

文章编号: 1003-1480 (2004) 01-0004-03

激光二极管点火用驱动 电路设计

李继峰, 严楠, 高颂

(北京理工大学爆炸灾害预防与控制国家重点实验室, 北京, 100081)

摘 要: 激光点火系统中需要设计激光二极管驱动电路。本文分析了激光二极管的几种简单驱动电源电路, 按其原理提出了激光二极管点火系统的驱动电路设计方案, 并做了激光二极管点火试验, 得到了较好的点火效果。

关键词: 激光二极管; 点火; 驱动电路设计

中图分类号: TQ560 **文献标识码:** A

Design of Laser Diode Driver for Ignition

LI Ji-feng, YAN Nan, GAO Song

(State Key Laboratory of Prevention and Control of Explosion Disasters, Beijing, 100081)

Abstract: It is necessary to design the laser diode driver in the laser ignition system. Several simple drivers of laser diode are analyzed in the article. The driver design method of laser diode ignition system is presented. At the same time the laser diode ignition experiment is done and satisfied igniting effect is obtained.

Key words: Laser diode; Ignition; Driver circuit design

我国自 20 世纪 70 年代就已经开始研究激光点火系统, 但由于传统的固体激光器和驱动电源部分体积较大未能实际应用, 而小型化激光二极管的诞生为激光点火技术的应用带来了新的机遇, 目前大功率激光二极管体积可以小到 $1\sim 5\text{cm}^3$; 又由于激光二极管为低电压启动, 可以使用导弹、火箭弹上电源作为驱动电能。

驱动电路为激光二极管提供预定幅值和脉冲宽度的电能, 是激光点火系统的发火控制部件, 一直以来都是设计者关注的焦点。激光二极管在使用中要求采用电流驱动^[1], 因此驱动电源的设计要为激光器提供所要求的电流信号。要使激光二极管的辐射功率保持稳定, 必须使注入电流恒定, 即采用恒流源供电^[2]。由于激光二极管点火技术建议输出

激光功率大于 1W, 由激光二极管的 $P-I$ 特性曲线可知, 需要驱动电流为安培级。本文讨论可用于点火用途激光二极管的几种驱动电源电路, 为激光点火系统提供设计方案。

1 激光二极管驱动电路分析

1.1 单晶体管稳流驱动电路

单晶体管稳流电路由一个晶体管和稳压器组成, 是一个连续电源, 如图 1 所示^[2]。激光二极管的驱动电流与电路参数的关系为:

$$I_{LD} = I_E - I_B \approx (U_B - U_{BE}) / R_e \quad (1)$$

式中: I_{LD} ——流过激光二极管 LD 的电流, A;

收稿日期: 2003-12-26

作者简介: 李继峰 (1979-), 男, 在读硕士, 主要从事激光二极管点火技术研究。

- I_E ——晶体管发射极电流, A;
- I_B ——晶体管基极电流, A;
- U_B ——晶体管基极电压, V;
- U_{BE} ——晶体管发射极与基极电压差, V;
- R_e —— R_e 电阻值, Ω 。

由于稳压管 D_w 使 U_B 恒定, U_{BE} 约为 0.3V (锗管), 于是 I_C 恒定, 所以使该电路成为恒流源。另外, R_e 需要选择大功率电阻, 电阻值为 0.1~10 Ω , 功率为 1~2W。

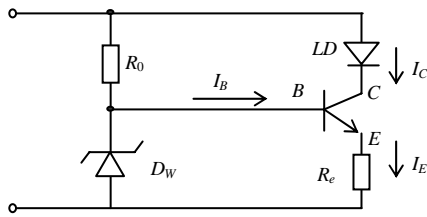


图1 单晶体管稳流驱动电路图

该电路解决了驱动激光二极管的恒流问题, 恒流效果较好, 消除了输出电压、负载电压变动对激光二极管的影响, 激光二极管输出功率稳定。

但是若用于激光二极管驱动电路, 经过多次电路测试发现, 刚接通或切断电源的瞬间有电流流过。激光二极管的连续电源输出要求不应该有瞬时的尖峰脉冲, 否则极易使激光二极管的PN结遭受电击穿, 损坏激光二极管; 用在激光二极管点火中, 还极易发生误点火。因而, 必须采取一些保护措施来防止在电源接通和切断时的瞬时尖峰脉冲, 该单晶体管稳流驱动电源才可以作为激光二极管的连续电源。

