

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101866054 A

(43) 申请公布日 2010. 10. 20

(21) 申请号 201010190068. 2

(22) 申请日 2010. 06. 03

(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 郭帮辉 孙强 吴宏圣 王健

(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.

G02B 27/09 (2006. 01)

G02B 27/00 (2006. 01)

G01J 3/28 (2006. 01)

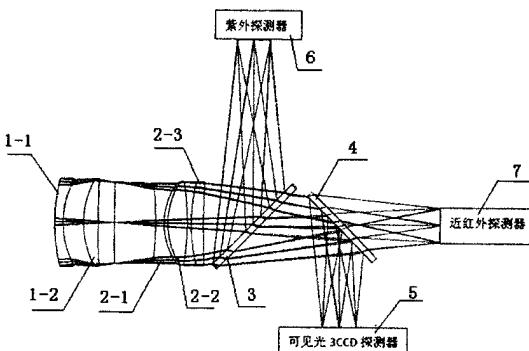
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 2 页

(54) 发明名称

多光谱面阵 CCD 成像仪的光学系统

(57) 摘要

多光谱面阵 CCD 成像仪的光学系统，涉及多光谱面阵 CCD 成像仪的光学系统设计与制作领域，它解决了现有多光谱成像仪在同一时刻只能获得目标的某一个波段的光谱信息，且无法实现宽的波段范围和温度范围以及很长的后工作距的多光谱光学系统的设计要求的问题；系统由两套子系统组成，第一套子系统实现了紫外、蓝、绿、红和近红外波段的光谱信息，系统由两个透镜组和相应的探测器获得不同波段的信息并进行成像；第二套子系统采用两片锗透镜和长波红外探测器对获得的信息成像，实现长波红外波段的光谱信息；本发明采用两套光学系统实现目标在六个波段同时成像；本发明适用于对体积和重量要求严格的多光谱成像场合，如：航空机载拍摄。



1. 多光谱面阵 CCD 成像仪的光学系统,其特征是,该系统由两套子系统组成,第一套子系统的波段是从紫外光束波段至近红外光束波段,所述紫外光束波段至近红外光束波段的工作波段范围为 330nm ~ 1100nm;第二套子系统的波段为长波红外波段,所述长波红外波段的工作波段范围为 8000nm ~ 12000nm;所述第一套子系统包括:第一透镜组(1)、第二透镜组(2)、第一分束镜(3)、第二分束镜(4)、可见光 3CCD 探测器(5)、紫外探测器(6)和近红外探测器(7);所述第一透镜组(1)为负透镜组,第二透镜组(2)为正透镜组;紫外光束、蓝光束、绿光束、红光束和近红外光束通过第一透镜组(1)和第二透镜组(2)后入射至第一分束镜(3),所述第一分束镜(3)反射 330nm ~ 380nm 的紫外光束至紫外探测器(6)和透射 380nm ~ 1100nm 的光束至第二分束镜(4),所述紫外探测器(6)对接收的 330nm ~ 380nm 的紫外光束成像;所述第二分束镜(4)反射 380nm ~ 760nm 的光束至可见光 3CCD 探测器(5)和透射波长大于 760nm 的近红外光束透射至近红外探测器(7)进行成像,所述可见光 3CCD 探测器(5)将接收的光束分为蓝光束、绿光束和红光束,并且将蓝光束、绿光束和红光束在对应的 CCD 探测器上成像;第二套子系统包括第一锗透镜(8)、第二锗透镜(9)和长波红外 CCD 探测器(10),光束通过第一锗透镜(8)和第二锗透镜(9)透射至长波红外 CCD 探测器(10),所述长波红外 CCD 探测器(10)对接收的光束进行成像。

2. 根据权利要求 1 所述的多光谱面阵 CCD 成像仪的光学系统,其特征在于,所述第一透镜组(1)由第一透镜(1-1)和第二透镜(1-2)组成,光束通过第一透镜(1-1)和第二透镜(1-2)入射至第二透镜组(2)。

3. 根据权利要求 1 所述的多光谱面阵 CCD 成像仪的光学系统,其特征在于,所述第一透镜组(1)的第一透镜(1-1)材料为熔融石英,第二透镜(1-2)材料为 CaF₂。

4. 根据权利要求 1 所述的多光谱面阵 CCD 成像仪的光学系统,其特征在于,所述第一透镜组(1)由第一透镜(1-1)、第二透镜(1-2)和第六透镜,光束通过第一透镜(1-1)、第二透镜(1-2)和第六透镜入射至第二透镜组(2)。

