



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103345051 B

(45) 授权公告日 2016. 03. 02

(21) 申请号 201310275716. 8

(22) 申请日 2013. 07. 02

(73) 专利权人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

地址 130000 吉林省长春市东南湖大路 3888 号

(72) 发明人 付强 张新 史广维 王灵杰 张建萍

(74) 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所 22210

代理人 张伟

(51) Int. Cl.

G02B 17/08(2006. 01)

(56) 对比文件

US 2005/0225881 A1, 2005. 10. 13,

US 2005/0225881 A1, 2005. 10. 13,

CN 102200639 A, 2011. 09. 28,

WO 2012/124316 A1, 2012. 09. 20,

JP 特开平 10-206986 A, 1998. 08. 07,

CN 102520506 A, 2012. 06. 27,

审查员 熊恋

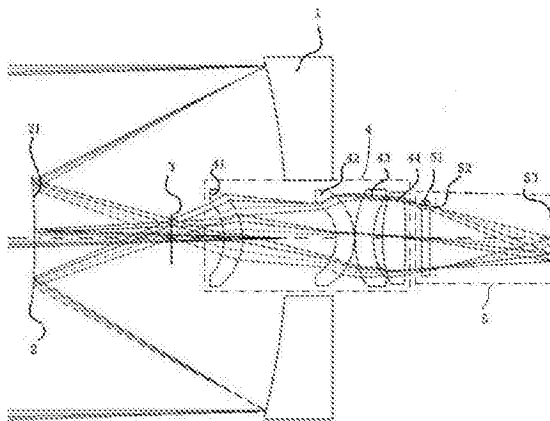
权利要求书1页 说明书3页 附图6页

(54) 发明名称

双模折反射式共探测器成像系统

(57) 摘要

双模折反射式共探测器成像系统属于光学技术领域,该系统包括:主镜、次镜、中继镜组和焦平面探测器;所有部件皆为同光轴放置;其中,主镜和次镜为卡塞格林结构;主镜有中心孔,次镜放置在主镜的前方,中继镜组和焦平面探测器放置在次镜后方;次镜为曼金镜,其前表面反射中波红外,透射长波红外;后表面反射长波红外;次镜两个反射面的设置使得中波红外和长波光程相等,以使得中波红外和长波红外在不调焦的情况下成像在同一焦平面上。该系统可以实现双波段工作,长焦距、大相对孔径成像,结构紧凑,畸变小,传递函数达到或接近衍射极限,冷阑匹配达到 100%。



1. 双模折反射式共探测器成像系统,其特征在于,该系统包括:主镜、次镜、中继镜组和焦平面探测器;所有部件皆为同光轴放置;其中,主镜和次镜为卡塞格林结构;主镜有中心孔,次镜放置在主镜的前方,中继镜组和焦平面探测器放置在次镜后方;来自物方的光束经主镜反射后入射到次镜上,由次镜反射聚焦,使得目标成像在第一像面上;再由中继镜组将第一像面上的目标转像,通过焦平面探测器聚焦;次镜前表面反射中波红外,透射长波红外;后表面反射长波红外;长波红外再次通过前表面回到光路中;所述中继镜组由沿同一光轴顺序放置的第一折射透镜、第二折射透镜、第三折射透镜和第四折射透镜组成;所述第一折射透镜基于Ge晶体材料,其前表面为球面,后表面为非球面;第二折射透镜基于ZNS晶体材料,其前表面和后表面均为球面;第三折射透镜基于BaF₂晶体材料,其前表面和后表面均为球面;第四折射透镜基于ZnSe晶体材料,其前表面为非球面,后表面为球面。

2. 如权利要求1所述的双模折反射式共探测器成像系统,其特征在于,所述成像系统光谱透过范围为 $3.7\mu\text{m}\sim 4.8\mu\text{m}$ 和 $8\mu\text{m}\sim 10\mu\text{m}$ 。

3. 根据权利要求1所述的双模折反射式共探测器成像系统,其特征在于所述主镜的反射面为凹非球面,次镜的两个表面均为凸非球面。

4. 根据权利要求1所述的双模折反射式共探测器成像系统,其特征在于所述次镜为曼金镜,次镜的厚度范围为 $0.5\text{mm}\sim 1.5\text{mm}$ 。

