



# (12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 207423124 U

(45)授权公告日 2018.05.29

(21)申请号 201721270566.1

(22)申请日 2017.09.29

(73)专利权人 中国科学院西安光学精密机械研究所

地址 710119 陕西省西安市高新区新型工业园信息大道17号

(72)发明人 卢振华 王先华 贾森

(74)专利代理机构 西安智邦专利商标代理有限公司 61211

代理人 汪海艳

(51)Int.Cl.

G01B 11/26(2006.01)

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

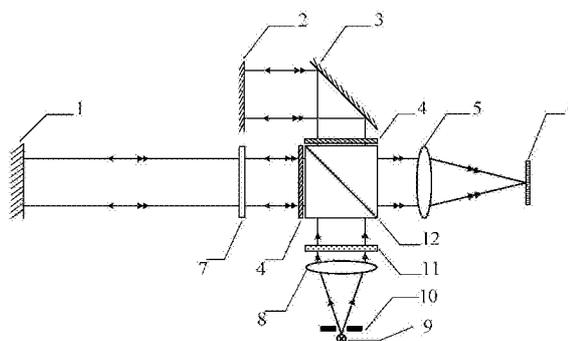
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

## (54)实用新型名称

基于偏振光束的自参考准直光路系统及光电自准直仪

## (57)摘要

本实用新型涉及一种基于偏振光束的自参考准直光路系统及光电自准直仪。将光源发出的光准直为平行光束后照射十字分划板；偏振分光棱镜将照射十字分划板后的光束分成两束偏振态相互垂直的线偏振光，偏振方向为水平的线偏振光经过1/4波片、平面反射镜后经参考反射面反射沿原路返回至偏振分光棱镜，再经过偏振分光棱镜反射进入接收光路系统成像；偏振方向为垂直的线偏振光经过1/4波片、窗口玻璃和被测反射面，经被测反射面反射后原路返回偏振分光棱镜，再经过偏振分光棱镜透射进入接收光路系统成像。利用被测面反射成像和参考面反射成像的位置差计算被测角度，有效抑制了激光光束指向变化对测量结果的影响。



1. 一种基于偏振光束的自参考准直光路系统,其特征在于:包括光源(9)、第一准直光学系统、十字分划板(11)、偏振分光棱镜(12)、被测光路系统、参考光路系统及接收光路系统;

所述第一准直光学系统用于将光源(9)发出的光准直为平行光束后照射十字分划板(11);

所述偏振分光棱镜(12)用于将照射十字分划板(11)后的光束分成两束偏振态相互垂直的线偏振光,其中一束线偏振光透射过偏振分光棱镜(12)后变为偏振方向为水平的线偏振光,另一束线偏振光经偏振分光棱镜(12)反射后变为垂直的线偏振光;

所述参考光路系统位于偏振方向为水平的线偏振光的出射光路中,所述被测光路系统位于偏振方向为垂直的线偏振光的出射光路中;

所述参考光路系统包括沿光路依次设置的1/4波片(4)、平面反射镜(3)及参考反射面(2),偏振方向为水平的线偏振光经过1/4波片(4)、平面反射镜(3)后经参考反射面(2)反射沿原路返回至偏振分光棱镜(12),再经过偏振分光棱镜(12)反射进入接收光路系统成像;

所述被测光路系统包括沿光路依次设置的1/4波片(4)、窗口玻璃(7)及被测反射面(1),偏振方向为垂直的线偏振光经过1/4波片(4)、窗口玻璃(7)和被测反射面(1),经被测反射面(1)反射后原路返回偏振分光棱镜(12),再经过偏振分光棱镜(12)透射进入接收光路系统成像。

2. 根据权利要求1所述的一种基于偏振光束的自参考准直光路系统,其特征在于:所述接收光路系统包括沿光路依次设置的第二准直光学透镜(5)及光电转换器件(6),所述光电转换器件(6)感光面位于第二准直光学透镜(5)的焦面上,光电转换器件(6)的感光面垂直于光轴,感光面中心位于光轴上。

3. 根据权利要求2所述的一种基于偏振光束的自参考准直光路系统,其特征在于:光电转换器件(6)采用高灵敏面阵光电传感器。

4. 根据权利要求3所述的一种基于偏振光束的自参考准直光路系统,其特征在于:所述高灵敏面阵光电传感器为EMCCD或者SCMOS。

5. 根据权利要求4所述的一种基于偏振光束的自参考准直光路系统,其特征在于:还包括小孔光阑(10),所述小孔光阑(10)位于光源(9)与第一准直光学系统之间。

6. 根据权利要求5所述的一种基于偏振光束的自参考准直光路系统,其特征在于:第一准直光学系统包括第一准直光学透镜(8),光源(9)位于第一准直光学透镜(8)的焦面上。

