

新型偏振干涉成像光谱仪中格兰-泰勒棱镜 像质分析与评价^{*}

吴海英¹⁾ 张淳民¹⁾ 赵葆常²⁾

1) 西安交通大学理学院, 西安 710049)

2) 中国科学院西安光学精密机械研究所空间光学实验室, 西安 710068)

(2007 年 10 月 17 日收到, 2007 年 11 月 20 日收到修改稿)

阐述了自行研制的新型偏振干涉成像光谱仪中重要偏光器件格兰-泰勒棱镜的分光机理, 应用光线追迹法分析计算了光在格兰-泰勒棱镜中的传播规律与光线轨迹, 推导出了任意角度入射时光线在棱镜中的传播方向及出射点坐标, 给出了格兰-泰勒棱镜的像点位移和色差理论计算公式. 该研究对晶体器件像质的分析计算及评价具有普遍的指导意义, 为新型偏振干涉成像光谱技术的研究以及偏振干涉成像光谱仪的研制提供了重要的理论依据.

关键词: 偏振干涉成像光谱仪, 格兰-泰勒棱镜, 像点位移, 色差

PACC: 4215D, 4230, 0765

1. 引言

自 1808 年马吕斯发现光的偏振现象, 偏振光技术经过多年的发展, 已成为光信息处理技术中一种专门化和系统化的手段, 其相对应的偏光器件性能和成像机理的研究也成为学者们跟踪的热点^[1]. 20 世纪 90 年代中期, 国际上出现了偏振干涉成像光谱技术. 2000 年, 张淳民等人^[2-21]提出了一种新型的基于双折射晶体 Savart 偏光镜的稳态偏振干涉成像光谱仪 (static polarization interference imaging spectrometer, SPIIS) 和稳态大视场偏振干涉成像光谱仪 (static large field of view polarization interference imaging spectrometer, SWPIIS). 该仪器取掉了色散型和空间调制型成像光谱仪中的狭缝, 无运动部件, 具有稳态、高通量、高探测灵敏度和高分辨率等显著特点.

格兰-泰勒棱镜是该新型偏振干涉成像光谱仪中的重要偏光器件, 它由天然方解石制作而成, 在较宽的光谱区(230—2800 nm)具有理想的最大折射率和较高的透射比以及较强的抗光损伤能力. 这种棱镜的吸收和散射均低于 1%, 消光比优于 10^{-5} , 具有优良的光学性能和较大的偏振度, 是国防、科研和教

学设备中获得偏振光不可缺少的重要偏光元器件.

格兰-泰勒棱镜的优良光学性能和广泛的应用, 使得它的研究一直是偏光技术中的一个重点. 国外相关的理论研究和工艺技术很少见有报道, 国内的曲阜师范大学激光研究所对格兰-泰勒棱镜的理论和制作工艺的研究较为深入^[22-27], 但对棱镜中的光线传播轨迹和像质的研究, 目前尚未见报道, 而这些方面的研究对于新型偏振干涉成像光谱仪的设计和应用有着重要的参考价值.

2. 光线在格兰-泰勒棱镜中的传播轨迹

格兰-泰勒棱镜是由两块冰洲石晶体直角棱镜构成, 这两块棱镜完全相同, 两切割面之间保持一定的空气隙. 第一块起偏光分束的作用, 光线垂直入射到晶体切割斜面上时, o 光被全反射, e 光保持原来的入射方向, 从第二块棱镜端面射出.

下面我们应用光线追迹法推导出格兰-泰勒棱镜中的光线传播路径^[28-32]. 图 1 所示为光在格兰-泰勒棱镜中的传播规律. o 光在切割斜面上被全反射, 因此, 以下的计算和分析都只考虑 e 光的情况.

设光线从各向同性介质以角 i 入射到棱镜中,

^{*} 国家自然科学基金重点项目(批准号: 40537031), 国家高技术研究发展计划(863)项目(批准号: 2006AA12Z152), 国防基础科研项目(批准号: A1420080187), 国家自然科学基金(批准号: 40375010, 60278019), 陕西省科技计划攻关项目(批准号: 2001K06-G12, 2005K04-G18) 和西安交通大学“985”二期电子信息平台资助的课题.