5. 根据权利要求1所述的双模折反射式共探测器成像系统,其特征在于所述次镜的材料为锗。

6. 根据权利要求1所述的双模折反射式共探测器成像系统,其特征在于所述次镜的前后表面皆镀膜。

7. 根据权利要求1所述的双模折反射式共探测器成像系统,其特征在于所述焦平面探测器包含窗口、冷阑和焦平面阵列,三部分从前之后依次放置;窗口基于红外透过材料,焦平面阵列为双波段焦平面阵列或宽波段焦平面阵列。

8. 根据权利要求7所述的双模折反射式共探测器成像系统,其特征在于所述窗口的材料为锗。

双模折反射式共探测器成像系统

技术领域

[0001] 本发明属于光学技术领域,涉及一种红外中波/长波双模折反射式共探测器成像系统。

背景技术

[0002] 随着新一代多波段红外探测器技术的发展,多波段成像的使用变得越来越广泛,为了成功应用新一代探测器,必须设计出能够同时具备多波段成像能力的光学系统。

[0003] 在红外成像领域,应用最为广泛的光谱波段为中波红外($3\mu\text{m}\sim 5\mu\text{m}$)和长波红外($8\mu\text{m}\sim 12\mu\text{m}$)。这两个波段相比较拥有不同的优势和局限。最好的方式是采用双波段红外探测器合并以上两个波段,使它们优势互补。

[0004] 双波段光学系统设计的主要问题是材料的色散特性在不同波段变化明显,色差校正正是双波段光学系统设计面临的主要难题。

[0005] 全反射式光学系统结构形式一般为多波段光学设计的首选,其天生具备色差校正的优势,且系统透过率高。双波段红外探测器一般为制冷式探测器,因此在探测器中存在冷阑,冷阑的存在使得全反射式光学系统必须进行二次成像以实现冷阑匹配,这就无法使用应用最为广泛的两反系统设计(两反格里高利系统可以实现二次成像,但轴外系统的成像性能较差,无法应用)。但是,当需要紧凑的外形尺寸和大视场的情况时,全反射式光学系统的设计难度陡增。

发明内容

[0006] 为了解决现有技术中存在的问题,本发明提供了一种双模折反射式共探测器成像系统,该系统可实现长焦距、大相对孔径成像,结构紧凑,像质达到或接近衍射极限,冷阑匹配可达到 100%。

[0007] 本发明解决技术问题所采用的技术方案如下:

[0008] 双模折反射式共探测器成像系统,其特征在于,该系统包括:主镜、次镜、中继镜组和焦平面探测器;所有部件皆为同光轴放置;其中,主镜和次镜为卡塞格林结构;主镜有中心孔,次镜放置在主镜的前方,中继镜组和焦平面探测器放置在次镜后方;来自物方的光束经主镜反射后入射到次镜上,由次镜反射聚焦,使得目标成像在第一像面上;再由中继镜组将第一像面上的目标转像,通过焦平面探测器聚焦;次镜前表面反射中波红外,透射长波红外;后表面反射长波红外;长波红外再次通过前表面回到光路中。

[0009] 本发明的有益效果是:折反射光学系统由于主次镜可以分担大部分光焦度,中继镜组的焦距一般很小且口径不大,色差校正相对容易;同时,利用反射镜折叠光路,缩小了镜头的体积和减轻了质量,长度一般可以做到焦距的 0.8 倍以下。采用折反射式光学系统设计在双波段红外光学系统下可以实现长焦距、大相对孔径成像,结构紧凑,畸变小,传递函数达到或接近衍射极限,冷阑匹配达到 100%。

附图说明

- [0010] 图 1 本发明双模折反射式共探测器成像系统中的中波红外光路示意图。
- [0011] 图 2 本发明双模折反射式共探测器成像系统中的长波红外光路示意图。
- [0012] 图 3 次镜前后表面反射光线示意图。
- [0013] 图 4 是本发明在中波波段的 MTF 曲线。
- [0014] 图 5 是本发明在长波波段的 MTF 曲线。
- [0015] 图 6 是本发明在中波波段的畸变曲线及数据。
- [0016] 图 7 是本发明在长波波段的畸变曲线及数据。
- [0017] 图中：1、主镜，2、次镜，21、次镜前表面，22、次镜后表面，3、第一像面，4、中继镜组，41、第一折射透镜，42、第二折射透镜，43、第三折射透镜，44、第四折射透镜，5、焦平面探测器，51、红外焦平面探测器窗口，52、焦平面探测器冷阑，53、探测器焦平面阵列，6、中波红外和 7、长波红外。

