



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102519596 A

(43) 申请公布日 2012.06.27

(21) 申请号 201110381901.6

(22) 申请日 2011.11.25

(71) 申请人 北京空间机电研究所

地址 100076 北京市丰台区南大红门路1号  
9201 信箱5分箱

(72) 发明人 郭夏锐 马文坡 范东栋 王迪  
侯立周

(74) 专利代理机构 中国航天科技专利中心  
11009

代理人 安丽

(51) Int. Cl.

G01J 3/45(2006.01)

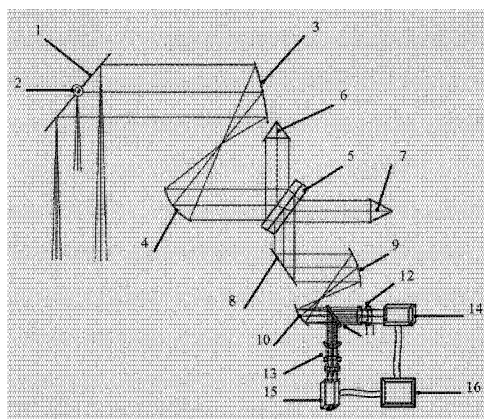
权利要求书 2 页 说明书 4 页 附图 1 页

## (54) 发明名称

地球静止轨道高分辨率干涉光谱成像系统

## (57) 摘要

本发明公开的地球静止轨道高分辨率干涉光谱成像系统,包括二维指向步进凝视扫描系统、前置光学系统、干涉系统、后光学系统、汇聚成像系统、面阵探测器系统和反演处理系统;通过采用步进凝视模式,傅里叶变换光谱技术以及面阵探测器技术实现了高时间分辨率,高光谱分辨率和一定空间分辨率的光谱成像。



1. 地球静止轨道高分辨率干涉光谱成像系统,其特征在于:包括二维指向步进凝视扫描系统、前置光学系统、干涉系统、后光学系统、汇聚成像系统、面阵探测器系统和反演处理系统;二维指向步进扫描系统进行步进扫描,以凝视方式接受经地物反射或发射的辐射能量;前置光学系统接收经二维指向步进扫描系统反射后的能量,并将光束口径压缩后出射至干涉系统;干涉系统将光束分为透射光束和反射光束,透射光束和反射光束产生不同的光程差干涉后进入到后光学系统;后光学系统再一次将光束口径压缩,分为中波红外与长波红外两个谱段后分别进入汇聚成像系统;汇聚成像系统将中波红外与长波红外两个谱段光波汇聚在面阵探测器系统的焦面上;面阵探测器系统接收干涉图像,获得空间信息和辐射信息;反演处理系统将面阵探测器系统的空间信息和辐射信息反演为光谱信息,在静止轨道上实现光谱成像。

2. 根据权利要求1的地球静止轨道高分辨率干涉光谱成像系统,其特征在于:所述二维指向步进扫描系统包括平面反射镜(1)和驱动电机(2),驱动电机(2)带动平面反射镜(1)绕中心轴旋转,实现地球静止轨道步进凝视扫描;所述二维指向步进扫描系统以 $0.8^{\circ}$ 为单位在 $\pm 12^{\circ}$ 范围内步进扫描,工作温度范围250K-290K。

3. 根据权利要求2的地球静止轨道高分辨率干涉光谱成像系统,其特征在于:所述驱动电机(2)为高功率因数永磁同步力矩电机,以直接驱动方式完成平面反射镜(1)的驱动。

4. 根据权利要求1的地球静止轨道高分辨率干涉光谱成像系统,其特征在于:所述前置光学系统包括第一抛物反射镜(3)和第二抛物反射镜(4);第一抛物反射镜(3)、第二抛物反射镜(4)离轴设置,焦点重合,第一抛物反射镜(3)的焦距大于第二抛物反射镜(4)的焦距;所述前置光学系统视场角为 $\pm 0.4^{\circ}$ ,前置光学系统压缩比小于3.125倍。