光线 os 折射角为 r , 波矢 ok 的折射角为 θ_e , x 轴为棱镜界面法线方向, z 轴为棱镜光轴方向, xoz 面为主截面, 入射面和棱镜主截面之间的夹角为 ω . 由文献 [31] 可知 e 光波矢方向可以表示为

$$\mathbf{k} = (\cos\theta_e, \sin\omega\sin\theta_e, \cos\omega\sin\theta_e),$$

波矢和光轴的夹角为 θ , 满足

$$\cos\theta = \cos\omega\sin\theta_e, \tag{1}$$

$$n_i\sin i = n'_e(\theta)\sin\theta_e, \tag{2}$$

$$n'_e(\theta) = \frac{n_o n_e}{\sqrt{n_e^2 \cos^2\theta + n_o^2 \sin^2\theta}}, \tag{3}$$

$$\tan\xi = \frac{n_o^2}{n_e^2} \tan\theta, \tag{4}$$

其中 n_i 为各向同性介质的折射率, n_o, n_e 为晶体的主折射率, $n'_e(\theta)$ 为 e 光波矢折射率, ξ 为光线方向和光轴之间的夹角.

由 (1)–(3) 式可得

$$\tan\theta_e = \frac{n_o n_i \sin i}{\sqrt{n_o^2 n_e^2 - n_o^2 n_i^2 \sin^2 i - (n_e^2 - n_o^2) n_i^2 \sin^2 i \cos^2 \omega}}. \tag{5}$$

由图 1 可知棱镜的光轴方向为 $\mathbf{w} = (0, 0, 1)$, 它与 e 光波矢、光线方向满足关系式

$$\mathbf{s} = \eta\mathbf{k} + \lambda\mathbf{w}, \tag{6}$$

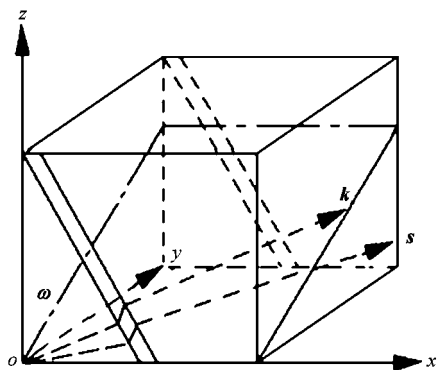


图 1 格兰-泰勒棱镜中的光线追迹

又有 $\mathbf{s} \cdot \mathbf{w} = \cos\xi$, $|\mathbf{s}| = 1$, $\mathbf{k} \cdot \mathbf{w} = \cos\theta$, 因此光线方向为

$$\sin i' = \sqrt{\sin^2\omega\sin^2\theta_e + (\cos\theta_e\sin\alpha - \cos\omega\sin\theta_e\cos\alpha)^2}, \tag{14}$$

由 (11)–(14) 式可知空气隙中的光线方程为

$$\frac{x - x_A}{\cos\theta'} = \frac{y - y_A}{\sin\omega\sin\theta'} = \frac{z - z_A}{\cos\omega\sin\theta'}. \tag{15}$$

$$\mathbf{s} = \eta\cos\theta_e\mathbf{e}_x + \eta\sin\omega\sin\theta_e\mathbf{e}_y + (\eta\cos\omega\sin\theta_e + \lambda)\mathbf{e}_z, \tag{7}$$

其中

$$\eta = \frac{n_o^2 \cos\xi}{n_e^2 \cos\theta},$$

$$\lambda = \left(1 - \frac{n_o^2}{n_e^2}\right) \cos\xi. \tag{8}$$

1) 折射光线与棱镜中第一个斜面交点为 A

光线经过原点, 则由 (7) 式知第一块棱镜中的光线方程为

$$\frac{x}{s_x} = \frac{y}{s_y} = \frac{z}{s_z}. \tag{9}$$

已知第一个斜面法线方向为 $\mathbf{n} = (\cos\alpha, 0, \sin\alpha)$, 其中 α 为棱镜结构角. 斜面上有一点为 $P_1\left(\frac{t}{2}, 0, 0\right)$, 设 $P(x, y, z)$ 为斜面内任意一点, 则可得斜面方程为

$$x\cot\alpha + z - \frac{t}{2}\cot\alpha = 0. \tag{10}$$

由 (9) 和 (10) 式即可求得 A 点坐标

$$x_A = \frac{\frac{t}{2}\cot\alpha}{\cot\alpha + \frac{n_e^2}{n_o^2}\cos\omega\tan\theta_e},$$

$$y_A = \frac{\frac{t}{2}\cot\alpha\sin\omega\tan\theta_e}{\cot\alpha + \frac{n_e^2}{n_o^2}\cos\omega\tan\theta_e}, \tag{11}$$

$$z_A = \frac{\frac{t}{2}\frac{n_e^2}{n_o^2}\cot\alpha\cos\omega\tan\theta_e}{\cot\alpha + \frac{n_e^2}{n_o^2}\cos\omega\tan\theta_e}.$$