具体实施方式

- [0018] 下面结合附图和实施例对本发明做进一步详细说明。
- [0019] 图 1 和图 2 给出了双模折反射式共探测器成像系统的光路示意图，图 1 给出了成像系统对 $3.7\ \mu\text{m} \sim 4.8\ \mu\text{m}$ 中波红外的光路示意，图 2 中给出了成像系统对 $8\ \mu\text{m} \sim 10\ \mu\text{m}$ 长波红外的光路示意。从物方到像方按顺序由一个主镜 1、一个次镜 2、一个中继镜组 4 和一个焦平面探测器 5 组成。
- [0020] 成像系统采用两镜卡塞格林系统，采用两个高次非球面。次镜 2 为凸曼金镜，其材料为锗。所有光学元件布置在同一光轴上，主镜 1 有中心孔，次镜 2 放置在主镜 1 的前方，中继镜组 4 和焦平面探测器 5 放置在次镜 2 后方；来自物方的光束经主镜 1 反射后入射到次镜 2 上，由次镜 2 反射聚焦，使得目标成像在第一像面 3 上；再由中继镜组 4 将第一像面 3 上的目标转像，通过焦平面探测器 5 聚焦。主镜 1 的反射面与次镜 2 的反射面相对排布，第一折射透镜 41、第二折射透镜 42、第三折射透镜 43 和第四折射透镜 44 布置在第一像面 3 与探测器焦平面阵列 53 之间，探测器冷阑 52 处于焦平面探测器窗口 51 和探测器焦平面阵列 53 之间。
- [0021] 图 3 给出了次镜 2 前后表面反射光线的示意图。次镜 2 含有两个分离的反射面，次镜 2 的材料为锗，在其前表面 21 镀特殊膜层，反射中波红外波段 $3.7\ \mu\text{m} \sim 4.8\ \mu\text{m}$ ，透过长波红外 $8\ \mu\text{m} \sim 10\ \mu\text{m}$ 。次镜 2 的后表面 22 镀反射膜，以使长波红外反射回光路中。通过次镜 2 的结构，中波红外 6 由前表面 21 反射；同时，长波辐射透过前表面 21，经后表面 22 反射，再次透过前表面 21 回到光路中。
- [0022] 次镜 2 的前表面 21 与后表面 22 拥有不同的曲率，但相差较小。前表面 21 与后表面 22 的不同曲率，使得成像系统对中波红外 6 和长波红外 7 拥有不同的折射特性，使得中波红外 6 和长波红外 7 能够在同一焦平面上成像。
- [0023] 通过次镜 2 锗双模反射镜改变两个波段的光程，使这两个波段成像在同一焦平面上。次镜 2 的前表面 21 和后表面 22 均为高次非球面。主镜 1 和次镜 2 均可采用单点金刚石车削完成加工。
- [0024] 由于次镜 2 很薄，厚度的范围为 $0.5\text{mm} \sim 1.5\text{mm}$ ，有必要给次镜 2 安放支撑结构，以

使其能够承受振动和冲击。支撑结构放置在次镜 2 后表面 22 反射膜的背部,与后表面 22 拥有一样的曲率和面型。对这种结构有两个要求,即优良的热匹配能力和足够的机械强度。许多材料与锗有相近的热膨胀系数。锗的热膨胀系数为 $6.0 \times 10^{-6}/\text{K}$ 。K9 玻璃的热膨胀系数为 $7.1 \times 10^{-6}/\text{K}$,是很好匹配对象,且 K9 具有足够的机械强度。玻璃材料与锗元件胶合以增加次镜 2 的结构强度。

[0025] 中继镜组 4 由四片折射透镜组成。第一折射透镜 41 基于 Ge 晶体材料。第二折射透镜 42 基于 ZNS 晶体材料。第三折射透镜 43 基于 BaF_2 晶体材料。第四折射透镜 44 基于 ZnSe 晶体材料,上述四种材料在中波红外和长波红外都具有很好的透过率,第一折射透镜 41 的后表面和第四折射透镜 44 的前表面为非球面,其余均为球面。

