



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108254882 A

(43)申请公布日 2018.07.06

(21)申请号 201810119445.X

(22)申请日 2018.02.06

(71)申请人 中国科学院西安光学精密机械研究所

地址 710119 陕西省西安市高新区新型工业园信息大道17号

(72)发明人 闫阿奇 张志 梅超 曹剑中
杨洪涛 王浩

(74)专利代理机构 西安智邦专利商标代理有限公司 61211

代理人 陈广民

(51)Int. Cl.

G02B 13/06(2006.01)

G02B 13/00(2006.01)

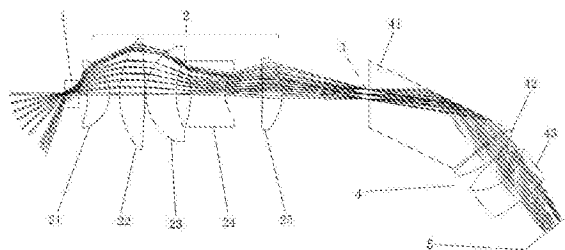
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54)发明名称

超大视场针孔光学成像系统

(57)摘要

本发明属于光学成像技术领域,具体涉及一种超大视场针孔光学成像系统。该系统包括沿光路传输方向依次设置的超广角目镜、孔径光阑、中继转向单元和成像探测器,所述超广角目镜用于引入光瞳像差,所述中继转向单元用于进行像差补偿。本发明解决了现有的针孔成像系统镜头视场小、像面边缘视场照度低的技术问题。本发明针孔成像系统视场角达到 140° ,突破了传统针孔镜头视场角的限制,也解决了高温环境下热辐射防护问题。本发明所述的系统不仅适用于高温环境下针孔超广角成像,也适用于普通的超大视场针孔监视领域。



1. 一种超大视场针孔光学成像系统,其特征在于:包括沿光路传输方向依次设置的超广角目镜、孔径光阑、中继转向单元和成像探测器;所述超广角目镜用于实现大视场,并引入光瞳像差;所述中继转向单元用于折转光路、像差补偿,并实现光束会聚。

2. 根据权利要求1所述的超大视场针孔光学成像系统,其特征在于:所述超广角目镜的视场角为 140° 。

3. 根据权利要求1或2所述的超大视场针孔光学成像系统,其特征在于:所述超广角目镜的光束入射端设置蓝宝石窗口。

4. 根据权利要求3所述的超大视场针孔光学成像系统,其特征在于:所述中继转向单元包括沿光路传播方向依次设置的等腰棱镜、双凸正透镜和胶合镜。

5. 根据权利要求4所述的超大视场针孔光学成像系统,其特征在于:所述等腰棱镜的截面是一个底角为 120° 的等腰梯形。

6. 根据权利要求5所述的超大视场针孔光学成像系统,其特征在于:所述等腰棱镜固定于棱镜角度调节球形座上。

7. 根据权利要求3所述的超大视场针孔光学成像系统,其特征在于:所述超广角目镜包括沿光路传播方向依次设置的第一正透镜、第二双凸正透镜、第三厚弯月正透镜、第一双凹负透镜以及第四平凸透镜;所述第一正透镜弯向蓝宝石窗口,所述第三厚弯月正透镜弯向孔径光阑。

超大视场针孔光学成像系统

技术领域

[0001] 本发明属于光学成像技术领域,具体涉及一种超大视场针孔光学成像系统。

背景技术

[0002] 针孔成像系统是根据针孔成像的原理,光从针孔进入,经成像系统光学透镜聚焦后成像在后端的图像探测器CCD或者CMOS上,因其前端进光孔很小,不易察觉,而广泛应用于博物馆、珠宝店、银行柜台、记者暗访等场所或场合中。

