



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106908003 B

(45)授权公告日 2019.05.14

(21)申请号 201710050449.2

(22)申请日 2017.01.23

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106908003 A

(43)申请公布日 2017.06.30

(73)专利权人 浙江理工大学
地址 310018 浙江省杭州市江干经济开发
区2号大街928号

(72)发明人 陈瑞品 高腾跃 钱朝阳 张晓雨

(74)专利代理机构 杭州求是专利事务有限公
司 33200

代理人 邱启旺

(51)Int.Cl.

G01B 11/14(2006.01)

G01B 11/02(2006.01)

(56)对比文件

CN 203687880 U,2014.07.02,

CN 102607435 A,2012.07.25,

CN 101458211 A,2009.06.17,

CN 101846553 A,2010.09.29,

CN 104034268 A,2014.09.10,

Tengyue Gao等.The Two-slit

Interference of Vector Optical Fields
with Radially-variant Polarization.

《Progress In Electromagnetic Research
Symposium》.2016,

Yongnan Li等.Young's two-slit
interference of vector light fields.

《OPTICS LETTERS》.2012,第37卷(第11期),

审查员 陈良泽

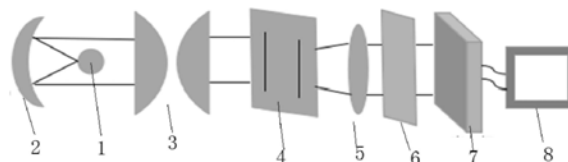
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

一种基于纵向偏振后的矢量光场的距离测
量系统及其应用

(57)摘要

本发明公开了一种基于纵向偏振后的矢量
光场的距离测量系统及其应用,包括矢量光源、
反光镜、双透镜、双缝、凸透镜、偏振片、光电探测器
和信号处理系统;将双缝设置在初始点位置,
将光电探测器设置在待测点位置,所述矢量光源
向反光镜发射矢量光,矢量光经反光镜反射后,
经双透镜调整光路宽度后,射入双缝,干涉光经
过偏振片滤波后,投射在光电探测器上,根据光
电探测器测得的光信息获得所述待测物体的距
离。该系统具有测量精度高,且结构简单,安装方
便,价格低廉,适用范围广的特点。



1. 一种基于纵向偏振后的矢量光场的距离测量系统,其特征在于,包括矢量光源(1)、反光镜(2)、双透镜(3)、双缝(4)、凸透镜(5)、纵向偏振片、光电探测器(7)和信号处理系统(8);将双缝(4)设置在初始点位置,将光电探测器(7)设置在待测点位置,所述矢量光源(1)向反光镜(2)发射矢量光,矢量光经反光镜(2)反射后,经双透镜(3)调整光路宽度后,形成半径为 ϵ 的光束,然后射入双缝(4),产生干涉;干涉光经凸透镜(5)聚焦后,射入纵向偏振片进行滤波,然后投射在光电探测器(7)上,光电探测器(7)测得经过偏振片滤波后的干涉图样中任一点P的光强I,并输入到信号处理系统(8),信号处理系统(8)通过计算获得初始点到待测点之间的距离 $d=2\pi bx/(\lambda\delta)$;

其中, $\delta = \arccos \left\{ \left[I_y / 2 \sin^2(m\theta_B + 2\pi\epsilon \frac{l}{r_0} + \theta_0) \right] - 1 \right\}$, I_y 为光强I的纵向分量,m为拓扑

荷数,b为狭缝间距,x为P点到干涉图样中心点的水平距离, $\theta_B = \arccos(b/(2\epsilon))$, λ 为矢量光波长, θ_0 为矢量光的初始相位, l/r_0 为矢量光沿径向的偏振态变化快慢参数;

在探测直线位移时,将所述光电探测器与待测物体连接,将所述双缝设置在待测物体直线运动的延长线上,根据光电探测器测得的光信息获得所述待测物体的实时位移。

2. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述的双缝(4)为微结构双缝。

3. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述的光电探测器(7)为面阵探测器或线阵探测器或点阵探测器。

