

# 小型钕玻璃调 Q 激光器

廉汝林 王桂兰 陈秀云

### 提 要

本文通过实验对钕玻璃小型调 Q 激光器的各部件(工作物质、泵浦系统、调 Q 方案、谐振腔、介质膜透过率等)参数进行了选择,在此基础上设计了一台巨脉冲小型钕玻璃激光器。测量结果表明:此激光器在输入 36 焦耳时,可以获得 0.46 焦耳的单脉冲输出,动态效率可达 1.2%,脉冲宽度为 28 毫微秒,输出峰值功率为 16 兆瓦。

目前,脉冲光泵浦固体激光器的转换效率较低,主要是由五个方面损耗造成的:(1)储能电容,放电回路及灯本身的吸收;(2)聚光效果不佳;(3)吸收带以外的氙灯光能损耗(此项对四能级钕玻璃工作物质损耗更大);(4)无辐射跃迁;(5)谐振腔内的损耗。对巨脉冲激光器来说,因储能不能全部以单脉冲输出,也造成了损耗。由于以上几个方面损耗的影响,输入上百个焦耳,单脉冲输出才能达到 0.4 焦耳,动态效率一般在 0.3~0.4%。要提高激光器转换效率,就必须合理选择激光器各部件的参数,尽量减少以上几个方面的损耗。几年来,为提高小型钕玻璃激光器件的转换效率,我们曾在几个方面做了工作。

## 一、钕玻璃的选择

1.06 微米波段单次或低工作频率运转的调 Q 固体激光器,从储能及单脉冲的峰值功率输出来讲,采用钕玻璃比采用 YAG 晶体有利<sup>[1]</sup>。

钕玻璃质量的好坏,会直接影响激光器的阈值、转换效率及激光输出特性,所以要认真加以选择。

调 Q 激光器所用钕玻璃工作物质,一般不应含有铂杂质,而且铁、钴、镍等杂质的含量也要减少到最低限度。含铂的钕玻璃会被大功率激光打坏,而含铁多的钕玻璃,会吸收泵浦光和激光,容易造成钕玻璃紫外着色,致使激光器件效率降低。

要选择光学均匀、应力小的钕玻璃,否则会使激光输出的发散角增大、阈值提高、效率降低。

长荧光寿命的钕玻璃,虽然提高了激光器的阈值,但对调 Q 激光器的储能、单脉冲运转有利。

从几种钕玻璃激光输出来看,认为上海光机所研制的 GB-5830 型(N1030)B72-09 钕玻璃好些。B72-03 长荧光寿命钕玻璃提高了单脉冲能量。图 1 给出几种不同型号钕玻璃棒在一固定激光器件中的激光输出曲线。

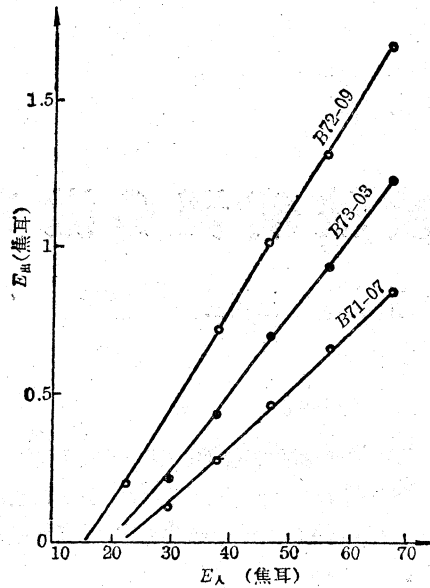


图1 不同型号钨玻璃对激光输出的影响

## 二、低输入时钨玻璃激光器泵浦系统的考虑

泵浦系统包括氙灯、聚光器及放电回路。合理地选择各部件参数,在工作限定范围内使泵浦系统能够很好地匹配,将会大大提高泵浦系统的转换效率。

### (一)对低输入时脉冲氙灯的几点考虑

我们所用的泵浦灯是脉冲氙灯,灯的气压、灯弧直径等参量,按不同的输入,其要求也各不相同。

有关氙灯气压对发光效率的影响,有人已作了大量工作<sup>[5]</sup>,不同能量输入时,灯的发光强度和氙灯的气压关系示于图2。从中可以看出,灯的光强随充气压的增加而增大。在50焦耳低负荷的情况下,氙灯气压大于400 托时,其效率增长缓慢。在几十焦耳低负荷的情况下,我们曾用激光输出比较法,对两种充气压的氙灯作了比较,见图3。由图3看出,气压为450 托时比350 托激光效率略高。如充气压再提高,效率还有可能提高,但增长速度缓慢(见图2)。考虑到增加灯的充气压会引起触发困难,所以目前所用氙灯的充气压为350~450 托。

当充气压确定后,灯的发光效率决定于灯弧的直径(参看图4)<sup>[5]</sup>。当然选择灯的内径还必须考虑同工作物质直径照明成象相匹配。在输入能量小于70焦耳的情况下,我们用激光输出比较法测量了几种不同直径氙灯的发光效率(图5)。从中看出,对 $\phi 6$ 直径的钨玻璃棒,泵浦在70焦耳以下,灯的内径小于 $\phi 6$ 毫米时激光效率较高。根据粗略的分析,其原因如下:

