



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102540436 A

(43) 申请公布日 2012. 07. 04

(21) 申请号 201110452019. 6

(22) 申请日 2011. 12. 29

(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 张新 王灵杰

(74) 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所 22210

代理人 王淑秋

(51) Int. Cl.

G02B 17/08(2006. 01)

G02B 13/14(2006. 01)

G02B 13/18(2006. 01)

G02B 1/02(2006. 01)

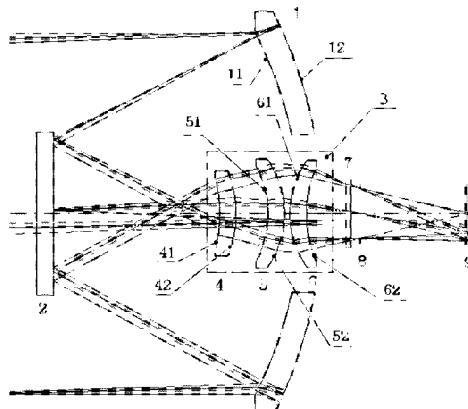
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 1 页

(54) 发明名称

光学补偿无热化长波红外光学系统

(57) 摘要

本发明涉及一种光学补偿无热化长波红外光学系统，该系统包括主镜、次镜和中继镜；所述主镜为曼金镜，折射面的光焦度为负值，反射面为凹面，次镜为平面镜；物方目标经过主镜的折射面透射到到主镜的反射面上，并再次通过主镜的折射面，而后经次镜折转反射后，依次经过中继镜和探测器窗口照射到制冷式红外探测器像面上。本发明主镜由于采用曼金镜，可以使得光学系统视场大，结构紧凑。



1. 一种光学补偿无热化长波红外光学系统,包括主镜(1)、次镜(2)和中继镜(3);其特征在于所述主镜(1)为曼金镜,折射面(11)的光焦度为负值,反射面(12)为凹面,次镜(2)为平面镜;物方目标经过主镜(1)的折射面(11)透射到到主镜(1)的反射面(12)上,并再次通过主镜(1)的折射面(11),而后经次镜(2)折转反射后,依次经过中继镜(3)和探测器窗口(7)照射到制冷式红外探测器像面(9)上。

2. 根据权利要求1所述的光学补偿无热化长波红外光学系统,其特征在于所述主镜(1)的折射面(11)为球面,反射面(12)为标准二次曲面或高次非球面。

3. 根据权利要求1或2所述的光学补偿无热化长波红外光学系统,其特征在于所述中继镜(3)由沿主光轴顺序放置的第一透镜(4)、第二透镜(5)和第三透镜(6)构成。

4. 根据权利要求3所述的光学补偿无热化长波红外光学系统,其特征在于所述第一透镜(4)的前表面(41)和后表面(42)均为高次非球面;第二透镜(5)的前表面(51)和后表面(52)、第三透镜(6)的前表面(61)和后表面(62)均为球面。

5. 根据权利要求3所述的光学补偿无热化长波红外光学系统,其特征在于所述主镜(1)、第一透镜(4)、第二透镜(5)和第三透镜(6)采用红外晶体材料锗。

6. 根据权利要求3所述的光学补偿无热化长波红外光学系统,其特征在于各光学元件的曲率半径、非球面系数、各光学表面之间沿光轴方向的距离如表1所示:

表1

光学元件序号		曲率半径 (mm)	非球面系数 (e^2)	间隔距离或 厚度(mm)
主镜 1	折射面 11	-84.76	0	4
	反射面 12	-90.08	0.78	
次镜 2		平面	0	-33
第一透镜 4	前表面 41	-30.5	2.5	
	后表面 42	-25.24	0	3
第二透镜 5	前表面 51	-22.052	0.6	
	后表面 52	-21.09	0	4
第三透镜 6	前表面 61	20.7	0	
	后表面 62	26.42	0	3
探测器像面9				