[0003] 高温针孔成像系统作为针孔镜头的一种应用特例,广泛应用于高炉等高温环境中,这种镜头除具有针孔镜头所有特点,例如开口端开孔很小,只有几个毫米,另外还需要考虑高温热辐射与炉内尘渣对物镜的影响。传统针孔成像系统由于镜头孔径光阑处于镜头最前端,虽然开口孔径很小,但由于光学系统边缘视场像面照度与视场角的余弦四次方正比。当针孔成像系统视场角为 60° ,像面边缘视场照度只有中心的56%;视场角为 80° 时,边缘照度仅为中心的35%。因此,为了获得良好的视觉效果,一般针孔镜头视场只有 60° ,很少超过 80° ,实际应用中存在视场偏小的问题。而在高温应用场合,为了减少高温热辐射对针孔镜头光学系统的影响,往往又希望镜头开口孔径很小,即镜头孔径光阑位于最前端,而这又限制了镜头视场角的增大。

发明内容

[0004] 本发明目的是提供一种超大视场针孔光学成像系统,解决了现有的针孔成像系统镜头视场小、像面边缘视场照度低的技术问题。

[0005] 本发明的技术解决方案是:一种超大视场针孔光学成像系统,其特殊之处在于:包括沿光路传输方向依次设置的超广角目镜、孔径光阑、中继转向单元和成像探测器,所述超广角目镜实现大视场,并引入光瞳像差,所述中继转向单元用于折转光路、像差补偿,并实现光束会聚。

[0006] 进一步地,上述超广角目镜的视场角为 140° 。

[0007] 进一步地,上述超广角目镜的光束入射端设置蓝宝石窗口。

[0008] 进一步地,上述中继转向单元包括沿光路传播方向依次设置的等腰棱镜、双凸正透镜和胶合镜。

[0009] 进一步地,上述等腰棱镜的截面是一个底角为 120° 的等腰梯形。

[0010] 进一步地,上述等腰棱镜固定于棱镜角度调节球形座上。

[0011] 进一步地,上述超广角目镜包括沿光路传播方向依次设置的第一正透镜、第二双凸正透镜、第三厚弯月正透镜、第一双凹负透镜以及第四平凸透镜;所述第一正透镜弯向蓝宝石窗口,所述第三厚弯月正透镜弯向孔径光阑。

[0012] 本发明的有益效果在于:

[0013] (1) 本发明针孔成像系统视场角达到 140° ,突破了传统针孔镜头视场角的限制,也解决了高温环境下热辐射防护问题。本发明所述的系统不仅适用于高温环境下针孔超广角

成像,也适用于普通的超大视场针孔监视领域。

[0014] (2) 成像视场大。本发明突破传统针孔镜头像面照度随视场增大急剧下降的问题,具有远高于一般针孔成像系统视场角。

[0015] (3) 良好的耐高温性能。不仅整个成像系统开口孔径小,而且选用热传导性能优良的蓝宝石,通过不锈钢镜筒将热量迅速传导出去,防止热量积聚。在高温下仍然具有良好的成像质量。

[0016] (4) 采用棱镜转折光路,且棱镜易于加工、容易装调,系统结构紧凑、简单可靠。

附图说明

[0017] 图1为本发明超大视场针孔光学成像系统的较佳实施例光路结构示意图。

[0018] 图2为本发明超大视场针孔光学成像系统的较佳实施例安装结构示意图。

[0019] 图3为本发明超大视场针孔光学成像系统的半视场角 $0^{\circ}\sim 40^{\circ}$ 光学系统光学传递函数MTF。

[0020] 图4为本发明超大视场针孔光学成像系统的半视场角 $40^{\circ}\sim 70^{\circ}$ 光学系统光学传递函数MTF。

[0021] 图5为本发明超大视场针孔光学成像系统的像面相对照度曲线。

[0022] 其中,附图标记为:1-蓝宝石窗口,2-超广角目镜,21-第一正透镜,22-第二双凸正透镜,23-第三厚弯月正透镜,24-第一双凹负透镜,25-第四平凸透镜,3-孔径光阑,4-中继转向单元,41-等腰棱镜,42-双凸正透镜,43-胶合镜,5-成像探测器,6-棱镜角度调节球形座。