1. 图4给出,在不同输入时,有一使氙灯效率最高的相应灯直径。此时还有一最佳电流强度(2500 安培/厘米<sup>2</sup>)<sup>[6]</sup>。对于70焦耳以下的输入,小直径灯的电流强度更接近最佳电流强度,故用小直径灯的效率要比大直径灯效率高。

2. 一般椭圆聚光器是一个不够理想的成象系统。椭圆聚光器的焦散误差<sup>[7]</sup>会使灯的成象截面稍大于灯的实际截面,所以只有当灯的内径 $\leq$ 钨玻璃棒的直径时,才能保证灯的光能尽可能多地被钨玻璃棒所吸收,使泵浦效率得到提高。

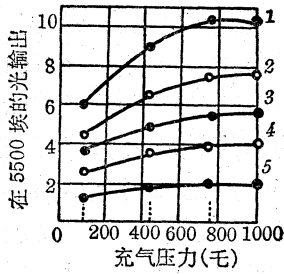


图2 在不同输入能量时,光强输出和充气压的关系

曲线 1: 313 焦耳; 曲线 2: 200 焦耳;  
曲线 3: 144.5 焦耳; 曲线 4: 100 焦耳;  
曲线 5: 50 焦耳

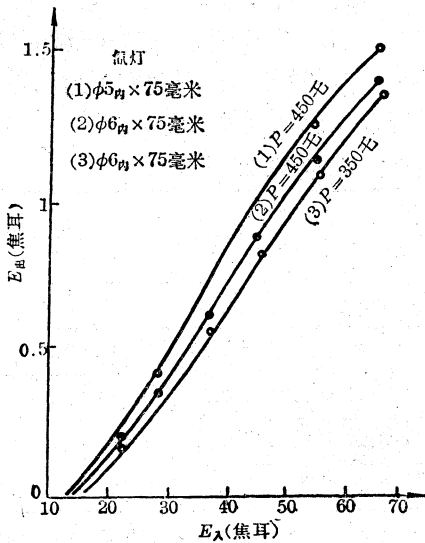


图3 氙灯气压对激光输出的影响

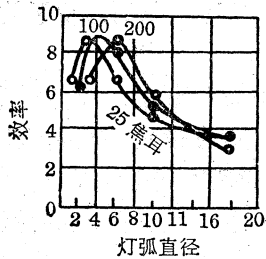


图4 灯的效率与灯弧直径的关系

$L=50$  毫米;  $P=450$  兆;  $C=100$  微法;  $L=125$  微亨

需要指出,灯的发光效率,不但与灯的气压、直径有关,而且与灯的制作工艺和清洁处理有很大关系<sup>[3]</sup>。

## (二) 放电回路

在限定的使用条件下,灯的转换效率高及发光时间的长短决定于同氙灯匹配的放电回路。所以,要从两方面对同氙灯匹配的放电回路的参数进行选择。

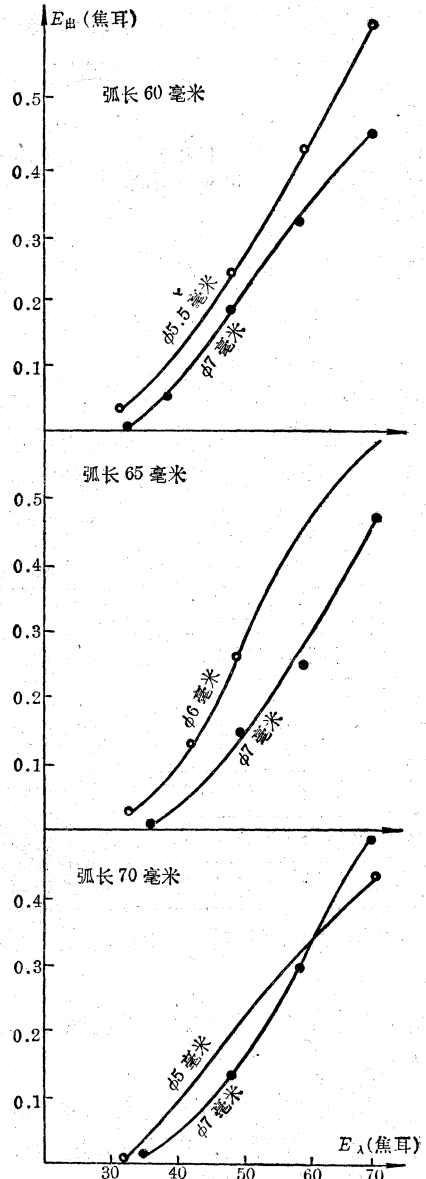


图5 灯直径对激光输出的影响

1. 尽量减少在放电回路中的能量损耗,使储能尽可能地经氙灯转换成光能。
2. 将氙灯的闪光时间控制在需要的范围内。资料[6]指出:氙灯的闪光时间小于50微秒时,其发光效率有明显下降(图6)。此外,氙灯的闪光时间应短于工作物质的荧光寿命。如果发光时间长于工作物质的荧光寿命,在泵浦过程中,光和无辐射跃迁在受激态将引起较大的能量损失,导致激光输出效率下降。例如,氙灯闪光大于1毫秒时,红宝石激光器输出下降20%。对钕玻璃激光器来讲,氙灯闪光时间大于100微秒时,激光输出便显著下降<sup>[8]</sup>。

