



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104215432 B

(45)授权公告日 2017.03.22

(21)申请号 201410496145.5

(22)申请日 2014.09.24

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104215432 A

(43)申请公布日 2014.12.17

(73)专利权人 武汉光迅科技股份有限公司

地址 430074 湖北省武汉市洪山区邮科院
路88号

(72)发明人 张璐 胡强高 罗勇 王玥

(74)专利代理机构 北京天奇智新知识产权代理
有限公司 11340

代理人 王海洋

(51)Int.Cl.

G01M 11/02(2006.01)

(56)对比文件

CN 1696632 A,2005.11.16,

CN 103954435 A,2014.07.30,

CN 103604776 A,2014.02.26,

CN 204214635 U,2015.03.18,

CN 1811359 A,2006.08.02,

CN 101021447 A,2007.08.22,

US 2006/0139639 A1,2006.06.29,

EP 2078944 A3,2011.07.06,

肖远.动态偏振控制器的复位分析与实现.

《光学与光电技术》.2005,第3卷(第5期),

审查员 李倩敏

权利要求书3页 说明书8页 附图2页

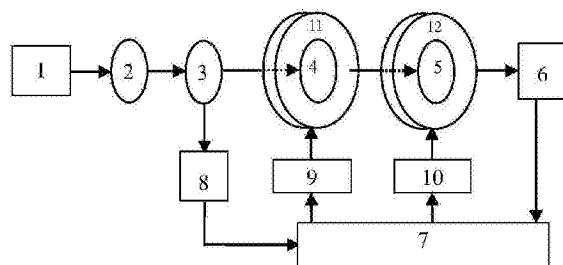
(54)发明名称

光源偏振状态动态反馈的相位延迟器特性
检测装置及方法

(57)摘要

本发明涉及一种光源偏振状态动态反馈的相位延迟器特性检测装置及方法,本发明装置包括共轴设置的光源、起偏器、起偏器、第一转盘、第二转盘,待测器件和检偏器分别固定在第一转盘和第二转盘的中空结构内,保偏分光器将入射光分为与入射光偏振状态相同的反射光和透射光,保偏分光器反射光信号后端设置有第二光电探测器,保偏分光器透射光信号由检偏器后端设置的第一光电探测器接收,第一电机和第二电机分别连接第一转盘和第二转盘;反馈控制系统同第一光电探测器、第二光电探测器、第一电机和第二电机相连,第一光电探测器和第二光电探测器与反馈控制系统相连接,将检测到的光信号转变为电信号后传输给反馈控制系统,反馈控制系统根据输入的电信号计算出待测器件的相位延迟参数和偏振相关损耗参数,查找器件快轴位置;采用本发明使用方便高效。

CN 104215432 B



1. 光源偏振状态动态反馈的相位延迟器特性检测装置,其特征在于:包括光源(1)、起偏器(2)、保偏分光器(3)、待测器件(4)、检偏器(5)、第一驱动装置、第二驱动装置、第一光电探测器(6)、反馈控制系统(7)和第二光电探测器(8);其中:

起偏器(2)、保偏分光器(3)与光源(1)共传输轴放置;保偏分光器(3)的一路输出与待测器件(4)、检偏器(5)、第一光电探测器(6)共光轴放置,保偏分光器(3)的另一路输出与第二光电探测器(8)共光轴放置;

待测器件(4)能够由第一驱动装置驱动下绕其自身光轴旋转;

检偏器(5)能够由第二驱动装置驱动下绕其自身光轴旋转;

第一驱动装置和第二驱动装置与反馈控制系统(7)相连接,在反馈控制系统(7)的控制下分别驱动待测器件(4)和/或检偏器(5)旋转到指定角度;

第一光电探测器(6)和第二光电探测器(8)与反馈控制系统(7)相连接,将检测到的光信号转变为电信号后传输给反馈控制系统(7),反馈控制系统(7)读取起偏器(2)和检偏器(5)之间偏振方向位于相互平行和垂直状态下,待测器件的光轴与起偏器(2)的偏振方向成多个不同角度时的光电流值 $I(k\pi, k\pi + \frac{\pi}{4})$ 、 $I(k\pi + \frac{\pi}{2}, k\pi + \frac{\pi}{4})$ 、 $I(k\pi, k\pi)$ 、 $I(k\pi, k\pi + \frac{\pi}{2})$,

根据输入的电信号计算出待测器件(4)的相位延迟 $\delta = \arccos \frac{I(k\pi, k\pi + \frac{\pi}{4}) - I(k\pi + \frac{\pi}{2}, k\pi + \frac{\pi}{4})}{\sqrt{I(k\pi, k\pi) \cdot I(k\pi, k\pi + \frac{\pi}{2})}}$ 和

$$\text{偏振相关损耗 } PDL = \left| -5 \lg \frac{I(k\pi, k\pi + \frac{\pi}{2})}{I(k\pi, k\pi)} \right|.$$

2. 根据权利要求1所述的光源偏振状态动态反馈的相位延迟器特性检测装置,其特征在于:所述第一驱动装置包括第一转盘(11)和第一电机(9),第一转盘(11)由第一电机(9)驱动旋转,第一转盘(11)为中空结构,所述第一转盘(11)中空结构内设置有固定待测器件(4)的定位装置,使得待测器件(4)跟随第一转盘(11)同步旋转;

所述第二驱动装置包括第二转盘(12)和第二电机(10),第二转盘(12)由第二电机(10)驱动旋转,第二转盘(12)为中空结构,所述第二转盘(12)中空结构内设置有固定检偏器(5)的定位装置,使得检偏器(5)跟随第二转盘(12)同步旋转。

3. 根据权利要求1所述的光源偏振状态动态反馈的相位延迟器特性检测装置,其特征在于:所述光源(1)是输出稳定型自然光源或者波长可调型自然光源,其输出波长同待测器件(4)的波长范围相适应。

