

He-Ne 激光器放电噪声的实验研究

吕可诚 巴恩旭 张金英 姚玉兰

(南开大学)

提要: 本文报导了 He-Ne 激光器放电噪声的实验研究。通过改变激光器的结构、管内总气压和放电电流,在 0~300 千赫范围内可以观察到许多噪声现象。最后,提出了一些降低放电噪声的方法。

Experimental investigation on the discharge noise for He-Ne lasers

Lu Kecheng Ba Enxu Zhang Jinying Yao Yulan

(Nankai University)

Abstract: This paper reports the experimental investigations on the discharge noise for He-Ne lasers. A lot of noise phenomena have been observed within the range of 0-300 khz by changing the tube structure, gas pressure and discharge current of the laser. The relation between noise and moving striation is also discussed. Finally, some methods for lowering the discharge noise are suggested.

一、引言

对于激光器的某些应用而言,其功率和频率的稳定性是十分重要的,而激光噪声会使激光功率和频率产生脉动,因此激光噪声的存在将成为激光应用的一大障碍。所以激光噪声研究具有重要意义。

在 He-Ne 激光器中有多种噪声,而放电噪声是最严重的噪声之一。

二、放电噪声的实验研究

1. 实验装置

为了测量由噪声引起的激光强度随时间的漂移,通常用两种方法。第一种是相关法;

第二种是测量噪声的功率谱^[1]。我们采用了第二种方法。测试系统如图 1 所示。测量中用光电倍增管(RCA 6217)接收光信号,用频谱仪(PFG-1B 和 TF 2370)测量噪声谱,用示波器(SBM-14 型)观测激光噪声的综合图

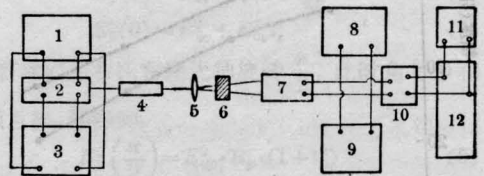


图 1 激光噪声测试系统

- 1—XFD-8 型低频信号发生器; 2—扫描干涉仪;
- 3—双线示波器; 4—He-Ne 激光器; 5—聚光镜;
- 6—减光板; 7—RCA 6217 光电倍增管; 8—微安表;
- 9—SMB-14 型示波器; 10—阻抗变换器;
- 11—XD₂ 信号发生器; 12—频谱分析仪

收稿日期: 1981 年 1 月 12 日。

形,并可测信噪比。实验测量中用微安表检测光电流大小,以监控进入倍增管内光电流,确保倍增管处于线性工作区,同时也便于进行噪声幅度的相对比较。用信号发生器频率读数与频谱分析仪(FBG-1B型)读数进行对比,以较准确地测量噪声频率值。在激光器的另一端,用扫描干涉仪监视激光振荡模的变化,以便分析模式变化对激光噪声的影响。

2. 测试条件

为了更好地观测放电噪声,实验在以下诸条件下进行。

(1) 激光器处于高于振荡阈值运转状态,以减小自发辐射噪声^[2]。

(2) 激光器以基模输出,以消除横模差拍噪声^[2]。

(3) 激光电源稳定度要高,纹波系数要低,以减少电源对噪声的影响。

3. 测试结果

测量了国内常用腔长为146毫米、230毫米、400毫米、1000毫米的内腔管,结果归纳为以下几点:

(1) 激光和侧壁辉光的噪声频谱结构相同,但幅度不同,后者的幅度稍大于前者(见图2)。

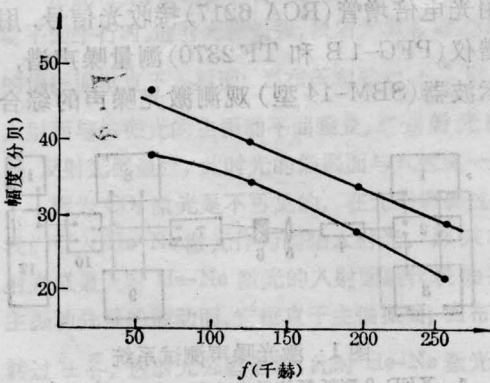
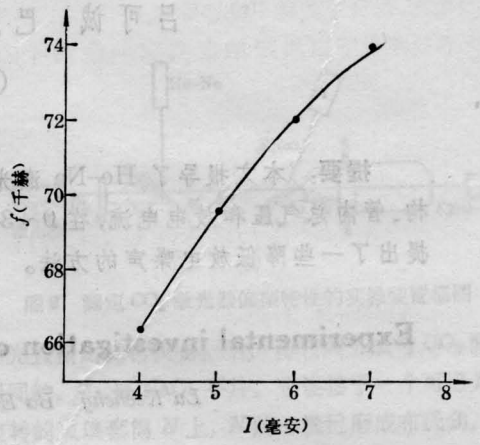


