

阻抗自调控 CO₂ 激光器电源

吕惠宾 周岳亮 崔大复

陆 斌 陈正豪 谢苑林

(中国科学院物理研究所)

本文介绍一种采用阻抗自调控限流电路的 CO₂ 激光器电源,它可使 CO₂ 激光器的输出激光功率从零到满功率大范围连续可调,能得到小纹波甚至无纹波的激光束。

CO₂ 激光器是目前销售量最大,应用最广的激光器之一,它在工业、医学、军事和科学技术等领域有着极其广泛的应用。尤其是近年来,CO₂ 激光系统在医学各科室卓有成效的临床应用,使 CO₂ 激光系统的销售量和应用与日俱增^[1]。但是,目前应用最广的 CO₂ 激光器存在的一个最大缺点,就是输出激光功率难以从零开始到满功率大范围连续可调,这不仅给很多工作带来不便,而且使激光系统本身的通用性也受到很大的限制。我们曾根据气体放电的负阻特性研制出倍压和全波整流复合式交流预电离 CO₂ 激光器电源^[2],可使 CO₂ 激光器的输出激光平均功率从零到满功率范围连续可调,但由于是采用交流预电离方式,所以难以得到小纹波甚至无纹波的激光束。本文从气体放电的阻抗匹配出发,介绍一种阻抗自调控 CO₂ 激光器电源,它不仅可使 CO₂ 激光器的输出功率从零到满功率大范围连续可调,能得到小纹波甚至无纹波的激光束,而且可使激光器高效率稳定运转,结构也比较简单。

一、电路原理和特点

在气体放电时,只要放电管和放电回路的阻抗匹配,就能得到一定范围内的稳定放电。对于 CO₂ 激光器,在 CO₂ 激光管的放电回路里串联大阻值的限流电阻时,输出激光可得到从零开始小功率范围的连续可调,但难以得到大

功率输出。在 CO₂ 激光管的放电回路里串联较小阻值的限流电阻时,可得到中功率激光输出,却又难以得到从零开始小功率范围的连续可调。因此,如何使限流电路的阻抗可变,是获得输出激光功率大范围连续可调的关键。我们就是从解决这一矛盾出发,根据气体放电的阻抗特性,利用稳压二极管和晶体三极管的特性,把稳压二极管和晶体三极管做为电阻来使用,研制出两种不同结构的阻抗自调控 CO₂ 激光器电源。

图 1 所示的是采用稳压二极管的阻抗自调控 CO₂ 激光器电源电路的原理图,它主要由高压直流电源和阻抗自调控电路组成。电路中 AB 间的阻抗自调控电路是本电源电路的特殊部分,它是由电阻 R₁、R₂ 和稳压管 D 组成。激光器的工作电流是由流经 R₂ 和 D 的两条支路来提供,R₁ 是当稳压管 D 万一短路时对激光管起保护作用,其阻值一般选取几十—几百 KΩ。当 R₂ 上的压降小于稳压管 D 的稳压值时,D 的等效阻抗是很大的,因而 R₂ 对激光管的起辉放电起决定性作用,它的阻值要比较大,可取几百 K—几 MΩ。当激光管开始起辉小电流放电时,其阻抗很大,R₁、R₂ 和 D 组成等效高阻抗的限流电路,对激光管起一种强迫放电的作用。在小电流工作时,即 R₂ 上的压降小于稳压管 D 的稳压值时,稳压管不导通,随着工作电流的增大,R₂ 上的电压降增加,当 R₂ 上的电压降等于稳压管 D 的稳压值时,D 随之导通,整个限流电路

的阻抗随之下降。此后，随着工作电流的再增加，流过 R_2 的电流将为一个恒值，其电功率主要由 D 提供。因此，选择稳压管 D 的原则是：D 的稳压值应大于能维持激光管稳定放电的最小工作电流与 R_2 的乘积，D 的工作电流应不小于激光管的最大工作电流与流过 R_2 的电流之差。如果稳压管的稳压电压太低，可采用几只串联。如果稳压管的电流不够大，可采用几路并联。

