



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101813521 A

(43) 申请公布日 2010.08.25

(21) 申请号 201010106888.9

(22) 申请日 2010.02.09

(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 孙强 刘英 王健 吴宏圣

(74) 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所 22210

代理人 赵炳仁

(51) Int. Cl.

G01J 3/427(2006.01)

G01J 3/02(2006.01)

G01J 3/18(2006.01)

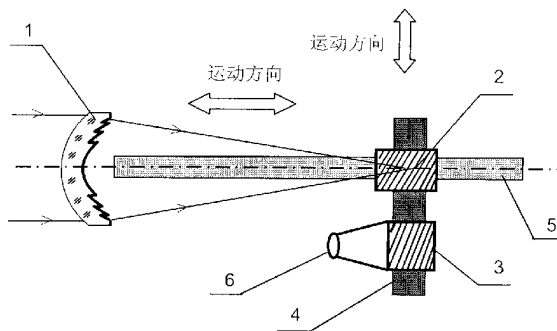
权利要求书 1 页 说明书 3 页 附图 2 页

(54) 发明名称

MWIR/LWIR 双波段成像光谱仪

(57) 摘要

本发明涉及用于遥感探测技术领域中的成像光谱仪,特别是一种折射/衍射 MWIR/LWIR 双波段成像光谱仪。包括一衍射透镜、在该衍射透镜的出射光路上与其光轴平行设置的一台制冷型焦平面探测器和一台前端设有孔径光阑的非制冷型焦平面探测器,通过视频线与上述两台焦平面探测器相连接的计算机系统;两台焦平面探测器设置在一横向滑台上,横向滑台设置在纵向滑台上驱动两滑台的步进电机通过串行线与所述的计算机系统控制相连。通过 MWIR 和 LWIR 双波段的光谱图像将各波长信息还原回目标的光谱图像。克服了目前传统的成像光谱仪存在的视场小、能量弱、光谱分辨率较低、结构复杂等缺陷。



1. 一种 MWIR/LWIR 双波段成像光谱仪,其特征在于:包括设置在同一机体上的谐衍射透镜(1)、在该谐衍射透镜的出射光路上与其光轴平行设置的一台制冷型焦平面探测器(2)和一台前端设有孔径光阑(6)的非制冷型焦平面探测器(3),通过视频线与上述两台焦平面探测器(2、3)相连接的计算机系统;所述的两台焦平面探测器(2、3)设置在一可沿垂直于所述谐衍射透镜(1)光轴方向移动的横向滑台(4)上,横向滑台(4)设置在可沿平行于谐衍射透镜(1)光轴方向移动的纵向滑台(5)上,两台焦平面探测器(2、3)和谐衍射透镜(1)的光轴处在同一水平面上,驱动两滑台(4、5)的步进电机通过串行线与所述的计算机系统控制相连。

2. 根据权利要求1所述的 MWIR/LWIR 双波段成像光谱仪,其特征在于所述的谐衍射透镜(1)的谐衍射面加工在透镜1的后表面上,以保护面型不受外界环境所污染。

MWIR/LWIR 双波段成像光谱仪

技术领域

[0001] 本发明涉及用于遥感探测技术领域中的成像光谱仪,特别是一种基于折射/衍射混合中波红外(MWIR)和长波红外(LWIR)双波段光谱成像的光谱仪。

背景技术

[0002] 成像光谱仪是现代用于遥感探测技术的重要设备之一,它能够在连续光谱段上对同一目标同时成像,可直接反映出被观测物体的光谱特征,甚至物体表面的物质成分,因此可用于环境污染管理、城市规划、土地资源分析、植被分类和测绘、农业、洪涝火灾、地质与矿产调查、海岸带和海洋生态研究、大气探测和军事等多种方面。成像光谱仪获得图像信息和光谱信息对自然灾害、环境污染、危及人类的危险事故等的预报、发生、评估等将起重要作用,具有极高的实际应用价值。工作于中波红外(MWIR)和长波红外(LWIR)波段的成像光谱仪,具有较好的穿透雨、雪、霾和常规烟幕的能力和抗强光干扰能力,昼夜可用,适用于复杂的工作环境,而且工作距离远。