5. 根据权利要求1的地球静止轨道高分辨率干涉光谱成像系统,其特征在于:所述干涉系统包括分束补偿镜(5)、第一反射镜(6)、第二反射镜(7)和折转镜(8);分束补偿镜(5) $45^{\circ}$ 放置,第一反射镜(6)与第二反射镜(7)分别设置在分束补偿镜(5)的两侧,且到分束补偿镜(5)的距离相等;分束补偿镜(5)将光束分为透射光束和反射光束,透射光束由第一反射镜(6)反射,反射光束由第二反射镜(7)反射,反射后的两束光经分束补偿镜(5)干涉后入射至折转镜(8)上。

6. 根据权利要求5的地球静止轨道高分辨率干涉光谱成像系统,其特征在于:所述分束补偿镜(5)为ZnSe材料。

7. 根据权利要求1的地球静止轨道高分辨率干涉光谱成像系统,其特征在于:所述干涉系统采用基于立体角镜动镜扫描干涉系统。

8. 根据权利要求1的地球静止轨道高分辨率干涉光谱成像系统,其特征在于:所述后光学系统包括第三抛物反射镜(9)、第四抛物反射镜(10)和分色片(11);第三抛物反射镜(9)、第四抛物反射镜(10)离轴设置,焦点重合,第三抛物反射镜(9)的焦距大于第四抛物反射镜(10)的焦距;分色片(11)成 $45^{\circ}$ 设置在第四抛物反射镜(10)的右侧,将宽谱段光波分为中波部分和长波部分。

9. 根据权利要求1的地球静止轨道高分辨率干涉光谱成像系统,其特征在于:所述干涉系统、后光学系统和汇聚光学系统的工作温度为150K。

10. 根据权利要求1的地球静止轨道高分辨率干涉光谱成像系统,其特征在于:所述面阵探测器系统包括热红外面阵探测器(13)和中波红外面阵探测器(14);热红外面阵

探测器 (13)、中波红外面阵探测器 (14) 为 HgCdTe 探测器, 象元尺寸  $50\ \mu\text{m}$ , 探测器规模  $256\times 128$ , 工作温度 70K。

## 地球静止轨道高分辨率干涉光谱成像系统

### 技术领域

[0001] 本发明属于空间遥感技术领域,特别涉及一种基于地球静止轨道的干涉光谱成像技术。

### 背景技术

[0002] 光谱成像技术能够获取目标的光谱信息和空间信息,在军事、民用方面有着广阔的应用前景。在军事方面,可进行红外光谱侦查,发现军事目标,并根据武器系统的光谱信息来判断目标的属性。民用方面,光谱成像技术广泛应用于大气观测、环境监测、星际探测等领域。近年来,基于太阳同步轨道卫星、飞机和地面各类平台的光谱成像技术迅猛发展,形成了包括临边、太阳掩星等不同层面的立体探测。但这些观测模式需要依靠扫描镜和二维指向镜的精密运动获得凝视成像条件,对控件精度要求高,获得高时间分辨率信息存在困难。

[0003] 地球静止轨道光学遥感器能够获得高时间分辨率信息,但由于轨道高度高,地物反射和发射的能量经过大气的散射和吸收后辐射能量小,因此依靠现有技术在地球静止轨道进行光谱成像的信噪比低,反演精度低,难以满足高分辨率光谱成像的要求。

[0004] 光谱成像技术一般包括色散型光谱成像技术和干涉光谱成像技术。其中色散型光谱成像技术,是目前较为成熟的光谱成像方法。光栅等分色器件将复色光色散成序列谱线,利用探测器测量每一谱线元的强度,获得光谱信息和空间信息,该技术成熟度高、在采用面阵探测器的情况下可以获得较高的空间分辨率。专利申请号 CN201110028648“一种折反混合多光谱成像系统”公开了一种光谱成像系统,但该光谱成像技术的光谱通道数目受探测器线阵象元数、分色器件和谱段能量的限制,实现超高分辨率光谱成像存在困难。

