



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102109379 A

(43) 申请公布日 2011. 06. 29

(21) 申请号 201010585825. 6

G01J 3/18(2006. 01)

(22) 申请日 2010. 12. 14

(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 薛庆生 王淑荣

(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 3/28(2006. 01)

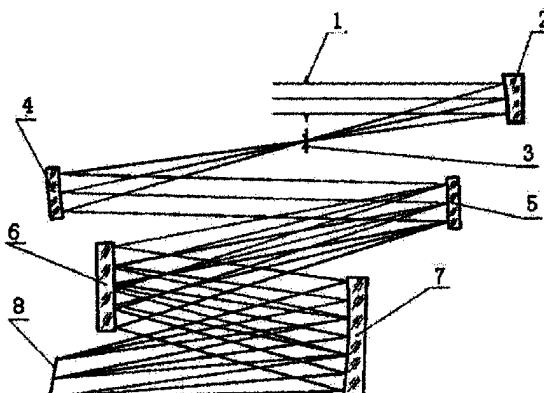
权利要求书 1 页 说明书 3 页 附图 2 页

(54) 发明名称

宽波段平面光栅色散型成像光谱仪的光学装置

(57) 摘要

宽波段平面光栅色散型成像光谱仪的光学装置涉及对地观测领域中成像光谱仪的技术领域，它解决了现有平面光栅光谱仪只对中心波长校正像差且残余像差较大的缺陷，沿狭缝长度方向存在很大像散的问题，本发明由孔径光阑、离轴抛物面镜、入射狭缝、球面准直镜、平面光栅、平面镜、超环面聚焦镜和面阵焦平面探测器组成。所述入射狭缝位于由孔径光阑和离轴抛物面镜组成的前置光学系统的焦面上，通过入射狭缝的出射光投射到球面准直镜上，经球面准直镜准直后投射到平面光栅上，从平面光栅出射的衍射光经平面镜转折后投射到超环面聚焦镜上，然后经超环面聚焦镜聚焦成像到面阵焦平面探测器上。本发明特别适合于航空航天遥感对地观测领域的高光谱成像系统。



1. 宽波段平面光栅色散型成像光谱仪的光学装置,该装置包括前置光学系统和 Czerny-Turner 光谱成像系统,其特征是,所述前置光学系统包括孔径光阑(1)和离轴抛物面镜(2);所述 Czerny-Turner 光谱成像系统由入射狭缝(3)、球面准直镜(4)、平面光栅(5)、平面镜(6)、超环面聚焦镜(7)、面阵焦平面探测器(8)组成;所述入射狭缝(3)位于由孔径光阑(1)和离轴抛物面镜(2)组成的前置光学系统的焦面上,通过前置光学系统出射的出射光经入射狭缝(3)后投射到球面准直镜(4)上,经球面准直镜(4)准直后出射光投射到平面光栅(5)上,从所述平面光栅(5)出射的衍射光经平面镜(6)转折后投射到超环面聚焦镜(7)上,然后经所述超环面聚焦镜(7)聚焦成像到面阵焦平面探测器(8)上。

2. 根据权利要求 1 所述的宽波段平面光栅色散型成像光谱仪的光学装置,其特征在于,所述平面光栅(5)中心到超环面聚焦镜(7)顶点的距离为超环面聚焦镜(7)的子午方向的半径 R 与超环面聚焦镜(7)离轴角的余弦的乘积值。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的宽波段平面光栅色散型成像光谱仪的光学装置,其特征在于,所述超环面聚焦镜(7)的弧矢方向的半径  $\rho$  小于超环面聚焦镜(7)子午方向半径 R。

## 宽波段平面光栅色散型成像光谱仪的光学装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及对地观测领域中成像光谱仪的技术领域,具体涉及一种宽波段平面光栅色散型成像光谱仪的光学装置。

### 背景技术

[0002] 光栅色散型成像光谱仪相对于棱镜色散型成像光谱仪具有光谱分辨率高、色散均匀的特点,因此光栅色散型成像光谱仪正在得到越来越广泛的应用。平面光栅与凹面非球面光栅和凸面光栅相比,具有加工技术成熟、通用性好等优点。随着光谱仪器的发展,传统的平面光栅色散型光谱仪,如光栅单色仪和光谱辐射计等,相继出现了艾伯特-法斯特(Ebert-Fastie)型、切尔尼-特纳(Czerny-Turner)型、李特洛(Littrow)型等光学结构型式,但这些现有的平面光栅色散型光谱仪结构,因为有出射狭缝的存在,采用单通道探测器(如光电倍增管、光电二极管)作为光电转换器件,通过转动光栅输出不同波长的光谱,通常只对中心波长,即:设计波长校正像差;并且由于仪器不要求空间分辨率,残余像差较大,沿狭缝长度方向存在很大的像散。而成像光谱仪要求在光栅固定的条件下在宽波段内同时获得良好的成像质量,可见,现有的平面光栅色散型成像光谱仪结构不适合成像光谱仪应用。

