

正交偏振 He-Ne 激光自混合干涉的实验研究^{*}

丁迎春^{1*}, 张书练²

(1. 北京化工大学, 北京 100029; 2. 清华大学精仪系精密测试技术与仪器国家重点实验室, 北京 100084)

摘要:实验研究了频率分裂激光器中正交偏振态的 o 光或 e 光的自混合干涉现象。首先测量了在等光强点只有 o 光反馈和只有 e 光反馈时的反馈曲线, 然后测量了在 o 光光强较高的点只有 o 光和只有 e 光反馈时的反馈曲线, 最后测量了在 e 光光强较高的点只有 o 光和只有 e 光反馈时的反馈曲线。与一般的 He-Ne 激光的自混合干涉相比, 在 1 个周期中, 反馈曲线幅值的变化是一般反馈曲线的 2 倍多; 如果用于测量领域, 可以成倍地提高轴向分辨率。

关键词: He-Ne 激光; 自混合干涉; o 光; e 光

中图分类号: TN247 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-0086(2005)07-0837-04

Experimental Study on Self-mixing Interference of Orthogonal Polarized He-Ne Lights

DING Ying-chun^{1*}, ZHANG Shu-lian²

(1. Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China; 2. The Key Laboratory of Precision Measurement Technology and Instruments, Department of Precision Instruments, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: The self-mixing interference of orthogonal polarized o-light or e-light coming from a frequency splitting He-Ne laser was experimentally studied. First, the feedback curve is measured only if o-light or e-light existed in the equal intensity point. Second, the feedback curve is measured only when o-light or e-light existed in o-light is stronger than e-light. Finally, the feedback curve is measured only if o-light or e-light existed in e-light intensity is stronger than o-light. In one period, the amplitude of feedback curve measured in the experiment is two times bigger than that of the ordinary feedback curve. If this feedback technique can be used in measuring fields, the axial resolution can be effectively improved.

Key words: He-Ne laser; self-mixing interference; o-light; e-light

1 引言

近年来, 激光自混合干涉技术引起各国学者的关注^[1~3], 主要是由于系统固有的简单性、紧凑性、鲁棒性和易准直性, 解决了激光干涉系统尺寸庞大、光路复杂以及敏感于准直等问题。从上世纪 80 年代开始, 一直尝试将激光自混合干涉原理应用于多个测量领域^[3~6]。如激光 Doppler 速度测量仪, 光学器件或

光学系统的特性测试、振动测量、探伤研究和形貌测量等。尽管激光自混合干涉的理论和应用都有了很大发展, 但是人们还在继续探索其新的现象、新的应用以及测量精度的改善。

为了丰富激光自混合干涉效应, 本文对正交偏振 He-Ne 激光中单一光的自混合干涉效应进行了实验研究。

收稿日期: 2004-09-06 修订日期: 2005-02-18

* E-mail: dingyc@mail.buct.edu.cn

2 实验装置

实验装置如图 1 所示。使用半内腔的 He-Ne 激光器,平面镜 M_1 和曲率半径为 1 m 的凹面镜 M_2 组成激光器的谐振腔,它们的反射率分别为 0.986 和 0.999。激光器增益管 T 中充有 $^{20}\text{Ne} \quad ^{22}\text{Ne} = 1 \quad 1$ 的混合气体用来抑制输出功率曲线中的兰姆凹陷。 M_1 粘贴在压电陶瓷 P_0 上,可通过控制 P_0 的伸缩来

控制激光的模在增益曲线上的位置。反射镜 M_{3o} 和 M_{3e} 是外加的反射镜,它们的反射率都为 0.5,用于把激光器的输出的 o 光和 e 光回馈进入谐振腔内。 P_1 和 P_2 分别是驱动 M_{3o} 和 M_{3e} 的压电陶瓷。 Q 是石英晶体片,它可以使 He-Ne 激光分裂成偏振态相互垂直的 o 光与 e 光。 S 是渥拉斯顿棱镜,用来把垂直偏振光 o 光与 e 光分开。 D_1 和 D_2 是光电探测器,分别用来测量 o 光和 e 光的光强。 C 是信号处理电路。