[0003] 传统的成像光谱仪系统采用棱镜或光栅作为分光元件,系统包括望远镜系统、色散元件、成像系统、探测器、电路系统以及计算机系统六部分。这种成像光谱仪系统,不仅视场小、能量弱、光谱分辨率提高难度大,而且它体积大、重量高、结构复杂,不方便使用。

发明内容

[0004] 本发明的目的是为解决目前传统的成像光谱仪存在的视场小、能量弱、光谱分辨率较低、结构复杂等缺陷,提出一种基于衍射原理的MWIR/LWIR双波段成像光谱仪,以满足现在目标探测对大信息量和高准确度的要求。

[0005] 本发明MWIR/LWIR双波段成像光谱仪,包括设置在同一机体上的衍射透镜、在该衍射透镜的出射光路上与其光轴平行设置的一台制冷型焦平面探测器和一台前端设有孔径光阑的非制冷型焦平面探测器,通过视频线与上述两台焦平面探测器相连接的计算机系统;所述的两台焦平面探测器设置在一可沿垂直于所述衍射透镜光轴方向移动的横向滑台上,横向滑台设置在可沿平行于衍射透镜光轴方向移动的纵向滑台上,两台焦平面探测器和谐衍射透镜的光轴处在同一水平面上,驱动两滑台的步进电机通过串行线与所述的计算机系统控制相连。

[0006] 本MWIR/LWIR双波段成像光谱仪的工作原理及操作过程是:

[0007] 由被探测目标发出的MWIR和LWIR的双波段辐射光,经过衍射透镜的分光和聚焦,将MWIR和LWIR双波段的各个离散波长分别成像在制冷型焦平面探测器和非制冷型焦平面探测器上,并将所获得的光谱图像通过视频线送至计算机进行图像处理和显示,最后,通过图像重构的方法将各个波长信息还原回目标的光谱图像信息。

[0008] 工作操作过程是,通过移动横向滑台,使制冷型焦平面探测器的光轴与衍射透镜的光轴重合后,再通过移动纵向滑台沿系统的光轴方向进行光谱扫描,实现MWIR谱段的光谱成像;再通过移动横向滑台,使非制冷型焦平面探测器的光轴与衍射透镜的光轴重

合后,再通过移动纵向滑台沿系统的光轴方向进行光谱扫描,实现 LWIR 波段的光谱成像。

[0009] 本发明折射 / 谐衍射 MWIR/LWIR 双波段成像光谱仪的积极技术后果和优点是:

[0010] 1) 谐衍射透镜既是成像元件又是分光元件,无需而外的望远镜系统和成像系统,简化了系统的结构;

[0011] 2) 与传统色散型成像光谱仪比较起来,折射 / 谐衍射 MWIR/LWIR 双波段成像光谱仪是整个输入孔径都能收集光能,这与传统色散型成像光谱仪的输入狭缝很窄的情况正好相反,因此,系统的光通量高于传统色散型系统;

[0012] 3) 在设计方面,由于谐衍射透镜可以使得多个波段同时实现分光,而且谐衍射透镜的谐衍射面具有初、高级像差校正的作用,因此,折射 / 谐衍射 MWIR/LWIR 双波段成像光谱仪的光学设计简单,获取的光谱信息量大。

附图说明

[0013] 图 1 是本发明 MWIR/LWIR 双波段成像光谱仪的结构示意图;

[0014] 图 2 是图 1 所示双波段成像光谱仪移至 LWIR 通道时的工作状态示意图;

[0015] 图 3 是在 $3.7 \sim 4.8 \mu\text{m}$ 和 $8 \sim 12 \mu\text{m}$ 两个谐振波段工作下的衍射效率曲线图;

[0016] 图 4 是本发明 MWIR/LWIR 双波段成像光谱仪 MWIR($3.7 \sim 4.8 \mu\text{m}$) 通道光学系统的光路示意图;

