

【文章编号】 1004-1540(2005)02-0116-03

长脉冲Nd: YAG激光器驱动电源与控制技术

陈永良¹, 方卫平², 郭斌¹, 邵中兴¹

(1. 中国计量学院 计量技术工程学院, 浙江 杭州 310018; 2. 浙江省临安供电局, 浙江 临安 311300)

【摘要】 改进了适合于长脉冲激光器泵浦氦灯的驱动电源和控制技术, 特别是在脉冲式预燃方式、放电脉冲时间的精确控制以及大幅度减小电源发热量(近一个数量级)等方面完成的装置具有工作稳定、可靠、效率高、智能操作、控制方便等优点, 可广泛应用于YAG型激光医疗设备和工业加工设备

【关键词】 长脉冲; Nd: YAG激光器; 泵浦氦灯

【中图分类号】 TN 245 **【文献标识码】** A

Drive power and control technology for long pulse Nd: YAG laser

CHEN Yong-liang¹, FANG Wei-ping², GUO Bin¹, SHAO Zhong-xing¹

(1. College of Metrological Technology & Engineering China Jiliang University, Hangzhou 310018, China;

2. Zhejiang Lin'an Power supply Bureau, Lin'an 311300, China)

Abstract That drive power and control technology are suitable for the long pulse Nd: YAG laser is improved and designed. In particular, the choosing of the simmer way, the controlling of the laser pulse time, and the reducing of the power heat are discussed. The new laser power can work efficiently, steadily, intellectually and easily.

Key words: power; laser; Nd: YAG; pulse

在激光医疗和激光加工等方面, YAG激光器是应用最广泛的激光器之一。从YAG激光产生的持续时间看, 目前普遍应用的是氙灯泵浦的短脉冲激光(脉冲时间在1毫秒以下)和氦灯泵浦的连续激光, 两者对应的激励电源分别称为短脉冲激光电源^[1]和连续激光电源^[2], 相关的研发报道有不少, 但是, 与短脉冲相对的长脉冲激光及其电源和控制技术方面的报道却很少。本文结合浙江

省教育厅科研项目的开展, 侧重于对长脉冲YAG激光器驱动与控制电源的技术内容, 由于要求激光器输出的激光脉冲的持续时间介于毫秒到几十毫秒之间, 而且时间长短可按使用要求任意调整, 因此它既不同于连续激光电源, 也不同于一般的短脉冲激光电源。它除了具备一般YAG激光电源的要求外, 还特别在电容放电回路、触发预燃电路及智能控制等方面具有自身的特点。我们完成

【收稿日期】 2004-12-23

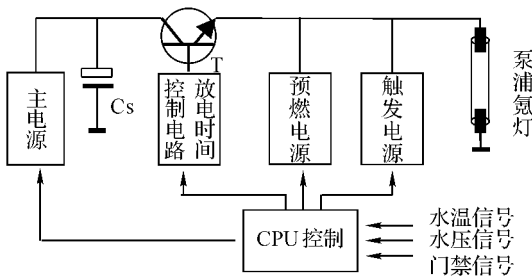
【基金项目】 浙江省教育厅科研基金资助项目(No. 20020681)

【作者简介】 陈永良(1964-), 浙江建德人, 副教授。主要研究方向为电子测量技术、光电检测、微机应用。

的装置具有工作稳定可靠, 效率高, 发热小, 控制操作直观方便等优点。

1 长脉冲 YAG 激光器泵浦氦灯的驱动与控制电源的基本原理

图 1 所示为长脉冲 YAG 激光器泵浦氦灯的驱动与控制电源的原理框图, 它主要由开关型主电源电路、储能电容放电时间控制电路、预燃电源电路、触发电源电路及 CPU 控制电路等部分组成。泵浦氦灯是整个激光电源的负载, 根据气体氦灯的伏安特性要求^[3], 氦灯要被有效点燃, 产生泵浦光波, 整个电源应按如下过程工作: 首先, 触发电源部分提供近 2 万伏的高压将灯内的惰性气体电离击穿, 实现触发; 其次, 在电离触发的同时, 输出约 2 kV 电压的预燃电源部分使氦灯处于低燃弧预燃状态; 最后, 控制打开晶体管开关 T, 使储能电容器 Cs 中的主电源能量 (400~ 600 V) 快速通过氦灯形成放电回路, 使氦灯处于强辉光放电状态, 形成泵浦光波, 该光波经过聚光腔幅射到 Nd: YAG 激光晶体上, 进而产生激光输出。