[0005] 干涉光谱成像是目前光谱成像领域的研究热点。它通过测量干涉图和对干涉图进行反演来获得物体的光谱信息,具有较高的能量利用率和探测灵敏度,稳定性好等优点。ABB 公司公开了 CN200880117008“FTIR 光谱仪以及 FTIR 光谱仪的操作方法”,利用时间调制干涉技术进行光谱探测,但不具备光谱成像功能。专利申请号 CN200510096120“高稳定度高光谱分辨率干涉成像光谱仪成像方法及光谱仪”公开了一种基于高速转镜的干涉成像光谱仪,但该技术受到入射干涉仪视场角的限制,进一步提高成像范围存在困难。专利申请号 CN200710017825“高通量、高探测灵敏度微型偏振干涉成像光谱仪”公开了一种利用空间调制干涉进行光谱探测的方法,但该方法由于光程差的限制,较难获得高光谱分辨率信息。

### 发明内容

[0006] 本发明解决的技术问题是:克服现有技术的不足,提供一种高时间分辨率,高光谱分辨率、覆盖范围宽的地球静止轨道高分辨率光谱成像系统。

[0007] 本发明的技术解决方案是:地球静止轨道高分辨率干涉光谱成像系统,包括二维指向步进凝视扫描系统、前置光学系统、干涉系统、后光学系统、汇聚成像系统、面阵探测器系统和反演处理系统;二维指向步进扫描系统进行步进扫描,以凝视方式接受经地物反射

或发射的辐射能量；前置光学系统接收经二维指向步进扫描系统反射后的能量，并将光束口径压缩后出射至干涉系统；干涉系统将光束分为透射光束和反射光束，透射光束和反射光束产生不同的光程差干涉后进入到后光学系统；后光学系统再一次将光束口径压缩，分为中波红外与长波红外两个谱段后分别进入汇聚成像系统；汇聚成像系统将中波红外与长波红外两个谱段光波汇聚在面阵探测器系统的焦面上；面阵探测器系统接收干涉图像，获得空间信息和辐射信息；反演处理系统将面阵探测器系统的空间信息和辐射信息反演为光谱信息，在静止轨道上实现光谱成像。

[0008] 所述二维指向步进扫描系统包括平面反射镜和驱动电机，驱动电机带动平面反射镜绕中心轴旋转，实现地球静止轨道步进凝视扫描；所述二维指向步进扫描系统以  $0.8^\circ$  为单位在  $\pm 12^\circ$  范围内步进扫描，工作温度范围 250K-290K。

[0009] 所述驱动电机为永磁同步力矩电机，以直接驱动方式完成平面反射镜的驱动。

[0010] 所述前置光学系统包括第一抛物反射镜和第二抛物反射镜；第一抛物反射镜、第二抛物反射镜离轴设置，焦点重合，第一抛物反射镜的焦距大于第二抛物反射镜的焦距；所述前置光学系统视场角为  $\pm 0.4^\circ$ ，前置光学系统压缩比小于 3.125 倍。

[0011] 所述干涉系统包括分束补偿镜、第一反射镜、第二反射镜和折转镜；分束补偿镜  $45^\circ$  放置，第一反射镜与第二反射镜分别设置在分束补偿镜的两侧，且到分束补偿镜的距离相等；分束补偿镜将光束分为透射光束和反射光束，透射光束由第一反射镜反射，反射光束由第二反射镜反射，反射后的两束光经分束补偿镜干涉后入射至折转镜上。

[0012] 所述干涉系统采用基于立体角镜动镜扫描干涉系统。

[0013] 所述分束补偿镜为 ZnSe 材料。

[0014] 所述后光学系统包括第三抛物反射镜、第四抛物反射镜和分色片；第三抛物反射镜、第四抛物反射镜离轴设置，焦点重合，第三抛物反射镜的焦距大于第四抛物反射镜的焦距；分色片成  $45^\circ$  设置在第四抛物反射镜的右侧，将宽谱段光波分为中波部分和长波部分。

