

固体激光器的电气系统



615

无线电十三厂

上海人民出版社

固体激光器的电气系统

上海无线电十三厂

上海人民出版社出版

(上海绍兴路5号)

新华书店上海发行所发行 上海市印刷三厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 1.5 插页 1 字数 31,000

1972年11月第1版 1974年6月第2次印刷

印数 12,001—22,600

统一书号: 15171·89 定价: 0.12元

毛主席语录

**中国人民有志气，有
能力，一定要在不远的将
来，赶上和超过世界先进
水平。**

**自力更生，艰苦奋斗，
破除迷信，解放思想。**

前 言

“激光”技术是近年来发展较快的一门新兴的科学技术，它的应用范围已愈来愈为广泛。在生产实践中，又不断得到发展和提高。采用脉冲方式工作的固体激光器，因为需要的功率很大，因此，它的电气系统就比较庞大、笨重，操作复杂。

近年来，我厂职工遵循毛主席关于“人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进”的教导，在毛主席革命路线指引下，经过工人们的努力，制成了电气系统采用脉冲扫描、自动程序工作的固体激光机。采用这种电气系统的激光机体积小，功率大，维修简单。

为了普及激光技术，交流这方面经验，我们编写了这本小册子。由于我们水平很低，有错误的地方，热忱欢迎广大工农兵读者和从事激光工作的同志们提出批评、帮助。

1104865

目 录

第一章 固体激光器的电气系统	1
第一节 概述	1
第二节 电气系统的改进情况	3
第三节 脉冲扫描自动程序工作原理	6
第二章 可控硅自动调压	8
第一节 原理简述	8
第二节 脉冲自动扫描触发可控硅电路	10
第三节 可控硅调压输出带变压器存在的问题和解决办法	19
第三章 高压整流储能电源	24
第一节 高频击穿整流管问题和解决办法	24
第二节 限流电阻的改革	27
第三节 高压泄放、安全措施	28
第四节 高压指示系统的改进	29
第四章 自动程序控制	31
第一节 激光器对自动程序控制的要求	31
第二节 控制仪原理	32
第三节 自动关闭电路	33
第四节 脉冲氙灯自动触发电路	37
附 录	40
1. 固体激光器的电气系统电路总图	40
2. 总图说明	40
3. 外形照片	41

第一章 固体激光器的电气系统

第一节 概 述

激光器的种类有固体激光器、气体激光器、半导体激光器、液体激光器等。用红宝石、钕玻璃等固体物质制成的激光器称固体激光器，它的主要特点是激光输出功率比较大。固体激光器由工作物质、光学共振腔、激光能源三个基本部分组成。能源部分目前比较多的是用高压脉冲氙灯发出强光去照射红宝石、钕玻璃等激光工作物质使它产生激光(图 1)。

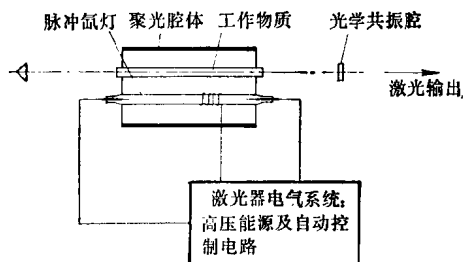


图 1

激光器输出的光能是由电气系统供给的，高压脉冲氙灯是使电气系统供给的电转换成光能。一般办法是把交流电源的电压升高到几千伏，将它整流成直流电，向大容量的电容器充电储能，然后在极其短促的时间里把电容上储的电通过氙灯放电产生强光照射工作物质。

用 1000 伏电压向 1200 微法电容充电，然后把这电容上

的电向一盏极距 150 毫米的脉冲氙灯放电，放电的平均电流能把 10 安以上的保险丝熔断。假如电压是 2000 伏，电流是 20 安，那么功率就应该是 $2000 \times 20 = 40000$ 瓦。而实际上