2) 光线穿过空气隙与第二个斜面的交点为 B

设波矢在第一个斜面上的入射角为 i' , 在空气隙中的折射角为 θ' , 则可知空气隙中的光线方向为

$$\mathbf{s}' = (\cos\theta', \sin\omega\sin\theta', \cos\omega\sin\theta'), \tag{12}$$

波矢在入射面内满足拓展的折射定律

$$n'_e(\theta)\sin i' = \sin\theta', \tag{13}$$

由几何关系知 $|\mathbf{k} \times \mathbf{n}| = \sin i'$, 则

同理又知第二斜面的方程:

$$x\cot\alpha + z - \left(\frac{t}{2} + l\right)\cot\alpha = 0, \tag{16}$$

则 B 点坐标为

$$\begin{aligned} x_B &= \frac{x_A \cos \omega \tan \theta' - z_A + \left(\frac{t}{2} + l\right) \cot \alpha}{\cot \alpha + \cos \omega \tan \theta'}, \\ y_B &= y_A + (x_B - x_A) \sin \omega \tan \theta', \\ z_B &= z_A + (x_B - x_A) \cos \omega \tan \theta'. \end{aligned} \quad (17)$$

3) 光线在第二块棱镜中的方向与第一块棱镜中光线方向平行, 它与出射面 $x = t + l$ 的交点为 C

交点 C 的坐标为

$$\begin{aligned} x_C &= t + l, \\ y_C &= y_B + (x_C - x_B) \sin \omega \tan \theta_e, \\ z_C &= z_A + \frac{n_e^2}{n_o^2} (x_C - x_B) \cos \omega \tan \theta_e. \end{aligned} \quad (18)$$

4) 出射光线 (与入射光线平行) 的方程

$$\frac{x - x_C}{\cos i} = \frac{y - y_C}{\sin \omega \sin i} = \frac{z - z_C}{\cos \omega \sin i}, \quad (19)$$

同理, 可以得到在与主界面夹角为 ω 的入射面内, 与入射光线关于 x 轴对称入射的另外一条光线的出射方程为

$$\frac{x - x'_C}{\cos i} = \frac{y - y'_C}{-\sin \omega \sin i} = \frac{z - z'_C}{-\cos \omega \sin i}, \quad (20)$$

$$\sin \theta'' = n'_e(\theta) \sqrt{\sin^2 \omega \sin^2 \theta_e + (\cos \theta_e \sin \alpha + \cos \omega \sin \theta_e \cos \alpha)^2}. \quad (24)$$

由 (19) 和 (20) 式可以得到两条出射光线的交点 (即像点) 坐标为

$$\begin{aligned} x &= t + l + \frac{(y'_C - y_C) \cos i}{2 \sin \omega \sin i}, \\ y &= \frac{y'_C + y_C}{2}, \\ z &= \frac{z'_C + z_C}{2}. \end{aligned} \quad (25)$$

3. 格兰-泰勒棱镜中成像规律的分析

棱镜中像点的轴向位移、侧向位移以及不同波长光入射时棱镜色散引起的轴向色差、垂轴色差都是检验棱镜成像质量的重要指标。下面我们由上节的推导对格兰-泰勒棱镜中的这些量进行计算和分析。

3.1. 像点的偏移量

1) 轴向位移——像点在 x 轴方向上的位移

其中

$$\begin{aligned} x'_C &= t + l, \\ y'_C &= y'_B - (x'_C - x'_B) \sin \omega \tan \theta_e, \\ z'_C &= z'_B - \frac{n_e^2}{n_o^2} (x'_C - x'_B) \cos \omega \tan \theta_e; \end{aligned} \quad (21)$$

$$\begin{aligned} x'_B &= \frac{x'_A \cos \omega \tan \theta'' - z'_A + \left(\frac{t}{2} + l\right) \cot \alpha}{\cot \alpha + \cos \omega \tan \theta''}, \\ y'_B &= y'_A + (x'_B - x'_A) \sin \omega \tan \theta'', \\ z'_B &= z'_A + (x'_B - x'_A) \cos \omega \tan \theta''; \end{aligned} \quad (22)$$