### 发明内容

[0003] 本发明为解决现有平面光栅光谱仪只对中心波长校正像差且残余像差较大的缺陷,沿狭缝长度方向存在很大像散的问题,提供一种宽波段平面光栅色散型成像光谱仪的光学装置。

[0004] 宽波段平面光栅色散型成像光谱仪的光学装置,该装置包括前置光学系统和Czerny-Turner光谱成像系统,所述前置光学系统包括孔径光阑和离轴抛物面镜;所述Czerny-Turner光谱成像系统由入射狭缝、球面准直镜、平面光栅、平面镜、超环面聚焦镜、面阵焦平面探测器组成;所述入射狭缝位于由孔径光阑和离轴抛物面镜组成的前置光学系统的焦面上,通过入射狭缝的出射光投射到球面准直镜上,经球面准直镜准直后投射到平面光栅上,从所述平面光栅出射的衍射光经平面镜转折后投射到超环面聚焦镜上,然后经所述超环面聚焦镜聚焦成像到面阵焦平面探测器上。

[0005] 本发明的工作原理:本发明所述的离轴抛物面型前置光学系统把远距离的线状物成像在入射狭缝上,这相当于空间遥感系统中,把垂直于推扫方向的远距离地面的线状目标成像于光谱成像系统的入射狭缝上。通过入射狭缝之后的出射光投射到球面准直镜上,经球面准直镜准直后投射到平面光栅上,从光栅出射的衍射光经平面镜转折后投射到超环面聚集镜上,经超环面聚集镜聚集成像到面阵焦平面探测器上,形成光谱和图像的二维分布。其中平行于狭缝长度方向上为空间维,垂直于狭缝长度方向上为光谱维。本发明的特点是从宽波段像差同时校正和像散校正两方面改进了传统的Czerny-Turner结构,使其满足宽波段成像光谱仪的应用要求。利用超环面聚焦镜在子午和弧矢方向的半径不同来校正

系统的像散。将平面光栅置于聚焦镜的曲率中心附近来实现宽波段像差同时校正，并为减小系统体积在平面光栅与超环面聚焦镜之间加入平面镜来转折光路。前置光学系统采用离轴抛物面，无色差，在满足成像质量的同时可以简化系统的结构。

[0006] 本发明的有益效果：本发明将离轴抛物面镜与 Czerny-Turner 型光谱成像系统匹配组成成像光谱仪全系统的光路结构。本发明采用平面光栅作为色散元件，利用超环面聚焦镜来校正系统的像散，通过调整平面光栅到聚集镜的距离可以在宽波段内同时获得良好的成像质量，避免了设计和加工都比较困难的凹面非球面光栅和凸面光栅，并且降低了成本。本发明装置具有宽光谱范围、高光谱分辨率以及光学结构小型化的特点，特别适合于航空航天遥感对地观测领域的高光谱成像系统。

### 附图说明

[0007] 图 1 为本发明所述的宽波段平面光栅色散型成像光谱仪的光学装置的光学结构示意图；

[0008] 图 2 为本发明图 1 中所示的超环面聚焦镜的工作原理图；

[0009] 图 3 为本发明装置搭载于卫星平台对地观测光路计算示意图。

[0010] 图中：1、孔径光阑，2、离轴抛物面镜，3、入射狭缝，4、球面准直镜，5、平面光栅，6、平面镜，7、超环面聚焦镜，8、面阵焦平面探测器。

### 具体实施方式

[0011] 具体实施方式一、结合图 1 和图 2 说明本实施方式，宽波段平面光栅色散型成像光谱仪的光学装置，该装置包括前置光学系统和 Czerny-Turner 光谱成像系统，所述前置光学系统包括孔径光阑 1 和离轴抛物面镜 2；所述 Czerny-Turner 光谱成像系统由入射狭缝 3、球面准直镜 4、平面光栅、平面镜、超环面聚焦镜、面阵焦平面探测器组成；所述入射狭缝 3 位于由孔径光阑 1 和离轴抛物面镜 2 组成的前置光学系统的焦面上，通过入射狭缝 3 的出射光投射到球面准直镜 4 上，经球面准直镜 4 准直后投射到平面光栅 5 上，从所述平面光栅 5 出射的衍射光经平面镜 6 转折后投射到超环面聚焦镜 7 上，然后经所述超环面聚焦镜 7 聚焦成像到面阵焦平面探测器 8 上。

