

一种新型实用高频中小功率 CO₂ 激光电源

林 野

(温州大学信息科学与工程学院, 浙江温州 325035)

摘 要: 介绍一种新型实用 CO₂ 激光电源, 利用 IGBT 为主开关管, 采用高压包串联供电和预充电, 在电路结构上更趋于小型化、高频化、集成化、通用化。测试和应用结果表明该电源具有良好的性价比和可靠性, 达到雕刻印刷的高频开关要求, 适于生产。

关键词: 激光电源; 高压串联输出; 双闭环反馈; 预充电

中图分类号: TN86 **文献标识码:** A **文章编号:** 1008-309(2004)04-0057-13

一、前言

CO₂ 气体激光器具有光束模式好, 能量转换效率高, 输出功率高和成本低的优点, 在工业领域的材料精密加工、工艺制作等方面得到广泛应用^[1]。温州印刷业发达, 激光制版具有快速、高效、低污染的优点, 有不可低估的经济价值。

CO₂ 气体激光器主要由电源和谐振腔组成。因此, 作为激光器核心之一的激光电源的性能和特点决定整台激光设备的技术指标。本文介绍一种高频中小功率激光电源, 采用闭环反馈方式控制其外特性和动态特性, 以 IGBT 为主开关管, 驱动简洁, 电性能好, 有良好的工程实用性。

二、主电路

CO₂ 气体激光器电源的原理图如图 1 所示。电源功率 750W, 采用半桥逆变, 又考虑到负载电压和器件关断电压均衡, 主电路采用两组半桥逆变电路互补对称工作。

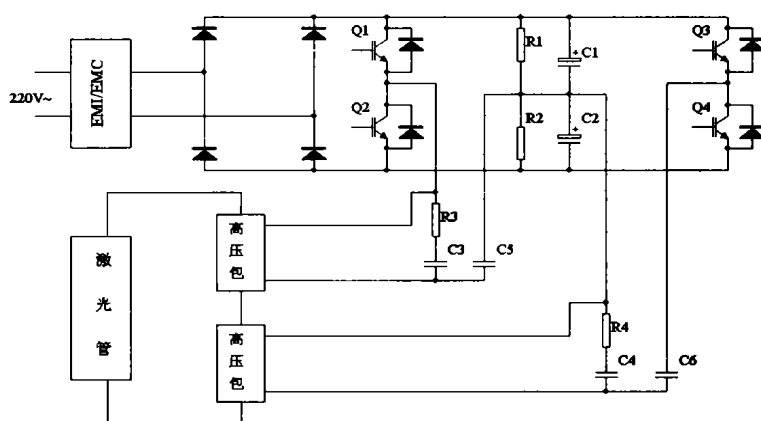


图 1 CO₂ 气体激光器电源主电路原理图

收稿日期: 2003-12-30

基金项目: 温州市科技发展计划项目(G2002030)

作者简介: 林野(1974-), 男, 浙江苍南人, 讲师, 硕士, 研究方向: 光学及相关电子通信

电源主电路主要由滤波电路、单相不控全桥整流、高频半桥逆变电路以及升压整流电路构成。高频升压变压器和高压整流电路构成的升压整流电路制作成独立的高压包单元。该激光电源要求的输出电压较高，高压包的分布参数较大，影响整机可靠性和稳定性，设计中充分利用半桥逆变，采用两个完全对称的半桥结构输出到两个高压包，由后者串联输出给激光管供电。尽管这种设计多制作了一个高压包，但降低了单个高压包输出电压，从而降低了工艺要求，对提高整机产品质量稳定性和性能优化，其作用是明显的，并具有经济价值。

由图 1 可知，来自电网的 220V 单相交流电压经滤波整流后得到 310V 左右的直流电压，该电压通过半桥逆变得高频方波电压，再进入高压包升压至 15KV。两路半桥逆变电路共用一个分压电路 (R_1, R_2, C_1, C_2)，提高了元件的利用率。两组半桥功率开关管 Q_1, Q_2 与 Q_3, Q_4 可选用 IGBT^[2]。由于高压包中漏感和分布电容等寄生参数的影响，在开关切换过程中产生的电压尖峰和寄生振荡较大，使开关损耗增大。并且，随着电源工作频率的提高和功率增大，会导致尖峰电压进一步上升和开关损耗增加。为求改进，设计在高压包上并联吸收电阻 R_3, R_4 和吸收电容 C_3, C_4 ，这一简单措施使得电压波形得到有效改善。实测开关管 Q_1 的集电极、发射极之间电压波形如图 2 所示。为防止 PWM 控制在调整脉宽时可能会引起高压包直流分量的增多，从而导致电源工作点偏移和效率下降，在半桥逆变的输出回路上串入隔直电容 C_5, C_6 。

