

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G02B 23/00 (2006.01)

G02B 25/00 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200910066980.4

[43] 公开日 2009年10月14日

[11] 公开号 CN 101556374A

[22] 申请日 2009.5.20

[21] 申请号 200910066980.4

[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 卢振武 岳巾英 刘 华

[74] 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所
代理人 王立伟

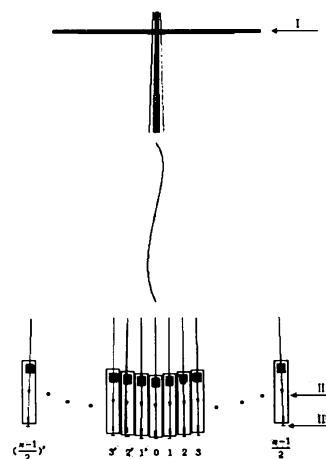
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 3 页

[54] 发明名称

衍射复眼望远镜光学系统

[57] 摘要

一种衍射复眼望远镜的光学系统，它属于空间光学技术领域。该衍射复眼望远镜光学系统采用衍射透镜做物镜，将衍射物镜和子目镜系统按照一对多的生物复眼结构进行空间排布，即在衍射物镜消色差中心波长的焦距处将子目镜系统以一定的空间角度排放，每个子目镜系统后放置一个接收器。本发明的多个子目镜系统为 3 - 19 之间的奇数个，望远镜系统的视场角由所用的目镜组 II 的个数 n 所决定。整个系统具有很轻的质量，在 $0.4 \mu\text{m} - 0.7 \mu\text{m}$ 的宽光谱范围内，其视场比单衍射望远镜可扩大 3 倍到 19 倍，并且具有高分辨率及接近衍射极限的成像质量。此衍射复眼望远镜很好地解决了传统空间望远镜质量轻成本低与大视场高分辨力之间的矛盾，可用于空间对地观测遥感，空间摄影等领域。



1、一种衍射复眼望远镜光学系统，其特征在于该光学系统包括衍射物镜 I，目镜组 II，接收器组 III；该衍射复眼望远镜系统采用衍射透镜做物镜，将衍射物镜和子目镜系统按照一对多的生物复眼结构进行空间排布，即在衍射物镜消色差中心波长的焦距处将子目镜系统以的空间角度排放，每个子目镜系统后放置一个接收器；

衍射物镜 I 是一个在平凸透镜的平面上制作二元衍射面的衍射透镜；

目镜组 II 由 n 个子目镜系统组成，其中 n 为 $3 \leq n \leq 19$ ，且 n 为奇数，衍射复眼望远镜系统的视场角由所用的目镜组 II 的个数 n 所决定；相邻视场角的图像拼接在一起，从而形成对物体视场角内的完整图像；

而接收器组 III 对应目镜组 II，即在每一个子目镜系统后面焦点位置处都有一个独立的接收器。

2、根据权利要求 1 所述的衍射复眼望远镜光学系统，其特征在于目镜组 II 包括 n 个子目镜系统， n 个子目镜系统的空间排布方式是：以衍射物镜主光轴为中心左右对称连续排列，位于衍射物镜主光轴上的子目镜 0；在主光轴右侧的子目镜系统 1、子目镜系统 2...子目镜系统 $\frac{n-1}{2}$ ；在主光轴的左侧的子目镜系统 1'、子目镜系统 2' ...子目镜系统 $(\frac{n-1}{2})'$ 。

3、根据权利要求 1 所述的衍射复眼望远镜光学系统，其特征在于为了增大接收器组 III 的调试空间，每个子目镜系统可以由：一个双胶合透镜 A，一个双胶合透镜 B，两个不同曲率半径的单透镜 C 和单透镜 D，共四个透镜所组成。

衍射复眼望远镜光学系统

技术领域

本发明是一种空间成像光学系统，主要用于空间摄影，空间对地观测遥感等领域。

背景技术

现代小型化卫星的发射特点，要求其所携带的光学系统具有质量轻、分辨率高、大视场的特点。目前针对以上特点有两种解决方法：采用非球面反射镜做主镜的反射式空间望远镜光学系统，其对非球面的面形精度要求高，加工难度大，成本高；采用衍射透镜做主镜的透射式光学系统，虽然具有比较宽松的公差要求，但难以解决大视场和轻量化的矛盾。而基于复眼结构的衍射望远镜，仿照生物复眼一对一结构的特点，能够满足现代小型卫星的要求，由于其物镜组和目镜组在空间均成一定角度排列，因此在装调上存在一定的难度。

