

# 激光束的偏振性质对反射光强度的影响

张春平 李增发 商美茹

(南开大学物理系)

**提要:** 描述了内腔 He-Ne 激光器的偏振性质对反射光束强度的影响, 指出通常使用的  $45^\circ$  入射角的参考光束不能消除测量光束强度变化的影响, 而当入射角小于  $15^\circ$  时, 才能得到满意的结果。

## Effect of polarization property of the laser beam on the reflection beam intensity

Zhang Chunpin, Li Zengfa, Shang Meiru

(Department of Physics, Nankai University)

**Abstract:** The effect of polarization property of the intra-cavity He-Ne laser on the intensity of reflection beam is described. It is pointed out that reference beam of an incident angle of  $45^\circ$  is not able to eliminate the effect of intensity shift of the measuring beam. Satisfactory results can be obtained only when the incident angle of reference beam is less than  $15^\circ$ .

在许多有关激光功率的精密测量中, 通常是在光路中插入一片与光轴成  $45^\circ$  角的玻璃平板, 用它引出一束参考光束 (见图 1 所示)。然后利用归一化强度来消除激光器功率变化的影响, 或用来监视激光器功率的变化。但是这种光路结构对于某些内腔气体激光器来说基本上是起不到上述作用的, 在实验中也已发现了上述问题。下面我们就常用的多纵模内腔 He-Ne 激光器来详细讨论这个问题, 并给出改进的光路结构。

通常内腔多模 He-Ne 激光器 (6328 埃) 的相邻纵模偏振方向是相互垂直的<sup>[1]</sup>。当温度变化引起腔长改变时, 纵模的频率和它们在多普勒增益曲线上的位置也发生变化。当各个纵模扫过多普勒增益曲线时, 它们的偏

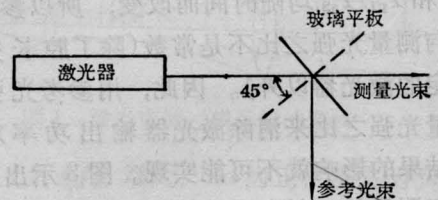


图1 具有参考光束的测量光路图

振方向将会反转<sup>[2,3]</sup>, 如图 2 所示。在输出光束中, 由于两个互相垂直的偏振成分光功率的变化接近互补, 所以总输出功率的变化不大 (约 4~5%), 但其中一个偏振成分的功率变化可达总功率的 50%<sup>[3]</sup>。激光束中互相垂直的两偏振成分强度一般是不相等的, 这与普通的单色自然光的偏振性质显然不同。

收稿日期: 1981 年 10 月 5 日。

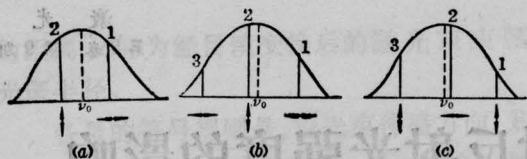


图2 各个纵模偏振方向的变化

若插入的玻璃平板与光轴成  $45^\circ$ ，并假定其中一个偏振成分  $I_p$  在入射面内偏振，另一个成分  $I_s$  垂直于入射面。由菲涅耳公式可知，在入射角为  $45^\circ$  时，互相垂直的两偏振成分的反射率  $R_s$  和  $R_p$  是不相等的。设入射光束中两偏振成分的光强分别为  $I_s$  和  $I_p$ ，反射光强（即参考光强）分别为  $I_{s1}$  和  $I_{p1}$ ，透射光强（即测量光强）分别为  $I_{s2}$  和  $I_{p2}$ 。因为反射率  $R_s$  和  $R_p$  是常数，所以，只要入射光束中  $I_s = I_p$  或二者的比值为常数，则参考光强与测量光强之比一定为常数。在自然光中， $I_s = I_p$ 。但是，在多模内腔 He-Ne 激光器中，激光束中两偏振成分的强度不相等，而且二者的比值不是常数而是随时间（随腔长）改变的。此时，参考光强与测量光强之比为

$$\frac{I_{s1} + I_{p1}}{I_{s2} + I_{p2}} = \left( \frac{I_{s1}}{I_{s2}} + \frac{I_{p1}}{I_{p2}} \right) \left( 1 + \frac{I_{p2}}{I_{s2}} \right)^{-1} \quad (1)$$

