

各向异性双模激光器的偏振输出特性

李世芳 胡企铨 林福成
(中国科学院上海光学精密机械研究所)

提 要

本文报道了在双模 He-Ne 激光器中,引入偏振各向异性而使激光偏振输出表现为多稳行为,并对这种现象给予了定性解释。

关键词: 多稳态,各向异性,无轨起伏。

一、引 言

激光器特性的研究一直是激光物理学中的一个基本问题。这些研究包括对激光器输出的偏振、频率、模式、时间行为、以及光子统计特性等。对激光器的偏振特性来说:如果一个激光器中两个不同偏振方向的激光模其频率相同,它们之间具有很强的相互作用。这种强的相互作用,最后将导致激光饱和感生偏振输出,其偏振特性取决于激光跃迁能级的角动量,外加场或激光器其它各向异性元件的特性^[1,2]。早期大都是利用外加磁场对激光器的偏振特性进行研究^[3],也有利用偏振器从单模激光器外引入某个偏振方向的反馈来研究激光器偏振特性的报道^[4]。

近年来,在非线性光学领域中,光学多稳态是一个引人注目的课题。最近,有人研究了具有偏振特性的反馈器与被动非线性介质相互作用组成的多稳系统及其自脉动和混沌行为^[5]。作者设想,将激光器输出光反馈到激光器中,使激活介质既作为激光振荡的增益介质,又作为反馈系统中的非线性介质。并在实验上研究了这样的系统,发现它具有多稳态行为。

二、实验及结果

实验装置如图 1。激光器是一个长 20 cm 内腔式双模 He-Ne 激光器。由于外界不稳定因素,激光器的频率漂移约 2 GHz/min。激光器双模输出的总光强波动约为 5%。在没有反馈系统时,激光器处于各向同性条件下工作。已有的理论和实验都表明,这时输出两个模式为相互垂直线偏振^[3],但其总的取向不确定。为了研究不同偏振特性的

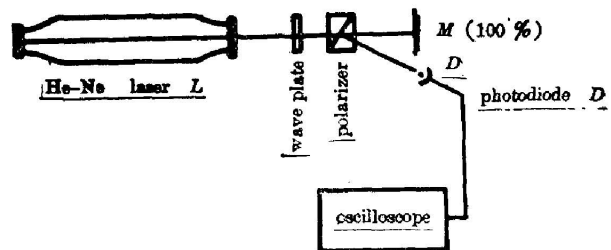


Fig. 1 Experimental setup

反馈,作者在激光器和偏振棱镜之间作了加 $1/4$ 波片或不用波片的实验,其结果是:当不加波片时,反射镜反馈的是激光输出的线偏振光,换句话说,这时,反射镜引入的是线偏振特性的各向异性。当加入 $1/4$ 波片时,反馈器引入的是圆偏振特性的各向异向。激光器输出光的偏振椭圆主轴与反馈的偏振椭圆主轴方向一致。利用偏振棱镜分离后,经光电二极管接收,然后用示波器观察。图 2 是示波器照片。拍摄这组照片时,各种实验条件不变。各种不同的波形,是在不同时间拍摄到的,这时,激光的中心频率处于增益线型中的不同位置。实验表明:外界机械振动使全反镜 M 相对于激光器 L 的位置和方向发生的改变,使态间的“跃变”有一定的周期性,其周期很短(最小可达 1 ms);而在机械振动很好地消除后,“跃变”无明显的周期,平均频率约几十 Hz 输出功率最大的态的光强值与自由运转时的总输出相近。图 2(a)、(b)、(c) 分别为具有双稳、三稳和多稳态的特征,图 2(d)、(e)、(f) 是将示波器的扫描速度减慢,而得到相应于图 2(a)、(b)、(c) 长时间特性的照片,显然,这组照片的多稳行为表现得更为明显。图 2(g) 是摄得的“态”间“跃变”的瞬态行为,从图 2(g) 中可以测得波形上升时间完全只受探测电路的响应时间限制($<10\text{ }\mu\text{s}$)。实验表明,加入 $1/4$ 波片,有相似的实验结果。

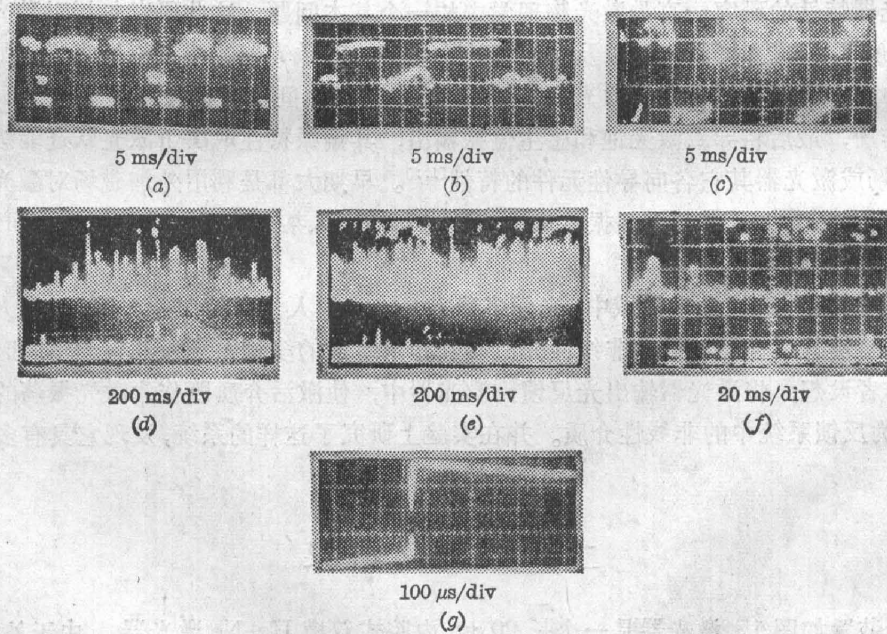


Fig. 2 Output intensity of an anisotropic laser

三、分析与解释

为了分析图 2 所示的实验结果,将图 1 所示的装置分解为两个相互耦合的等效激光器如图 3 所示。

以下两个结论对于我们的分析很重要:

(1) 由反馈器 M 引下各向异性后,激光器的两个模式必有一个偏振方向平行于损耗较

低的那个方向,即图 2 中偏振棱镜的偏振方向;这种各向异性与在激活介质中非线性相互作用的结果是:当反馈较小时,两个模的偏振方向相互垂直;当反馈较大时,两个模的偏振方向都平行于低损耗方向,这种变化具有双稳特征^[1]。

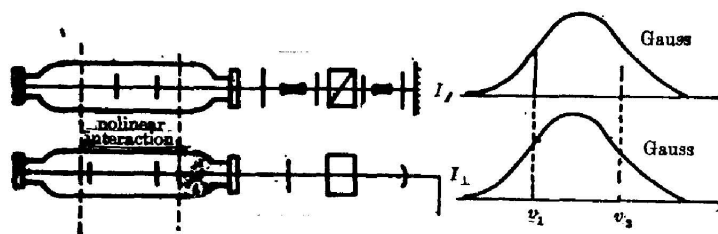


Fig. 3 The equivalent optical path

(2) Lett 和 Madel^[6]最近通过理论计算并实验证明,双向环形腔激光器中,两个方向传播的波,频率相同而与介质非线性相互作用时,具有很强的耦合;这种耦合,在起伏的影响下,某一个模的输出强度将随时间表现出随机的“开-关”形式的“跃变”。

显然,第一个现象告诉我们,当 M 的位置和方向发生微小振动时,它引起的反馈量将发生改变,从而使其中一个模的偏振方向将在与偏振棱镜“垂直”或“平行”的两个方向间发生“跃变”。这样探测器接收到一个“双稳”特征的信号。而当 M 引起的反馈较小时,图 3 中 ν_1 、 ν_2 两个模式的铅直和水平分量,其频率分别相同,从而具有 Lett 和 Madel 所提出的那种形式的“跃变”。综上所述,作者提出激光器内的偏振情况如图 4 所示的模型。并用法布里-珀罗扫描干涉仪,观察到了这种“跃变”过程。图 4 中的 (a)、(b)、(c)、(d) 之间的“跃变”都可以是 Lett 和 Madel 所提出的形式;而图 4(a)、(b)、(c)、(d) 之间的“跃变”也可以是 Lenstra 的文章中所描述的情况。

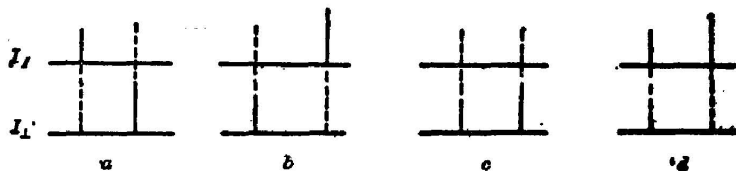


Fig. 4 Polarization of laser oscillation

此外,图 3 等效光路的水平分量自身也具有法布里-珀罗型双稳态装置的特征。如果把它看成是一个复合腔,则这个量的振荡频率将不再为原来 He-Ne 激光器的振荡频率。很显然,这个频率差与 M 的位置有关。这个频率差值的变化将决定图 3 中两个偏振方向的光在非线性和相互作用区的耦合强度。从而导致 Lenstra 所描述的那种“跃变”,这种情况下,“跃变”点的光强与只考虑各向异性时的情况不同。

参 考 文 献

- [1] D. Lenstra; *Phys. Reports*, 1980, **59**, No. 3 (Mar), 301~373.
- [2] D. Lenstra, G. C. Harman; *Physica*, 1978, **95C**, 405.
- [3] B. A. J. Keijsers; *Opt. Commun.*, 1977, **23**, No. 2 (Nov), 194~198.
- [4] H. De Lang *et al.*; *Phys. Lett.*, 1965, **19**, No. 6 (Dec), 482~484.
- [5] T. Yabuzaki, M. Kitano *et al.*; *Laser Spectroscopy VII*, (Springer Verlag, New York, 1985), 246~249.
- [6] P. Lett, P. Madel; *J. O. S. A. (B)*, 1985, **B2**, No. 10 (Oct), 1615~1625.

Features of polarized output of an anisotropic two-mode laser

LI SHIFANG, HU QIQUAN AND LIN FUCHEN

(*Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica*)

(Received 16 August 1986; revised 12 January 1987)

Abstract

It is reported that the multistability behavior can be observed in a He-Ne laser, into which a anisotropic polarized loss is introduced. This phenomenon is explained as a competition between the saturation-induced polarization preference and the anisotropism of the laser, as well as the effect of fluctuation on the modes with equal resonance frequency and different polarization directions.

Key Words: multistability state; anisotropic; irregular fluctuation.