4. 根据权利要求1所述的光源偏振状态动态反馈的相位延迟器特性检测装置,其特征在于:所述起偏器(2)和检偏器(5)采用二向色性偏振器或者双折射偏振器或者光纤偏振片,其工作波长范围覆盖待测器件(4)的工作波长范围。

5. 根据权利要求1所述的光源偏振状态动态反馈的相位延迟器特性检测装置,其特征在于:所述偏振分光器(3)是保偏半透半反镜或者保偏光纤耦合器,其工作波长范围覆盖待测器件(4)的工作波长范围。

6. 根据权利要求1所述的光源偏振状态动态反馈的相位延迟器特性检测装置,其特征

在于：所述偏振分光器(3)后设置有扩束-准直透镜组。

7. 根据权利要求1所述的光源偏振状态动态反馈的相位延迟器特性检测装置，其特征在于：所述第一光电探测器(6)和第二光电探测器(8)为光电二极管或者光电倍增管或者CCD线阵传感器或者CCD面阵传感器，其工作波长范围覆盖待测器件(4)的工作波长范围。

8. 一种利用权利要求1-7中任一项所述的光源偏振状态动态反馈的相位延迟器特性检测装置的检测方法，其特征在于：包括如下步骤：

 调节起偏器(2)和检偏器(5)的偏振方向成初始角度，将待测器件(4)旋转到起始位置；

 反馈控制系统(7)分别驱动待测器件(4)和/或检偏器(5)旋转多个指定角度，获得与多个指定角度相对应的多个第一光电探测器(6)与第二光电探测器(8)测量得到的光电流比值；

 反馈控制系统(7)根据获得的多个光电流比值计算待测器件(4)的PDL和相位延迟量。

9. 一种利用权利要求1-7中任一项所述的光源偏振状态动态反馈的相位延迟器特性检测装置的检测方法，其特征在于：包括如下步骤：

 步骤一：调节起偏器(2)和检偏器(5)的偏振方向成初始角度，将待测器件(4)旋转到起始位置；

 步骤二：驱动待测器件(4)旋转使待测器件(4)的光轴与起偏器(2)偏振方向之间的夹角C变化第一指定角度，此时获得第一光电探测器(6)与第二光电探测器(8)测量得到的光电流比值I₁；

 步骤三：驱动检偏器(5)旋转使检偏器(5)与起偏器(2)的偏振方向之间的夹角θ变化第二指定角度，此时获得第一光电探测器(6)与第二光电探测器(8)测量得到的光电流比值I₂；

 步骤四：驱动待测器件(4)旋转使待测器件(4)的光轴与起偏器(2)偏振方向之间的夹角C变化第三指定角度，此时获得第一光电探测器(6)与第二光电探测器(8)测量得到的光电流比值I₃；

 步骤五：继续驱动待测器件(4)旋转使待测器件(4)的光轴与起偏器(2)偏振方向之间的夹角C变化第四指定角度，此时获得第一光电探测器(6)与第二光电探测器(8)测量得到的光电流比值I₄；

 步骤六：反馈控制系统(7)根据获得的光电流比值I₁-I₄计算待测器件(4)的PDL和相位延迟量。

10. 根据权利要求9所述的检测方法，其特征在于：

 所述步骤六进一步包括判断获得的PDL是否大于预设容限，该容限大于0，其取值具体依据测量所需的精度而定；若是，转入下述步骤7；否则，结束操作；

 步骤七：继续驱动待测器件(4)旋转使待测器件(4)的光轴与起偏器(2)偏振方向之间的夹角C变化第五指定角度，此时获得第一光电探测器(6)与第二光电探测器(8)测量得到的光电流比值I₅；

 步骤八：继续驱动待测器件(4)旋转使待测器件(4)的光轴与起偏器(2)偏振方向之间的夹角C变化第六指定角度，此时获得第一光电探测器(6)与第二光电探测器(8)测量得到的光电流比值I₆；

 步骤九：反馈控制系统(7)根据待测器件(4)的材料类型判断待测器件(4)的快轴方向。

11.一种利用权利要求1-7中任一项所述的光源偏振状态动态反馈的相位延迟器特性检测装置的检测方法,其特征在于:包括如下步骤:

步骤一:调节起偏器(2)和检偏器(5)的偏振方向相互垂直,驱动待测器件(4)找到消光位置,并在待测器件(4)上做标记,待测器件(4)的光轴与起偏器(2)偏振方向之间相互平行或垂直;

步骤二:驱动待测器件(4)旋转,使待测器件(4)的光轴与起偏器(2)偏振方向之间的夹角C变化 $\pi/4$ 角度,第一光电探测器(6)测量相应的光电流 I_{1a} ,第二光电探测器(8)同时测量基准光电流 I_{1b} ,计算去除光源偏振波动影响后的光电流比值 $I_1=I_{1a}/I_{1b}$;

步骤三:驱动检偏器(5)旋转,使检偏器(5)与起偏器(2)的偏振方向之间的夹角 θ 变化 $\pi/2$ 角度,第一光电探测器(6)测量相应的光电流 I_{2a} ,第二光电探测器(8)同时测量基准光电流 I_{2b} ,计算去除光源偏振波动影响后的光电流比值 $I_2=I_{2a}/I_{2b}$;

步骤四:采用与步骤二中相同的方向驱动待测器件(4)旋转,使待测器件(4)的光轴与起偏器(2)偏振方向之间的夹角C同方向变化 $\pi/4$,第一光电探测器(6)测量相应的光电流 I_{3a} ,第二光电探测器(8)同时测量基准光电流 I_{3b} ,计算去除光源偏振波动影响后的光电流比值 $I_3=I_{3a}/I_{3b}$;

步骤五:继续同方向驱动待测器件(4)旋转,使待测器件(4)的光轴与起偏器(2)偏振方向之间的夹角C再同方向变化 $\pi/2$,第一光电探测器(6)测量相应的光电流 I_{4a} ,第二光电探测器(8)同时测量基准光电流 I_{4b} ,计算去除光源偏振波动影响后的光电流比值 $I_4=I_{4a}/I_{4b}$;

