

通信

## 溴化亚铜蒸气激光像亮度增强投影显微镜

肖祖初 张桂燕 宋秀冬 陈国彬 林福成

(中国科学院上海光机所, 201800)

### A CuBr vapor laser used as brightness amplifier for projection microscopes

*Xiao Zureng, Zhang Guiyan, Song Xiudong, Chen Guobin, Lin Fucheng*  
(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica, Shanghai)

**Abstract:** An active projection microscope has been built with a CuBr vapor laser as its image brightness amplifier with linear amplification of more than 500 a resolving power is close to the objective's diffraction limit

**Key words:** CuBr vapor laser, brightness amplifier, active projection microscope, resolver

## 引 言

作为像亮度增强器<sup>[1,2]</sup>, 金属蒸气激光器, 尤其是铜蒸气激光器有独特的优点: 气体激活介质的高度光学均匀性, 足够高的单程增益, 高达 20 kHz 的重复频率, 以及正好发射出视觉最敏感的黄绿光。其它激光器是无法同时具有这些性能的。

激光器件与亮度放大器中的激活介质的作用是有差别的。在激光器中, 是用腔片来限制光束的发散及其激光的模。而在亮度放大器中是尽可能地传输光的幅度和位相分布的所有信息, 要求有较大的角孔径, 并且在成像光路中有容下激活介质的地方。由于溴化亚铜蒸气激光器的结构简单, 操作容易, 在这方面更显得轻巧实用。

## 实 验

实验布局如图 1 所示。激光放电管全长 870 mm, 两放电极间距 550 mm, 管内限制放电沟道的细环内径 22 mm, 并含有溴化亚铜结晶及 15 Torr 的氖气。20 kHz 的脉冲电源对其进行放电激发, 平面腔时的激光输出 400 mW, ASE 光束发散角约 40 mrad。图 2 是在离开放电管端口 400 mm 处的 ASE 光束强度沿径向的分布, 该处光斑直径约 100 mm, 其分布比较均匀, 但是当放电管温度过高时, 会引起放电沟道弯曲, 强度分布起伏变大而且不稳定。

当用不同发射率的物体时, 可从示波器中观察到光强的变化, 但很小。没有物体时的信号

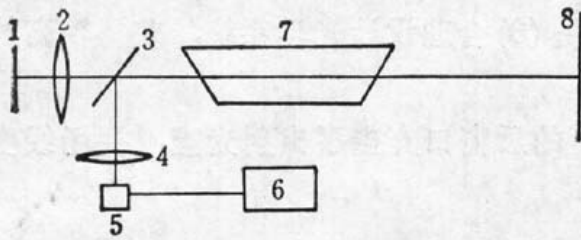


Fig. 1 Experimental set-up

1—object; 2, 4—lens; 3—beam splitter;  
5—photoelectric circuit; 6—osillogra-  
ph; 7—discharge tube; 8—screen

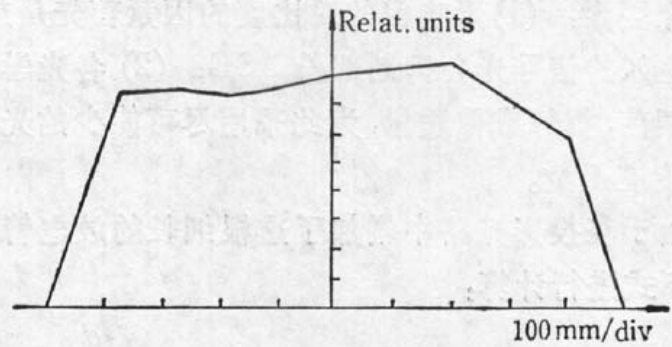


Fig. 2 Intensity distribution of ASE from a  
CuBr vapor discharge tube

比用一块镜反射物时的信号大 115 倍。这种随物体反射率增大而信号变小的现象是由于白组织效应, 由增益介质中各方向光束之间非线性相互作用引起的。

去掉分光片后, 采用焦距 12 cm 的透镜 2, 对一个直径约 2 mm 的印刷字“光”进行放大投影。在屏上得到一个直径 100 mm 的放大“光”字。测出投射到屏上光束的总功率约 10 mW。屏上照明光功率密度为  $10 \text{ mW} / (100 \text{ mm})^2 = 1 \text{ W/m}^2$ 。室内明亮的情况下, 图像依然非常清晰, 用 21 Din 底片, 十分之一秒快门, 16 光圈, 拍摄的照片示于图 3。