[0026] 焦平面探测器 5 为制冷型探测器,包含窗口 51、冷阑 52 和焦平面阵列 53,窗口 51 基于红外透过材料,例如锗;焦平面阵列 53 为双波段焦平面阵列或宽波段焦平面阵列;冷阑 52 放置在窗口 51 和焦平面阵列 53 之间,决定焦平面阵列 53 接收目标辐射的立体角,冷阑 52 作为光学系统的出瞳,物方与其共轭的入瞳尽量与主镜重合,从而有效减少主镜孔径。所选焦平面探测器 5 的像元数为 320×256 ,像元尺寸为 $24 \mu\text{m}$ 。

[0027] 图 4 和图 5 分别给出了作为设计示例的成像系统在中波红外 $3.7 \mu\text{m} \sim 4.8 \mu\text{m}$ 和长波红外 $8 \mu\text{m} \sim 10 \mu\text{m}$ 的 MTF 曲线。从曲线中可以看出,成像系统在探测器特征频率 211p/mm 下,MTF 曲线达到或接近衍射极限。

[0028] 图 6 和图 7 分别给出了作为设计示例的成像系统在中波红外 6 和长波红外 7 的畸变曲线及数据,系统在两个波段的全视场畸变小于 2.83%。

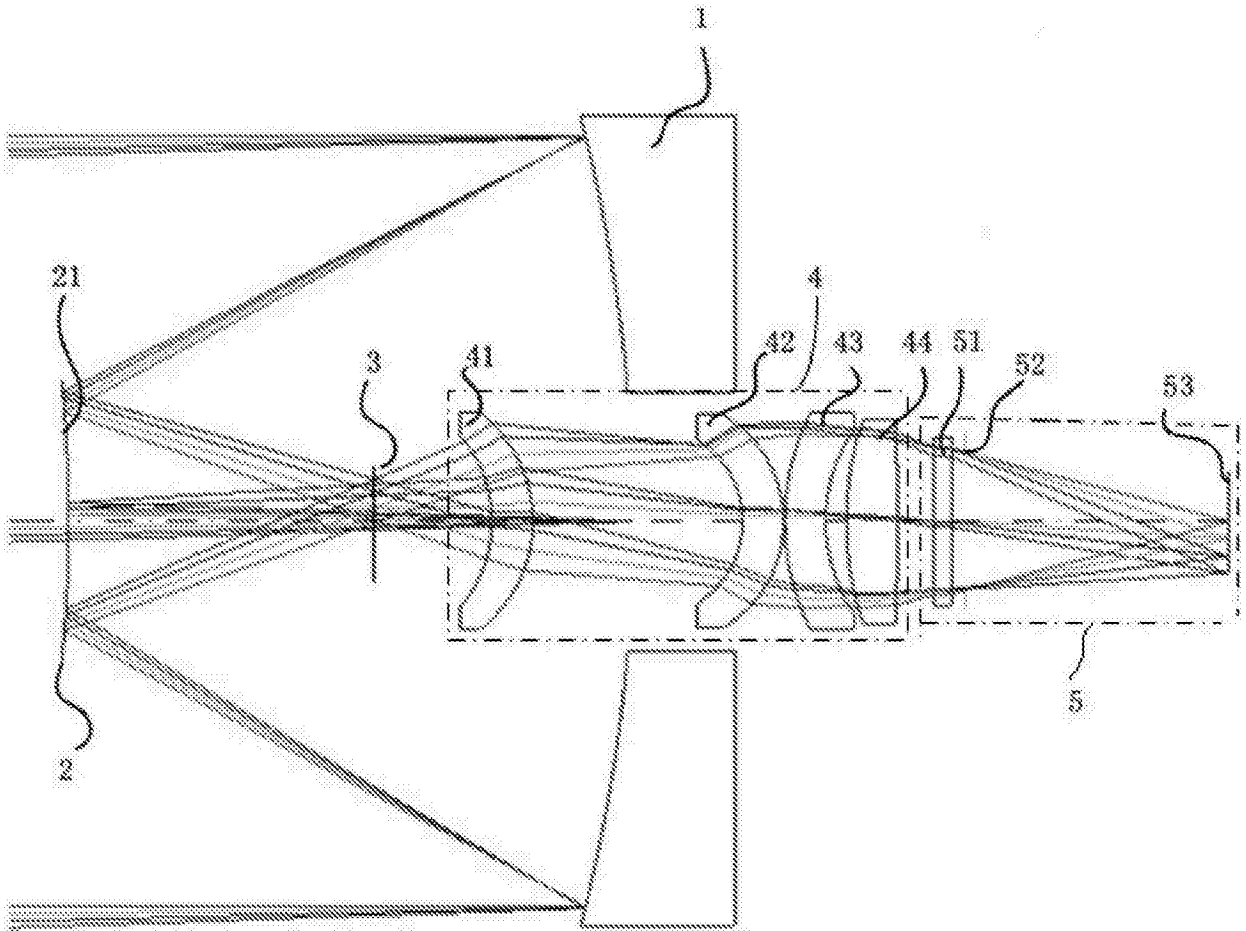


图 1

