

一种双脉冲泵浦的激光电源控制电路

潘金火 凌朝东 叶伟国*

(应用物理系)

摘 要

给出一种泵浦YAG激光器电源。它包括一个简单、可靠的电压控制单元和具有谐振充电网络的双脉冲泵浦系统。这种电路具有电压可调范围大和重复率可调的优点。分析了控制电路的特点,并给出了试验装置。

一、前 言

本文叙述的双脉冲泵浦的、电压可调的YAG激光电源是由单相倍压、谐振充电、电压控制网络及双脉冲泵浦系统组成。设计能实现自动补偿、自动报警和自动或手动触发充放电控制电路,充电电压可在大范围内调节,其稳定性和精度优于一般固体激光器电源。控制系统操纵着主回路开关,操作简单、维护方便,具有体积小、重量轻、效率高、精度好等优点。

二、工作原理

双脉冲泵浦的YAG激光电源的框图如图1所示。它由电源主回路和控制回路两大部分组成。主回路包括单相倍压整流电路、L-C谐振充电回路、电压控制网络以及双脉冲泵浦电路等四个单元,控制回路则由调压脉冲形成电路、水压信号发生器、报警电路以及功能脉冲信号发生器等四个部分组成。

主回路中的倍压整流电路为双向单相三倍压整流,经滤波后供给L-C谐振充电

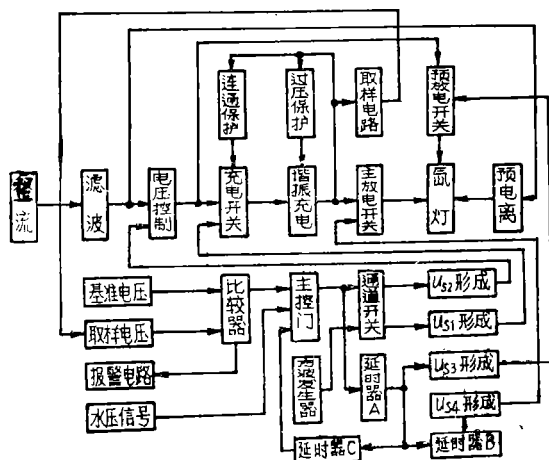


图 1 双脉冲泵浦激光电源框图

本文1987年1月16日收到。

*凌朝东、叶伟国系本系84届毕业生。

电路,同时供给预电离电路。贮能电容上电压由电压控制网络控制:通过取样电路,贮能电容上的电压随时馈送到比较器,比较器的输出信号控制着通道开关的通断状态;当贮能电容上的电压尚未达到预定值时,取样信号电平小于基准电压信号电平,比较器输出低电平,通道开关开启,有脉冲信号经放大后得 u_{s1} 去触发充电开关可控硅,贮能电容一直在充电。当贮能电容上电压达到预定值时,取样电压和基准电压数值相等,比较器输出高电平,通道关闭, u_{s1} 信号消失,与此同时产生了 u_{s2} 脉冲信号,充电可控硅因受电压控制网络的作用而自行关断,贮能电容停止充电。在比较器由输出低电平转为高电平的同时,由主控门送出的脉冲前沿经延时器A延时后送出一脉冲信号 u_{s3} 去触发预放电可控硅,进行预脉冲放电。延时器A输出的脉冲还被馈送到延时器B再次延时,经功放输出 u_{s4} 脉冲信号将主放电可控硅开关触通。这时贮能电容通过L-C仿真线向已经预电离的脉冲氙灯放电,激发出激光。一旦氙灯发生连通现象,可控硅快速过流保护电路便自动动作,立即关断充放电开关,保护了电路的元器件。

预电离电路由倍压整流电源供电。它维持着氙灯的电离状态,避免了每次放电时,都要使用近万伏的高压触发放电,从而延长了氙灯寿命。并且避免了可能产生的电路元件的击穿和高压脉冲放电时产生的强干扰现象。过压保护电路抑制了市电波动、干扰信号引起的浪涌电压和误动作产生的过压现象发生,从而保护了可控硅不致击穿,防止了可能产生的误动作。水压信号发生器能防止氙灯在冷却不足的情况下放电,保护了氙灯及激光物质不致于过热而炸裂。