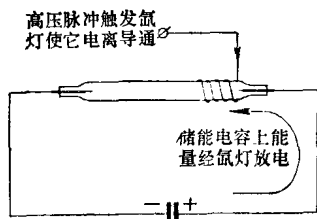


图 2

氙灯、高压整流或者是激光工作物质都很难允许这样大的功率连续工作，所以氙灯是以脉冲方式工作。氙灯在以脉冲方式工作时，如果要求氙灯第一次发光和第二次发光之间的时间要短（重复工作频率要高），那么向储能电容充电的速度要快，高压整流电源的输出电流、功率要大。高压、大电流、脉冲方式工作是固体激光器电气系统的主要特点。在实际运用中，如在工业生产中要求激光器有很大功率输出，同时工作效率要高，这就要求激光器的重复工作频率高，每秒钟达 4~6 次或者更高。这样高压电源功率就要增大，相应来说电气系统的体积和重量就变得笨重。同时高压大电流高重复频率脉冲工作还导致手动操作上的困难，以及造成整个电源网路冲击电流很大，会影响同一电源网路的其他设备正常工作等一系列问题。矛盾是客观存在的，也正是因为事物内部的这种矛盾性，就引起事物的运动和发展。我们经过反复实践，对上述一些矛盾有了一点认识，对固体激光器的电气系统作了些改进，初步解决了高压电源在以脉冲方式工作时冲击电流大的问题，同时把高压电源在脉冲工作间隙时间里的潜力充分利

用起来,并且用自动程序控制代替人工手动操作,使重复工作频率有一定提高。

第二节 电气系统的改进情况

伟大领袖毛主席说:“在生产斗争和科学实验范围内,人类总是不断发展的,自然界也总是不断发展的,永远不会停止在一个水平上。”近年来,激光器的电气系统的改进是比较大的,而且正在向更完善阶段发展。

起先,一台没有严格技术要求的激光高压整流电源如图3所示。

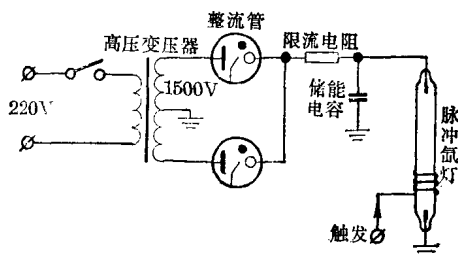


图 3

原理是这样的:交流电源经过变压器升压至1500伏左右,用闸流管整流成直流电,向储能电容器充电储能。此电能输给脉冲氙灯,这时脉冲氙灯并不导通,需要另外给脉冲氙灯一个上万伏的高压脉冲使氙灯电离,氙灯一旦电离后储能电容上的电能迅速通过氙灯放电,使氙灯发生闪光,照射工作物质产生“激光”。这种电路虽然简单,但是在实际使用中,功率无法控制,因此改进成如图4电路。在高压变压器初级端加了一只调压器,控制储能电容器上电压高低。

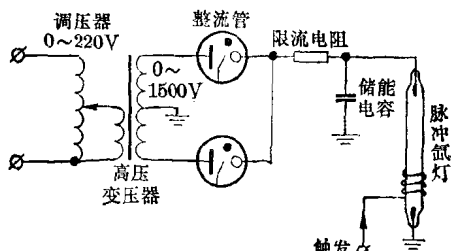


图 4

这样改革以后，功率虽然能够控制了，但是设备体积增大，假如高压变压器是 10 瓩，那么配置的调压器也很大；调压器靠手动调压，工作效率低，因此再改进成如图 5 电路。

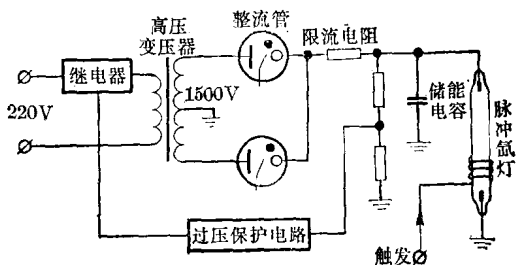


图 5

原理是：电源经继电器加到高压变压器，整流电路开始工作，向储能电容充电。电容上的电压除加到氖灯电极上去以外，还经过分压电阻取出一部分作为控制电压，当电容上电压升到某选定值时，控制电压能够推动过压保护电路工作，由过压保护电路带动高压变压器初级的继电器，使它断开，高压电源不再向储能电容充电，等到储能电容上电能经氖灯放电后，继电器再次接通。电路优点是重复工作频率比用调压器时高，但是这种电路的主要缺点是使用大电流继电器作为接触开关，工作起来噼噼啪啪，容易出故障，而且在继电器突

然接通瞬间冲击电流大。随着半导体器件广泛应用,以及可控硅的出现,现在许多单位把图 5 类型的电路作了改进。用可控硅作为无触点开关,代替继电器,用大功率半导体整流管整流代替体积很大的闸流管整流(图 6)。

