

# 提高半导体激光器电源重复频率的方法

梁国忠

与其它激光器比较, 半导体激光器的一个重要特点是它能在很高的重复频率下工作。但是, 高重复频率大电流电源的设计有时会遇到困难。可控硅作为开关元件具有某些优点, 它在半导体激光器电源中得到广泛的应用。本文讨论提高可控硅激光电源重复频率的方法。

## 一、可控硅激光电源的基本形式

半导体激光器电源本质上是一个大电流脉冲发生器。一般要求泵浦电流脉冲的幅度为几安、几十安直至上百安; 脉冲宽度在100~200毫微秒左右, 并且要求脉冲前沿很陡。原理上, 这样的脉冲是由储能电容器通过快速放电开关放电而形成的。有许多元器件可以作为放电开关, 例如电子管、大功率晶体管、雪崩晶体管以及可控硅(SCR)等。重要的是, 应根据半导体激光器的类型和具体的使用条件来选择合适的放电开关。不过在许多情况下, 由于SCR器件可以转换很大的电流, 使用又方便, 它的运用更普遍些。

使用SCR作为开关元件的基本电路如图1所示。电路的工作过程很简单: 在SCR关断期间, 充电电源+E经电阻R给储能电容器C充电, C上电压最终等于+E。当触发信号加到SCR控制极时, SCR导通, C通过SCR放电, 形成很大的电流脉冲。于是, 它激励激光二极管发出激光。不难看出, 这种电路的基础是阻容放电过程(见图2)。当充电时间 $t_c = 3\tau$  ( $\tau = RC$ , 为电路的时间常数)时, 电容器上电压 $V_c = 0.95E$ 。通常以这个充电时间来估计电路的重复特性。电路的上限频率 $f$ 为:

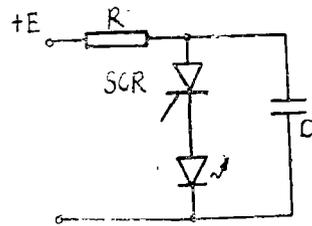


图1

$$f \leq \frac{1}{3RC} \quad (1)$$

电容C确定后, 为了提高频率 $f$ , 必须尽可能降低R。由式(1)得:

$$R \leq \frac{1}{3fC} \quad (2)$$

收稿日期: 1983年6月9日。

但是，R的大小还与使用的可控硅本身性能有关系。众所周知，可控硅一旦导通后，即使触发信号消失，它仍维持导通状态。要使它关断，必须使其阳极电流降低于某一数值（即维持电流 $I_H$ ）。所以，如果让SCR自行关断的话，电阻R应满足以下关系：

$$\frac{E}{R} \leq I_H \quad (3)$$

这表明，电阻R值不能选得太小。这是限制图1电路重复频率的一个主要因素。

半导体激光器常常需要以几千赫的频率工作。图1电路达不到这种要求，它仅能在较低频率下工作。为了提高电源的重复频率，可以在上述电路的基础上做些改进，也可以采用其它形式的充电电路。下面，我们分别讨论这两种情形。

## 二、快速充电电路

将图1电路稍加改进，增加一个高反压晶体管和一个二极管，电源的重复频率就可以比

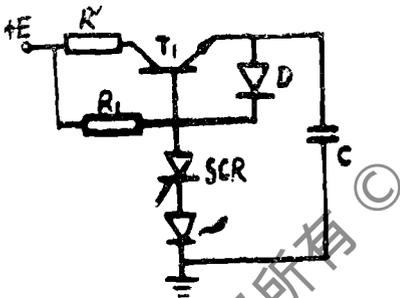


图3

原来提高几倍，电路如图3所示。图中，为了减小充电的时间常数，电容C不是经过电阻充电，而是经过导通的晶体管充电（图中的 $R'$ 值远小于图1中的电阻R）。电阻 $R_1$ 是可控硅的阳极负载，同时也是晶体管 $T_1$ 的偏置电阻。在SCR关断期间， $R_1$ 供给 $T_1$ 基极电流，此时充电过程开始。而在SCR导通后，C经二极管D和SCR放电。放电过程中，D上电压使 $T_1$ 反偏，于是将电源+ $E$ 与储能电容器C断开。

考虑到可控硅维持电流的影响，图3电路与图1一样，电阻 $R_1$ 的选择仍受式(3)限制。

如果能采用某种方式强迫关断SCR，那末，SCR工作状态的交换就可以加快进行，即提高了电源的重复频率。

图4 a表示了这样一种快速充电电路的原理（图中 $R'$ 的作用及大小与图3中的 $R'$ 类似）[1]。工作过程可用图4 b来说明。电路的输入信号加到SCR控制极，同时又加到单稳器1。单稳器1产生的输出信号使晶体管 $T_1$ 导通，因此，当电容C经SCR放电使激光二极管发出激光后，由于SCR阳极电位几乎为零，它迅速关断。另外，单稳器1输出信号的后沿去触发单稳器2。单稳器2形成的脉冲前沿使晶体管 $T_2$ 导通，于是开始给电容C充电，其脉冲宽度决定了电容C的充电时间。从图4 b能够看

