



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110888177 A

(43)申请公布日 2020.03.17

(21)申请号 201911272237.4

(22)申请日 2019.12.12

(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 130033 吉林省长春市东南湖大路3888号

(72)发明人 董磊 王建立 李洪文 王斌

(74)专利代理机构 长春众邦菁华知识产权代理有限公司 22214

代理人 张伟

(51)Int.Cl.

G01V 8/10(2006.01)

G01C 21/02(2006.01)

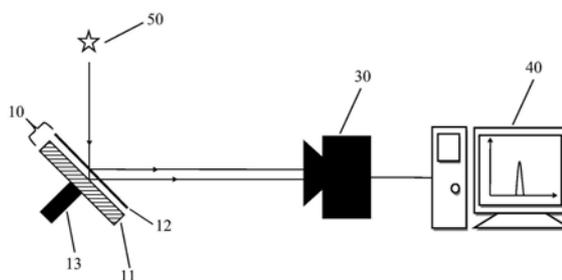
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

一种新型强天光背景下暗弱目标探测装置

(57)摘要

本发明涉及一种新型强天光背景下暗弱目标探测装置,属于光学搜索跟踪设备及星敏感器技术领域,该装置利用剪切干涉仪实现目标光的干涉,形成剪切干涉条纹,并且利用剪切干涉仪实现剪切干涉条纹的周期性往返运动,进而实现目标光信号的频率调制,然后利用探测器将两路横向剪切光束的光信号转换为电信号,最后利用微弱信号检测设备对受调制的目标信号进行检测并抑制包含天光背景在内的主要噪声的影响,实现对暗弱目标信号的探测。本发明所提出的新型强天光背景下暗弱目标探测装置能够克服近距离目标难以干涉的问题并且能够大大提升能量利用率,提高了暗弱目标探测星等和对天光背景的抑制能力。



1. 一种新型强天光背景下暗弱目标探测装置,其特征在於,包括:

剪切干涉仪(10),用于将包含目标光和天光背景光的入射光束形成两路横向剪切光束,且周期性调制两路所述横向剪切光束的剪切量,使两路所述横向剪切光束中的所述目标光形成运动的剪切干涉条纹;

所述探测器(30),用于将两路所述横向剪切光束的光信号转换为电信号,并将所述电信号发送至微弱信号检测设备(40);

所述微弱信号检测设备(40),用于从所述电信号中探测和提取所述目标光对应的目标信号。

2. 根据权利要求1所述的新型强天光背景下暗弱目标探测装置,其特征在於,还包括位于剪切干涉仪(10)与所述探测器(30)之间的缩束镜头(20);

所述缩束镜头(20)用于压缩两路所述横向剪切光束的条纹场的覆盖区域。

3. 根据权利要求1或2所述的新型强天光背景下暗弱目标探测装置,其特征在於,

所述剪切干涉仪(10)包括反射镜(11)和位于所述反射镜(11)前的分光元件,所述分光元件为分光膜(12)、分光平板和分光棱镜中的任意一种。

4. 根据权利要求3所述的新型强天光背景下暗弱目标探测装置,其特征在於,所述剪切干涉仪(10)还包括促动器(13);

所述促动器(13)固定安装在所述反射镜(11)的背面,且所述促动器(13)做周期性线性往返运动,以周期性调制两路所述横向剪切光束的剪切量。

5. 根据权利要求4所述的新型强天光背景下暗弱目标探测装置,其特征在於,

所述促动器(13)为压电陶瓷促动器或者音圈电机促动器。

6. 根据权利要求1或2所述的新型强天光背景下暗弱目标探测装置,其特征在於,

所述探测器(30)为光电二极管阵列探测器、雪崩光电二极管阵列探测器、光电倍增管阵列探测器和微通道板探测器中的任意一种。

7. 根据权利要求1或2所述的新型强天光背景下暗弱目标探测装置,其特征在於,

所述微弱信号检测设备(40)采用基于锁相放大器或者取样积分器作为核心器件的微弱周期性信号检测设备,且所述微弱周期性信号检测设备的处理通道数等于所述探测器(30)的像元数。

