

## 高钕浓度磷酸盐激光玻璃的研究

毛涵芬 茅 森 李 捷 姜彦妍 蒋亚丝

(中国科学院上海光机所)

## Study of phosphate laser glass with high neodymium concentration

Mao Hanfen, Mao Sen, Li Jie, Jiang Yanyan, Jiang Yasi

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica, Shanghai)

提要: 研制了  $\text{Li}_2\text{O}-\text{Nd}_2\text{O}_3-\text{La}_2\text{O}_3$  和  $\text{R}_2\text{O}-\text{RO}-\text{Nd}_2\text{O}_3$  两种系统的高钕浓度磷酸盐激光玻璃, 并测定了它们的物理化学、光谱性质和激光特性。制成  $\phi 4 \times 60$  mm 激光棒, 输入 32 J 时, 输出 448 mJ。

关键词: 高钕浓度, 过磷酸盐

## 一、引言

在一般掺钕的激光材料中, 钕离子之间的相互作用会引起较强的浓度荧光猝灭, 所以基质内的钕离子的掺杂浓度通常认为不得超过  $2 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 。然而, 近年来已发现在某些掺钕的晶体中  $\text{Nd}^{3+}$  浓度可高达  $4 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ , 荧光量子效率却无明显降低。进而人们又论证了高钕浓度磷酸盐玻璃中弱浓度荧光猝灭的可能性<sup>[1]</sup>。于是高浓度掺钕材料逐渐引起了人们的重视。令人感兴趣的是对于这种材料, 可以借助于增大激活离子的浓度和受激发射截面  $\sigma$  来减少激活元件的尺寸, 由于尺寸小, 有足够高的热迁移率, 为研制高效率重复脉冲激光系统开辟了一种新途径。本文报道了两种系统的高钕浓度磷酸盐玻璃的成份确定、制备工艺及一些物理化学和激光性质的测试结果。定型了 HNG-23 玻璃, 它具有高的激光效率, 可作为小型激光器的工作物质。

## 二、成份和性质

选用两种系统: 一种是玻璃态的四磷酸盐 ( $\text{Li}-\text{Nd}_x-\text{La}_{1-x}\text{P}_4\text{O}_{12}$ )。晶态的四磷酸锂钕 ( $\text{LiNdP}_4\text{O}_{12}$ ) 是一种高效率的激光晶体, 然而这种晶体制备工艺困难, 尺寸小, 光学质量差, 而制备玻璃态的四磷酸盐可以克服这些缺点; 另一种是  $\text{R}_2\text{O}-\text{RO}-\text{Nd}_2\text{O}_3-\text{P}_2\text{O}_5$  高钕浓度过磷酸盐系统的抗热玻璃。

用于重复频率激光器上的磷酸盐激光玻璃除了

要具有较好的激光参数、物理化学和光学性质以外, 更要求玻璃的热效应要小, 即由于折射率、双折射和热膨胀随温度变化而引起的光程变化要小, 甚至于要接近零。

经过上述综合考虑得出下列抗热玻璃的成份范围(分子%):  $\text{P}_2\text{O}_5$  60~70%,  $\text{R}_2\text{O}$  5~12%,  $\text{RO}$  10~25%,  $(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Nd}_2\text{O}_3)$  2~10%, 此外, 加少量防老化剂。其中  $\text{R}_2\text{O}$ 、 $\text{RO}$  为碱金属和碱土金属氧化物。

以上两种系统的玻璃均采用优级纯的原料, 按化学组分的比例进行混和, 混和后的配合料先经过预反应, 然后用二步法(即配合料先在石英坩埚内熔化成熟料, 然后再在铂金坩埚中均化澄清)进行熔制, 熔制好的玻璃经精密退火, 加工成样品, 进行各种性质的测试。