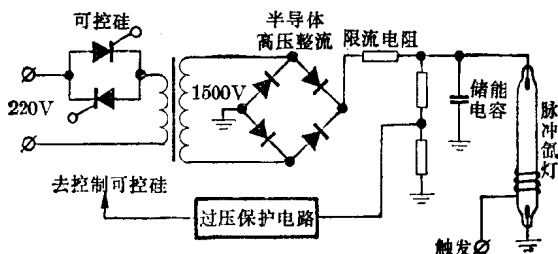


图 6

图 6 的电路,重复工作频率可提高到每秒三次左右,但是,在实际使用中还需要对它进行改进。

1. 采用可控硅作开关,除了过压保护电路外,还要再增加一套可控硅触发电路。可控硅触发电路种类比较多,但是许多电路稳定性较差,尤其是在有外界干扰情况下,它就不稳定。因此必须设计一种稳定可靠、抗干扰能力强的可控硅触发电路。

2. 可控硅作开关,而不是用作自动调压,因此接通瞬间冲击电流很大的问题没有解决,而可控硅又特别怕冲击电流,这是很大矛盾。因此,采用脉冲扫描控制可控硅自动调压,而不采取冲击式工作。

3. 若图 6 的可控硅作自动调压,可控硅的负载是变压器。因为变压器是感性负载,因此在变压器初级会产生畸变,在变压器次级有高次谐波干扰,这些问题必须加以认识,并采取解决措施,否则会造成事故。

以上是激光器的电气系统中，高压整流电源及控制电路不断改进与发展情况和尚须解决的问题。可以看出，它同一切事物的运动规律一样，一个矛盾解决了又出现了新的矛盾，但是事物在不断运动，矛盾的对立统一推动着事物向前发展。

第三节 脉冲扫描自动程序工作原理

图5、图6电路在接通瞬间，冲击电流很大。就是说，当高压变压器在接通的瞬间，向电容器充电的电流很大，但是稍过一会儿以后，由于储能电容上逐渐被充电，电位越来越高，因此充电电流迅速小下来，这样就使高压变压器及整流电路的负载不稳定，接通瞬间可能过载，但又很快地空载，潜力不能充分利用。我们在改进上述电路的实践中，采用了脉冲扫描自动程序工作的电气系统。这系统的原理如方块图(图7)。

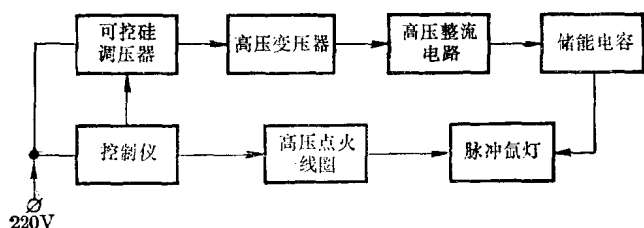


图 7

工作原理: 电源接通瞬间, 高压变压器初级并没有电压输入, 因此没有冲击电流, 此时可控硅调压器受到控制仪中的脉冲扫描电路控制, 开始自动逐渐升压, 使高压变压器初级开始有输入电压, 高压电源开始向储能电容充电; 在电容上电压升高的同时, 高压变压器初级电压也愈来愈高, 这样就相对地使充电电流变化较小, 克服了接通瞬间可能过载, 但又很快空

载的现象,使得高压电源潜力得到充分利用;当可控硅调压器自动升压至所需要的电压值时,控制仪中自动关闭电路指令扫描电路不再扫描回到原来起始位置,使得可控硅调压器关闭,不再有电压输出;高压电源关闭后,控制仪中的自动触发电路开始工作,控制高压点火线圈产生几万伏的高压高频脉冲,使氙灯电离,储能电容上的电能即向氙灯放电,氙灯发出闪光;在脉冲氙灯发光以后,控制仪再次指令可控硅调压器重新按照上述程序工作。电路原理示意如图 8。

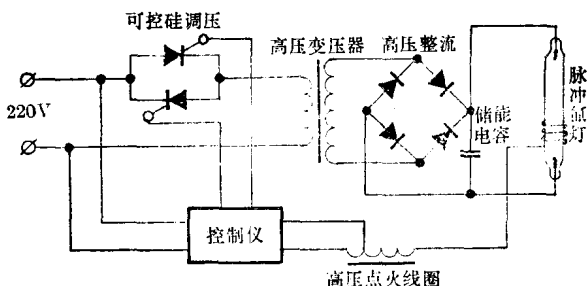


图 8

上述工作是由脉冲扫描进行控制,所以它的重复工作频率可以很高。按上述程序快速扫描工作时,每秒钟可达十几次以上(这是用人工手动操作或大型继电器无法实现的),如果高压变压器功率比较小,不允许有较大的充电电流输出时,可以控制扫描电路慢扫描,使可控硅调压器以极慢的速度渐渐升压,最慢甚至可慢到 1~2 小时,升到所需工作电压。

