

## 激光钕玻璃产品介绍

钕玻璃作为激光工作物质,已在激光技术中得到了日益广泛的应用。

上海光机所、上海新沪玻璃厂和其他有关工厂和科研单位,按照独立自主、自力更生的方针,几年来积极从事钕玻璃的研制工作。尤其是通过无产阶级文化大革命,广大科研人员走出研究所,与工人一起共同战斗,取得了较好的结果。目前,有几个钕玻璃型号已经定型,投入批量生产,并已在工业生产和科学实验中成功地得到了应用。

钕玻璃比其他光学玻璃产品有更高的质量要求。目前,已试制成功的有属于硅酸盐玻璃基质的四个型号,即3型、7型、9型和10型。为便于称呼,各型钕玻璃的写法由字母N(代表钕玻璃)及代表型号和 $\text{Nd}_2\text{O}_3$ 含量的数字组成,如: $\text{N}_{0324}$ 即指 $\text{Nd}_2\text{O}_3$ 重量浓度为2.4%的3型钕玻璃, $\text{N}_{1030}$ 指重量浓度为3.0%的10型钕玻璃等。各型玻璃的性能有所差别,可供在设计不同要求的钕玻璃激光器时选择(见表)。各型玻璃的 $\text{Nd}_2\text{O}_3$ 浓度可在一定范围内变动,可根据与激光器其他参量的最佳配合提出要求,目前常用的重量百分比浓度有1.2、2.4、3.0、4.0等几种。

钕玻璃的品质与其制造工艺有关,为满足激光器的不同要求,采用了被称为A类与D类的两类工艺。用A类工艺制造的钕玻璃,其品质特点为具有较高的抗激光强度,不易为激光所破坏;而D类玻璃则较前者有更好的光学质量与激光输出效率。因此,可根据不同要求选择使用。

通过试制中不断的摸索,几年来钕玻璃的质量也有很大的提高。由于原材料纯度的提高和工艺的改进,目前定型的钕玻璃,其质量水平已达到:

1. 1.06微米处损耗系数: A类玻璃 $\sim 0.2\%$ 厘米 $^{-1}$ , D类玻璃 $\sim 0.1\%$ 厘米 $^{-1}$ ;
2. 玻璃中气泡等杂质含量少于《无色光学玻璃》国家标准(GB903-65)中所规定的A级的数目;
3. 可得到无条纹钕玻璃的尺寸为 $\phi 70$ 毫米 $\times 1000$ 毫米;
4. 对于 $\phi 16$ 毫米 $\times 500$ 毫米的钕玻璃棒,由于残余应力所引起的双折射可小于2毫微米/厘米;
5.  $\phi 16$ 毫米 $\times 500$ 毫米的钕玻璃棒,其径向折射率差小于 $\pm 1 \times 10^{-6}$ ;
6. 抗激光破坏强度: 对于振荡时间为5毫秒、发散度为2毫弧度的激光,在单次通过腔外样品的情况下,钕玻璃的抗激光破坏强度D类玻璃为0.2~0.6焦耳/毫米 $^2$ ·毫秒, A类玻璃为4~5焦耳/毫米 $^2$ ·毫秒;对于振荡时间为30毫微秒的多模激光,在单次通过腔外样品的情况下,钕玻璃的抗激光破坏强度D类玻璃为3~5焦耳/厘米 $^2$ , A类玻璃为8~12焦耳/厘米 $^2$ 。(不考虑自聚焦)。

附表列出了对各型钕玻璃器组样品所测定的激光、荧光、光学、热学、机械及工艺等方面若干有关性质的数值,以供参考。对其中某些情况作如下说明:

1. 激光效率除决定于玻璃组成及其质量外,尚与 $\text{Nd}_2\text{O}_3$ 浓度及器件结构有关。表中列出的是对尺寸为 $\phi 16$ 毫米 $\times 500$ 毫米、柱面细磨、两端面抛光的钕玻璃棒在输入能量为10000焦耳时的激光效率测定值。激光器的腔长为840毫米,两反射平板镜的反射率分别为100%

和 15%，用圆筒形聚光器和一支  $\phi 25$  毫米  $\times 500$  毫米的直管氙灯作光源，供电系统的电容量 5,600 微法，电感量 200 微亨。激光器的输出脉冲宽度  $\sim 3$  毫秒。

2. 1.06 微米处损耗系数  $\alpha_{1.06}$  由玻璃样品对 1.06 微米光透过率的测定值  $T_{1.06}$ 、样品厚度  $l$  及折射率  $n$  按下式计算得出：

$$\alpha_{1.06} = \frac{1}{l} \left\{ 2 \ln \left[ 1 - \left( \frac{n-1}{n+1} \right)^2 \right] - \ln T_{1.06} \right\}$$

3.  $\text{Nd}^{3+}$  离子在玻璃几个主要吸收峰的吸收截面  $\delta_0$ ，根据玻璃的吸收光谱由下式计算而得：

$$\delta_0 = \frac{1}{lc} \left\{ 2 \ln \left[ 1 - \left( \frac{n-1}{n+1} \right)^2 \right] - \ln T_\lambda \right\},$$

其中  $T_\lambda$  为玻璃对几个主要吸收波长的透过率，该波长由相应的能级所决定， $l$  为样品厚度， $n$  为玻璃折射率， $c$  为单位体积玻璃中  $\text{Nd}^{3+}$  离子的数目。