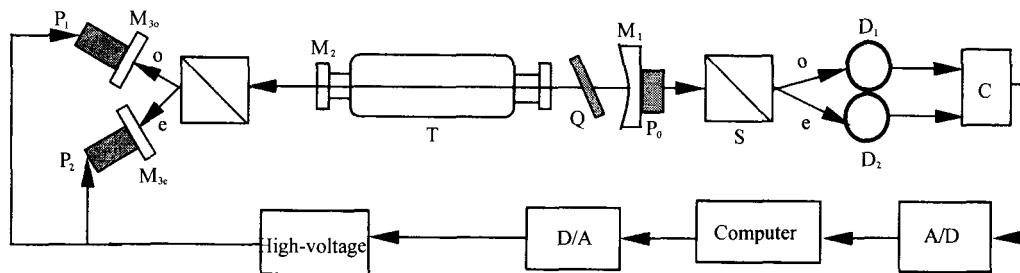


图 1 正交偏振 He-Ne 激光自混合干涉的实验装置图

Fig. 1 The experiment setup on self-mixing interference of orthogonal polarized He-Ne laser

整个探测过程由计算机通过运行软件程序进行控制。它使得驱动腔外反射镜的移动与对激光强度的探测同步进行。推动腔外反射镜的压电陶瓷的电压每变化 40 V,激光腔镜移动约 0.5 个波长。计算机控制它每次测量时从 0 V 加到 180 V。因此,每次运行程序约测量了 4.5 个周期,程序运行时间约为 30 s。压电陶瓷的非线性度约为 10 %。

D_1 和 D_2 所探测的尾光激光强度用数值量表示,没有单位。其激光功率与数值量的对应关系约是 0.01 mW 对应 400 units。当然这个比例关系是可以通过探测器(光电池)的后续放大电路进行调节的。探测的激光强度的直流噪声为 50 units,交流噪声为 5 units。

在无腔外反射镜时,即没有强光反馈,通过改变压电陶瓷的电压可以调谐腔长。在 o 光与 e 光的频

差为某值时(可以通过调节石英晶体片的转角得到), o 光与 e 光的输出功率曲线如图 2 所示。o 光与 e 光曲线的交叉点,称等光强点。在等光强点的左边可以找到 o 光光强较高的点,在等光强点的右边可以找到 e 光光强较高的点。

首先测量了在等光强点只有 o 光反馈和只有 e 光反馈时的反馈曲线,如图 3 所示。

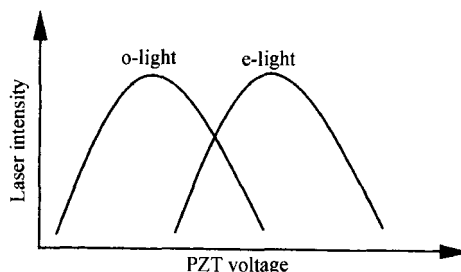


图 2 o 光和 e 光功率调谐曲线示意图

Fig. 2 The intensity tuning curves

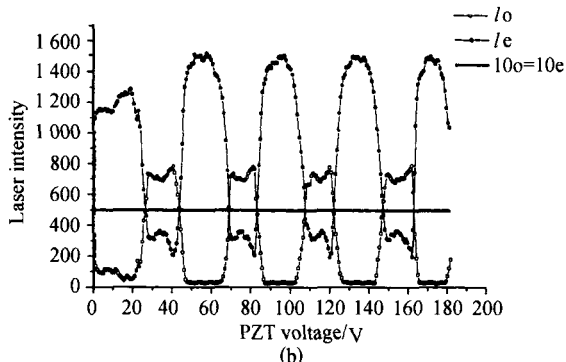
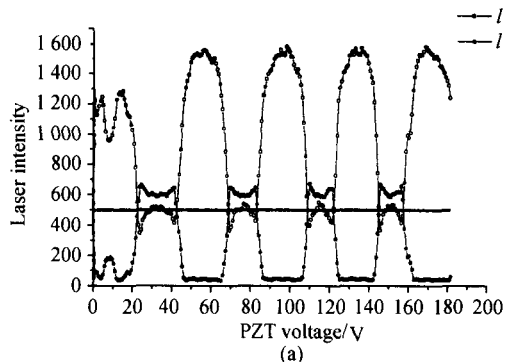