具体实施方式

[0023] 参见图1至图2,本发明涉及一种超大视场针孔光学成像系统,其较佳实施例的结构组成包括沿光路传输方向依次设置的超广角目镜2、孔径光阑3、中继转向单元4和成像探测器5。超广角目镜2主要用于实现大视场,并引入光瞳像差;中继转向单元4用于折转光路、像差补偿,并实现光束会聚。超广角目镜2的光束入射端设置蓝宝石窗口1。超广角目镜2由沿光路传播方向依次设置的弯向蓝宝石窗口1的第一正透镜21、第二双凸正透镜22、弯向孔径光阑的第三厚弯月正透镜23、第一双凹负透镜24以及第四平凸透镜25组成;中继转向单元4包括一个等腰棱镜41、一个双凸正透镜42以及一个胶合镜43。等腰棱镜41的截面是一个底角为 120° 的等腰梯形。等腰棱镜41固定于棱镜角度调节球形座6上。

[0024] 本发明超大视场针孔光学成像系统的视场角达到 140° ,边缘视场照度良好,突破了传统针孔镜头视场角小于 80° 的限制,也解决了高温下超大视场针孔成像系统热辐射防护的问题。本发明成像系统不仅适用于高温环境下针孔超广角成像,也适用于普通的超大视场针孔监视领域。

[0025] 本发明超大视场针孔光学成像系统的主要性能指标如下:

[0026] 1) 工作波段:450nm~650nm;

[0027] 2) 成像探测器:1/3英寸CCD,探测器像元大小 $5.5\mu\text{m}\times 5.5\mu\text{m}$;

[0028] 3) 视场角 140° ;

[0029] 4) 光圈:F7;

[0030] 5) 针孔镜头前端开口直径3mm。

[0031] 超大视场针孔光学成像系统的光路结构由超广角目镜和中继转向单元组成,此种广角针孔目镜因结构不对称,大视场带来了大垂轴像差,尤其是像散、场曲、畸变等像差很难校正与平衡,为解决此问题,本发明采用了两种方法:1)适当增加目镜结构的复杂性;2)利用一个中继转向单元对超大视场目镜进行像差补偿。

[0032] 为了解决传统针孔成像系统视场偏小的问题,突破针孔镜头的超大视场成像,本发明提出利用光学像差理论,设计中通过人为引入光瞳像差,从而改变不同视场入射光瞳位置、方向和光束口径大小,通过增大边缘视场成像光束进入光学系统的入射光瞳直径,部分抵消或者减缓光学系统边缘视场照度按照视场角的余弦四次方的变化关系,从而提高超大视场成像时像面边缘的照度。

[0033] 光学系统像面照度公式为:

$$[0034] E(\omega) = E(\omega_0) \cdot (1-K) \cdot \cos^4 \omega$$

[0035] $E(\omega)$ 为半视场 ω 的像面照度;

[0036] $E(\omega_0)$ 为中心视场 ω_0 的像面照度;

[0037] K 为渐晕因子,与光路结构有关,一般取0~1。

[0038] 本发明超大视场针孔光学成像系统的具体设计过程为:将光学系统孔径光阑设置在超广角目镜与中继转向单元之间,因孔径光阑经前置目镜所成的像即为光学系统入瞳,当视场角很大时,不同视场的入瞳位置不在重合,口径也不再保持一致,合理选择目镜结构,引入光瞳像差,使得边缘视场光束入瞳口径明显增大(与中心视场相比),本发明通过前组目镜引入光瞳像差使得边缘视场光束口径在子午方向口径增大3.5倍多(相当于引入负渐晕,即 K 取负值),弧氏方向口径增大0.5倍,边缘视场像面照度接近中心视场的50%,远高于相同视场传统针孔镜头的1.4%。