Fig. 3 Image of a Chinese charader  
on the screen

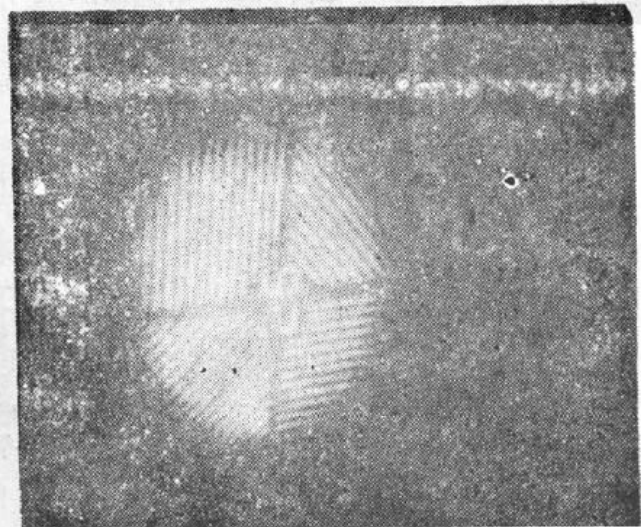


Fig. 4 Projection image of a resolving power  
plate with 200 lines/mm

如用一个普通显微物镜来代替图 1 实验中透镜 2, 则构成一台有源投影显微镜。我们用  $10\times$  物镜, 数值孔径 0.25, 在物的位置上是条纹间距仅  $5 \mu\text{m}$  的分辨率板, 该板可作三维方向的微小移动调整。图 4 是投影在屏上像的照片, 放大倍数约 500 倍。限制放大倍数的因数主要是分辨率。该物镜的衍射分辨极限是  $1.24 \mu\text{m}$ 。在进一步实验中, 我们还观密到更接近这极限的分辨能力。

## 分 析

对于这台用来观察不透明细小物体的有源投影显微镜, 和传统的光学仪器一样应考虑下

列几个因素: (1)影响像的对比度的因素首先是放电管的 ASE。采用集光本领较大的物镜来增强注入的信号光会抑制部份 ASE; (2)各光学元件表面的散射光有可能在增益介质中产生寄生振荡,损坏成像质量,为此采用尽可能少的光学元件; (3)合理设计光学系统,获得较高的调制传递函数。

由于在投影光路中增加了这根细长的放电管。该管的后窗口充当了出射光瞳,视场线度  $S$  由下式进行计算:

$$S = \frac{f \cdot d}{t + 2l' + l''} \quad \text{其中 } l \gg d$$

$l$  是电极间距,  $l'$  是窗口离电极距离,  $l''$  是窗口到物镜的距离,  $d$  是窗口直径,  $f$  是物镜焦距。对于一定尺寸的放电管来说,视场线度与焦距成正比,并可以缩小  $l''$  来增大视场。当  $l''$  为零,  $l'$  是 160 mm,  $f$  是 12 cm,  $d$  是 3 cm, 由上式得  $S$  约 4 mm。与实际情况符合。

根据波动光学理论,由物体散射出来的光经过透镜后,在其焦平面上形成空间频谱。当物体是间距  $t$  的条纹时,其一阶空间频率的位置  $\times O$  原点在光轴上,由下式计算:  $x = \frac{\lambda}{t} \cdot f$ , 其中  $\lambda$  是光波长。当增益区域的直径小于  $12 \times 1$  时,所对应的空间频率分量被放电管滤掉,反映物体细节情况的高频成份不能通过,所以我们希望用尽可能大的孔径和尽可能短的放电管,但目前在这种管子里不可能获得稳定的高增益。

这台有源投影显微镜与传统的投影显微镜不同,激光放电管既是照明光源又起到像亮度增强作用。而通常的方法给物体照明时,对于一个线放大为 1000 倍的投影系统来说,照明光功率密度至少应是屏上的  $5 \times 10^7$  倍。在这样高功率密度强光下,许多物体样品容易变形损坏,所以放大倍数越大的投影系统要得到足够的屏上照明就越困难。而这台有源投影显微镜仅以 ASE 光束照明物体,却仍能获得足够的屏上成像光功率密度。

### 参 考 文 献

- 1 W. Hardy, *IBM J. Res. D.*, **9**(1), 31 (1965)
- 2 R. A. Moyers *et al.*, *IEEE J. Quant. Electr.*, **QE-2**(8), 270 (1966)

(收稿日期: 1990 年 9 月 27 日, 修改稿收到日期: 1990 年 11 月 27 日)