发明内容

本发明提供一种新概念的空间望远镜光学系统——衍射复眼望远镜光学系统。该衍射复眼望远镜光学系统能够解决传统望远镜系统质量轻成本低与大视场高分辨率的矛盾。

本发明衍射复眼望远镜光学系统的具体结构包括：衍射物镜 I，目镜组 II，接收器组 III。衍射物镜 I 是一个在平凸透镜的平面上制作二元衍射面的衍射透镜。目镜组 II 由 n ($3 \leq n \leq 19$, 且 n 为奇数) 个子目镜系统组成，以衍射物镜主光轴为中心左右对称连续排列，位于衍射物镜主光轴上的子目镜 0；在主光轴右侧的子目镜系统 1、子目镜系统 2...子目镜系统 $\frac{n-1}{2}$ ；在主光轴的左侧的子目镜系统 1'、子目镜系统 2' ...子目镜系统 $(\frac{n-1}{2})'$ 。为了增大接收器组 III 的调试空间，每个子目镜系统都是由：一个双胶合透镜 A，一个双胶合透镜 B，两个不同曲率半径的单透镜 C 和单透镜 D，共四个透镜所组成。

而接收器组 III 对应目镜组 II，即在每一个子目镜系统后面焦点位置处都有一个独立的接收器。

本发明的光路设计即位置关系：

竖直方向放置衍射物镜 I。衍射物镜 I 消色差中心波长的焦距为 L ，在衍射物镜 I 的主

光轴上 L 位置处垂轴放置子目镜系统 0；以衍射透镜的后主点为中心，水平方向逆时针旋主光轴 0.2° ，在距离衍射物镜 L 位置处垂轴放置子目镜 1，水平方向逆时针旋转主光轴 0.4° ，距离衍射物镜 L 位置处垂轴放置子目镜系统 2…水平方向逆时针旋转主光轴 $(\frac{n-1}{2}) * 0.2^\circ$ ，距离衍射物镜 L 位置处垂轴放置子目镜系统 $\frac{n-1}{2}$ ；以衍射透镜的后主点为中心，水平方向顺时针旋主光轴 0.2° ，在距离衍射物镜 L 位置处垂轴放置子目镜 1'，水平方向顺时针旋转主光轴 0.4° ，距离衍射物镜 L 位置处垂轴放置子目镜系统 2' …水平方向顺时针旋转主光轴 $(\frac{n-1}{2}) * 0.2^\circ$ ，距离衍射物镜 L 位置处垂轴放置子目镜系统 $(\frac{n-1}{2})'$ 。接收器组 III 中的 n 个接收器分别放置在目镜组 II 每个子目镜系统的焦点位置处。

本发明的成像光路：

在可见光宽波段光谱范围内，从无穷远处物体发出的光，经过衍射物镜 I 和目镜组 II 成像在接收器组 III 上。其中目镜组 II 中的每一个子目镜系统对应一定视场角内的图像，子目镜系统 0 对应 -0.1° 到 0.1° 视场角内的图像，子目镜系统 1 对应逆时针 0.1° 到 0.3° 视场角内的图像…子目镜 $\frac{n-1}{2}$ 对应逆时针 $(0.1n-0.2)^\circ$ 到 $(0.1n)^\circ$ 视场角内的图像；相应的，子目镜系统 1' 对应顺时针 0.1° 到 0.3° 视场角内的图像…子目镜 $(\frac{n-1}{2})'$ 对应顺时针 $(0.1n-0.2)^\circ$ 到 $(0.1n)^\circ$ 视场角内的图像。相邻视场角的图像可以拼接在一起，从而形成对物体视场角内的完整图像，衍射复眼望远镜系统的成像大小由其所使用的子目镜个数决定。

根据具体应用情况，作以下说明：

- 1、整个衍射复眼望远镜系统的视场角由所用的目镜组 II 的个数 n 所决定，其中 $3 \leq n \leq 19$ ，且 n 为奇数。
- 2、n 个子目镜要连续排列，才能对连续视场成像。
- 3、采用好的接收器，能降低各部分光电噪声的影响，从而获得更清晰的图像。

