

一种可防止闸流管连通的卤化铜 激光开关电源

史斌星 宁子立

(清华大学物理系, 北京 100084)

提要: 本文给出的一种开关电源电路, 由于采用了特定的供电电压, 以保证在闸流管消电离之前充电回路中没有电流, 从而可望解决闸流管的连通问题。实验结果与理论预期的一致。

关键词: 防止连通, 开关电源

A power supply of copper halide laser preventing thyatron from conducting continuously

Shi Binxing, Ning Zili

(Department of Physics, Tsinghua University, Beijing)

Abstract: A circuit for power supply of copper halide lasers was proposed, with a special voltage applied it can avoid current before ion elimination in thyatron. It would be possible to prevent the thyatron from conducting continuously. The results of experiment agree with those in theoretical analysis.

Key words: switching power, prevent conducting

引 言

纯铜或卤化铜蒸气激光器因具有高的转换效率和可见光输出而受到人们重视。由于其激光工作下能级是铜原子的一个亚稳态, 因此, 必须在脉冲状态下工作^[1]。在一定条件下提高脉冲频率有利于增加激光输出功率, 但是由于激光电源中的闸流管的连续导通(简称连通)现象限制了工作频率的提高^[2]。闸流管在一次导通后, 必须有足够的消电离时间, 才能彻底关断。如果两个脉冲间隔太小, 则将产生闸流管的连通现象, 使电源短路, 这对于由闸流管控制的高频、高压开关电源来说, 是一个为人们十分关注的问题。

无工频变压器的开关电源在近十多年来有了飞速发展^[3], 并已形成系列产品^[4], 在航天、航空、计算机、电视、广播、通讯、电子仪器等广大领域都有广泛应用^[5]。它们不仅具有体积小、重量轻、效率高等优点, 而且我们发现, 当将它们用于铜或卤化铜连续脉冲激光器时, 还可望防止闸流管的连通问题。

基本设计思想

图 1 是本文给出的一种开关电源电路,其中图 1(a)是一个半桥式变换电路,晶体管 BG_1 和 BG_2 在脉冲信号 V_1 和 V_2 分别控制下交替导通,通过高频升压变压器 B 在副边产生一个高压脉冲。图 1(b)与通常采用的由工频变压器升压的闸流管控制回路的主要差别在于,通常的高压回路中有一个滤波电容,它将整流后的高压脉冲滤波成直流高压加在闸流管阳极;在图 1(b)的电路中略去了这个电容,因此,加在闸流管阳极的是一个经过整流的高压脉冲。我们发现,以这一脉冲高压代替直流高压,有利于克服闸流管的连通。

为了进行说明,首先对通常采用的工频变压器式的电路中的闸流管连通问题作一简要说明。

图 1 中 L 表示充电电感, C 是储能电容,计算给出这一电路的脉冲重复频率 f 应为^[2]

$$f = \frac{1}{\pi} \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

要增加频率只有减小 C 或 L ,但储能电容 C 太小将会减少单次放电向激光管提供的能量,因而不能由此达到增加激光输出功率的目的。人们希望能通过减小 L 来增加频率和激光功率,但减小 L 将增加充电速度,有可能导致闸流管连通。计算表明,为防止闸流管连通, L 的值必须满足条件^[2]:

$$L \geq \frac{2V_0 \Delta t}{I}$$

其中 V_0 为输入直流高压, Δt 是闸流管的消电离时间, I 是闸流管的维持电流。因此, L 的值不能太小,受到 Δt , I 等闸流管参数的限制。克服这一困难,通常采用的方法是以饱和电抗器代替普通电感。在电容 C 开始充电时,饱和电抗器的电感值很大,处于非饱和状态,因而充电电流很小,可小于闸流管的维持电流,保证闸流管的关断。当闸流管消电离后,充电电流逐渐增加,电抗器进入饱和状态,电感值可变得很小,充电电流将进一步增长,使电路具有较快的充电速度,保证了在较高频率下工作。但实践表明,即使采用饱和电抗器,工作频率仍然会受到限制^[6],这是因为,如果当闸流管尚未消电离时,电抗器已逐渐饱和,闸流管就不能彻底关断。

