

## 一种用于空阴极激光器实验研究的准连续电源

**Abstract:** A quasi-CW power supply for the HCD laser experiments has been investigated. Using high frequency thyristor, the power supply gives near rectangular pulse output with appropriate duty factor. Its high efficiency, large peak current, variable controlled peak voltage and adjustable duty factor are convenient for the experimental study of HCD lasers.

空阴极激光器的工作特点是低电压大电流。大电流的工作状态将使供电电源功率很高，激光器限流电阻也变得十分庞大。此外，为了使激光器工作正常，必须对阴极采取水冷措施。所以在需要大电流供电的空阴极激光器研究中，一般都采用准连续电源供电。

准连续电源是指这样一种脉冲电源，它输出的脉冲具有一定的宽度以使激光器的工作状态类似于连续工作状态，脉冲占空比小以保证激光器放电管阴极功耗足够小。一般来说，由于气体放电脉冲激发过程(脉冲击穿阶段和余辉阶段)是在毫微秒到微秒的量级，因此要求准连续电源的输出脉宽大于0.1~0.2毫秒。

过去曾有报道采用减小频率(12.5赫兹)的半波整流交流电作为准连续电源<sup>[1]</sup>。这种方案的优点是设备简单，但它输出的波形是半波正弦波，脉冲占空比大，并且由于变压器磁饱和的限制使脉冲峰值电流无法提高。

采用闸流管电源可以得到基本上符合要求的近矩形脉冲输出，因而得到了比较广泛的应用<sup>[2]</sup>。闸流管电源还具有耐冲击、过载能力强、不易损坏的优点，缺点是效率低、设备庞大。此外，由于闸流管消电离速率的影响，利用普通氢闸流管的准连续电源在高峰值电流工作时容易出现闸流管穿通现象，因而安全的峰值电流被限制在大约10~20安培的范围。

可控硅电路具有很多优点，然而一般可控硅器件只能工作在低频状态，在电流上升过快时，由于局部电流密度过大将导致可控硅器件烧毁。空阴极激光器准连续电源的输出脉冲要求具有尽可能陡的前沿，一般可控硅甚至快速可控硅都难于胜任。高

频可控硅具有很高的  $\frac{di}{dt}$  值，能在高达20千赫的重复频率下工作。我们利用高频可控硅和脉冲电路控制获得了峰值电压连续可调(0~650伏)，输出近矩形脉冲，脉宽连续可调(0.3~2毫秒)，重复频率为12.5赫兹，脉冲占空比为  $4 \times 10^{-3} \sim 3 \times 10^{-2}$  的准连续电源。

图1是我们研制的准连续电源电原理方框图。主控回路由二个高频可控硅  $T_1$  和  $T_2$  (清华大学核能所器件车间的产品，耐压1200伏，电流20安)\*及电容器  $C_2$  构成。当可控硅  $T_1$  导通时，储能电容器  $C_1$  向负载放电，经过一段延迟时间后，可控硅  $T_2$  导通，电容器  $C_2$  通过  $T_2$  向  $T_1$  放电并使  $T_1$  关断。利用这一方案可以获得较好的矩形脉冲。为了保证  $T_2$  的关断， $C_2$  的充电电压要高于主电路电源电压。并联在  $T_1$  二端的电阻  $R_1$  为激光器提供了预电离电流，一般在20~50千欧即可。在不需预电离时可去掉  $R_1$ 。

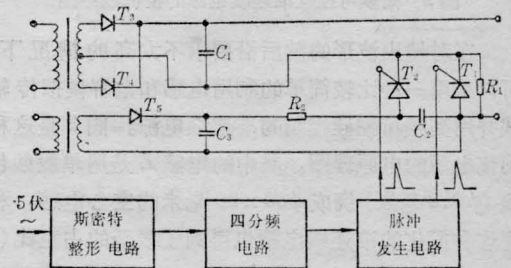


图1 高频可控硅准连续电源电原理图

注：本文是作者在清华大学物理系完成的。

\*：北京椿树整流器厂出品的KK(3CTK)20安/1200伏或KK(3CTK)10安/1200伏高频可控硅也能用在本电源上，但KK(3CTK)5安/1200伏不能使用。

控制可控硅的脉冲电路是一个简单的双脉冲发生器。由于实验研究中的同步需要，我们直接利用50周工频市电经半波整流再整形分频后触发一个单稳态电路。利用单稳脉冲的前后沿产生双脉冲，双脉冲的间隔时间通过单稳脉冲的脉宽来控制。在不需要同步时，也可用多谐振荡器代替前面的整形分频电路。由于高频可控硅对触发信号的电压和电流都有一定的要求，因此加入了脉冲放大器。图2是电源的整机线路图，所用元件参数见附录。

利用这台电源进行了氦-氦空阴极离子激光器的实验研究，测定了各种气压条件下准连续激光输出功率与放电电流关系，最高测量电流在脉宽0.3毫秒时可达50安培，脉宽2毫秒时可达30安培。研究了不同脉宽情况下激光输出的波形<sup>[3]</sup>。