Cs—储能电容, T—晶体管开关, L—泵浦氦灯

图 1 长脉冲 YAG 激光泵浦氦灯电源原理图

2 半桥式开关主电源及充电电路

主电源电路主要是为储能电容 Cs 提供所需的充电电压的, 它是整个激光能量的主要提供者。从电源功率和电容充电的效率考虑^[4], 选择如图 2 所示的半桥式开关逆变电路, 图中储能电容的容量为 6800 μF, T₁、T₂ 为 IGBT 开关管, 它和 C₂、C₃ 组成半桥式开关电路, T₁、T₂ 在频率为 20 KHz 的交替脉冲 (见图 3) 驱动下轮流导通与截止, 从而使高频脉冲变压器 N (用微晶态合金环

材料作磁芯) 的次级感应出交变电压, 再经 B₂ 整流后得到直流电压直接对储能电容 Cs 充电。驱动 IGBT 管 T₁、T₂ 的高频交替脉冲的要求如图 3 所示, 它由 PWM 脉宽调制负反馈稳压控制电路 SG3525A 控制产生, 脉冲的频率、脉宽以及启停均可通过调整 SG3525A 的外围电路来实现。

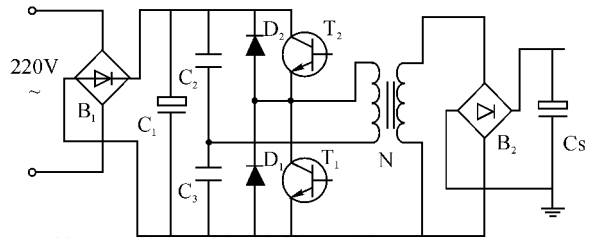


图 2 开关主电源电路

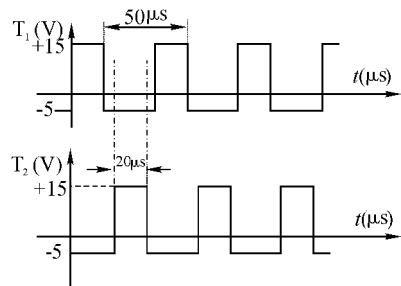


图 3 T₁、T₂ 驱动信号波形

3 激光脉冲的宽度调整与控制电路

激光脉冲的宽度取决于储能电容对泵浦氦灯放电时间的长短, 通过智能电路适当控制储能电容的放电时间就能改变激光脉冲的长短。图 4 为具体的控制电路, 其中 T 是储能电容放电时间控制开关, 由于实际的开关工作电流和电压可高达 100 A 和 800 V 以上, 为此选择 300 A/1 200 V 的大功率晶体管模块器件 (GTR) 来承担, 并专门设计了以厚膜集成电路 M 57215BL 为核心的驱动和隔离电路, 从而保证 T 能可靠快速地导通和关断, 达到脉冲时间步进可调且能精确控制的目的。脉宽控制信号由 CPU 电路提供, 脉宽调整范围在 2~20 ms 之间, 步长为 2 ms, 频率为 1~2 Hz。