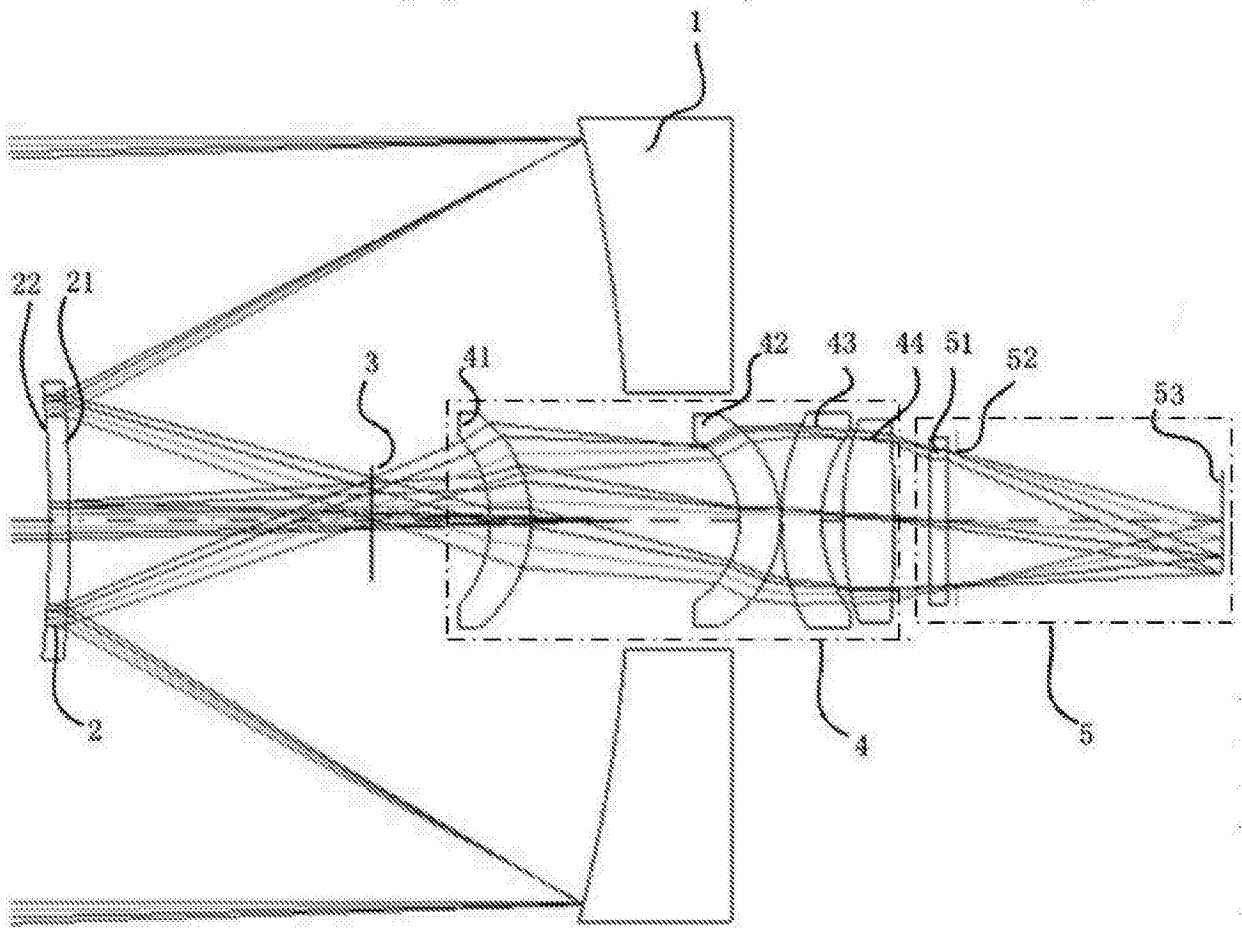


图 2

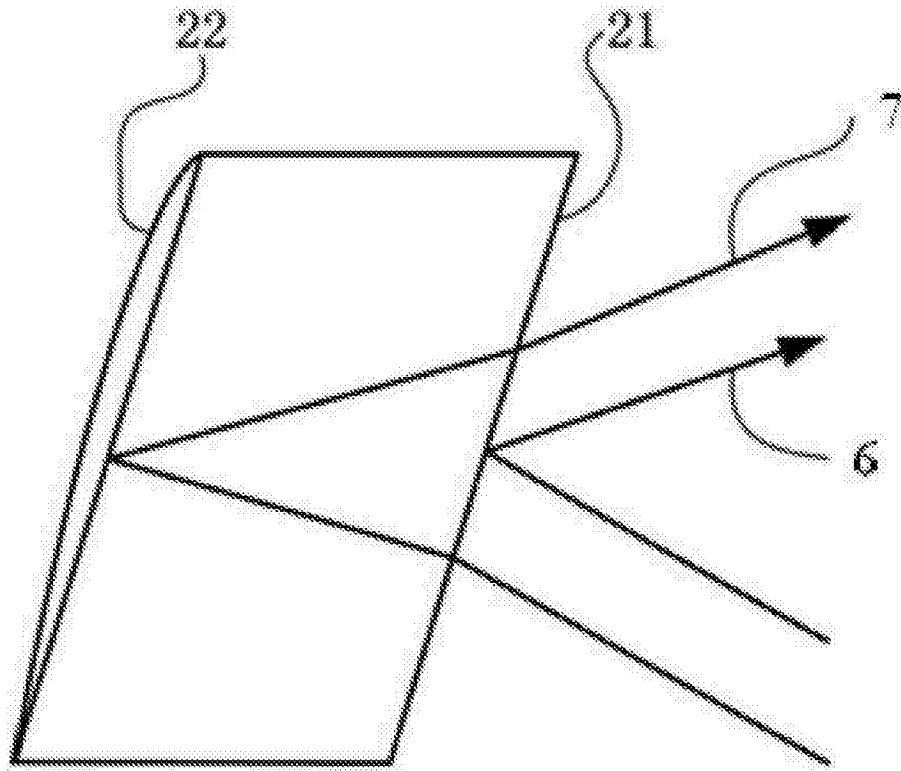


图 3

15:39:43

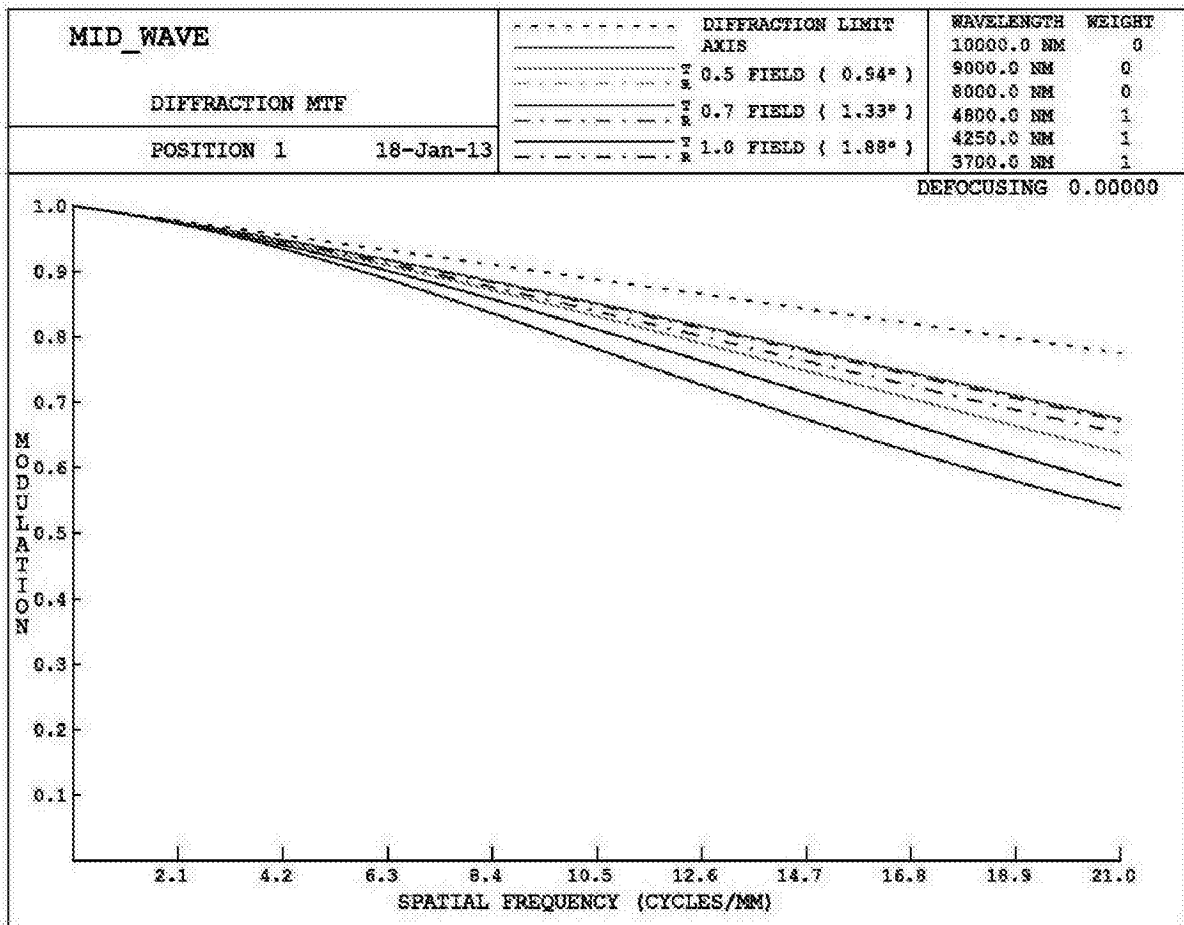


图 4

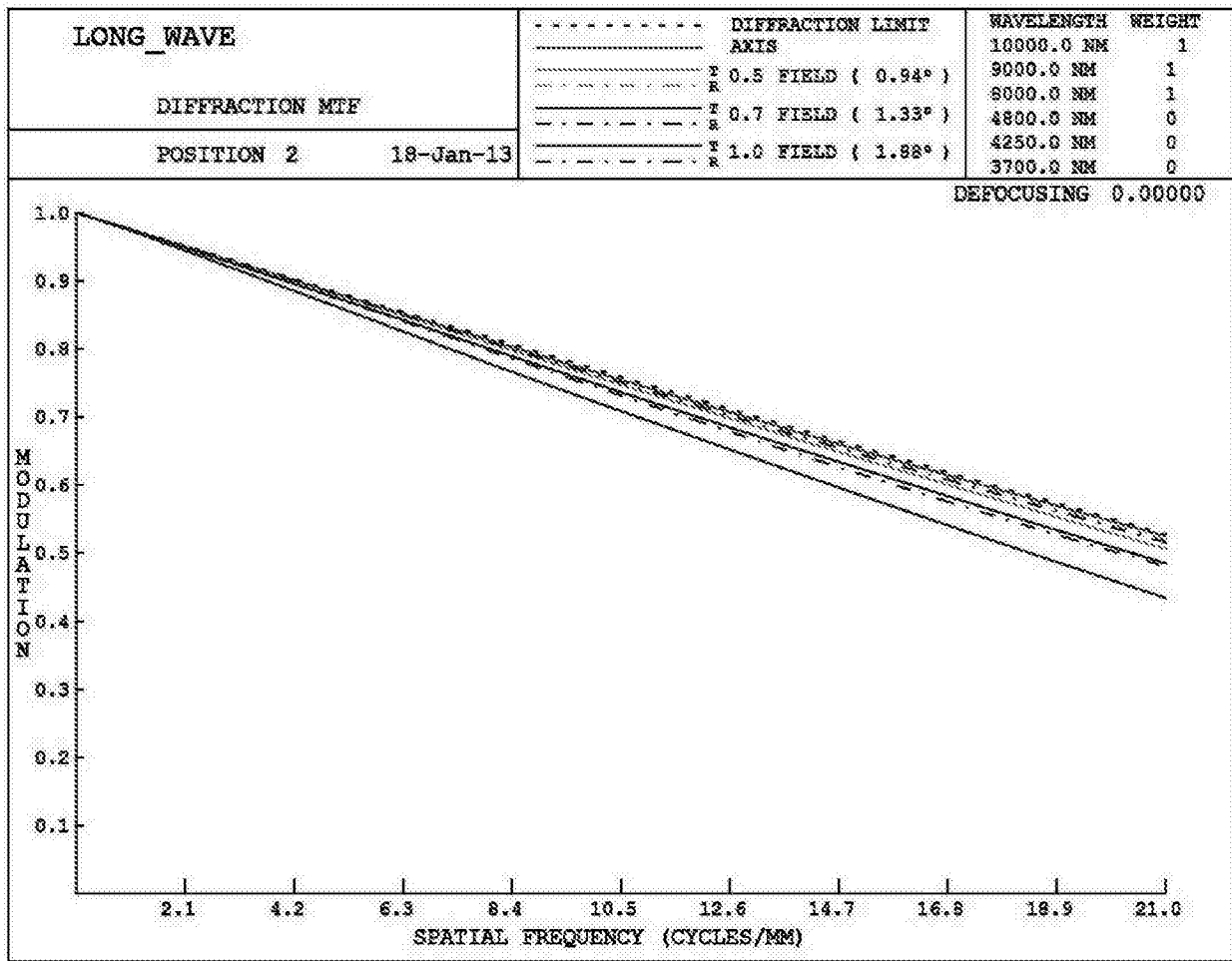


图 5

WAVELENGTH 4250.0 NM		
RELATIVE FIELD HEIGHT	ANGLE (DEG)	DISTORTION (PER CENT)
0.00	0.00	0.00000
