光学; (5) 光谱学与激光光谱; (6) 光学

信息处理与全息术; (7) 导波光学与大气光学。

报告会期间还组织了五个专题讨论,它们是: 光学信息处理; 激光光谱; 非线性光学; 激光物理; 经典光学。与会者就这些项目目前国内外研究的状况,本单位今后打算重点研究的内容等进行了交流;对今后如何加强中国科学院与高等院校之间基础光学研究的交流合作,今后如何组织这些方面的学术交流活动等,进行了热烈的讨论。

(纪钟)