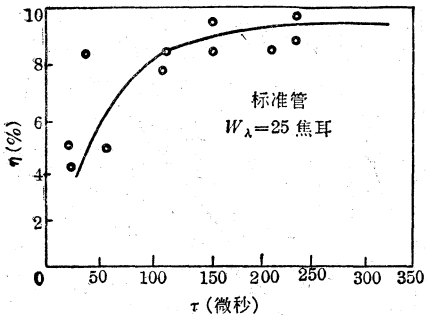


图6 氙灯闪光时间对效率的影响

我们采用储能电容为CNJN型,  $C \leq 100$  微法(实测93微法), 根据具体条件,用单节电容电感网络来和氙灯匹配。氙灯、电容、放电线路固定后,就要合理选择电感值。根据不同电感量对激光输出大小的影响来选择匹配电感的最佳值,并用OG 1-13型90兆赫脉冲示波器观察了加入不同电感值时氙灯的发光时间 $\tau$ 。对于一支 $\phi 6 \times 60$ 毫米的氙灯,其测量值列入表1。

表1 电感量对激光输出和氙灯发光时间的影响

| 电感量 $L$ (微亨)      |                       | 0                 | 5    | 10   | 15   | 20   | 25   | 33   | 40   | 50   | 85   |
|-------------------|-----------------------|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 灯发光时间 $\tau$ (微秒) |                       | 46.3              | 51.5 | 61.3 | 68.8 | 72.5 | 85   | 95   | 87.5 | 87.5 | 92   |
| 灯                 | 输入 $E_{\lambda}$ (焦耳) | 输出能量 $E_{出}$ (焦耳) |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                   | 内径<br>$\phi 6$ 毫米     | 900伏; 38.9 (焦耳)   | 0.06 | 0.09 | 0.13 | 0.14 | 0.14 | 0.14 | 0.15 | 0.14 | 0.13 |
| 1000伏; 48 (焦耳)    |                       | 0.14              | 0.19 | 0.25 | 0.26 | 0.28 | 0.28 | 0.29 | 0.29 | 0.3  | 0.26 |
| 弧长<br>60 毫米       | 1100伏; 58.1 (焦耳)      | 0.27              | 0.33 | 0.38 | 0.41 | 0.41 | 0.42 | 0.43 | 0.47 | 0.45 | 0.41 |
|                   | 1200伏; 69.1 (焦耳)      | 0.39              | 0.48 | 0.50 | 0.55 | 0.59 | 0.61 | 0.66 | 0.64 | 0.61 | 0.6  |

从表1看出,放电回路上选用的电感量在30~50微亨范围内,激光输出能量较高,其原因有二:

1. 选用合适电感后,可以使放电回路和氙灯构成较好的匹配,从而减少了放电回路上的能量损耗。
2. 选用合适电感后,使氙灯的发光时间显著地增加,从不加电感时的46微秒,增加到80~90微秒。从图6看出,发光时间的增加,导致了氙灯发光效率的提高。另外,80~90微秒的发光时间小于钕玻璃的荧光寿命,这正符合钕玻璃激光器在激励时间上的要求。

对于一支内径 $\phi 6$ 毫米、弧长60毫米的氙灯,采用匹配电感和不采用电感时激光输出的实验结果如图7所示。

### (三) 椭圆柱聚光器

为有效地将氙灯发射的光最大限度地集中到激光棒上,我们仍采用了椭圆柱聚光器和焦线照明系统。曾有不少资料探讨过各种条件下最佳椭圆柱聚光器的泵浦问题,但很难得出一个肯定结论。为此只好根据自己的条件,用激光输出比较法合理地选择椭圆柱聚光器的几个参数,以便设计椭圆柱聚光器。