[0039] 本发明为了解决高温防护的问题,首先尽可能减小针孔镜头前端开口孔径,本发明开口直径仅为3mm;其次,考虑到可加工性与导热性能,采用蓝宝石窗口对后端镜片进行保护。蓝宝石玻璃熔点为2050℃,且蓝宝石具有优良的导热性能,热导率高达34W/m·K,是一般玻璃的30倍(JGS1热导率为1.5W/m·K,光学无色玻璃K9为1.1W/m·K),这样可以防止窗口表面产生非常大的温度梯度,防止热应力造成玻璃碎裂(当然,也可采用金刚石窗口,导热系数2000W/m·K);再次,针孔镜头镜筒结构件采用不锈钢材料,既能耐高温,又能反射大量红外辐射,还能将针孔镜头处的热量迅速传导出;最后,为了防止高温环境对成像探测器的影响,光学系统中采用120°等腰棱镜对光路进行转折,通过光路折转,既能实现减小系统体积,实现结构紧凑,又能进一步转折光路,使探测器远离高温源。

[0040] 超大视场针孔光学成像系统中的等腰棱镜材料为光学石英玻璃JGS1,且分光面镀制反射膜。一般光路转折可选用反射镜和棱镜两种方式。相比较而言,本发明系统选用等腰棱镜具有如下优点:

[0041] (1) 棱镜不容易变形,面形精度高,有利于提高像质;

[0042] (2) 棱镜反射一般采用内反射或全反射,反射率和膜层可靠性高;

[0043] (3) 光学石英玻璃JGS1膨胀系数很小,高温下变形小,可保持光路稳定和保证成像质量。

[0044] 本发明针孔镜头合理的平衡了各光学元件的光焦度分布,结构件镜筒采用不锈钢

材料,镜框采用热胀系数与光学玻璃相近的钛合金TC4,经蓝宝石保护窗和镜筒隔热后,本发明针孔成像系统至少可在+200℃环境温度下保持良好成像质量,针孔镜头前端耐温温度可达+500℃。

[0045] 图3和图4分别为本发明超大视场针孔光学成像系统的半视场角 $0^{\circ}\sim 40^{\circ}$ 光学系统光学传递函数MTF和 $40^{\circ}\sim 70^{\circ}$ 光学系统光学传递函数MTF。MTF用于评价光学系统成像质量,图中横坐标表示空间频率(单位:lp/mm),根据所选探测器像元大小,本发明光学系统空间频率最大取到90lp/mm。纵坐标表示光学系统MTF的数值。

[0046] 图5为本发明超大视场针孔光学成像系统的像面相对照度曲线。图中横坐标表示归一化的半像高,纵坐标表示相对照度的大小。像面相对照度曲线表示光学系统像面上,以像面中心为原点,离开像面中心不同半径处(半像高处)像面照度的相对大小。像面中心照度最大,将其归一化为1,即100%。

