

文章编号: 0258-702X(2002)03-0230-03

N_{31} 型磷酸盐钕玻璃在神光- II 实验装置中的应用

郑玉霞, 朱 俭, 刘 坦, 柴志豪, 周翠萍

(中国科学院上海光学精密机械研究所高功率激光物理国家实验室, 上海 201800)

提要 神光- II 实验装置经过一段时间的改进, 特别是在光束质量方面的提高, 填充因子已经达到 50% 左右, 光束的空间分布比较均匀, 又使用新的 N_{31} 型磷酸盐钕玻璃, 荧光寿命从 250 μs 提高到 330 μs , 使其增益能力大大地提高, 6 片 N_{31} 型磷酸盐钕玻璃片与厚度相同的 8 片 N_{21} 老型磷酸盐钕玻璃片相比, 增益增加约 10% 左右。

关键词 增益系数, 荧光寿命, 磷酸盐钕玻璃

中图分类号 TN 244 文献标识码 A

Application of N_{31} Type Nd: phosphate Glass Amplifier on Shenguang- II

ZHENG Yu-xia, ZHU Jian, LIU Tan, CAI Zhi-hao, ZHOU Cui-ping

(National Laboratory on High Power Laser and Physics, Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, The Chinese Academy of Sciences, Shanghai 201800)

Abstract After Shenguang- II system is improved particularly on beam quality the figure of filler reaches about 50%. The beam spatial distribution is uniform. New N_{31} type phosphate glass are used, the fluorescence life is increased from 250 μs to 330 μs . The gain ability is increased. The gain of 6 disks N_{31} type phosphate glass compared with the gain of 8 disks N_{21} type phosphate glass, the gain increased about 10%.

Key words gain coefficient, fluorescence life, Nd: phosphate glass

1 引 言

大型激光系统 80% 以上的能量是由主放大器提供的, 它的能量指标效率和造价在很大程度上取决于主放大器。如何做到增加增益系数 β , 缩短增益介质的长度 L , 更有效地抑制工作物质自聚焦的产生是非常重要的。

在此以前, 我们所组建的大功率固体钕玻璃激光系统, 主放大器(包括神光- II 实验装置), 开始所使用的工作物质被称作 N_{21} 型磷酸盐钕玻璃, 荧光寿命 250 μs , 受激发射截面 $3.5 \times 10^{-20} \text{ cm}^2$ 。

目前在神光- II 实验装置中所使用的工作物质被称作 N_{31} 型磷酸盐钕玻璃, 其荧光寿命为 330 μs , 受激发射截面为 $3.8 \times 10^{-20} \text{ cm}^2$ 。实验表明, 钕玻璃

荧光寿命增加 10% 时, 小信号的增益系数增加 5% 左右。因此, 我们在神光- II 实验装置上的同轴双程放大器中的一路, 采用新型 N_{31} 型磷酸盐钕玻璃进行了增益实验, 并把 N_{31} 型磷酸盐钕玻璃应用在神光- II 实验装置中, 取得了一些比较满意的结果。

2 实验装置

同轴双程放大器中的一路是由 $216 \text{ mm} \times 425 \text{ mm} \times 40 \text{ mm}$ 八角形 6 个椭圆形钕玻璃片组成, 按布氏角安放, 如图 1 所示。钕玻璃片与氙灯交叉放置, 以 2×2 的形式组成列阵, 允许 4 束 $\phi 200 \text{ mm}$ 的光束并列通过。中间排布 80 支, 两侧分别排布 64 支 $\phi 18 \text{ mm} \times 500 \text{ mm}$ 脉冲氙灯, 一台主放大器共用 208

收稿日期 2000-03-27; 收到修改稿日期 2001-10-10

作者简介: 郑玉霞(1937—), 女, 中国科学院上海光机所研究员, 主要从事高功率激光技术的研究。

支氙灯(另外应用了 25 支假灯)分 52 组供电,采用引燃管内触发电路。用掺铈隔紫外的石英板把钕玻璃片与氙灯隔开,即分成内腔与外腔,用内腔把钕玻璃片密封起来^[1]。实验证明,吹纯氮气能把光抽运过程中产生的大量气溶胶吹出内腔,既保证了内腔的清洁度,防止钕玻璃片表面被污染,从而产生破坏,又使钕玻璃片不被潮解,并防止氙灯破坏时危害到钕玻璃片的表面。

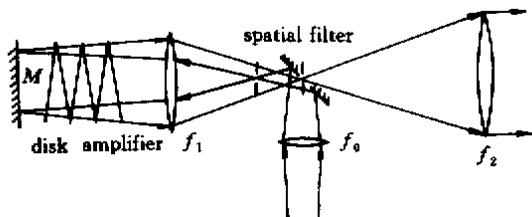


图 1 同轴双程放大器结构

Fig. 1 Schematic of double-pass amplifier

光束经补偿透镜 f_0 进入组合空间滤波器,入射口径是 90 mm,经过第一次滤波以后到达同轴双程放大器的输入端,以发散光方式入射,入射口径是 164 mm,通过第一程放大后到达置于片后的全反射镜 M ,经全反射后,仍以发散光方式入射至同轴双程放大器,进行第二程放大,输出口径为 195 mm 左右,进入组合空间滤波器,经第二次滤波后,由组合空间滤波器输出透镜输出到靶场,口径大约为 250 mm。

