

多功能薄膜干涉实验装置的应用

潘 章

(唐山学院 基础教学部, 河北 唐山 063000)

摘要:在常规实验装置的基础上设计安装了一个光具架,由此制成了一种多功能薄膜干涉实验装置。在该装置上不仅可以完成常规的牛顿环实验,还可完成劈尖干涉实验和多种扩展实验,解决了在单一薄膜干涉实验装置上只能完成一种实验的弊端。

关键词:薄膜干涉实验装置;光具架;牛顿环实验;劈尖干涉实验

中图分类号:O430.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-349X(2017)03-0009-04

DOI:10.16160/j.cnki.tsxyxb.2017.03.002

On the Application of the Interference Experimental Apparatus of Multifunctional Thin Film

PAN Zhang

(Department of Basic Science Teaching, Tangshan University, Tangshan 063000, China)

Abstract: The author of this paper has designed the multifunctional thin film interference experimental apparatus by adding an optical frame to the conventional experimental instrument, which can complete not only the conventional Newton ring experiment, but also the wedge interference experiment and a variety of expansionary experiments, thus overcoming the drawback that single film interference experimental apparatus can do only one experiment.

Key Words: thin film interference experimental device; optical frame; Newton ring experiment; wedge interference experiment

0 引言

光学薄膜是一类重要的光学元件,它广泛应用于现代光学、光电子学、光学工程等多个领域。例如,低反射膜用于望远镜、显微镜、照相机等;高反射膜用于各种干涉仪镜面等^[1-2]。薄膜干涉是扩展光源照在薄膜上产生的干涉现象,其理论内容主要涉及等倾干涉、劈尖干涉、牛顿环、迈克尔逊干涉仪等方面。薄膜干涉在“大学物理”教学中属于重要章节,其中牛顿环薄膜干涉实验是大学物理实验中较为常规的实

验,在高校中均有开设。为了能使学生更好地理解薄膜干涉,我们设计了一种多功能薄膜干涉实验装置,该装置是在原牛顿环实验装置的基础上,增加一个多功能光具架,通过在光具架的不同托架上放置透镜或者平板玻璃,形成不同的光具组合,便可以实现常规牛顿环实验、牛顿环变形结构实验、劈尖干涉实验以及测量未知液体折射率实验等。此光具架解决了在单一薄膜干涉实验装置上只能完成一种实验的弊端。

基金项目:唐山学院青年骨干教师项目

作者简介:潘章(1980—),男,河北秦皇岛人,讲师,硕士,主要从事分子动力学模拟研究。

1 薄膜干涉实验装置

1.1 常规牛顿环装置

牛顿环干涉技术是薄膜干涉中典型的应用实例^[3]。牛顿环实验是利用分振幅的方法获得相干光。常规牛顿环实验的薄膜干涉部分是由一个平凸透镜和一块圆形平板玻璃组成,在波长为 589.3 nm 的钠黄光垂直照射下,形成以接触点为中心的一圈圈明暗相间的干涉圆环,其实验装置及干涉图样见图 1。对于空气中的牛顿环实验装置,任一点位置的反射光的光程差为:

$$\Delta = 2d + \frac{\lambda}{2} = \begin{cases} k\lambda, k=1,2,3\cdots (\text{明纹}) \\ (2k+1)\frac{\lambda}{2}, k=0,1,2,3\cdots (\text{暗纹}) \end{cases} \quad (1)$$

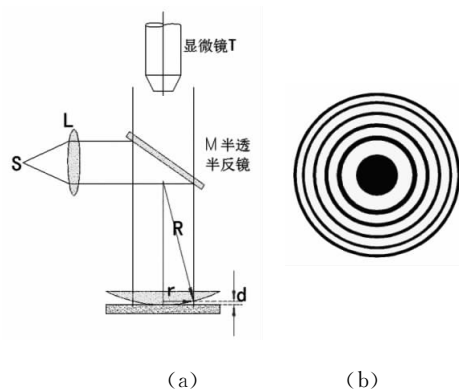


图 1 常规的牛顿环实验装置及其干涉图样

在图 1(a)中的直角三角形中,根据勾股定理可知: $r^2 = R^2 - (R-d)^2$ 。

由于薄膜厚度 d 很小,故略去上式中的 d^2 项可得:

$$r^2 = 2Rd. \quad (2)$$

将公式(1)和公式(2)联立,得牛顿环的明暗环半径公式为:

$$r = \begin{cases} \sqrt{\frac{2(k-1)R\lambda}{2}}, k=1,2,3\cdots & \text{明环半径} \\ kR\lambda, k=0,1,2,3\cdots & \text{暗环半径} \end{cases}$$