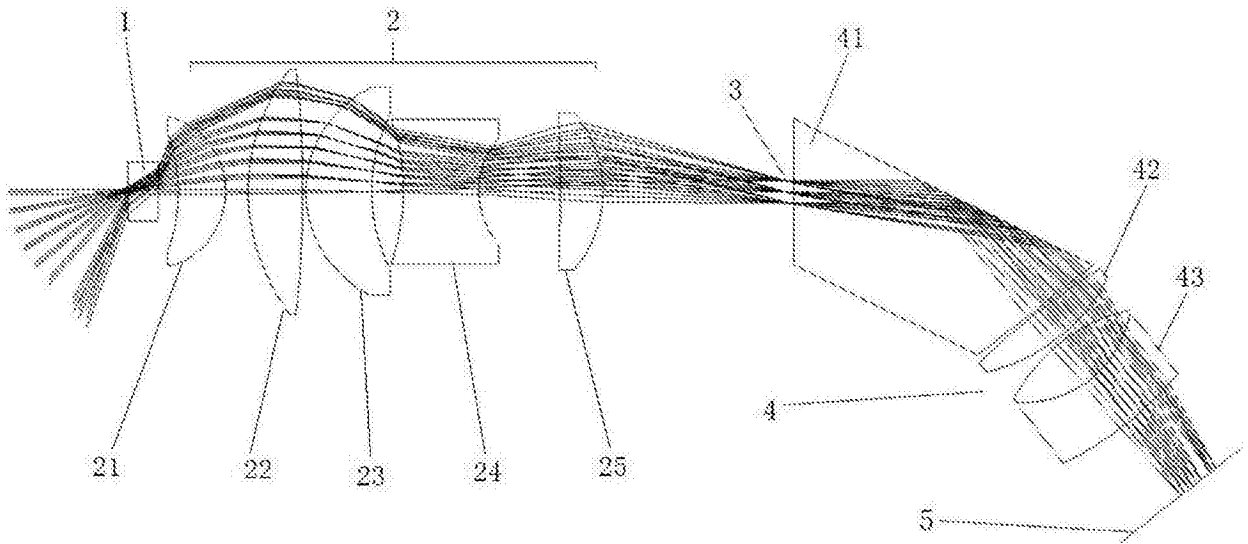


图1

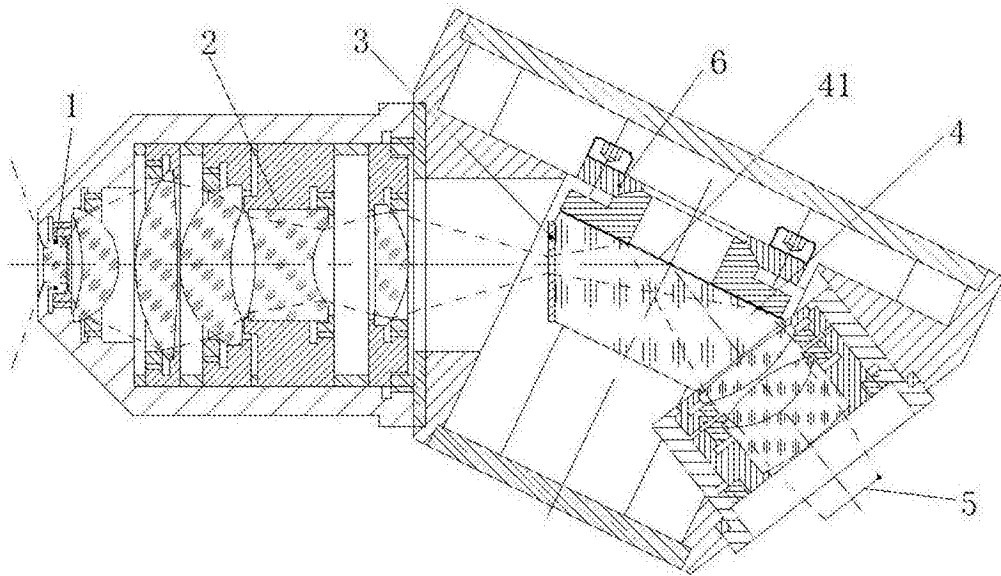


