



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104006883 A

(43) 申请公布日 2014. 08. 27

(21) 申请号 201410086253. 5

G02B 27/10(2006. 01)

(22) 申请日 2014. 03. 10

(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 梁中燾 梁静秋 王维彪 吕金光 秦余欣 田超 王文丛

(74) 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所 22210

代理人 陶尊新

(51) Int. Cl.

G01J 3/45(2006. 01)

G01J 3/02(2006. 01)

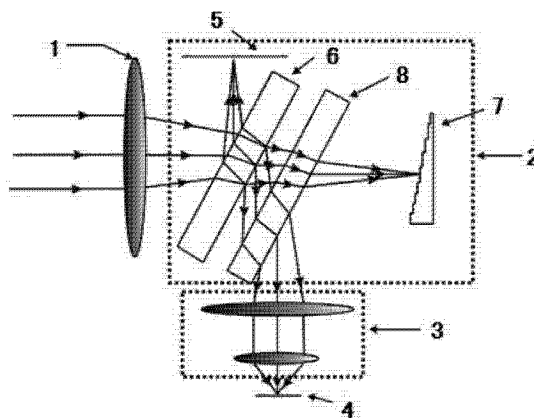
权利要求书3页 说明书7页 附图4页

(54) 发明名称

基于多级微反射镜的成像光谱仪及制作方法

(57) 摘要

基于多级微反射镜的成像光谱仪及制作方法, 涉及对地遥感探测领域, 解决现有成像光谱仪内部含有与空间分辨率有关的狭缝, 限制了进入系统的光通量的问题, 包括前置成像系统、干涉系统、后置成像系统和焦平面探测器, 所干涉系统包括多级阶梯微反射镜片状分束器、补偿板和平面反射镜; 目标发出的光经前置成像系统和片状分束器后, 一束光经片状分束器反射至平面反射镜上成像为第一像点, 另一束光经片状分束器透射后经补偿板在多级阶梯微反射镜的某个阶梯反射面上成像为第二像点; 第一像点的光经片状分束器透射至后置成像系统成像, 第二像点的光经补偿板至片状分束器反射后, 在后置成像缩束系统成像, 所述后置成像缩束系统的像由焦平面探测器接收。



1. 基于多级微反射镜的成像光谱仪,包括前置成像系统(1)、干涉系统(2)、后置成像系统(3)和红外 CCD (4);其特征是,所述干涉系统(2)包括多级阶梯微反射镜(7)片状分束器(6)、补偿板(8)和平面反射镜(5);目标物体发出的光经前置成像系统(1)和片状分束器(6)后,形成两束光,一束光经片状分束器(6)反射至平面反射镜(5)上成像为第一像点,另一束光经片状分束器(6)透射后经补偿板(8)在多级阶梯微反射镜的某个阶梯反射面上成像为第二像点;

所述第一像点的光经片状分束器(6)透射至后置成像系统(3)成像,第二像点的光经补偿板(8)至片状分束器(6)反射后,在后置成像系统(3)成像,所述后置成像系统(3)的像由红外 CCD (4)接收。

所述设定多级阶梯微反射镜(7)的阶梯高度为 d ,在第 n 个阶梯反射面所对应的视场角范围内,目标物体在第 n 个阶梯微反射面所成的像与目标物体在第 n 个阶梯反射面的镜像位置所成的虚像之间的光程差,用公式一表示为:

$$\text{公式一、} \delta = 2nd;$$

设定多级阶梯微反射镜(7)的反射面宽度为 a ,红外成像光谱仪的飞行高度为 H ,前置成像系统(1)的焦距为 f' ,则相邻像点间的距离为 a ,获得相邻目标物体点间的距离用公式二表示为:

$$\text{公式二、} \Delta h = Ha/f';$$

设定多级阶梯微反射镜(7)的对角线长度为 h ,前置成像系统(1)的视场角为:

$$2w = 2\arctan\left(\frac{h}{2f'}\right)。$$

2. 根据权利要求 1 所述的基于多级微反射镜的成像光谱仪,其特征在于,所述片状分束器(6)的一面镀红外半反半透膜,另一面镀红外增透膜;所述补偿板(8)的两面分别镀红外增透膜。

3. 基于多级微反射镜的成像光谱仪的制作方法,其特征是,该方法由以下步骤实现:

步骤一、制作该成像光谱仪的基底,选取铝、铜、钛、不锈钢或硅作为基底材料,并对上表面进行抛光处理;

步骤二、以步骤一中抛光处理后的基底的中心位置作为片状分束器(6)半反半透面的中心位置,利用片状分束器(6)和补偿板(8)的折射率和厚度数据对四个光轴基准线的相对位置及光学元件微型调节机构位置进行计算,片状分束器和补偿板的厚度为 t ,折射率为 n ,则第一光轴相对于分束器后表面的偏移距离 l_1 为

$$\frac{\sqrt{2}t}{2} - \frac{t}{\sqrt{4n^2 - 2}};$$

第二光轴相对于分束器后面表的偏移距离 l_2 为:

$$\frac{\sqrt{2}t}{2} - \frac{t}{\sqrt{4n^2 - 2}};$$

第三光轴相对于分束器后面表的偏移距离 l_3 为:

$$\frac{\sqrt{2}t}{2} - \frac{t}{\sqrt{4n^2-2}};$$

第四光轴相对于分束器后表面的偏移距离 l_4 为：

$$\frac{\sqrt{2}t}{2} - \frac{t}{\sqrt{4n^2-2}};$$

根据计算结果在基底采用 MOEMS 技术的光刻与腐蚀工艺制作四个光轴的参考基准线以及光学元件的微型调节机构；

具体为：制作四个光轴的参考基准线，分别为前置成像系统所在的第一光轴参考基准线 (13)，多级阶梯微反射镜所在的第二光轴参考基准线 (14)，平面反射镜 (5) 所在的第三光轴参考基准线 (15) 和后置成像系统所在的第四光轴参考基准线 (16)，然后在基底的中心位置制作状分束器的微型调节机构 (17)，在第三光轴参考基准线 (15) 制作补偿板的微型调节机构 (18)，在第二光轴基准参考线上制作多级阶梯微反射镜的微型调节机构 (20)，在第三光轴参考基准线 (15) 上制作平面反射镜的微型调节机构 (22)，在第一光轴上制作前置成像系统的微型调节机构 (23)，在第四光轴参考基准线上制作后置成像系统的微型调节机构 (24) 和红外探测器的微型调节机构 (25)。