4. 铽玻璃对 1.06 微米光折射率的计算值由下式确定：

$$n_{1.06}(\text{计算}) = n_D - 1.17(n_F - n_G)$$

5. 铽玻璃折射率温度系数  $\beta$  由下式求出：

$$\beta = W - (n_{0.6328} - 1)\alpha_{15-200}$$

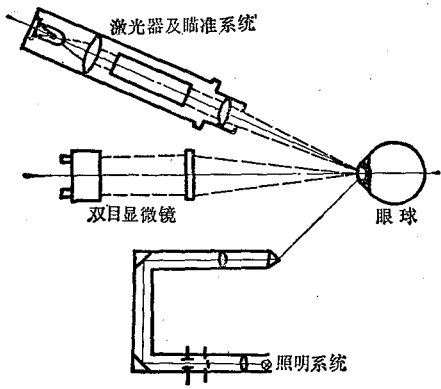
其中  $n_{0.6328}$  为玻璃对 0.6328 微米光的折射率， $\alpha_{15-200}$  为玻璃在 15~200°C 范围内的线膨胀系数平均值， $W$  为热光系数。

6. 附表所取玻璃样品采用的生产工艺除  $N_{1024}$  为 A 类工艺外，其余均为 D 类。

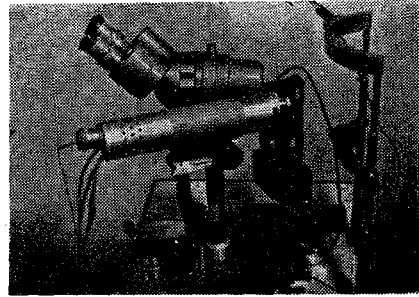
各型铽玻璃的性质表

玻 璃 型 号	$N_{0312}$	$N_{0712}$	$N_{0912}$	$N_{1024}$
$\text{Nd}_2\text{O}_3$ 浓度(重量%)	1.2	1.2	1.2	2.4
荧光寿命 $\tau$ (微秒)	590	890	750	510
荧光半宽度 $\Delta\lambda$ (毫微米)	29	24	24	28
激光效率 $\eta$ (%)	4.0	3.5	3.8	3.5
1.06 微米处损耗系数 $\alpha_{1.06}$ (%厘米 <sup>-1</sup> )	0.10	0.12	0.10	0.22
$\text{Nd}^{3+}$ 离子吸收截面 $\delta_0$				
能级 $^4I_{9/2} - ^2G_{7/2}$ 波长(毫微米)	571	568	568	570
波数(厘米 <sup>-1</sup> )	17,500	17,600	17,600	17,500
$\delta_0 \cdot 10^{-20}$ (厘米 <sup>2</sup> )	1.75	1.83	1.99	1.62
能级 $^4I_{9/2} - ^2G_{5/2}$ 波长(毫微米)	585	585	583	585
波数(厘米 <sup>-1</sup> )	17,100	17,100	17,150	17,100
$\delta_0 \cdot 10^{-20}$ (厘米 <sup>2</sup> )	2.03	1.58	1.88	1.86
能级 $^4I_{9/2} - ^4F_{7/2}$ 波长(毫微米)	741	735	735	738
波数(厘米 <sup>-1</sup> )	13,500	13,600	13,600	13,550
$\delta_0 \cdot 10^{-20}$ (厘米 <sup>2</sup> )	0.82	0.57	0.63	0.77
能级 $^4I_{9/2} - ^4F_{5/2}$ 波长(毫微米)	810	803	803	806
波数(厘米 <sup>-1</sup> )	12,350	12,450	12,450	12,400
$\delta_0 \cdot 10^{-20}$ (厘米 <sup>2</sup> )	1.01	0.55	0.64	0.94
能级 $^4I_{9/2} - ^4F_{3/2}$ 波长(毫微米)	881	877	877	877
波数(厘米 <sup>-1</sup> )	11,350	11,400	11,400	11,400
$\delta_0 \cdot 10^{-20}$ (厘米 <sup>2</sup> )	0.26	0.18	0.23	0.29

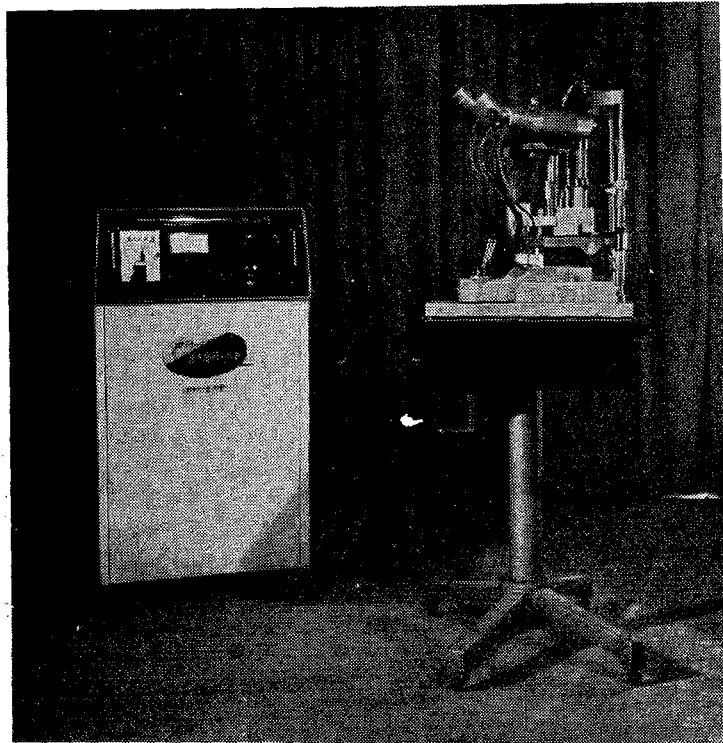
(下转第 62 页)



(a)



(b)



(c)

合肥工业大学激光组与安徽省人民医院眼科合作研制成功的  
激光虹膜切除仪的原理图(a)及仪器外形照片(b、c)