图2 辉光噪声(上)与激光噪声(下)比较

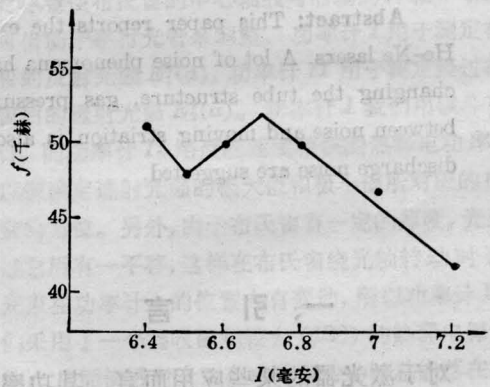
(2) 激光噪声频谱在0~300千赫范围内有放电噪声。在放电电流较小时,噪声为正弦波,频谱仪上呈现单一频率的噪声谱;随

着电流增加,噪声不再是正弦波,在频谱仪上呈现傅里叶展开形式:除基频外,还有高次谐波,即多个分立噪声谱(见图5(b)和(c))。

(3) 激光噪声基频频率随放电电流的变化规律



旁阴极激光器



同轴阴极激光器

图3 噪声频率与放电电流之间的关系

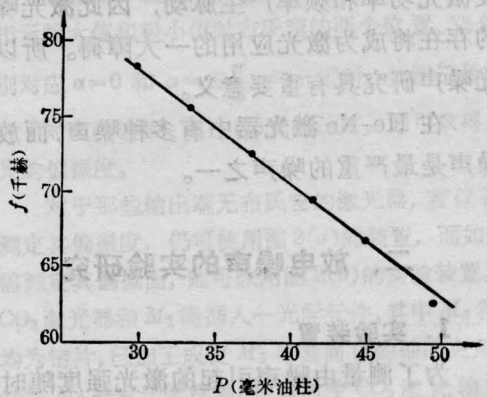
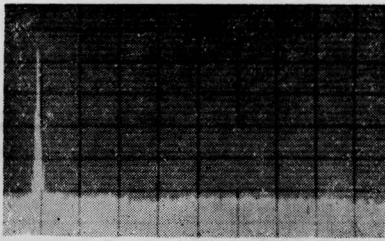
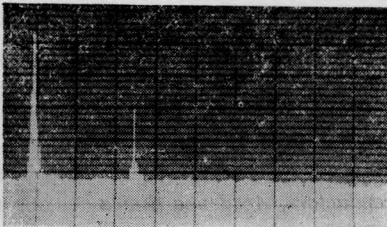


图4 噪声频率与管内总气压的关系



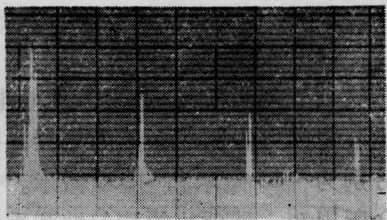
零频

(a) 无噪声



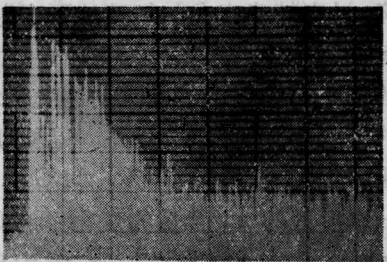
零频

(b) 单频噪声



零频

基频 二次谐波 三次谐波
(c) 多频分立噪声



零频

(d) 无规则噪声

图5 激光噪声谱实例(0~300千赫)

其变化规律与激光器的结构有关。旁阴极激光器噪声频率随放电电流的增加而增加,见图3(a);同轴阴极的激光器噪声频率随放电电流的增加而减小,且出现跃变现象,见图3(b)。