光学补偿无热化长波红外光学系统

技术领域

[0001] 本发明属于红外光电成像技术领域，涉及一种光学补偿无热化长波红外光学系统。

背景技术

[0002] 红外光学系统应用越来越广泛，工作环境越来越复杂，对红外光学系统的成像质量要求越来越高，设计能够工作在恶劣环境条件下的高性能红外光学系统成为必然。环境温度变化将引起材料折射率的变化、系统焦距改变、像面位移（离焦）、成像质量恶化等。这种光学系统的热不稳定性尤以红外光学系统为甚，这主要是由于红外光学材料的热稳定性较差，多数红外光学材料的折射率随温度变化明显。因此，在设计红外光学系统的过程中，必须采用一定的补偿技术以消除温度效应的影响，使红外光学系统能够在一个较大的环境温度范围内保持良好的成像质量。

[0003] 传统的无热化设计方法可分为三类：(1) 机械被动式；(2) 机电主动式；(3) 光学被动式。其中光学被动补偿方式由于结构相对简单、尺寸小重量轻、系统可靠性高等特点，受到了极大的重视。

[0004] 折反射光学系统由于主次镜分担大部分光焦度，有利于系统无热化设计；利用反射镜折叠光路，缩小了镜头的体积和减轻了质量，长度可以做到比焦距短。综上所述，在红外光学系统要求轻质紧凑的场合，一般采用折反射式光学系统设计形式。

[0005] 美国专利 US4,431,917 (公开日 19840214) 公开了一种“紧凑高冷阑效率光学系统”，该系统采用折反射式光学结构，由主反射镜、次镜和中继镜构成，其中主反射镜和次镜都采用反射镜。由于光学系统的主反射镜、次镜都采用反射镜，因而其焦距短，视场小，体积大。

发明内容

[0006] 本发明要解决的技术问题是提供一种可实现视场大，结构紧凑的光学被动补偿无热化长波红外光学系统。

[0007] 为了解决上述技术问题，本发明的光学补偿无热化长波红外光学系统包括主镜、次镜和中继镜；所述主镜为曼金镜，折射面的光焦度为负值，反射面为凹面，次镜为平面镜；物方目标经过主镜的折射面透射到到主镜的反射面上，并再次通过主镜的折射面，而后经次镜折转反射后，依次经过中继镜和探测器窗口照射到制冷式红外探测器像面上。

[0008] 本发明主镜由于采用曼金镜，可以使得光学系统视场大，结构紧凑。

[0009] 所述主镜的折射面为球面，反射面为标准二次曲面或高次非球面。

[0010] 所述中继镜由沿主光轴顺序放置的第一透镜、第二透镜和第三透镜构成。

[0011] 所述第一透镜的前表面和后表面均为高次非球面；第二透镜的前表面和后表面、第三透镜的前表面和后表面均为球面。

[0012] 所述主镜采用红外晶体材料锗（Ge）。

[0013] 所述第一透镜、第二透镜和第三透镜采用红外晶体材料锗 (Ge)。

[0014] 本发明主镜采用曼金镜，一个光学元件同时实现折射和反射两种光学特性，通过对主镜折射特性的利用，及主镜、中继透镜组和镜体支撑材料温度特性的匹配，最终可实现系统的热差消除，在航空、航天对地热红外侦察、遥感、探测等领域具备较大的工作温度范围和环境适应能力，并能获得高质量热红外图像，可广泛应用于民用领域。

附图说明

[0015] 下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细说明。

[0016] 图 1 是本发明的光学补偿无热化长波红外光学系统的结构示意图。

[0017] 图 2 是本发明采用的坐标系示意图。

具体实施方式

[0018] 本发明采用折反射式光学系统形式，主镜 1 采用曼金镜，其材料选用红外晶体材料锗 (Ge)，一个光学元件同时实现折射和反射两种光学特性。通过对主镜 1 折射特性的利用，及镜体与支撑结构材料温度特性的匹配，最终可实现系统的热差消除。

[0019] 如图 1 所示，本发明的光学补偿无热化长波红外光学系统由主镜 1，次镜 2，中继镜 3 构成。主镜 1、次镜 2、中继镜 3、探测器窗口 7、冷阑 8、制冷式红外探测器像面 9 沿主光轴顺序排列。

[0020] 本发明的光学系统按 xyz 右手空间坐标系有序排列，z 轴方向定为光轴方向，y 轴在图 1 所示的平面内，x 轴垂直于 yz 平面，yz 坐标平面为光学系统的子午面，见图 2。物方光束经过主镜 1，光线发生折射和反射，再经过次镜 2、中继镜 3 及探测器窗口 7、冷阑 8 成像在制冷式红外探测器像面上 9。