步骤六:反馈控制系统(7)根据其计算模块 $PDL(\text{in } dB) = -5 \lg \frac{I_3}{I_4}$ 和 $\delta = \arccos \frac{I_2 - I_1}{\sqrt{I_3 \cdot I_4}}$,计算待测器件(4)的PDL和相位延迟量。

12.根据权利要求11所述的检测方法,其特征在于:

所述步骤六计算获得PDL值,判断PDL大于预设容限时,转入以下步骤七;

步骤七:继续同方向驱动待测器件(4)旋转,使待测器件(4)的光轴与起偏器(2)偏振方向之间的夹角C继续同方向变化 $\pi/8$,第一光电探测器(6)测量相应的光电流 I_{5a} ,第一光电探测器(8)同时测量基准光电流 I_{5b} ,计算去除光源偏振波动影响后的光电流比值 $I_5=I_{5a}/I_{5b}$;

步骤八:继续同方向驱动待测器件(4)旋转,使待测器件(4)的光轴与起偏器(2)偏振方向之间的夹角C再同方向变化 $\pi/2$,第一光电探测器(6)测量相应的光电流 I_{6a} ,第二光电探测器(8)同时测量基准光电流 I_{6b} ,计算去除光源偏振波动影响后的光电流比值 $I_6=I_{6a}/I_{6b}$;

步骤九:反馈控制系统(7)判断待测器件(4)的快轴方向:比较待测器件(4)快轴和慢轴的二向色性吸收系数 D_1 、 D_2 ,当 $D_1 > D_2$ 时,若 $I_5 > I_6$,判断待测器件(4)标记的消光位置方向为其快轴方向;否则,判断待测器件(4)标记的消光位置方向为其慢轴方向;当 $D_1 < D_2$ 时,若 $I_5 < I_6$,判断待测器件(4)标记的消光位置方向为其快轴方向;否则判断对待测器件(4)标记的消光位置方向为其慢轴方向。

光源偏振状态动态反馈的相位延迟器特性检测装置及方法

技术领域

[0001] 本发明属于偏振光学检测领域,特别是一种不受光源偏振态变化影响、并能同时检测双折射器件的光源偏振状态动态反馈的相位延迟器特性检测装置及方法,本发明属于通信领域。

背景技术

[0002] 利用双折射材料制成的双折射器件,例如波片或相位延迟器(或相位补偿器)是光学实验和光学仪器中广泛使用的基础光学元件。从原理上说,任何具有双折射效应的材料都可以用来做成双折射器件,例如普遍采用的由石英、方解石、氟化镁或云母等双折射晶体制成的晶体相位延迟器、液晶相位延迟器,以及外磁场作用下的磁性液体、W片等等。但不论使用何种材料,为了测量和使用的方便,双折射器件的光轴(或等效光轴)通常均平行于器件表面,入射光均垂直于双折射器件的光轴(或等效光轴)入射。但是,上述所有材料除了具有双折射效应外,还具有二向色性,这会直接导致器件的偏振相关损耗(PDL, Polarization Dependent Loss);而且器件的相位延迟特性和二向色性(即PDL特性)均是波长的函数,在某些常用波长范围内,其PDL特性会对器件性能产生很大影响。例如,在PCSCA型椭偏仪中,两个旋转相位补偿器的相位延迟特性和偏振相关损耗特性的精确测量是实现高精度测量的前提,任何残余偏振都将影响到偏振测量的精度。如果考虑两个旋转补偿器的偏振相关损耗特性,该椭偏仪的工作算法必须做出必要的修正。因此,精确测量两个旋转补偿器的相位延迟特性和PDL特性就具有极其重要的意义。

[0003] 在对双折射器件进行特性测量的现有方式中,为了建模及测量分析的方便,通常将光源看作自然光源,即将光源发出光信号的偏振度视为0;但实际上,常见自然光源(如氘钨灯、卤素灯等)的偏振度通常在10%左右,而且由于输入光的偏振态随时间随机变化,输出光电流也会随机波动,这就导致测量结果的随机误差,影响测量的准确度。但是,在现有测量方法中,未见有能同时进行光源偏振波动反馈控制的双折射器件相位延迟和PDL特性的检测方案。

发明内容

[0004] 本发明的目的就是为了解决上述问题,提供一种能消除光源偏振波动对测量结果的影响、并能同时检测双折射器件的光源偏振状态动态反馈的相位延迟器特性检测装置及方法,本发明装置和方法属于非接触测量,能够快速检测双折射器件的相位延迟和偏振相关损耗特性,同时进行光源偏振波动检测,反馈消除光源功率波动误差;使用方便高效,可用于实际生产及研究工作中进行未知双折射器件的相位延迟和PDL特性的直接定标,并且测量结果不受光源和探测器光谱特性的影响。

[0005] 为了实现上述目的,本发明采用如下技术方案:

[0006] 光源偏振状态动态反馈的相位延迟器特性检测装置,包括光源、起偏器、保偏分光器、待测器件、检偏器、第一驱动装置、第二驱动装置、第一光电探测器、反馈控制系统和第

二光电探测器；其中：起偏器、保偏分光器与光源共传输轴放置；保偏分光器的一路输出与待测器件、检偏器、第一光电探测器共光轴放置，保偏分光器的另一路输出与第二光电探测器共光轴放置；待测器件能够由第一驱动装置驱动下绕其自身光轴旋转；检偏器能够由第二驱动装置驱动下绕其自身光轴旋转；第一驱动装置和第二驱动装置与反馈控制系统相连接，在反馈控制系统的控制下分别驱动待测器件和/或检偏器旋转到指定角度；第一光电探测器和第二光电探测器与反馈控制系统相连接，将检测到的光信号转变为电信号后传输给反馈控制系统，反馈控制系统根据输入的电信号计算出待测器件的相位延迟参数和偏振相关损耗参数。