7. 根据权利要求1-6任一所述的一种基于偏振光束的自参考准直光路系统,其特征在于:光源(9)为单色光源。

8. 一种光电自准直仪,其特征在于:包括权利要求1-7任一所述的基于偏振光束的自参考准直光路系统。

## 基于偏振光束的自参考准直光路系统及光电自准直仪

### 技术领域

[0001] 本实用新型属于精密光电测量技术领域,尤其涉及一种基于偏振光束的自参考准直光路系统及光电自准直仪。

### 背景技术

[0002] 光电自准直仪是一种利用光学自准直原理测量微小角度变化的仪器,可分为自准直光路系统、光电接收系统和信号处理系统三部分。其中,自准直光路系统用于发出和接收准直光,光电接收系统用于实现光电信号的转换,信号处理系统用于完成信号的预处理、目标定位和偏转角的计算。

[0003] 光学自准直测角的基本原理为:单色点光源发出的光经过准直光学系统后平行于主光轴射出,出射光经被测物体反射后返回光学系统,并在光电接收系统的感光面上成像。若被测物体的反射面垂直于准直光学系统的主光轴,则光按原路返回,此时返回光在光电传感器上所成的像斑中心标定为系统零位;当被测物体的反射面法线方向与光学系统的主光轴有一夹角时,则反射光像斑中心与系统零位存在一定偏移量,根据几何光学的基本原理即可通过这一偏移量计算出被测物体的反射面法线方向与光学系统主光轴之间的夹角。

[0004] 由于半导体激光器具有单色性好、能量强,易于获得高分辨力、远距离测量的光学系统等优点,因此,高精度自准直系统中单色光源一般采用半导体激光器。然而目前采用半导体激光器作为光源的光学自准直系统的测角精度难以进一步提高,出现了测不准现象。引起这种现象的重要原因就是半导体激光器光束指向具有抖动性,这种指向抖动性是由半导体激光器的发光机理导致。光束指向抖动直接导致准直成像位置抖动,是自准直系统测量精度进一步提高的主要障碍。因此,如何降低这种光束指向抖动性对自准直系统测量精度的影响,是进一步提高基于半导体激光器的自准直系统性能的关键。

[0005] 另外,自准直系统中受到反射面和距离等因素的影响,光电传感器接收到的光能量变化范围较大,为此提高光电传感器的动态范围是解决这一问题的关键。

### 实用新型内容

[0006] 本实用新型的目的是提供一种基于偏振光束的具有自参考功能的自准直光路系统,可以有效的抑制半导体激光光束指向抖动对自准直光学系统的影响,提高自准直系统的测角精度。

[0007] 本实用新型的技术解决方案是提供一种基于偏振光束的自参考准直光路系统,其特殊之处在于:包括光源9、第一准直光学系统、十字分划板11、偏振分光棱镜12、被测光路系统、参考光路系统及接收光路系统;

[0008] 上述第一准直光学系统用于将光源9发出的光准直为平行光束后照射十字分划板11;

[0009] 上述偏振分光棱镜12用于将照射十字分划板11后的光束分成两束偏振态相互垂直的线偏振光,其中一束线偏振光透射过偏振分光棱镜12后变为偏振方向为水平的线偏振

光,作为接收光路系统中第二准直光学系统的平行光,另一束线偏振光经偏振分光棱镜12反射后变为垂直的线偏振光;

[0010] 上述参考光路系统位于偏振方向为水平的线偏振光的出射光路中,上述被测光路系统位于偏振方向为垂直的线偏振光的出射光路中;

[0011] 上述参考光路系统包括沿光路依次设置的1/4波片4、平面反射镜3及参考反射面2,偏振方向为水平的线偏振光经过1/4波片4、平面反射镜3后经参考反射面2反射沿原路返回至偏振分光棱镜12,之间由于两次经过1/4波片4,所以偏振态改变90度,最终经过偏振分光棱镜12反射进入接收光路系统成像;

[0012] 上述被测光路系统包括沿光路依次设置的1/4波片4、窗口玻璃7及被测反射面1,偏振方向为垂直的线偏振光经过1/4波片4、窗口玻璃7和被测反射面1,经被测反射面1反射后原路返回偏振分光棱镜12,之间同样由于两次经过1/4波片4,所以偏振态改变90度,最终经过偏振分光棱镜12透射进入接收光路系统成像。

[0013] 两路光学系统中利用的是同一个分划板,经过两路光学系统之后,最终分划板在光电成像系统中会得到两个图像,利用图像处理和像元细分等算法计算两个图像的位置差别,并利用该差别计算被测角度。

[0014] 优选地,上述接收光路系统包括沿光路依次设置的第二准直光学透镜5及光电转换器件6,上述光电转换器件6感光面位于第二准直光学透镜5的焦面上,光电转换器件6的感光面垂直于光轴,感光面中心位于光轴上。