$$\begin{aligned} x'_A &= \frac{\frac{t}{2} \cot \alpha}{\cot \alpha - \frac{n_e^2}{n_o^2} \cos \omega \tan \theta_e}, \\ y'_A &= \frac{-\frac{t}{2} \cot \alpha \sin \omega \tan \theta_e}{\cot \alpha - \frac{n_e^2}{n_o^2} \cos \omega \tan \theta_e}, \end{aligned} \quad (23)$$

$$z'_A = \frac{-\frac{t}{2} \frac{n_e^2}{n_o^2} \cot \alpha \cos \omega \tan \theta_e}{\cot \alpha - \frac{n_e^2}{n_o^2} \cos \omega \tan \theta_e};$$

$$\delta L = x = t + l + \frac{(y'_C - y_C) \cos i}{2 \sin \omega \sin i}. \quad (26)$$

2) 侧向位移——像点到 x 轴之间的距离

$$\begin{aligned} \delta L' &= \sqrt{y^2 + z^2} \\ &= \frac{1}{2} \sqrt{(y'_C + y_C)^2 + (z'_C + z_C)^2}. \end{aligned} \quad (27)$$

3.2. 棱镜色散引起的色差

一般用波长分别为 $\lambda_1 = 486.13 \text{ nm}$ 和 $\lambda_2 = 656.28 \text{ nm}$ 的光来求色差。

1) 轴向色差—— x 轴方向上的色差

$$\begin{aligned} \Delta L &= \frac{[y'_C(\lambda_1) - y_C(\lambda_1)] \cos i}{2 \sin \omega \sin i} \\ &\quad - \frac{[y'_C(\lambda_2) - y_C(\lambda_2)] \cos i}{2 \sin \omega \sin i}. \end{aligned} \quad (28)$$

2) 垂轴色差——垂直于 x 轴方向上的色差

$$\Delta L' = \frac{1}{2} \sqrt{[y'_c(\lambda_1) + y_c(\lambda_1)]^2 + [z'_c(\lambda_1) + z_c(\lambda_1)]^2} - \frac{1}{2} \sqrt{[y'_c(\lambda_2) + y_c(\lambda_2)]^2 + [z'_c(\lambda_2) + z_c(\lambda_2)]^2}. \quad (29)$$

此时,可以根据实验数据采用计算机拟合得到方解石晶体中 410—960 nm 波段范围内光线的色散曲线,如图 2 和 3 所示.

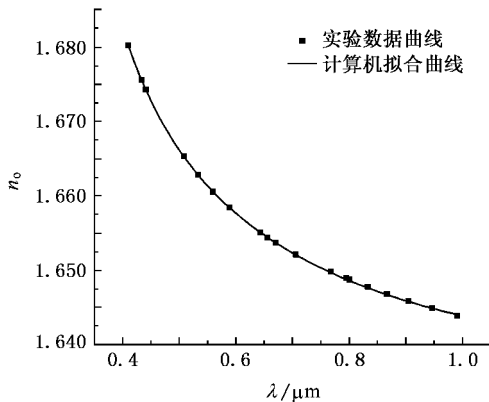


图 2 n_o 的色散曲线

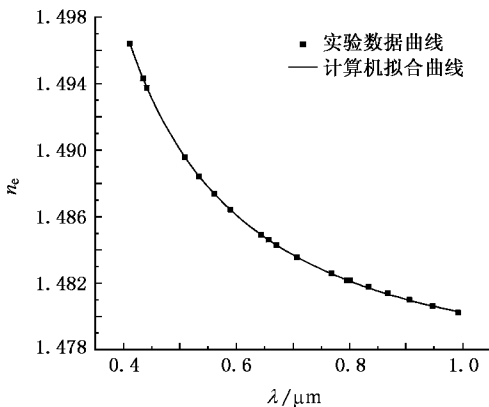


图 3 n_e 的色散曲线

方解石晶体的色散方程为

$$n_o(\lambda) = y_0 + A_1 \exp(-\lambda/t_1) + A_2 \exp(-\lambda/t_2) + A_3 \exp(-\lambda/t_3), \quad (30)$$

$$n_e(\lambda) = y'_0 + A'_1 \exp(-\lambda/t'_1) + A'_2 \exp(-\lambda/t'_2) + A'_3 \exp(-\lambda/t'_3), \quad (31)$$

其中各项系数分别为 $y_0 = 1.63799$, $A_1 = 0.04973$, $A_2 = 0.005942$, $A_3 = 2.15725$, $t_1 = 0.33309$, $t_2 = 0.34963$, $t_3 = 0.07521$; $y'_0 = 1.47808$, $A'_1 = 0.4804$, $A'_2 = 0.04567$, $A'_3 = 0.00829$, $t'_1 = 0.08932$, $t'_2 = 0.32667$, $t'_3 = 0.14033$.