步骤三、在基底的四周与四个光轴的参考基准线垂直的位置分别放置四个激光器，使激光光束与所述四个光轴的参考基准线重合，调节激光器的高度至器件的中心高度；

步骤四、将片状分束器 (6) 安装在片状分束器的微型调节机构 (17) 上，将补偿板 (8) 安装在补偿板的微型调节机构 (18) 上；采用四个光轴基准线上相对应的激光光束对片状分束器 (6) 和补偿板 (8) 进行精密调节；

具体过程为：通过在第四激光器 (12) 的前面固定白屏 (19)，采用白屏 (19) 和第一激光器 (9) 调节片状分束器 (6) 的位置和角度，固定片状分束器 (6)；将白屏 (19) 移至第二激光器 (10) 前固定，通过白屏 (19) 和第二激光器 (10) 固定补偿板 (8)；

步骤五、将多级阶梯微反射镜 (7) 安装在多级阶梯微反射镜的微型调节机构 (20) 上，采用第三激光器 (11) 及其前面的光阑 (21) 对多级阶梯微反射镜 (7) 进行调节，当多级阶梯微反射镜 (7) 反射的光通过光阑 (21) 的小孔时，固定多级阶梯微反射镜 (7)；固定多级阶梯微反射镜 (7)；将光阑 (21) 移至第四激光器 (21) 的前面，当平面反射镜 (5) 反射的光通过光阑 (21) 的小孔中心时，固定平面反射镜 (5)；

步骤六、将前置成像系统 (1) 安装到前置成像系统的微型调节机构 (23) 上，将光阑 (21) 移至第一激光器 (9) 前面，采用激光光源以及光阑 (21) 对前置成像系统 (1) 进行调节，当前置成像系统 (1) 反射的光通过光阑 (21) 小孔中心时，固定前置成像系统 (1)；将后置成像系统 (3) 安装到后置成像系统的微型调节机构 (24) 上，将光阑 (21) 移至第四激光器 (12) 前面，当后置成像系统 (3) 反射的光通过光阑 (21) 的小孔时，固定后置成像系统。

步骤七、将四个激光器和光阑 (21) 去除，将红外 CCD (4) 安装到红外探测器的微型调节机构 (25) 上，调节红外 CCD 探测器 (4) 的位置，当在红外 CCD 探测器上 (4) 清晰的获得多级阶梯微反射镜 (7) 和平面反射镜 (5) 的像时固定红外 CCD (4)，制作完成。

4. 根据权利要求 3 基于多级微反射镜的成像光谱仪的制作方法，其特征在于，在步骤六之后，还包括设定一个靶面目标 (26)，微调前置成像系统 (1)，使靶面目标 (26) 清晰的成

像在红外 CCD (4) 上 ; 将成像光谱仪装在转动平台 上, 对设定好的靶面目标进行扫描采样, 然后对获得的多帧图像进行处理, 获得物体的图像和光谱图。

5. 根据权利要求 3 所述的基于多级微反射镜的成像光谱仪的制作方法, 其特征在于, 步骤一所述的抛光后基底的抛光面粗糙度小于等于 10 微米, 平面度小于等于 50 微米。

6. 根据权利要求 3 所述的基于多级微反射镜的成像光谱仪的制作方法, 其特征在于, 所述前置成像系统 (1) 和后置成像系统 (3) 均为球面透射结构, 采用硅和锗制作。

7. 根据权利要求 3 所述的基于多级微反射镜的成像光谱仪的制作方法, 其特征在于, 所述前置成像系统 (1) 和后置成像系统 (3) 中各光学元件表面均镀红外增透膜, 片状分束器 (6) 采用红外材料硒化锌或溴化钾制作, 并且在分束面上镀红外半反半透膜, 在另一表面镀红外增透膜 ; 补偿板 (8) 两面分别镀有红外增透膜。平面反射镜 (5) 采用硅片制作, 并且在表面镀红外高反膜。

8. 根据权利要求 3 所述的基于多级微反射镜的成像光谱仪的制作方法, 其特征在于, 多级阶梯微反射镜 (7) 采用 MOEMS 技术的多次光刻镀膜工艺制作, 并在表面镀红外高反膜。多级阶梯微反射镜 (7) 的单个阶梯高度范围在 1nm-50 μ m 之间, 阶梯高度误差小于阶梯高度的 5%。

9. 根据权利要求 3 所述的基于多级微反射镜的成像光谱仪的制作方法, 其特征在于, 所述设定多级阶梯微反射镜 (7) 的阶梯高度为 d, 在第 n 个阶梯反射面所对应的视场角范围内, 目标物体在第 n 个阶梯微反射面所成的像与目标物体在第 n 个阶梯反射面的镜像位置所成的虚像之间的光程差, 用公式一表示为 :

$$\text{公式一、} \delta = 2nd ;$$

设定多级阶梯微反射镜 (7) 的反射面宽度为 a, 红外成像光谱仪的飞行高度为 H, 前置成像系统 (1) 的焦距为 f', 则相邻像点间的距离为 a, 获得相邻目标物体点间的距离用公式二表示为 :

$$\text{公式二、} \Delta h = Ha/f' ;$$

设定多级阶梯微反射镜 (7) 的对角线长度为 h, 前置成像系统 (1) 的视场角为 :

$$2w = 2 \arctan\left(\frac{h}{2f'}\right) 。$$

10. 根据权利要求 3 所述的基于多级微反射镜的成像光谱仪的制作方法, 其特征在于, 所述微型调节机构为六维的微型调节结构, 该结构实现 XYZ 三个方向平移及俯仰旋转横滚三个角度分量的微调节, 并采用硬铝或者不锈钢制作, 并且在表面和内壁进行涂黑处理。