随着干涉条纹级次增加,平凸透镜与平板玻璃间的夹角增加,所以干涉条纹越来越密。

1.2 牛顿环实验的应用

利用牛顿环实验可测量平凸透镜的曲率半径、液体折射率^[4]、入射光波长;根据牛顿环的

干涉图样可以检验光学平面平整度、光洁度以及凸透镜的加工曲度等。其中检验凸透镜的加工曲度是指若加工的凸透镜曲度与要求标准有偏差时,将在加工件和标准件间形成一个很薄的空气膜,这时用平行光垂直照射,会产生圆形的干涉图样,见图 2。图 2(a)中工件加工的曲度大,则在工件和标准件的边缘位置形成空气膜;而图 2(b)中工件加工的曲度小,则在工件和标准件的中间位置形成空气膜。这两种情况均可以产生圆形干涉图样。我们可以通过在标准件上方加压的方式来区别这两种情况。加压后如果圆形干涉图样外扩,则说明是图 2(a)的情况;如果圆形干涉图样收缩,则说明是图 2(b)的情况。类似于这类非常规的牛顿环实验,周国全等^[5-6]称之为牛顿环实验中的变形结构,并对此进行了详细的讨论。

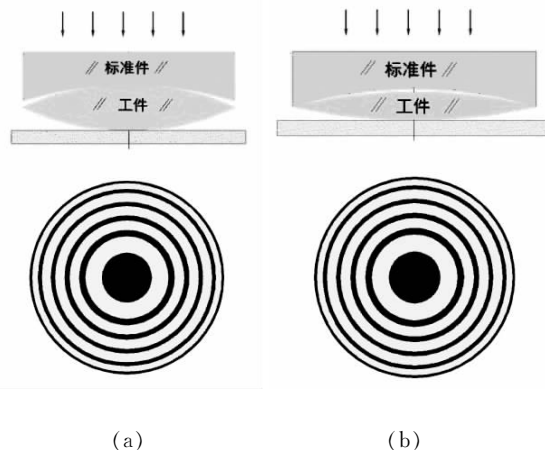


图 2 不同加工曲度工件形成的空气膜及其产生的圆形干涉图样

1.3 劈尖干涉实验装置与应用

劈尖干涉实验的薄膜干涉部分由两块平板玻璃组成,其中两端接触,另两端翘起,由此在两玻璃板间形成一薄薄的楔形空气膜,相接触的一端被称为棱边。在单色光垂直照射下,形成与棱边平行的一条条明暗相间的直条纹。对于空气中的劈尖干涉装置,任一点位置的反射光的干涉公式与公式(1)相同。劈尖干涉实验可以用来检测光学器件的平整度,测量薄膜厚度、细丝直径、液体折射率等^[7],其实验装置及干涉图样见图 3。

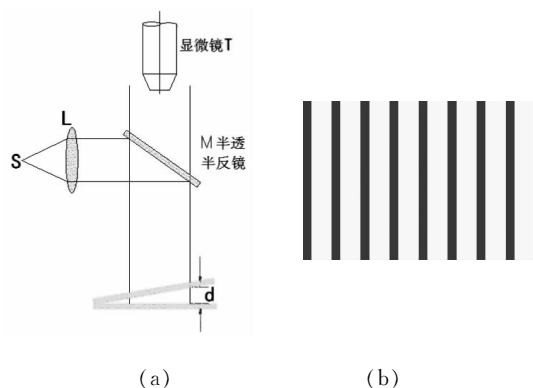


图3 劈尖干涉实验装置及其干涉图样

2 多功能光具架

2.1 光具架的结构

所设计的光具架共分为三个部分,见图4。上层托架和中间托架均为厚度为2 mm的薄板,中心预留直径5 cm的圆孔。这两部分主要用于放置凸(凹)透镜。下层托架为一个立方体框架,并在其中预留了一斜面,用于放置方形平板玻璃,斜面的角度可以根据需要进行调整。三个部分通过转轴螺栓相连,并通过螺栓调节它们之间的距离,以实现不同实验的要求。

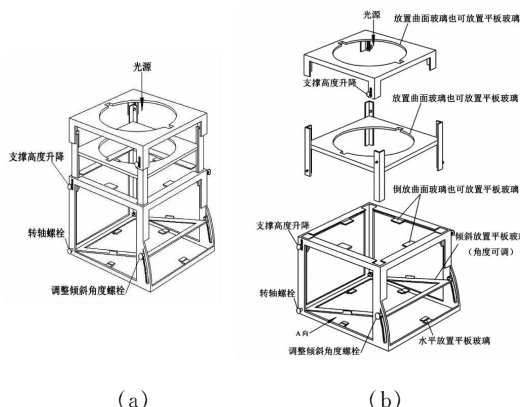


图4 光具架整体图及其分解图

2.2 光具架的功能

光具架的上层托架与中间托架放置不同的透镜和平板玻璃,可完成牛顿环的常规实验和多种牛顿环的变形结构实验。例如:在上层托架上放置平凸透镜,中间托架上放置平板玻璃,平板玻璃的直径大于预留孔的直径,通过调整这两部分间的距离就可以实现常规牛顿环实验和非接触式牛顿环实验;在上层托架和中间托架均放置上平凸透镜,则可实现平凸—平凸的