针对这个问题采取在图1所示电路的激光二极管输入两端添加保护电路的方法, 如图2所示^[3], 在图2(a)中的激光二极管输入两端添加保护电路转变成图2(b)的电路。图2(b)中的开关保护式驱动电路在同类驱动电路中最简易。在原恒流电路中, 激光二极管LD的两端并联了一个短路开关K和一个反向保护二极管Dz。保护开关闭合和断开的顺序为: 在接通激光二极管的电源之前, 先闭合短路开关K, 等电源接通过过渡过程趋于稳定后, 再断开短路开关; 在切断激光二极管驱动电源时, 顺序正好相反, 先闭合短路开关K, 再切断激光二极管的电源。这样就有效地抑制了接通和切断电源瞬间产生的尖峰脉冲的影响。反向二极管Dz选用内阻小的管子(等效于自身压降小的管子),

一般选用锗管。它起保护作用, 可以保护激光二极管两端可能出现的负脉冲, 使负脉冲通过反向二极管释放。

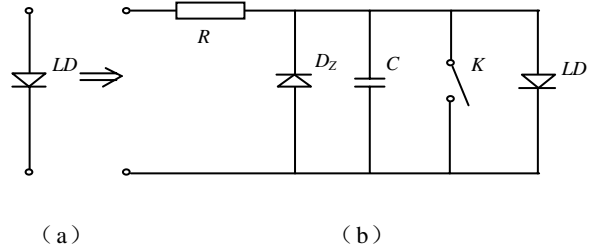


图2 开关保护式驱动电路图

图2的保护电路说明了如何消除电源接通和切断时产生的瞬时尖峰脉冲的简便方法, 类似电路可以参见软启动电路^[1], 软启动电路可以利用电容、放大器等元器件实现电流慢启动, 从而取代开关保护式电路中的开关。

1.2 可调运算放大式恒流驱动电路

可调恒流驱动电路如图3所示^[4], 使用运算放大器、稳压管和若干电阻。根据放大器的特性, 又因为 $R_2 \gg R_F$, 该电路有以下关系:

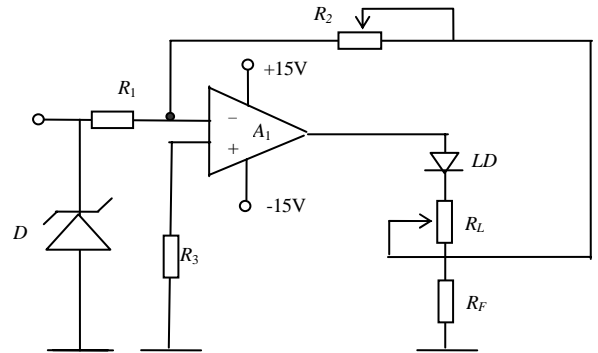


图3 连续可调恒流电源电路图

$$D_w / R_1 = I_{LD} [R_f / (R_f + R_2)] \quad (2)$$

则有:

$$I_{LD} = (D_w / R_1) (1 + R_2 / R_f) \quad (3)$$

式中: D_w ——稳压管 D_w 稳压值, V;

R_1 ——电阻 R_1 的电阻值, Ω ;

R_2 ——电阻 R_2 的电阻值, Ω ;

R_f ——电阻 R_f 的电阻值, Ω ;

I_{LD} ——流过激光二极管的电流, A。

负载电流的确定与 D_w 、 R_1 、 R_2 、 R_f 有关, I_{LD}

与放大器参数无关、与输出端的激光二极管的参数（主要是其可变内阻阻值）无关，所以使之成为恒流源，而简单地调节 R_2 就可以调节恒流大小；同时这又是一个电流并联负反馈电路，故当 R_L 变化时， I_{LD} 可自行稳定。另外， R_F 需要选择大功率电阻。