基于多级微反射镜的成像光谱仪及制作方法

技术领域

[0001] 本发明属于对地遥感观测领域,涉及一种傅里叶变换红外成像光谱仪的制作方法,具体涉及一种基于多级阶梯微反射镜新型时空联合调制红外傅里叶变换成像光谱仪系统制作方法。

背景技术

[0002] 成像光谱仪是 20 世纪 80 年代在多光谱成像仪基础之上发展起来的新一代光学遥感仪器,它可以将传统的二维空间信息拓展到三维空间光谱信息,从而可以实现对地物目标进行精细的识别和分类。因此成像光谱仪是进行地面遥感探测的重要工具,它融合了光谱仪和多光谱成像仪的优点,真正实现了对物体进行“图谱合一”的探测。因此其广泛的应用在空间遥感,军事目标探测,地质资源勘探,环境监测,气象分析等领域。按照成像光谱仪工作原理的不同,可以将其主要分为色散型和傅里叶变换型两类。色散型成像光谱仪是基于棱镜或光栅的分光原理,可以在探测器上直接获得地物目标的光谱信息。此类成像光谱仪发展比较早,技术比较成熟,在航空航天领域应用比较广泛,但是光谱分辨率受狭缝的控制,因此其在探测红外弱辐射方面比较困难。傅里叶变换成像光谱仪是先获得物体的干涉图然后对干涉图做傅里叶变换获得物体的光谱。按照对干涉图的调制方式的不同,傅里叶变换成像光谱仪主要可分为时间调制型、空间调制型和时空联合调制型。时间调制型傅里叶变换成像光谱仪是基于迈克尔逊干涉仪结构,其采用驱动一个动镜来产生光程差,因此需要一套精密的驱动装置。而且完成一幅干涉图的测量需要一个周期的时间,其实时性比较差。空间调制傅里叶变换成像光谱仪其内部不含可动部件,其利用空间位置的不同产生光程差可以实现对迅变物体的光谱测量,其实时性比较好。但传统的空间调制傅里叶变成像光谱仪内部含有与空间分辨率有关的狭缝,限制了进入系统的光通量。时空联合调制型傅里叶变换成像光谱仪是基于像面干涉成像理论,其内部不含有狭缝和可动部件因此具有光通量大,结构稳定的优点。

发明内容

[0003] 本发明目的在于克服上述现有技术存在的问题,提供一种结构简单、重复性好、工作可靠的基于多级微反射镜的成像光谱仪及制作方法。

[0004] 基于多级微反射镜的成像光谱仪,包括前置成像系统、干涉系统、后置成像系统和红外 CCD,所述干涉系统包括多级阶梯微反射镜片状分束器、补偿板和平面反射镜;目标物体发出的光经前置成像系统和片状分束器后,形成两束光,一束光经片状分束器反射至平面反射镜上成像为第一像点,另一束光经片状分束器透射后经补偿板在多级阶梯微反射镜的某个阶梯反射面上成像为第二像点;所述第一像点的光经片状分束器透射至后置成像系统成像,第二像点的光经补偿板至片状分束器反射后,在后置成像系统成像,所述后置成像系统的像由红外 CCD 接收。

[0005] 所述设定多级阶梯微反射镜的阶梯高度为 d ,在第 n 个阶梯反射面所对应的视场

角范围内,目标物体在第 n 个阶梯微反射面所成的像与目标物体在第 n 个阶梯反射面的镜像位置所成的虚像之间的光程差,用公式一表示为:

[0006] 公式一、 $\delta = 2nd$;

[0007] 设定多级阶梯微反射镜的反射面宽度为 a,红外成像光谱仪的飞行高度为 H,前置成像系统的焦距为 f',则相邻像点间的距离为 a,获得相邻目标物体点间的距离用公式二表示为:

[0008] 公式二、 $\Delta h = Ha/f'$;

[0009] 设定多级阶梯微反射镜的对角线长度为 h,前置成像系统的视场角为:

[0010] $2w = 2 \arctan\left(\frac{h}{2f'}\right)$ 。

[0011] 基于多级微反射镜的成像光谱仪的制作方法,该方法由以下步骤实现:

[0012] 步骤一、制作该成像光谱仪的基底,选取铝、铜、钛、不锈钢或硅作为基底材料,并对上表面进行抛光处理;

[0013] 步骤二、以步骤一中抛光处理后的基底的中心位置作为片状分束器半反半透面的中心位置,利用片状分束器和补偿板的折射率和厚度数据对四个光轴基准线的相对位置及光学元件微型调节机构位置进行计算,以片状分束器的后表面中心既半反半透膜所在的表面的中心作为系统的中心。片状分束器和补偿板的厚度为 t,折射率为 n,。则第一光轴相对于分束器后表面的偏移距离 l_1 为

[0014] $\frac{\sqrt{2}t}{2} - \frac{t}{\sqrt{4n^2 - 2}}$;

[0015] 第二光轴相对于分束器后面表的偏移距离 l_2 为:

[0016] $\frac{\sqrt{2}t}{2} - \frac{t}{\sqrt{4n^2 - 2}}$;

[0017] 第三光轴相对于分束器后面表的偏移距离 l_3 为:

[0018] $\frac{\sqrt{2}t}{2} - \frac{t}{\sqrt{4n^2 - 2}}$;

[0019] 第四光轴相对于分束器后表面的偏移距离 l_4 为:

[0020] $\frac{\sqrt{2}t}{2} - \frac{t}{\sqrt{4n^2 - 2}}$;

[0021] 根据计算结果在基底采用 MOEMS 技术的光刻与腐蚀工艺制作四个光轴的参考基准线以及光学元件的微型调节机构;

[0022] 具体为:制作四个光轴的参考基准线,分别为前置成像系统所在的第一光轴参考基准线,多级阶梯微反射镜所在的第二光轴参考基准线,平面反射镜所在的第三光轴参考基准线和后置成像系统所在的第四光轴参考基准线,然后在基底的中心位置制作片状分束器的微型调节机构,在第三光轴参考基准线制作补偿板的微型调节机构,在第二光轴基准参考线上制作多级阶梯微反射镜的微型调节机构,在第三光轴参考基准线上制作平面反射镜的微型调节机构,在第一光轴上制作前置成像系统的微型调节机构,在第四光轴参考基准