本发明的有益效果是：

第一：该衍射复眼望远镜系统具有宽光谱 $0.4\ \mu\text{m}$ — $0.7\ \mu\text{m}$ 、高分辨率和质量轻的特点。

第二：衍射物镜是透射型光学元件，因透射表面上面形误差影响比反射表面要好 $16(f/\#)^2$ 倍，具有宽松的制作公差，且衍射光学元件易复制，制作成本低。

第三：按照生物复眼一对多结构排列的目镜组扩大了光学系统的视场角，最大可达 3.8° 。

附图说明

下面结合附图对本发明进行进一步说明。

图 1 为衍射复眼望远镜系统的结构示意图。

图 2 为衍射物镜 I 和轴上子目镜系统 0 的传递函数曲线。

图 3 为衍射物镜 I 和子目镜系统 9 的传递函数曲线。

图 4 为轴上子目镜系统 0 的结构示意图。

具体实施方式

结合附图 1、2、3、4，对本发明作进一步的说明：

图 1 中，衍射物镜 I（孔径光阑）口径 50mm， $f/\#=49$ ，基底为 1mm 的 K9 玻璃（选用低密度薄膜材料用以减小质量），其第一个面是二元衍射面；黑框中子目镜系统 II 口径 8mm；框外为接收器组 III。系统工作波段 $0.4\ \mu\text{m}$ — $0.7\ \mu\text{m}$ ，系统 $f/\#=3.88$ ，视场角由子目镜系统个数所决定： $w=(0.2\times n)^\circ$ 。

图 2 中，在空间频率 50lp/mm 处，各视场的传递函数可达到 0.7 以上。

图 3 中，在空间频率 50lp/mm 处，各视场的传递函数可达到 0.6 以上。

图 4 中，每个子目镜系统都是由：一个 K9 和 ZF1 玻璃胶合而成的正透镜 A，一个 ZF1 和 K9 玻璃胶合而成的负透镜 B，两个不同曲率半径的 K9 玻璃单透镜 C 和单透镜 D，共四个透镜所组成。

实施例 1：

下面结合附图对本发明进一步说明，依照附图 1 所示，按以下步骤摆放光路：

1：首先竖直放置衍射物镜 I，并标定衍射物镜 I 在中心波长 587.6nm 下的焦距 L。

2: 在距离衍射物镜 I 的 L 处, 水平放置子目镜系统 0, 并使子目镜系统 0 和衍射物镜 I 共轴。

3: 在过光轴的水平面上, 逆时针旋转长度为 L 的主光轴 0.2° , 垂轴放置子目镜系统 1。

4: 在过光轴的水平面上, 顺时针旋转长度为 L 的主光轴 0.2° , 垂轴放置子目镜系统 1'。

5: 分别在三个子目镜系统的后焦面上放置接收器。

该实施例中, 共使用了 3 个子目镜系统, 将衍射复眼望远镜对无穷远处成像, 每个子目镜系统负责 0.2° 视场角, 该衍射复眼望远镜可以获得 0.6° 视场内清晰的像。

实施例 2:

下面结合附图对本发明进一步说明, 依照附图 1 所示, 按以下步骤进行光路摆放:

1: 首先竖直放置衍射物镜 I, 并标定衍射物镜 I 在中心波长 587.6nm 下的焦距 L。

2: 在距离衍射物镜 I 的 L 处, 水平放置子目镜系统 0, 并使子目镜系统 0 和衍射物镜 I 共轴。

3: 在过光轴的水平面上, 逆时针旋转长度为 L 的主光轴 0.2° , 垂轴放置子目镜系统 1。

4: 按照步骤 3, 逆时针旋转长度为 L 的主光轴 0.4° , 垂轴放置子目镜系统 2。

5: 按照步骤 3, 逆时针旋转长度为 L 的主光轴 0.6° , 垂轴放置子目镜系统 3。

6: 在过光轴的水平面上, 顺时针旋转长度为 L 的主光轴 0.2° , 放置子目镜系统 1'。

7: 按照步骤 6, 顺时针旋转长度为 L 的主光轴 0.4° , 放置子目镜系统 2'。

8: 按照步骤 6, 顺时针旋转长度为 L 的主光轴 0.6° , 放置子目镜系统 3'。

9: 分别在每个子目镜系统的后焦面上放置接收器。

该实施例中, 共使用了 7 个子目镜系统, 将衍射复眼望远镜对无穷远处成像, 每个子目镜系统负责 0.2° 视场角, 该衍射复眼望远镜可以获得 1.4° 视场内清晰的像。