[0015] 优选地,因为本实用新型中涉及的准直光学系统均是二维系统,所以本实用新型光电转换器件6采用高灵敏面阵光电传感器,如:EMCCD或者SCMOS,同时,利用高灵敏面阵光电传感器可以提高测量的动态范围,可以在反射光强较弱时,仍然保持较高的测量精度。

[0016] 优选地,该系统还包括小孔光阑10,上述小孔光阑10位于光源9与第一准直光学系统之间。

[0017] 优选地,第一准直光学系统包括第一准直光学透镜,光源9位于第一准直光学透镜的焦面上。

[0018] 优选地,光源9为单色光源9。

[0019] 本实用新型还提供一种利用上述的一种基于偏振光束的自参考准直光路系统计算被测角度的方法,包括以下步骤:

[0020] 步骤一:调整参考反射面2的方向,使参考像位于接收光路系统感光面的中心位置;

[0021] 步骤二:将光源9出射光准直后照射十字分划板11;

[0022] 步骤三:利用偏振分光棱镜12将照射十字分划板11后的光束分为两束偏振态相互垂直的线偏振光,其中一束线偏振光被偏振分光棱镜12反射,另一束线偏振光被偏振分光棱镜12透射;

[0023] 步骤四:调整被偏振分光棱镜12反射的线偏振光的偏振态后经窗口玻璃7照射被测反射面1,由被测反射面1反射后原路返回至偏振分光棱镜12,被偏振分光棱镜12透射后,经准直后在光电传感器成像;

[0024] 调整被偏振分光棱镜12透射的线偏振光的偏振态后使其照射参考反射面2,由参考反射面2反射后原路返回至偏振分光棱镜12,被偏振分光棱镜12反射后,经准直后在光电

传感器成像；

[0025] 步骤五：利用图像处理和像元细分算法计算步骤四中得到的两个图像的位置差别，并利用该差别计算被测角度。

[0026] 测量过程中，如果被测像和参考像的亮度差别较大时，利用高灵敏面阵光电传感器的高增益模式采集被测像，利用其低增益模式采集参考像。

[0027] 本实用新型还提供一种光电自准直仪，其特殊之处在于：包括上述的基于偏振光束的自参考准直光路系统。

[0028] 在测量角度前，可以将被测反射面和参考反射面调节到平行，具体方法是调整参考反射面，直到经参考反射面和被测反射面所成的像重合。如果测量前未能将参考反射面和被测反射面调节到平行，则测量前首先记录经参考反射面和被测反射面所成的像的位置差，测量后再次记录两者位置差，最终利用两次位置差计算测量角度。

[0029] 本实用新型的有益效果是：

[0030] 1、本实用新型利用被测面反射成像和参考面反射成像的位置差计算被测角度，激光光束指向发生变化时，被测面反射成像和参考面反射成像同时移动，且移动方向相同，这就有效抑制了激光光束指向变化对测量结果的影响；

[0031] 2、本实用新型利用高灵敏面阵光电传感器件6作为接受器件，提高接收系统的信噪比，提高探测的动态范围，最终提高测量系统的使用范围，在反射光强较弱时，仍然保持较高的测量精度。

## 附图说明

[0032] 图1为本实用新型的光路示意图；

[0033] 图中附图标记为：1-被测反射面，2-参考反射面，3-平面反射镜，4-1/4波片，5-第二准直光学透镜，6-光电转换器件，7-窗口玻璃，8-第一准直光学透镜，9-光源，10-小孔光阑，11-十字分划板，12-偏振分光棱镜。

## 具体实施方式

[0034] 以下结合附图与具体实施例对本实用新型做进一步的描述。

[0035] 从图1可以看出，本实用新型具有自参考功能的高精度、高信噪比的自准直光路系统，包括光源9、小孔光阑10、第一准直光学透镜8、十字分划板11、偏振分光棱镜12、被测光路系统、参考光路系统及接收光路系统；本光路系统可用于光电自准直仪。

[0036] 接收光路系统包括沿光路依次设置的第二准直光学透镜5及光电转换器件6，光电转换器件6的感光面设于第二准直光学透镜5的焦面上，光电转换器件6的感光面垂直于光学系统的光轴，感光面中心位于光轴上。其中光电转换器件6采用高灵敏面阵光电传感器，比如EMCCD或者SCMOS。