1. 反射镀层、长轴  $2a$ 、偏心率  $\epsilon$  对泵浦效率的影响。

椭圆柱聚光器反射镜镀层常用银、铝、金等材料,从反射率来讲银最高,但稳定性略差。经

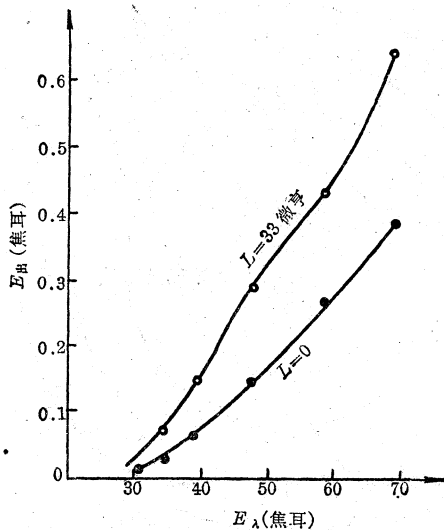


图7 放电回路匹配对激光输出的影响

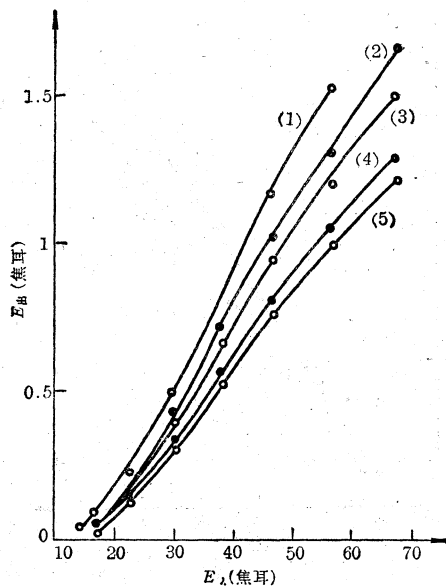


图8 椭圆柱聚光器长轴 $2a$ 、偏心率 $\epsilon$ 对激光输出的影响

使用证明: 只要聚光器、灯、钽玻璃棒经过清洁处理, 而聚光器密封较好, 几千次使用也未发现银层污黑现象, 所以采用银反射层还是可行的。

通过激光输出, 分别对五种椭圆柱聚光器进行了比较。五种聚光器的 $2a$ 、 $\epsilon$ 分别为: (1)  $2a=30$  毫米,  $\epsilon=0.4$ ; (2)  $2a=40$  毫米,  $\epsilon=0.3$ ; (3)  $2a=40$  毫米,  $\epsilon=0.4$ ; (4)  $2a=50$  毫米,  $\epsilon=0.5$ ; (5)  $2a=50$  毫米,  $\epsilon=0.6$ ; 其长度都是 90 毫米, 实验结果见图 8 中五条对应的曲线。

从中看出: 采用 (1)  $2a=30$  毫米,  $\epsilon=0.4$  的椭圆柱聚光器时激光输出效率最高。在 56 焦耳输入时, (1) 比 (3) 的效率提高约 0.60%, 比 (5) 提高约 0.9%。由于条件限制, 对  $2a < 30$  毫米,  $\epsilon < 0.4$  的椭圆柱未做实验。不过, 从这五组数据完全可以看出, 长轴  $2a$  小些 ((1) 和 (3) 比较), 偏心率  $\epsilon$  小些 ((2) 和 (3) 比较或 (4) 和 (5) 比较), 其聚光效果好。但  $2a$  和  $\epsilon$  同时受钽玻璃棒和灯的直径及散热等条件的限制, 所以不能太小, 均衡来看, 对  $\phi 6$  毫米直径钽玻璃棒及匹配的灯来讲, 认为  $2a$  在 30~40 毫米,  $\epsilon$  在 0.3~0.4 范围为宜。

一些作者认为焦外照明优于焦点照明<sup>[9]</sup>, 就  $2a=40$  毫米,  $\epsilon=0.4$  一种聚光器进行比较的结果表明: 焦外照明效果不如焦点照明 (图 9)。因为焦外照明为多次照射系统, 其效率在很大程度上取决于反射器的反射率, 如果其反射率不高, 焦外照明的效果不会比焦点照明好。

## 2. 椭圆柱聚光器、氙灯、工作物质棒的匹配。

所谓“匹配”是根据椭圆柱聚光器、氙灯、钽玻璃棒三者各自的特性进行合理组合, 使氙灯发出的光尽可能多地照射到钽玻璃棒上。

对于光学质量好, 吸收小的四能级工作物质 (如钽玻璃) 当作用到工作物质上泵浦光的全部通量是有效的时候, 其泵浦阈值能量与工作物质长度无关<sup>[2, 5]</sup>。此外, 当泵浦能量为一定值时, 加长钽玻璃棒, 可使反转粒子数密度处于较低水平, 从而抑制非输出方向的各种受激放大效应引起的损耗, 因而加长工作物质的长度, 仍能保证输出方向获得高增益, 能量增长速度变大, 使器件效率提高<sup>[4]</sup>。

