

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^[1]。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^[2],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^[3]。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

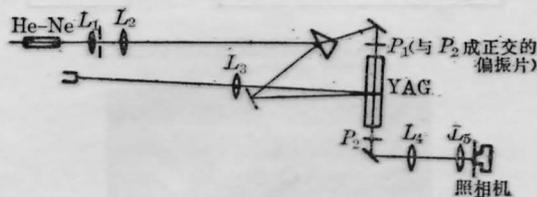


图 1 应力应变测量光路图

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^[4]:

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

σ_x 、 σ_y 是二个方向的应力, n 是条纹级数, λ 是测量激光波长, B 取决于激光材料的常数, d 是材料 z 方向的厚度。

为了测量应力和应变, 我们利用上海光机所的 III 型硅酸盐玻璃片状激光材料在图 2 所示的装置上进行了应力研究, 图 3 是原来激光材料的应力图, 二个角边的应力是铍玻璃侧面磨毛时引起的。为了减少应力, 采用富有弹性的特殊黑色材料对铍玻璃侧面进行密封, 密封方式如图 4 所示, 当压紧挡住激光材料的盖板和压紧连结闪光灯与激光材料的两部件的螺钉时, 所产生的应力, 分别如图 5(a) 和 (b) 所示。

为了设法消除应力, 我们设计的第二装置是不用螺钉紧固密封, 而是用四块塑料片, 在片状放大器

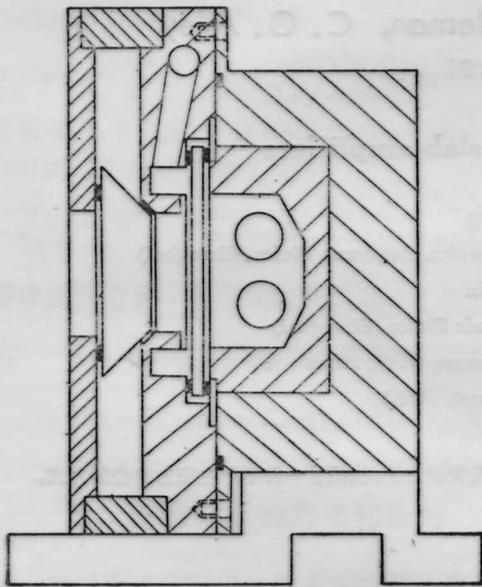


图 2 Nd:YAG 激活反射式片状放大器



图 3

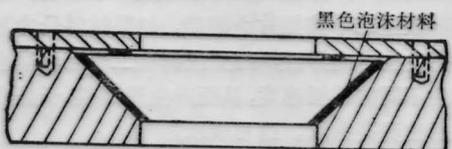


图 4 密封方式示意图

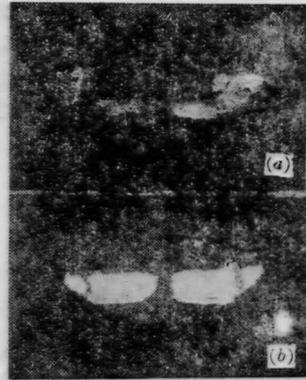


图 5

(a) 第一装置安装应力图(加面板)
(b) 第一装置安装应力图(螺钉拧紧后)

每一端使用二块, 在二块之间放上富有弹性的硅胶进行密封, 密封方式如图 6 所示, 但由于玻璃片二角被封死, 硅胶干后发生收缩, 故在角上产生了额外的应力。



图 6 密封方式示意图

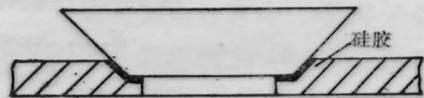


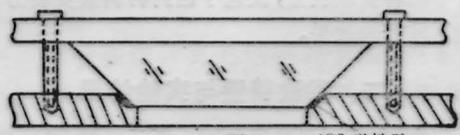
图 7 密封方式示意图

设计的第三装置是设法让片状玻璃的二角自由, 在片的二侧底部及底部边缘用硅胶进行密封, 如图 7 所示。但由于硅胶的收缩仍造成玻璃材料二侧和底部出现应力。

设计的第四种装置是用一种不收缩的胶, 并且仅仅胶住玻璃片二侧的底部, 如图 8(a)、(b) 所示, 美国 Corning 公司生产的 186 弹性胶符合此要求。测量表明, 安装后的玻璃片不产生额外应力, 接



(a)