三、电路分析

YAG激光电源及其控制电路的原理图示于图2、3和4。整个电路分作十个单元,叙述如下:

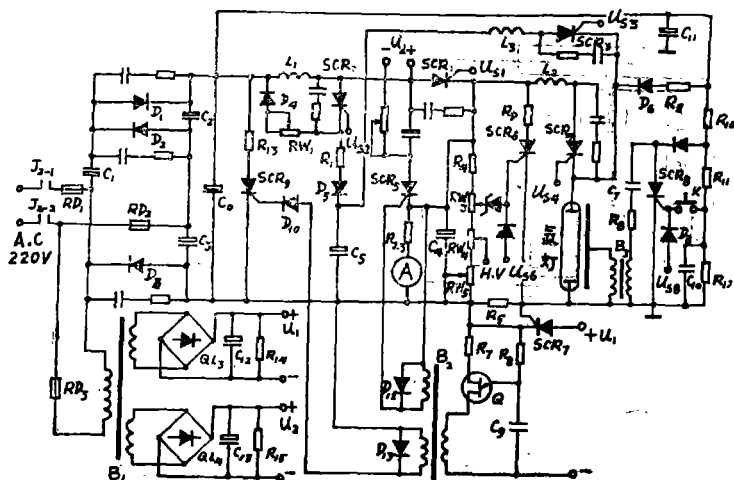
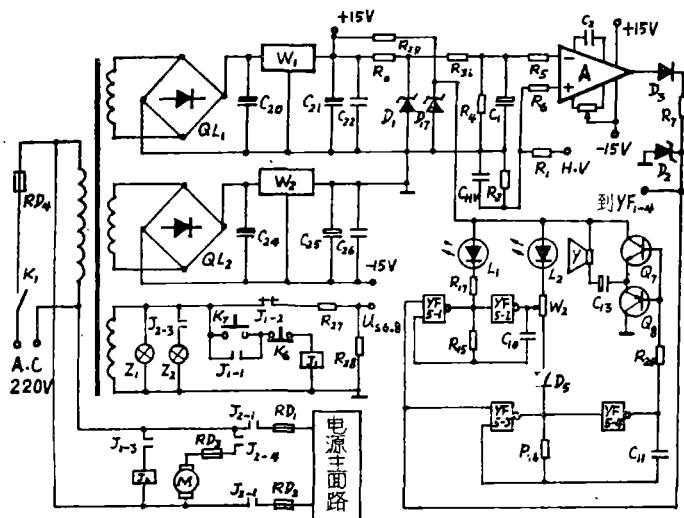


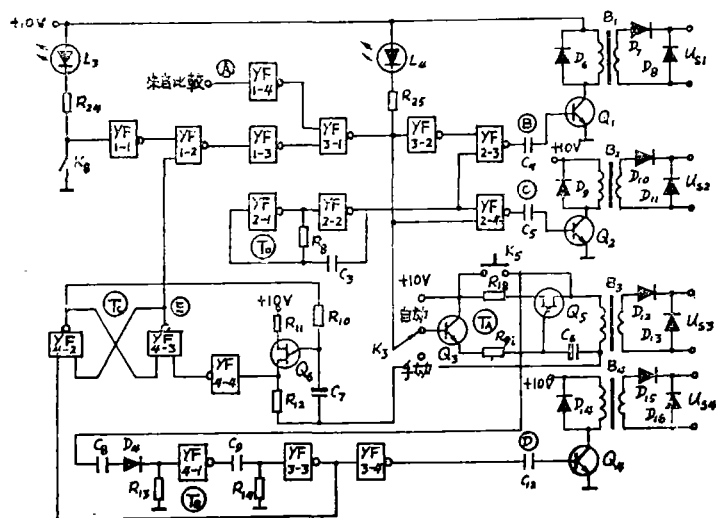
图 2 电源主回路原理图

第一单元是倍压整流电路,它由二极管 D_{1-3} 、电容 C_{1-3} 及滤波电容 C_0 组成。电路采用双向单相三倍压线路,可使电网电压峰值 $\sqrt{2} \times 220\text{V}$ 提升为 800V 的直流电压。