为了解决同图 1 的刚接通或切断电源的瞬间有瞬时尖峰脉冲一样的问题，该电路使用等效于短路开关的初始大电阻 R_2 。因为是可调电阻，适当的设置初始大电阻值可以使通过激光二极管的初始电流小到可以忽略，从而减少电路接通时对激光二极管的冲击，延长激光二极管的工作寿命。

R_2 电阻值从大往小调节过程中，通过激光二极管的电流由小到大，激光二极管可以输出不同的辐射功率，实现不同的点火要求。

2 讨论

(1) 从以上几个方案可以看出，激光二极管的驱动电源电路并不是十分复杂，简单的驱动电源就可以实现驱动激光二极管的功能，这些方案是继续设计完整驱动电路的基础；

(2) 图 3 所示的可调放大式恒流驱动电路仍然可以和开关式保护电路结合，做成安全系数更高的电路，能有效地抑制尖峰脉冲的影响；

(3) 如上提及，采用加上开关式保护电路、几个用于滤波的电容后做成的驱动电路，能正常驱动激光二极管，用于引燃 B/KNO_3 ，得到了较好的点火效果。自制的驱动电路外形照片如图 4 所示。使用该驱动电路可使 1.5W 激光二极管驱动可靠点火。试验结果表明，不同压药密度下的 B/KNO_3 点火药的 99.99% 激光点火功率为 0.5~0.8W，点火

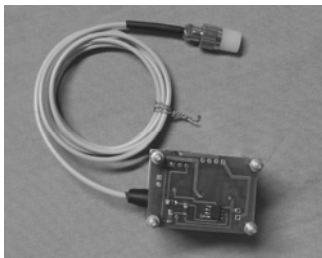


图 4 带激光二极管的驱动电源图

延迟时间小于 10ms。激光点火性能参数与国外文献^[5]中的数据十分接近。

(4) 该系统用在激光点火系统中有必要考虑使激光二极管以脉冲方式工作^[6]，那么只要在以上几种电路上的输入端设计脉冲产生电路即可，目前国内通常采取的设计方法就是使用触发器产生脉冲，关于触发器产生脉冲的设计方法可参见相关书籍^[7]。

3 结论

通过对两个驱动电路的分析、改进和试验，得出了如下结论：

(1) 电流的稳定性对激光二极管的工作状态有直接的、明显的影响，故设计电路时恒流是首先要考虑的问题。文中提及的两个电路的电流关系式(1)、式(3)说明了其具有恒流的特点。

(2) 因为是安培级的电流通过，需要考虑大电流对电源和电路器件的损耗，以保证电路的安全性。

(3) 值得一提的是电源接通、切断瞬间有可能对激光二极管产生电压、电流冲击，可采用开关式保护电路、初始大电阻值来有效地消除。

(4) 这些电路可以用作驱动 1.5W 激光二极管点火用途，试验效果良好。

参考文献：

- [1] 黄德修, 刘雪峰. 半导体激光器及其应用 [M]. 北京: 国防工业出版社, 1999.
- [2] 贾宏志, 李育林, 张培琨, 忽满利. 半导体激光器驱动电源的设计 [J]. 应用激光, 1999, (8): 181~182.
- [3] 高春青. 激光二极管泵浦固体激光器技术研究 [D]. 北京: 北京理工大学, 1992: 36~37.
- [4] 薛永毅, 王淑英等. 新型电源电路应用实例 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2001: 19~20.
- [5] 符绿化, 王凯民. 激光点火技术的发展 [R]. 中国兵器科技情报研究报告, 1994: 1~21.
- [6] 梁国忠, 梁作亮. 激光电源电路 [M]. 北京: 兵器工业出版社, 1995: 151.
- [7] 张建华. 数字电子电路 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1996: 281~282.