本文给出的电路无需采用饱和电抗器。设晶体管 BG_1 和 BG_2 导通时间为 T_{on} , 它们都截止的时间为 T_{off} 。高压变压器 B 副边输出电压经整流后应得到周期为

$$T = T_{on} + T_{off}$$

的脉冲电压。我们在 T_{on} 的下降沿处,在闸流管 T 的触发极加上一个触发脉冲 V_T , 使闸流管导通,这时电容 C 上储存的电能将通过闸流管使激光管放电,并产生激光输出。 BG_1 , BG_2 和 T 的触发信号时序如图 2 所示。由于在 T_{off} 时间内,闸流管上没有电压和电流,因而,只要 T_{off} 足够大,就能保证闸流管的充分消电离和可靠关断,防止连通发生。

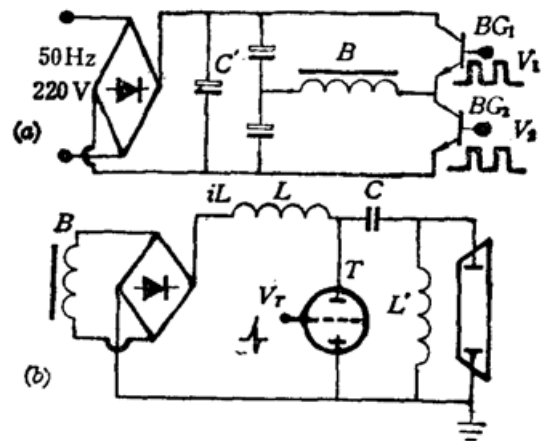


Fig. 1 Circuit of switching mode power supply

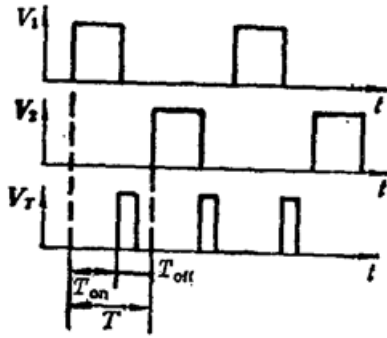


Fig. 2 The time dependence of trigger signals for BG_1 , BG_2 and T

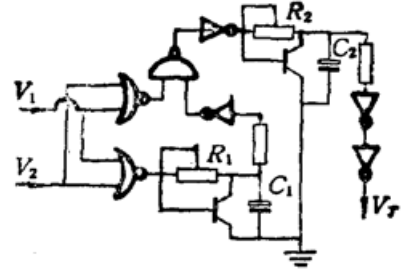


Fig. 3 Circuit of trigger pulse for thyatron

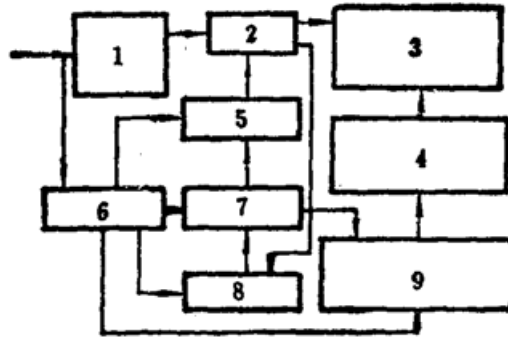


Fig. 4 The block diagram of switching mode power supply

由于大功率晶体管有较大的存贮时间,因而在 BG_1 , BG_2 的触发脉冲结束后,闸流管的触发脉冲 V_T 不应立即产生,需有一适当延迟。在图 3 的逻辑电路中,元件 R_2 和 C_2 担负这一任务。元件 R_1 和 C_1 用于调节 V_T 的宽度。