以此类推, 子目镜系统 0 和衍射物镜 I 共轴放置, 在子目镜系统 0 的两侧分别放置 1-9 个子目镜系统, 衍射复眼望远镜可以获得 $0.2^\circ - 3.8^\circ$ 视场内清晰的像。

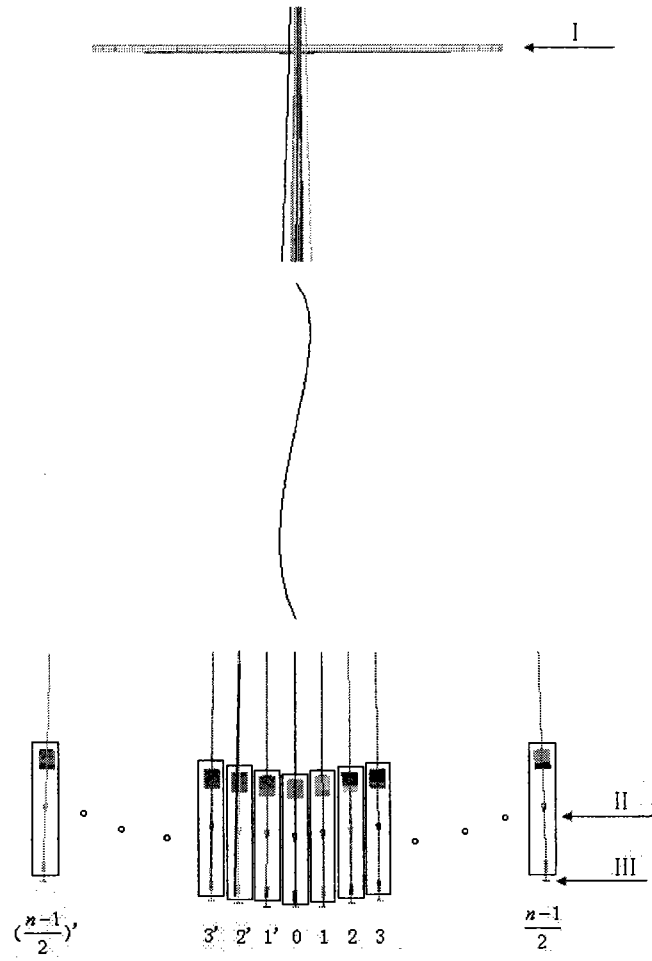


