



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 214502376 U

(45) 授权公告日 2021. 10. 26

(21) 申请号 202121094433.X

(22) 申请日 2021.05.21

(73) 专利权人 中国计量大学

地址 310018 浙江省杭州市学源街258号中国计量大学

(72) 发明人 张浩然 李劲松 苏衍峰 王洵园

(51) Int. Cl.

G01B 11/02 (2006.01)

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

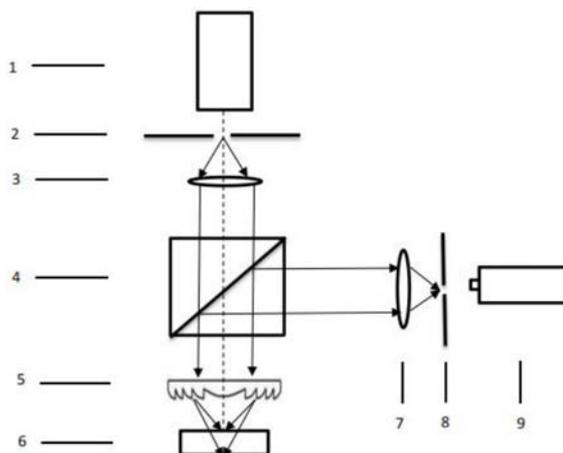
权利要求书1页 说明书3页 附图1页

(54) 实用新型名称

一种大量程的光谱共焦位移检测装置

(57) 摘要

本实用新型提供一种大量程的光谱共焦位移检测装置,包括白光光源、狭缝、准直透镜、分光棱镜、菲涅尔透镜、被测物、聚焦透镜、光谱仪,其中:白光光源出射一束白光,通过狭缝和准直透镜进入分光棱镜,并在经过菲涅尔透镜后沿光轴方向色散,不同波长的光会聚于光轴不同位置,聚焦在被测物表面上的光束发生反射并原路返回,经过分光棱镜和聚焦透镜,入射狭缝后的光谱仪内。光谱仪接收两个由共焦特性选择出来的特定波长,并由特定波长解得对应焦距差值,即为被测物位移距离。本装置利用菲涅尔透镜将不同波长的光束聚焦在光轴不同位置,从而产生轴向色散,并极大增加了光源波长对应的焦点之间的极限距离,从而将位移检测装置的量程扩大两个数量级。



1. 一种大量程的光谱共焦位移检测装置,包括白光光源、狭缝、准直透镜、分光棱镜、菲涅尔透镜、被测物、聚焦透镜和光谱仪,其特征在于,白光光源与被测物之间共轴且依次放置狭缝、准直透镜、分光棱镜和菲涅尔透镜,在分光棱镜右侧依次放置聚焦透镜、狭缝和光谱仪。

2. 根据权利要求1所述的一种大量程的光谱共焦位移检测装置,其特征在于:所述的菲涅尔透镜位于分光棱镜和被测物之间,该菲涅尔透镜的主焦距可以按实际需求自主制定。

一种大量程的光谱共焦位移检测装置

技术领域

[0001] 本实用新型属于光学非接触式精密位移测量领域,特别涉及一种大量程的光谱共焦位移检测装置。

背景技术

[0002] 光谱共焦位移检测是一种精密位移测量装置,原理为:由光源射出一束复色光(呈白色),通过透镜组聚焦于被测物表面,量程范围内形成不同波长的单色光,每一个波长的焦点都对应一个距离值。测量光射到物体表面被反射回来,只有满足共焦条件的单色光,可以通过狭缝被光谱仪感测到,通过计算探测到的光波波长对应的焦点差值,获得被测物位移距离。光谱共焦位移测量装置已在精密非接触测量广泛使用,特别是在亚微米领域、被测物表面多样化的领域已经是极少数可行方案之一。

[0003] 在先技术中,存在光谱共焦位移传感器,中北大学的刘宾,魏交统等人曾发明一种光谱共焦位移传感器,专利名称为一种光谱共焦位移传感器,授权专利号为CN 107084665 A,授权公布日为2017年8月22日。该实用新型是在透镜组前加装起偏器组,使得光束具有偏振态,再利用检偏器的检测分析完成同一台设备实现多点位移的同步测量。但是该实用新型的量程只有2毫米左右。另外,合肥工业大学的钟翔,桂栋梁等人发明了一种基于啁啾光纤光栅的光谱共焦位移传感器,专利授权号为CN 110567379 B,授权日期为2021年3月30号,该发明是利用啁啾光纤光栅实现色散,代替了结构复杂的色散透镜,实现了精密测量系统的小型化,但是该发明的量程也被缩小至了50微米,由此可见在先技术中的光谱共焦位移传感器的量程被限制,这使得装置的适用范围有所局限。