8. 根据权利要求1所述的新型强天光背景下暗弱目标探测装置,其特征在於,

所述剪切干涉仪(10)包括剪切平板结构。

9. 根据权利要求1所述的新型强天光背景下暗弱目标探测装置,其特征在於,

所述剪切干涉仪(10)包括双折射棱镜结构。

10. 根据权利要求1所述的新型强天光背景下暗弱目标探测装置,其特征在於,

所述剪切干涉仪(10)包括双光栅结构。

## 一种新型强天光背景下暗弱目标探测装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及光学搜索跟踪设备及星敏感器技术领域,特别是涉及一种新型强天光背景下暗弱目标探测装置。

### 背景技术

[0002] 光学搜索跟踪技术是一个应用很广泛的通用技术,可用于激光束的精确指向、飞行平台的位置和姿态保持以及大口径光电望远镜的高精度跟瞄等。恒星跟踪设备,通常被称为星敏感器,通过探测较大区域的星场分布从而获得飞行器(卫星等)的位置和姿态信息。

[0003] 现有光学搜索跟踪装置受太阳和天光背景的影响,其探测时段、探测能力和测量精度受到严重制约。而现有抑制天光背景噪声的方法(主要包括:视场控制法、光谱滤波法、偏振滤波法等)均有其局限性,主要体现在以下几点:对于视场控制法,其缺点是视场较小,且在强天光背景下抑制能力不佳;对于光谱滤波法,其缺点是当目标与天光背景的光谱相近时难以区分目标光和天光背景的光谱能量峰值;对于偏振滤波法,一般需要提前预估目标光和天光背景的偏振态的差异,而由于偏振态的差异随着目标轨道运动和姿态以及太阳高度角等的变化而改变,故具体实现较为复杂且对应用时段和场景也有一定要求。因此,基于现有抑制天光背景噪声方法的暗弱目标探测器往往存在暗弱目标探测星等较低、对环境适应性较差等问题。

### 发明内容

[0004] 基于此,有必要针对现有的暗弱目标探测器存在暗弱目标探测星等较低、对环境适应性较差等问题,提供一种新型强天光背景下暗弱目标探测装置。

[0005] 为解决上述问题,本发明采取如下的技术方案:

[0006] 一种新型强天光背景下暗弱目标探测装置,包括:

[0007] 剪切干涉仪,用于将包含目标光和天光背景光的入射光束形成两路横向剪切光束,且周期性调制两路所述横向剪切光束的剪切量,使两路所述横向剪切光束中的所述目标光形成运动的剪切干涉条纹;

[0008] 所述探测器,用于将两路所述横向剪切光束的光信号转换为电信号,并将所述电信号发送至微弱信号检测设备;

[0009] 所述微弱信号检测设备,用于从所述电信号中探测和提取所述目标光对应的目标信号。

[0010] 与现有技术相比,本发明具有以下有益效果:

[0011] 本发明所提出的新型强天光背景下暗弱目标探测装置利用剪切干涉仪接收包含目标光和天光背景光的入射光束,将入射光束形成两路横向剪切光束,利用尺寸远小于天光背景范围的目标的远场相干区域较大的特性,实现两路横向剪切光束中目标光的干涉,同时在两个剪切光路中引入周期性变化的光程差,从而周期性调制两路横向剪切光束的剪