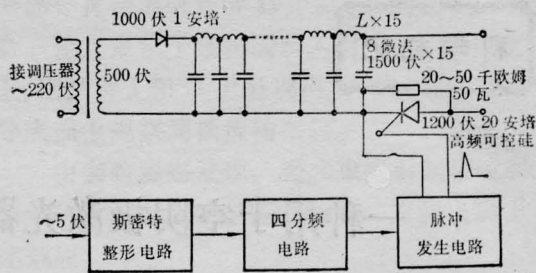


图3 简化的准连续电源电原理图

究，探讨了激光产生的激励机理<sup>[4]</sup>。如果减小L和C的值，增加LC的对数，经过细致的调试，也可以大大改善波形。

清华大学自动化系的顾廉楚副教授、甘小杰讲师和赵良炳讲师不仅为我们提供了高频可控硅，并且对电源的研制给予了许多指导和帮助，谨此表示衷心的感谢。

附录：高频可控硅准连续电源元件表

D <sub>1</sub> 、D <sub>2</sub> :	1500伏1安 硅整流管
D <sub>3</sub> :	2000伏100毫安 硅整流管
D <sub>4</sub> ~D <sub>11</sub> :	25伏1安 硅整流管
D <sub>12</sub> 、D <sub>13</sub> :	10伏1安 硅稳压管
D <sub>14</sub> :	5伏100毫安 硅稳压管
D <sub>15</sub> ~D <sub>18</sub> :	2AP15 锗二极管
T <sub>1</sub> 、T <sub>2</sub> :	1200伏20安 高频可控硅
T <sub>3</sub> ~T <sub>8</sub> :	3DK7 硅三极管
T <sub>9</sub> 、T <sub>10</sub> :	3DK9 硅三极管
T <sub>11</sub> 、T <sub>12</sub> :	3DK10 硅三极管
T <sub>13</sub> ~T <sub>16</sub> :	TTL 双与非门逻辑电路
T <sub>17</sub> 、T <sub>18</sub> :	JK 触发器或D 触发器
R <sub>1</sub> 、R <sub>22</sub> :	30千欧、20瓦 电阻器
R <sub>2</sub> 、R <sub>3</sub> :	50欧、10瓦 电阻器
R <sub>4</sub> :	200欧、5瓦 电阻器
R <sub>5</sub> :	9.1千欧、1/8瓦 电阻器
R <sub>6</sub> 、R <sub>12</sub> 、R <sub>13</sub> 、R <sub>20</sub> 、R <sub>21</sub> :	2千欧、1/8瓦 电阻器
R <sub>7</sub> :	3千欧、1/8瓦 电阻器
R <sub>8</sub> :	8千欧、1/8瓦 电阻器
R <sub>9</sub> 、R <sub>11</sub> :	1千欧、1/8瓦 电阻器
R <sub>10</sub> :	10千欧 电位器
R <sub>14</sub> 、R <sub>19</sub> :	500欧、1瓦 电阻器
R <sub>15</sub> 、R <sub>18</sub> :	200欧、1瓦 电阻器
R <sub>16</sub> 、R <sub>17</sub> :	50欧、1瓦 电阻器
C <sub>1</sub> :	400微法、1000伏 电容器
C <sub>2</sub> :	10微法、2000伏 电容器
C <sub>3</sub> :	0.33微法、2000伏 电容器

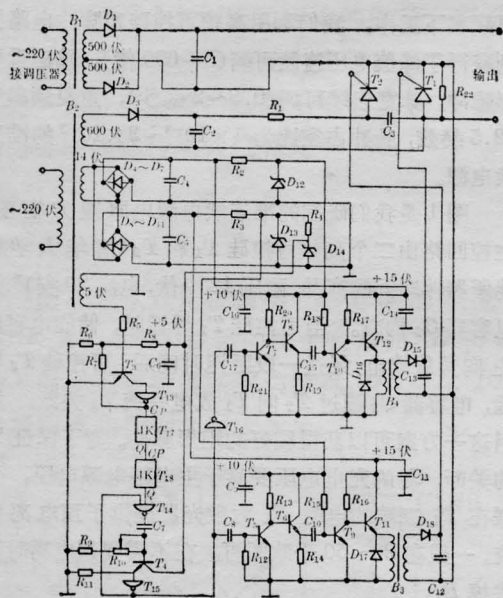


图2 高频可控硅准连续电源的整机线路图

在对输出波形的前后沿要求不太高的情况下，可以采用一种比较简单的利用电感和电容模拟传输线并用高频可控硅控制的准连续电源。图3是这种简化电源的电原理图。其中的电感L是用单股纱包线（φ0.8毫米）绕成φ60×20毫米的空心电感。利用这种简化的准连续电源也得到了很低的占空比（5×10<sup>-3</sup>）和高峰值电流（30~40安培），它的缺点是波形略差。我们利用这一简化电源进行了氦-氦空阴极放电离子激光器激光波形形成的机理研究，测量了放电管的自发辐射波形<sup>[3]</sup>，并利用它进行了氦-氦空阴极放电管中氦三重亚稳态密度变化规律的研