式中只有  $I_{s1}/I_{s2}$  一项为常数，其他两项  $I_{p2}/I_{s2}$  和  $I_{p1}/I_{s2}$  均随时间而改变，所以参考光强与测量光强之比不是常数（除了腔长完全稳定的激光器以外）。因此，用参考光强与测量光强之比来消除激光器输出功率对测量结果的影响就不可能实现。图3示出了我们测量的入射角为  $45^\circ$  时，测量光强与参考光强随时间变化的曲线。由图可清楚地看出二者的变化是不同步的，在包含有 2~3 个纵模的内腔 He-Ne 激光器中，上述现象非常明显。我们知道，两个互相垂直的偏振成分的偏振方向相对于激光管是基本不变的，若旋转激光器使两个偏振成分的偏振方向均与入射面成  $45^\circ$ ，这时的  $I_s$  和  $I_p$  都相当于两个相互垂直偏振的纵模在入射面内和垂直于入射面投影的迭

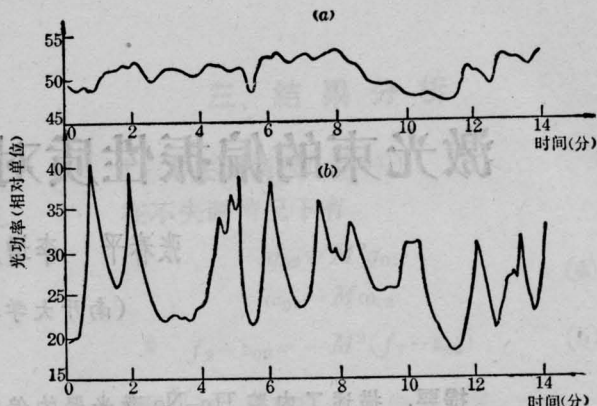


图3 入射角为  $45^\circ$  时测量光强(a)与参考光强(b)随时间的变化

加。这似乎可以得到  $I_s = I_p$  和  $I_{s1} = I_{p1}$  的结果，但由于偏振方向的自然起伏，所以并不能始终保持偏振方向与入射面成  $45^\circ$ ，也就不能保证  $(I_{s1} + I_{p1})(I_{s2} + I_{p2})^{-1}$  为常数。虽然这种情况下测量光强与参考光强的比值变化幅度要比上述的情况小些，也不能满足高精度测量的要求。

下面是一种新的光路结构，可以得到参考光强与测量光强的比值为常数。当放置玻璃平板使之与光轴的夹角小于  $15^\circ$ ，虽然两偏振成分的光强不相等 ( $I_s \neq I_p$ ,  $I_{s1} \neq I_{p1}$ ,  $I_{s2} \neq I_{p2}$ ) 或二者的比不为常数，由菲涅耳公式可推出如下的关系式

$$\frac{I_{s1}}{I_{s2}} \approx \frac{I_{p1}}{I_{p2}} = \text{常数} \quad (2)$$

$$\frac{I_{s1} + I_{p1}}{I_{s2} + I_{p2}} \approx \frac{I_{p1}}{I_{p2}} \quad (3)$$

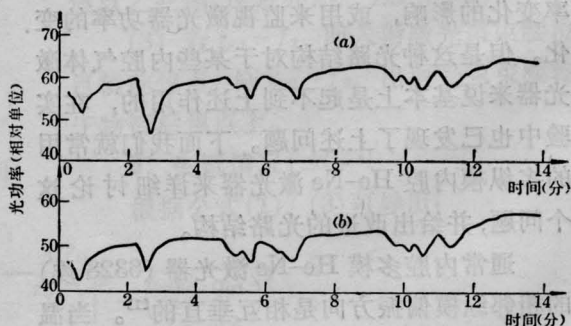


图4 入射角为  $15^\circ$  时参考光功率(b)与测量光功率(a)随时间的变化

(下转第 586 页)

