

脉冲泵浦YAG棒的热透镜效应

华北光学仪器厂

王秉国 李秀蕊 邵北生

YAG棒的热透镜效应是该类激光器的一种重要现象，它严重地影响着激光性能—光束发散度、输出稳定性、激光模式等。研究YAG棒的热透镜效应对改善激光性能有一定意义。

我们通过实验观察了脉冲泵浦条件下YAG棒的热透镜效应，发现它在脉冲泵浦的瞬时呈负透镜，工作一段时间之后才出现正透镜现象，并近似测定了焦距。

一. 实验方法

图1是实验装置示意图。可见的 0.6328μ 氦氖激光束，通过扩束以近似平行光充满整个被测YAG激光棒；再经过会聚透镜放大后投射到观察屏幕上，在屏幕上可以看到清晰的光斑。该光斑的大小与会聚透镜的焦距有关，也会随着透镜和屏幕的相对位置而变。当选定透镜并固定透镜和屏幕的位置时，光斑大小便直接反映了被测YAG棒对氦氖光的会聚(发散)度。我们便可根据光斑大小来确定YAG棒的热透镜的正负和焦距。

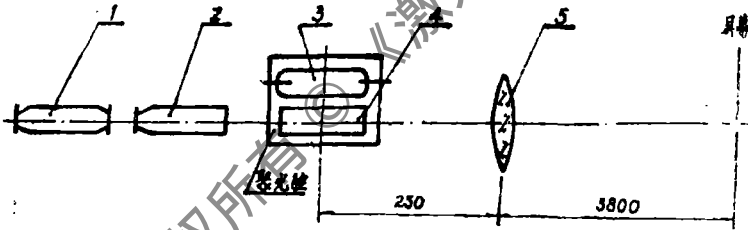


图1. 实验装置示意图

1—He-Ne 6328 Å 激光器；2—扩束装置 出射光束直径 $\phi 8\text{mm}$ ；3—氦灯 $\phi 7.5 \times 80\text{mm}$ ；4—YAG晶体棒 分别为 $\phi 6 \times 80\text{mm}$ ， $\phi 6 \times 70$ ；5—会聚透镜 $f = 1\text{M}$ 。

值得提出的是，同类的实验大都直接测量氦氖激光束通过被测YAG棒后的焦点位置，来确定YAG棒的热透镜焦距。但在焦点附近，光斑直径变化很小，焦点位置很难确定，特别是在脉冲情况下困难更大。而在足够远的地方观察屏幕上的光斑大小就比较容易。这就是我们采用这种方法的原因。

二. 实验结果

按图1所示，在未泵浦前屏幕上有一个直径为 18mm 的光斑，当以每次40焦耳($c = 100\mu\text{F}$ $V = 900\text{v}$) 每秒一次的速率泵浦时，每泵浦一次，光斑收缩一次。收缩后的直径为 15mm

(方格纸观察)。收缩与泵浦同步。因为会聚透镜的焦距远在屏幕之前,由光斑变小这一现象可知,YAG棒在泵浦时呈负透镜。按照简化后的图2,以 F_1 表示会聚透镜,以 F_2 表示被测YAG棒透镜,用简单的比例关系 $3:7.5 = l_1:l_2$ 和光学公式: $1/l_1 + 1/l_2 = 1/f_1$ 可算出 $f_2 = -11.85$ 米。