(4) 激光噪声频率与管内总气压的关系

噪声频率随管内总气压的增加而减小,见图4。

(5) 激光噪声幅度大小与放电电流之间的关系

在放电电流低于某一临界电流时不出现噪声。高于该电流值时出现噪声,其噪声幅度随放电电流的增加而增加,继而变成无规则噪声谱,见图5。

(6) 噪声临界电流与激光器的结构,尤其与阴极表面的处理、阴极尺寸及周围情况有关,并与管内总气压、与阴极和阳极间的距离有关。

(a) 临界电流随管内总气压的减小而增加,见图6。

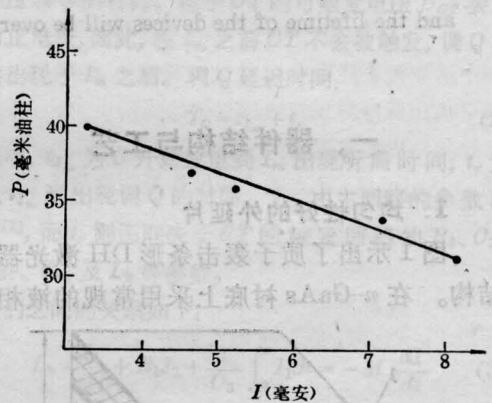
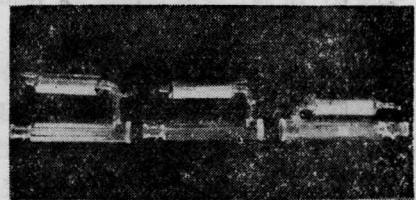


图6 临界电流与管内总气压的关系

(b) 临界电流随阴极与阳极间的距离增加而增加,见图7。



(a) (b) (c)

图7 激光器结构与临界电流的关系

(a) 临界电流大于7毫安; (b) 临界电流为5.7毫安; (c) 临界电流为4毫安

(下转第36页)

表示一次谐波;第三项表示三次谐波……,一次谐波项可写为

$$\begin{aligned} \frac{4}{\pi} \cos \omega x &= \frac{4}{\pi} \frac{e^{i\omega x} + e^{-i\omega x}}{2} \\ &= \frac{2}{\pi} e^{i\omega x} + \frac{2}{\pi} e^{-i\omega x} \end{aligned}$$

它是由两个指数项组成的,进行 Fourier 变换后,每一个指数项和一个一级衍射点相对应。

所以 Ronchi 光栅进行 Fourier 变换后,其一级衍射象的振幅 A_1 与零级象的振幅 A_0 之比是 $\frac{A_1}{A_0} = \frac{2/\pi}{1}$,利用 Ronchi 光栅作为滤波器对一级衍射象相加时,相加后的一级象和零级象之间的振幅之比是 $\frac{4}{\pi}:1$,因而光强

度之比为 $\frac{(4/\pi)^2}{1} = 1.6$,相加后的一级象比零级象强。

如果 Ronchi 光栅做在照相底片上,那么也应考虑偏置透射率 t_b ,偏置 t_b 使直流成份加强,故相加后的光强度与零级相比应比 1.6 小些。

参 考 文 献

- [1] S. H. Lee; *JOSA*, 1970, **8**, 1037.
- [2] S. H. Lee; *Appl. Opt.*, 1973, **12**, No. 7, 1703.
- [3] Vander Lugt; *Proceedings of the IEEE*, 1974, **62**, No. 10, 1300.
- [4] A. R. Shulman; *Optical Data Processing*, New York, Wiley, 1970.
- [5] S. H. Lee; *Opt. Engineering*, 1974, **13**, 196.
- [6] S. H. Lee; *Appl. Phys.*, 1976, **10**, No. 3, 203.

(上接第 15 页)

(7) 激光管内的杂质(氢、氧、氮、 CO_2 、 CO 等)对激光噪声无明显影响。

三、讨 论

激光噪声谱和侧壁辉光噪声谱一致,表明激光噪声与放电噪声之间有着紧密联系。可以认为,激光噪声是放电噪声调制激光输出的结果。

对于短激光器,可以采用以下降低放电噪声的方法:

1. 增大振荡回路阻抗

在阳极端加电阻,提高放电回路的振荡阻抗。实验表明,所加电阻为 260 千欧时可使噪声降低 12~14 分贝,再继续增大电阻值噪声无明显改进。所加电阻 R 的极限值应满足:

$$R = \frac{V - V_G}{I} - R'$$

其中 V 为激光电源的最大输出电压; V_G 为

激光器的工作电压; I 为放电电流; R' 为激光电源的限流电阻。

2. 提高噪声的临界电流使其远高于激光器的最佳工作电流,以保证激光器正常工作时不产生噪声。

① 采用旁阴极,并在可能的情况下,使阴极尽可能远离放电管,见图 7。

② 阴极结构和尺寸设计合理,在保证阴极表面被充分利用的条件下尽量增大阴极表面面积,实验表明在合理工艺和阴极发射表面被充分利用的条件下,内径相同、增加阴极长度,其临界电流增大。

③ 在保证输出功率无较大损失的条件下降低管内总气压可提高临界电流,见图 6。

参 考 文 献

- [1] A. Waksberg, J. Wood; *The Review of Scientific Instruments*, 1969, **40**, No. 10, 1306.
- [2] 铃木键夫;《キセノンイナマーニ》, 1974, No. 9, 35~44.