对于第一类  $\text{LiNd}_x\text{La}_{1-x}\text{P}_4\text{O}_{12}$  系统玻璃主要测其物理化学及光谱性质, 其结果见表 1。这类玻璃的光谱和发光性质已发表过文章<sup>[2]</sup>, 这里不再列出。由表 1 看出这类玻璃具有高的结晶倾向, 我们在制备过程中采用了配合料预烧法, 减少了  $\text{P}_2\text{O}_5$  的挥发, 从而使玻璃的析晶性能有了改善。还应指出的是当我们采用特殊的除水技术后<sup>[3]</sup>, 玻璃中的含水量明显下降, 测得近红外区  $3.3 \mu\text{m}$  附近 OH 基的吸收系数  $K_{\text{OH}} < 1 \text{ cm}^{-1}$ , 比通常的磷酸盐激光玻璃要低一个数量级, 从而确保了这种玻璃的实用性。

表 2 列出  $\text{R}_2\text{O}-\text{RO}-\text{Nd}_2\text{O}_3-\text{P}_2\text{O}_5$  系统抗热玻璃

收稿日期: 1985 年 3 月 30 日

表1  $\text{LiNd}_x\text{La}_{(1-x)}\text{P}_4\text{O}_{12}$  系统玻璃的一些性质

玻璃牌号	$\text{Nd}^{3+}$ 浓度 ( $\times 10^{21} \text{cm}^{-3}$ )	$n_D$	密度 $d$ ( $\text{g/cm}^3$ )	热膨胀系数 $\alpha \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	析晶性质(保温 1 小时)	寿命 $\tau$ ( $\mu\text{s}$ )
HNG-1	0.82	1.5840	3.16	100	1250~1200°C 全透 1200~1160°C 表面失透 1160~810°C 全失透	100
HNG-2	1.33	1.5835	3.10	98	1250~1170°C 全透 1170~1100°C 表面失透 1100~810°C 全失透	95
HNG-3	2.01	1.5811	3.07	97	1250~1165°C 全透 1165~1080°C 表面失透 1080~810°C 全失透	80
HNG-4	2.65	1.5800	3.09	95	1250~1120°C 全透 1120~810°C 全失透	60
HNG-10	2.98	1.5772	3.10	98	1250~1110°C 全透 1110~810°C 全失透	50
HNG-8	4.09	1.5803	3.17	93	1250~1140°C 全透 1140~810°C 全失透	20

表2  $\text{R}_2\text{O}-\text{RO}-(\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Nd}_2\text{O}_3)-\text{P}_2\text{O}_5$  抗热玻璃的性质

玻璃牌号	$\text{Nd}^{3+}$ 浓度 ( $\times 10^{21} \text{cm}^{-3}$ )	$n_D$	密度 $d$ ( $\text{g/cm}^3$ )	热膨胀系数 $\alpha \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	析晶性能(保温 1 小时)	寿命 $\tau$ ( $\mu\text{s}$ )
HNG-18	0.71	1.5512	2.93		1250~960°C 全透 960~810°C 表面失透	130
HNG-19	0.73	1.5425	2.75		1250~1090°C 全透 1090~810°C 全失透	160
HNG-20	0.74	1.5269	2.61		1250~1070°C 全透 1070~810°C 表面失透	140
HNG-22	0.75	1.5454	3.00	133(20°C-Tg°C)	1250~810°C 全透	180
HNG-23	1.91	1.5657	3.14	90(20°C~100°C)	1250~810°C 全透	160

的一些物理化学和光学性质。

玻璃化学稳定性的测定(耐酸和耐潮试验)结果如下:

耐酸: 根据 GB 903-65 国标法, 将新抛光试样置于温度为 50°C 的 0.1 N 醋酸溶液中作用 5 小时(按玻璃抛光表面的破坏深度达 135  $\mu\text{m}$  的时间), 用 PH 2.9 试液, 检验 HNG-2、HNG-22 和 HNG-23 样品, 均未呈紫蓝色, 属 1 级。

