

光阑尺寸对干涉条纹对比度的影响

魏燎原 吴显祥

(长春大学电子工程学院, 长春 130022)

摘要 本文讨论用 He-Ne 激光器作光源时, 光阑尺寸对干涉条纹可见度的影响。通过实验我们找到了最佳光阑的变化范围。

关键词: 光阑; 激光; 对比度

1 引言

我们知道干涉条纹可见度(对比度) $V^{[1]}$ 定义为

$$V = \frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max} + I_{min}} \quad (1)$$

式(1)中 I_{max} 和 I_{min} 分别为干涉花样(条纹)中亮条纹的最大光强和暗条纹的最小光强。由式(1)可见当 $I_{min} = 0$ 时 $V = 1$ 时干涉条纹可见度最好, 条纹十分清晰。由于在实际干涉中受各种因素的影响, 不可能获得 $V = 1$ (全对比) 的干涉条纹。

干涉条纹的可见度与两相干光波的相对强度、光源的大小和光源的单色性有密切的关系。当 $I_{min} > 80\% I_{max}$ 即两束光的振幅相差十分悬殊时, 两束光的干涉强度 < 0.02 (亮度阈), 实际上人眼已不能分辨出干涉条纹的极大值与极小值。

我们这里假定两束相干光波的振幅相等, 用 He-Ne 激光器作光源, 讨论光阑尺寸变化对干涉条纹可见度的影响。并与常用的 Hg 光源所产生的干涉进行对比, 得到一些有益的结果。

我们用 LTY-2 型棱镜透镜干涉仪测量平行玻璃薄板的微小楔角时, 发现光阑尺寸变化对测量结果影响甚大。实验发现当光阑半径开到 0.5-1mm 范围内时, Hg 光源干涉条纹可见度良好^[2]。当 Hg 灯使用一段时间后, 干涉条纹可见度显著变坏, 甚至无法进行测量。故引起我们对这一问题的探讨, 并改用 He-Ne 激光器作光源, 通过多次实验, 找到了最佳光阑尺寸的范围。它对干涉计量工作具有重要实用价值。

2 实验结果

实验过程中我们用 LTY-2 型棱镜透镜干涉仪对平行薄板玻璃的楔角进行测量。该仪器

的光路示意图如图 1。

图 1 中 1 为光源、2 为反射镜、3 为聚光镜、4 为可调光阑、5 为准直物镜、6 为分光镜、7 为参考反射镜、8 为测试反射镜、9 为观察透镜、10 为转换反射镜、11 为照像反射镜、12 为照像暗盒、13 为观察目镜。

当把仪器调整后, 观察目镜中就可看到一组清晰明亮的平行的干涉条纹。当仪器调到视场中一片均匀明亮时(即只有一个条纹充满整个视场), 将被测薄玻璃片置于光路中即可进行测量。实验结果如下, 分别把光阑半径开到 0.5、1、4、8mm 时, 得到干涉图形如图 2 中 a、b、c、d 所示。

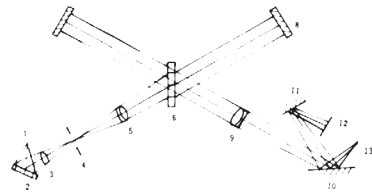


图 1 光路示意图

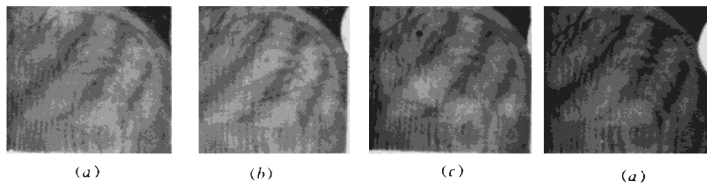


图 2 不同光阑尺寸时干涉条纹的图样

3 实验结果的讨论

(1) 从以上四组实验可见, 光阑半径从 0.5—8mm 范围内均能获得清晰的干涉条纹, 可见度均很好。这和用 Hg 光源时有明显差异, Hg 光源在光阑尺寸变化时干涉条纹可见度有明显改变, 光阑半径大于 1mm 时可见度变坏, 不能进行测量。