图 3 在等光强点只有 o 光和只有 e 光反馈所得曲线

Fig. 3 The feedback only o-light or e-light existed in equal intensity point

然后测量在 o 光光强较高的点只有 o 光和只有 e 光反馈时的反馈曲线,如图 4 所示。

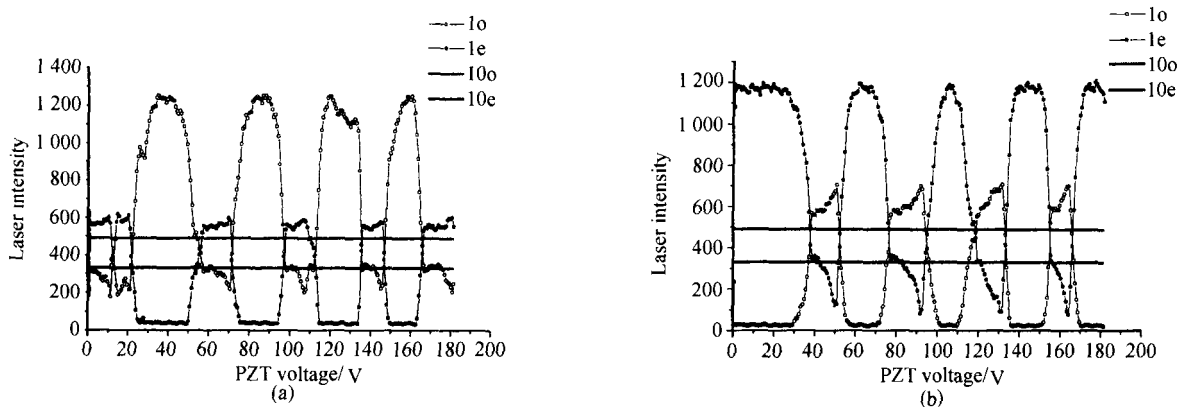


图 4 在 o 光光强较高的点只有 o 光和只有 e 光反馈所得曲线

Fig. 4 The feedback curve only o -light or e -light existed in o -light intensity is stronger than e -light

最后测量了在 e 光光强较高的点只有 o 光和只有 e 光反馈时的反馈曲线,如图 5 所示。

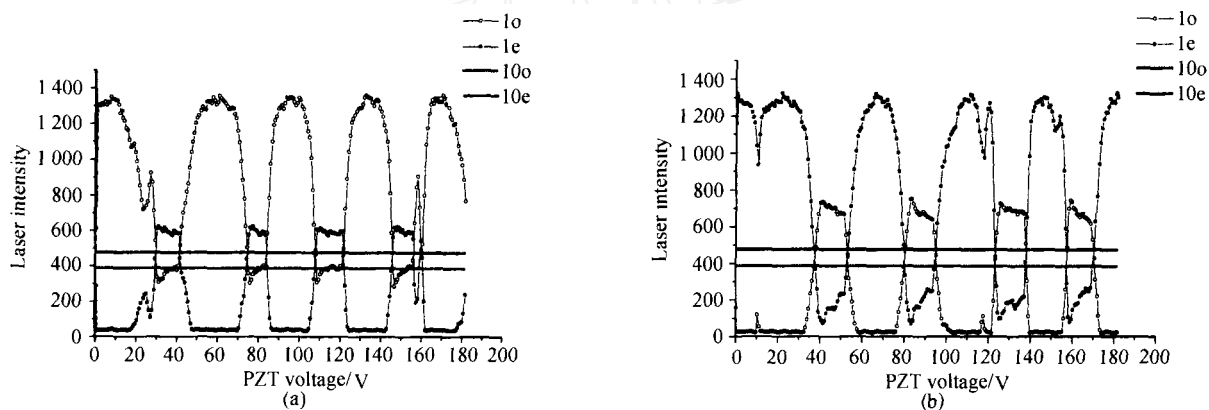


图 5 在 e 光光强较高的点只有 o 光和只有 e 光反馈所得曲线

Fig. 5 The feedback curve only o -light or e -light existed in e -light intensity is stronger than o -light