[0007] 所述第一驱动装置包括第一转盘和第一电机，第一转盘由第一电机驱动旋转，第一转盘为中空结构，所述第一转盘中空结构内设置有固定待测器件的定位装置，使得待测器件跟随第一转盘同步旋转；

[0008] 所述第二驱动装置包括第二转盘和第二电机，第二转盘由第二电机驱动旋转，第二转盘为中空结构，所述第二转盘中空结构内设置有固定检偏器的定位装置，使得检偏器跟随第二转盘同步旋转。

[0009] 所述光源是输出稳定型自然光源或者波长可调型自然光源，其输出波长同待测器件的波长范围相适应。

[0010] 所述起偏器和检偏器采用二向色性偏振器或者双折射偏振器或者光纤偏振片，其工作波长范围覆盖待测器件的工作波长范围。

[0011] 所述偏振分光器是保偏半透半反镜或者保偏光纤耦合器，其工作波长范围覆盖待测器件的工作波长范围。

[0012] 所述偏振分光器后设置有扩束-准直透镜组。

[0013] 所述第一光电探测器和第二光电探测器为光电二极管或者光电倍增管或者CCD线阵传感器或者CCD面阵传感器，其工作波长范围覆盖待测器件的工作波长范围。

[0014] 光源偏振状态动态反馈的相位延迟器特性检测方法，包括如下步骤：调节起偏器和检偏器的偏振方向成初始角度，将待测器件旋转到起始位置；反馈控制系统分别驱动待测器件和/或检偏器旋转多个指定角度，获得与多个指定角度相对应的多个第一光电探测器与第二光电探测器测量得到的光电流比值；反馈控制系统根据获得的多个光电流比值计算待测器件的PDL和相位延迟量。

[0015] 光源偏振状态动态反馈的相位延迟器特性检测方法，包括如下步骤：步骤一：调节起偏器和检偏器的偏振方向成初始角度，将待测器件旋转到起始位置；步骤二：驱动待测器件旋转使待测器件的光轴与起偏器偏振方向之间的夹角C变化第一指定角度，此时获得第一光电探测器与第二光电探测器测量得到的光电流比值I₁；步骤三：驱动检偏器旋转使检偏器与起偏器的偏振方向之间的夹角θ变化第二指定角度，此时获得第一光电探测器与第二光电探测器测量得到的光电流比值I₂；步骤四：驱动待测器件旋转使待测器件的光轴与起偏器偏振方向之间的夹角C变化第三指定角度，此时获得第一光电探测器与第二光电探测器测量得到的光电流比值I₃；步骤五：继续驱动待测器件旋转使待测器件的光轴与起偏器偏振方向之间的夹角C变化第四指定角度，此时获得第一光电探测器与第二光电探测器测量得到的光电流比值I₄；步骤六：反馈控制系统根据获得的光电流比值I₁-I₄计算待测器件的PDL和相位延迟量。

[0016] 所述步骤六进一步包括判断获得的PDL是否大于预设容限,该容限大于0,其取值具体依据测量所需的精度而定;若是,转入下述步骤七;否则,结束操作;步骤七:继续驱动待测器件旋转使待测器件的光轴与起偏器偏振方向之间的夹角C变化第五指定角度,此时获得第一光电探测器与第二光电探测器测量得到的光电流比值 I_5 ;步骤八:继续驱动待测器件旋转使待测器件的光轴与起偏器偏振方向之间的夹角C变化第六指定角度,此时获得第一光电探测器与第二光电探测器测量得到的光电流比值 I_6 ;步骤九:反馈控制系统根据待测器件的材料类型判断待测器件的快轴方向。

[0017] 光源偏振状态动态反馈的相位延迟器特性检测方法,包括如下步骤:步骤一:调节起偏器和检偏器的偏振方向相互垂直,驱动待测器件找到消光位置,并在待测器件上做标记,待测器件的光轴与起偏器偏振方向之间相互平行或垂直;步骤二:驱动待测器件旋转,使待测器件的光轴与起偏器偏振方向之间的夹角C变化 $\pi/4$ 角度,第一光电探测器测量相应的光电流 I_{1a} ,第二光电探测器同时测量基准光电流 I_{1b} ,计算去除光源偏振波动影响后的光电流比值 $I_1=I_{1a}/I_{1b}$;步骤三:驱动检偏器旋转,使检偏器与起偏器的偏振方向之间的夹角 θ 变化 $\pi/2$ 角度,第一光电探测器测量相应的光电流 I_{2a} ,第二光电探测器同时测量基准光电流 I_{2b} ,计算去除光源偏振波动影响后的光电流比值 $I_2=I_{2a}/I_{2b}$;步骤四:采用与步骤二中相同的方向驱动待测器件旋转,使待测器件的光轴与起偏器偏振方向之间的夹角C同方向变化 $\pi/4$,第一光电探测器测量相应的光电流 I_{3a} ,第二光电探测器同时测量基准光电流 I_{3b} ,计算去除光源偏振波动影响后的光电流比值 $I_3=I_{3a}/I_{3b}$;步骤五:继续同方向驱动待测器件旋转,使待测器件的光轴与起偏器偏振方向之间的夹角C再同方向变化 $\pi/2$,第一光电探测器测量相应的光电流 I_{4a} ,第二光电探测器同时测量基准光电流 I_{4b} ,计算去除光源偏振波动影响后的光电流比值 $I_4=I_{4a}/I_{4b}$;步骤六:反馈控制系统根据其计算模块

$$PDL(\text{in } dB) = -5 \lg \left| \frac{I_3}{I_4} \right|$$

$\delta = \arccos \frac{I_2 - I_1}{\sqrt{I_3 \cdot I_4}}$, 计算待测器件的PDL和相位延迟量。所述步骤六计算获得PDL值,判断PDL大

