

实验六预习报告：激光放大器的特性研究

王路 BC21004008

一：实验目的

1. 了解固体激光器的自由震荡输出特性和调 Q 脉冲输出特性；
2. 了解固体激光放大器的基本原理和结构；
3. 掌握固体激光放大器的光路调整以及表征参数的简单参数测量
- 4.

二：实验原理

1. 自由震荡激光器的组成和激光输出特性

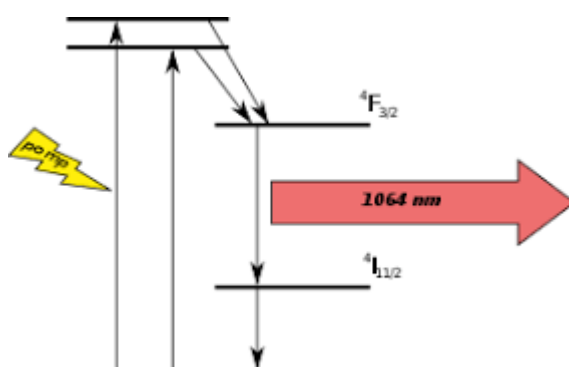
激光器是利用受激辐射原理使光在某些受激发的物质中放大或振荡发射的器件。激光振荡器指把激发的物质放置于共振腔内，光辐射在共振腔内沿轴线方向往复反射传播，多次通过物质，光辐射被放大许多倍，形成一束强度大、方向集中的光束“激光”。激光振荡器就是用来放大激光器输出能量

2. Nd:YAG 放大器原理和特性

放大器主要由工作物质和泵浦能源组成，与激光器相比只缺少一个谐振腔。它的主要作用是对输入的激光进行单次或者多次的放大，提高输出功率。中间层是 YAG 晶体 (工作物质)，上下两层为泵浦灯，分别用电容器进行充电，若在电容器两端都加上 V 电压，则充电的总能量在 cV^2 。当充电完成后，电容器就相当电源放电。

YAG 晶体是掺杂了 Nd^{3+} 的石榴石，其中参与受激辐射的是 Nd^{3+} ，它是一个四能级系统。用具有连续谱的氙灯照射晶体， Nd^{3+} 离子就从基态跃迁到激发态 E_4 的一系列能级，由于 E_4 能级的寿命仅为几十纳秒，所以大多数粒子无辐射跃迁到了 E_3 态，由于 E_3 态是亚稳态，所以容易形成粒子数的积累。这样就在 E_3 和 E_2 之间形成了粒子数反转， E_3 到 E_2 之间的辐射光可以在激光谐振腔中增益形成激光。辐射波长为 $1064nm$ 。

光放大是基于受激辐射，入射的 $1064nm$ 的光子激发上能级例子跃迁到下能级，以雪崩效应的方式产生许多全同光子，导致出射很强的 $1064nm$ 的脉冲，相当于入射光被放大。



如果泵浦光源是连续工作的(在这种情况下,一般采用连续工作的氙灯),则它可以不间断地对 Nd^{3+} 离子的能级提供粒子数反转,从而得到连续的激光输出。如果采用脉冲工作的泵浦光源(一般采用脉冲氙灯),就可以得到脉冲激光输出,由于在阈值以上的泵

浦时间内都有激光产生, 因而激光脉冲的持续期长而峰值功率低, 不适合于大多数的实际应用。为了得到脉宽窄而峰值功率高的激光脉冲, 就必须采用“调 Q ” 的方法。

3. 调 Q 激光原理

激光调 Q 技术是将激光能量压缩到宽度极窄的脉冲中, 从而使激光光源的峰值功率提高几个数量级的一种技术。激光调 Q 技术的基础是一种特殊的光学元件--快速腔内光开关, 一般称为激光调 Q 开关或简称为 Q 开关。