[0017] 图 5 是本发明 MWIR/LWIR 双波段成像光谱仪 LWIR($8 \sim 12 \mu\text{m}$) 通道光学系统的光路示意图。

具体实施方式

[0018] 以下结合按上述的技术方案所给出的实施例对本发明作进一步详细描述。

[0019] 如图 1、2 所示,MWIR/LWIR 双波段成像光谱仪,包括设置在同一机体上的谐衍射透镜 1、在该谐衍射透镜的出射光路上与其光轴平行设置的一台制冷型焦平面探测器 2 和一台前端设有孔径光阑 6 的非制冷型焦平面探测器 3,通过视频线与上述两台焦平面探测器 2、3 相连接的计算机系统;所述的两台焦平面探测器 2、3 设置在一可沿垂直于所述谐衍射透镜 1 光轴方向移动的横向滑台 4 上,横向滑台 4 设置在可沿平行于谐衍射透镜 1 光轴方向移动的纵向滑台 5 上,两台焦平面探测器 2、3 和谐衍射透镜 1 的光轴处在同一水平面上,驱动两滑台 4、5 的步进电机通过串行线与所述的计算机系统控制相连。

[0020] 本发明根据现代军事侦查要求轻小型、全天候、高分辨率、实时传输、大信息量、高准确度的要求,以及探测器响应波段的限制,MWIR 选取 $3.7 \sim 4.8 \mu\text{m}$ 和 LWIR 选取 $8 \sim 12 \mu\text{m}$ 波段作为光学系统的工作波段,通过谐衍射透镜 1 的分光和成像特性将数百个工作波长的信息成像在制冷型焦平面探测器 2 和非制冷型焦平面探测器 3 上。最后,通过图像重构的方法将各个波长信息还原回目标的光谱图像信息。

[0021] 所述的谐衍射透镜 1 的谐衍射面加工在透镜 1 的后表面上,以保护面型不受外界环境所污染。

[0022] 本实施例选择设计波长 λ_0 为 $4.25 \mu\text{m}$,相位匹配因子 $p = 2$,谐振波长分别为 $8.5 \mu\text{m}$ 、 $4.25 \mu\text{m}$,衍射级次分别为 $m = 1, 2$,通过数学软件 MATLAB 计算得出了 $3.7 \sim 4.8 \mu\text{m}$ 和 $8 \sim 12 \mu\text{m}$ 两个谐振波段内的衍射效率曲线,如图 3 所示。从图中可以看出,在工作波段

3.7 ~ 4.8 μm、8 ~ 12 μm 内系统的衍射效率高于 75%，从而保证了系统的衍射能量要求。

[0023] 如图 4 所示,由于制冷型焦平面探测器 2 存在冷光阑 7,为了保证冷光阑效率为 100%,在光学系统设计时,把冷光阑 7 设为系统的孔径光阑。并通过控制谐衍射透镜 1 和制冷型焦平面探测器 2 之间的距离 z 的变化来获得 3.7 ~ 4.8 μm 的光谱图像。MWIR(3.7 ~ 4.8 μm) 通道的光学系统的最终设计参数为:F 数 2,焦距为 90mm(对于设计波长 4.25 μm),全视场角为 9°。

[0024] 如图 5 所示,为了使得非制冷型焦平面探测器 3 获得足够的能量会聚,该通道的系统 F 数应该尽可能的小,为了保证在光谱图像扫描过程中系统的 F 数恒定,设计过程中,把系统的孔径光阑 6 与非制冷型焦平面探测器 3 的感光面之间的间隔 D 固定。通过控制谐衍射透镜 1 和孔径光阑 6 之间的距离 z' 的变化来获得 8 ~ 12 μm 的光谱图像。LWIR(8 ~ 12 μm) 通道的光学系统的最终设计参数为:F 数 1.5,焦距为 92mm(对于设计波长 8.5 μm),全视场角为 10°。