我们所用氙灯的电极和灯管是用过渡玻璃封接的, 因此电极周围是透明的。为了解这种

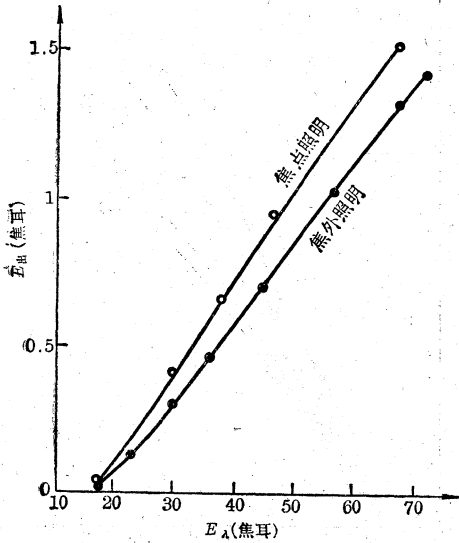


图9 椭圆柱  $2a=40$  毫米,  $\varepsilon=0.4$  时, 焦点、焦外两种照明效果的比较

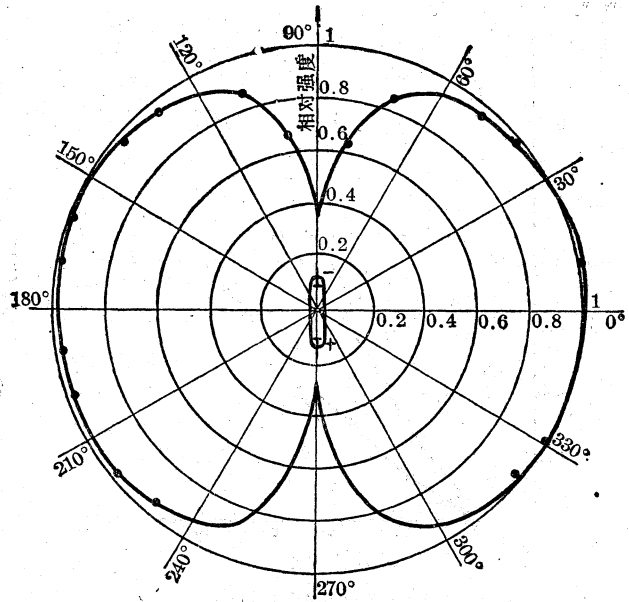


图10 氙灯在脉冲工作时输出光强的空间相对分布

氙灯的发光特征, 我们测量了在固定输入情况下, 发光空间的相对强度分布(见图10)。测量是将光电管(接收光阑为  $\phi 15$  毫米)放在氙灯所在的平面上, 以氙灯弧中心为圆心, 以500毫米为半径, 每10度测一点, 作圆周测量。其结果表明, 垂直灯轴的方向上强度最大, 并在其附近很大角度范围内, 发光特征类似于点光源, 只有电极处(灯轴方向)发光强度最小。由此得出, 灯两电极处仍有光强分布。所以, 在考虑激光器泵浦设计时, 不可忽略电极处光强的贡献。为了进一步弄清氙灯对钎玻璃的泵浦情况, 我们还对氙灯直接照射工作物质棒那部分的光强作了相对分布的测量(示于图11)。

从中看出弧长80毫米的氙灯, 泵浦光相对强度达50%时, 直照的长度约128毫米。

经过分析, 我们认为, 椭圆柱聚光器有如图12所示的聚光成像特征: 灯弧A点的发光既可照在B点又可照在大于灯弧长的C点, 因为和椭圆轴线成一角度, 焦点又位于此椭圆柱焦线上的诸椭圆截面也同样是椭圆成像系统。所以, 氙灯泵浦经椭圆柱聚光器作用后, 在椭圆柱的另一焦线上有泵浦光照射的长度要大于灯弧长。为了利用长于灯弧的那部分泵浦光, 一般将聚光器两端装上平面反射镜(挡板), 但是从反射镜反回的光往往在椭圆柱内表面反射几次才能照到工作物质棒上, 又由于反射镜的反射率受到限制, 也就影响了泵浦效率。根据上面谈

