

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G02F 1/13 (2006.01)

G01M 11/02 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200610131610.0

[43] 公开日 2008 年 4 月 30 日

[11] 公开号 CN 101169525A

[22] 申请日 2006.11.9

[21] 申请号 200610131610.0

[71] 申请人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

地址 130031 吉林省长春市东南湖大路 16 号

[72] 发明人 陆云涛 于涛 荆海 付国柱
张航 张睿鹏

[74] 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所
代理人 南小平

权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 1 页

[54] 发明名称

测量液晶器件扭曲角和光延迟的装置和方法

[57] 摘要

本发明属于光电子学和测量技术领域，是一种测量液晶器件扭曲角和光延迟的装置和方法。本发明的装置，包括：双频塞曼激光器， $\lambda/4$ 波片，分束器，检偏器，光电探测器，信号处理部分。测试时，以光轴为轴转动被测液晶器件 4，当被测液晶器件的转角为 0 度、60 度和 180 度时，记录信号处理部分 9 得到的相位差 Ψ_1 、 Ψ_2 和 Ψ_3 ，由计算机利用外差式测量方程对 Ψ_1 、 Ψ_2 、 Ψ_3 和 0、 $\pi/3$ 、 $2\pi/3$ 进行曲线拟合，得到被测液晶器件的扭曲角和光延迟数据。由于本发明的拍频信号的频率只有几兆赫兹，光电探测器能够响应信号的频率和相位变化，相对于传统方法测量的易受干扰的光强信号，拍频信号更能避免光源波动或环境影响造成的误差。由交流放大器代替常规的直流放大器，这样可以隔绝由外界干扰引起的直流电平漂移。

1、一种测量液晶器件扭曲角和光延迟的装置，其特征是由双频塞曼激光器（1）、 $\lambda/4$ 波片（2）、分束器（3）、检偏器（5）和（7）、光电探测器（6）和（8）、信号处理部分（9）组成；双频塞曼激光器（1）的输出光轴与 $\lambda/4$ 波片（2）的表面互相垂直，双频塞曼激光器（1）的输出光轴与分束器（3）的反射面成45度夹角，在分束器（3）和光电探测器（6）之间依次是被测液晶器件（4）、检偏器（5），被测液晶器件（4）的表面、检偏器（5）的表面和光电探测器（6）的表面垂直于分束器（3）的透射光，在分束器（3）和光电探测器（8）之间是检偏器（7），检偏器（7）的表面、光电探测器（8）的表面垂直于分束器（3）的反射光；双频塞曼激光器（1）发出具有频差的左、右旋圆偏振光， $\lambda/4$ 波片（2）使双频塞曼激光器（1）的出射光成为偏振方向互相垂直的双频线偏振光，分束器（3）使光线部分透射，部分反射，检偏器（5）和（7）使双频光的振动方向一致而产生拍频干涉，光电探测器（6）和（8）分别采集拍频信号，并送入信号处理部分（9），信号处理部分（9）对两路信号作比较，得到两路信号的相位差。

2、根据权利要求1所述的测量液晶器件扭曲角和光延迟的装置，其特征是检偏器（5）、（7）采用偏振棱镜，光电探测器（6）、（8）采用光电倍增管，信号处理部分（9）采用相位计。

3、根据权利要求2所述的测量液晶器件扭曲角和光延迟的装置，其特征是双频塞曼激光器（1）的波长 λ 为 $0.6328\mu\text{m}$ ，频差2.7MHz。

4、利用权利要求1所述的装置测量液晶器件扭曲角和光延迟的方法，其特征是：以光轴为轴转动被测液晶器件（4），当被测液晶器件（4）的转角为0度、60度和180度时，记录信号处理部分（9）得到的相位差 Ψ_1 、 Ψ_2 和 Ψ_3 ，用 Ψ_1 、 Ψ_2 和 Ψ_3 替换外差式测量方程中的 Ψ ，用0、 $\pi/3$ 和 $2\pi/3$ 替换外差式测量方程中的 γ ，由计算机进行曲线拟合，得到被测液晶器件（4）的扭曲角和光延迟数据。