5. 根据权利要求 1 所述的多光谱面阵 CCD 成像仪的光学系统,其特征在于,所述第二透镜组(2)由第三透镜(2-1)、第四透镜(2-2)和第五透镜(2-3)组成,光束通过第三透镜(2-1)、第四透镜(2-2)和第五透镜(2-3)入射至第一分束镜(3)。

6. 根据权利要求 1 所述的多光谱面阵 CCD 成像仪的光学系统,其特征在于,所述第二透镜组(2)的第三透镜(2-1)材料为熔融石英,第四透镜(2-2)和第五透镜(2-3)材料都为 CaF₂。

7. 根据权利要求 1 所述的多光谱面阵 CCD 成像仪的光学系统,其特征在于,所述的第一分束镜(3)的表面镀有分束膜,反射波长为 330nm ~ 380nm 的光束,透射波长大于 380nm 的光束;第二分束镜(4)的表面镀有分束膜,反射波长为 380nm ~ 760nm 的光束,透射波长大于 760nm 的光束。

8. 根据权利要求 1 所述的多光谱面阵 CCD 成像仪的光学系统,其特征在于,所述第一锗透镜(8)和第二锗透镜(9)的表面为衍射非球面,衍射非球面设置衍射环带。

9. 根据权利要求 1 所述的多光谱面阵 CCD 成像仪的光学系统,其特征在于,所述长波红外 CCD 探测器(10)的窗口(10-1)材料为锗材料。

10. 根据权利要求 1 所述的多光谱面阵 CCD 成像仪的光学系统,其特征在于,所述蓝光束的波段范围为 440nm ~ 490nm,绿光束的波段范围为 500nm ~ 530nm,红光束的波段范围为 660nm ~ 760nm,近红外光束的波段范围为 760nm ~ 1100nm。

多光谱面阵 CCD 成像仪的光学系统

技术领域

[0001] 本发明涉及多光谱面阵 CCD 成像仪的光学系统设计与制作领域。

背景技术

[0002] 多光谱成像仪将光谱分析技术与二维成像技术有效地结合在一起,不仅能对目标进行几何外形的二维成像,同时还能获得目标丰富的光谱信息,从而得到目标的物理光谱特性。多光谱成像仪的光学原理有很多种,其核心在于分光技术。

[0003] 多光谱成像仪按分光原理可以分为:色散型、干涉型、旋转滤光片型等。色散型的成像光谱仪有光栅衍射和棱镜色散两种分光方式,这种类型的成像光谱仪在光路中有狭缝,光通量不高,影响系统的空间分辨率和光谱分辨率,而且像面是线阵的;干涉型成像光谱仪具有比较高的光通量,光谱分辨率也很高,但是对光学设计和系统装调的精度要求极高,成为系统研制的主要难题;旋转滤光片型成像光谱仪设计简单,容易制作,但是同一时刻只能得到目标的某一个波段的光谱信息。当要求同一时刻能够获得目标的几个波段的光谱信息,同时使用面阵 CCD 成像,而且要求系统体积小、重量轻,上述几种类型的成像光谱仪无法满足这些要求并且无法实现宽的波段范围和温度范围以及很长的后工作距的多光谱光学系统的设计问题。

发明内容

[0004] 本发明为解决现有多光谱成像仪在同一时刻只能获得目标的某一个波段的光谱信息,且无法实现宽的波段范围和温度范围以及很长的后工作距的多光谱光学系统的设计要求的问题;提供一种多光谱面阵 CCD 成像仪的光学系统。