图 4 是整个开关电路的方框图,通过改变触发脉冲 V_1 和 V_2 的宽度可对输出功率进行调节。过流保护信号系从与变压器 B 串接的电流互感器取得。图中,1 为输入整流滤波,2 为变换器,3 为激光器充放电回路,4 为闸流管触发脉冲放大电路,5 为驱动电路,6 为辅助电路,7 为振荡电路,8 为保护电路,9 为闸流管触发脉冲形成电路。

实 验 结 果

本文采用的电路中,取 $L=200\text{ mH}$, $C=1500\text{ pF}$, $T_{on}=56\text{ }\mu\text{s}$ 。闸流管的工作频率约为 $f=15\text{ kC}$,获得最大输出功率约 $P=0.5\text{ kW}$ 。激光管直径 $d=1.2\text{ cm}$,长 $l=25\text{ cm}$,工作物质为 CuBr 。

图 5 比较了本文中采用的开关电源和一般工频变压器式电源的充电电流 i_L 的波形。可以看到,对于开关电源,在 T_{off} 时间内 $i_L=0$,因此可保证闸流管的充分消电离和可靠关断;对于工频变压器式电源则不存在 $i_L=0$ 的一个时间间隔,无法保证充分消电离和可靠关断。这一现象与预期的结果一致。

图 6 比较了开关电源和工频变压器式电源的输出效率。在功率低时,两者相差不大,随着功率增加,开关电源的效率将逐渐减小,这主要是由于电流增加时,功率晶体管的饱和压降增加了,因此,选择大电流下具有低饱和压降的晶体管,将有助于克服这一困难。此外,图 6 还表明,增加晶体管的驱动电压(电流)对此也有所改善。

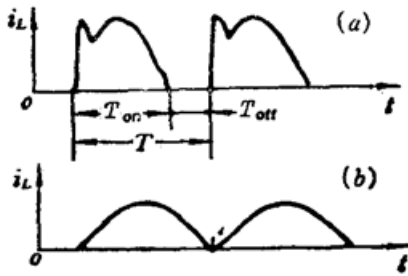


Fig. 5 Comparison between charge current

- (a) Switching mode power supply;
(b) AC transformer mode power supply

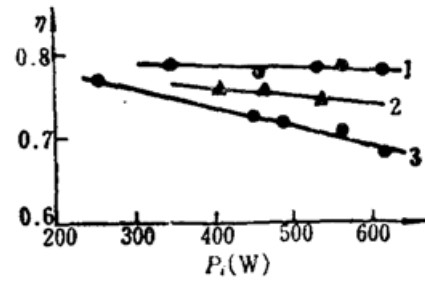


Fig. 6 The relation between efficiency and input power of power supply.

- 1—AC transformer mode power supply, 2,
3—switching mode power supply with 23 V
and 15V driving voltage respectively

本电路采用了半桥式变换电路,如改用全桥式电路和更大功率的晶体管,不难获得千瓦以上的输出功率。我们发现,在输出功率相同的条件下,开关电源与工频变压器式电源可获得基本相同的激光输出功率。

参 考 文 献

- 1 M. J. Kushner, F. E. Culick, *J. Appl. Phys.*, **51**(6), 3020(1980)
- 2 Ziv Karny *et al.*, *Rev. Sci. Instrum.*, **51**(10), 1426(1980)
- 3 华东计算技术研究所电源研究室编著,晶体管开关稳压电源,人民邮电出版社,北京,1985, 1~4
- 4 C. M. Sefton, *Electr. Rev. (GB)*, **23**(16), 36(1983)
- 5 胡文波,计算机研究与发展,**19**(7), 49(1982); 杨希炯 *et al.*, 计算机研究与发展,**19**(8), 39(1982)
- 6 单焕炎 *et al.*, 中国激光,**13**(7), 416(1985)