线上制作后置成像系统的微型调节机构和红外探测器的微型调节机构。

[0023] 步骤三、在基底的四周与四个光轴的参考基准线垂直的位置分别放置四个激光器,使激光光束与所述四个光轴的参考基准线重合,调节激光器的高度至器件的中心高度;

[0024] 步骤四、将片状分束器安装在片状分束器的微型调节机构上,将补偿板安装在补偿板的微型调节机构上;采用四个光轴基准线上相对应的激光光束对片状分束器和补偿板进行精密调节;

[0025] 具体过程为:通过在第四激光器的前面固定白屏,采用白屏和第一激光器调节片状分束器的位置和角度,固定片状分束器;将白屏移至第二激光器前固定,通过白屏和第二激光器固定补偿板;

[0026] 步骤五、将多级阶梯微反射镜安装在多级阶梯微反射镜的微型调节机构上,采用第三激光器及其前面的光阑对多级阶梯微反射镜进行调节,当多级阶梯微反射镜反射的光通过光阑的小孔时,固定多级阶梯微反射镜;固定多级阶梯微反射镜;将光阑移至第四激光器的前面,当平面反射镜反射的光通过光阑的小孔中心时,固定平面反射镜;

[0027] 步骤六、将前置成像系统安装到前置成像系统的微型调节机构上,将光阑移至第一激光器前面,采用激光光源以及光阑对前置成像系统进行调节,当前置成像系统反射的光通过光阑小孔中心时,固定前置成像系统;将后置成像系统安装到后置成像系统的微型调节机构上,将光阑移至第四激光器前面,当后置成像系统反射的光通过光阑的小孔时,固定后置成像系统。

[0028] 步骤七、将四个激光器和光阑去除,将红外 CCD 安装到红外探测器的微型调节机构上,调节红外 CCD 探测器的位置,当在红外 CCD 探测器上清晰的获得多级阶梯微反射镜和平面反射镜的像时固定红外 CCD,制作完成。

[0029] 本发明的有益效果:本发明所述系统基于迈克尔逊干涉仪结构,采用片状分束器,并且在其一面镀红外半反半透膜,另一面镀红外增透膜。为了消除分束器所引入的光程差,在系统中加入了和分束器相同材料的补偿板,在补偿板的两面镀红外增透膜。导致前置成像系统,多级阶梯微反射镜,平面反射镜和后置成像系统所在的光轴不再相互垂直或者相互重合。因此系统中存在着四个光轴,分别为前置成像系统所在的光轴,多级阶梯微反射镜所在的光轴,平面反射镜所在的光轴和后置成像系统所在的光轴。在进行系统制作的时候以分束器的后表面既半反半透的表面的中心作为系统的基准点,分别对四个光轴的相对位置进行计算。采用一个多级阶梯微反射镜来代替迈克尔逊干涉系统中的动镜,以此来实现系统的静态化,大大提高系统的可靠性。并且系统中不含有狭缝,与传统的空间调制傅里叶变换成像光谱仪相比大大提高了系统的光通量,在高的光谱分辨率下可以大大的提高系统的信噪比,解决了在高的光谱分辨率下系统信噪比低的难题。本成像光谱仪工作在中波红外波段,不透可见光,因此给系统的加工和调试带来一定的困难。因此在本系统调试的过程中,采用可见与红外相结合,粗调与精细调节相结合的调节方式。

[0030] 本发明所述的方法首先对制作好的基底进行抛光处理。利用分束器的分束器面的中心在基底之上所处的位置对系统中的四个光轴的相对位置进行计算,并且根据计算结果完成四个光轴参考基准线的制作。然后在四个光轴参考基准线上制作成像光谱仪系统所需要的各个光学元件的微型调节机构。将系统的各个光学元件安装到基底的相应的微型调节

机构上,并调整其角度和位置,使各光学元件的角度及位置能够更精确满足设计需要,从而保证了时空联合调制红外成像光谱仪的精度。本发明可用于在中波红外工作的傅里叶变换成像光谱仪及相关仪器的制作。

附图说明

[0031] 图 1 为本发明所述的基于多级微反射镜的成像光谱仪的系统结构图;

[0032] 图 2 为本发明所述的基于多级微反射镜的成像光谱仪在一个窗扫模式下在面阵探测器上的成像过程;

[0033] 图 3 为本发明所述的基于多级微反射镜的成像光谱仪的制作方法中光轴基准线的制作图;

[0034] 图 4 中图 4a 为本发明所述的基于多级微反射镜的成像光谱仪的制作方法中分束器的安装调试示意图,图 4b 为多级阶梯微反射镜和平面镜的安装调试示意图,图 4c 为前置成像系统和后置成像系统的安装调试示意图。

[0035] 图 5 为本发明所述的基于多级微反射镜的成像光谱仪的制作方法的整机系统的安装调试图。

具体实施方式

[0036] 具体实施方式一、结合图 1 和图 2 说明本实施方式,基于多级微反射镜的成像光谱仪,所述成像光谱仪前置成像系统 1,干涉系统 2 和后置成像缩束系统 3 和红外 CCD4 组成。其中干涉系统 2 由多级阶梯微反射镜 7,平面反射镜 5,片状分束器 6 和补偿板 8 组成;某一时刻地面目标物体发出的光以某一视场角进入该成像光谱仪系统,经过前置成像系统 1 和片状分束器 6 后分别成像在平面反射镜 5 和多级阶梯微反射镜 7 的某一阶梯面上。其中多级阶梯微反射镜 7 的不同的反射面对应着地面物体一定的视场角范围内所成的像,成像在多级阶梯微反射镜 7 的某一反射面和平面反射镜 5 上的两个一次像点由于具有固定的阶梯高度存在,因此会产生固定的位相差。两个一次像点作为两个相干的物源经后置成像缩束系统 3 成像之后就可以获得一幅经干涉图调制后的物体的图像。下一时刻,目标物体发出的光会以另外一个视场角进入系统,从而成像在相邻的阶梯反射面上。