光阑开的大小实际上代表光源的大小。从光源(光阑上对应点)中点发出的光在观察处产生的干涉条纹与光源边缘发出的光在观察处产生的干涉条纹的位移量为 P 时, 可以证明^[3]其干涉条纹可见度为

$$V = \left| \frac{\sin P\pi}{P\pi} \right| \quad (2)$$

其中 $P = b\beta/\lambda$, 由式 (2) 可见, 可见度 V 是位移量 P 的函数, 图 3 为 V 与 P 的函数关系曲线。

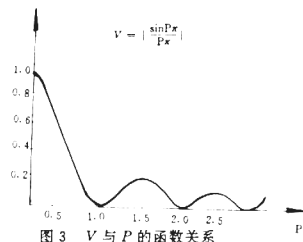


图 3 V 与 P 的函数关系

由图 3 可见当条纹的位移量 $P = 1$ 时, $V = 0$; $P = \frac{1}{2}$ 时, $V = 0.64$ 一般认为 $P > \frac{1}{2}$ 时可见度良好。由于 He-Ne 激光的相干性好, 因此在光源上很大的范围内的不同点的迭加

均能产生良好干涉条纹。

(2) He-Ne 作光源时所得到的干涉条纹可见度明显高于 Hg 光源的情况, 这是因为可见度还与光谱成分有关。

Hg 的光谱成分除 546.1nm 绿线外, 还有紫光和黄光, 在视场内有三组干涉条纹。当三组干涉条纹的相对位移相差一个干涉级次时, 三组条纹的亮级相互重合, 故能看到清楚的干涉条纹。当三组干涉条纹的相对位移相差半个级次时, 就会出现一组的亮条纹与另一组的暗条纹相重迭, 条纹变得模糊。而 He-Ne 激光在可见区只有 632.8nm 一条谱线, 不会产生明暗条纹重迭现象, 故可见度好。

(3) 我们用图 2 的照片测量干涉条纹宽度均为 $a = 0.9\text{mm}$ 附近。被测玻璃片的折射率 $n = 1.5163$, He-Ne 激光波长 $\lambda = 632.8\text{nm}$, 代入下式算得玻璃薄板的楔角 Q 为

$$Q = \frac{\lambda}{2(n-1)a} \times 206265'' = \frac{0.6328 \times 10^{-3}}{2(1.5163-1) \times 0.9} \times 206265 = 140.44'' \quad (3)$$

而 Hg 光源测得的楔角 $\theta = 149.43''$, 两者相对误差为 6%, 提高了测量精度。

由于干涉条纹的亮度提高了, 清晰度提高了, 因此测量精度相对提高了。

(4) 当我们仔细观察图 2 的干涉条纹时会发现一些不很规则的局部的干涉条纹。这是因为大多数物质的表面, 当用光的波长做尺子来衡量时是极粗糙的, 当单色光被这样的表面反射时, 在适当的位置观察到的是来自粗糙表面不同微观区域的相干组元叠加的结果^[4]。

本文实验部分曾得到王素芬同志的帮助, 谨此致谢!

参 考 文 献

- [1] 姚启钧著, 光学教程. 北京: 高等教育出版社, 1984: 25
- [2] 华东工学院编, 干涉仪讲义. 华东工学院印刷厂, 1984: 33
- [3] 梁铨廷主编, 物理光学. 北京: 机械工业出版社, 1980: 58
- [4] Olive B. M., Proc. IEEE, 1963, 51 (1): 220

Influence of Diaphragm size on Interference Fringe contrast

Wei Liaoyuan Wu Xianxiang

(*Electronics Engineering college of Changchun University, Changchun130022*)

Abstract

This paper discussed the influence of the diaphragm size on interference fringe contrast with He-Ne laser. We discovered the best diaphragm size with the help of experiment.

Key Words: Diaphragm, Laser, Contrast