[0015] 所述干涉系统、后光学系统和汇聚光学系统的工作温度为 150K。

[0016] 所述面阵探测器系统包括热红外面阵探测器和中波红外面阵探测器；所述热红外面阵探测器、中波红外面阵探测器为 HgCdTe 探测器，象元尺寸  $50\ \mu\text{m}$ ，探测器规模  $256 \times 128$ ，工作温度 70K。

[0017] 本发明的工作原理为：地球静止轨道高分辨率光谱成像系统设置在地球静止轨道卫星平台上；二维指向步进扫描系统进行步进扫描，以凝视方式接受经地物反射或发射的辐射能量；前置光学系统接收经二维指向步进扫描系统反射后的能量，并将光束口径压缩后出射至干涉系统的分束补偿镜上；分束补偿镜将经前光学系统压缩的光束分为透射光束和反射光束，透射光束和反射光束产生不同的光程差干涉后进入到后光学系统；后光学系统再一次将光束口径压缩，入射至分色片上分为中波红外与长波红外两个谱段；汇聚成像系统将各自谱段光波在面阵探测器上光谱成像；反演处理系统将面阵探测器的信息后将干涉光谱反演为光谱信息，在静止轨道上实现高时间分辨率，高光谱分辨率，一定空间分辨率的光谱成像。

[0018] 本发明与现有技术相比有益效果为：

[0019] 1. 本发明采用二维指向步进扫描系统、前置光学系统、干涉系统、后光学系统、汇

聚成像系统、面阵探测器系统和反演处理系统组成地球静止轨道高分辨率干涉光谱成像系统,通过采用步进凝视模式,傅里叶变换光谱技术以及面阵探测器技术实现了高时间分辨率,高光谱分辨率、一定空间分辨率的光谱成像。

[0020] 2. 本发明的二维指向步进扫描系统,以步进凝视方式在地球静止轨道上进行光谱成像,同时对步进扫描的步进及扫描范围、温度范围进行优选,提高了光谱成像的时间分辨率和系统的稳定性,并扩大光谱成像范围。

[0021] 3. 本发明采用光束压缩比为 3.125 的前置光学系统,能够同时满足面阵探测器干涉光谱立体角与光谱成像视场角的要求。

[0022] 4. 本发明的干涉系统采用基于立体角镜动镜扫描干涉系统,立体角镜代替了传统迈克耳逊干涉仪中的平面反射镜,将其安装在摆臂机构上利用角镜的自反射特性来实现光束的原光路反射,从而实现光程差。

[0023] 5. 本发明采用分束补偿镜为 ZnSe 材料的立体角镜动镜扫描干涉系统,能够实现宽波段红外光束的高透过率分束,提高光谱测量的精度;

[0024] 6. 本发明的面阵探测器系统,利用象元尺寸  $50\ \mu\text{m}$ ,探测器规模  $256\times 128$ ,工作温度 70K 的 HgCdTe 面阵探测器进行干涉光谱的测量,能够在获得高光谱分辨率的同时,获得一定空间分辨的图像。

[0025] 7. 本发明采用低温 150K 光学镜头与低温干涉系统,能够降低背景辐射噪声,提高干涉光谱成像的信噪比。

## 附图说明

[0026] 图 1 为本发明地球静止轨道高分辨率光谱成像系统示意图。

## 具体实施方式

[0027] 下面结合附图对本发明做进一步说明。

[0028] 本实施例中,地球静止轨道高分辨率光谱成像系统工作谱段为: $4.1\ \mu\text{m}$ - $5.9\ \mu\text{m}$ ; $8.6\ \mu\text{m}$ - $12.9\ \mu\text{m}$ ,全系统 F# 数为 2.5。

[0029] 如图 1 所示,本发明地球静止轨道高分辨率光谱成像系统,包括二维指向步进扫描系统、前置光学系统、干涉系统、后光学系统、面阵探测器系统、汇聚成像系统和反演处理系统。