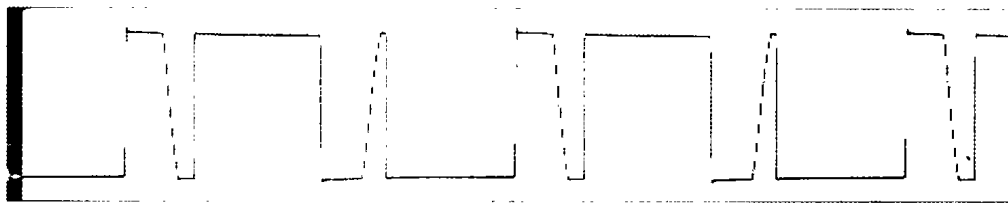


图 2 开关管 Q_1 的电压波形图

纵向：电压，50V/格；横向：时间，5 μ s/格

三、控制与驱动

控制电路采用 TL494，而驱动电路则采用 IR2113。

TL494 是一种脉宽调制型开关电源集成控制器，最高工作频率 300KHz。电路中利用两个片内误差放大器分别用作恒压电路反馈放大器和恒流型过流保护电路放大器^[3]。传统的激光电源多采用输出电压的单闭环反馈，电源的电流经过电感，相对而言于电压信号有较大的相位延迟，造成响应速度慢，稳定性差，甚至造成功率管损坏等故障。根据 CO₂ 激光电源应具有启辉时为恒压源，稳定工作时为恒流源的工作特性，设计利用 TL494 对输出电压和输出电流两者都进行闭环控制^[4]，其中电流反馈是通过采样主电路上的电流互感器电流来实现的。

另外，在激光加工过程中，需要激光输出能满足接受外部控制指令高速关闭或开启的要求。由于激光管两端从零到启辉电压需要的时间较长，有必要采用预充电技术^[5]，即激光管无输出时两端的电压并不是下降至零，而是下降到比启辉电压略低一点，从而为下一次激光输出创造了快速响应的条件。预充电时的开关管 Q_1 的集电极、发射极之间电压波形如图 3 所示。这一设计对激光电源仅仅在控制策略上略作改动，但对于整个激光加工系统在工业应用中的意义却不容小视。比如激光制版中的加工精度和速度就是依赖于此^[6]。

四、电源的性能特点

通过性能测试和在博业激光雕刻公司的激光雕刻加工机床上的长时间使用，证明本电源设计及

工艺完全能满足生产加工的实用要求, 具有如下优点:

1. 稳定性好, 抗网路波动性强, 调节范围宽

当电网波动 $\pm 10\%$ 时, 可正常工作, 对 1.6 米 CO_2 激光管, 自然冷却条件下, 连续工作 8 小时, 工作电流变化 $\leq 1\text{mA}$, 激光器工作电流从 6~38mA 连续可调。

2. 频率响应高, 在激光加工时可进行连续/脉冲转换, 可利用电脑控制本电源在高频脉冲状态下从事激光雕刻切割非金属材料。尤其在机床进行坡度雕刻时胜任高达 10KHz 的控制脉冲。

3. 体积小, 便于安装于激光加工机床, 重量轻, 整机重量不超过 6KG。成本低, 适于生产。

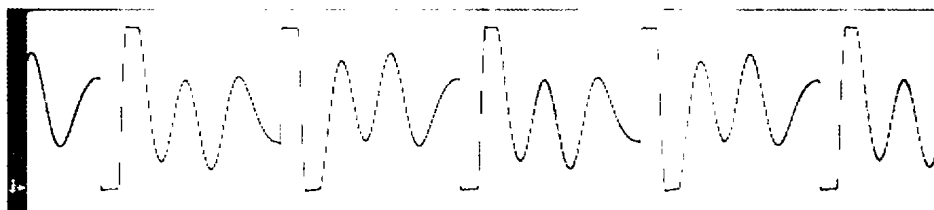


图 3 预充电功能下开关管 Q_1 的电压波形图

纵向: 电压, 50V/格; 横向: 时间, 5 μs /格

参考文献

- [1] 彭晓原, 李适民, 邬鹤清等. 高功率 CO_2 激光加工设备的泵浦电源及研究状况[J]. 激光与红外. 1996, 26(3): 203-205
- [2] 张曙红, 刘勃, 胡兵等. IGBT 模块在激光电源中的应用及对激光电源性能的改进. 仪表技术[J]. 1998 (5): 46-47
- [3] 何希才. 新型开关电源设计与维修[M]. 北京: 国防工业出版社, 2001
- [4] 姜幼卿, 韩学斌, 刘光春. 双环控制 CO_2 激光电源的研究设计[J]. 电焊机. 2003, 33 (3): 13-16.
- [5] 毛卫平, 刘强, 赵国光等. 激光烧结快速成型系统中激光电源开关的设计和激光动态响应时间的测试[J]. 应用激光. 1999, 19(6): 365-366, 358
- [6] 胡兵, 何云贵, 刘小东. 激光雕刻中的笔划失真[J]. 激光技术. 1998, 22(4): 253-255

A New Practical CO_2 Laser Power Supply of High Frequency and Middle Power

LIN Ye

(Information Science and Engineering College of Wenzhou University, Wenzhou, China 325035)

Abstract: This article describes a new practical CO_2 laser power supply with IGBT as power inversion. The application of the technology of precharge and series output of high voltages enables to meet the requires of high frequency on-off switch for engraving. The power supply is towards small size, high frequency, integration and all-purpose. The result of testing and application of the power shows that it has good ratio of quality versus price, high reliability, and fit for manufacture.

Key words: Laser power supply; Series output of high voltage; Dual-loop feedback control; Precharge