第二单元为电压控制网络, 由可控硅 SCR_2 、 R_1 、 D_5 、 C_5 组成. 当储能电容 C_4 的电压达到预定值时, 原来导通的充电可控硅 SCR_1 便没有触发信号了, 可控硅 SCR_2 却被触发导通, 回路中电流通道被切换到 SCR_2 支路. 直到 C_5 电容上电压上升到与储能电容 C_4 上的电压一样之



(a)



(b)

图 3 控制电路

前, SCR_1 将一直处于反偏状态而被迫关断, 从而实现对贮能电容 C_4 充电电压的控制。

第三单元为 L - C 谐振充电回路, 由 SCR_1 、 L_1 、 C_4 组成。 R_2 、 R_3 及毫安表组成电压值指示电路, 采用谐振充电方式, 可以使贮能电容上的电压最大值提高到滤波电容 C_0 上电压的 γ 倍 (γ 小于 2), 又一次提高了直流电压。

第四单元是双脉冲泵浦电路, 它由可控硅 SCR_3 、 SCR_4 、电感 L_2 、 L_3 及氙灯组成。它将一部分放电能量转为一个预脉冲放电能量, 在主脉冲放电之前先对氙灯放电, 使氙灯中心轴的细小电离通道均匀地向管壁扩散; 当等离子体充满了灯管时, 再行主脉冲放电。这种放电方式避免了灯内形成局部电离度过高和电弧偏离灯管中心从而导致泵浦效率低等问题。

第五单元为调压脉冲形成电路, 它包括取样电路、基准电压和比较器三个部分(图 3(a))。比较器由运算放大器构成。取样电路由图 2 中的 R_4 、 RW_3 、 RW_4 及 RW_5 构成, 基准电压由图 3 中的高精度集成稳压电源 W_1 、 R_3 、 R_4 (R_4 为 8 只电阻与 R_4 组成精密分压器) 组成。预置贮能电容 C_4 的电压值由改变不同的 R_3 值来实现, 共分 8 档, 每档调节间隔为 100V, 预定值可在 500--1200V 之间变化。

第六单元是功能脉冲信号发生器, 由主控门, 通道开关, 延时器 A 、 B 、 C 以及相应的功放级组成(图 3(b))。它能实现如下功能: (1) 冷却不足(水压开关 K_8 断开)时, 不输出充电控制信号 u_{s1} ; (2) 放电期间内, 不输出充电控制信号 u_{s1} ; (3) 充电电压没有达到预定值时, 不输出电压控制信号 u_{s2} 和放电控制信号 u_{s4} ; (4) 预脉冲放电开关控制信号 u_{s3} 送出后, 要等预脉冲放电所需的时间到才输出主脉冲放电控制信号 u_{s4} 。

与非门 YF_{2-1} 、 YF_{2-2} 和 P_3 、 C_3 组成自激多谐振荡器, 输出重复周期为 1ms 的对称方波作为充电可控硅 SCR_1 的触发信号 u_{s1} 。

延时器 A 采用了单结管电路, 由 Q_3 、 Q_5 和 C_6 、 R_6 组成。 R_{n1} 是一可转换的电阻系, 共七只; 延时时间 T_A 分为七档, 可延时 10s 到 60s。 T_A 时宽控制着激光重复周期。一旦充电电压达到预定值, u_{s1} 信号停发, u_{s2} 信号开始输出, SCR_2 导通, 经 T_A 时宽后, 发出预脉冲放电控制信号 u_{s3} , SCR_3 被触发导通, 预脉冲放电开始。

延时器 B 由与非门 YF_{4-1} 、 YF_{3-3} 及 C_8 、 C_9 、 R_{13} 、 R_{14} 组成。当接收到延时器 A 送来的脉冲时, 便从 Q_4 输出延时 T_B 时宽的脉冲信号 u_{s4} 去触发主放电可控硅 SCR_4 , 使贮能电容 C_4 对氙灯放电, 激发出激光。