[0030] 其中,二维指向步进扫描系统包括平面反射镜 1、驱动电机 2,平面反射镜在驱动电机的驱动下实现地球静止轨道高分辨率步进凝视成像,二维指向步进扫描系统以  $0.8^\circ$  为单位在  $\pm 12^\circ$  范围内步进扫描;工作温度范围 250K-290K;驱动电机为高功率因数永磁同步力矩电机直接驱动方式完成平面反射镜的驱动。以凝视方式接受经地物反射或发射的辐射能量,实现地球静止轨道高分辨率步进凝视成像模式。

[0031] 前置光学系统由第一抛物反射镜 3 和第二抛物反射镜 4 组成,前置光学系统接收经二维指向步进扫描系统反射后的地面辐射能量,并将光束口径压缩后出射至干涉系统的分束补偿镜上;所述第一抛物反射镜 3、第二抛物反射镜 4 离轴设置,焦点重合,第一抛物反射镜 3 的焦距大于第二抛物反射镜 4 的焦距;前置光学系统视场角为  $\pm 0.4^\circ$ ,前置光学系统压缩比小于 3.125 倍,经前置光学系统压缩后,光束进入到干涉系统。

[0032] 干涉系统由分束补偿镜 5、第一反射镜 6 和第二反射镜 7、折转镜 8 组成,分束补偿镜 45° 放置,第一反射镜 6 与第二反射镜 7 设置在分束补偿镜 5 两侧,且到分束补偿镜的距离相等;分束补偿镜 5 将经前光学系统压缩的光束分为透射光束和反射光束,透射光束由第一反射镜 6 反射,反射光束由第二反射镜 7 反射,透射光束和反射光束产生不同的光程差,在分束补偿镜上合束干涉后出射至折转镜 8 上,干涉系统工作温度 160K。

[0033] 所述干涉系统采用基于立体角镜动镜扫描干涉系统;立体角镜 6、7 代替了传统迈克耳逊干涉仪中的平面反射镜,将其安装在摆臂机构上利用角镜的自反射特性来实现光束的原光路反射,从而实现光程差。

[0034] 后光学系统由第三抛物反射镜 9、第四抛物反射镜 10、分色片 11 组成;所述第三抛物反射镜 9、第四抛物反射镜 10 离轴设置,焦点重合,第三抛物反射镜 9 的焦距大于第四抛物反射镜 10 的焦距;分色片 11 设置在第四抛物反射镜 10 的右侧 45° 放置,将宽谱段光波分为中波红外部分和长波红外部分,后光学系统工作温度 160K。

[0035] 汇聚成像系统由第一透镜组 12 和第二透镜组 13 组成;面阵探测系统由中波红外面阵探测器 14 和热红外面阵探测器 15 组成。第一透镜组 12 设置在分色片 11 的一侧,将光束汇聚在中波面阵探测器 14 上;第二透镜组 13 设置在分色片 11 的下方,将光束汇聚在长波面阵探测器 15 上,得到空间信息。中波面阵探测器 14 为 HgCdTe 探测器,象元尺寸 50 μm,探测器规模 256×128,工作温度 70K。汇聚光学系统工作温度 160K,第一透镜组 12 的材料工作谱段为长波热红外;所述第二透镜组 13 材料工作谱段为中波热红外。

[0036] 反演处理系统 16 接受到面阵探测器的信息后进行象元间非一致性校正并将干涉光谱反演为光谱信息。

[0037] 由于采用步进凝视模式,傅里叶变换光谱技术以及面阵探测器技术,本发明在静止轨道上实现高时间分辨率,高光谱分辨率,一定空间分辨率的光谱成像。经测试,本实施例的系统在地球静止轨道上的光谱分辨率优于 0.5cm<sup>-1</sup>,空间分辨率优于 4km 凝视实时观测。