[0005] 多光谱面阵 CCD 成像仪的光学系统由两套子系统组成,第一套子系统的波段是从紫外光束波段至近红外光束波段,所述紫外光束波段至近红外光束波段的工作波段范围为 330nm ~ 1100nm;第二套子系统的波段为长波红外波段,所述长波红外波段的工作波段范围为 8000nm ~ 12000nm;所述第一套子系统包括:第一透镜组、第二透镜组、第一分束镜、第二分束镜、可见光 3CCD 探测器、紫外探测器和近红外探测器;所述第一透镜组为负透镜组,第二透镜组为正透镜组;紫外光束、蓝光束、绿光束、红光束和近红外光束通过第一透镜组和第二透镜组后入射至第一分束镜,所述第一分束镜反射 330nm ~ 380nm 的紫外光束至紫外探测器和透射 380nm ~ 1100nm 的光束至第二分束镜,所述紫外探测器对接收的 330nm ~ 380nm 的紫外光束成像;所述第二分束镜反射 380nm ~ 760nm 的光束至可见光 3CCD 探测器和透射波长大于 760nm 的近红外光束透射至近红外探测器进行成像,所述可见光 3CCD 探测器将接收的光束分为蓝光束、绿光束和红光束,并且将蓝光束、绿光束和红光束在对应的 CCD 探测器上成像;第二套子系统包括第一锗透镜、第二锗透镜和长波红外 CCD 探测器,光束通过第一锗透镜和第二锗透镜透射至长波红外 CCD 探测器,所述长波红外 CCD 探测器对接收的光束进行成像。

[0006] 本发明的原理:本发明采用棱镜或者分束镜进行分光,在光路上进行合理设计,宽

的波段范围和温度范围很长的后工作距要求；另外，由于紫外、蓝、绿、红和近红外 5 个波段，采用三个相机，为了保证相机安装的空间，光学系统就必须有比较大的后工作距。另外，适合于 330nm 到 1100nm 的透镜材料很少，只有 CaF₂ 和熔融石英比较合适，这给宽波段系统的色差校正带来了比较大的麻烦。在进行光学系统设计时，根据色差平衡方程组，选择色散小的 CaF₂ 做正透镜，色散大的熔融石英做负透镜，可以减小系统的色差。为了得到长的后工作距，系统采用反远距结构型式，负透镜组在前，正透镜组在后。系统使用在比较宽的温度范围内，同时作用距离也在变化，就必须对系统进行调焦才能保证高的成像质量。调焦方案主要有移动像面和移动透镜两种，由于本系统中探测器很多，移动像面非常复杂，因此采用移动透镜的方法进行温度和距离调焦。对于长波红外波段系统，采用非球面和衍射面来减小系统的像差，提高系统的成像质量，采用移动镜片的方法进行温度和距离调焦。

[0007] 本发明的有益效果：本发明能同时收集地面目标的紫外波段（330nm～380nm）、蓝色波段（440nm～490nm）、绿色波段（500nm～530nm）、红色波段（660nm～760nm）、近红外波段（760nm～1100nm）、长波红外波段（8000nm～12000nm）六个波段的光信息，通过相应的分析计算可以得到地面目标在这六个波段的光谱辐射特性。本发明在光学系统设计中采用了先进技术，提高了系统性能。分别体现在以下方面：

[0008] 一、本发明的集成度很高，采用两套光学系统实现目标在六个波段同时成像，而且使用面阵探测器，系统中没有复杂的扫描机构，在很大程度上减小了设备的体积和重量，能够满足对系统体积和重量有严格要求的场合，例如航空机载拍摄。

[0009] 二、本发明很好地解决了宽的波段范围和温度范围以及很长的后工作距的多光谱光学系统设计问题，使用简单的结构形式，同时能得到很好的成像质量，大大降低了系统的研制成本。

[0010] 三、本发明在长波红外波段使用衍射光学元件能够减小系统体积、重量，提高系统成像质量。而且最重要的是避免了使用昂贵的 ZnSe 材料。从而达到了只使用 Ge 材料完成了系统的研制工作，适用于量产，并且能够用于对体积和重量要求严格的多光谱成像场合。

附图说明

- [0011] 图 1 为本发明的光学系统结构示意图；
- [0012] 其中 (a) 为第一套子系统的结构示意图，(b) 为第二套子系统的结构示意图；
- [0013] 图 2 为本发明中具体实施方式二的第一套子系统的光路示意图；
- [0014] 图 3 为本发明中具体实施方式三的第二套子系统的光路示意图；
- [0015] 图中：1、第一透镜组，1-1、第一透镜，1-2、第二透镜，2、第二透镜组，2-1、第三透镜，2-2、第四透镜，2-3、第五透镜，3、第一分束镜，4、第二分束镜，5、可见光 3CCD 探测器，6、紫外探测器，7、近红外探测器，8、第一锗透镜，8-1、第一锗透镜的前表面，8-2、第一锗透镜的后表面，9、第二锗透镜，9-1、第二锗透镜的前表面，9-2、第二锗透镜的后表面，10、长波红外探测器；10-1、长波红外探测器的窗口。