[0012] 具体实施方式二、结合图 2 和图 3 所示，本实施方式为具体实施方式一所述的宽波段平面光栅色散型成像光谱仪的光学装置的实施例，包括由孔径光阑 1 和离轴抛物面镜 2 组成的前置光学系统以及由入射狭缝 3、球面准直镜 4、平面光栅 5、平面反射镜 6、超环面聚焦镜 7 和面阵焦平面探测器 8 组成的光谱成像系统。

[0013] 将本发明装置搭载于卫星平台对地面目标进行探测，工作波段  $350\text{nm} \sim 750\text{nm}$ 。结合 3，X 方向为跨轨方向，即为入射狭缝 3 的长度方向，Y 方向为卫星运行方向，即为入射狭缝 3 的宽度方向，Z 方向为卫星高度方向；X 方向对应地面宽度为 25km，卫星轨道高度为 800km。

[0014] 所述前置光学系统采用离轴抛物面镜 2，所述离轴抛物面镜 2 的焦距 120mm，有效口径  $\Phi 20\text{mm}$ ；离轴抛物面镜 2 的面型参数为：半径 -240mm，二次曲面系数 -1，离轴量 25mm。入射狭缝 3 位于前置光学系统的焦平面上，被测目标被成像在入射狭缝 3 上，所述入射狭缝 3 的出射光以一定角度投射到球面准直镜 4 上，经球面准直镜 4 准直后入射到平面光栅 5

上 ;其中球面准直镜 4 半径 240mm,光栅刻线密度为 300g/mm,经平面光栅 5 色散的平行光束投射到平面镜 6 上,最后投射到超环面镜聚焦镜 7 上;结合 2 所示,所述超环面聚焦镜的子午方向的半径 R 为 -360mm,弧矢方向的半径 ρ 为 -343.725mm。经聚焦投射到面阵焦平面探测器 8 表面,所述面阵焦平面探测器 8 采用高灵敏度大动态范围的大面阵 CCD,为 1K×1K,像元单元尺寸根据瞬时视场计算,所述 CCD 图像采集量化精度为 12bit。图像采集控制及信号处理采用微型计算机系统,它完成数据采集、存储及传输等功能。

[0015] 在本实施例中,光学系统的总视场角为 :

[0016]  $\text{FOV} = \text{幅宽} / \text{轨道高度} = 25 / 800 = 31.25\text{mrad}$

[0017] 设光学系统瞬时视场角对应的地面目标尺寸为 168m,则可以根据飞行高度计算出瞬时视场角 :

[0018]  $\text{IFOV} = 168 / (800 \times 10^3) = 0.21\text{mrad}$

[0019] 因此瞬时视场角对应的狭缝宽度 a 可以根据前置光学系统的焦距进行计算 :

[0020]  $a = 0.21\text{rad} \times 120\text{mm} = 25 \mu \text{m}$

[0021] CCD 的像元尺寸 d 与瞬时视场对应,因此等于狭缝宽度 a,即 : $d = 25 \mu \text{m}$ 。

[0022] 本具体实施例验证了本发明所采用的超环面聚焦镜来校正系统的像散,通过调整平面光栅到超环面聚焦镜的距离可以在宽波段内同时获得良好的成像质量。本发明在航空航天遥感领域有广泛的应用前景。