切量,使两路横向剪切光束中的目标光形成运动的剪切干涉条纹,探测器将变化的光信号转换为电信号,接着通过后续的微弱信号检测设备实现目标光的探测与提取。本发明巧妙的利用了目标与天光背景在空间相干性上的差异,并通过调制和解调方法将两者的差异放大,从而实现强天光背景下暗弱目标的探测,并且由于两路横向剪切光束的剪切量可以调节至很小,剪切干涉条纹更加清晰,因此可实现对不同距离和不同尺寸目标的干涉探测,另外,由于两路横向剪切光束的中心距可以很小(可以接近于零),故可以充分利用目标远场相干区域中的能量,能量利用率较高(接近于100%),因此本发明所提出的新型强天光背景下暗弱目标探测装置能够克服近距离目标难以干涉的问题并且能够大大提升能量利用率,提高了暗弱目标探测星等和对天光背景的抑制能力。本发明所提出的新型强天光背景下暗弱目标探测装置可放置在地基、海基、空基或天基平台上使用,可以实现大型望远镜的全天时暗弱小目标的发现与跟踪,激光束的全天时精确指向、飞行器的全天时姿态控制等,应用范围广,实用性强。

### 附图说明

[0012] 图1为本发明其中一个实施例中新型强天光背景下暗弱目标探测装置的结构示意图;

[0013] 图2为剪切干涉条纹图;

[0014] 图3为本发明另一个实施例中新型强天光背景下暗弱目标探测装置的结构示意图。

### 具体实施方式

[0015] 下面将结合附图及较佳实施例对本发明的技术方案进行详细描述。

[0016] 在其中一个实施例中,如图1所示,本发明公开一种新型强天光背景下暗弱目标探测装置,包括剪切干涉仪10、探测器30和微弱信号检测设备40,该装置利用剪切干涉仪10实现目标光的干涉,形成剪切干涉条纹,并且利用剪切干涉仪10实现剪切干涉条纹的周期性往返运动,进而实现目标光信号的频率调制,然后利用探测器30将剪切干涉仪10形成的两路横向剪切光束的光信号转换为电信号,最后利用微弱信号检测设备40对受调制的目标信号进行检测并抑制包含天光背景在内的主要噪声的影响,实现对暗弱目标信号的探测。

[0017] 具体地,在本实施例中,包含天光背景光和暗弱目标50所发出的目标光的入射光束入射至剪切干涉仪10,剪切干涉仪10将入射光束形成两路横向剪切光束,这两束光均是目标光的理想复制品(即两束光的波面分布特性完全相同),透过剪切干涉仪10后两束光的传播方向相同,只是在横向(即垂直传播方向的平面内)存在一定的中心距(即两个光束截面中心的距离);剪切干涉仪10能够在两个剪切光路中引入周期性变化的光程差,从而周期性调制两路横向剪切光束的剪切量,使两路横向剪切光束中的目标光形成运动的剪切干涉条纹,而两路横向剪切光束中的天光背景光无法干涉,叠加后形成近似均匀的强光分布。目标光透过剪切干涉仪10后形成的剪切干涉条纹如图2所示,图2中区域60和区域70分别为剪切干涉仪10形成的两路横向剪切光束的横截面(一般情况下,剪切光束横截面形状与入射光相同),区域80为在两路横向剪切光束重叠区域形成的剪切干涉条纹。

[0018] 探测器30用于将压缩后的光束的光信号转换为电信号,并将电信号发送至微弱信

号检测设备40。本实施例中的探测器30可选光电二极管阵列(Photo-diode Array,PDA)探测器、雪崩光电二极管阵列(Avalanche Photo-diode Array,APDA)探测器、光电倍增管阵列探测器(Photomultiplier tube Array,PMTA)或者微通道板(Microchannel Plate,MCP)探测器等模拟输出的面阵探测器。为了提高对暗弱目标的探测能力,也可在面阵探测器的前面放置类似像增强器的光强倍增器件。探测器30的探测灵敏度、工作光谱宽度、分辨率和像素尺寸等指标应根据具体的应用要求来选择。