延时器 C 由与非门 YF_{4-2} 、 YF_{4-3} 、 YF_{1-4} 以及单结管 Q_6 组成。当贮能电容 C_4 进入放电期间, 它便送出宽度为 T_c 的负脉冲, 使主控门 YF_{1-2} 关闭。所以这时仍然没有 u_{s1} 信号, SCR_1 保持关断, 从而保证放电期间, 不对贮能电容 C_4 充电。 T_c 时宽大小由氙灯的消游离时间决定。

本单元所有门电路都采用 CMOS 数字集成电路, 提高了电路抗干扰能力。各触发脉冲都由脉冲变压器输出, 起到电气隔离作用。

第七单元为报警电路, 由与非门 YF_{5-1} — YF_{5-4} 及 Q_7 、 Q_8 等组成(图 3(a))。当贮能电容电压达到预定值时, 比较器输出高电平, 振荡器起振, 声(扬声器 Y)光(发光二极管 L_2)同时发出, 表明充电结束, 可以开始对氙灯放电了。

第八单元是水压信号发生器, 由水压开关 K_8 、 R_{24} 、 L_3 等组成(图 3(b))。当冷却水压达到一定值后, K_8 闭合, 主控门才会开通, 此时 L_3 亮, 表明可以进行充放电过程。

第九单元为连通过流保护电路。如果氙灯发生连续导通现象,主回路电流将会猛增,接在主回路内的电流取样电阻 R_5 (图2)上的压降将使可控硅 SCR_7 触发导通,结果 SCR_5 、 SCR_9 也导通,迫使 SCR_1 关断,滤波电容 C_6 接入耗能洩漏电阻,贮能电容无法充电,因而保护了氙灯和激光物质。

第十单元是过压保护电路。一旦发生过压现象, SCR_6 、 SCR_8 都将导通(图2);当关机时, T_{1-4} 闭合,会有信号 u_{s6} 、 u_{s8} 输出,于是 SCR_6 、 SCR_8 也将导通, C_6 、 C_4 便都加上洩漏电阻,将电容上贮存能量耗尽,因而保证了安全。

控制电路中各测试点(图3(b))的波形及其相互间的时间关系示于图4。

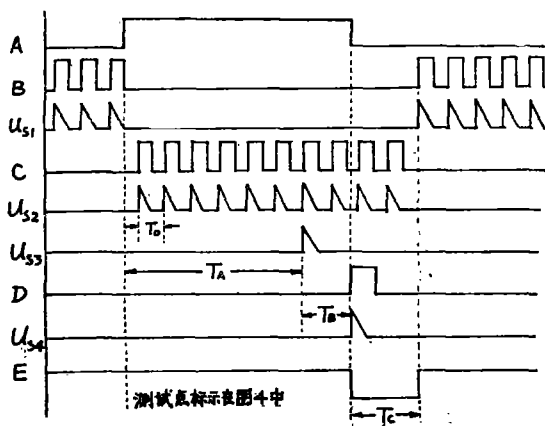


图4 控制电路各测试点波形图

四、小 结

本装置经实验室安装、调试,试验结果表明是可行的。贮能电容充电效率达60%,充电电压控制精度在0.25%。可以实现自动或手动触发,频率可调。电路具有体积小、重量轻、效率高、精度好等特点,适合于固体激光器作电源控制用。

参 考 文 献

- [1] 黄茂全、李虹,重复率Nd:YAG激光器电源,山西大学学报,3(1980),54—58。
- [2] 黄茂全、刘朗,高效率、电压连续可调的固体激光电源,激光,9,4(1982),241—246。
- [3] 黄俊,半导体变流技术,机械工业出版社,(1980),316—323。

A Power Supply for Double Pulse Pumping Laser with Special Reference to Its Control Circuit

Pan Jinhua Ling Chaodong Ye Weiguo

Abstract

A power supply for YAG laser is given. It contains a simple and reliable voltage controlling unit and a double pulse pumping system with resonant charging network. It shows a wide range of voltage adjustability and a adjustable repetition rate.

The characteristics of its control circuit are analysed and the experimental set-up is given.