4. 一种权利要求1所述系统在直线位移传感中的使用方法,其特征在于,该应用为,该方法为:将所述光电探测器(7)与待测物体连接,将所述双缝(4)设置在待测物体直线运动的延长线上,根据光电探测器(7)测得的光信息获得所述待测物体的实时位移。

一种基于纵向偏振后的矢量光场的距离测量系统及其应用

技术领域

[0001] 本发明涉及矢量光测位移领域,尤其涉及一种基于纵向偏振后的矢量光场的距离测量系统及其应用。

背景技术

[0002] 激光干涉法测位移。这是一种相对测量,它无法测得一个物体离仪器的绝对距离,但可以测得两被测物体的相对距离。它的原理是一台迈克尔逊干涉仪,利用反射镜距离变化时干涉条纹的变化来测量,反射镜从物体A运动到物体B,干涉条纹变化的数量反映了其距离。这种测量要求条件较高,但是可以精确测量,它也是目前所有测量手段中最精确的一种。而矢量光场测位移,是对光学测位移的一项技术革新,使得原来的干涉条纹由一维变为二维,极大的提高了系统灵敏度,使得位移测量更加的精确。

发明内容

[0003] 本发明的目的是在于提供一种基于纵向偏振后的矢量光场的距离测量系统及其应用。

[0004] 本发明通过以下技术方案来实现:一种基于纵向偏振后的矢量光场的距离测量系统,包括矢量光源、反光镜、双透镜、双缝、凸透镜、纵向偏振片、光电探测器和信号处理系统;将双缝设置在初始点位置,将光电探测器设置在待测点位置,所述矢量光源向反光镜发射矢量光,矢量光经反光镜反射后,经双透镜调整光路宽度后,形成半径为 ϵ 的光束,然后射入双缝,产生干涉;干涉光经凸透镜聚焦后,射入纵向偏振片进行滤波,然后投射在光电探测器上,光电探测器测得经过偏振片滤波后的干涉图样中任一点P的光强I,并输入到信号处理系统,信号处理系统通过计算获得初始点到待测点之间的距离 $d=2\pi bx/(\lambda\delta)$;

[0005] 其中, $\delta = \arccos \left\{ \left[I_y / 2 \sin^2 (m\theta_B + 2\pi\epsilon \frac{l}{r_0} + \theta_0) \right] - 1 \right\}$, I_y 为光强I的纵向分量,m为拓扑荷数,b为狭缝间距,x为P点到干涉图样中心点的水平距离, $\theta_B = \arccos (b/(2\epsilon))$, λ 为矢量光波长。 θ_0 为矢量光的初始相位, $1/r_0$ 为矢量光沿径向的偏振态变化快慢参数。

[0006] 进一步地,所述的双缝为微结构双缝。

[0007] 进一步地,所述的光电探测器为面阵探测器或线阵探测器,还可以是点阵探测器。

[0008] 一种距离探测系统在直线位移传感中的应用,其特征在于,该应用为,将所述光电探测器与待测物体连接,将所述双缝设置在待测物体直线运动的延长线上,根据光电探测器测得的光信息获得所述待测物体的实时位移。

[0009] 本发明的有益效果在于:该系统具有测量精度高,且结构简单,安装方便,价格低廉,适用范围广的特点。

附图说明

[0010] 图1为矢量光束通过双缝的演示;