3 实验结果的分析与讨论

从图 3~5 可以看出,垂直偏振态激光中单一光反馈时,有以下特点:

1) o 光和 e 光的最大、最小值之间的互相对应。当某一个偏振态的光反馈时,在 1 个周期中,该偏振态的光就占优势而达到最大值时,它几乎抢到了所有的激发态原子,而另一个偏振态的光几乎完全受到了抑制。

2) 没有反馈的光也有一定幅值的变化量。这主要是 o 光与 e 光模竞争的结果。如果没有模竞争或者模的耦合作用,对没有被反馈的偏振光而言,它的光强应该保持常值。

3) 无论在等光强点、 o 光光强较高的点还是 e 光光强较高的点,无论是 o 光反馈或是 e 光反馈,除了总体占“优势”的是反馈的光,所得的曲线性质大体相同。这说明被反馈的光是何种偏振态并不影响模竞

争效应。

更细心的观察可发现:在等光强点、 o 光光强较高的点有 e 光光强较高的点,回馈光的最大值有所区别。在等光强点最高,在 e 光光强较高的点次之,在 o 光光强较高的点最小。这可能是功率总值在不同点大小不一样造成的。

为了与一般激光反馈实验比较,我们做了一般 He-Ne 激光反馈的实验。实验装置与图 1 不同的是去掉了 Q、S 和其中 1 个 D。在尾光输出功率为 0.1 mW 的条件下,测得的反馈曲线如图 6 所示。

比较图 3、4、5 与 6 可以看出,无论是单一垂直偏振光的反馈还是一般的光反馈,反馈曲线都是有规律的周期性变化。在等光强点,当垂直偏振光中一种光反馈时,即 o 光或 e 光反馈, o 光或 e 光的输出激光强度的幅值是 1600 左右,而一般激光反馈输出激光强度的幅值是 500~600 左右。如果能把垂直偏振光中 o 光或 e 光的反馈用于扫描显微镜,扫描显微镜的轴

向分辨率能成倍提高。

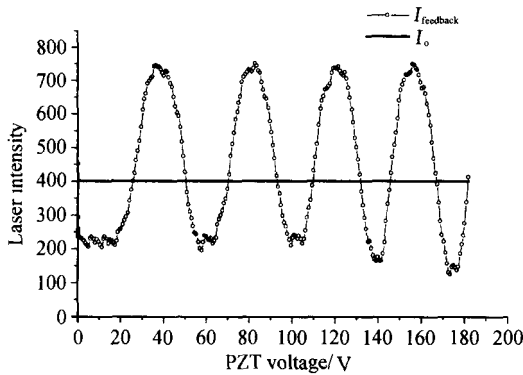


图 6 一般 He-Ne 激光的反馈曲线

Fig. 6 The ordinary feedback curve of He-Ne laser

参考文献：

[1] Pan M. Semiconductor laser dynamics subject to strong optical feedback[J]. Opt Lett, 1997, 22(3) :166-169.

[2] Spenaer P S, Shore K A. Multimode iterative analysis of the dynamic and noise properties of laser diodes subject to optical feedback[J]. Quantum Semiclass Opt, 1997, 9: 819-830.

[3] Naumenko A V, Loiko N A, Turovets S I. Controlling dynamics in external cavity laser diode with electronic impulsive delayed feedback[J]. J Opt Soc Am B. 1998, 15(2) :551-561.

[4] Shibata T, Shinohara S. Laser speckle velocimeter using self-mixing laser diode [J]. IEEE Tran Instrum Meas, 1996, 45 :499-503.

[5] Bosch T, Servagent N, Chellali R, et al. Three-dimensional object construction using a self-mixing type scanning laser range finder [J]. IEEE Tran Instrum Meas, 1998, 47(5) :1326-1329.

[6] ZHANG Yong, YAO Jian-quan, WANG Peng, et al. Study on self-mixing Interference effects in LD pumped single-mode Green Laser[J]. J. of Optoelectronics · Laser(光电子 · 激光), 2003, 14(7) :679-682. (in Chinese)

作者简介：

丁迎春 (1966 -), 女, 黑龙江人, 光学工程博士后, 副教授, 主要从事非线性光学、激光器件及激光计量方面的研究。