由以上的计算和分析,可以看出,不管是像点位移还是色差,都和棱镜的厚度、结构角以及空气隙的厚度有着直接的关系,因此,应该在保证易于工艺加工的条件下尽量将棱镜加工成薄片状,以期减小其位移和像差.另外,单轴晶体方解石折射率随波长而改变的色散性质直接影响到棱镜的像差,选用不同波长的光线,将会产生不同程度的色差.格兰-泰勒棱镜的像差主要为色差,主要从棱镜厚度和不同波长入射光在棱镜中折射率不同着手来减小色差.

4. 新型偏振成像光谱仪中格兰-泰勒棱镜的像质分析

新型偏振干涉成像光谱仪中我们自行设计的格兰-泰勒棱镜参数为:结构角 39.6° ,通光面尺寸 $30 \text{ mm} \times 30 \text{ mm}$,厚度为 25 mm ,空气隙厚度为 $15 \mu\text{m}$,视场角为 7° ,入射角范围为 0° — 3.5° ,采用的光线波长范围为 410 — 960 nm .图 4 为未组合的两块方解石三角棱镜,图 5 为组合后的格兰-泰勒棱镜.

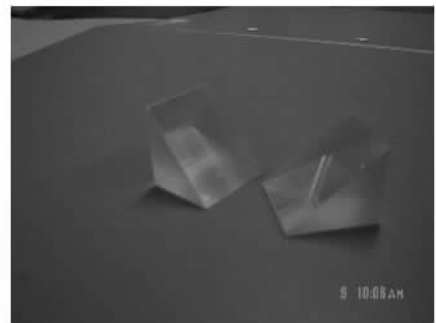


图 4 未组合的两块方解石三角棱镜

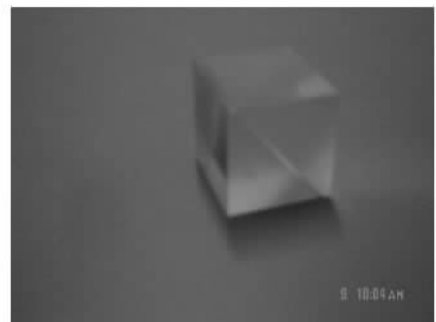


图 5 组合后的格兰-泰勒棱镜

4.1. 像点的偏移量

图 6 是入射面与主截面的夹角为 $\pi/2$ 时轴向位移随入射角的变化曲线,可知在同一入射面内轴向位移随着入射角的增大而增加,位移范围为 $8.142 \times 10^3 - 8.159 \times 10^3 \mu\text{m}$. 图 7 是入射角为 3.5° 时轴向位移随入射面方位角的变化曲线,此时轴向位移随 ω 的增加在 $6.992 \times 10^3 - 8.159 \times 10^3 \mu\text{m}$ 范围内逐渐增加.

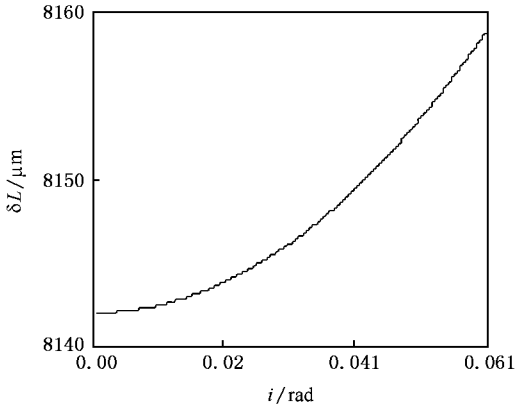


图 6 轴向位移随入射角的变化曲线

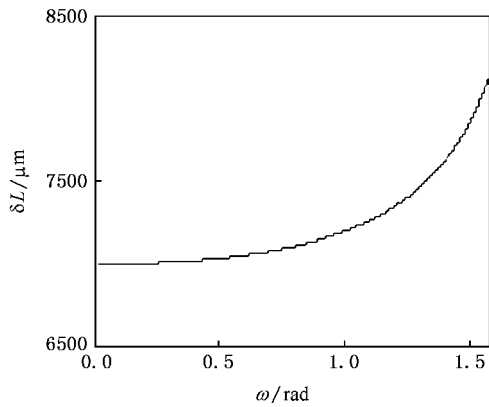


图 7 轴向位移随入射面方位角的变化曲线

图 8 表明 $\omega = \pi/2$ 时,侧向位移随入射角增加而增加,变化范围为 $44.58 - 45.128 \mu\text{m}$. 图 9 表明 $i = 3.5^\circ$ 时侧向位移随入射面方位角的增加而减小,其范围为 $44.128 - 77.637 \mu\text{m}$.