5、根据权利要求4所述的测量液晶器件扭曲角和光延迟的方法，其特征是：所述的外差式测试方程为

$$\tan\Psi = 2 \times \frac{\phi\delta\cos 2(\phi + \alpha + \gamma)\sin^2\beta - \beta\delta\sin 2(\phi + \alpha + \gamma)\sin\beta\cos\beta}{\phi\beta\cos 2\phi\sin 2\beta - \beta^2\sin 2\phi\cos 2\beta + 2\delta^2\cos 2(\phi + \alpha + \gamma)\sin 2\alpha\sin^2\beta}$$

外差式测试方程中 $\delta = \pi \cdot \Delta_{nd} / \lambda$, $\beta^2 = \delta^2 + \phi^2$, ϕ 是被测液晶器件 (4) 的扭曲角, Δ_{nd} 是被测液晶器件 (4) 的光延迟, λ 是塞曼激光器 (1) 的波长, γ 是被测液晶器件 (4) 的转角, α 是 γ 为 0 度时, 被测液晶器件 (4) 的光线进入面上的液晶分子指向矢方向在 x-y 平面的投影与 x 轴方向的夹角, Ψ 是信号处理部分 (9) 测得的相位差。

测量液晶器件扭曲角和光延迟的装置和方法

技术领域

本发明属于光电子学和测量技术领域，涉及一种液晶器件的测试装置和方法，具体地说是一种测量液晶器件扭曲角和光延迟的装置和方法。

背景技术

液晶器件由于具有功耗低、体积小和重量轻等诸多优点，已经被用在非常广泛的领域中。现在广泛应用的测量液晶器件的扭曲角和光延迟的方法主要是 Stokes 参数法（Susumu Sato 等，日本）、光谱扫描法（S. T. Tang 等，香港）和干涉法等。这些方法都归于两类：单色光法和光谱法。它们存在下列缺点：

1. 采用光谱法测量，会由于液晶器件内部多层膜之间的反射产生的 Fabry-Perot 效应，引起测量误差。
2. 采用光谱法测量，结构复杂，费用较高。
3. 采用单色光测量，由于光源的波动或环境的影响，光强值易产生测量误差。
4. 采用光谱测量和采用单色光测量，由于光强信号及光电转换器件输出的电信号都是直流量，直流漂移也要产生测量误差。

光学外差测量技术具有精度高、抗干扰性强的优点，常用于长度、位移、速度等物理量的精确测量，但是尚未应用在液晶器件的测试领域。

发明内容

本发明的目的是提供一种测量液晶器件扭曲角和光延迟的装置和方法，此方法将光学外差法应用于液晶器件的测量，且能克服上述测量误差。

本发明测量液晶器件扭曲角和光延迟的装置，如图 1 所示，包括：双频塞曼激光器 1， $\lambda/4$ 波片 2，分束器 3，被测液晶器件 4，检偏器 5、7，光电探测器 6、8，信号处理部分 9。

在本发明测量液晶器件扭曲角和光延迟的装置中，双频塞曼激光器 1 的输出光轴与 $\lambda/4$ 波片 2 的表面互相垂直；双频塞曼激

光器 1 的输出光轴与分束器 3 的反射面成 45 度夹角；在分束器 3 和光电探测器 6 之间依次是被测液晶器件 4、检偏器 5，被测液晶器件 4 的表面、检偏器 5 的表面和光电探测器 6 的表面垂直于分束器 3 的透射光，检偏器 5 的透光轴和 $\lambda/4$ 波片 2 的慢轴成 45 度角；在分束器 3 和光电探测器 8 之间是检偏器 7，检偏器 7 的表面、光电探测器 8 的表面垂直于分束器 3 的反射光。

本发明的双频塞曼激光器 1 发出具有频差的左、右旋圆偏振光， $\lambda/4$ 波片 2 使双频塞曼激光器 1 的出射光成为偏振方向互相垂直的双频线偏振光，分束器 3 使光线部分透射，部分反射，检偏器 5、7 使双频光的振动方向一致而产生拍频干涉，光电探测器 6、8 分别采集拍频信号，并送入信号处理部分 9，信号处理部分 9 对两路信号作比较，得到两路信号的相位差。