[0025] 为了保证系统在优化时,MWIR(3.7 ~ 4.8 μm) 通道和 LWIR(8 ~ 12 μm) 通道同时具有好的成像质量,在光学设计软件中建立了多重结构,对双通道的不同波长同时进行优化,优化后系统的具体参数如下表:

[0026]

Surface	Radius(mm)	Thickness(mm)	S e m i - Diameter(mm)	Conic	4 th Order Asphere	6 th Order Asphere
1 Sphere	63.18	8.6	41	-	-	-
2 Binary2	80.74	55.02(@4.25 μm) 52.25(@8.5 μm)	40	0.245	3.43×10^{-10}	-1.05×10^{-11}
3 Aperture	Infinity	20.00(@4.25 μm) 23.00(@8.5 μm)	5.0(@4.25 μm) 6.5(@8.5 μm)	-	-	-
4 Image	Infinity	-	7(@4.25 μm) 8(@8.5 μm)	-	-	-

[0027] 从上表中可以看出谐衍射面是加在非球面为基底的曲面上的,优化后谐衍射面的位相函数表达式为:

$$[0028] \quad \phi = 0.93r^2 - 1.181 \times 10^{-5}r^4 + 1.241 \times 10^{-8}r^6 = n \cdot 2\pi \quad r \in [0, 40]$$

[0029] 式中, $n = 1, 2, 3, \dots, 240$, 表示环带个数。通过计算可以求的谐衍射面的最小环带间隔约为 80 μm,由于现在高精密金刚石车控技术的发展,在非球面基底上加这种尺寸的谐衍射面完全能够满足加工要求。