图2

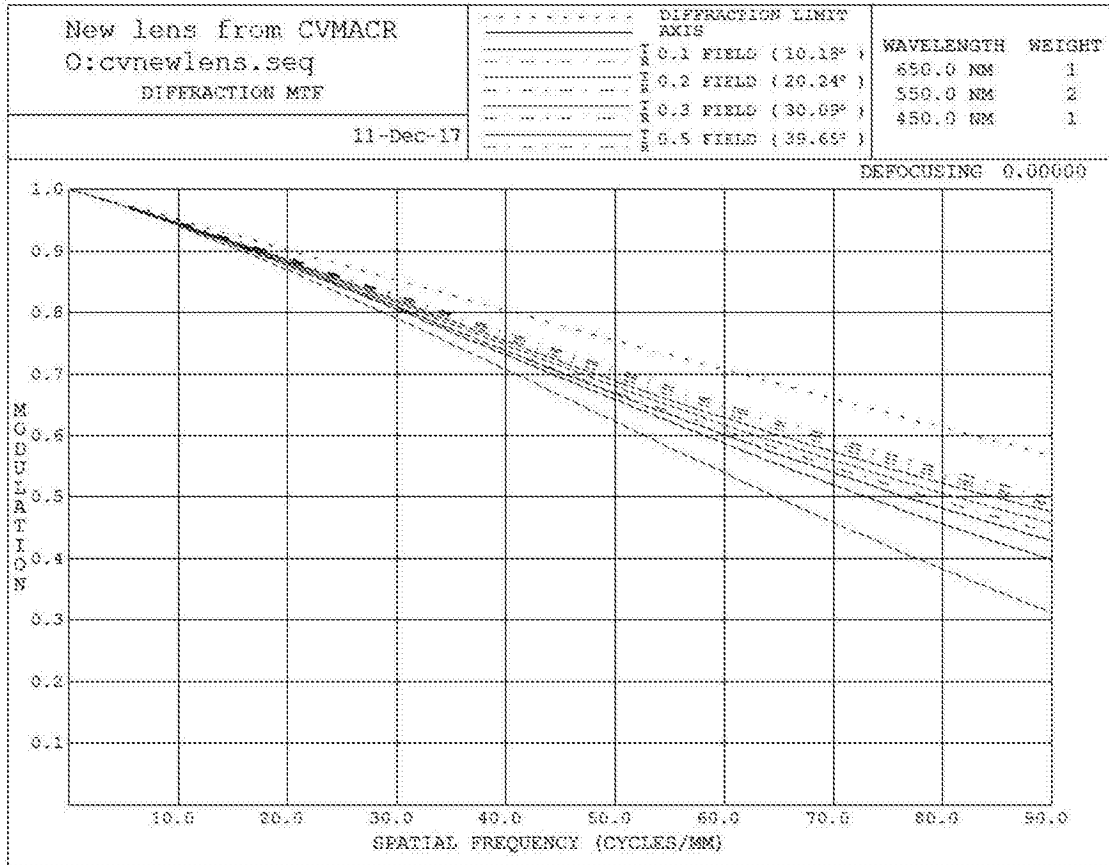


图3