[0019] 微弱信号检测设备40用于从电信号中探测和提取目标光对应的目标信号。本实施例中的微弱信号检测设备40可选基于锁相(锁定)放大器或者取样积分器等作为核心器件的微弱周期性信号检测设备,并且微弱周期性信号检测设备的处理通道数应等于探测器30的像元数,从而实现对整个探测器视场内的目标信号的同时检测与提取。微弱信号检测设备是目前成熟的检测设备,用于从被噪声淹没的输入信号(信噪比可能低于1)中提取周期性信号。本发明通过引入目标光的调制,从而产生目标光的周期性信号,而天光背景光无法被调制,故产生随机噪声,然后利用现有的微弱信号检测设备提取周期性的目标信号,最终实现对暗弱目标信号的目标光的探测。

[0020] 本实施例所提出的新型强天光背景下暗弱目标探测装置利用剪切干涉仪接收包含目标光和天光背景光的入射光束,将入射光束形成两路横向剪切光束,利用尺寸远小于天光背景范围的目标的远场相干区域较大的特性,实现两路横向剪切光束中目标光的干涉,同时在两个剪切光路中引入周期性变化的光程差,从而周期性调制两路横向剪切光束的剪切量,使两路横向剪切光束中的目标光形成运动的剪切干涉条纹,探测器将变化的光信号转换为电信号,接着通过后续的微弱信号检测设备实现目标光的探测与提取。该暗弱目标探测装置巧妙的利用了目标与天光背景在空间相干性上的差异,并通过调制和解调方法将两者的差异放大,从而实现强天光背景下暗弱目标的探测,并且由于两路横向剪切光束的剪切量可以调节至很小,剪切干涉条纹更加清晰,因此可实现对不同距离和不同尺寸目标的干涉探测,另外,由于两路横向剪切光束的中心距可以很小(可以接近于零),故可以充分利用目标远场相干区域中的能量,能量利用率较高(接近于100%),因此本实施例所提出的新型强天光背景下暗弱目标探测装置能够克服近距离目标难以干涉的问题并且能够大大提升能量利用率,提高了暗弱目标探测精度和准确度。本实施例所提出的新型强天光背景下暗弱目标探测装置可放置在地基、海基、空基或天基平台上使用,可以实现大型望远镜的全天时暗弱小目标的发现与跟踪,激光束的全天时精确指向、飞行器的全天时姿态控制等,应用范围广,实用性强。

[0021] 当剪切干涉仪10形成的干涉条纹的宽度与探测器30的像素大小不匹配时,为了进一步提高探测器30的探测灵敏度,可以在剪切干涉仪10与探测器30之间增加缩束镜头20,如图3所示,缩束镜头20用于压缩两路横向剪切光束的条纹场的覆盖区域,以提高条纹的能量集中度并使干涉条纹宽度与探测器的像素单元匹配(如果探测器30可直接显著探测到条纹的运动,则新型强天光背景下暗弱目标探测装置中可不加入缩束镜头20),被缩束镜头20压缩后的两路横向剪切光束入射至探测器30。缩束镜头20是具有压缩光束直径功能的无焦光学系统,可由两块正(凸)透镜组成,输入和输出光束直径比近似为前后两个透镜的焦距之比。为了消除色差(宽光谱光源引起),上述每块透镜均可选择双胶合或组合透镜的形式。当然,能够实现缩束功能的折反射或全反射等其它类型的光学系统也可作为缩束镜头20的

可选类型。

[0022] 本发明中的剪切干涉仪10可选多种类型,例如:(1)包括分光膜(或者其它具有分光功能的器件,比如分光平板或分光棱镜等)和反射镜的剪切干涉仪;(2)包括剪切平板结构(由前后两个表面实现两路光剪切)的剪切干涉仪;(3)包括双光栅结构的剪切干涉仪;(4)包括双折射棱镜结构的剪切干涉仪等。本实施例中采用的剪切干涉仪10不局限于具体的形式,只要能实现两路光束的横向剪切功能的剪切干涉仪均可使用。