由此可知 格兰-泰勒棱镜的像点位移主要是轴向位移,根据需要调节(26)式中的各个参数就可以有效控制像点的位置,这对光学系统的精确成像非常重要,侧向位移的大小直接决定了棱镜中光束偏离光学主轴的大小,因此要保证侧向位移不能太大,以避免光束外溢影响成像质量.

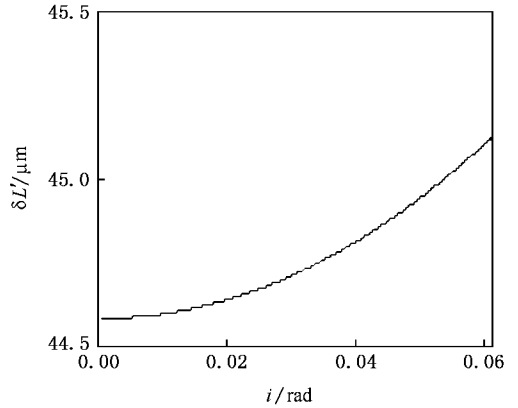


图 8 侧向位移随入射角的变化曲线

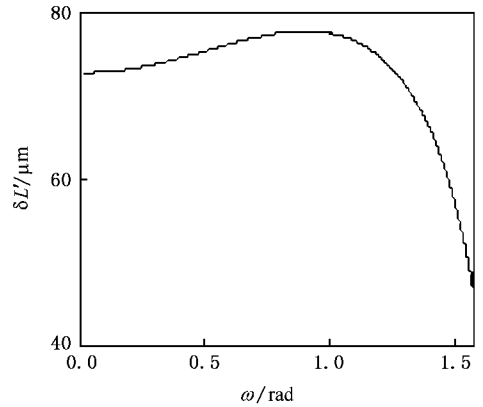


图 9 侧向位移随入射面方位角的变化曲线

4.2. 棱镜的色差

图 10 和图 11 分别是 $i = 3.5^\circ$ 时轴向色差和垂轴色差随入射面方位角的变化曲线.由图可知,轴向色差随入射面方位角的增大而减小,变化范围为 $68.886 - 73.518 \mu\text{m}$,垂轴色差则随入射面方位角的增大而增大范围为 $0.333 - 1.431 \mu\text{m}$. 格兰-泰勒棱

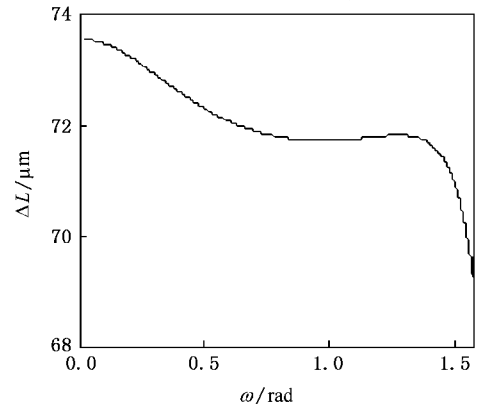


图 10 轴向色差随入射面方位角的变化曲线

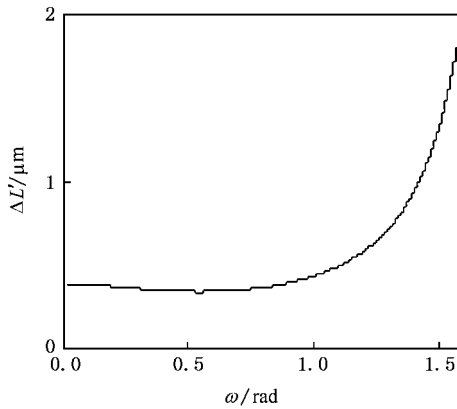


图 11 垂轴色差随入射面方位角的变化曲线

镜的色差主要是轴向色差,并且在入射面与主截面的夹角为 $\pi/2$ 时色差最小。

5. 结 论

本文对自行研制的新型偏振干涉成像光谱仪中的重要偏光器件格兰-泰勒棱镜的成像机理进行了研究,利用光线追迹法求出了棱镜中的光线传播轨迹,在此基础上求出并分析了其像点位移和色差,得到以下几个结论:

1) 光线追迹法是一种非常便利和有效的棱镜像差分析方法,它可以清晰地呈现棱镜中光线的传播轨迹。

2) 新型偏振干涉成像光谱仪中,格兰-泰勒棱镜的像点位移主要为轴向位移,在同一入射面内随着入射角的增大而增大;相同入射角的情况下棱镜的轴向位移随着入射面与主截面夹角的增大而增大。

3) 像差是衡量光学器件成像质量优劣的一个重要指标。新型偏振干涉成像光谱仪中,格兰-泰勒棱镜的像差主要为色差,而色差中的轴向色差又是影响成像的主要因素,当入射面与主截面垂直时,棱镜的色差将会减到最小。

4) 由方程(26)~(29)可知,棱镜的位移和色差与其厚度、结构角、空气隙厚度、入射角、入射面与主截面夹角、入射光的波长以及相对应的棱镜材料折射率密切相关,可根据特定的棱镜参数调节各个影响因子以提高成像质量,减小这些量对成像质量的负面影响。

5) 格兰-泰勒棱镜由天然纯净方解石组成,根据实验数据利用计算机拟合出了方解石折射率随波长变化方程,这为准确、有效地分析棱镜色差提供了一条非常便捷的途径。

- [1] Li J Z 1986 *Handbook of Optics* (Xian: Shanxi Science and Technology Press) p497 (in Chinese) [李景镇 1986 光学手册(西安:陕西科学技术出版社)第497页]
- [2] Zhang C M, Yan X G, Zhao B C 2008 *Opt. Commun.* **281** 2050
- [3] Zhang C M, He J 2006 *Opt. Express* **14** 12561
- [4] Zhang C M, Zhao B C, Xiangli B 2004 *Appl. Opt.* **43** 6090
- [5] Zhang C M, Xiangli B, Zhao B C 2004 *J. Opt. A: Pure Appl. Opt.* **6** 815
- [6] Zhang C M, Zhao B C, Xiangli B 2003 *Opt. Commun.* **227** 221
- [7] Zhang C M, Xiangli B, Zhao B C 2002 *Opt. Commun.* **203** 21
- [8] Zhang C M, Xiangli B, Zhao B C 2000 *Proc. SPIE*. **4087** 957
- [9] Zhang C M, Zhao B C, Xiangli B 2005 *SPIE*. **6032** (0900-47)
- [10] Zhang C M, Zhao B C, Xiangli B 2007 *SPIE*. **6148**
- [11] Zhang C M, Zhao B C, Xiangli B 2000 *Acta Opt. Sin.* **20** 1077 (in Chinese) [张淳民、赵葆常、相里斌 2000 光学学报 **20** 1077]
- [12] Zhang C M, Xiangli B, Yang J F, Zhao B C 2000 *J. Xi'an Jiaotong Univ.* **34** 93 (in Chinese) [张淳民、相里斌、杨建峰、赵葆常 2000 西安交通大学学报 **34** 93]
- [13] Zhang C M, Zhao B C, Xiangli B 2006 *OPTIK* **117** 265
- [14] Peng Z H, Zhang C M, Zhao B C, Li Y C, Wu F Q 2006 *Acta Phys. Sin.* **55** 6374 (in Chinese) [彭志宏、张淳民、赵葆常、李英才、吴福全 2006 物理学报 **55** 6374]
- [15] Wu L, Zhang C M, Zhao B C 2007 *Opt. Commun.* **273** 67
- [16] Yuan Z L, Zhang C M, Zhao B C 2007 *Acta Phys. Sin.* **56** 6413 (in Chinese) [袁志林、张淳民、赵葆常 2007 物理学报 **56** 6413]
- [17] Jian X H, Zhang C M, Zhao B C 2007 *Acta Phys. Sin.* **56** 824 (in Chinese) [简小华、张淳民、赵葆常 2007 物理学报 **56** 824]
- [18] He J, Zhang C M, Zhang Q G 2007 *Spectroscopy and Spectral Analysis* **27** 423 (in Chinese) [贺健、张淳民、张庆国 2007 光谱学与光谱分析 **27** 423]
- [19] Tang Y H, Zhang C M, Liu H C, Chen G D, He J 2007 *Acta Phys. Sin.* **54** 4065 (in Chinese) [唐远河、张淳民、刘汉臣、陈光德、贺健 2007 物理学报 **54** 4065]
- [20] Wu J F, Zhang C M, Yue R H, Li R L 2005 *Communication in Theoretical Physics* **43** 687
- [21] Ye J Y, Zhang C M, Zhao B C 2007 *Acta Phys. Sin.* **57** 67 (in Chinese) [叶健勇、张淳民、赵葆常 2007 物理学报 **57** 67]
- [22] Zhang D Q, Wu F Q, Fan S H, Wang N 2001 *J. Qufu Normal Univ.* **27** 4 (in Chinese) [张冬青、吴福全、范树海、王宁 2001 曲阜师范大学学报 **27** 4]
- [23] Li H X, Wu F Q, Fan J Y, Zhao S S 2003 *J. Qufu Normal Univ.* **29** 4 (in Chinese) [李红霞、吴福全、范吉阳、赵苏生 2003 曲阜师范大学学报 **29** 4]