[0037] 本实施方式所述的光谱仪系统作为红外系统,所述的片状分束器 6、补偿板 8 的材料采用硒化锌,硒化锌,原材料通过拉制或生长的方法制作,再通过光学粗加工及磨抛,达到所需形状和参数指标。在片状分束器 6 的一个表面蒸镀有红外半反半透膜,以实现反射及透射各约 50% 的效果;在片状分束器的另一表面及补偿版的两个表面蒸镀有红外光学增透膜,以提高能量效率。硒化锌分束器、补偿版的尺寸与多级阶梯微反射镜尺寸相匹配,所述多级微反射镜 7 的宽度要考虑衍射效应对干涉图及成像的影响。所述的多级微反射镜 7 的单个阶梯高度范围在 1nm - $50\ \mu\text{m}$ 之间,采用 MOEMS 技术或光学加工方法制作,所述多级微反射镜 7 的阶梯高度误差小于阶梯高度的 5%。采用 MOEMS 技术制作多级阶梯微反射镜时,为保证阶梯高度的均匀性,需采用旋转蒸镀法,用光控法控制阶梯高度。在多级阶梯微反射镜表面采用射频溅射或电子束蒸发技术制备红外高反膜和保护膜,所述多级阶梯微反射镜阶梯高度、宽度和阶梯数决定成像光谱仪光谱分辨率及成像质量。

[0038] 本实施方式所述的设定多级阶梯微反射镜 7 的阶梯高度为 d ,在第 n 个阶梯反射面

所对应的视场角范围内,目标物体在第 n 个阶梯微反射面所成的像与目标物体在第 n 个阶梯反射面的镜像位置所成的虚像之间的光程差,用公式一表示为:

[0039] 公式一、 $\delta = 2nd$;

[0040] 设定多级阶梯微反射镜 7 的反射面宽度为 a,红外成像光谱仪的飞行高度为 H,前置成像系统 1 的焦距为 f' ,则相邻像点间的距离为 a,获得相邻目标物体点间的距离用公式二表示为:

[0041] 公式二、 $\Delta h = Ha/f'$;

[0042] 设定多级阶梯微反射镜 7 的对角线长度为 h,前置成像系统 1 的视场角为:

[0043] $2w = 2\arctan\left(\frac{h}{2f'}\right)$ 。

[0044] 结合图 2 说明本实施方式,图 2 为一个窗扫模式下本系统在红外 CCD 上的成像过程,★代表的是物体在红外 CCD 上所成的像。在不同时刻取的是红外 CCD 的同一列,可以看出当物体刚进入一个扫描窗的时候,其经过成像光谱仪成像在红外 CCD 的一列的右边缘,然后经过一个窗扫模式之后其成像红外 CCD 同一列的左边缘。在多级阶梯微反射镜的反射面数为 32 的情况下,可以在后置红外 CCD 上获得关于目标物体的 32 幅图像。将这 32 幅图像进行剪切和拼接之后,就可以得到目标物体的干涉图,然后对其进行傅里叶变换就可以获得这目标的光谱信息。

[0045] 具体实施方式二、结合图 3 至图 5 说明本实施方式,本实施方式为具体实施方式一所述的基于多级微反射镜的成像光谱仪的制作方法,该方法由以下步骤实现:

[0046] a、制作该成像光谱仪的基底,选取铝、铜、钛、不锈钢或硅作为基底材料,将基底材料按着设计的尺寸要求制作系统的基底,并对上表面进行抛光处理;抛光面粗糙度小于等于 10 微米,平面度小于等于 50 微米。

[0047] b、以基底的中心位置作为片状分束器 6 半反半透面的中心位置,利用片状分束器 6 和补偿板 6 的折射率和厚度数据对四个光轴基准线的相对位置及光学元件微型调节机构位置进行计算。根据计算结果在基底之上利用 MOEMS 技术的光刻与腐蚀工艺制作四个光轴的参考基准线以及元件微型调节机构位置的标记。

[0048] 结合图 3,具体为:制作四个光轴的参考基准线,分别为前置成像系统所在的第一光轴参考基准线 13,多级阶梯微反射镜所在的第二光轴参考基准线 14,平面反射镜 5 所在的第三光轴参考基准线 15 和后置成像系统所在的第四光轴参考基准线 16,以片状分束器的后表面中心既半反半透膜所在的表面的中心作为系统的中心。片状分束器和补偿板的厚度为 t,折射率为 n,则第一光轴相对于分束器后表面的偏移距离 l_1 为 $\frac{\sqrt{2}t}{2} - \frac{t}{\sqrt{4n^2-2}}$;第

二光轴相对于分束器后面表的偏移距离 l_2 为: $\frac{\sqrt{2}t}{2} - \frac{t}{\sqrt{4n^2-2}}$;第三光轴相对于分束器后

面表的偏移距离 l_3 为: $\frac{\sqrt{2}t}{2} - \frac{t}{\sqrt{4n^2-2}}$;第四光轴相对于分束器后表面的偏移距离 l_4 为:

$$\frac{\sqrt{2}t}{2} - \frac{t}{\sqrt{4n^2 - 2}};$$

[0049] 根据计算结果在基底采用 MOEMS 技术的光刻与腐蚀工艺制作四个光轴的参考基准线以及光学元件的微型调节机构；

[0050] 然后在基底的中心位置制作状分束器的微型调节机构 17, 在第三光轴参考基准线 15 制作补偿板的微型调节机构 18, 在第二光轴基准参考线上制作多级阶梯微反射镜的微型调节机构 20, 在第三光轴参考基准线 15 上制作平面反射镜的微型调节机构 22, 在第一光轴上制作前置成像系统的微型调节机构 23, 在第四光轴参考基准线上制作后置成像系统的微型调节机构 24 和红外探测器的微型调节机构 25。