牛顿环变形结构实验;在上层托架和中间托架分别放置平凸透镜和平凹透镜,则可以实现平凸—平凹牛顿环变形结构实验。利用光具架的功能,学生们不仅可以进行常规牛顿环实验,还可以进行牛顿环变形结构实验,使他们在显微镜中观察到随着光程差的变化牛顿环条纹的外扩或收缩,帮助他们更好地理解条纹级次与光程差之间的关系。

光具架下层托架主要用于进行劈尖干涉实验,在斜面上和底面上分别放上矩形玻璃板,通过调节倾角螺栓实现改变劈尖角的功能。例如:将两个平板玻璃紧贴在一起,这时由于两玻璃板间各点的薄膜厚度 d 均为零,根据薄膜干涉公式(1)可知,两玻璃板间各点的光程差 Δ 均为 $\frac{\lambda}{2}$,故在读数显微镜中观察不到干涉条纹。通过调节倾角螺栓,使两个玻璃板间的距离逐渐增大,这样便可以逐渐地从显微镜中观察到干涉条纹,而且干涉条纹的间距逐渐减小,向着棱边方向移动。通过上述实验,可以加强学生对于光程差与干涉条纹间关系的理解,有利于学生对于薄膜干涉知识的掌握和利用。

3 结论

通过设计安装光具架,制成了一款多功能薄膜干涉装置,通过此实验装置不仅可进行常规的牛顿环实验和劈尖干涉实验,还可以进行牛顿环的变形结构实验,具有很大的实验扩展性。该实验装置的运用,有利于提高学生对于薄膜干涉相关知识的理解和运用,激发学生的学习兴趣,培养学生的创造力和观察力,同时,也有利于大学物理理论教学与实验教学的紧密结合。多功能光具架制作简单,便于操作,具有较高的推广和应用价值。

参考文献:

- [1] 范正修. 光学薄膜及其进展[J]. 光学学报, 2011, 31(9): 0900131.
- [2] 马文蔚, 苏惠惠, 陈鹤鸣. 物理学原理在工程技术中的应用[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004: 227-229.

- [3] 童元伟,顾铮,卜胜利. 牛顿环与等倾干涉教学中的一点体会[J]. 大学物理,2013,32(12):34-36.
- [4] 曾凡光,富笑男. 用等厚干涉测定液体折射率[J]. 大学物理,1997,16(5):24-25.
- [5] 周国全. 牛顿环干涉装置的若干变异结构[J]. 武汉水利电力大学学报,2000,33(5):110-112.
- [6] 周国全,郭长明. 再论牛顿环干涉装置的若干变异结构[J]. 武汉大学学报:理学版,2005,51(1):51-54.
- [7] 张瑛,卢杰,杨枫. 用等厚干涉测液体的折射率[J]. 大学物理,2005,24(2):44-45.

(责任编辑:李秀荣)

(上接第 8 页)

- [21] Wang H Q, Chen B, Liu K F, et al. Adaptive neural tracking control for a class of nonstrict-feedback stochastic nonlinear systems with unknown backlash-like hysteresis[J]. IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems,2014,25(5):947-958.
- [22] Su C Y, Oya M, Hong H. Stable adaptive fuzzy control of nonlinear systems preceded by unknown backlash-like hysteresis[J]. IEEE Transactions on Fuzzy Systems,2003,11(1):1-8.
- [23] Su C Y, Stepanenko Y, Svoboda J, et al. Robust adaptive control of a class of nonlinear systems with unknown backlash-like hysteresis[J]. IEEE Transactions on Automatic Control,2000,45(12):2427-2432.
- [24] Kurdila A J, Narcowich F J, Ward J D. Persistency of excitation in identification using radial basis function approximants[J]. SIAM Journal on Control and Optimization,1995,33(2):625-642.
- [25] Ploycarpou M M, Ioannou P A. A robust adaptive nonlinear control design [J]. Automatica,1996,32(3):423-427.
- [26] Sanner R M, Slotine J E. Gaussian networks for direct adaptive control [J]. IEEE Transactions on Neural Networks,1992,3(6):837-863.

(责任编辑:夏玉玲)