

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl<sup>7</sup>

G01J 3/12

G01J 3/26



# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200310108347. X

[43] 公开日 2004 年 10 月 27 日

[11] 公开号 CN 1540300A

[22] 申请日 2003. 10. 31

[21] 申请号 200310108347. X

[71] 申请人 中国科学院上海技术物理研究所

地址 200083 上海市玉田路 500 号

[72] 发明人 胥学荣 黄小仙 丁 雷 刘晓华

[74] 专利代理机构 上海智信专利代理有限公司

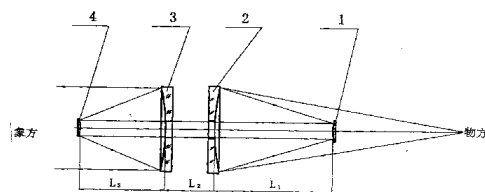
代理人 郭 英

权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 1 页

[54] 发明名称 一种用于遥感仪器光谱定标的耦合四反射光学系统

[57] 摘要

本发明公开了一种将单色仪输出光谱耦合到遥感仪器的耦合四反射光学系统，该系统由球面双反射系统和无焦双反射系统构成。球面双反射系统由凸球面反射镜凹球面反射镜构成。无焦双反射系统构成凹抛物面主反射镜、凸抛物面次反射镜构成。两个双反射系统之间由平行光连接，无间距要求。本发明的四反射光学系统可以实现单色仪与遥感仪器的最佳光学匹配，成像精确。在 1.5mrad 的视场内成像质量好，像面的光能分布与波长无关，光谱定标的波段范围宽、精度高。



I S S N 1 0 0 8 - 4 2 7 4

1. 一种用于遥感仪器光谱定标的耦合四反射光学系统, 包括: 凸球面反射镜(1)、凹球面反射镜(2)、凹抛物面主反射镜(3)、凸抛物面次反射镜(4), 光学系统从物方至像方按顺序由凸球面反射镜(1)、凹球面反射镜(2)构成一个球面双反射系统; 凹抛物面主反射镜(3)、凸抛物面次反射镜(4)构成一个无焦双反射系统; 两个双反射系统由平行光连接, 构成一个耦合四反射光学系统;

来自物方的经单色仪的出射狭缝输出的光束射向凹球面反射镜(2), 经其反射会聚至凸球面反射镜(1), 由凸球面反射镜(1)反射向凸抛物面次反射镜(4), 再由凸抛物面次反射镜(4)反射向凹抛物面主反射镜(3), 在像方遥感仪器的人射光学口径成像;

所说的无焦双反射系统的凹抛物面主镜(3)与凸抛物面次镜(4)的非球面偏心率系数应满足如下关系式:

$$e_4^2 = e_3^2 = 1,$$

式中  $e_4$  为凸抛物面的偏心率,  $e_3$  为凹抛物面的偏心率;

凹抛物面主镜(3)的中心曲率半径为:  $R_3 = \beta \times R_4$ ,  $R_4$  为凸抛物面次镜(4)的中心曲率半径,  $\beta$  为口径放大率,  $\beta = D_3/D_4$ ,  $D_3$  为凹抛物面主镜(3)的口径,  $D_4$  为凸抛物面次镜(4)的口径, 凹凸抛物面主次镜(3、4)反射面间距为:  $L_3 = (R_3 - R_4) / 2$ ;

四反射光学系统焦距  $f_0 = D_3 / (1/F)$ ;

球面双反射系统焦距  $f = f_0 / \beta$ ;

所说的球面双反射系统的凹球面镜(2)的曲率半径为:  $R_2 = (5^{1/2} + 1) \times f$ , 凸球面镜(1)的曲率半径为:  $R_1 = (5^{1/2} - 1) \times f$ , 凹凸二球面镜(2、1)的反射面间距为  $L_1 = 2 \times f$ ;