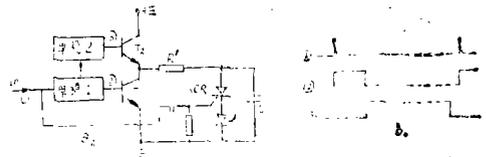


图4

出，两个单稳器的脉冲宽度之和确定了电路一个充放电过程所需的时间。适当选择两个单稳器的脉冲宽度，这种使用SCR的半导体激光器电源上限频率可达几千赫。

### 三、谐振式充电电路

图 5 所示的 LC 谐振充电方式与图 2 电路在原理上是大大不一样的。它采用电感线圈 L 而不是经限流电阻给电容器充电。关于这种充电方式的优点，由以下分析可以看出。

参看图 5，其中电阻  $R'$  为电感线圈本身的电阻，它很小。当开关 K 闭合时 ( $t=0$ )，回路方程为：

$$R' i + L \frac{di}{dt} + \frac{1}{C} \int i dt = E \quad (4)$$

初始条件为：

$$V_c(0) = 0$$

$$i(0) = 0$$

经过一系列计算<sup>[2]</sup>，得到：

$$V_c(t) = E - E e^{-\alpha t} \left[ \cos \omega_0 t + \frac{\alpha}{\omega_0} \sin \omega_0 t \right] \quad (5)$$

$$i(t) = E \sqrt{\frac{C}{L}} e^{-\alpha t} \sin \omega_0 t \quad (6)$$

式中，

$$\alpha = \frac{R'}{2L}$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

从式 (5) 可以求出对电源设计有重要意义的两个参数：

(1) 当  $V_c(t) = V_{c(t)\max}$  时，由式 (5) 得出：

$$t = \frac{\pi}{\omega_0} \quad (7)$$

即，在电路固有周期的一半处，电容上电压最大。如果取充电时间等于  $\pi/\omega_0$ ，则电路的重复频率主要由 LC 之积来确定。因而，电路的上限频率可以提高。

(2) 将式 (7) 代入式 (5)，得

$$V_c(t)_{\max} \approx 2E \quad (R' \approx 0 \text{ 时}) \quad (8)$$

即，在充电时间等于  $\pi/\omega_0$  时，电容上电压近似为电源电压 +E 的二倍。这样，可以降低 +E 的大小，减小了激光电源的体积与重量。

由于 LC 谐振充电方式具有上述优点，它最早在高重复率固体激光器电源中得到应用。

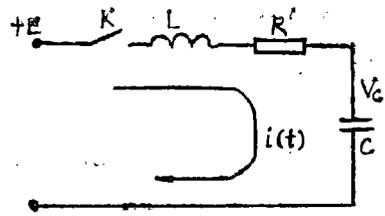


图 5

作为一个例子，图6表示了谐振式半导体激光器电源的简化电路<sup>[3]</sup>。工作中，储能电容器C经导通的晶体管 $T_1$ 和电感L迅速地充电到大约为 $2E$ 。当输入信号使SCR导通时，电容C放电而形成半导体激光器所需的大电流泵浦脉冲。为使晶体管 $T_2$ 的输入信号稍微加宽，以保证SCR导通期间，晶体管 $T_1$ 使电源 $+E$ 与SCR断开，图中加一小电感 $L_1$ 。

这种激光电源除了重复频率很高的优点外，其效率也很高。

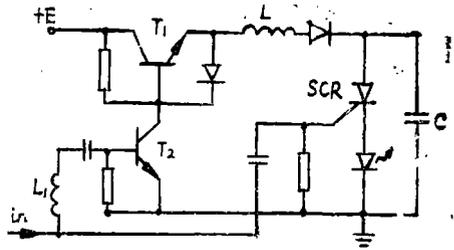


图6

#### 四、几点说明

1. 前面讨论提高半导体激光器电源重复频率的方法，是以可控硅作为放电开关为基础的。

实际上，利用其它类型的放电开关，可以明显提高半导体激光器电源的重复频率<sup>[4]</sup>。其中，雪崩晶体管有更快的开关速度，用它作为开关元件，比可控硅能得到前沿更陡、重复频率更高的大电流脉冲。

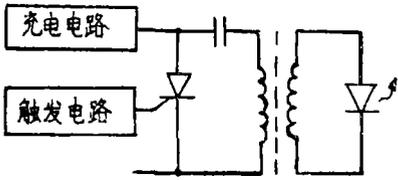


图7

2. 半导体激光器的动态电阻很小，并且离散性较大，为了使激光电源的输出阻抗与负载（半导体激光器）很好地匹配，常采用脉冲变压器耦合方式，如图7所示。

3. 半导体激光器电源的输出电流很大，装调中要特别注意电路元件的排列、布线和接地。引线要尽量短，以减小分布参数的影响。

#### 参 考 文 献

- [1] Rev.Sci.Instrum., 1976, Vol.47, No 6, P.767.
- [2] 重复率和连续激光器, 本书编写组, 上海人民出版社, 1977年.
- [3] Instrum.Exp.Tech., 1981, P.1200.
- [4] 激光器的电源, [苏] Н.В.波尔科夫, В.М.巴枯连科著, 孙乃俊, 王世贵译, 沃新能校, 科学出版社, 1980年.

(上接第26页)

- [6] J.A.P., 1963, Vol.34, No7, P.2043.
- [7] J.A.P., 1975, Vol.46, No8, P.3580.
- [8] A.P.L., 1973, Vol.22, P.534.
- [9] 小型Nd:YAG激光发射机, 兵器激光, 1982年第2期, 第38页.
- [10] Advances in Laser Engineering and Applications, Vol.2:7.
- [11] AD-A078603.