(b) 186 弹性胶

图 8 密封方式示意图

通冷却水后才产生应力;当玻璃片前加了面板后,不产生应力(图 9(a)),通了水后所产生的应力与不加面板相比应力反而减小(见图 9(b)),这是由于面板的压力对水压有一定的平衡作用造成的;当光泵输入 2645 W、5 Hz 时,相应的应力如图 9(c) 所示。实验中没有发现玻璃有任何破坏。

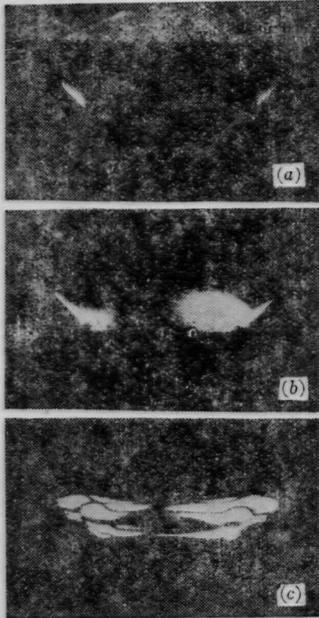


图 9

(a) 加面板第四装置安装后的应力图; (b) 装置通水后的应力图(加面板); (c) 光泵输入 2645 W、5 Hz 的应力图

最后,对同样尺寸的 YAG 片进行安装和应力测量。由于 YAG 材料比玻璃硬得多,因此,应力变化比玻璃小得多,安装后没有产生应力,即使通了冷却水后也没有产生额外应力,见图 10(a)、(b)。

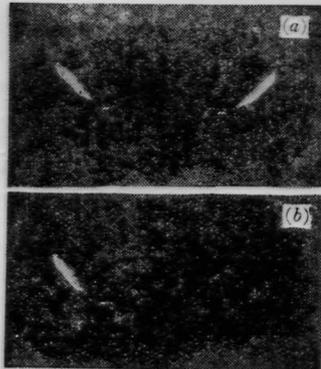


图 10

(a) YAG 安装后应力图; (b) 通冷却水后 YAG 应力图

三、实验结果分析

从实验测量中可看到材料产生的应力与材料性质、形状、加工要求和安放材料的机械设计、安装方式、密封材料的性质都有极大关系。我们主要是改进了安装方法,使用了不收缩的密封材料,使安装后不产生应力。

理论上估算片状材料所能承受的单位体积输入的极限功率为^[5]:

$$P_{\max} = \frac{12 R_s}{\alpha t^2} \quad (2)$$

式中 R_s 是热冲击参数, α 是光转变成热的比例,一般取为 5~7%, t 为片状材料的厚度。

根据上式,估算了我们在美国马里兰大学使用的 IV 型钕玻璃片、YAG 片以及美国其它单位使用的钕玻璃片能承受的单位体积输入的光泵极限功率,以及实验中实际输入功率(见表 1)。

表 1

| 单位 | 材料 | 尺寸 (cm ³) | 理论极限值 (W/cm ³) | 实验输入值 (W/cm ³) |
|-----------------------|-------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|
| 马里兰大学 | III 型 Nd 玻璃 | 1.3×2.8×10 | 120 | 73 |
| 马里兰大学 | YAG | 1.3×2.8×10 | 780 | 158 |
| ^[6] 光谱物理公司 | Nd 玻璃 | 0.44×15×16.7 | 220 | 45 |
| ^[7] 斯坦福大学 | Nd 玻璃 | 0.63×5.6×35 | 440 | 24.5 |

由此可见,在无应力安装条件下,对我们的片状玻璃输入 2645 W 光泵功率(即 73W/cm²)不产生任何炸裂现象是一个相当好的实验结果。若用同样的方法安装 YAG,其光泵功率将远远超过 158 W/cm³,而不会发生破坏,因为它的理论极限值比 Nd 玻璃大得多。从而保证 YAG 反射镜式激光放大器有可能获得高能、高重复率输出。

参 考 文 献

- 1 David C. Boown, *IEEE J. Quant. Electr.*, QE-17 (9), 1755 (1981)
- 2 W. Koehner, *Appl. Phys.*, (2), 279 (1973)
- 3 John E. Narion, VCRL-93 543
- 4 A. Knske *et al.*, *Photoelastic Str ss Analysis* 103,
- 5 黄国松等,激光棒的泵浦功率极限(内部报告)
- 6 S. Basn *et al.*, *Opt. Lett.*, (11), 1617 (1986)
- 7 J. M. Eggleston *et al.*, *IEEE J. Quant. Electr.*, QE-22, 2032 (1986)

(收稿日期: 1987 年 12 月 23 日)