于预设容限时,转入以下步骤七;步骤七:继续同方向驱动待测器件旋转,使待测器件的光轴与起偏器偏振方向之间的夹角C继续同方向变化 $\pi/8$,第一光电探测器测量相应的光电流 I_{5a} ,第一光电探测器同时测量基准光电流 I_{5b} ,计算去除光源偏振波动影响后的光电流比值 $I_5=I_{5a}/I_{5b}$;步骤八:继续同方向驱动待测器件旋转,使待测器件的光轴与起偏器偏振方向之间的夹角C再同方向变化 $\pi/2$,第一光电探测器测量相应的光电流 I_{6a} ,第二光电探测器同时测量基准光电流 I_{6b} ,计算去除光源偏振波动影响后的光电流比值 $I_6=I_{6a}/I_{6b}$;步骤九:反馈控制系统判断待测器件的快轴方向:比较待测器快轴和慢轴的二向色性吸收系数 D_1 、 D_2 ,当 $D_1 > D_2$ 时,若 $I_5 > I_6$,判断待测器件标记的消光位置方向为其快轴方向;否则,判断待测器件标记的消光位置方向为其慢轴方向;当 $D_1 < D_2$ 时,若 $I_5 < I_6$,判断待测器件标记的消光位置方向为其快轴方向;否则判断对待测器件标记的消光位置方向为其慢轴方向。

[0018] 本发明的有益效果:

[0019] 1) 本发明的测量方法属于非接触测量,可同时测量未知双折射器件相位延迟特性和PDL特性,并可进一步在获知双折射器件制作材料的情况下,查找器件的快轴位置,使用方便高效,可用于实际生产及研究工作中进行未知双折射器件的相位延迟和偏振相关损耗特性的直接定标;

[0020] 2) 采用本发明方法,在多波长光电探测器中各探测单元的特性以及入射光强未知的情况下,不需要复杂的傅立叶分析及求解即能快速准确地同时标定未知双折射器件在待考察波段的相位延迟谱。

附图说明

[0021] 图1为本发明所涉及光源偏振态反馈的器件相位延迟和偏振相关损耗的测量装置通用结构示意图;

[0022] 图2为本发明所涉及的双折射器件的相位延迟特性和偏振相关损耗特性检测方法的流程图;

[0023] 其中:

- | | |
|------------------|------------|
| [0024] 1、光源; | 2、起偏器; |
| [0025] 3、保偏分光器; | 4、待测器件, |
| [0026] 5、检偏器; | 6、第一光电探测器; |
| [0027] 7、反馈控制系统; | 8、第二光电探测器; |
| [0028] 9、第一电机; | 10、第二电机; |
| [0029] 11、第一转盘; | 12、第二转盘; |

具体实施方式

[0030] 本发明的创新点在于提供了能对光源偏振波动进行反馈控制,并能同时检测双折射器件相位延迟和偏振相关损耗特性的检测方法及装置。下面结合实施例对本发明做出详细说明。

[0031] 本发明所述的光源偏振态反馈的器件相位延迟和偏振相关损耗测量装置的结构如图1所示:包括光源1和反馈控制系统7,光源1出射的平行自然光通过共传输轴放置的起偏器2后,进入保偏分光器3,分为光功率相同的反射光和透射光,且反射光和透射光的偏振状态与入射光偏振状态相同;其中的反射光信号直接被第二光电探测器8接收,用于实时监测光源光信号的实时变化;透射光信号通过共传输轴放置的起偏器2、待测器件4、检偏器5后被第一光电探测器6接收;第一转盘11和第一电机9连接,第一转盘11由第一电机9驱动旋转;第二转盘12和第二电机10连接,第二转盘12由第二电机10驱动旋转;反馈控制系统7同第一光电探测器6、第二光电探测器8、第一电机9和第二电机10相连,采集分析第一光电探测器6和第二光电探测器8的光电流数据,并反馈控制第一电机9和第二电机10的旋转状态,所述第一转盘11和第二转盘12为中空结构,所述第一转盘11中空结构内设置有固定待测器件4的定位装置,使得待测器件4跟随第一转盘11同步旋转,所述第二转盘12中空结构内设置有固定检偏器5的定位装置,使得固定检偏器5跟随第二转盘12同步旋转。在本实施例中,第一转盘11和第二转盘12的中空结构的外围开有多个定位孔,通过这些定位孔,将待测器件4和检偏器5分别固定在第一转盘11和第二转盘12的中空结构部分;并由反馈控制系统7通过第一电机9和第二电机10分别控制第一转盘11和第二转盘12的旋转状态。

[0032] 所述光源1为输出特性稳定的自然光源,其输出波长可根据待测器件4的待测波长范围具体选择,也可选择为波长可调型自然光源。具体应用中可根据该光源的光斑大小和光束质量添加必要的扩束-准直透镜组。

[0033] 所述起偏器2和检偏器5可采用二向色性偏振器、双折射偏振器或光纤偏振片中的一种，其工作波长范围能够覆盖待测器件4的工作波长范围。

[0034] 所述偏振分光器3为保偏半透半反镜、保偏光纤耦合器等一切对线偏振光保偏的分光器件，其工作波长范围能够覆盖待测器件4的工作波长范围，具体应用中可根据出射光信号的光斑大小和光束质量添加必要的扩束-准直透镜组。

[0035] 所述待测器件4均为由晶体材料、聚合物材料、液晶、外磁场作用下的磁性液体等制作的单个或复合的相位延迟器等一切具备相位延迟功能的光学器件。

[0036] 所述第一光电探测器6和第二光电探测器8为光电二极管、光电倍增管或CCD (Charge-coupled Device) 线阵或面阵传感器，用于将探测到的光电流信号经数据采集卡传至反馈控制系统7进行数据处理，其工作波长范围能够覆盖待测器件4的工作波长范围。

[0037] 所述反馈控制系统7采集分析第一光电探测器6和第二光电探测器8探测到的光电流数据后，依据一定的反馈控制算法发出脉冲信号经电机驱动器调整电机的旋转状态。