0.10	0.19	0.02561
0.20	0.38	0.10244
0.30	0.56	0.23049
0.40	0.75	0.40972
0.50	0.94	0.64012
0.60	1.13	0.92165
0.70	1.32	1.25424
0.80	1.50	1.63782
0.90	1.69	2.07222
1.00	1.88	2.55721

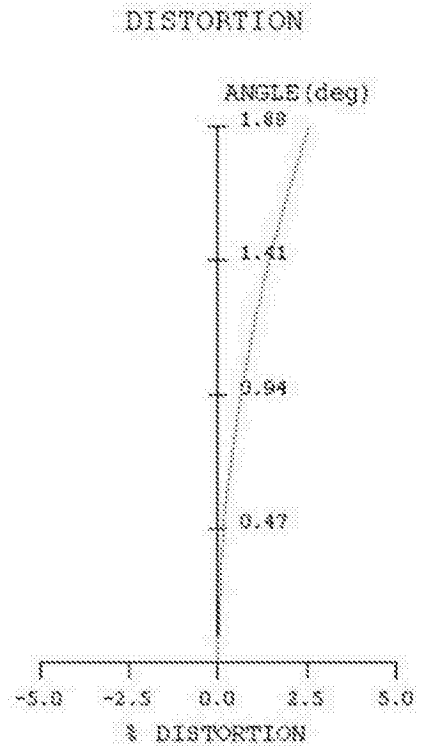


图 6

WAVELENGTH 9000.0 NM		