如果在共振腔内引入一个快速光开关--Q 开关, 使光泵脉冲开始后相当长一段时间, 有意降低共振腔的 Q 值而不产生激光振荡, 则工作物质内的粒子数反转程度会不断通过光泵积累而增大, 然后在某一特殊选定的时刻, 突然快速增大共振腔的 Q 值, 使腔内迅速发生激光振荡, 积累到较高程度的反转粒子数能量会集中在很短的时间间隔内快速释放出来, 从而可获得很窄脉冲宽度和高峰值功率的激光输出。光学谐振腔保证了光的相干增强, 最后形成一个持续期极为短促, 峰值极高的激光脉冲。

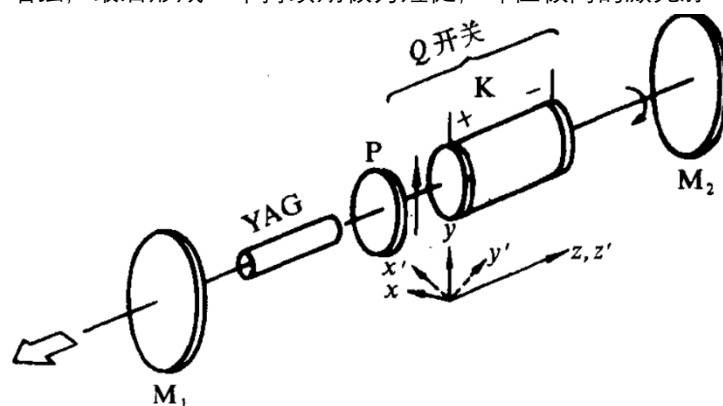


图 9-4 电光 Q 开关

电光调 Q 开关是常用的光开关, K 为电光晶体, 这种晶体存在三个结构上的对称轴, 由于电光效应的存在, 晶体对于垂直偏振光在 x,y 两个方向上的两个投影方向的折射率也不一样。因此两个方向的光在沿 z 轴进行时的速度也不相同, 在 z 方向就会形成相位差。设想在电光晶体上已经有 $\lambda/4$ 的电压, 而 M2 是一个全反射镜, 经过 M2 反射后再次穿过晶体的光已经有 π 的相位差, 合成之后会形成一个线偏振光, 因而不能通过起偏器 P, 相当于 Q 开关被关闭。如果突然将 $\lambda/4$ 的电压撤去, 光束来回穿过电光晶体都不会有偏振方向的变化, 也就是 Q 开关处于开放状态, 而谐振腔处于高 Q 值状态。通常会利用带辅助电极的电火花放电装置来实现对晶体的短路来实现 Q 值的突变。

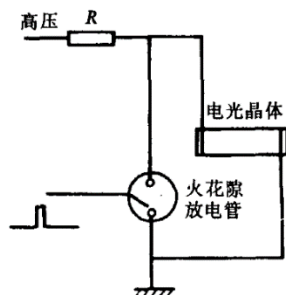


图 9-5 火花隙放电装置

4. 放大器的表征参数

放大器表征参数

1. 功率放大倍数 G_p

$$G_p = \frac{I_{放}}{I_{振}} = \frac{\frac{E_{放}}{\Delta t_{放} \cdot \Delta S}}{\frac{E_{振}}{\Delta t_{振} \cdot \Delta S}}; \text{假如 } \Delta t \text{ 和 } \Delta S \text{ 不变, 则 } G_p = \frac{E_{放}}{E_{振}}$$

$$\begin{cases} E_{放} = \frac{1}{2} C V_{放}^2 \times 2 = C V_{放}^2 \\ E_{振} = \frac{1}{2} C V_{振}^2 \times 2 = C V_{振}^2 \end{cases}$$

2. 能量放大倍数 $G_E = \frac{E_{放}}{E_{振}} = \frac{C V_{放}^2}{C V_{振}^2}$, 当 $E_{振}$ 取定值, $G_E \propto C V_{放}^2$

三. 实验内容

1. 用示波器观察自由振荡激光器的输出波形, 并测其能量 E ;
2. 探究 YAG 激光放大器的能量放大倍数 G_E 和泵浦氙灯充电总能量的关系。