[0051] c、在基底的四周与四个光轴的参考基准线垂直的位置分别放置四个激光器, 使激光光束分别位于所述四个光轴的参考基准线的正上方, 并与四个光轴的参考基准线平行；

[0052] d、将片状分束器 6 安装在片状分束器的微型调节机构 17 上, 将补偿板 8 安装在补偿板的微型调节机构 18 上; 利用四个光轴基准线上相对应的激光光束对片状分束器 6 和补偿板进行精密调节。结合图 4a, 在第四激光器 12 的前面固定一个白屏 19, 利用白屏 19 和第一激光器 9 调节片状分束器 6 的位置和角度, 固定片状分束器 6, 将白屏 19 移到第二激光器 10 前利用同样的方法调节并固定补偿板 8。

[0053] e、结合图 4b, 将多级阶梯微反射镜 7 安装在多级阶梯微反射镜的微型调节机构 20 上, 利用第三激光器 11 及其前面的光阑 21 对多级阶梯微反射镜 7 进行调节。将平面反射镜 5 安装在平面反射镜的微型调节机构 22 上, 将光阑 21 移到第一激光器 9 的前端。利用第一激光器 9 以及其前面的光阑 21 对平面镜进行调节并固定。

[0054] f、结合图 4c, 将前置成像系统 1 安装到前置成像系统的微型调节机构 23 上。将图 4b 中的光阑 21 移到第一激光器 9 的前面, 利用激光光源以及光阑 21 对前置成像系统 1 进行调节, 固定前置成像系统 1。将后置成像系统 3 安装到后置成像系统的微型调节机构 24 上, 将光阑 21 移动到第四激光器 12 的前面, 利用第四激光器 12 以及光阑 21 对后置成像系统 3 进行调节, 固定后置成像系统 3。

[0055] g、结合图 5, 将四个激光器和光阑 21 去除, 将红外 CCD4 安装到红外探测器的微型调节机构 25 上, 调节红外 CCD4 的位置, 当在红外面阵红外 CCD 上 4 清晰的获得多级阶梯微反射镜 7 和平面反射镜 5 的像时固定红外 CCD4, 然后设定一个靶面目标 26, 微调前置成像系统 1, 使靶面目标 26 清晰的成像在红外 CCD4 上。

[0056] H、将成像光谱仪装在转动平台上, 对设定好的靶面目标进行扫描采样, 然后对获得的多帧图像进行处理, 获得物体的图像和光谱图。

[0057] 本实施方式所述的前置成像系统 1 和后置成像系统 3 均为球面透射结构, 采用硅和锗制作, 以消除系统的色差。为了增加系统的透过率, 各个光学元件表面均镀红外增透膜。片状分束器 6 作为成像光谱仪的核心器件, 采用红外材料硒化锌或溴化钾制作, 并且在分束面上镀红外半反半透膜, 在另一表面镀红外增透膜。补偿板和片状分束器 6 采用同种结构, 同种材料, 两面分别镀有红外增透膜。平面反射镜 5 采用硅片制作, 并且在表面镀红外高反膜, 多级阶梯微反射镜 7 采用多次光刻镀膜的方法制作, 所述的多级微反射镜 7 的单个阶梯高度范围在 1nm-50 μm 之间, 采用 MOEMS 技术或光学加工方法制作, 所述多级微反射镜 7 的阶梯高度误差小于阶梯高度的 5%。并且在其表面镀红外高反膜。按着机械设计的要

求,所述的微型调节机构采用硬铝或者不锈钢制作,并且在表面和内壁进行涂黑处理。

[0058] 显然,上述实施例仅仅是为清楚地说明所作的举例,而并非对实施方式的限定。对于所属领域的普通技术人员来说,在上述说明的基础上还可以做出其它不同形式的变化或变动。这里无需也无法对所有的实施方式予以穷举。而由此所引伸出的显而易见的变化或变动仍处于本发明创造的保护范围之内。