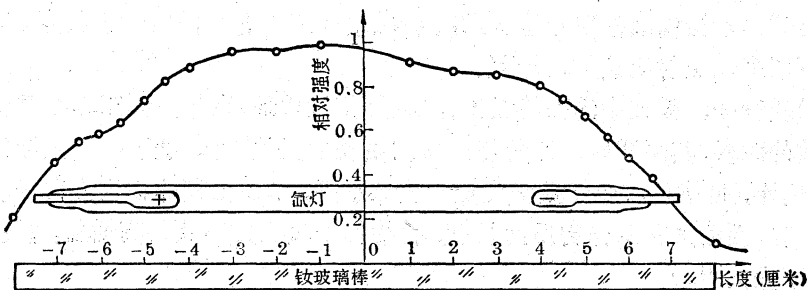


图11 氙灯对工作物质棒直接泵浦时的直照能量相对分布

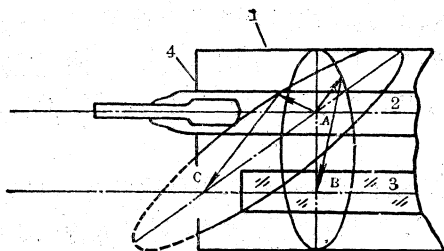


图 12 椭圆柱聚光器照明示意图

1—聚光器反射柱面； 2—氙灯； 3—钨玻璃棒； 4—挡板

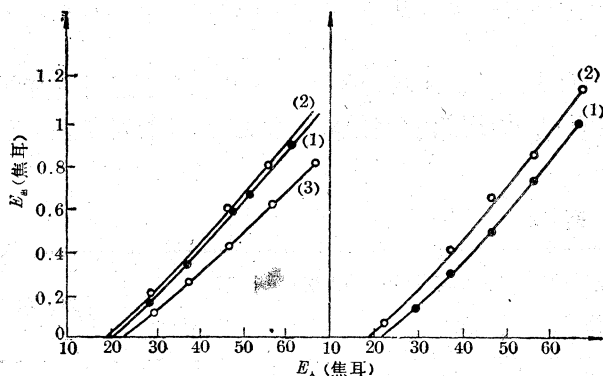


图 13 (a) 泵浦匹配比较

左: 灯弧 65 毫米(1): 钨玻璃长 90 毫米, 聚光器长 90 毫米(2); 钨玻璃长 120 毫米, 聚光器长 120 毫米(3); 钨玻璃长 90 毫米, 聚光器长 70 毫米  
右: 灯弧长 74 毫米(1): 钨玻璃长 90 毫米; 聚光器长 90 毫米(2); 钨玻璃长 120 毫米; 聚光器长 120 毫米

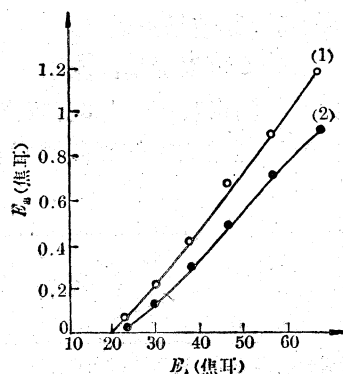


图 13 (b) 泵浦匹配比较

灯弧 74 毫米  
(1): 钨玻璃棒长 90 毫米, 聚光器长 90 毫米  
(2): 钨玻璃棒长 90 毫米, 聚光器长 120 毫米

到的有关钨玻璃棒, 氙灯发光及椭圆柱聚光器照明这些特点, 不难看出: 为了充分利用泵浦光, 可使聚光器和钨玻璃棒适当长于灯弧, 而且使所选钨玻璃棒长与聚光器长相等为宜。

为了验证以上分析, 我们分别作了如下几组实验:

1. 选择  $\phi 6_{\text{H}} \times 65$  毫米和  $\phi 6_{\text{H}} \times 74$  毫米二支小氙灯, 分别放在两种激光器上(一种, 聚光器和棒长都是 90 毫米, 棒直径为  $\phi 6$  毫米; 另一种聚光器和棒长都是 120 毫米, 棒直径为  $\phi 6$  毫米)。进行了激光实验比较, 其结果示于图 13(a)。

2. 灯弧长 74 毫米时, 对于  $\phi 6 \times 90$  毫米钨玻璃棒在聚光器长 90 毫米和 120 毫米两种情况下进行比较, 结果见图 13(b)。

从图 13(a) 中的两种情况看出: (1) 在灯弧一定情况下, 棒长适当增加并相应拉长聚光器, 可提高泵浦效率; (2) 灯弧长、棒长及聚光器长有一最佳匹配; (3) 图 13(b) 指出, 当聚光器长于灯弧, 而钨玻璃棒短于聚光器时, 泵浦效率有明显下降。这是因为有一部分泵浦光(如图 12 的 c 点处有泵浦光密度, 但没有钨玻璃棒)没被工作物质吸收而造成了损耗。以上实验基本上证实了前面的分析是合理的。

### 三、调 Q 方案的选择

对调 Q 激光器来说, 采用不同的调 Q 方式会影响激光单脉冲输出特性及其转换效率。常

用的调 Q 方案有马达转镜调 Q、电光晶体调 Q 和饱和吸收调 Q (染料调 Q) 三种。染料调 Q 虽然简单,但因在 1.06 微米波段染料不稳定,故很少使用,如果能解决稳定性问题,那么此方案将最有前途。一些兄弟单位对电光晶体调 Q 作了大量工作,并证明有很多优点,但目前在我们单位还未变成现实。

我们设计的小型激光器件仍采用通用、简单的马达转镜调 Q 方案。转镜调 Q 的弱点是 Q 开关速度慢,单脉冲能量范围窄,容易出现多脉冲,但对低输入小型调 Q 器件来讲,转镜调 Q 方案减少了腔内损耗,提高了动静比。在短谐振腔条件下,要想增快转镜调 Q 速度,增大单脉冲能量范围,提高单脉冲输出功率,可采用光学增速方法<sup>[10]</sup>。

为衡量现有各种转镜调 Q 方案,我们对不同腔式结构和调 Q 方案下激光的输出特性作了比较实验,其结果见表 2。

从表 2 可以看出:各种调 Q 方案都有一对应的单脉冲运转范围,采用光学增速调 Q 能提高器件的输出功率,但阈值较高。普通转镜调 Q,由于腔内损耗小,阈值低,因此有可能在低输入情况下提供效率较高的调 Q 激光器。

表 2

| 腔式结构<br>及调 Q 方案       | 静态阈值<br>(焦耳) | 动态阈值<br>(焦耳) | 最大单峰能量<br>(焦耳) | 输入能量<br>(焦耳) | 脉 宽<br>(毫微秒) | 单峰效率  |
|-----------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|-------|
| 普通转镜调 Q (腔长 120 毫米)   | 23.5         | 39           | 0.32           | 58           | ~28          | 0.55% |
| 二次加速调 Q (腔长 120 毫米×2) | 26           | 54           | 0.59           | 78           | ~18          | 0.76% |
| 四次加速调 Q (腔长 120 毫米×2) | 26           | 61           | 0.68           | 116          | ~12          | 0.59% |