[0038] 所述第一电机9和第二电机10及其电机驱动器选用伺服电机、永磁式步进电机或反应式步进电机，以及与以上每种类型的电机相配套的电机驱动器。由于本发明中第一转盘11和第一电机9连接，第二转盘12和第二电机10连接，并由第一电机9和第二电机10分别控制第一转盘11和第二转盘12的旋转状态，实际应用中也可以选择已经将单个电机和单个转盘集成制作在一起的电动转盘商品来分别作为相连接的第一电机9和第一转盘11，以及相连接的第二电机10和第二转盘12。

[0039] 所述第一转盘11和第二转盘12的应用要求是两个转盘的转动精度均应满足反馈控制系统7的控制要求，通常的商用产品均可满足该应用要求。

[0040] 本发明中包括第一驱动装置和第二驱动装置，所述第一驱动装置包括第一转盘11和第一电机9，第一转盘11由第一电机9驱动旋转，第一转盘11为中空结构，所述第一转盘11中空结构内设置有固定待测器件4的定位装置，使得待测器件4跟随第一转盘11同步旋转；所述第二驱动装置包括第二转盘12和第二电机10，第二转盘12由第二电机10驱动旋转，第二转盘12为中空结构，所述第二转盘12中空结构内设置有固定检偏器5的定位装置，使得检偏器5跟随第二转盘12同步旋转。

[0041] 本发明所述的能同时进行光源偏振波动反馈控制的双折射器件相位延迟和PDL特性检测装置实现功能的过程如图2所示，其具体步骤如下：

[0042] 步骤一：调节起偏器2和检偏器5的偏振方向相互垂直，然后将待测器件4放入第一转盘11，转动第一转盘11找到消光位置并标记，此时待测器件4的光轴与起偏器2偏振方向之间相互平行或垂直(当两者平行时 $C=0$ ，垂直时 $C=\pi/2$)；

[0043] 步骤二：转动第一转盘11，使待测器件4的光轴与起偏器2偏振方向之间的夹角C变化 $\pi/4$ 角度，此时夹角C为 $\pi/4$ 或 $3\pi/4$ ，第一光电探测器6测量相应的光电流 I_{1a} ($I_{1a}=I(\pi/2, \pi/4)=I(\pi/2, 3\pi/4)$)，第二光电探测器8同时测量基准光电流 I_{1b} ，计算去除光源偏振波动影响后的光电流比值 $I_1=I_{1a}/I_{1b}$ ；

[0044] 步骤三：转动第二转盘12，使检偏器5与起偏器2的偏振方向之间的夹角 θ 变化 $\pi/2$ 角度，此时起偏器2和检偏器5的偏振方向相互平行，第一光电探测器6测量相应的光电流 I_{2a} ，此时 $I_{2a}=I(0, \pi/4)=I(0, 3\pi/4)$ ，第二光电探测器8同时测量基准光电流 I_{2b} ，计算去除光源偏振波动影响后的光电流比值 $I_2=I_{2a}/I_{2b}$ ；

[0045] 步骤四:采用与步骤二相同的方向转动第一转盘11,使夹角C同方向变化 $\pi/4$,第一光电探测器6测量相应的光电流 I_{3a} ,此时 $I_{3a}=I(0,\pi/2)$ 或 $I_{3a}=I(0,\pi)$,第二光电探测器8同时测量基准光电流 I_{3b} ,计算去除光源偏振波动影响后的光电流比值 $I_3=I_{3a}/I_{3b}$;

[0046] 步骤五:继续同方向转动第一转盘11,使夹角C再同方向变化 $\pi/2$,此时夹角C为 π 或 $3\pi/2$,第一光电探测器6测量相应的光电流 I_{4a} ,此时 $I_{4a}=I(0,\pi)$ 或 $I_{4a}=I(0,3\pi/2)$,第二光电探测器8同时测量基准光电流 I_{4b} ,计算去除光源偏振波动影响后的光电流比值 $I_4=I_{4a}/I_{4b}$;

[0047] 步骤六:反馈控制系统7根据公式 $PDL(in\ dB) = -5 \lg \frac{I_3}{I_4}$ 和 $\delta = \arccos \frac{I_2 - I_1}{\sqrt{I_3 \cdot I_4}}$,计算待测器

件4的PDL和相位延迟量;判断PDL是否大于预设容限,该容限大于0,其取值具体依据测量所需的精度而定;若是,转入步骤七;否则,结束操作。

[0048] 步骤七:同方向转动第一转盘11,使夹角C继续同方向变化 $\pi/8$,第一光电探测器6测量相应的光电流 I_{5a} ,此时 $I_{5a}=I(0,\pi/8)$ 或 $I_{5a}=I(0,5\pi/8)$;第二光电探测器8同时测量基准光电流 I_{5b} ,计算去除光源偏振波动影响后的光电流比值 $I_5=I_{5a}/I_{5b}$;

[0049] 步骤八:继续同方向转动第一转盘11,使夹角C再同方向变化 $\pi/2$,第一光电探测器6测量相应的光电流 I_{6a} ,此时 $I_{6a}=I(0,5\pi/8)$ 或 $I_{6a}=I(0,\pi/8)$;第二光电探测器8同时测量基准光电流 I_{6b} ,计算去除光源偏振波动影响后的光电流比值 $I_6=I_{6a}/I_{6b}$;

[0050] 步骤九:反馈控制系统7根据待测器件4的材料类型判断器件4的快轴方向,材料类型例如是正晶体还是负晶体,其快轴和慢轴的二向色性吸收系数 D_1 、 D_2 之间的相对大小关系:根据公式(4.f~4.g),当 $D_1 > D_2$ 时,若 $I_5 > I_6$,步骤一中对待测器件4标记的方向即为其快轴方向;反之,若 $I_5 < I_6$,步骤一中对待测器件4标记的方向即为其慢轴方向。当 $D_1 < D_2$ 时,若 $I_5 < I_6$,步骤一中对待测器件4标记的方向即为其快轴方向;反之,若 $I_5 > I_6$,步骤一中对待测器件4标记的方向即为其慢轴方向;检测过程结束。

