

干涉条纹移动的偏振法

Г. И. Боровков

张 福 厚

(苏联白俄罗斯大学)

(山东工业大学物理教研室, 济南 250014)

提 要

本文根据二个椭圆偏振光场进行的理论分析, 着重讨论了二个相互正交的圆偏振光(左旋和右旋)场和一个椭圆偏振光与线偏振光场的特点, 以此为基础讨论了干涉条纹移动的偏振法。

关键词: 椭圆偏振光, 干涉。

众所周知, 通过马赫-陈德尔干涉仪一臂中插入的劈尖步进方法能使干涉条纹移动, 其缺点是: (1)要求高质量的劈尖; (2)在劈尖步进时, 难于保证测量的精度; (3)由于劈尖几何尺寸的限制, 扫描条纹的数量受到限制。干涉条纹移动的偏振法将克服上述的缺点。作者曾从理论上进行分析^[1]。所得的结论可以作为采用干涉条纹移动的偏振法各种方案的理论依据。本文对马赫-陈德尔干涉仪中各种偏振场的分析和实验验证, 证明了这一结论的正确性。

1. 理论

在马赫-陈德尔干涉仪的两个椭圆偏振光的干涉场中, 其干涉条纹强度的分布规律为^[1, 2]

$$\left. \begin{aligned}
 I &= I_0 + I_n + \sqrt{I_0 I_n} \cos(\Delta + \phi), \\
 I_0 &= (A^2/2) [1 + \cos 2\varepsilon_0 \cos 2(\beta - \theta_0)], \\
 I_n &= (A^2/2) [1 + \cos 2\varepsilon \cos 2(\beta - \theta)], \\
 \phi &= \tan^{-1}[e_0 \tan(\theta - \beta)] + \tan^{-1}[e \tan(\beta - \theta_0)],
 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

式中 $e_0 = \tan \varepsilon_0$, $e = \tan \varepsilon$, θ_0, θ 为相应两个椭圆偏振光的方位角, $\varepsilon_0, \varepsilon$ 为相应的两个椭圆偏振光的椭圆率角, Δ 为两个椭圆偏振光的位相差, β 为检偏器的偏振化方向与坐标轴的夹角, A 为光波的振幅。

(1) 二个相互正交的圆偏振光(左旋和右旋)

若 $\varepsilon_0 = -\pi/4$, $\varepsilon = \pi/4$, 且 $\theta = (\pi/2) + \theta_0$, $\theta_0 = 0$, 则两个椭圆偏振光成为两个相互正交的圆偏振光。由(1)式可得

$$I = A^2 + A^2 \cos[(\pi/2) + \Delta - 2\beta]. \quad (2)$$

干涉条纹最大值的条件

$$(\pi/2) + \Delta - 2\beta = 2k\pi. \quad (k=0, 1, 2, 3, \dots) \quad (3)$$

条纹数 N 为

$$N = [(\Delta - 2\beta)/2\pi]. \quad (4)$$

条纹的变化率为

$$(dN/d\beta) = -(1/\pi) = \text{常数}. \quad (5)$$

这样的干涉场特点是条纹的背景强度呈均匀分布,且条纹的对比度最大并等于1。当 β 均匀变化时,即检偏器匀速转动时,干涉条纹均匀移动,条纹的移动方向与检偏器的转动方向(β 的符号)有关,故称此法为干涉条纹移动的偏振法。

(2) 一个椭圆偏振光和一个线偏振光

对于线偏振光 $\varepsilon_0=0$,若仍满足 $\theta_0=0$, $\theta=(\pi/2)+\theta_0$ 的条件,则由(1)式可得

$$\left. \begin{aligned} I &= I_0 + I_n + \sqrt{I_0 I_n} \cos(\Delta + \phi'), \\ I_0 &= 1 + \cos 2\beta, \\ I_n &= 1 + \cos 2\varepsilon \cos 2[\beta - (\pi/2)], \\ \phi' &= \tan^{-1}\{e \tan [(\pi/2) - \beta]\}. \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