实用新型内容

[0004] 有鉴于此,本实用新型的目的是:实现大量程的位移精密检测。

[0005] 为达到上述目的,本实用新型的技术方案具体是这样实现的:

[0006] 本实用新型提供了一种大量程的光谱共焦位移检测装置,包括:白光光源、狭缝、准直透镜、分光棱镜、菲涅尔透镜、被测物、聚焦透镜和光谱仪。所述白光光源与被测物之间共轴且依次放置狭缝、准直透镜、分光棱镜和菲涅尔透镜,在分光棱镜右侧依次放置聚焦透镜、狭缝和光谱仪。

[0007] 本实用新型提供了一种大量程的光谱共焦位移检测装置,其工作流程如下:

[0008] 白光光源发出一束白光,经过狭缝和准直透镜后出射平行光,进入分光棱镜后,部分光束进入菲涅尔透镜,并在经过菲涅尔透镜后沿光轴方向色散,不同波长的光会聚于光轴不同位置,当到达主光轴上的被测物表面时,发生反射并原路返回。由于被测物位置发生改变,两次反射光的波长不同。两束光波再经过分光棱镜和聚焦透镜,进入狭缝后的光谱仪中。光谱仪可测得这两束光波的波长峰值,以确定被测面之间的位移距离。

[0009] 所述的菲涅尔透镜位于分光棱镜和被测物之间,该菲涅尔透镜的主焦距可以根据需求自主制定。

[0010] 由于采用了上述的技术方案,本实用新型所取得的有益效果是:

[0011] 本装置利用菲涅尔透镜将不同波长的光束聚焦在光轴不同位置,从而产生轴向色散,并极大增加了光源波长对应的焦点之间的极限距离,从而将位移检测装置的量程扩大两个数量级;同时,菲涅尔透镜相较于常见透镜组的色散透镜,成本大幅降低。

附图说明

[0012] 构成本实用新型的附图用来提供对本实用新型的进一步理解,本实用新型的示意性实施例及其说明用于解释本实用新型,并不构成对本实用新型的不当限定。

[0013] 图1为本实用新型结构示意图;

[0014] 附图标记说明:1-白光光源;2-狭缝;3-准直透镜;4-分光棱镜;5-菲涅尔透镜;6-被测物;7-聚焦透镜;8-狭缝;9-光谱仪。

具体实施方式

[0015] 需要说明的是,在不冲突的情况下,本实用新型中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。以下结合附图对本实用新型的实施例进行说明,这些附图均为简化的示意图,仅以示意;

[0016] 本实用新型提供了一种大量程的光谱共焦位移检测装置,如图1为一种大量程的光谱共焦位移检测装置结构示意图,其中包括白光光源(1);狭缝(2);准直透镜(3);分光棱镜(4);菲涅尔透镜(5);待测物(6);聚焦透镜(7);狭缝(8);光谱仪(9)。

[0017] 所述实施例中菲涅尔透镜主焦距为 $f_0=600\text{mm}$,对应波长为 $\lambda_0=600\text{nm}$ 。

[0018] 所述实施例中光谱仪为FX2000,其探测范围为 $200\text{nm}-1100\text{nm}$,涵盖可见光的波长范围,且该光谱仪分辨率最高可以达到 0.24nm ,配合扩大了两个数量级的检测量程,大大提升了该装置的适用范围。

[0019] 本装置在工作时,由白光光源(1)出射一束白光光束,经过狭缝(2)和准直透镜(3)后形成平行光束,之后经过分光棱镜(4),部分光束进入菲涅尔透镜(5)中,经过菲涅尔透镜(5)后不同波长的光波会聚于光轴上不同的位置,产生轴向色散。聚焦在被测物表面的光束发生反射并原路返回。当被测物(6)的表面位移距离在装置量程内时,两次在被测物反射的光束再次经过菲涅尔透镜(5),分光棱镜(4)及右侧的聚焦透镜(7),进入狭缝(8)后的光谱仪(9),光谱仪分析出共焦特性选择出来的特定波长,得到对应的峰值波长,并根据相应的峰值波长求解出被测物位移的距离。