具体实施方式

[0016] 具体实施方式一：结合图 1 说明本具体实施方式，多光谱面阵 CCD 成像仪的光学系统，该系统由两套子系统组成，第一套子系统的波段是从紫外光束波段至近红外光束波段，

所述紫外光束波段至近红外光束波段的工作波段范围为 330nm ~ 1100nm；第二套子系统的工作波段为长波红外波段，所述长波红外波段的工作波段范围为 8000nm ~ 12000nm；所述第一套子系统包括：第一透镜组 1、第二透镜组 2、第一分束镜 3、第二分束镜 4、可见光 3CCD 探测器 5、紫外探测器 6 和近红外探测器 7；所述第一透镜组 1 为负透镜组，第二透镜组 2 为正透镜组；所述紫外光束、蓝光束、绿光束、红光束和近红外光束通过第一透镜组 1 和第二透镜组 2 后入射至第一分束镜 3，所述第一分束镜 3 反射 330nm ~ 380nm 的紫外光束至紫外探测器 6 和透射 380nm ~ 1100nm 的光束至第二分束镜 4，所述紫外探测器 6 对接收的 330nm ~ 380nm 的紫外光束成像；所述第二分束镜 4 反射 380nm ~ 760nm 的光束至可见光 3CCD 探测器 5 和透射波长大于 760nm 的近红外光束透射至近红外探测器 7 进行成像，所述可见光 3CCD 探测器 5 将接收的光束分为蓝光束、绿光束和红光束，并且将蓝光束、绿光束和红光束在对应的 CCD 探测器上成像；第二套子系统包括第一锗透镜 8、第二锗透镜 9 和长波红外 CCD 探测器 10，光束通过第一锗透镜 8 和第二锗透镜 9 透射至长波红外 CCD 探测器 10，所述长波红外 CCD 探测器 10 对接收的光束进行成像。

[0017] 本实施方式所述的第一透镜组 1 由第一透镜 1-1 和第二透镜 1-2 组成，光束通过第一透镜 1-1 和第二透镜 1-2 入射至第二透镜组 2；

[0018] 本实施方式所述的第一透镜组 1 可以由第一透镜 1-1、第二透镜 1-2 和第六透镜组成，所述光束通过第一透镜 1-1、第二透镜 1-2 和第六透镜入射至第二透镜组 2，所述第六透镜与第一透镜 1-1 和第二透镜 1-2 共同构成负透镜组，提高了成像质量。

[0019] 本实施方式所述的第一透镜组 1 的第一透镜 1-1 材料为熔融石英，第二透镜 1-2 的材料为 CaF₂。

[0020] 本实施方式所述的第二透镜组 2 由第三透镜 2-1、第四透镜 2-2 和第五透镜 2-3 组成，光束通过第三透镜 2-1、第四透镜 2-2 和第五透镜 2-3 入射至第一分束镜 3。

[0021] 本实施方式所述的第二透镜组 2 的第三透镜 2-1 材料为熔融石英，第四透镜 2-2 和第五透镜 2-3 材料都为 CaF₂。

[0022] 本实施方式所述的第一分束镜 3 的表面镀有分束膜，反射波长为 330nm ~ 380nm 的光束，透射波长大于 380nm 的光束；第二分束镜 4 的表面镀有分束膜，反射波长为 380nm ~ 760nm 的光束，透射波长大于 760nm 的光束。

[0023] 本实施方式所述的第一锗透镜 8 和第二锗透镜 9 的表面为衍射非球面，衍射非球面设置衍射环带，所述衍射环带可以减小系统的色差和由于温度变化对系统的影响，提高了成像的质量。

[0024] 本实施方式所述的长波红外 CCD 探测器 10 的窗口 10-1 材料为锗材料。

[0025] 本实施方式所述的蓝光束的波段范围为 440nm ~ 490nm，绿光束的波段范围为 500nm ~ 530nm，红光束的波段范围为 660nm ~ 760nm，近红外光束的波段范围为 760nm ~ 1100nm。

[0026] 具体实施方式二：结合图 2 说明本实施方式，本实施方式为具体实施方式一中所述的第一套子系统的具体实施例：

[0027] 光学系统的焦距为 60mm，半视场角为 3.9°，系统 F 数等于 4，光学系统的体积大约为 100mm × 72mm × 48mm。图中，第一透镜 1-1、第二透镜 1-2 组成前负透镜组，第三透镜 2-1、第四透镜 2-2 和第五透镜 2-3 组成后正透镜组，这样构成了反远距结构，能够得到很长