在相应的短脉冲激光电源中, 与图 4 中开关器件 T 对应的一般选用普通晶闸管器件, 两者的重大区别在于: 晶闸管一旦被触发导通后, 只有在



正向导通电流下降到零值后才能自动截止关闭,一旦电路参数选定后,导通时间不可调整。

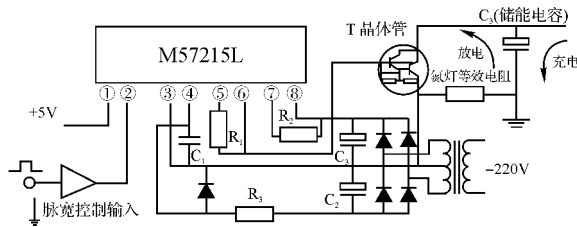


图4 泵浦氪灯的放电控制电路

4 触发和预燃电路

触发电路如图5所示,它主要是产生一个近2万伏的电压输出,用于将泵浦氪灯内的惰性氪气电离击穿。图中 T_1 为单结晶体管BT35(也称双基极晶体管), T_2 为小功率可控硅, N 是升压变压器,考虑到耐压和绝缘的要求, N 直接选用电视机用行输出变压器(俗称高压包)。根据单结晶体管的特性,我们可通过调整 R 和 C 的参数来控制可控硅 T_2 的导通时机,从而控制在 N 初级产生的瞬变电压,进而在 N 的次级(高压包)感应出上万伏以上的高压,再经高压硅堆 D (整体封装在高压包 N 内)整流后输出。

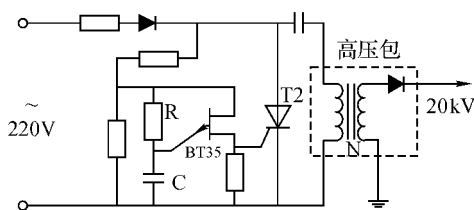


图5 触发电路

约2000V的预燃电压是由工频变压器从220V直接升压到1000V后,再经倍压整流后得到的。预燃电流一般控制在100mA左右。

特别提出的是,目前可见的脉冲激光电源中,预燃电压都是处于连续供电方式的^[5],而我们研制的长脉冲激光电源,预燃电压却是工作在脉冲输出方式的。由于这种预燃方式的改进,使得整个控制电源的发热程度大大地降低,以致于可大大简化甚至省略原先激光系统中必须良好配备的风冷和水冷部分,进而使系统的效率、体积、重量、噪

声以及安全性和可靠性等性能都有明显改善。

由于预燃方式的不同,控制电源发热量的差别可估算如下:根据氪灯的内阻特性可知,当预燃电流为100mA时,氪灯两端的电压降约为400V,因此氪灯和预燃限流电阻上消耗的电功率分别为:

$$P_1 = 0.1 \times 400 = 40(\text{W})$$

$$P_2 = 0.1 \times (2000 - 400) = 160(\text{W})$$

很显然,若采用原有激光电源的连续预燃供电方法,氪灯和限流电阻上的平均发热功率将分别高达40W和160W,但我们在改进为脉冲预燃方式后,由于输出的预燃脉冲时间最大为50ms,频率为2Hz,所以,此时氪灯和限流电阻上的平均发热功率将不大于4W和16W,实际发热量较连续预燃方式时整整减少了一个量级以上,这样不仅整体电源的散热的压力大大减轻,而且预燃变压器的额定功率等也可从原先要求的百瓦量级降低到近20W,电源整体性能有很大提高。

5 实际结果与使用

设计制作完成的激光驱动和控制电源装置,由单片机系统实现智能控制,并具备水压、水温、过热和门禁等保护监测措施,其主要的技术参数为:主电源电压400~600V可调,步长20V;脉冲宽度2~20ms可调,步长2ms;触发电压20kV;预燃电压2kV;脉冲频率1或2Hz可选。

目前研制的激光驱动和控制电源装置已成功地应用在LPY-800型皮肤血管病激光治疗机中,工作一直稳定,性能可靠,效果很好。

【参考文献】

- [1] 余江,杨齐民,宗容. 轻便恒流充电脉冲固体激光器电源[J]. 激光杂志, 2000, 21(6): 10-11.
- [2] 宁喜发,姚建铨,王鹏. 计量用脉冲Nd:YAG倍频激光器及其电源[J]. 光电子·激光, 2003, 11(1): 37-40.
- [3] BARTON T G, GUTTENBERGER R. Effects of simmer current on flash-lamp impedance and their combined influence in the output of YAG laser[J]. Applied Optics, 1995, 34(12): 2004-2011.
- [4] 叶志生,郁洪刚,王升平. 准谐振脉冲激光电源的实验研究[J]. 光电子·激光, 2000, 11(5): 496-499.
- [5] 秦军,李正佳,朱长虹. Nd:YAG激光电源预燃触发系统[J]. 光电子技术与信息, 1999, 12(4): 21-23.