[0021] 所述主镜 1 是一块折反射式非球面镜，其折射面 11 为球面，反射面 12 均为标准的二次曲面或高次非球面；次镜 2 是一块平面反射镜。

[0022] 中继镜 3 由第一透镜 4、第二透镜 5 和第三透镜 6 构成；第一透镜 4 其前表面 41 和后表面 42 均为高次非球面；第二透镜 5 其前表面 51 和后表面 52 均为球面；第三透镜 6 其前表面 61 和后表面 62 均为球面。

[0023] 光学系统所有光学元件布置在一根光轴上，主镜 1 的折射面 11 与次镜 2 的反射面相对排布，第一透镜 4、第二透镜 5 和第三透镜 6 布置在一次像面与探测器窗口 7 之间，探测器窗口 7、冷阑 8 和探测器像面 9 的布置满足制冷式长波红外探测器的设计要求；主镜 1 和次镜 2 构成前组光学系统，第一透镜 4、第二透镜 5 和第三透镜 6 构成中继光学系统；所有光学元件的中心都在 yz 平面上 (x 坐标均为零)。系统出瞳与冷阑 8 的实现 100% 冷阑匹配。主镜 1、第一透镜 4、第二透镜 5 和第三透镜 6 的材料均为晶体 Ge，镜筒材料为金属铝。

[0024] 光焦度分配要求： $\sum_{i=1}^n h_i \phi_i = \phi$

[0025] 消轴向色差要求： $\Delta f_b^T = \left(\frac{1}{h_i \phi} \right) \sum (h_i^2 w_i \phi_i) = 0$

[0026] 系统消热差公式： $\frac{df_b^T}{dt} = \left(\frac{1}{h_i \phi} \right)^2 \sum (h_i^2 \chi_i \phi_i) = \alpha_h L$

[0027] 式中, h_i 为第一近轴光线在各透镜组的高度, h_l 为第一近轴光线在透镜组第一片透镜上的高度, ϕ_i 为各个透镜组的光焦度, ϕ 为系统的总光焦度, Δf_b 为焦距变化量, ω_i 为每个光学元件的色散因子, x_i 为光热膨胀系数, α_h 为机械结构材料的线膨胀系数, L 为机械结构件的长度。

[0028] 工作原理说明:为了使物方目标能在较大的工作温度范围内清晰成像在探测器像面 9 上,本发明采用了光学被动补偿技术进行系统热差消除,主镜 1 为蛮金镜,折射面 11 为负光焦度,次镜 2 为平面镜,起到光路折转作用,无穷远的目标经过主镜 1 的折射面 11 照射到主镜 1 的反射面 12 上,并再次通过主镜 1 的折射面 11,而后照射到次镜 2 上,经过光路折转后依次经过第一透镜 4、第二透镜 5 和第三透镜 6,最后经过探测器窗口 7、冷阑 8 后照射到制冷式红外探测器像面 9 上,光电转换后形成数字图像。

[0029] 本发明通过合理分配各光学元件的光焦度,并采用标准二次曲面或高次非球面,在完成单色像差和色差平衡的同时,与结构材料相匹配完成系统热差消除。系统优化自由度包括:4 个间隔、4 个厚度、6 个曲率半径和 6 个非球面系数。

[0030] 各光学元件的曲率半径、非球面系数、各光学表面之间沿光轴方向的距离(包括各光学元件的厚度及各光学元件之间在主光轴上的空气隙厚度)如表 1 所示。表 1 中第 5 列的数据由上至下依次为主光轴上主镜 1 的厚度、主镜反射面 12 到次镜 2 反射面之间的距离、次镜 2 反射面到第一透镜 4 前表面 41 之间的距离、第一透镜 4 的厚度、…… 第三透镜 6 后表面 62 到探测器像面 9 的距离。

[0031] 表 1

光学元件序号		曲率半径 (mm)	非球面系数 (e^2)	间隔距离或 厚度 (mm)
主镜 1	折射面 11	-84.76	0	4
	反射面 12	-90.08	0.78	
次镜 2		平面	0	-33
第一透镜 4	前表面 41	-30.5	2.5	
	后表面 42	-25.24	0	3
第二透镜 5	前表面 51	-22.052	0.6	
	后表面 52	-21.09	0	3
第三透镜 6	前表面 61	20.7	0	
	后表面 62	26.42	0	4
探测器像面 9				