本发明的测量液晶器件扭曲角和光延迟装置的工作过程。

双频塞曼激光器 1 发出具有频差的左、右旋圆偏振光，经过 $\lambda/4$ 波片 2 后使双频塞曼激光器 1 发出的具有频差的左、右旋圆偏振光成为偏振方向互相垂直的双频线偏振光。分束器 3 将双频线偏振光分成为两部分，透射光和反射光。透射光称为信号光，反射光称为参考光。检偏器 7 使参考光产生光学拍频干涉，拍频信号被光电探测器 8 采集。当信号光通过被测液晶器件 4 时，被测液晶器件 4 使信号光产生与参考光不同的相位变化，再经过检偏器 5 产生拍频干涉，拍频信号被光电探测器 6 采集。光电探测器 6、8 将拍频信号转变为交流电信号，送入信号处理部分 9，得到参考光和信号光干涉信号的相位差。根据参考光和信号光干涉信号的相位差，计算出被测液晶器件 4 的扭曲角和光延迟数据。

本发明的测试方法。

以光轴为轴转动被测液晶器件 4，当被测液晶器件 4 的转角为 0 度、60 度和 180 度时，记录信号处理部分 9 得到的相位差 Ψ_1 、 Ψ_2 和 Ψ_3 ，由计算机利用外差式测量方程求解，外差式测量方程为：

$$\tan\Psi = 2 \times \frac{\phi\delta\cos 2(\phi + \alpha + \gamma)\sin^2\beta - \beta\delta\sin 2(\phi + \alpha + \gamma)\sin\beta\cos\beta}{\phi\beta\cos 2\phi\sin 2\beta - \beta^2\sin 2\phi\cos 2\beta + 2\delta^2\cos 2(\phi + \alpha + \gamma)\sin 2\alpha\sin^2\beta}$$

方程中 δ 和 β 表示如下

$$\delta = \pi \cdot \Delta n d / \lambda, \quad \beta^2 = \delta^2 + \phi^2。$$

用 Ψ_1 、 Ψ_2 和 Ψ_3 替换外差式测量方程中的 Ψ ，用 0、 $\pi/3$ 和 $2\pi/3$ 替

换外差式测量方程中的 γ ，由计算机进行曲线拟合，得到被测液晶器件4的扭曲角和光延迟数据。

本发明的外差式测量方程及其导出过程。

信号光路的坐标系如图2所示。检偏器5的透光轴取为x轴，与检偏器5的透光轴垂直方向取为y轴。图中A是被测液晶器件4的光线进入面上的分子指向矢投影；B是被测液晶器件4的光线射出面上的分子指向矢投影； α 是被测液晶器件4的转角为0度时，被测液晶器件4的光线进入面上的液晶分子指向矢方向在x-y平面的投影与x轴方向的夹角； ϕ 为被测液晶器件的扭曲角。

以后所使用的数学符号统一说明如下。

未知参数：

ϕ 为被测液晶器件的扭曲角、 $\Delta n d$ 为被测液晶器件的光延迟；

α 为被测液晶器件4的转角为0度时，被测液晶器件4的光线进入面上的液晶分子指向矢方向在x-y平面的投影与x轴方向的夹角。 α 、 ϕ 、 $\Delta n d$ 将同时得到求解。

已知参数，即由本发明的装置可以直接得到的参数：

Ψ 为信号处理部分9得到的相位差；

γ 为被测液晶器件4的转角；

λ 为塞曼激光器的波长。

外差式测量方程的推导目标即是将上述未知参数和已知参数组合成一个可以求解的方程。为此，下述式(1)(2)(3)(4)(5)(6)(7)即是为了利用已知公式表达 Ψ_1 、 Ψ_2 、 Ψ_3 与 α 、 ϕ 、 $\Delta n d$ 、 γ 、 λ 的关系式。

信号处理部分9得到的相位差 Ψ 满足如下已知公式

$$\Psi = \arg(E_{Exit1}^* \cdot E_{Exit2}) \quad (1)$$

E_{Exit1} 、 E_{Exit2} 分别表示x、y轴方向振动的频率不同的两束光通过检偏器5后的表达式

$$E_{Exit1} = [\cos\theta, \sin\theta] \cdot R(-\alpha - \gamma) \cdot M \cdot R(\alpha + \phi_D) \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$E_{Exit2} = [\cos\theta, \sin\theta] \cdot R(-\alpha - \gamma) \cdot M \cdot R(\alpha + \phi_D) \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

(2) (3) 式中 R 为旋转矩阵

$$R(*) = \begin{bmatrix} \cos(*) & \sin(*) \\ -\sin(*) & \cos(*) \end{bmatrix} \quad (4)$$