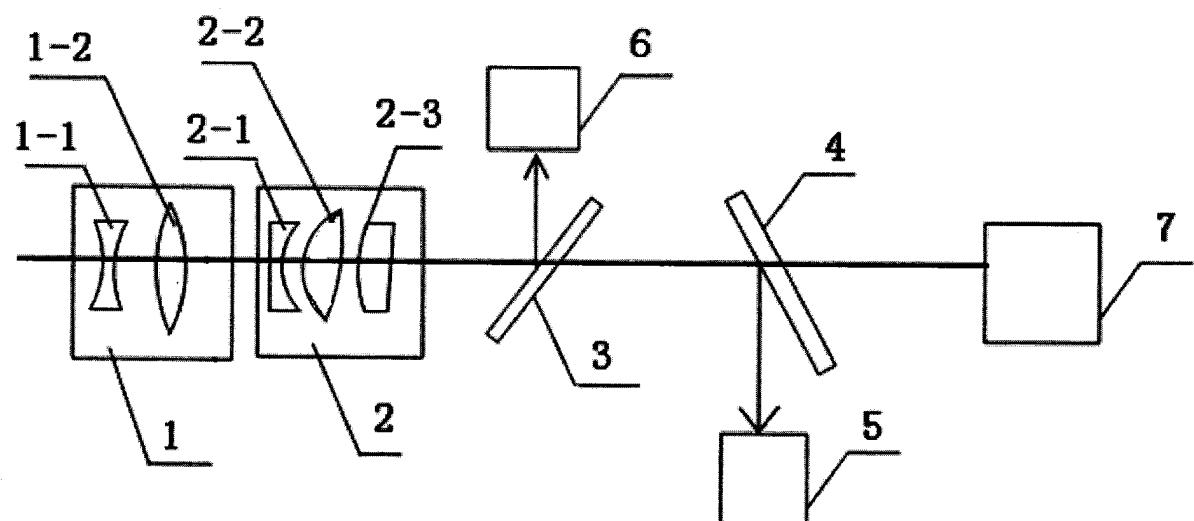
的后工作距。紫外光束、蓝光束、绿光束、红光束和近红外光束都要经过第一透镜 1-1、第二透镜 1-2 和第三透镜 2-1、第四透镜 2-2 和第五透镜 2-3，然后到达第一分束镜 3，第一分束镜 3 使 $330\text{nm} \sim 380\text{nm}$ 的紫外光束反射，同时使 $380\text{nm} \sim 1100\text{nm}$ 的光束透射，紫外光束被第一分束镜 3 反射到紫外探测器 6 上进行成像。波长大于 380nm 的可见光和近红外光透过第一分束镜 3 到达第二分束镜 4，第二分束镜 4 使 $380\text{nm} \sim 760\text{nm}$ 的可见光束反射，同时使 $760\text{nm} \sim 1100\text{nm}$ 的近红外光束透射。可见光进入 3CCD 探测器 5，被 3CCD 探测器 5 里面的分光棱镜分为蓝、绿和红光，分别聚集在相应的 CCD 上进行成像；波长大于 760nm 的近红外光经过第二分束镜 4 透射到达近红外探测器 7 上面进行成像。

[0028] 所述第一透镜 1-1 的通光直径为 16.65mm ，曲率半径分别为 85.23mm 和 36.42mm ，中心厚度为 3.25mm ，到第二透镜 1-2 的距离为 5.18mm ；所述第二透镜 1-2 的通光直径为 16.08mm ，曲率半径分别为 37.10mm 和 -176.25mm ，中心厚度为 4.48mm ，到光圈距离为 4.95mm ；光圈直径为 14.60mm ，光圈到第三透镜 2-1 的距离为 4.05mm ；所述第三透镜 2-1 的通光直径为 14.50mm ，曲率半径分别为 -25.15mm 和 23.46mm ，中心厚度为 8.01mm ，到第四透镜 2-2 的距离为 0.90mm ；所述第四透镜 2-2 的通光直径为 16.74mm ，曲率半径分别为 26.13mm 和 -28.23mm ，中心厚度为 3.58mm ，到第五透镜 2-3 的距离为 0.12mm ；所述第五透镜 2-3 的通光直径为 16.94mm ，曲率半径分别为 120.17mm 和 -62.43mm ，中心厚度为 2.97mm ，到第一分束镜 3 的距离为 10.00mm ；所述第一分束镜 3 的通光直径为 20.74mm ，中心厚度为 1.50mm ，在前表面镀上分束膜，使 $330\text{nm} \sim 380\text{nm}$ 的光反射， $380\text{nm} \sim 1100\text{nm}$ 的光透射，第一分束镜 3 与 Y-Z 平面夹角为 45° ，第一分束镜 3 到紫外探测器 6 的距离为 49.66mm ，第一分束镜 3 到第二分束镜 4 的距离为 13.23mm ；第二分束镜 4 的通光直径为 16.64mm ，中心厚度为 1.50mm ，在前表面镀上分束膜，使 $380\text{nm} \sim 760\text{nm}$ 的光反射， $760\text{nm} \sim 1100\text{nm}$ 的光透射，所述第二分束镜 4 与 X-Z 平面夹角为 45° ，第二分束镜 4 到近红外探测器 7 的距离为 35.89mm 。

