

红宝石激光放大实验

安述学 宁喜发

(天津大学)

Experiment on the amplification of ruby laser light

An Shuxue Ning Xifa

(Tianjin University)

An experimental setup for a two staged giant pulse ruby laser is described together with its adjusting and matching techniques. A synchronously triggering circuit with high stability and strong anti-disturbance capability is introduced.

在固体激光器中，为了满足激光输出的某些指标，如单模输出、高功率窄脉宽、较长相干长度等，必须在谐振腔内采用小孔选横模、标准具选纵模和某种调Q技术以压缩脉宽等项技术措施。这样就使腔内的损耗大大增加。

为了保证某些特定指标，而且又能保证有足够的输出能量和功率，必须采用激光放大技术，从而实现短脉冲、大能量的高功率输出。

振荡级和放大级整体实验装置和工作程序如图1所示。

红宝石激光振荡器和放大器均采用双椭圆柱聚光器、统一全腔水冷、双灯泵浦和工作物质均为修光程 90° 生长红宝石棒。其激光棒尺寸分别为 $\phi 6 \times 70$ 、 $\phi 10 \times 160$ 毫米。二级氙灯尺寸分别为 $\phi 10 \times 80$ 、 $\phi 14 \times 200$ 毫米。振荡器输出端采用标准具，用以选纵模兼作输出反射镜。腔中染料盒装有可饱和吸收染料叶绿素d丙酮溶液作Q开关，兼起纵模选择作用。腔中插入直径为1毫米的小孔作为横模选择。其储能网络是每只氙灯的电容量为1000微法，电感量17微亨。工作电压在1200伏左右，输出能量为几十毫焦耳，脉宽几十毫微秒，近场花样为直径1毫米的均匀圆斑。

放大级储能网络每只氙灯的电容量为1500微法，电感量70微亨，工作电压2600伏左右。其单程放大增益为5~8倍。近场花样与输入光斑成相似放大，约为 $\phi 3$ 毫米的均匀光斑。

为避免级间耦合不良而发生自激振荡，将放大器的棒端面镀增透膜，且在调整时使

收稿日期：1978年11月18日。

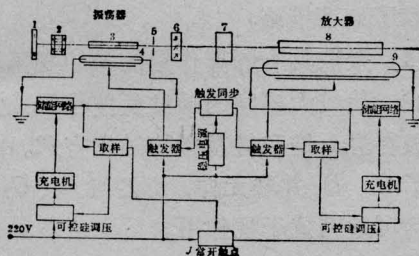


图1 二级红宝石巨脉冲激光器实验装置

- 1—全反射镜； 2—染料盒； 3—红宝石棒； 4—氙灯； 5—小孔； 6—输出端标准具； 7—隔离器； 8—放大级红宝石棒； 9—放大级氙灯

放大棒轴偏离腔轴一个小角度。角度的大小以放大器单独泵浦不致产生自激振荡为准(无激光输出)。放大器安置在距振荡器输出端的适当距离上,以便使光束截面尽量匹配。

由于 90° 生长的红宝石棒的激光输出是有偏振取向的,其偏振面垂直于晶轴所在平面,所以调整时,应注意振荡器与放大器晶轴方向之间有一最佳耦合位置,此位置可用振荡器输出的激光通过未泵浦的放大器并使之旋转,使其透过率为最小值来决定。当晶轴所在平面与二氙灯所在平面相垂直时,才有最佳的放大效果。通过此种调整便可实现两级间的晶轴匹配。而腔轴应与振荡棒机械轴重合并以此为基准。

此外,还要通过实验来调整二级氙灯输入能量之间的最佳匹配,当然这与氙灯的极限(爆炸)能量 E_{\max} 有关。例如,二级氙灯储能网络是 LC 氙灯放电回路时,则有如下公式:

灯光脉宽:

$$T \approx \pi \sqrt{LC};$$

极限能量:

$$E_{\max} = 12ld \sqrt{T};$$

正常工作能量:

$$E \leq \frac{1}{2} E_{\max}$$

其中, L ——每灯电感量; C ——每灯电容
量; l ——灯极间距; d ——灯内径。

由此算得振荡级氙灯: $T_1 \approx 400$ 微秒;
 $E_{1\max} = 1920$ 焦耳; $E_1 = \frac{1}{2} C_1 V_1^2 = 720$ 焦耳
 $< \frac{1}{2} E_{1\max}$ 。放大级氙灯 $T_2 \approx 1$ 毫秒; $E_{2\max} =$
 10640 焦耳; $E_2 = \frac{1}{2} C_2 V_2^2$ 。