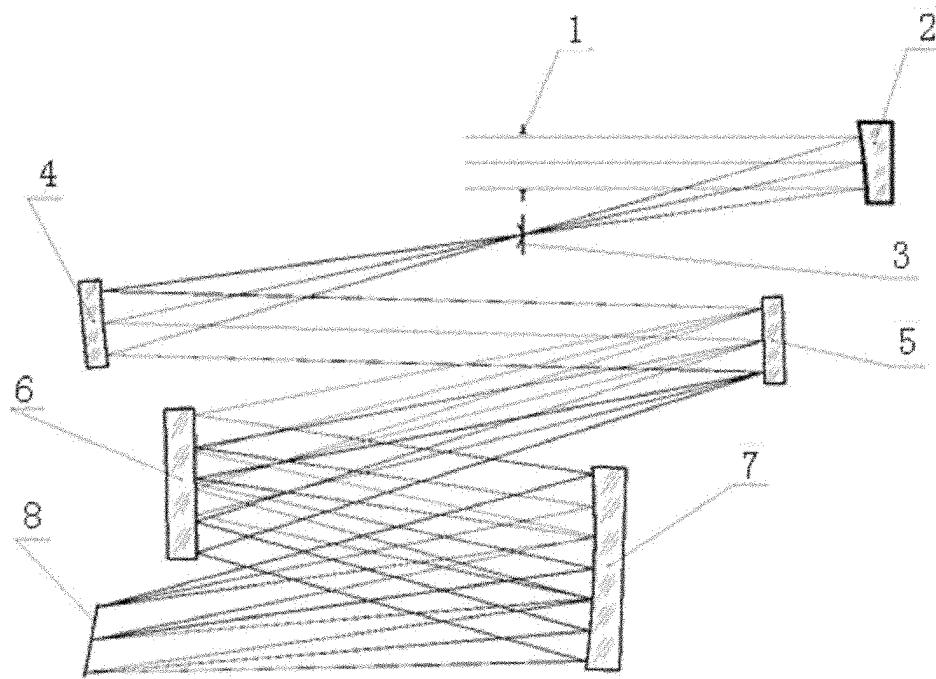


图 1

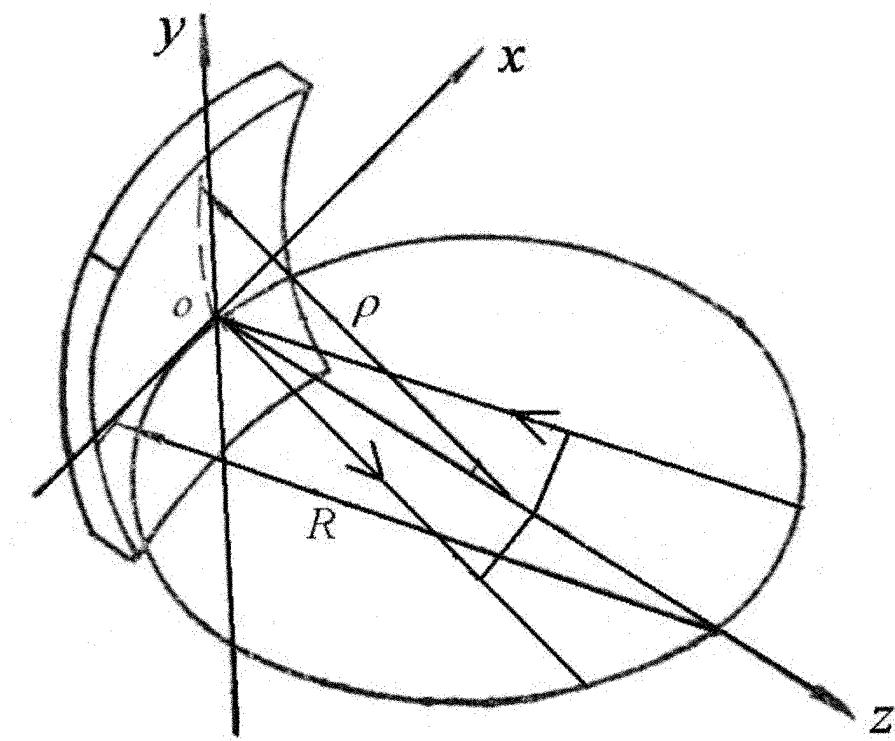


图 2

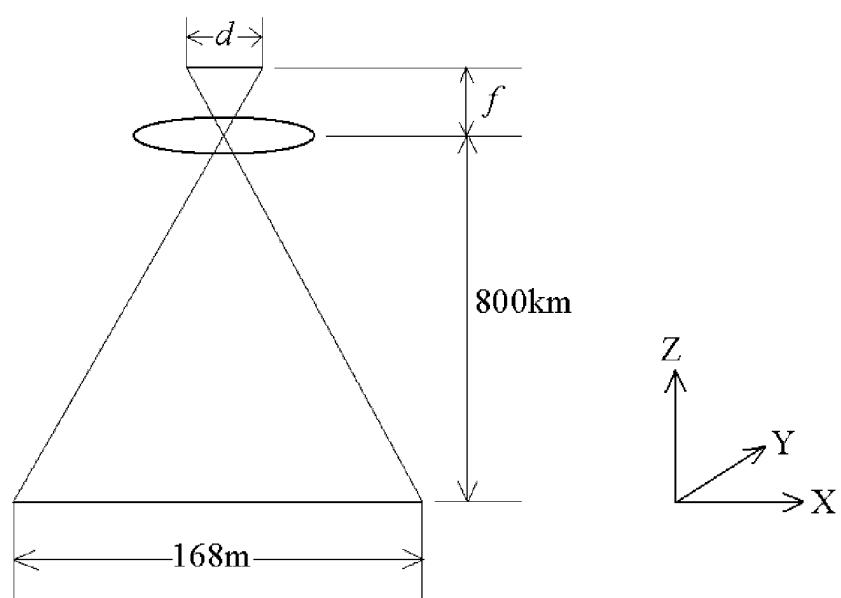


图 3