M 是光在液晶中传输的琼斯矩阵

$$M = R(-\phi) \cdot \begin{bmatrix} \cos\beta - i\delta \frac{\sin\beta}{\beta} & \phi \frac{\sin\beta}{\beta} \\ -\phi \frac{\sin\beta}{\beta} & \cos\beta + i\delta \frac{\sin\beta}{\beta} \end{bmatrix} \quad (5)$$

(5) 式中的 R 同 (4) 式, (5) 式中

$$\delta = \pi \cdot \Delta nd / \lambda \quad (6)$$

$$\beta^2 = \delta^2 + \phi^2 \quad (7)$$

至此, 已经列出 Ψ 与 α 、 ϕ 、 Δnd 、 λ 、 γ 的关系式即

(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) 式。继续推导得到液晶器件扭曲角和光延迟的外差式测量方程 (8)

$$\tan\Psi = 2 \times \frac{\phi\delta\cos 2(\phi + \alpha + \gamma)\sin^2\beta - \beta\delta\sin 2(\phi + \alpha + \gamma)\sin\beta\cos\beta}{\phi\beta\cos 2\phi\sin 2\beta - \beta^2\sin 2\phi\cos 2\beta + 2\delta^2\cos 2(\phi + \alpha + \gamma)\sin 2\alpha\sin^2\beta} \quad (8)$$

外差式测量方程中 δ 和 β 表示如下

$$\delta = \pi \cdot \Delta nd / \lambda, \quad \beta^2 = \delta^2 + \phi^2。$$

本发明的特点和积极效果

1. 本发明是把光学外差法用于测量液晶器件扭曲角和光延迟的方法和装置。

2. 被测液晶器件使信号光相位发生了变化, 在信号光和参考光分别产生节拍干涉时, 这两个节拍信号的相位差等于被测液晶器件使信号光发生的相位变化。

3. 本发明由传统测量方法的测量光强大小, 转为光学外差法的测量光学拍频信号的相位变化。由于本发明的拍频信号的频率只有几兆赫兹, 光电探测器能够响应信号的频率和相位变化。相

对于传统方法测量的易受干扰的光强信号，拍频信号更能避免光源波动或环境影响造成的误差。

4. 由传统方法的直流电信号，转为交流电信号。传统方法的光电探测器输出为直流信号，本方法的光电探测器输出为随相位变化的交流信号。因此由交流放大器代替常规的直流放大器，这样可以隔绝由外界干扰引起的直流电平漂移。

5. 利用琼斯矩阵推导相位差与其他参变量之间的关系。

6. 测试前不需知道液晶表层分子方向，而且在得到液晶器件的扭曲角和光延迟的同时，得到液晶表层分子方向。

附图说明

图 1 为本发明的测量液晶器件扭曲角和光延迟的装置的结构示意图。图中 1 是双频塞曼激光器，2 是 $\lambda/4$ 波片，3 是分束器，4 是被测液晶器件，5、7 是检偏器，6、8 是光电探测器，9 是信号处理部分。

图 2 为信号光路的坐标系示意图。A 是被测液晶器件的光线进入面上的分子指向矢投影；B 是被测液晶器件的光线射出面上的分子指向矢投影； α 是被测液晶器件 4 的转角为 0 度时，被测液晶器件 4 的光线进入面上的液晶分子指向矢方向在 x-y 平面的投影与 x 轴方向的夹角； ϕ 为被测液晶器件的扭曲角。

图 3 中的曲线为信号处理部分 9 得到的相位差 Ψ 和被测液晶器件 4 的转角 γ 的关系示意曲线，图 3 中的黑点表示在测量中，使被测液晶器件 4 的转角 γ 等于 0 度、60 度和 120 度时，分别由信号处理部分 9 测得的相位差 Ψ_1 、 Ψ_2 和 Ψ_3 。

具体实施方式

本发明的一个实施例为：

装置示意图如图 1 所示。双频塞曼激光器 1 的波长 λ 为 $0.6328\mu\text{m}$ ，频差 2.7MHz。检偏器 5、7 采用偏振棱镜。光电探测器 6、8 采用光电倍增管。信号处理部分 9 为相位计。