[0011] 图2为双缝干涉装置示意图；

[0012] 图3为矢量光束投射原理图；

[0013] 图4为当初始相位为0,拓扑荷数为1,调控参数1为1时的干涉条纹图样。

[0014] 图中,矢量光源1、反光镜2、双透镜3、双缝4、凸透镜5、横向偏振片6、光电探测器7、信号处理系统8。

具体实施方式

[0015] 下面以横向偏振片为例,推导距离的计算。如图3所示,一种基于矢量光场的距离探测系统,包括矢量光源1、反光镜2、双透镜3、双缝4、凸透镜5、横向偏振片、光电探测器7和信号处理系统8;将双缝4设置在初始点位置,将光电探测器7设置在待测点位置,所述矢量光源1向反光镜2发射矢量光,矢量光经反光镜2反射后,经双透镜3调整光路宽度后,形成半径为 ϵ 的光束,然后射入双缝4,产生干涉;干涉光经凸透镜5聚焦后,射入横向偏振片进行滤波,然后投射在光电探测器7上,干涉条纹的产生通过以下方法实现:

[0016] 已知任意混合偏振态矢量光场的光场强度公式为

$$[0017] \quad E(r, \theta) = A_0 [\cos(m\theta + 2\pi l(r/r_0) + \theta_0) \bar{e}_x + \sin(m\theta + 2\pi l(r/r_0) + \theta_0) \bar{e}_y]$$

[0018] 其中 $r = (x^2 + y^2)^{1/2}$,即为经双透镜3调整光路宽度后的光束半径, $r = \epsilon$, $\theta = \arctan(y/x)$ 、 $1/r_0$ 为矢量光沿径向的偏振态变化快慢参数。 m 为拓扑荷数, θ_0 为初始相位, \bar{e}_x 和 \bar{e}_y 分别为 x 方向和 y 方向上的单位矢量, A_0 表示振幅,在接下来的推算中,我们认为 A 位于光束截面上任意一点均为恒定值。 r 表示在狭缝所在的 xy 平面上,笛卡尔坐标系中原点 to 考察点的距离。 θ 为光束横截面所在的极坐标系的方位角。如图1所示,在 xy 平面上存在AB两条狭缝,狭缝之间的距离为 b ,同时AB狭缝到原点的距离相同,并且相互平行,与 x 轴垂直,狭缝宽度为 a 。当由公式所表示的单体混合偏振态矢量光场通过两条狭缝后,可以等效为两个次级线光源,最后在平行于 xy 平面后的观测平面上进行叠加。我们取 d 为狭缝到观测平面的距离。假设狭缝的宽度足够小且长度无限,此外狭缝间距 b 的尺度与缝到观测平面的距离 d 相比也足够小。

[0019] 分解矢量光场进行理论计算:

[0020] 将混合偏振态矢量光场分解为 x 与 y 方向的两个分量偏振光,彼此相对独立。表达式分别写作:

$$[0021] \quad E_x(\theta) = \cos[m\theta + 2\pi l(r/r_0) + \theta_0]$$

$$[0022] \quad E_y(\theta) = \sin[m\theta + 2\pi l(r/r_0) + \theta_0]$$

[0023] 当光束到达AB狭缝时,光束可以看成是如图1所示,从图中可以看出,只有恰好位于狭缝所在位置的光线才可以通过狭缝。狭缝AB关于 y 轴对称,因此位于两狭缝上 y 坐标值相同的两个点所对应原点的方位角分别为 θ_A 与 θ_B 。我们可以发现 θ_A 与 θ_B 互为补角关系,即 $\theta_A = \pi - \theta_B$, $\theta_B = \arccos(b/(2\epsilon))$;当分解的 x 与 y 方向的偏振光场通过AB狭缝时,其表达式可以写为:

$$[0024] \quad E_x^A(\theta) = \cos[m\theta_A + 2\pi l(r/r_0) + \theta_0]$$

$$[0025] \quad E_x^B(\theta) = \cos[m\theta_B + 2\pi l(r/r_0) + \theta_0]$$

$$[0026] \quad E_y^A(\theta) = \sin[m\theta_A + 2\pi l(r/r_0) + \theta_0]$$

[0027] $E_y^B(\theta) = \sin[m\theta_B + 2\pi l(r/r_0) + \theta_0]$

[0028] 可以分别写出x方向偏振态分量以及y方向偏振态分量在干涉后的光强表达式 I_x 与 I_y 。首先我们令

[0029] $\varphi_A = m\theta_A + 2\pi l(r/r_0) + \theta_0$

[0030] $\varphi_B = m\theta_B + 2\pi l(r/r_0) + \theta_0$

[0031] 则 I_x 与 I_y 的光强表达式可以简化写为:

[0032] $I_x(x, y) = \cos^2 \varphi_A + \cos^2 \varphi_B + 2 \cos \varphi_A \cos \varphi_B \cos \delta$

[0033] $I_y(x, y) = \sin^2 \varphi_A + \sin^2 \varphi_B + 2 \sin \varphi_A \sin \varphi_B \cos \delta$

[0034] 其中 δ 为通过AB两狭缝光束之间的相位差。在杨氏双缝干涉实验中,如图2所示,设入射光源的初相位为 $\varphi_0(t)$,它是一个随机产生的量,考察位置P处分别接收来自(QAP)与(QBP)两个光扰动的相位分别写为:

[0035] $\varphi_1(t) = \varphi_0(t) - 2\pi r_1/\lambda$

[0036] $\varphi_2(t) = \varphi_0(t) - 2\pi r_2/\lambda$

[0037] 则相位差为:

[0038] $\delta = \varphi_1(t) - \varphi_2(t) = \arccos \left\{ \left[I_x / 2 \cos^2 (m\theta_B + 2\pi \varepsilon \frac{l}{r_0} + \theta_0) \right] - 1 \right\}$

[0039] $\delta = 2\pi b_x / (\lambda d)$

[0040] 其中d是双缝所在平面到光电传感器所在平面的距离,也就是我们所需要测量的距离。

[0041] 同理,当采用的偏振片为纵向偏振片时,

[0042] $\delta = \arccos \left\{ \left[I_y / 2 \sin^2 (m\theta_B + 2\pi \varepsilon \frac{l}{r_0} + \theta_0) \right] - 1 \right\}$ 。

[0043] 下面通过以下实验验证本发明所述方法的可靠性:

[0044] 设置试验距离5cm、20cm、1m,按照图3所示的布置方式布置矢量光源1、反光镜2、双透镜3、双缝4、凸透镜5、纵向偏振片、光电探测器7和信号处理系统8;并将双缝4设置在初始点位置,将光电探测器7设置在待测点位置,所述矢量光源1向反光镜2发射矢量光,矢量光经反光镜2反射后,经双透镜3调整光路宽度后,形成半径为 ε 的光束,然后射入双缝4,产生干涉;干涉光经凸透镜5聚焦后,射入纵向偏振片进行滤波,然后投射在光电探测器7上,光电探测器7测得经过偏振片滤波后的干涉图样中任一点P的光强I,并输入到信号处理系统8,信号处理系统8通过计算获得初始点到待测点之间的距离 $d = 2\pi b_x / (\lambda \delta)$;其中,

$$\delta = \arccos \left\{ \left[I_y / 2 \sin^2 (m\theta_B + 2\pi \varepsilon \frac{l}{r_0} + \theta_0) \right] - 1 \right\}, I_y \text{ 为光强 } I \text{ 的纵向分量, } m \text{ 为拓扑荷数, } b \text{ 为狭缝间距, } x \text{ 为 } P \text{ 点到干涉图样中心点的水平距离, } \theta_B = \arccos (b / (2\varepsilon)), \lambda \text{ 为矢量光波长. } \theta_0 \text{ 为矢量光的初始相位, } l/r_0 \text{ 为矢量光沿径向的偏振态变化快慢参数.}$$

[0045] 三个测量距离的结果输出如下表所示:

[0046]

设定距离	5cm	20cm	1m
测量结果	5.006cm	19.998cm	100.045cm

[0047] 本发明还提供上述距离探测系统在直线位移传感中的应用,该应用为,将所述光电探测器7与待测物体连接,将所述双缝4设置在待测物体直线运动的延长线上,根据光电探测器7测得的光信息获得所述待测物体的实时位移。