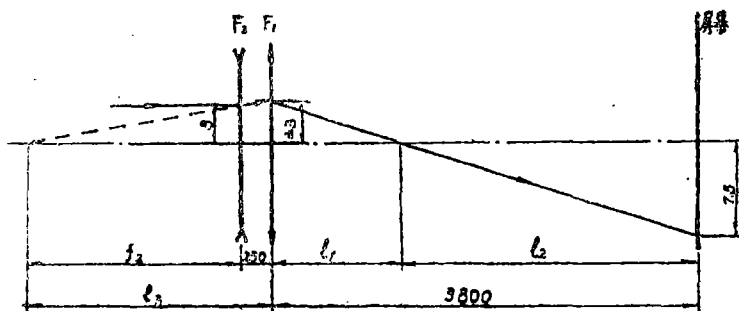


图2. 光学系统简化图

由此可见,YAG棒在泵浦瞬时等效一个焦距很大的负透镜。以1次/秒的速率,全腔循环水冷,持续几分钟没有发现正透镜效应。同样条件下以10次/秒的速率,除了每个泵浦脉冲的瞬间仍然有明显的负透镜效应外,持续20秒左右之后,整个光斑逐步扩大,直径保持在22mm。由此可见,这时YAG棒呈现正透镜效应。同法可以计算出其焦距为4.9米。

以上测试,估计误差值约为10%。

三. 分析和讨论

1. 激光棒在氙灯脉冲泵浦的瞬间,是中心温度高还是表面温度高。

根据激光棒在脉冲泵浦的瞬间等效于一个负透镜的结果,我们认为表面温度高于中心温度。我们用另一种方法验证了这一结论:将供冷却用的水箱加温,使水温达到 50°C 左右,而聚光腔内的温度处于 20°C 状态。此时不点燃氙灯,而将 50°C 的热水突然注入聚光腔内,在此瞬间YAG棒表面的温度必然高于中心的温度。同时观察 0.6328μ 光斑,发现与氙灯脉冲泵浦时的现象类似,光斑收缩,但收缩后的直径远比氙灯泵浦时小。相反,用低于聚光腔内温度的冷水突然注入腔内,注入瞬间光斑扩大。两种情况下的光斑都能迅速恢复到原来大小。这说明棒内温度很快达到一致。当以10次/秒的速率泵浦几十秒之后,由于棒中心散热条件不如表面散热条件好,除泵浦的瞬间以外,致使中心温度高于表面温度,激光棒等效于一个正透镜。根据我们的实验,当以每秒一次到三次的速率、每次40焦耳的能量泵浦时,只出现瞬时负透镜效应。

2. 由于激光棒中存在应力,光斑在各个方向上收缩和扩大并不是均匀一致的。我们曾怀疑光斑收缩的不均匀是因为泵浦光的不均匀(我们使用的是单椭圆聚光腔)。就我们使用的两根棒的实验情况看,主要是棒本身的原因(主要是应力),而不是泵浦光不均匀造成的。因为在其他条件不变的情况下旋转棒,光斑的形状也随棒同步旋转。

光斑不均匀说明了热透镜是不对称的。

由于热透镜效应和泵浦速率,泵浦能量以及棒本身有关,因此,设计谐振腔考虑对其进

(下转第14页)

3. Sten H. Ahlborn, Sture J. H. Hansoon;
Automatic video Contrast tracker, USP., 3,829,614, 1974.
4. Joe M. Scarbrough;
Electronic Pattern Recognition, USP., 3,707,598, 1972.
5. John R. Kruse;
Automatic tv tracker Keeps eye on missile Electronics, April 6, 1964.
6. Robert I. Boebreak, William A. Chambers;
Adaptive gated digital tracker, USP., 3,586,770, 1971.
7. 戴世宗:
数字随动系统, 科学出版社, 1976.
8. Gardner Floyd M,
锁相技术, 科学出版社, 1971.
9. 郑继禹、万心平:
锁相环路原理及应用, 人民邮电出版社。
10. 绪方胜彦:
现代控制工程, 第七章, 科学出版社, 1978年。
11. 吴成岳:
电视对比自动跟踪测量装置, 209所科研报告, 1979年。

(上接第16页)

行补偿时, 有必要对使用的每根棒在工作条件下进行测试。

3. 瞬时热透镜效应对激光输出的影响尚待研究, 这主要决定于瞬时透镜效应产生和保持的时间。如果激光输出正好发生在热透镜产生的时间间隔内, 该透镜效应必然影响激光特性。如果激光输出时, 热透镜效应尚未发生或者已经消失, 那么它就不影响激光输出特性。