抛物面无焦双反射系统与球面双反射系统的间距  $L_2$  在光学上没有要求。

## 一种用于遥感仪器光谱定标的耦合四反射光学系统

### 技术领域

本发明涉及光学元件系统,具体是指一种用于遥感仪器光谱定标的耦合四反射光学系统。

### 背景技术

在光学遥感仪器的光谱定标时,需要使用单色仪输出光谱作遥感仪器的定标光谱源。由于单色仪的输出光谱是经其出射狭缝输出的,光束是发散的,为了将其耦合到被定标的遥感仪器中去,通常需要一个扩束准直的光学系统来耦合。传统的单色仪,有的没有扩束准直的耦合光学系统,有的仅用一个透镜将单色仪出射狭缝输出的光束耦合到被定标的光学遥感仪器中。这种单耦合透镜往往选用宽透过波段的如硫化锌或硒化锌材料制造,硫化锌耦合透镜的工作波段约为  $0.42\ \mu\text{m}$ - $12.5\ \mu\text{m}$ ,硒化锌耦合透镜的工作波段约为  $0.5\ \mu\text{m}$ - $14\ \mu\text{m}$ 。这两种耦合透镜在如此宽的波段范围内其折射率的变化是较大的,也就意味着色差比较大。通常人们认为在相对光谱定标时,定标用光学系统有色差或其他像差不会影响定标精度。而实际定标用的光学系统有色差或其他像差,将会影响被定标的光学遥感仪器像面上的光能分布,这样探测器接受到的光能就可能有大小,因而也就影响了定标精度,尤其是线阵与面阵探测器较单元探测器影响大的多。

采用硫化锌或硒化锌作耦合透镜的另一个问题是:由于材料的直径做不大,因此透镜的直径也不可能做大,这样经透镜耦合的光束无法充满遥感仪器的光学口径。通常人们认为在相对光谱定标时,光束可以不充满遥感仪器的光学口径,不会影响定标的精度,其实不同波长的光线在不同的折反射角情况下的效率是不同的,所有只有在光束充满遥感仪器的光学口径的情况下才不影响定标

精度。对于成像光谱仪，其定标精度与光栅上参予的刻槽的条数，即相当于参加干涉的狭缝数有关，也就是与光束在光栅上的大小有关，这就意味着成像光谱仪的光谱定标也要求光束充满其光学口径。我国的风云一号气象卫星与海洋卫星的光学口径达到 200mm，风云二号气象卫星的光学口径则更大，达到 400mm。由单色仪附带的硫化锌或硒化锌材料制造的单透镜，其口径通常只有数十毫米，即使能够获得大口径的硫化锌或硒化锌材料，也还存在色差。

如果采用双反射式的耦合光学系统，由于它只有两个曲率半径与一个面间距共三个结构参数参予耦合，将是无法同时满足遥感仪器挡光要求与单色仪的数值孔径的匹配要求的。

### **技术方案**

基于上述已有技术存在的问题，本发明目的是提供一种能充满遥感仪器光学口径，并且无色差地将单色仪的输出光谱耦合到被定标的遥感仪器中的四反射光学系统。该系统可用于紫外、可见光及红外所有波段。

本发明的四反射光学系统如图 1 所示，光学系统从物方至像方按顺序由凸球面反射镜 1、凹球面反射镜 2 构成一个球面双反射系统，凹抛物面主反射镜 3、凸抛物面次反射镜 4 构成一个无焦双反射系统，两个双反射系统用平行光连接，成为一个四反射光学系统，两个双反射系统之间无间距要求。

来自物方的经单色仪的出射狭缝输出的光束射向凹球面反射镜 2，经其反射会聚至凸球面反射镜 1，由凸球面反射镜 1 反射向凸抛物面次反射镜 4，再由凸抛物面次反射镜 4 反射向凹抛物面主反射镜 3，在像方遥感仪器的人射光学口径成像。

所说的无焦双反射系统的凹抛物面主镜 3 与凸抛物面次镜 4 的非球面偏心率系数应满足如下关系式：

$$e_4^2 = e_3^2 = 1,$$

式中  $e_4$  为凸抛物面的偏心率， $e_3$  为凹抛物面的偏心率。

凹抛物面主镜 3 的中心曲率半径为： $R_3 = \beta \times R_4$ ， $R_4$  为凸抛物面次镜 4 的中心

曲率半径， $\beta$  为口径放大率， $\beta = D_3/D_4$ ， $D_3$  为凹抛物面主镜 3 的口径， $D_4$  为凸抛物面次镜 4 的口径。凹凸抛物面主次镜 3、4 反射面间距为： $L_3 = (R_3 - R_4)/2$ 。

四反射光学系统焦距  $f_0 = D_3 / (1/F)$ 。

球面双反射系统焦距  $f = f_0 / \beta$ 。

所说的球面双反射系统的凹球面镜 2 的曲率半径为： $R_2 = (5^{1/2} + 1) \times f$ ，凸球面镜 1 的曲率半径为： $R_1 = (5^{1/2} - 1) \times f$ ，凹凸二球面反射镜 2、1 的反射面间距为  $L_1 = 2 \times f$ 。