说明:普通转镜调 Q 所用介质膜  $T=47\%$ ;折迭腔时的介质膜一端  $T=47\%$ ,一端  $T=1\%$ 。电机转速 3 万/分。

#### 四、谐 振 腔

小型钎玻璃调 Q 激光器的谐振腔通常采用外腔形式,谐振腔的效率直接影响着激光器的总效率,其定义为:

$$\eta_{\text{腔}} = \frac{T}{T+r}$$

$T$  为输出介质膜透过率,  $r$  为腔内总损耗。

如果选用优质钎玻璃棒及优质材料的光学元件,谐振腔内的介质材料散射、吸收损耗基本可忽略。若将谐振腔各光学表面镀光学增透膜,并调整平行,各表面造成的损耗可以很小,所以  $r$  可以控制到较低的数值(但由于受条件限制,我们的小器件还未能镀上承受高功率的增透膜)。在此情况下,激光器输出端介质膜的透过率会直接影响谐振腔的效率。对于调 Q 激光器来讲,也影响着单脉冲运转特性。

对一定的激光器,介质膜的透过率都有一个最佳耦合值,而且这最佳耦合值对于不同类型器件又随不同输入能量而变化的。例如,对小器件因其输入能量小,最大粒子数反转小,需要较大的谐振腔反馈,才能在短时间内获得较大功率输出。由于钎玻璃的增益系数比较小,为在短时间内获得高能密度,更需使介质膜的透过率低些。对大器件则相反,见图 14。

在高功率调 Q 固体器件中,介质膜透过率的选择不是仅以最佳偶合输出为标准,还要考



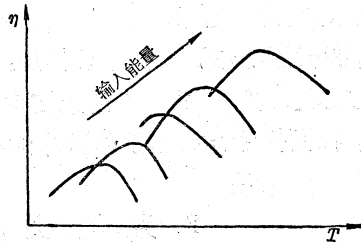


图 14 激光器效率  $\eta$  与介质膜透过率  $T$  的关系示意图

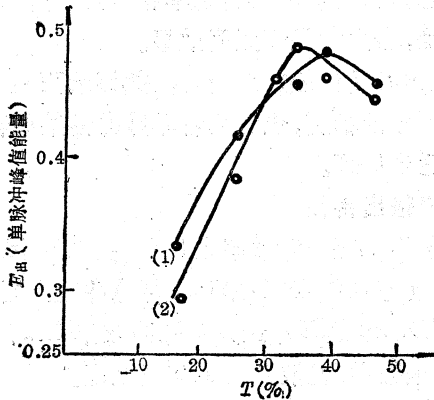


图 15 激光器在单脉冲运转时输出能量和介质膜透过率  $T$  的关系

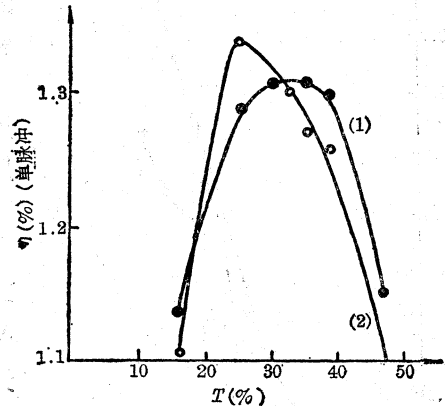


图 16 激光器在单脉冲运转时输出效率和介质膜透过率  $T$  的关系

虑有较高的单脉冲输出，并使谐振腔内维持较低能量密度，不致于破坏工作物质和介质膜等<sup>[5, 11]</sup>。对几十焦耳输入的小型钕玻璃调 Q 激光器，其介质膜透过率选择的实验结果示于图 15 和图 16。两图中，曲线(1)为激光谐振腔长 145 毫米，棒  $\phi 6 \times 120$  毫米，灯  $\phi 6_{\text{H}} \times 74$  毫米的结果；曲线(2)为激光谐振腔长 120 毫米，棒  $\phi 6 \times 90$  毫米，灯  $\phi 6_{\text{H}} \times 74$  毫米的结果。

对于  $T=16\%$  和  $T=25.5\%$  两种介质膜进行激光实验时，介质膜很容易被打坏， $T=16\%$  更易坏。考虑到谐振腔中能量密度和  $1/T$  成正比，可知介质膜透过率  $T$  值小时，谐振腔内能量过大，会对介质膜造成破坏。尽管  $T$  小时(当  $T=16\%$ )，阈值低，但单脉冲能量也低，对调 Q 器件单脉冲运转不利。从提高单脉冲输出功率及器件转换效率、并使腔内材料元件不被破坏等几方面均衡考虑，我们认为对输入小于 50 焦耳的小器件，输出介质膜透过率选  $30\% \sim 40\%$  为宜。