第二章 可控硅自动调压

激光器的高压整流电源中，高压变压器初级串接大功率可控硅，在扫描电路控制下起自动调压作用。本章简要地介绍可控硅使用常识和可控硅自动调压的有关问题以及解决办法。

第一节 原理简述

可控硅是一种可控单向导电的元件，在结构上除阴、阳极外，还有一个控制极(图 9)。

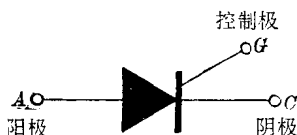


图 9

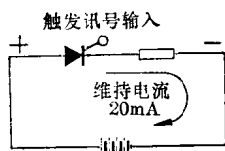


图 10

它的工作原理与二极管不同，即使在它的阴、阳极接通电源，它也是不导通的，只有在控制极上给它一个触发讯号，它就立即导通。它一旦导通以后，如果此时不再给它触发，它仍维持导通。但是可控硅还有另外一个特性，就是要它导通或维持导通，光有触发或阴、阳极接通电源还不行，就是说单是构成回路还是不够的，而且要有足够的电流(叫做维持电流)流过回路才行。维持电流一般不小于 20 毫安，如果维持电流

太小,即使控制极有触发也不导通(图 10)。

可控硅有上述特性,所以只要控制给可控硅的触发讯号,或者控制可控硅的维持电流,就能使可控硅起开关、调压、自动调压等作用。给可控硅控制极的触发讯号,可以是直流电压固定触发,或用手调整脉冲讯号使它在某一个固定相位时触发可控硅,也可以用脉冲自动扫描触发可控硅。触发方法不同,可控硅起的作用不同,有的只能起开关作用,有的能起手动调压作用,或者起自动调压作用。

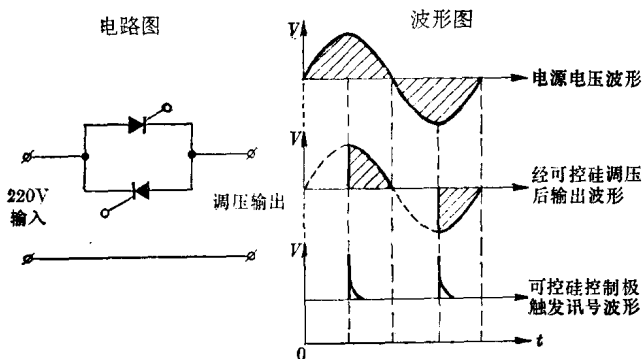


图 11

图 11,当交流电源加到可控硅上,在 $0 \sim 90^\circ$ 相位,没有触发讯号,它不导通,好象一只开关关闭着。在 90° 及 270° 时

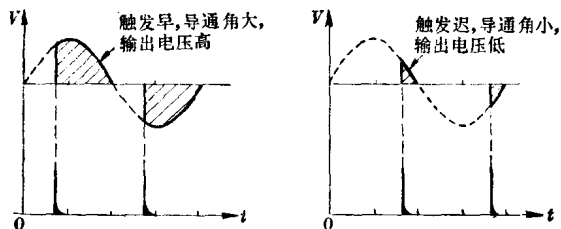


图 12

给触发讯号,这样相位在 $90\sim 180^\circ$ 、 $270\sim 360^\circ$ 之间可控硅导通,它相当于开关打开。假如开关开得早,交流电通过可控硅的电能就多,电压有效值高。如果开得晚,通过的电能就少,电压有效值就低,如示意图 12。

第二节 脉冲自动扫描触发可控硅电路

可控硅触发电路的种类很多,如用正弦移相触发、单结晶体管组成的触发电路等等。各种触发电路各有所长,但也有其不足之处。例如,有些触发电路,它的触发讯号可调的范围较小;在电源网路有干扰的情况下,电路抗干扰能力差,工作不稳定;只能手动控制触发讯号相位变化,不能自动扫描。

我们采用脉冲自动扫描触发电路(简称扫描电路)。扫描电路的作用是产生与电源同步的脉冲讯号,目的是要用这个讯号去触发可控硅,使可控硅起调压作用。扫描电路产生的脉冲讯号的相位,不仅可以手动调整,而且可以自动扫描;扫描电路工作比较稳定;可以控制可控硅导通角近乎在 $0\sim 360^\circ$ 的宽范围内调整;抗干扰性能也比较好。扫描电路方块图(图 13):