抛物面无焦双反射系统与球面双反射系统的间距  $L_2$  在光学上没有要求。

本发明的四反射光学系统的优点是：

1. 由于系统共有 5 个结构参数，可将单色仪与遥感仪器进行最佳的光学匹配，输出光束充满遥感仪器的光学口径。光学系统经过像差优化设计，在 3mrad 的视场内能够精确成像。在 1.5mrad 的视场内成像质量好，像面的光能分布与波长无关，光谱定标的波段范围宽、精度高。

2. 四反射光学系统的设计都有解析解，设计方便，像质优良。

3. 四反射光学系统可以实现单色仪与遥感仪器的最佳光学匹配，定标光学系统的次镜挡光可以小于遥感仪器的次镜挡光，相对孔径可以大于单色仪的相对孔径。

#### 附图说明

图 1 为本发明的四反射光学系统。

#### 具体实施方式

根据图 1 的光学结构，我们设计了一个耦合四反射光学系统，系统的技术指标如下：

单色仪 5 的相对孔径  $1/F = 1: 4$ ，遥感仪器的次镜挡光为 50 左右。

现确定四反射光学系统的相对孔径  $1/F = 1: 3.81$ ；

无焦双反射系统的凹抛物面主镜 3 与凸抛物面次镜 4 的非球面偏心率系数为：

$$e_4^2 = e_3^2 = 1。$$

凹抛物面主镜 3 的口径  $D_3=210$ ;

凸抛物面次镜 4 的口径  $D_4 = 39.62$ ;

无焦双反射系统的放大率  $\beta = D_3/ D_4 = 5.3$ ;

凹抛物面主镜 3 的中心曲率半径  $R_3=517$ ;

凸抛物面次镜 4 的中心曲率半径  $R_4= R_3/ \beta =97. 547$ ;

四反射光学系统焦距  $f_0= D_3/ (1/F) =210 \times 3. 81=800$ ;

抛物面的主次镜 3、4 反射面间距  $L_3= ( R_3- R_4) /2=209. 73$ ;

球面双反射系统焦距  $f= f_0/ \beta =800/5. 25=152. 38$ ;

球面双反射系统的凹球面镜 2 的曲率半径为  $R_2=(5^{1/2}+1) \times f=493. 11$ ;

球面双反射系统的凸球面镜 1 的曲率半径为  $R_1=(5^{1/2}-1) \times f=188. 342$ ;

凹凸球面镜 2、1 的面间距  $L_1 = 2 \times f=304. 76$ 。

该光学系统的弥散斑直径在  $3\text{mrad}$  内小于  $2 \mu\text{m}$ 。MTF 在截止频率为 40 时是 0.82。

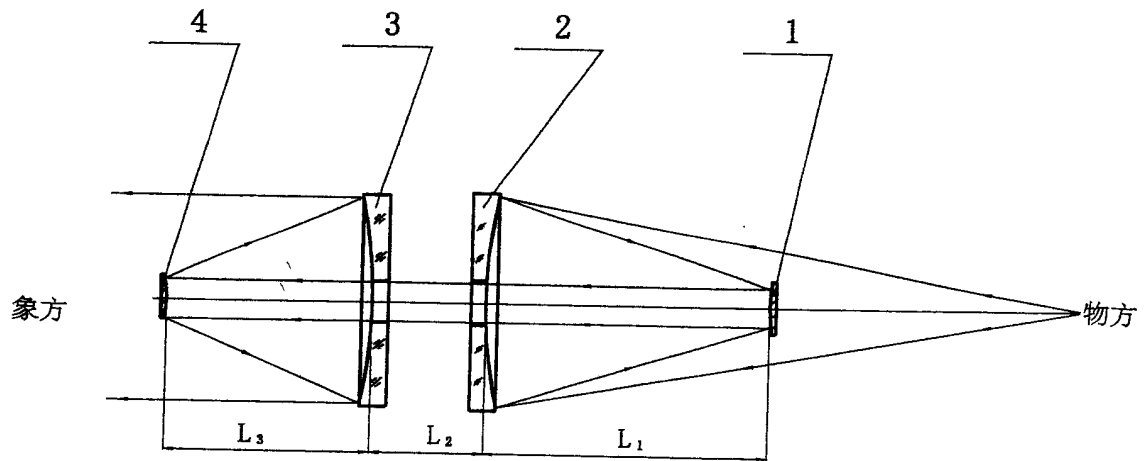


图 1