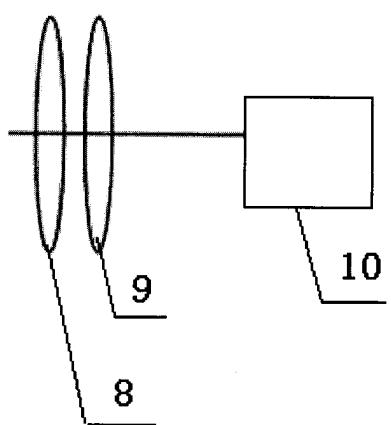
[0029] 上述实施例中可以设置第三分束镜，所述第二分束镜 4 到第三分束镜的距离为 13.00mm ；第三分束镜与第二分束镜 4 平行，且通光直径为 13.05mm ，中心厚度为 1.54mm ，到 3CCD 探测器 5 的像面的距离为 22.95mm ，所述第三分束镜的表面不镀膜，主要起补偿作用，提高蓝绿红三个波段的成像质量。

[0030] 具体实施方式三：结合图 3 说明本实施方式，本实施方式为具体实施方式一中第二套子系统的具体实施例：

[0031] 光学系统的焦距为 85.30mm ，半视场角为 3.9° ，系统 F 数等于 1，光学系统的体积大约为 $85.3\text{mm} \times 85.3\text{mm} \times 110.6\text{mm}$ 。第一锗透镜 8 的通光直径为 85.28mm ，所述第一锗透镜 8 的前表面 8-1 的曲率半径为 98.56mm ，第一锗透镜 8 的后表面 8-2 是衍射非球面，圆锥系数为 0.252，衍射面包含两个环带，环带宽度分别为 35.671mm , 7.534mm ，第一锗透镜 8 的内表面 8-2 的曲率半径为 134.92mm ，第一锗透镜 8 的中心厚度为 7.00mm ，到第二锗透镜 9 的距离为 91.05mm ；第二锗透镜 9 的通光直径为 19.52mm ，第二锗透镜 9 的前表面 9-1 的曲率半径为 19.98mm ，第二锗透镜 9 的内表面 9-2 是非球面，圆锥系数为 -0.155，第二锗透镜 9 的后表面 9-2 的曲率半径为 19.50mm ，所述第二锗透镜中心厚度为 3.00mm ，到长波红外探测器 10 的窗口 10-1 的距离为 8.54mm ；长波红外探测器 10 的窗口 10-1 的通光直径为 12.26mm ，厚度为 1mm 。



(a)



(b)