3 单路增益实验

测量光路如图 2。我们测量了同轴双程放大器的小信号增益及其相应的增益系数。

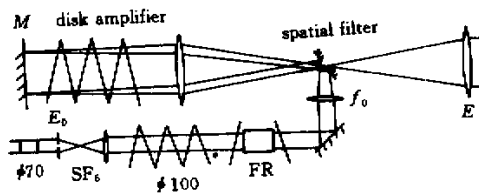


图 2 测量增益的光路图

Fig. 2 Measurement layout of the gain

由前置级输入光束质量比较好的填充因子 $\geq 50\%$ 的激光束,近场分布比较均匀,在 70 mm 棒的输出端监测输出能量 E_0 作为同轴双程放大器的输入能量。在组合空间滤波器的输出端监测总输出能量 E ,在 100 mm 片状放大器不工作时,知道系统各段的透过率,光束输入输出同轴双程放大器的口径,即可知同轴双程放大器的增益。考虑到第一程放大和第二程放大高能态反转粒子数的不同,即可得到增益系数^[2]。

工作参数:脉冲宽度 1 ns,损耗系数 0.004/cm,受激发射截面 $3.8 \times 10^{-20} \text{ cm}^2$ 。表 1 中,输入输出能量值为实验测量结果,增益系数值为拟合计算结果,输入光抽运能量密度为 22.75 J/cm^3 。

单路多次实验的结果如表 2 所示。输入光抽运能量密度为 22.75 J/cm^3 。

表 1

Table 1

No.	Input energy /J	Output energy /J	Gain coefficient / cm^{-1}
1	6.16	96.36	0.0632
2	11.62	176.12	0.0641
3	20.57	283.56	0.0642

表 2

Table 2

No.	1	2	3	4	5	6	7	8
Input energy /J	22.79	23.17	24.24	25.72	26.04	26.94	28.34	30.6
Output energy /J	780.59	759.10	782.75	808.01	792.06	814.36	847.12	881.93

以上结果完全达到设计要求,且没有发现工作物质中由于出现非线性效应而遭到破坏,6 片新型 N_{31} 磷酸盐钕玻璃片与厚度相同的 8 片 N_{21} 老型磷酸

盐钕玻璃片相比,增益增加约 10% 左右。由于增益的提高,每路的钕玻璃片数由原来的 8 片减少到 6 片,缩短了增益介质的长度,更有效地抑制工作物质

自聚焦的产生。

4 总体实验结果

我们在神光-II 实验装置中的 8 路都相应地换上了 N_{31} 型磷酸盐钽玻璃,特别是在 $\phi 100$ mm 片状放大器与组合式同轴双程主放大器之间,应用了带滤波小孔的小圆屏滤波方案,使组合式同轴双程主放大器这一区段的 B 积分值 < 1.8 ,这是防止主放

大器非线性自聚焦破坏所采取的措施,为组合式同轴双程主放大器成功运行排除了一项重要技术障碍。实验结果表明,把 N_{31} 型磷酸盐钽玻璃应用到神光-II 实验装置中是成功的。经过光束质量等方面的改善,特别是新增加了 SF_8 空间滤波器,又采用新型 N_{31} 型磷酸盐钽玻璃,使其增益能力大大提高,神光-II 实验装置达标实验已经完成。

一次 8 路实验的结果如表 3 所示。输入光抽运能量密度为 22.75 J/cm^3 。

表 3

Table 3

No.	1	2	3	4	5	6	7	8
Input energy /J	27.95	30.25	26.76	24.26	25.35	28.35	28.53	30.3
Output energy /J	741.86	739.04	800.11	752.18	759.93	733.27	780.69	787.58

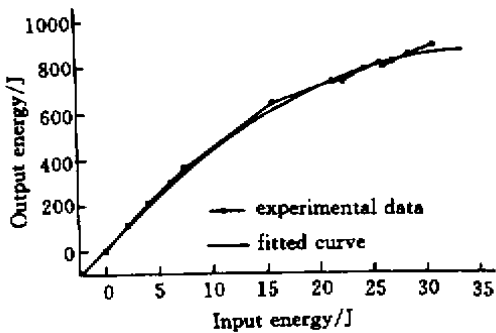


图 3 第二路增益曲线

Fig.3 Second beam gain curves

8 路中的一路(第二路)增益曲线如图 3 所示。

在总体运行中基频 6 kJ(1 ns)全面达标。同时,成功地实现了 4 束基频光同时穿过一个 45° 放置

的 $\phi 380 \mu\text{m}$ 小孔,穿过率 87%(要求 $\geq 80\%$) 的好结果。单束激光三倍频转换效率达到 60% 以上,单束激光最高三倍频输出达到 450 J,穿孔率为 100%,好于预期的结果。北 4 路三倍频输出穿过实验成功,最大穿过能量 $\geq 1270 \text{ J}$,高于综合指标所要求的 1000 J 的目标。在神光-II 实验装置上分别作了 8 路基频光 ICF 打靶实验,类镍银 X 光激光应用实验和北 4 路三倍频打靶实验等三轮物理实验,均成功地获得了较好的物理结果。

参 考 文 献

- 1 Zheng Yuxia, Zhu Jian, Qian Liejia *et al.*. Investigation on coaxial double-pass main amplifier in high power laser fusion driver [J]. *SPIE*, 1996, **2889** 270 ~ 279
- 2 Fan Dianyuan, Yu Wenyan. High power multi-pass amplifier [J]. *Laser Journal (激光)*, 1980, (79): 1 ~ 6 (in Chinese)