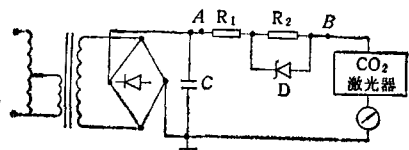


图1 稳压二极管组成的阻抗自调控电源电路

图2所示的是采用晶体三极管组成 CO_2 激光器电源阻抗自调控限流电路的原理图。它是由电阻 $R_{11}, R_{12}, R_{13}, R_{14}, R_{21}, R_{22}, R_{23}, R_{24}$ 和三极管 T_1, T_2 组成，其特点与采用稳压二极管的电路大致相同，激光管的工作电流由流过 $R_{12}, R_{13}, R_{22}, R_{23}$ 和 R_{11}, T_1, R_{21}, T_2 两条支路提供。当 R_{13} 和 R_{23} 上的压降小于三极管的 V_{be} 时， T_1, T_2 不导通，由 R_{12}, R_{13}, R_{22} 和 R_{23} 支路提供电流，随着电流的增加，当 R_{13} 和 R_{23} 上的压降等于三极管的 V_{be} 时， T_1, T_2 开始导通，随着电流的继续增加， T_1, T_2 进入饱和。因而电路元件的选择原则是： $R_{11} + R_{21}$ 的阻值应为激光管在中大功率工作时的最佳阻值， $R_{12} + R_{13} + R_{22} + R_{23}$ 的阻值应为能使激光管在较低电压时起辉小电流稳定放电的最佳阻值。 R_{12}, R_{13} 和 R_{14} 的匹配， R_{22}, R_{23} 和 R_{24} 的匹配，既要保证在激光管起辉稳定放电后 T_1, T_2 导通，又不能使 T_1, T_2 过压而击穿，同时在保证激光管稳定放电的条件下，使 T_1 和 T_2 尽快饱和而降低 T_1 和 T_2 的功耗与负载。为了减小 T_1, T_2 和激光管放电时的负阻特性的相互影响， R_{14} 和 R_{24} 对稳定工作电流有一定的抑制作用。在限流电路中串几只晶体管为宜，要根据激光管和晶体管的特性而定。

对于上述两种 CO_2 激光器电源，高压直流电源可以是全波整流滤波、半波整流滤波，谐振型

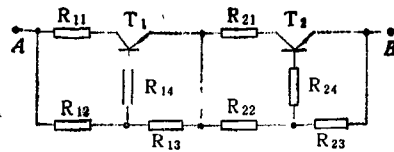


图2 三极管组成的阻抗自调控电路

等各种电路的电源，只要其滤波效果足够好，就能得到小纹波甚至无纹波的激光束。

二、实验结果

我们采用上述两种电路，选择不同的电路参数，先后用管长分别为 23cm, 30cm, 70cm, 80cm 等不同激光管进行了实验，均获得了满意的效果。例1，选用全波整流滤波的直流高压电源。图1所示电路中的 $R_1 = 400k\Omega$, $R_2 = 1M\Omega$ ，稳压管 D 由五只 2DW151 串联而成。用管长 30cm 的 CO_2 激光管，得到 0—14W 的激光输出功率。用管长 80cm 的 CO_2 激光管，得到 0—42W 的激光输出功率。例2，仍选用全波整流滤波的直流高压电源，选用四只 3DD103E 三极管组成如图2所示的阻抗自调控电路，其中相应的 $R_{11} = R_{21} = R_{31} = R_{41} = 100k\Omega$, $R_{12} = R_{22} = R_{32} = R_{42} = 500k\Omega$, $R_{13} = R_{23} = R_{33} = R_{43} = 510\Omega$, $R_{14} = R_{24} = R_{34} = R_{44} = 100\Omega$ 。把它用于管长 80cm 的 CO_2 激光管，得到 0—43W 的激光输出。实验结果表明，采用阻抗自调控限流电路的 CO_2 激光器电源，不仅可使激光管的起辉放电电压降低到一般较大电流起辉放电电压的 50% 左右，输出激光功率从零开始到最大功率大范围连续平滑调节，而且激光器工作稳定，输出激光起伏小于 $\pm 5\%$ 。同时可得到小纹波甚至无纹波的激光束。

显然，本电源不仅适用于 CO_2 激光器，同样适用于某些其它气体激光器，利用本方案对现有的激光器电源进行改进也是方便的。

[1] 邓鸿林，激光与红外，No. 1(1989)，12。

[2] 吕惠宾等，物理，19—9(1990)，548。