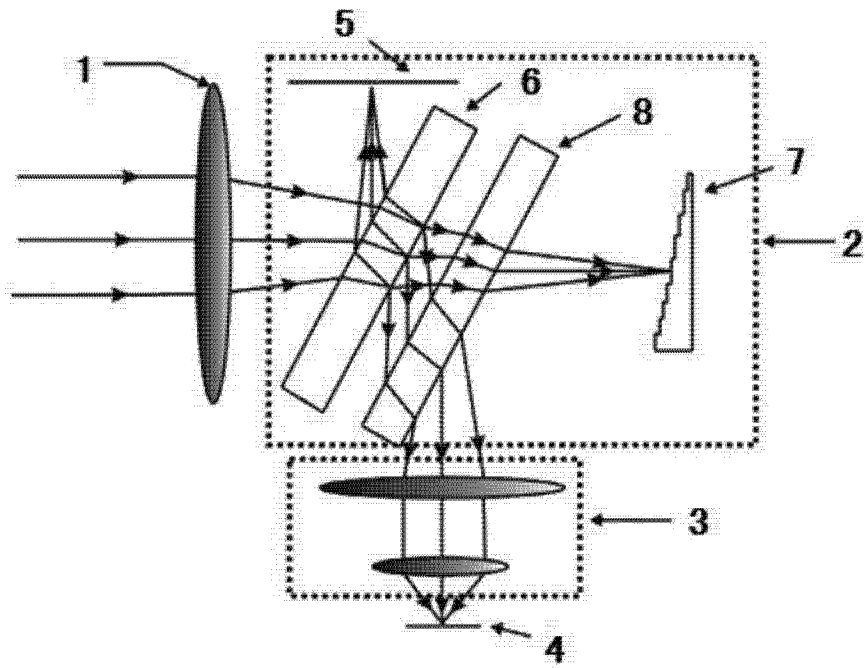


图 1

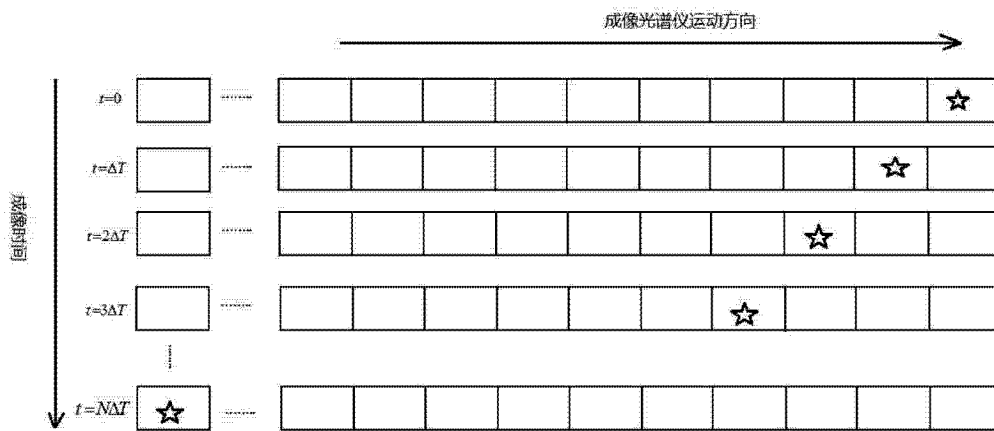


图 2

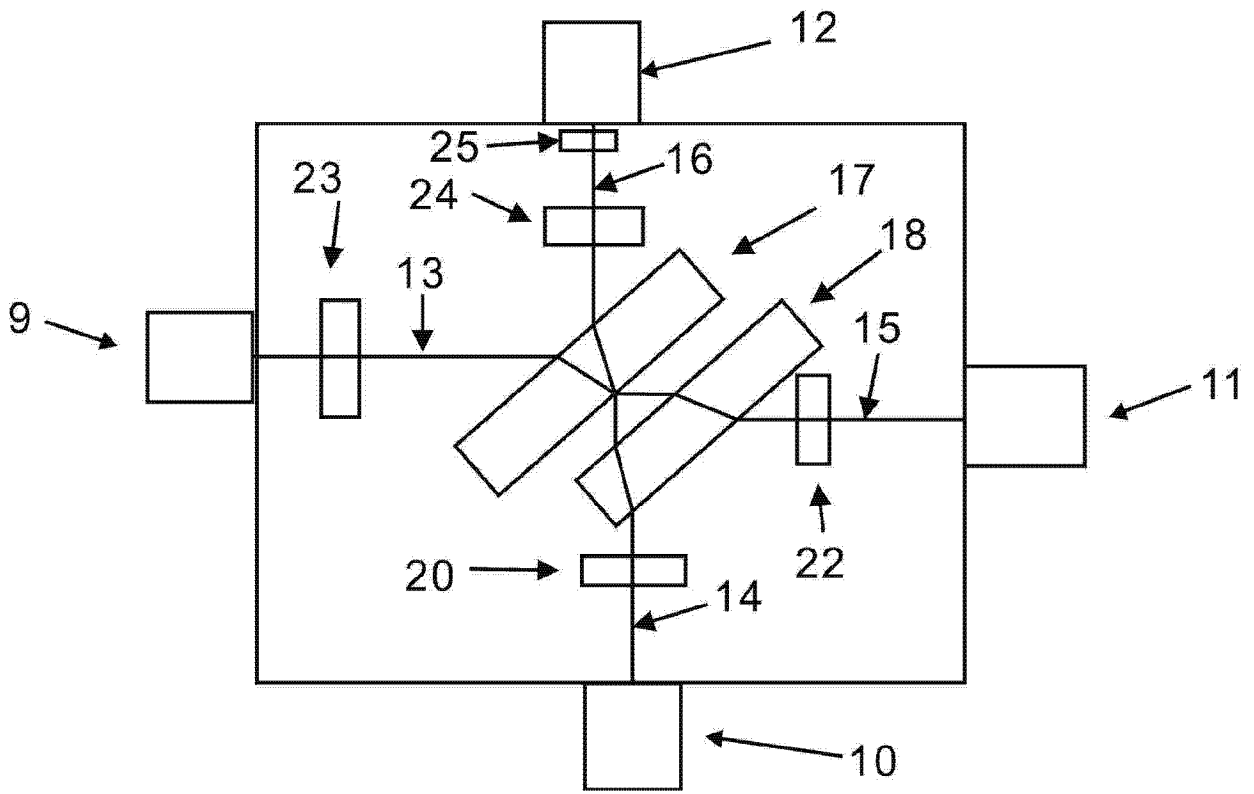


图 3

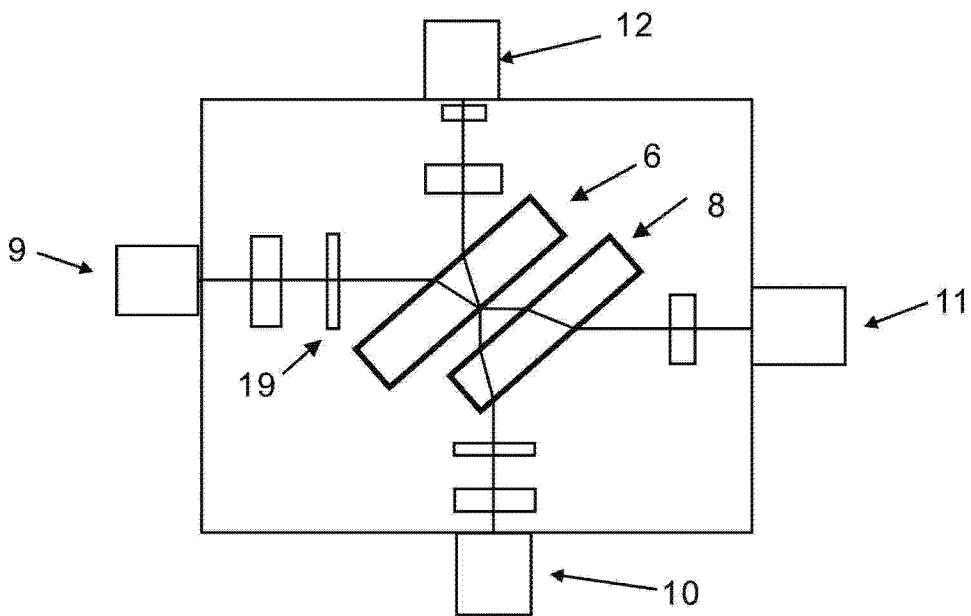