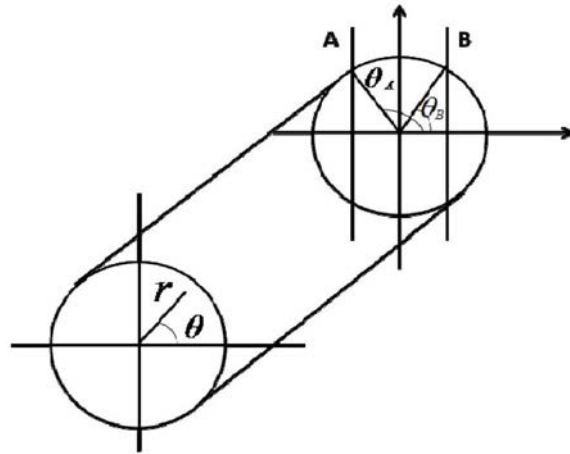


图1

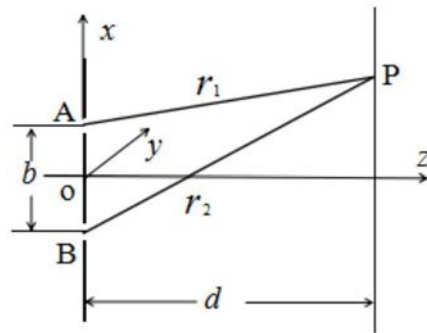


图2

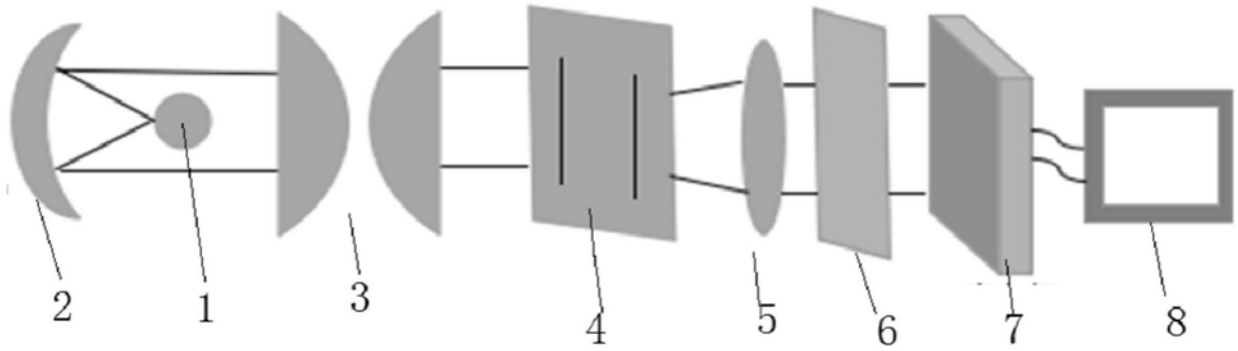


图3

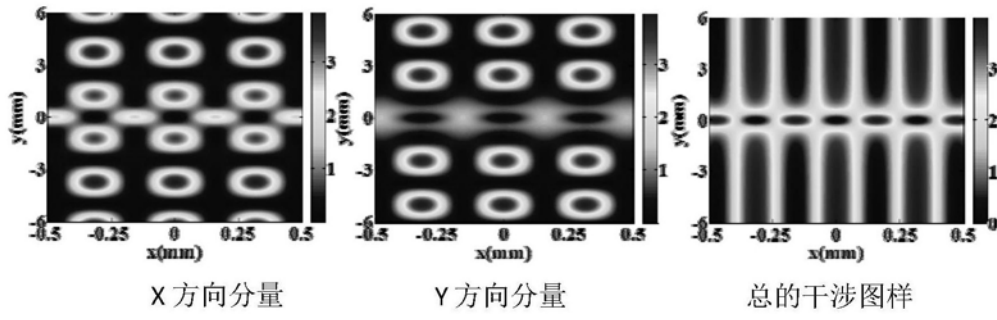


图4