[0020] 在实施例中的白光光源波长范围为 $380\text{nm}-760\text{nm}$ 时,根据菲涅尔透镜满足的公式 $\lambda f=f_0 \times \lambda_0$,代入实施例中的主焦距 f_0 及对应波长 λ_0 ,解得长波长与短波长对应焦点之间的距离为 478mm ,即为本实施例中大量程光谱共焦位移检测装置的量程。相较于常见的量程为 1mm 的光谱共焦位移检测装置,本实施例中的量程是常见量程的478倍。

[0021] 为了更好的理解该实用新型装置,对本实用新型理论部分进行补充说明:

[0022] 在光学系统中,菲涅尔透镜的结构基于半波带板,可以看作是多个同心圆环制成的多台阶的位相形结构。每一个同心圆环都会将光波会聚到光轴上,且菲涅尔透镜满足:

$$[0023] \quad f=r^2/m\lambda$$

[0024] 其中 r 为圆环半径, f 为焦距, λ 为光波波长, m 为波带数,因此复色光中不同波长的

光经过菲涅尔透镜后会有不同的聚焦点,从而产生轴向色差,利用轴向色差实现波长信息与焦距值之间的转化,是光谱共焦测量系统得到实现的关键。该系统的量程为白光光源的长波长与短波长之间的聚焦点之间的距离值L,公式为:

$$[0025] \quad L=f(\lambda_{\min})-f(\lambda_{\max})$$

[0026] 菲涅尔透镜主焦距可以自主定制,如果其主焦距为 f_0 ,对应有波长 λ_0 ,则其他入射波长的焦距与中心波长的焦距满足:

$$[0027] \quad f=\frac{\lambda_0 f_0}{\lambda}$$

[0028] 综合上述公式,光束经过菲涅尔透镜时,波长与焦距成反比,通过确定主焦距及其对应波长,可以使得其他波长对应的焦距差值增大,即检测装置的量程也极大增加。检测装置的量程可以表示为:

$$[0029] \quad L=\frac{\lambda_0 f_0}{\lambda_{\min}}-\frac{\lambda_0 f_0}{\lambda_{\max}}$$

[0030] 另外,光谱仪分辨率也是影响整个光谱共焦系统测量精度的因素,需根据实际需求进行选择。由于本系统的光源是白光光源,光谱仪的选择必须要包含白光光源的波长范围。

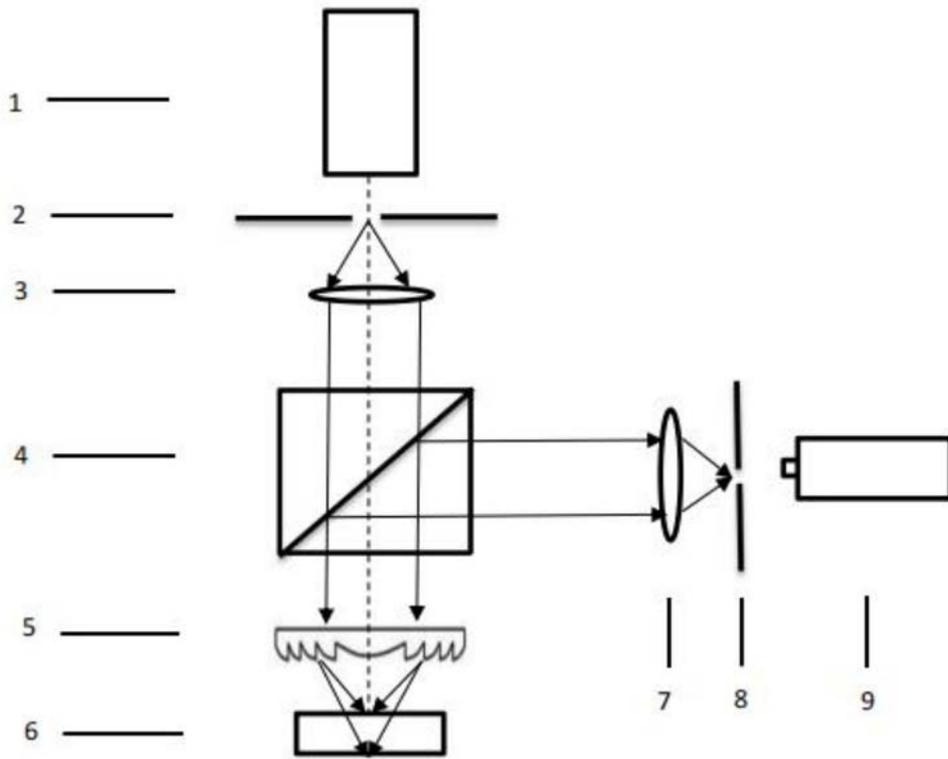


图1