6)。在这种条件下,薄膜的破坏阈值也就自然会提高了。

上面提到在自由振荡激光的作用下,  $ZrO_2/SiO_2$  膜的破坏阈值低于  $ZnS/MgF_2$ 。这主要是  $ZnS$  膜的致密性比  $ZrO_2$  膜好的缘故。在一般淀积条件下,  $ZnS$  的填充密度接近于 1<sup>[8]</sup>, 说明  $ZnS$  的结构接近大块材料, 而  $ZrO_2$  膜一般却不大于 0.8<sup>[8]</sup>, 这说明在  $ZrO_2$  膜中存在大量的缺陷和孔洞。这样, 当自由振荡激光脉冲作用在薄膜上时, 可以在足够长的脉冲时间内, 通过缺陷和孔洞, 使雪崩离化过程得到充分发展, 导致薄膜吸收数量级的增加<sup>[9]</sup>。尽管  $ZrO_2$  膜熔点比较高, 强度比较大, 但由于更高的非线性吸收抵销了它的

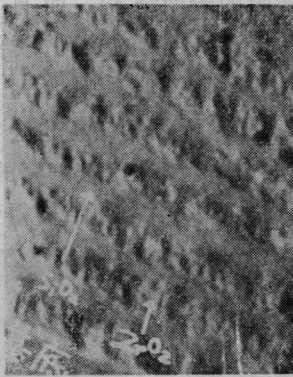


图6  $ZrO_2/SiO_2$  反射膜剖面结构  
(2000×)

(上接第 588 页)

由上面的式子可看出, 在这种情况下参考光强与测量光强之比为常数。图 4 是入射角约  $15^\circ$  时参考光功率与测量光功率随时间变化的曲线。二者的变化基本一致。

由以上的分析可得出如下结论: 在使用内腔 He-Ne 激光器 (6328 埃) 或其他有类似偏振性质的激光器时, 如果需要引出参考光束来监视激光器功率的变化或进行归一化的

这些长处, 它的破坏阈值反而比  $ZnS$  膜低。既然如此, 为什么在巨脉冲激光作用下,  $ZrO_2/SiO_2$  膜的破坏阈值又比  $ZnS/MgF_2$  膜高得多呢? 这一点需要从巨脉冲激光的特点来分析。对巨脉冲激光来说, 其脉冲宽度一般只有  $10^{-9}$  秒。但功率密度却高达  $10^9$  瓦/厘米<sup>2</sup>, 甚至更高一些。在这种条件下, 薄膜内部的大缺陷和大孔洞可能还来不及充分发挥作用, 虽然有足够的能量聚集在它上面。这样  $ZrO_2$  熔点高、强度大的优点便得到充分发挥, 表现出比  $ZnS$  膜高得多的破坏阈值。

### 参 考 文 献

- [1] A. Я. Кузнецов, И. С. Варнашева и др.; *ОМП*, 1972, №3, 39.
- [2] A. Я. Кузнецов, А. Я. Поплавский и др.; *ЖТФ*, 1970, **40**, №1, 170.
- [3] J. Beckev *et al.*; AD633554.
- [4] E. S. Bliss; *Optic Electronics*, 1971, **3**, No. 2, 99.
- [5] N. Bloembergen; *Appl. Opt.*, 1972, **12**, No. 4, 1032.
- [6] D. Milam, A. Bradbury; *Laser Focus*, 1973, No. 12, 41.
- [7] 上海光机所研究报告集, 第三集 (光学薄膜), 1976 年。
- [8] Elmar. Ritter; *Appl. Opt.*, 1976, **15**, No. 10, 2318.
- [9] B. S. Sharma; *Canad. J. Phys.*, 1970, **48**, No. 10, 1178.

功率测量时, 必须放置玻璃平板与光轴的夹角小于  $15^\circ$  时才能得到满意的结果。

### 参 考 文 献

- [1] D. Lenstra; *Physica*, 1978, **95C**, 405~411.
- [2] D. Lenstra; *Phys. Reports*, 1980, **59**, No. 3, 301~373.
- [3] East K. Hasle; *Opt. Commun.*, 1979, **31**, No. 2, 206.