[0023] 作为一种具体的实施方式,剪切干涉仪10包括反射镜11和位于反射镜11前的分光元件,其中分光元件可以为分光膜12、分光平板和分光棱镜中的任意一种,图1仅以剪切干涉仪10包括反射镜11和分光膜12为例给出本发明暗弱目标探测装置的结构示意图。通过合理选择剪切量,可使目标光形成剪切干涉条纹,而天光背景光无法形成干涉条纹。两路横向剪切光束的剪切量的选择有多种,例如,通过改变分光元件和反射镜11的间距,使剪切量等于两路横向剪切光束的中心距等。通过改变分光元件和反射镜11的间距可以很方便的调节两路横向剪切光束的剪切量(0~cm级),而通过选择更小的剪切量(例如0.1mm)可形成更清晰的剪切干涉条纹(根据部分相干光理论,参与干涉的两个区域越近则相干性越强,可形成对比度更高的干涉条纹);当剪切量很小时(例如0.1mm),两路横向剪切光束的重叠面积很大,近似等于单个光束的截面( $\text{cm}^2$ 级),故利用剪切干涉方法具有更高的能量利用率(接近于100%)。由于两个完全平行的平面波形成的干涉条纹宽度为无穷大,故为了在剪切光束重叠区域形成少数几个条纹(以提高集中在单个条纹内的有效目标信号强度,一般为1~3个条纹),需要在剪切干涉仪10的分光元件和反射镜11之间引入一个较小的倾斜角,改变该倾斜角角度的大小和方向即可调整剪切干涉条纹的周期和取向。

[0024] 为使两路横向剪切光束中的目标光形成运动的剪切干涉条纹,需要在剪切干涉仪10中引入两路横向剪切光束之间光程差(或相位差)的周期性调制,即在两路横向剪切光束中引入周期性变化的光程差(或相位差)。对于包括反射镜11和分光元件的剪切干涉仪10而言,可在反射镜11后端放置促动器13,如图1所示,促动器13固定安装在反射镜11的背面,并且促动器13做周期性线性往返运动,促动器13的周期性线性往返运动能够周期性拉伸反射镜11以周期性调制两路横向剪切光束的剪切量,通过周期性调制剪切量实现剪切干涉条纹的运动。对于采用其它类型剪切干涉仪的方案而言,引入光程差(或相位差)的周期性调制的方法可能与包括反射镜和分光元件的剪切干涉仪的调制方法有所不同,本领域技术人员可以根据所采用的具体结构选择合适的调制方法。

[0025] 进一步地,促动器13选用压电陶瓷促动器或者音圈电机促动器。本实施方式中的促动器13可选任何可实现周期性线性(直线)往返运动功能的促动器,为了避免低频噪声的干扰,需要高频(50Hz以上)往返运动,这时应选择类似压电陶瓷促动器或者音圈电机促动器这种具有更高频往返运动能力的器件。

[0026] 以上所述实施例的各技术特征可以进行任意的组合,为使描述简洁,未对上述实施例中的各个技术特征所有可能的组合都进行描述,然而,只要这些技术特征的组合不存在矛盾,都应当认为是本说明书记载的范围。

[0027] 以上所述实施例仅表达了本发明的几种实施方式,其描述较为具体和详细,但不能因此而理解为对发明专利范围的限制。应当指出的是,对于本领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干变形和改进,这些都属于本发明的保护