[0038] 当然,对本发明的各组成部件、位置关系及连接方式在不改变其功能的情况下,进行的等效变换或替代,也落入本发明的保护范围。

[0039] 本发明说明书未公开的技术属本领域公知技术。

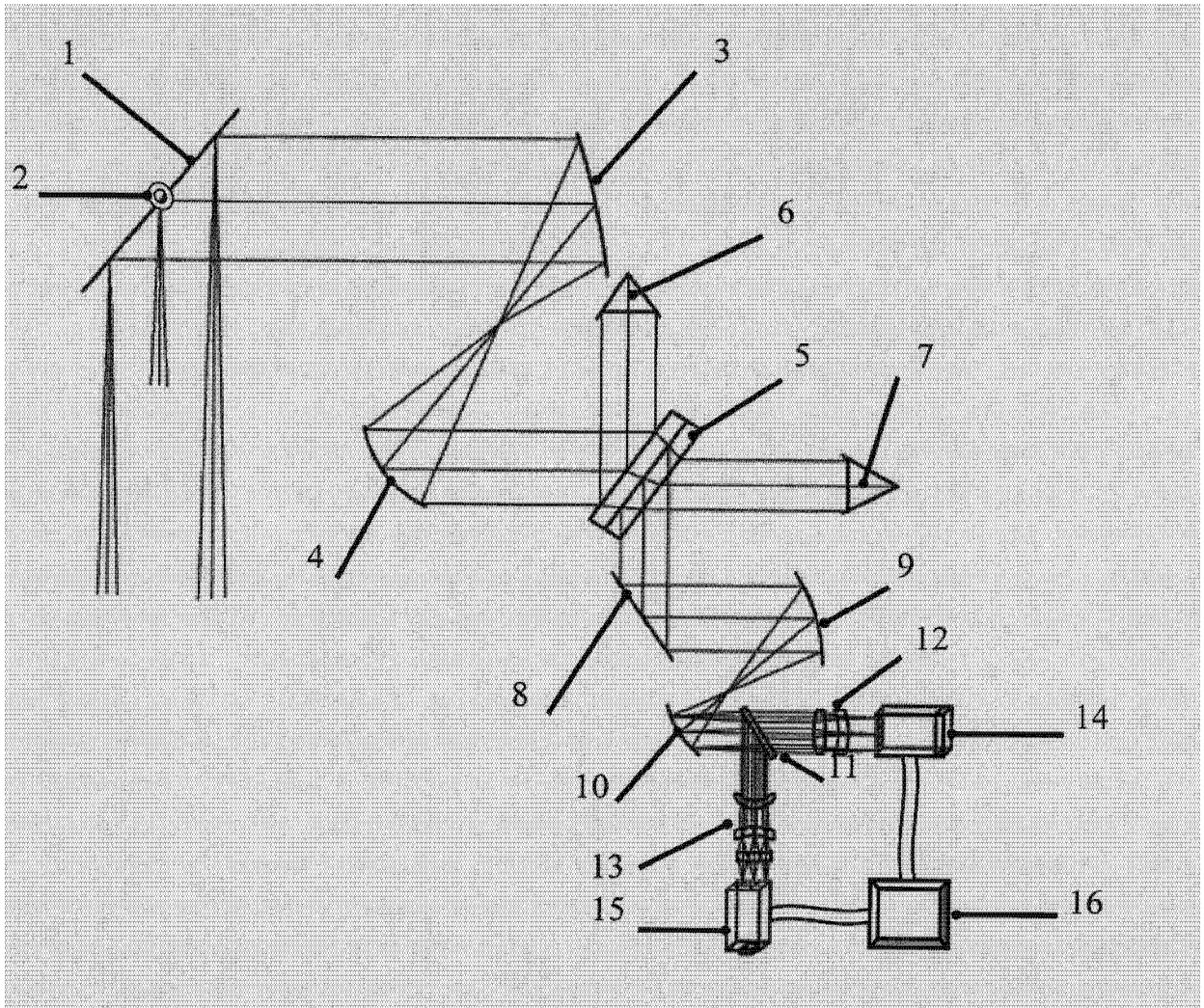


图 1