由于二级氙灯能量间的匹配关系,在实验中放大级每只氙灯的实际工作能量应在如下范围内调整:

$$5E_1 \leq E_2 \leq \frac{3}{4} E_{2\max} \approx 10E_1$$

亦即: 3600 焦耳 $\leq E_2 \leq 7980$ 焦耳。

在我们的实验中,既要考虑到不因放大灯过载(指超过 $\frac{1}{2} E_{2\max}$)而损坏,又要考虑使放大器增益不受什么影响,而确定为: $E_2 = 5070$ 焦耳 $\leq \frac{1}{2} E_{2\max}$,其工作电压为 2600 伏左右为宜。这时二级氙灯输入能量间的匹配为 $E_2 \approx 7E_1$ 。

为了使放大器的激活介质正好处于最大粒子数反转密度时,振荡器输出的激光束恰好通过放大器,以获得最佳放大。因此必须使振荡器的氙灯与放大器的氙灯在触发时间上互相配合,使二级氙灯闪光波形相匹配。二级氙灯之间触发同步的最佳延迟时间需由实验确定,对于我们的装置为 $500 \sim 700$ 微秒。

触发延迟是通过触发同步电路来实现的。触发同步电路实质主要是由一个可调延时器组成。这种延时器工作稳定可靠不受触发高压的射频干扰,是保证最佳放大的关键。我们研制出了一种抗干扰能力较强的可调延时器电路,其具体结构如图2所示。现简介如下:电路的工作过程是:当二级氙灯储能网络都充好电后,手工或自动触发放大级氙灯的同时,取出一负信号约 25 伏左右,输入延时电路使之触发翻转,即 BG_1 、 BG_2 由原深饱和变为截止, BG_3 由原深截止变为饱和。单稳输出正方波,经微分后取其前沿,再经放大,由脉冲变压器耦合输入振荡级触发器,由此触发电燃振荡级氙灯。单稳方波之宽度即为延时时间。为使单稳电路稳定可靠工作,我们采取了如下措施:

(1) 采取具有隔离作用的脉冲变压器耦合方式,使较大幅度的触发负信号经截止管集电极再进入饱和管基极的触发方式。并且增加了 C_1 、 D_1 并联元件,使之与 R_1 、 C_2 、 D_2 一起均可起到抗干扰作用。

(2) 截止管 BG_3 加有负压。调整 $10K$ 电位器 W_3 ,可使 BG_3 进入深截止,使之不致因射频干扰而翻转。

(3) 饱和管采用由 BG_1 和 BG_2 组成的

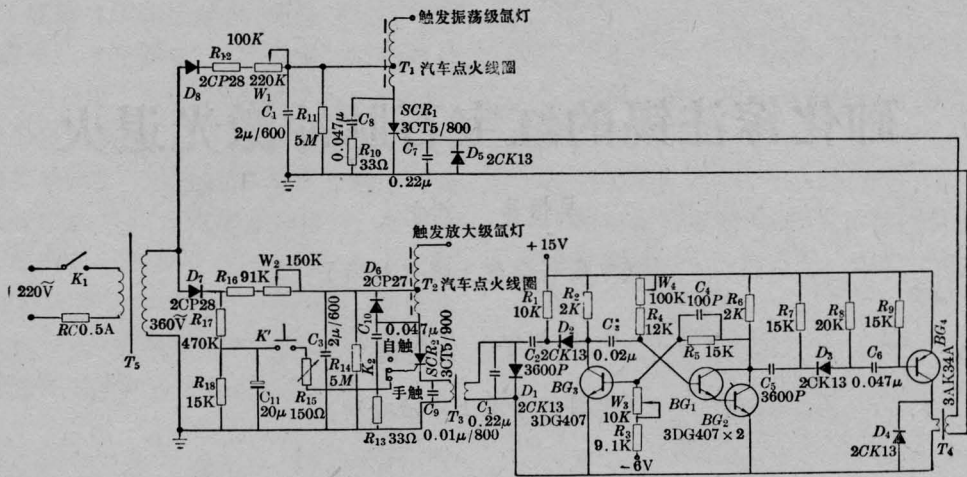


图2 二级氙灯触发及触发同步电路原理图

复合管,其总放大倍数 $\beta = \beta_1 \beta_2$, 因此需要较小的基流就能达到深饱和,同时也使 W_4 的变化范围增大,使延时范围扩大。在调整时要求 W_4 转到最大阻值时,也能使 BG_1 和 BG_2 处于饱和状态。

采取了上述三种措施后,经测试表明:当触发放大级氙灯高压达5万伏以上时,单稳输出方波正常,整个电路能稳定工作,不受高压辐射场的干扰。保证每次有最佳激光放大效果。

触发器是指两级氙灯的高压触发电路。振荡级触发器主要由 SCR_1 、 C_1 和 T_1 (汽车点火线圈) 组成;放大级触发器主要由 SCR_2 、 C_3 和 T_2 (汽车点火线圈) 组成。其工作过程都是当可控硅触发后,充有几百伏电压的 2μ 电容,对汽车点火线圈初级和可控硅放电,在汽车点火线圈次级输出几万伏的触发高压,使氙灯形成游离线而被点燃。 W_1 和 W_2 是调节高压触发强度的。