[0037] 被测光路系统包括沿光路依次设置的1/4波片4、窗口玻璃7及被测反射面1；参考光路系统包括沿光路依次设置的1/4波片4、平面反射镜3及参考反射面2。

[0038] 光源9为单色光源，指半导体激光器产生的激光等，经小孔光阑10出射的点光源9位于光源光路中，并设于第一准直光学透镜8的焦面上。

[0039] 该系统包括基于同一光源9的两路准直成像系统，其中第一路用于测量被测反射

面1的准直成像,其光路过程如下:点光源9-小孔光阑10-第一准直光学透镜8-十字分划板11-偏振分光棱镜12-1/4波片4-窗口玻璃7-被测反射面1-窗口玻璃7-1/4波片4-偏振分光棱镜12-第二准直光学透镜5-光电接收系统;第二路用于参考反射面2准直成像,其光路过程如下:点光源9-小孔光阑10-第一准直光学透镜8-十字分划板11-偏振分光棱镜12-1/4波片4-平面反射镜3-参考反射面2-平面反射镜3-1/4波片4-偏振分光棱镜12-第二准直光学透镜5-光电接收系统。

[0040] 测量过程如下:光源9发出光经小孔光阑10后形成点光源,由第一准直光学透镜8准直为平行光束,之后照射十字分划板11,然后经偏振分光棱镜12之后,平行光束被分成两束线偏振光,其中一束透射后变为偏振方向为水平的线偏振光(对应于双折射晶体出射的e光)。另一束是被反射变成垂直的线偏振光(对应于双折射晶体出射的o光)。

[0041] 其中,被偏振分光棱镜12透射过去的水平线偏振光(即e光)经过1/4波片4,再由平面反射镜3和参考反射面2反射后原路返回,再次经过1/4波片4之后变成垂直的线偏振光(对应于双折射晶体出射的o光),垂直线偏振光(即o光)被偏振分光棱镜12反射进入第二准直光学透镜5,第二准直光学透镜5将平行光成像在光接收系统的光电转换器感光面上(参考像);另一路,被偏振分光棱镜12反射的垂直线偏振光(即o光),经过1/4波片4之后,透过设备窗口玻璃7,之后由被测反射面1返回,再次经过窗口玻璃7和1/4波片4,变成e光,透射通过偏振分光棱镜12之后由第二准直光学透镜5成像在光电传感器感光面上(被测像)。

[0042] 测量之前,调整参考反射面2的方向,使参考像位于感光面的中心位置。测量过程中,如果被测像和参考像的亮度差别较大时,利用高灵敏面阵光电传感器的高增益模式采集被测像,利用其低增益模式采集参考像。测量时通过被测像和参考像之间的位置差和光学系统参数,计算得出被测角度。

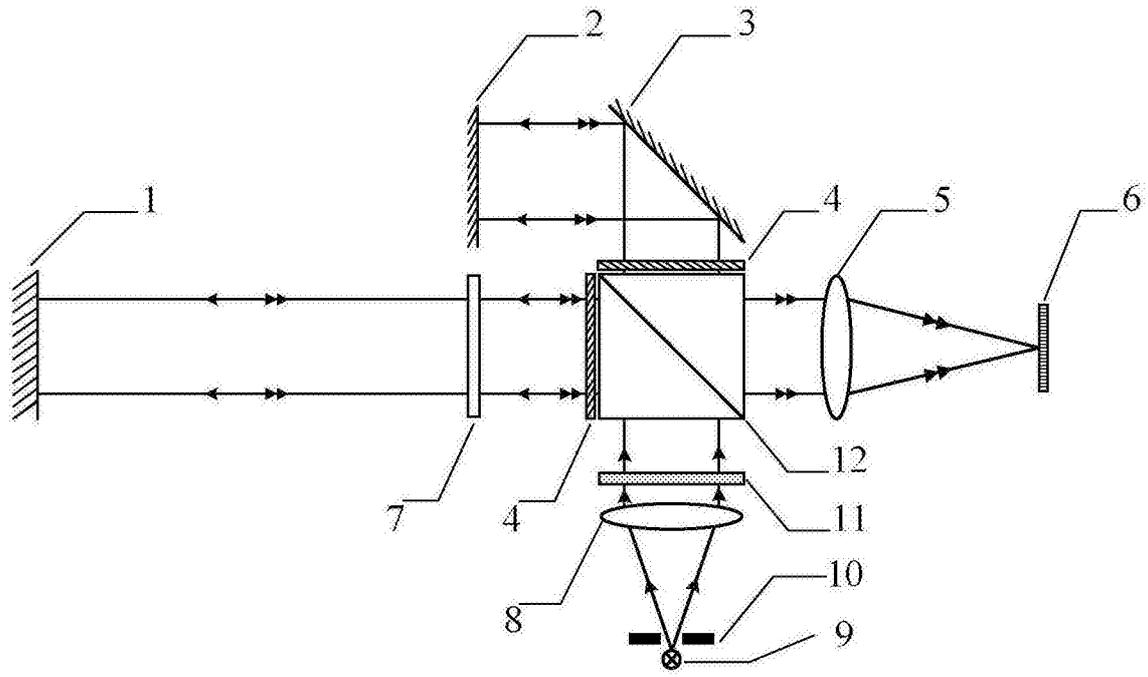


图1