耐潮: 根据 GB 903-65 国标法, 将新抛光试样置于温度为 50°C、相对湿度为 85% 的潮湿大气中经 5 小时后, 在 80 倍全相显微镜下观察, 上述三样品均无斑点。

激光参数的测定是在小型激光器上进行的。该激光器是采用平面腔, 重复率为 1~50 pps。聚光器是采用单灯椭圆柱状聚光器, 灯和棒分别置于椭圆

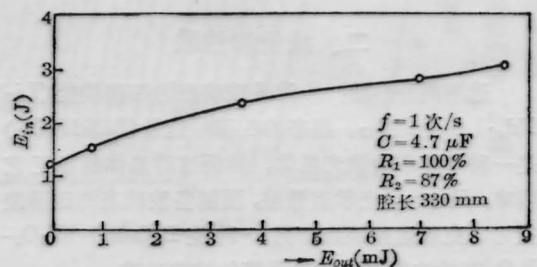


图 1

的二个焦线上,激光腔长 330 mm,有效光泵区域为  $\phi 4 \times 50$  mm。HNG-23 玻璃的激光效率和阈值的测定结果见图 1。由图可见, HNG-23 玻璃的阈值为 1.5 J。当以每秒 10 次工作时,输入 32 J,激光输出能量为 448 mJ。激光效率为 1.40%。

## 参 考 文 献

- 1 H. G. Danilmeye and H. P. Weler, *IEEE J. Quant. Electr.*, **QE-8**, 805 (1973)
- 2 祁长鸿, 干福熹, *激光*, **9**(11), 691 (1982)
- 3 卓敦水, 许文娟, 蒋亚丝, *中国激光*, **12**(3), 173 (1985)

# 片状放大器的应力应变

丁丽明 杨福民

(中国科学院上海光机所) (上海天文台)

S. R. Bowman, J. Fogleman, C. O. Alley

(美国马里兰大学)

## Stress and strain of slab amplifiers

*Ding Liming*

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica, Shanghai)

*Yang Fumin*

(Shanghai Observatory, Academia Sinica, Shanghai)

*S. R. Bowman, J. Fogleman, C. O. Alley*

(University Maryland, USA)

**提要:** 测量了片状放大器的应力、应变,改进了密封材料及安装方法,找到了一种不产生应力的密封方式。

**关键词:** 片状放大器,应力,应变

### 一、引 言

研制高重复率、高功率的片状固体激光器是目前国内外科学家感兴趣的一个课题<sup>[1]</sup>。为了使片状放大器能承受高功率、高能量,同时,为了减少双折射,改善输出激光的亮度,重要的是要研究激光放大器产生应力、应变的情况。另外,为了提高片状放大器的抗炸能力<sup>[2]</sup>,除了激光材料本身的因素外,还必须找到一种不产生应力的安装方法<sup>[3]</sup>。为此,我们设计了四种安装装置,改进了密封材料及安装方法,得到了较好的效果。

### 二、实验装置与实验结果

应力、应变测量装置如图 1 所示, He-Ne 激光通过一个在焦点处带有小孔的扩束器,产生一束口

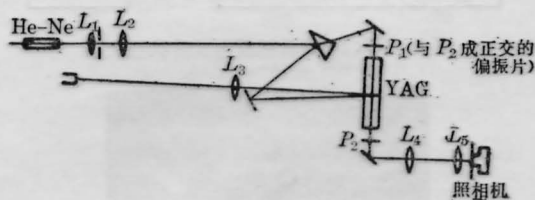


图 1 应力应变测量光路图

径为 35 mm 偏振均匀光束,该光束通过一对轴线交叉的偏振片,并在偏振片后形成一个暗场。当激光材料放进二个偏振片之间时,如果材料受力不均匀时将发生各向异性,则光线将在二个互相垂直方向产生不同的传播速度,从而产生光程差,于是在偏振片后出现亮条纹。这可表示为<sup>[4]</sup>:

$$\sigma_y - \sigma_x = \frac{n\lambda}{B \cdot d} \quad (1)$$