图 1

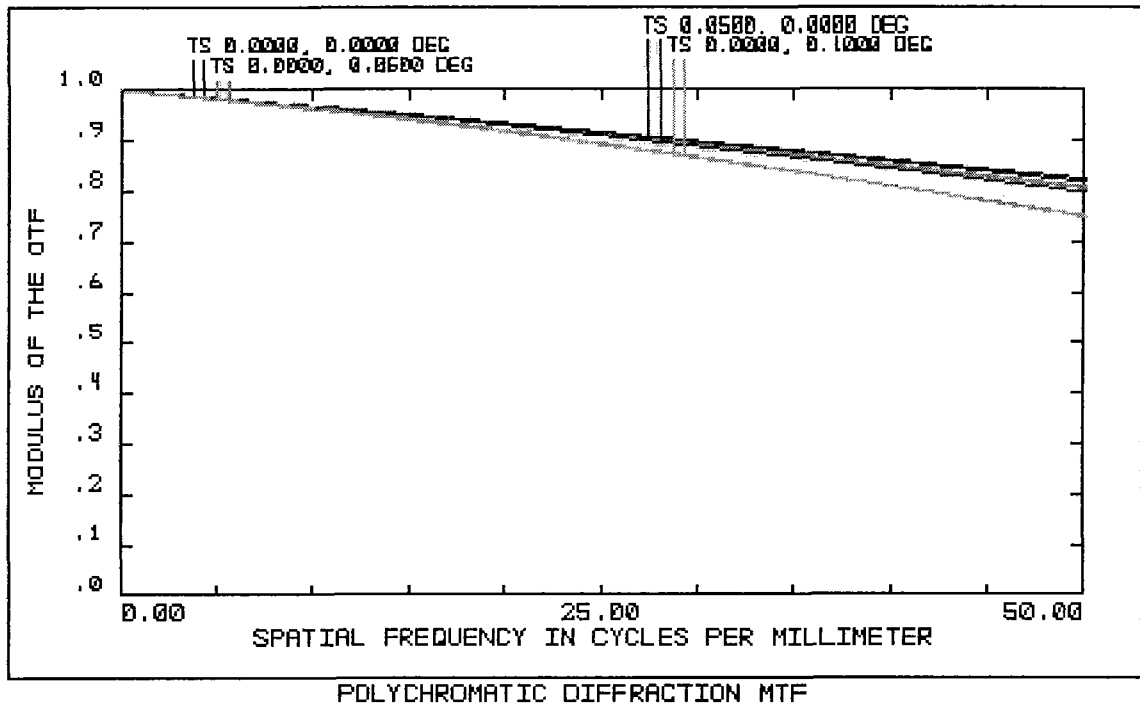


图 2

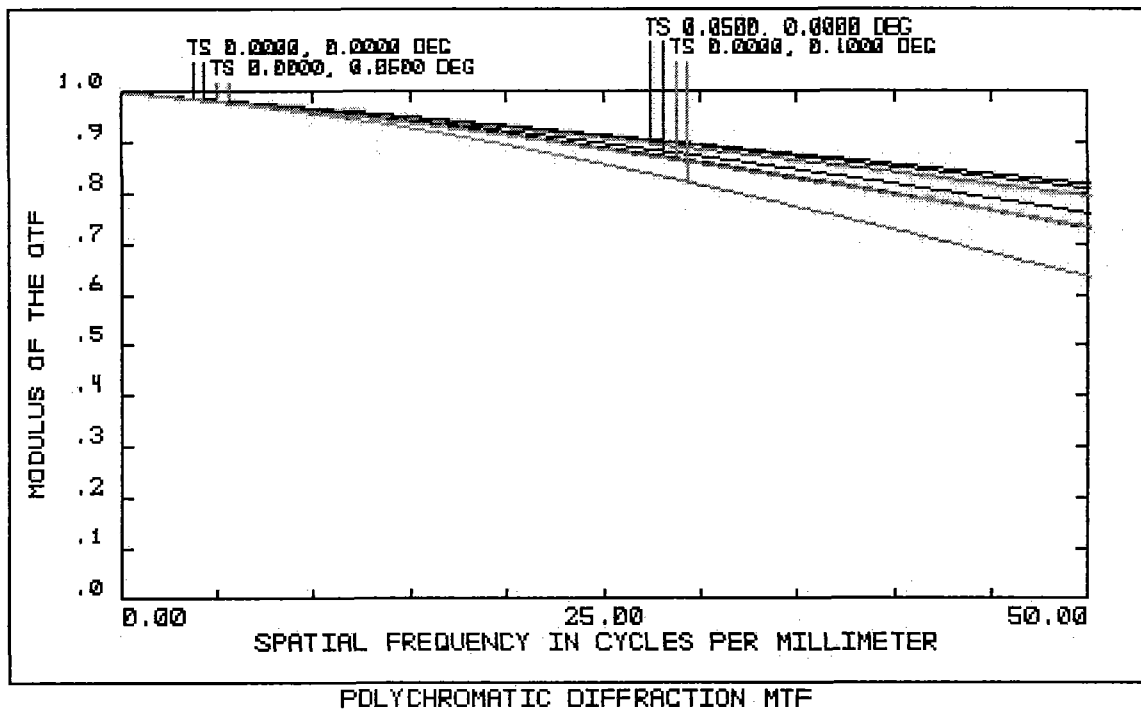


图 3

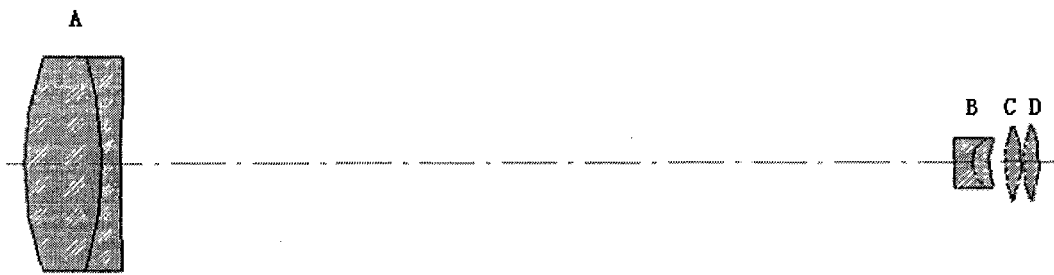


图 4