干涉条纹最大值的条件

$$\Delta + \phi' = 2k\pi, \quad (k=0, 1, 2, 3\cdots) \quad (7)$$

条纹数 N 为

$$N = (\Delta/2\pi), \quad (8)$$

条纹变化率为

$$dN/d\beta = \frac{1}{\{1 + e \tan [(\pi/2) - \beta]\}^2 \cos^2 [(\pi/2) - \beta]} \neq \text{常数}. \quad (9)$$

这样的干涉场的特点由于背景含有偏振信息,影响干涉条纹的清晰度,且对比度随 β 而变,并且条纹的间距也发生变化。此时由(8)式可见,干涉条纹的移动方向决定于所研究光波电矢量的旋转方向(e 的符号)。在一定的方位角的条件下,对于左旋或者右旋椭圆偏振光,其干涉条纹沿相反方向移动。于是,可以确定电矢量的旋转方向^[3]。

对于干涉条纹移动的偏振法,采用两个相互正交的圆偏振光作为实验方案,可以获得最佳的效果。

2. 实验

(3) 式的干涉条纹的匀速移动实验验证在防震台上进行,其光路图如图1所示。主要实验步骤如下:利用线偏振光将干涉仪调制出给定周期和取向的有限宽条纹,放入 $1/4$ 波片分别在两个光路中调制出圆偏振光,利用检偏器的转动检验圆偏振光,此时,有限宽条纹消失。依靠将两个圆偏振光引到同一个平面并重合的方法,则在屏幕上重新显示出原来的干涉条纹。若将研究的物体8放入光路,将出现弯曲的条纹,否则出现原来的直条纹。检偏器沿相反方向转动,在屏幕上观察到干涉条纹沿两个相反方向移动(β 增大; β 减少)*。

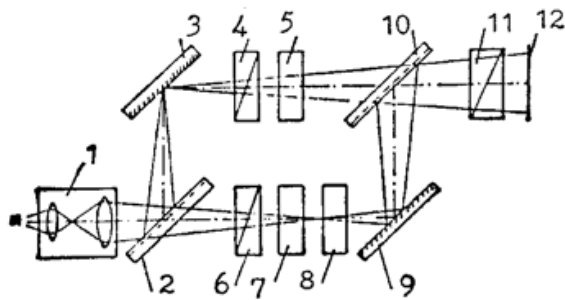


Fig. 1 Schematic diagram of the experimental set-up:

1—collimator, 2, 10—beam splitter, 3, 9—reflector, 4, 6—polarizing filter, 5, 7— $1/4$ wave plate, 8—object, 11—analyser, 12—projection screen

在屏幕上观察到干涉条纹沿两个相反方向移动(β 增大; β 减少)*。

* (9)式的验证见文献[3]。

参 文 考 献

- [1] 张福厚, Г. И. Боровков; «山东工业大学学报», 1989, 19, No. 3, 86.
- [2] Р. Аззам, Н. Башара; *Эллипсометрия и поляризованный свет*.—м.: мир, 1981, — 44., 584С.
- [3] Г. И. Боровков; *Определение направления вращения электрического вектора эллиптически поляризованного света интерференционным методом/Вестн. Белорусского унта. Сер. I: Физ. мат. мех.*, 1987, № 3, С. 23 (аналог)

Polarization method of moving interference fringes

G. I. BOROVKOV

(Byelorussian University, USSR)

ZHANG FUHOU

*(Shandong Polytechnical University Section of Physics, Jinan 250014)**(Received 2 July 1990; revised 4 February 1991)***Abstract**

Based on the theoretical analysis of two elliptically polarized light fields, the features of two elliptically polarized light fields which orthogonalized each other (levorotation and dextrorotation) and a circular polarization and a linear polarization light field are discussed. Polarization method for moving interference fringes is introduced.

Key words: elliptically polarized, interference.