图 1

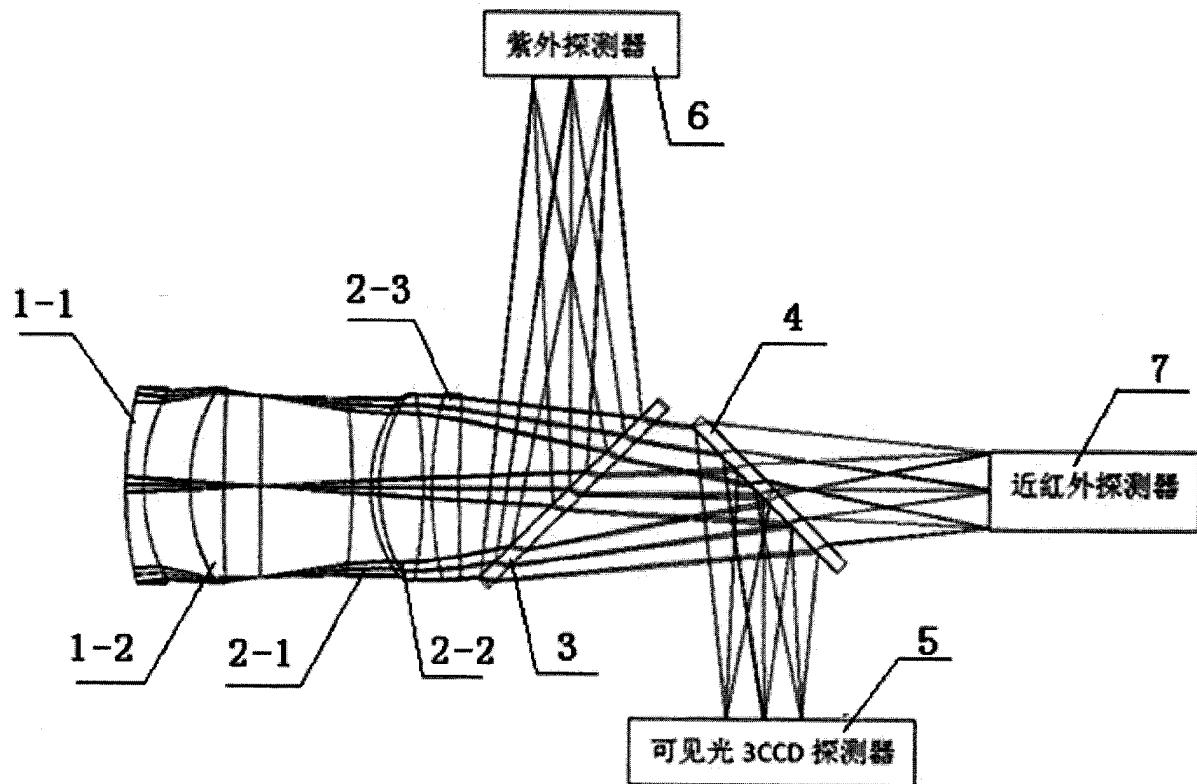


图 2

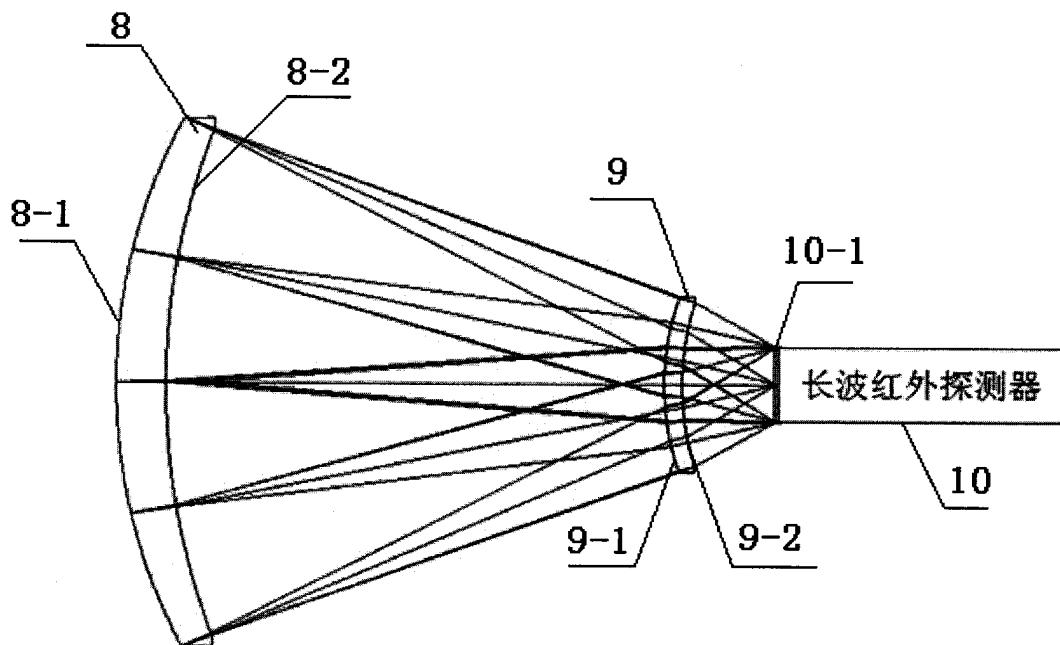


图 3