图 4a

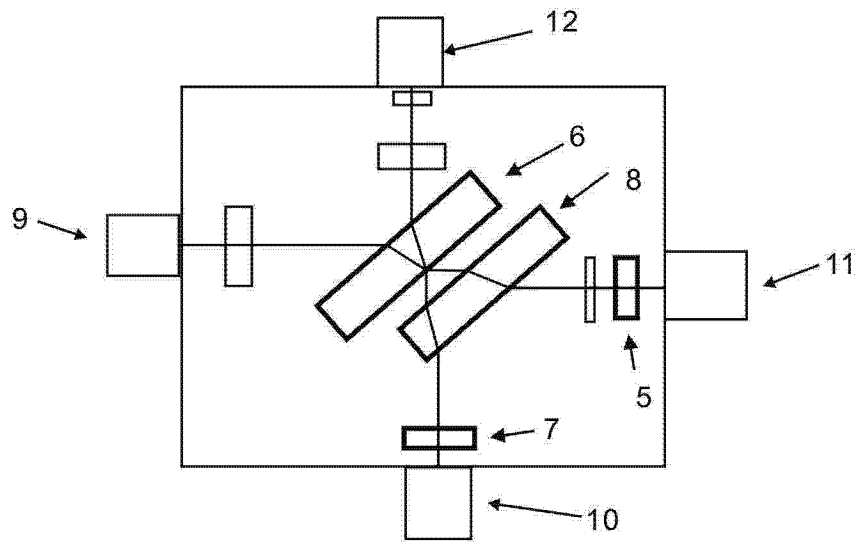


图 4b

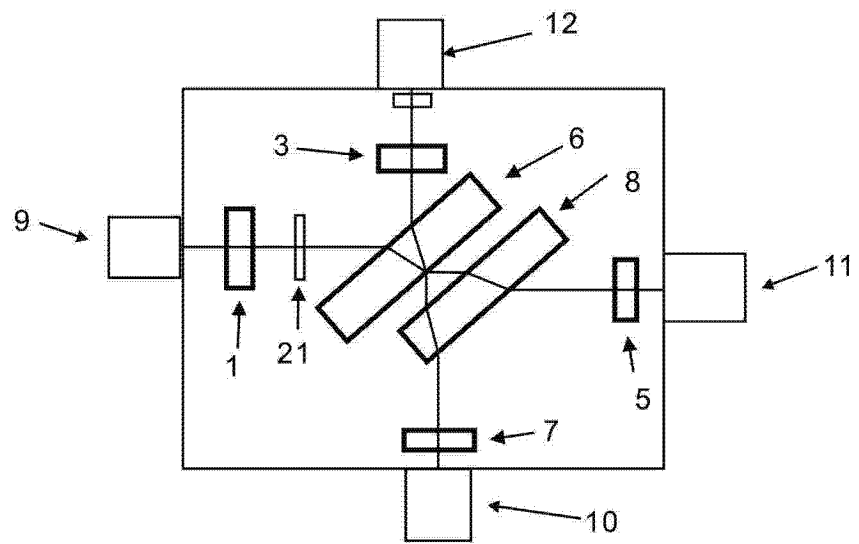


图 4c

图 4

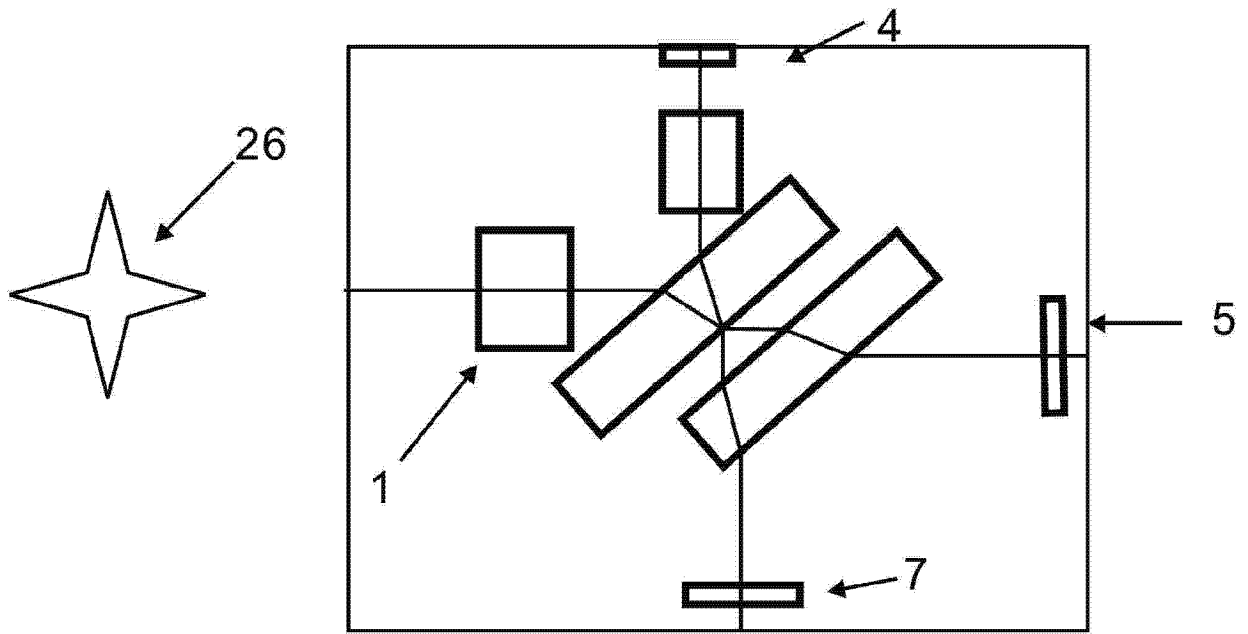


图 5