

实验四 固体激光器的装调及静态特性

实验序号 No:225003

固体激光器的装调及静态特性

Solid State Laser Alignment and The Parameter Measurement

实验简介

固体激光器一般由激光工作物质、泵浦光源、聚光腔、光学谐振腔和控制电源组成。常用的固体激光器有：红宝石激光器、Nd:YAG 激光器、钕玻璃激光器、钇激光器、钛宝石激光器等。本实验使用的是红宝石激光器。



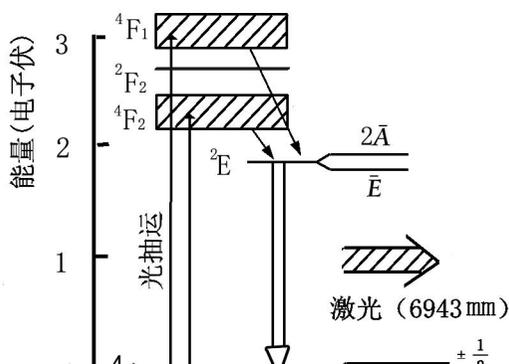
一、实验目的

- (1) 掌握固体激光器的工作原理；
- (2) 学习固体激光器的装调；
- (3) 掌握常用固体激光器的调整和检测仪器的使用方法；
- (4) 测量固体激光器的静态特性。

二、实验原理

(1) 固体激光器的工作原理

固体激光器主要由激光工作物质、激励泵源、聚光腔和光学谐振腔组成。常用的固体激光工作物质有红宝石晶体、掺钕钇铝石榴石晶体 (Nd:YAG)、掺钕玻璃等。本实验中激光工作物质为红宝石晶体，它的激活离子是红宝石中的三价铬离子，激光输出的波长为 694.3nm。



红宝石中铬离子产生受激辐射的能级如图 4—1 所示。当光泵的光照射红宝石时，则处于基态能级 4A_2 的铬离子就吸收光泵的能量跃迁到能级 4F_2 和 4F_1 上。再经过非辐射跃迁的形式跃迁到 2E 上。 2E 是亚稳态，具有较长的能级寿命，平均寿命约为 3 毫秒。激发离子可在 2E 上积聚起来，从而实现粒子数反转，每当光通过处于粒子数反转状态的红宝石棒时，由于受激辐射，光得到放大。因为能级 2E 分离成为 ${}^2\bar{A}$ 和 \bar{E} 两个能级，从 ${}^2\bar{A}$ 至 4A_2 和 \bar{E} 至 4A_2 的跃迁分别发射 692.9nm 和 694.3nm 的光。不过，由于能级 \bar{E} 的平均寿命比能级 ${}^2\bar{A}$ 的平均寿命稍长，以及 \bar{E} 处于较低能级位置上等原因，所以通常红宝石激光器输出的是 \bar{E} 至 4A_2 跃迁的 694.3nm。

红宝石 ($Al_2O_3:Cr^{3+}$) 的能级为三能级系统，它与四能级系统的掺钕钇铝石榴石和掺钕玻璃相比有较高的光泵阈值。红宝石激光器的输出受温度影响大，在室温下主要是脉冲工作。

一般结构的固体激光器称为静态激光器，理论与实验表明，它输出的脉冲并不是一个平滑的脉冲，而是一群只有微秒量级的尖峰脉冲序列，如图 4—2 所示，人们称这种现象为激光弛豫振荡或尖峰振荡。激光弛豫振荡的产生机理可定性解释为当粒子反转数 Δn 达到并稍超过阈值时，开始产生激光。受激辐射使粒子反转数 Δn 下降，当 Δn 下降到阈值时，激光脉冲达到峰值。 Δn 小于阈值，增益小于损耗，所以光子数减少。但随着光泵的增加， Δn 又重新增加，再次达到阈值时，又产生第二个尖峰脉冲。在整个光泵时间内，这种过程反复产生，形成一群尖峰脉冲序列。增加光泵的输出能量，则尖峰脉冲的个数增加、尖峰脉冲之间的时间间隔变小，激光弛豫振荡的总宽度约为毫秒量级。

输出光强



三、实验装置

静态激光器的结构示意图如图 4—3 所示,它由激光工作物质、光激励泵源、聚光器和光学谐振腔组成。

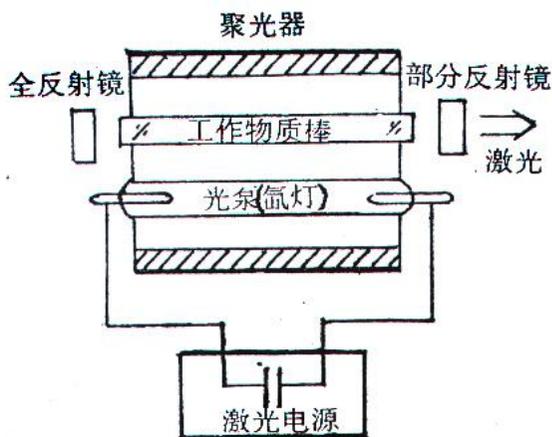


图 4—3 固体激光器示意图

本实验的固体激光器装置如图 4—4 所示。He-Ne 激光器、光栏用于调整激光器, 能量计和光标检流计用于测量激光器的输出能量, 光电探测器和示波器用于观察氙灯闪光波形和激光输出波形。本实验的固体激光器采用红宝石激光器, 实验装置的具体参数简述如下:

(1) 红宝石激光器

- | | |
|-------|---|
| 红宝石棒 | $\phi 6 \times 70\text{mm}$ |
| 脉冲氙灯 | $\phi 6 \times 70\text{mm}$ |
| 谐振腔长 | 500mm |
| 平面反射镜 | 部分反射镜透过率 $T=60\%$ |
| 储能电容 | $400 \mu\text{F} \times 4 = 1600 \mu\text{F}$ |
| 聚光腔 | 单椭圆柱, $a=35, b=30$ 镀银抛光。 |
- (2) 激光能量计 炭斗接收, 光标检流计指示, 测量范围 0—13 焦耳。
- (3) 光电探测器 如图 4—5 所示。
- (4) 脉冲示波器。

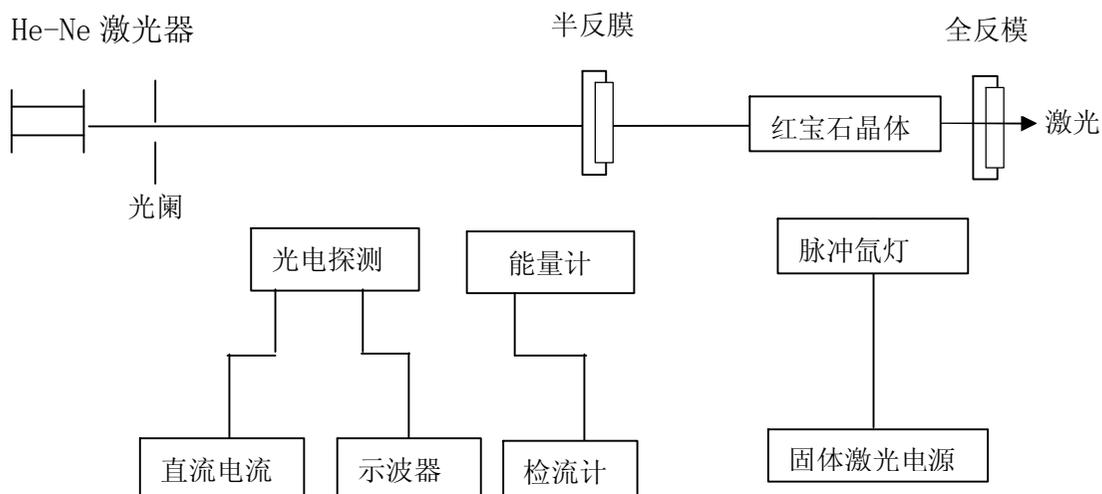


图 4—4 实验装置示意图

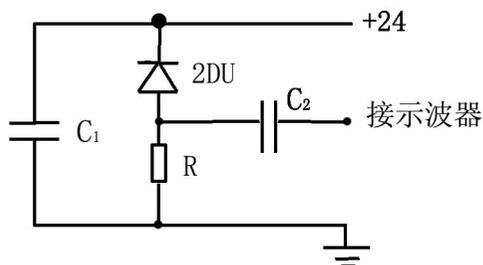


图 4-5 光电探测器电路图



四、实验内容

(1) 装调静态固体激光器，使之产生激光，反复调整，降低阈值。

(2) 观察脉冲氙灯的闪光波形。

本实验的脉冲氙灯充电和放电回路如图 4—6 所示，充电电压范围为 600V—1300V，改变充电电压，观察氙灯闪光波形变化，观察闪光波形宽度并与理论计算值比较。

$$\text{闪光时间} \quad T=2n\sqrt{LC}$$

$$\text{储存电能} \quad E=\frac{1}{2}nCV^2$$

式中 n 为仿真节数， n 越大放电波形越接近方波。 C 为每节电容量， L 为每节电感量， V 是电容上的充电电压值。

(3) 测量激光器输入能量的阈值

使储能电容器充电（从 1300V 到 600V）。分别触发激光器，用黑相纸记录打出的斑点，直到黑相纸打不出痕迹时即为激光器阈值输入能量。

(4) 重复上述实验，将激光脉冲射入能量计探头，从光电检流计上读出相应激光能量数值，画出输入输出曲线。如图 6—7 所示，延长实验曲线与横坐标轴的交点即为输入能量之阈值。

(5) 用光电探测器接收激光，从示波器上观察激光尖峰振荡波形，改变光泵输入能量，观察尖峰振荡波形的变化。

五、实验方法提示

(1) 激光器的调整方法

用 He-Ne 激光器光束调整固体激光器的谐振腔反射镜，首先使它们轴向与红宝石棒对中，并使它们对 He-Ne 激光的反射光斑重合，达到严格平行。

(2) 激光波形的观察

为了避免光强过强引起光电探测器饱和失真，需要用若干毛玻璃或纸片将激光衰减，衰减程度应以观察到不失真的激光波形为准。

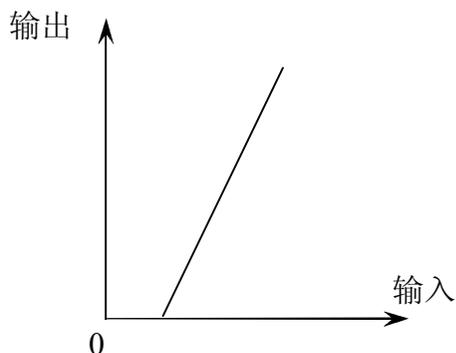


图 4—7 激光输入输出曲线

(3) 用示波器观察氙灯闪光波形和激光波形时，要注意调整示波器的触发灵敏度，使示波器只有在待测信号输入时才扫描，电干扰均不得使示波器扫描。

六、思考题

- (1) 怎样观察氙灯的发光时间与激光振荡的时间之间的关系？
- (2) 用什么观察方法可以求出脉冲峰值功率？
- (3) 你观察的氙灯闪光时间与理论公式计算结果符合吗？想想为什么？