[0051] 本发明所述的能同时进行光源偏振波动反馈控制的双折射器件相位延迟和PDL特性检测装置实现功能的方法可根据偏振光学的相关理论推导得到。如图1所示,装置中的输入与输出光信号的Stokes表示,即 S_{in} 和 S_{out} 之间满足以下关系:

$$[0052] S_{out} = M_A(\theta) \cdot M_C(C, \delta, D_1, D_2) \cdot M_P \cdot S_{in} \quad (1)$$

[0053] 其中, M_P 、 M_A 、 M_C 分别为起偏器2、检偏器5和待测器件4的穆勒矩阵;其中 θ 为检偏器5与起偏器2的偏振方向之间的夹角; C 、 δ 、 D_1 、 D_2 分别为待测器件4的快轴相对于起偏器2偏振方向的夹角、相位延迟量、以及快轴和慢轴的二向色性吸收系数。各矩阵的具体表达式如下:

$$[0054] \text{输入光信号的Stokes表示为: } S_{in} = \begin{pmatrix} S_0 \\ S_1 \\ S_2 \\ S_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ x \\ y \\ z \end{pmatrix}$$

[0055] 输入光信号通常情况下为部分偏振光,例如常见的近自然光源(如氙钨灯、卤素灯等)的偏振度通常在10%左右,而且由于输入光的偏振态随时间随机变化,输入光的x、y和z分量也会随时间随机变化,这会导致输出光电流的随机波动,为此,可采用实时监测装置监测光强波动,如图1所示。

[0056] 起偏器2: $M_p = \frac{1}{2} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$

[0057] 检偏器5: $M_A(\theta) = \frac{1}{2} \begin{pmatrix} 1 & \cos 2\theta & \sin 2\theta & 0 \\ \cos 2\theta & \cos^2 2\theta & \sin 2\theta \cdot \cos 2\theta & 0 \\ \sin 2\theta & \sin 2\theta \cdot \cos 2\theta & \sin^2 2\theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$

[0058] 待测器件4:

$$M_C(C, \delta, D_1, D_2) = \begin{pmatrix} D_1^2 + D_2^2 & (D_1^2 - D_2^2) \cdot \cos 2C & (D_1^2 - D_2^2) \cdot \sin 2C & 0 \\ (D_1^2 - D_2^2) \cdot \cos 2C & (D_1^2 + D_2^2) \cdot \cos^2 2C + 2D_1 D_2 \cos \delta \cdot \sin^2 2C & \frac{1}{2} \cdot \sin 4C \cdot (D_1^2 + D_2^2 - 2D_1 D_2 \cos \delta) & -2D_1 D_2 \sin \delta \cdot \sin 2C \\ (D_1^2 - D_2^2) \cdot \sin 2C & \frac{1}{2} \cdot \sin 4C \cdot (D_1^2 + D_2^2 - 2D_1 D_2 \cos \delta) & (D_1^2 + D_2^2) \cdot \sin^2 2C + 2D_1 D_2 \cos \delta \cdot \cos^2 2C & 2D_1 D_2 \sin \delta \cdot \cos 2C \\ 0 & 2D_1 D_2 \sin \delta \cdot \sin 2C & -2D_1 D_2 \sin \delta \cdot \cos 2C & 2D_1 D_2 \cos \delta \end{pmatrix}$$

[0060] 输出光信号Stokes表示中的S₀分量表达式如下:

$$\begin{aligned} S_0(x, \theta, C, \delta, D_1, D_2) &= (1+x) \cdot [D_1^2 + D_2^2 + (D_1^2 - D_2^2)] \cdot [\cos(2\theta - 2C) + \cos 2C] \\ &\quad + \cos 2\theta \cdot [(D_1^2 + D_2^2) \cdot \cos^2 2C + 2D_1 D_2 \cos \delta \cdot \sin^2 2C] + \frac{1}{2} \sin 2\theta \cdot \sin 4C \cdot (D_1^2 + D_2^2 - 2D_1 D_2 \cos \delta) \\ &= (1+x) \cdot A(\theta, C, \delta, D_1, D_2) \end{aligned} \quad (2)$$

[0062] 由于在任意波长处,光电探测器6所对应探测单元的输出光电流正比于该波长处输出光信号S₀分量的光强,即

[0063] $I(\theta, C) = \eta \cdot S_0(x, \theta, C, \delta, D_1, D_2) = \eta \cdot (1+x) \cdot A(\theta, C, \delta, D_1, D_2) \quad (3)$

[0064] 其中实数 η 为考虑探测器量子效率等因素影响而引入的小于1的比例系数,该值与本发明中最后的计算结果无关。由上述公式可知,输出光电流实际上是x、θ、D₁、D₂、C和δ的函数,其中实时变化量x的影响可通过将图1中第一光电探测器6和第二光电探测器8的光强相除来进行消除,而D₁、D₂和δ的值为本专利的待求量,为了后续公式(4.a~4.g)以及(5.a~5.b)表示的方便,此处将输出光电流I简写为I(θ,C)。在系统性能稳定的情况下,在任意一个确定的波长处,光电流I(θ,C)关于自变量θ和C均是周期为π的函数,而且在几个特殊角度有如下关系出现:

[0065] $I(0,0) = 4D_1^2 \quad (4.a)$

[0066] $I\left(0, \frac{\pi}{2}\right) = 4D_2^2 \quad (4.b)$

[0067] $I\left(0, \frac{\pi}{4}\right) = I\left(0, \frac{3\pi}{4}\right) = D_1^2 + D_2^2 + 2D_1 D_2 \cos \delta \quad (4.c)$

[0068] $I\left(\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{4}\right) = I\left(\frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{4}\right) = D_1^2 + D_2^2 - 2D_1 D_2 \cos \delta \quad (4.d)$

[0069] $I\left(\frac{\pi}{2}, 0\right) = I\left(\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}\right) = 0 \quad (4.e)$