以光轴为轴转动被测液晶器件 4，当被测液晶器件 4 的转角为 0 度、60 度和 180 度时，记录信号处理部分 9 得到的相位差 Ψ_1 、 Ψ_2 和 Ψ_3 ，由计算机利用外差式测量方程求解，外差式测量方程为：

$$\tan\Psi = 2 \times \frac{\phi\delta\cos 2(\phi + \alpha + \gamma)\sin^2\beta - \beta\delta\sin 2(\phi + \alpha + \gamma)\sin\beta\cos\beta}{\phi\beta\cos 2\phi\sin 2\beta - \beta^2\sin 2\phi\cos 2\beta + 2\delta^2\cos 2(\phi + \alpha + \gamma)\sin 2\alpha\sin^2\beta}$$

方程中 δ 和 β 表示如下

$$\delta = \pi \cdot \Delta n d / \lambda, \quad \beta^2 = \delta^2 + \phi^2。$$

用 Ψ_1 、 Ψ_2 和 Ψ_3 替换外差式测量方程中的 Ψ ，用 0 、 $\pi/3$ 和 $2\pi/3$ 替换外差式测量方程中的 γ ，由计算机进行曲线拟合，得到被测液晶器件 4 的扭曲角和光延迟数据。

图 3 即为本实施例中，信号处理部分 9 得到的相位差 Ψ 和被测液晶器件 4 的转角 γ 的关系曲线示意图。黑点为本实施例中，使被测液晶器件 4 的转角 γ 等于 0 度、 60 度和 120 度时，分别由信号处理部分 9 测得的相位差 Ψ_1 、 Ψ_2 和 Ψ_3 。

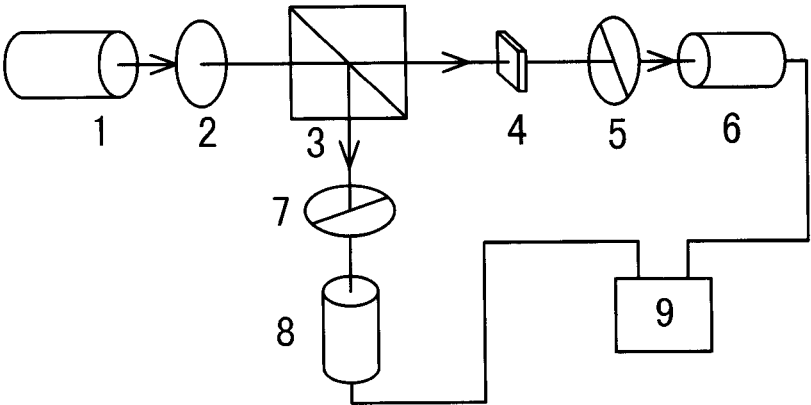


图 1

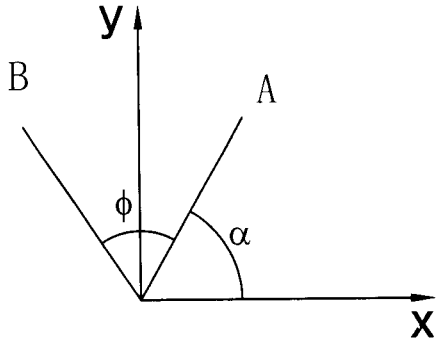


图 2

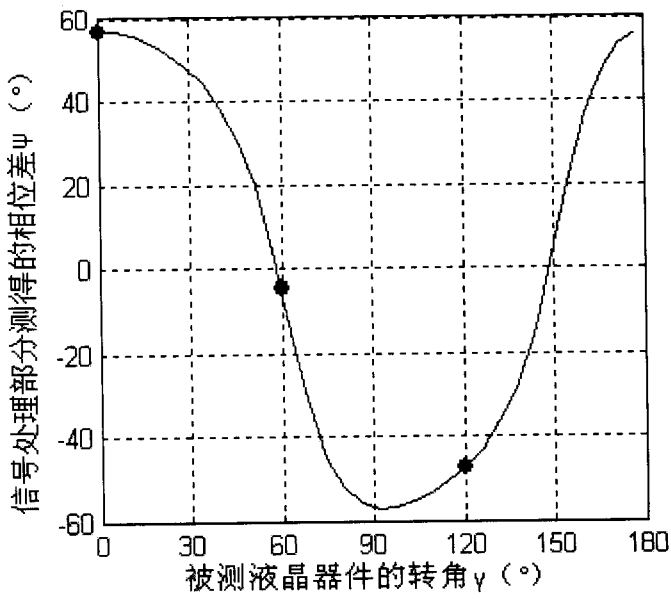


图 3