## 五、小型钕玻璃调 Q 激光器的组合

经以上对激光器件各部件的考虑及实验选择，我们按对输出功率的不同要求组合了小型钕玻璃调 Q 激光器，并对激光输出特性进行了测量。

### (一) 激光器组合的各元件

谐振腔长 120~145 毫米；介质膜  $T=39\%$ ；转镜调 Q，直流电机 DPM25-11G 型 28 伏 3 万转/分；氙灯气压  $P=350$  托， $\phi 5.5_{\text{H}} \times 74$  毫米；椭圆柱聚光器，长轴  $2a=40$  毫米，偏心率  $\varepsilon=0.4$ ，内反射面电镀银层，表面光洁度为  $\nabla 12$ 。电容  $C=93$  微法；电感  $L=33$  微亨；钕玻璃

棒 B72-09, GB58 型  $\phi 6 \times 96$  毫米, 夹持 6 毫米。

在选择上述各部件的同时, 我们还考虑了一些实际问题:

1. 实验发现, 工作物质的长度、直径、柱面加工的光洁度(抛光还是磨毛)对单脉冲的输出有影响。如棒短些, 直径粗些, 柱面打毛都有利于单脉冲的输出。实际上都采用的是柱面打毛。

2. 为避免氙灯紫外光引起钕玻璃着色, 在钕玻璃棒外套上隔紫外光的 GG-17 玻璃管。如设法将此隔紫外玻璃管选择得与钕玻璃折射率相匹配, 并熔合在钕玻璃棒周围, 会大大提高照明效果。

3. 激光器各元件的加工精度, 如棒端面的光洁度, 转镜 90 度角的精度, 也影响着单脉冲的某些特性, 所以要给予适当保证。

### (二) 激光输出特性

静态阈值 16.7 焦耳, 效率 1.8% (在输入 46.5 焦耳情况下); 动态阈值 31.2 焦耳, 单脉冲输出能量约 0.46 焦耳(输入 36 焦耳), 最大单脉冲效率 1.2%; 发光时间约 28 毫微秒; 发散角约 1.5 毫弧度。

当介质膜透过率  $T=16\%$  时, 此激光器在输入 25 焦耳时, 其单脉冲输出为 0.3 焦耳。但介质膜易坏。若工作物质直径  $\leq 4$  毫米, 则比激光器可在更低的泵浦下运转。需要获得更大功率输出时, 可将此激光器改用二倍或四倍光学增速转镜调 Q 方案。

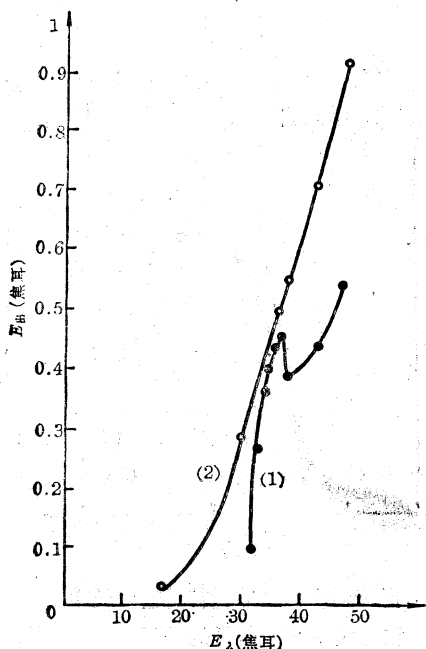


图 17 小型钕玻璃调 Q 激光器动态、静态能量输出特性

(1) 动态; (2) 静态。

经组合后的小激光器, 动态、静态输出的斜率曲线示于图 17。

## 六、结 论

根据上面分析和试验, 我们可以通过对器件各元件参数的合理选择, 设计一个输入小于 40 焦耳, 输出大于 0.4 焦耳单脉冲运转的小型钕玻璃调 Q 激光器, 从而为各种小型化、重量轻的一些激光整机提供一个比掺钕 YAG 小型激光器成本低、效率高的钕玻璃激光器。

### 参 考 资 料

- [1] Young C. G; *Proc. IEEE*, **57** (1969), No. 7, 1267.
- [2] *Опт. и спект.*; 1967, **23**, No. 6, 949. 译文见《激光玻璃译文集》71.
- [3] 《改善脉冲氙灯着色的工艺实验》, 苏永祥, 中国人民解放军后字四一五部队[1974年“九·五”中小型固体激光器件会议资料]
- [4] 《增大钕玻璃激光器输出能量的若干实验结果》, 王之江等, 上海光机所研究报告集第一集《钕玻璃激光器》。
- [5] “激光技术”, 天津大学精仪系编译。
- [6] *Journal of Applied Physics*, **34**, 1963, No. 7, 2115.
- [7] Калинин Ю А; *ОМП*, 1970, № 2, 61.
- [8] Günther K; *Exp. Tech. Physik*, 1966, **14**, No. 5, 281.
- [9] Dieter Roess; *Appl. Opt.*, **3**, 1964, No.2, 259.
- [10] *IEEE Transactions on Military Electronics*, MIL-8, No. 1, 13.
- [11] 《固体激光测距仪》, 清华大学。
- [12] AD-750383.