[0070] $I\left(0, \frac{\pi}{8}\right) = \frac{3}{2} \cdot (D_1^2 + D_2^2) + \sqrt{2} \cdot (D_1^2 - D_2^2) + D_1 D_2 \cos \delta \quad (4.f)$

[0071] $I\left(0, \frac{5\pi}{8}\right) = \frac{3}{2} \cdot (D_1^2 + D_2^2) - \sqrt{2} \cdot (D_1^2 - D_2^2) + D_1 D_2 \cos \delta_2 \quad (4.g)$

[0072] 相位延迟器的PDL与二向色性吸收系数之间的关系为:

[0073] $PDL(\text{in } dB) = \left| -10 \lg \frac{D_2}{D_1} \right| = \left| -5 \lg \frac{I\left(k\pi, k\pi + \frac{\pi}{2}\right)}{I(k\pi, k\pi)} \right| \quad (5.a)$

[0074] 相位延迟器的相位延迟量:

[0075] $\delta = \arccos \frac{I\left(k\pi, k\pi + \frac{\pi}{4}\right) - I\left(k\pi + \frac{\pi}{2}, k\pi + \frac{\pi}{4}\right)}{\sqrt{I(k\pi, k\pi) \cdot I\left(k\pi, k\pi + \frac{\pi}{2}\right)}} \quad (5.b)$

[0076] 由公式(4.a~4.g)和(5.a~5.b)可知,在某一待测波长处,本发明所属装置对待测器件4的PDL和相位延迟量的测量方法如前所述,在步骤9结束之后,若使夹角C再同方向变化 $3\pi/8$,此时待测器件4的快轴方向与起偏器偏振方向平行。器件的光轴(或其等效光轴)与其快轴方向之间的关系为:对正晶体,快轴方向与光轴垂直;对负晶体,快轴方向与光轴平行。

[0077] 当波片的光轴方向在待测波长范围内不发生变化时,可根据上述理论推导,采用宽带光源同时测量待测器件4在待测波长范围内多个波长处的PDL和相位延迟量;但通常情况下,很多复合波片的光轴方向会随波长而变,此时可用波长可调光源分别对不同波长处的PDL和相位延迟量进行分别测量。

[0078] 上述虽然结合附图对本发明的具体实施方式进行了描述,但并非对本发明保护范围的限制,所属领域技术人员应该明白,在本发明的技术方案的基础上,本领域技术人员不需要付出创造性劳动即可做出的各种修改或变形仍在本发明的保护范围以内。

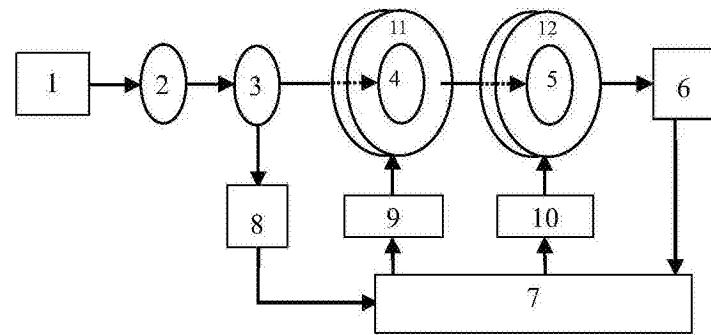


图1

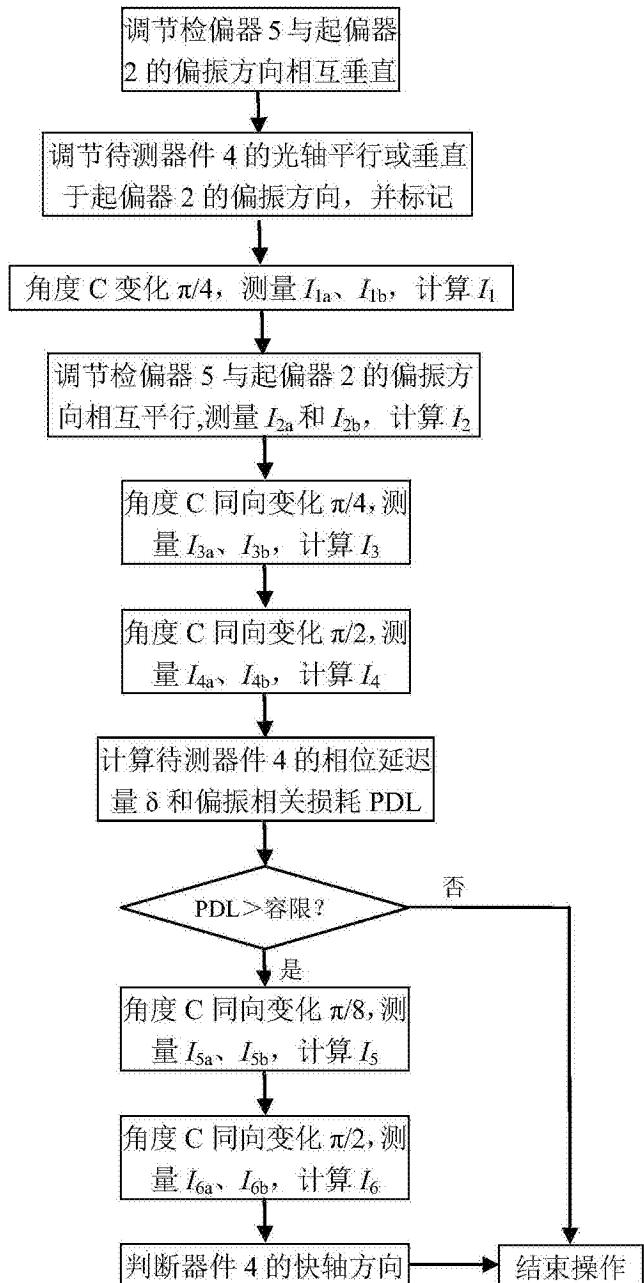


图2