$C_4, C_5:$	2000 微法、50 伏 电解电容器
$C_6, C_9, C_{11}, C_{14}, C_{16}:$	100 微法、25 伏 电解电容器
$C_7, C_{10}, C_{15}:$	0.047 微法、63 伏 电容器
$C_8, C_{17}:$	100 微微法、100 伏 电容器
$C_{12}, C_{13}:$	3300 微微法、100 伏 电容器
$B_1:$	1000 伏安 电源变压器
$B_2:$	100 伏安 电源变压器
$B_3, B_4:$	1:1 脉冲变压器

### 参 考 文 献

- [1] R. Solanki *et al.*; *Appl. Phys. Lett.*, 1979, **35**(4), No. 15, 317.  
 [2] 复旦大学物理系激光研究室; “银离子空心阴

极 4788 Å 激光器”, 第五届全国激光学术报告会。

- [3] 殷立峰、窦任生, 韩丽瑛; 《激光》, 1982, **9**, No. 9, p. 596.  
 [4] 窦任生, 殷立峰, 韩丽瑛; 《激光与红外》, 1982, No. 5, 64.

(中国科学院上海光机所 殷立峰  
 中国环境科学研究院 窦任生  
 清华大学物理系 朝丽瑛  
 1984 年 2 月 24 日收稿)

## 通用内腔 He-Ne 激光器稳频稳幅的新方法

**Abstract:** Using the polarization properties of two-longitudinal mode lasers and adapting cooling fan method, the frequency and power of the intracavity He-Ne laser (633 nm) have been stabilized synchronously. The relative frequency stability is  $5 \times 10^{-9}$  and the power stability  $\pm 0.5\%$ .

基于内腔双纵模激光器的偏振特性, 采用简单的风冷方法, 同时稳定了激光器的输出频率和功率。实验装置如图 1 所示。所用激光器为普通内腔 He-Ne 激光器, 腔长为 200 至 230 毫米, 纵模间距为 652 兆赫至 750 兆赫。激光器被置于一个铝制外壳内, 该铝筒中心部位开有一个  $\phi 40$  毫米的孔洞, 筒的两端开有  $\phi 20$  毫米的孔。中心孔处放置一直流马达驱动的微型电风扇, 激光器的背向输出光用一个高效法拉第旋子进行磁光调制。该法拉第旋子是一个直径仅 10 毫米、厚度为 3 毫米的镀有高反膜的玻璃片, 和一个由 14 英寸电视行输出变压器磁蕊做成的电磁铁构成。该法拉第旋子体积小, 效率高, 功

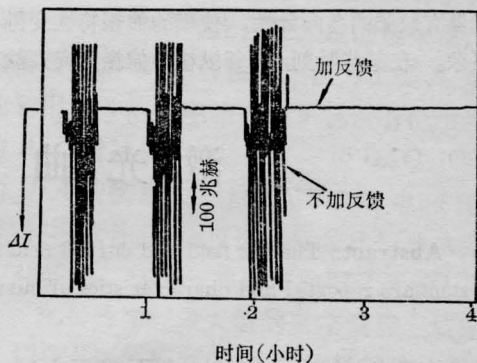


图 2 频率稳定的典型实验结果

耗低, 我们仅用 30 毫安的调制电流就顺利地进行了实验。

图 2 示出了稳频的典型结果。激光光强输出开环变化量的峰值  $\Delta I$  对应于激光频率值改变一个纵模间隔  $\Omega$ , 加反馈信号后频率变化的典型实验结果为  $\Delta f = \Omega/300$ , 激光频率相对稳定度达  $4.22 \times 10^{-9}$ 。图 2 也表示了稳频系统的开关响应, 它的捕获时间是很快的, 即不大于 0.3 秒。我们使用的是锁相放大器的典型时间常数, 在长达两小时的测量中, 稳频稳定度没有变化。利用变化反馈增益的办法, 激光器可在几百兆赫的范围内调谐。

在与稳定频率相同的条件下, 测量了激光输出

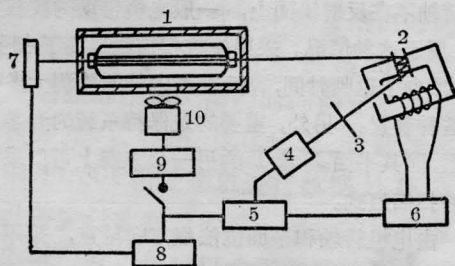


图 1 实验装置

- 1—铝筒; 2—法拉第旋子; 3—偏振器; 4—光电倍增管; 5—锁相放大器; 6—低频信号发生器; 7—功率计; 8—记录仪; 9—功率放大器; 10—微型电风扇