RELATIVE FIELD HEIGHT	ANGLE (DEG)	DISTORTION (PER CENT)
0.00	0.00	0.00000
0.10	0.19	0.02795
0.20	0.38	0.11185
0.30	0.56	0.25178
0.40	0.75	0.44793
0.50	0.94	0.70055
0.60	1.13	1.00999
0.70	1.32	1.37673
0.80	1.50	1.80137
0.90	1.69	2.28471
1.00	1.88	2.82768

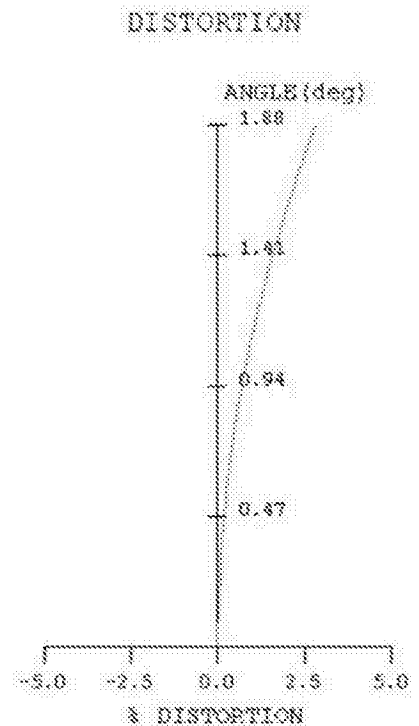


图 7