[0033] 积极效果:本发明可在较宽的工作温度范围内实现无热化成像,像质无退化。系统布局紧凑,且无多余调焦机构,为光电系统的小型化提供可能。各反射镜之间间距设计合理,可以很好的抑制杂光。采用二次成像形式,可与制冷式红外探测器进行冷阑匹配,匹配

效率达到 100%。且系统成像畸变小于 1%。

[0034] 本发明专为制冷式红外探测器设计,成像谱段涵盖 $8 \mu\text{m} \sim 12 \mu\text{m}$, 系统 F/# 为 2, 系统视场为 $3^\circ \times 3^\circ$, 光学系统总重小于 250g。因此,系统特别适合用于工作温度范围宽、体积重量要求严的应用平台。应用领域涵盖航空和航天遥感探测系统。

[0035] 本发明按图 2 所示的结构实施,主镜及透镜采用红外晶体材料、次镜采用铝材料, 结构材料为金属铝。

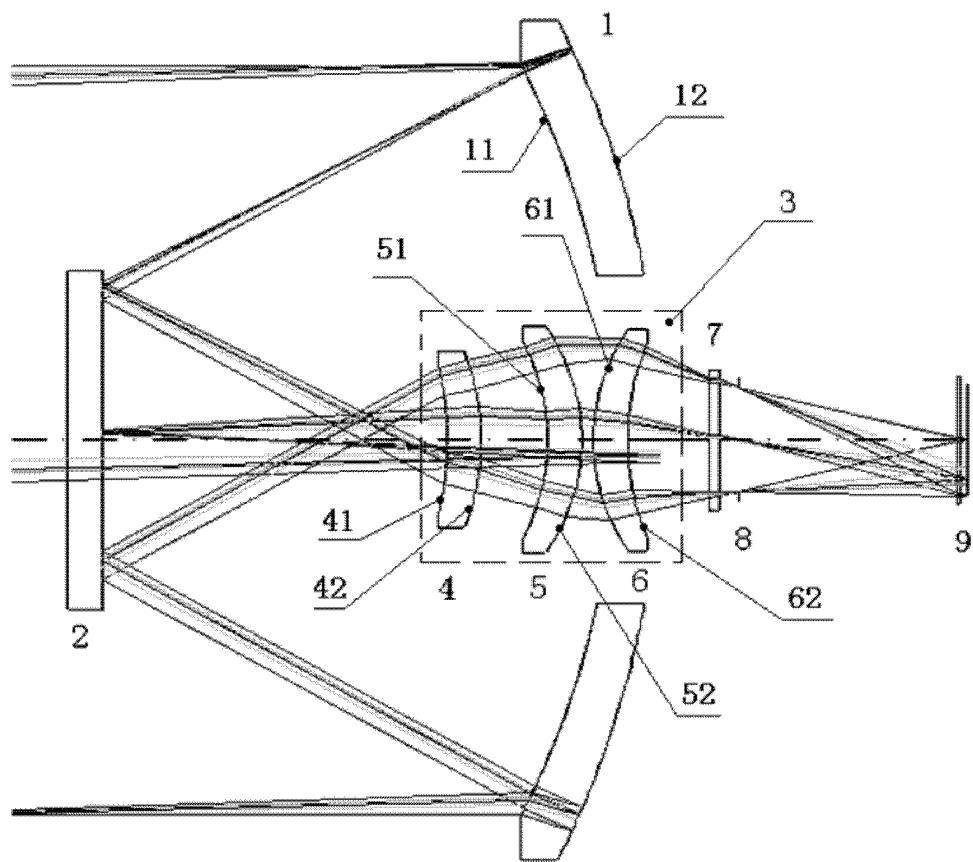


图 1

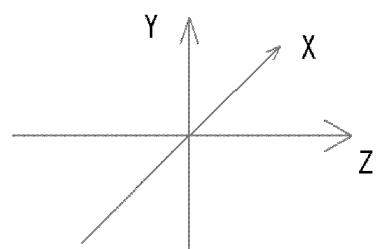


图 2