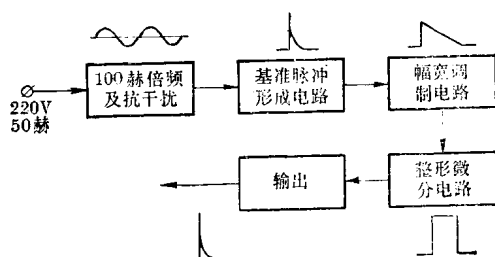


图 13

电路原理

1. 100 赫倍频及抗干扰电路(图 14)

可控硅对 50 赫的交流电压进行调压时, 交流电压的正半周需要一个触发讯号, 负半周也需要一个触发讯号, 所以触发频率应该是 100 赫, 并且要求这 100 赫的讯号与 50 赫交流电源同步。我们采用 50 赫交流电源倍频产生 100 赫讯号。另外从电源网路的实际情况来看, 往往在同一电源网路中, 有许多其他电器设备产生的干扰, 如果电路设计中不考虑抗干扰, 那么电路就不可能稳定, 所以在 100 赫倍频电路中还考虑到抗干扰问题。

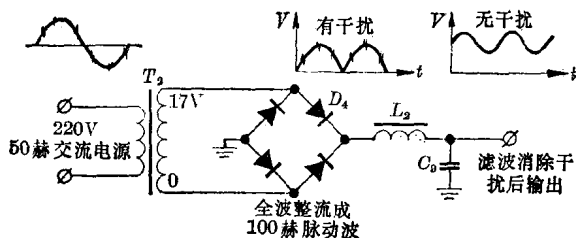


图 14

〔原理说明〕 50 赫的交流电源经变压器 T_2 和晶体管桥式整流后, 即倍频成 100 赫的脉动电压。但是这 100 赫脉动波中有干扰, 再经过 L_2 和 C_0 滤波消除电源中的干扰。由于滤波电容 C_0 容量比较小, 因此滤波后除了能够消除电源中的干扰外, 仍能维持有 100 赫的交流波纹, 这 100 赫波纹就是所需要的讯号。

2. 基准脉冲形成电路(图 15)

这电路作用是把上述 100 赫波纹讯号限幅放大成方波, 再把方波微分成脉冲讯号, 而且要求这个脉冲讯号的幅度可

以手动调整或自动调整。同时还要求这 100 赫脉冲的相位同步在 50 赫电源电压波形的零点位置或稍偏前一点的位置上。因为以后的电路就以此脉冲为基准进行扫描，所以把这个脉冲讯号，叫做“基准脉冲”，产生这个基准脉冲的电路叫基准脉冲形成电路。

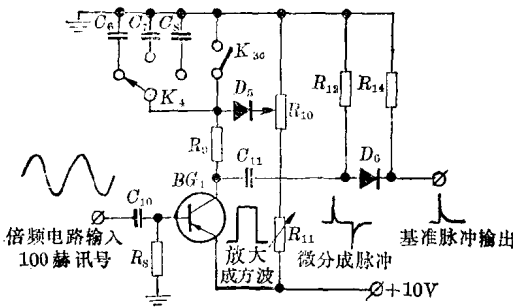


图 15

〔原理说明〕 图 14 电路产生的 100 赫波纹的直流讯号，经 C_{10} 隔直后剩下 100 赫的交流讯号加到 BG_1 基极进行限幅放大， BG_1 集电极输出 100 赫方波。方波经 C_{11} 和 R_{12} 微分成脉冲波，再经 D_6 二极管割去负脉冲后，输出 100 赫的正脉冲讯号（即基准脉冲）。假如 BG_1 集电极电阻 R_9 的一端不是接在 D_6 和 C_6 （或 C_7 ， C_8 ）上，而是接地，那么 BG_1 输出最大。相反如果 R_9 不接地也不接 D_6 ，而是接在 10 伏直流电源上，这个电压同 BG_1 发射极接的电压相同，那么 BG_1 就没有输出。由此可见，改变 BG_1 集电极电位高低就能控制 BG_1 输出大小。我们在 BG_1 集电极回路中连接一个 RC 充电电路，则集电极的电位由于 C_6 逐渐被充电而慢慢升高，此时 BG_1 输出也越来越小，使得“基准脉冲”幅度也从大到小自动变化。就是说开始时 C_6 上的电位等于零， BG_1 输出最大，基准脉冲此时也最大。由于