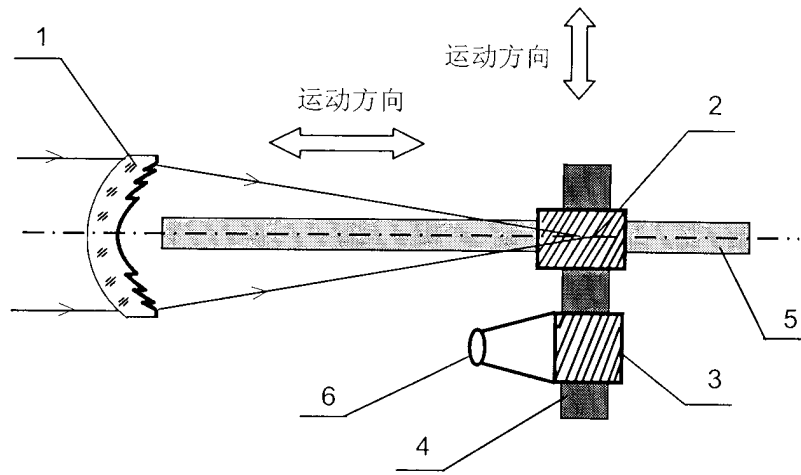


图 1

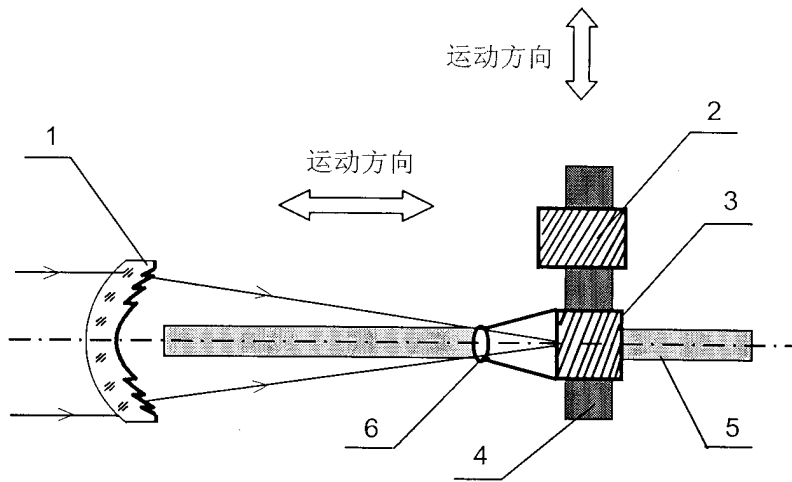


图 2

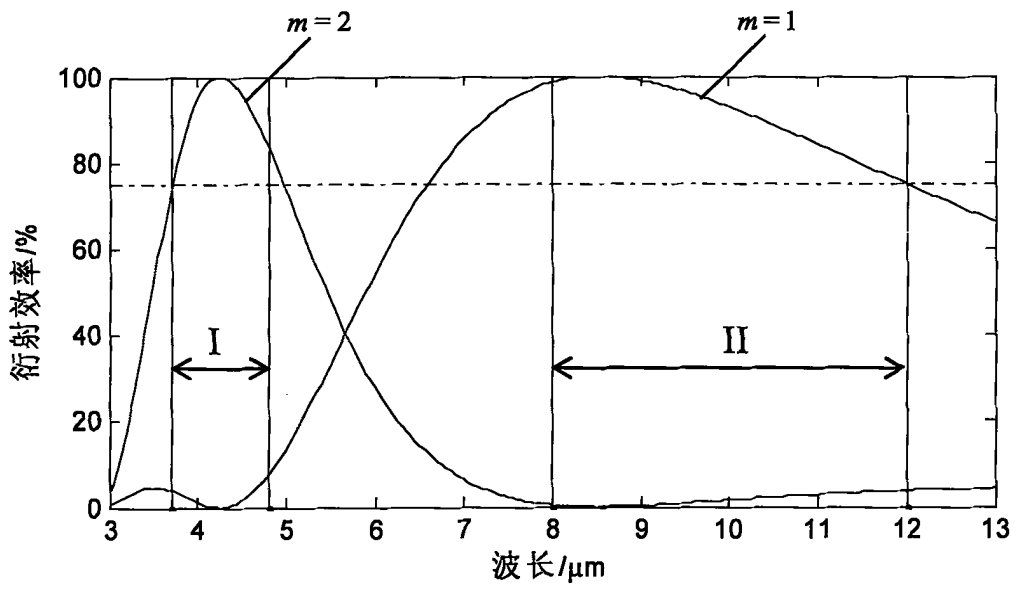


图 3

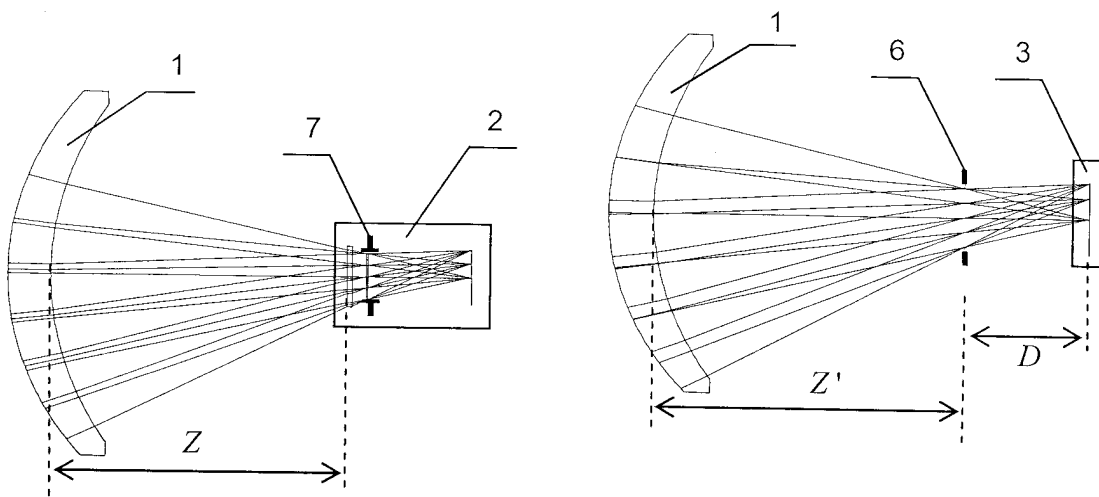


图 4

图 5