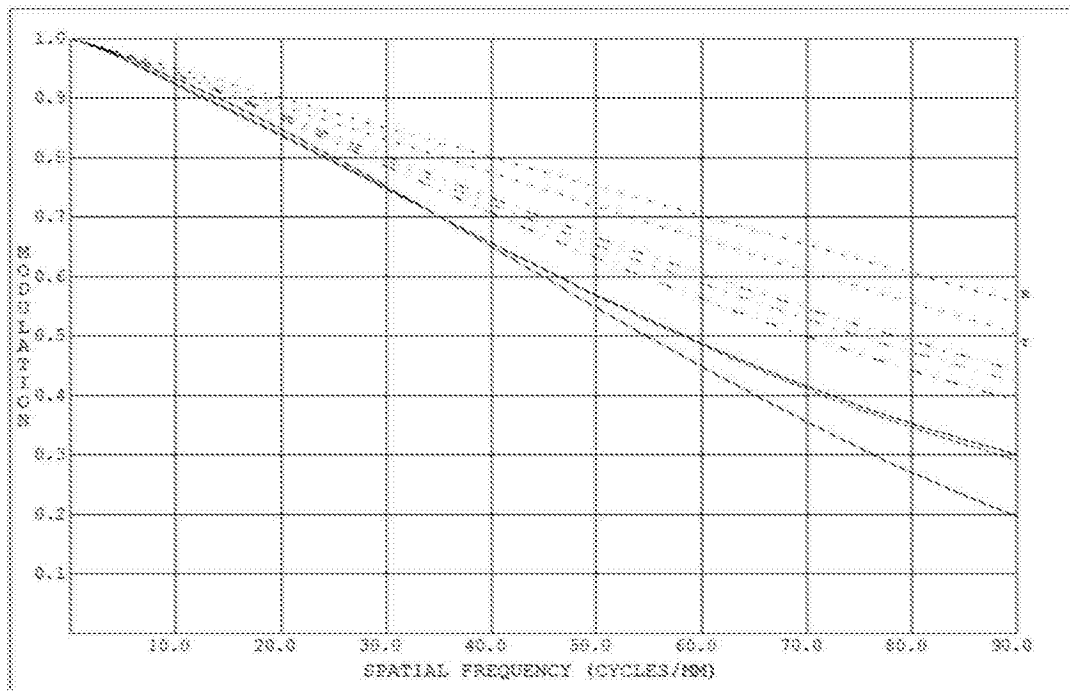


图4

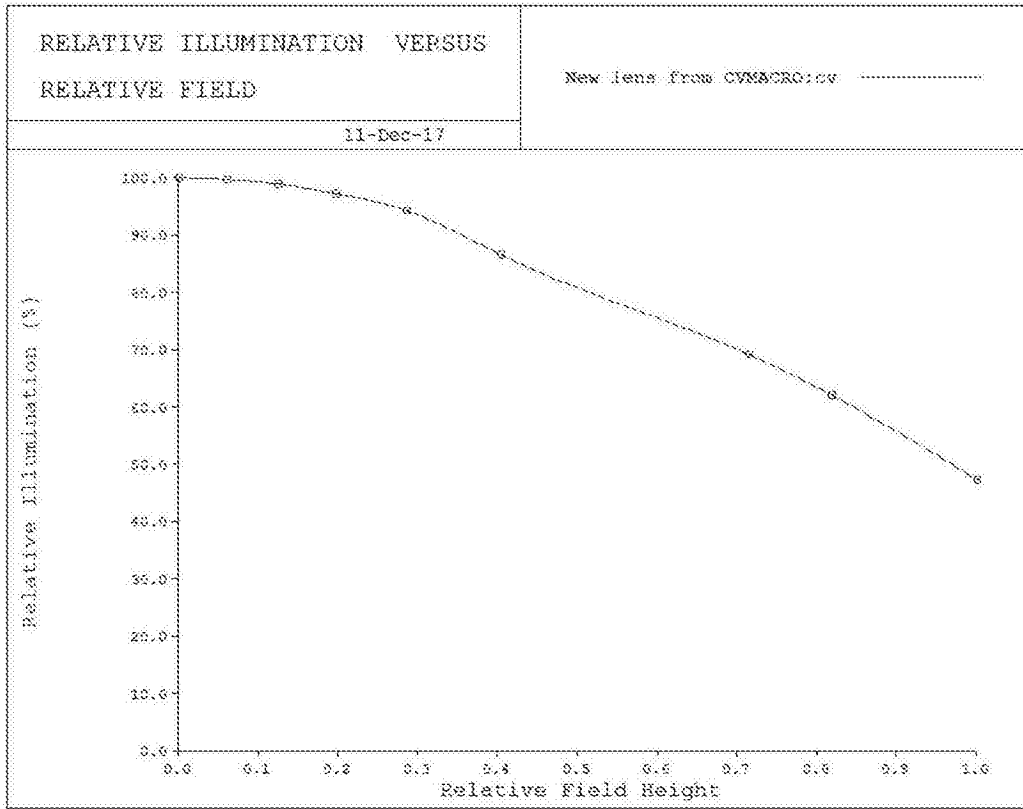


图5