- [24] Ma L L ,Li G H ,Peng H D 2004 *J. Qufu Normal Univ.* **30** 4 (in Chinese) [马丽丽、李国华、彭捍东 2004 曲阜师范大学学报 **30** 4]
- [25] Ren S F ,Wu F Q ,Zhao P 2005 *J. Qufu Normal Univ.* **31** 2 (in Chinese) [任树锋、吴福全、赵培 2005 曲阜师范大学学报 **31** 2]
- [26] Shi M ,Wu F Q ,Fan J Y 2005 *Optics & Optoelectronic Technology* **3** 4 (in Chinese) [史萌、吴福全、范吉阳 2005 光学与光电技术 **3** 4]
- [27] Li H X ,Wu F Q ,Fan J Y 2003 *Acta Phys. Sin.* **52** 2081 (in Chinese) [李红霞、吴福全、范吉阳 2003 物理学报 **52** 2081]
- [28] Simon M C 1983 *Appl. Opt.* **22** 354
- [29] Zhang W Q 1992 *Appl. Opt.* **31** 7328
- [30] Liang Q T 1990 *Appl. Opt.* **29** 1008
- [31] Wu L ,Zhang C M ,Yuan Y ,Zhao B C 2005 *Acta Opt. Sin.* **25** 885 (in Chinese) [吴磊、张淳民、袁艳、赵葆常 2005 光学学报 **25** 885]
- [32] Shen W M ,Shao Z X 2002 *Acta Opt. Sin.* **22** 765 (in Chinese) [沈为民、邵中兴 2002 光学学报 **22** 765]

Analysis and evaluation of Glan-Taylor prism's image quality in a new polarization interference imaging spectrometer *

Wu Hai-Ying¹⁾ Zhang Chun-Min¹⁾ Zhao Bao-Chang²⁾

¹⁾ School of Science ,Xi 'an Jiaotong University ,Xi 'an 710049 ,China)

²⁾ Space Optics Laboratory ,Xi 'an Institute of Optics and Precision Mechanics ,Chinese Academy of Sciences ,Xi 'an 710068 ,China)

(Received 17 October 2007 ; revised manuscript received 20 November 2007)

Abstract

Glan-Taylor prism is one of the most important polarization components of the new polarization interference imaging spectrometer developed in our laboratory. The principle of beam splitting and imaging of Glan-Taylor prism are presented. This paper deduces the propagation track of light in Glan-Taylor prism by ray-tracing method at random incidence angle and the theoretical expressions of image displacement and chromatic aberration are derived. The results will provide a theoretical basis for the study of new polarization interference imaging spectrum technology and the development of apparatuses.

Keywords : polarization interference imaging spectrometer , Glan-Taylor prism , displacement of image , chromatic aberration

PACC : 4215D , 4230 , 0765

* Project supported by the State Key Program of National Natural Science Foundation of China (Grant No. 40537031) , the High Technology Research and Development Program of China (863 Program) (Grant No. 2006AA12Z152) , the National Defence Scientific Research Project (Grant No. A1420080187) , the National Natural Science Foundation of China (Grant Nos. 40375010 , 60278019) , the Shaanxi Program of Science and Technology , China (Grant Nos. 2001K06-G12 , 2005K04-G18) and the " 985 " Project of Xi 'an Jiaotong University.