范围。因此,本发明专利的保护范围应以所附权利要求为准。

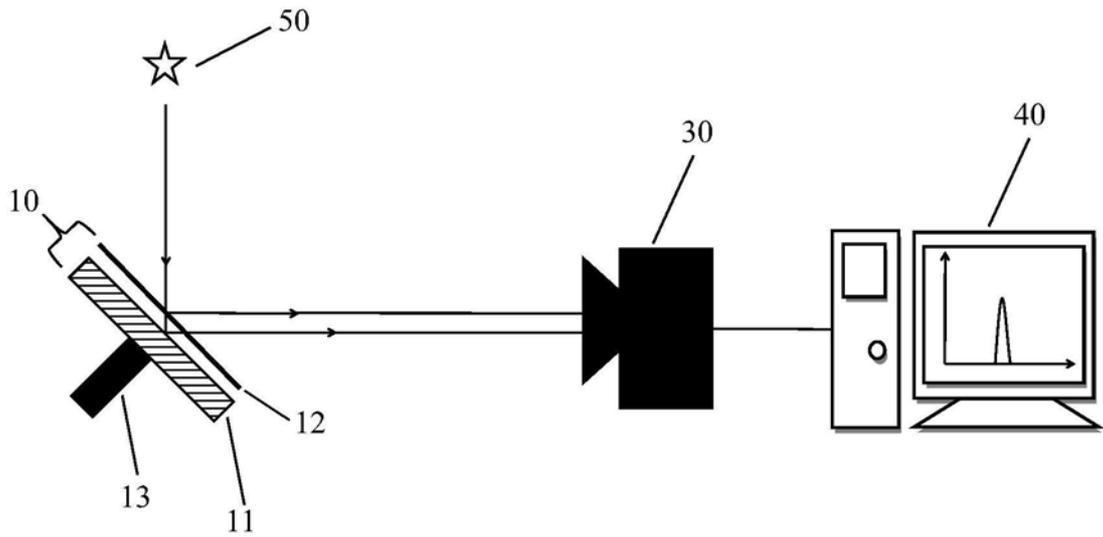


图1

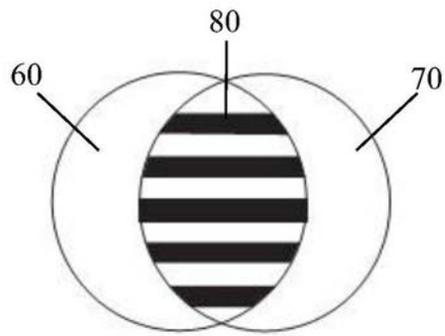


图2

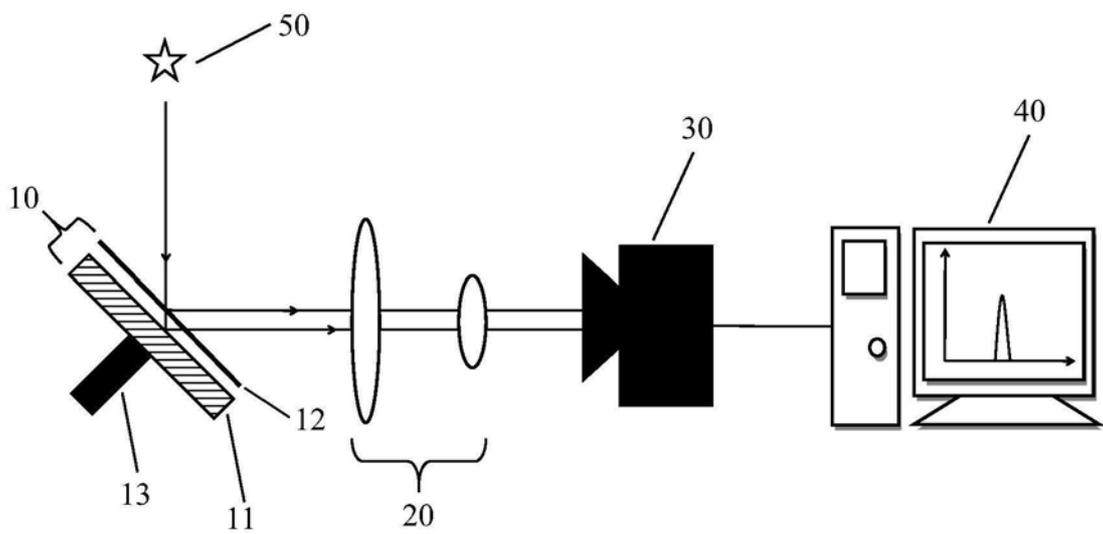


图3