



# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200310110055. X

[43] 公开日 2005 年 1 月 26 日

[11] 公开号 CN 1570584A

[22] 申请日 2003. 11. 13

[21] 申请号 200310110055. X

[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 130031 吉林省长春市东南湖大路 16 号

[72] 发明人 孙 强 卢振武

[74] 专利代理机构 长春科宇专利代理有限责任公  
司

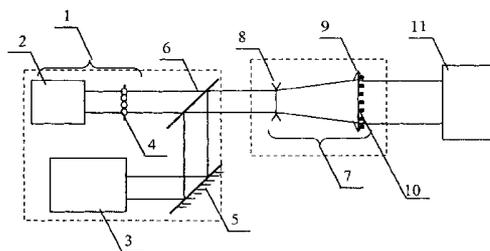
代理人 梁爱荣

权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 2 页

[54] 发明名称 适于哈特曼波前传感器的折/衍混合变焦距光学系统

### [57] 摘要

本发明涉及到哈特曼波前传感器中折/衍混合变焦距系统来矫正远视、近视眼的光学成像系统结构的改进。包括探测器 2、激光器 3、微透镜阵列 4、反射镜 5、半透半反镜 6；第一折射透镜 8、第二折射透镜 9、二元衍射面 10；和待测人眼 11，根据哈特曼波前传感器测量不同波长下人眼波像差的需要，利用变焦系统的调焦和二元衍射面的负向色散特性，解决哈特曼传感器不能测量人眼波色差和远视眼和近视眼等普通个体人眼的问题。该系统对非正常眼进行测量时，通过调焦使测试光束均能聚焦在视网膜上，再原路返回到半反半透镜上再反射到 CCD 上获得人眼信息，从而实现非正常眼的波像差的测量。整个系统结构简单紧凑，性能良好，减轻重量。



1、适于哈特曼波前传感器的折/衍混合变焦距光学系统，包括哈特曼传感器(1)：探测器(2)、激光器(3)、微透镜阵列(4)、反射镜(5)、半透半反镜(6)和待测人眼(11)，其特征在于还包括变焦系统(7)：第一折射透镜(8)、第二折射透镜(9)、二元衍射面(10)，变焦系统(7)位于待测人眼(11)和哈特曼传感器(1)之间并且三者处于同一光轴；二元衍射面(10)刻蚀在第一折射透镜(8)或者第二折射透镜(9)中的折射面中的任何一面；第一折射透镜(8)和第二折射透镜(9)的位置可以互换；第一折射透镜(8)、第二折射透镜(9)、二元衍射面(10)在系统光轴上垂直放置或倾斜放置。

## 适于哈特曼波前传感器的折/衍混合变焦距光学系统

**技术领域：**本发明属于光学成像系统，涉及到一种对哈特曼波前传感器测量手段的改进，特别是涉及到哈特曼波前传感器中折/衍混合变焦距系统来矫正远视、近视眼的光学成像系统结构的改进。

**背景技术：**人眼的光学系统是一个由非球面和梯度折射率变化的复杂光学系统，为了测量人眼的波像差，近些年国外利用哈特曼传感器采用的是通过测量波前斜率，再经过适当的波前重构算法来完成波前测量，整个系统结构简单、紧凑，由于研究采用的是单色光，所以只涉及单色像差；使用白光对人眼进行测试时，发现矫正高级像差后的人眼高空间频率物的反差灵敏度函数（CSF）只能提高2倍，这是由于使用白光时，存在的波色差阻碍了人眼视力的提高。显然如果同时矫正单色像差和波色差，人眼视觉将会得到更好的改善，因此测量不同波长下的人眼波像差亦具有极为重要的意义。而目前用哈特曼传感器对人眼波像差的研究均基于单色波长和测量正常人眼，结构在于由激光器发出的单色光经微透镜阵列及半反半透镜平行入射到人眼到达视网膜后，再按原路返回到达半反半透镜后反射到 CCD 相机得到人眼视网膜的图像。基于背景技术哈特曼传感器的这种结构，它不能测量人眼波色差和远视眼和近视眼等普通个体人眼。

**发明内容：**针对上述背景技术中存在的问题，本发明的目的是解决背景技术中用哈特曼传感器不能测量人眼波色差和远视眼和近视眼等问题，本发明将要提供一种复消波色差的变焦系统，采用多色光源，可用来测量普通个体

人眼的波色差。基于上述需要，本发明设计了一种用于可在不同波长下测量人眼波像差的复色哈特曼传感器人眼波像差测量的折/衍混合变焦距光学系统。

本发明的技术方案包括：哈特曼传感器 1、变焦系统 7、待测人眼 11，其中哈特曼传感器 1 包括：探测器 2、激光器 3、微透镜阵列 4、反射镜 5、半透半反镜 6；变焦系统 7 包括：第一折射透镜 8、第二折射透镜 9、二元衍射面 10；本发明变焦系统 7 位于待测人眼 11 和哈特曼传感器 1 之间并且三者处于同一光轴；二元衍射面 10 刻蚀在第一折射透镜 8 或者第二折射透镜 9 中的折射面中的任何一面；第一折射透镜 8 和第二折射透镜 9 的位置可以互换；第一折射透镜 8、第二折射透镜 9、二元衍射面 10 在系统光轴上垂直放置或倾斜放置。

本发明工作时，当激光束聚焦在人眼视网膜上形成像点，该像点经过人眼屈光介质反射出的光束由微透镜阵列成像，该微透镜阵列将入射波前分割成子波前阵列，通过测量各个子波前的相位斜率，经波前重构算法重构出实际波前，从而可以得到人眼的各种像差。由于不同的非正常视力的人眼存在不同程度的离焦（近视或远视），这将导致从光源出射的平行光束不能成像在视网膜上，从而使反射到微透镜阵列上的光强变弱，信噪比降低，不能准确地得到待测波前信息。本发明通过调焦系统来补偿不同个体人眼存在的离焦，便可使入射光束在视网膜上聚焦成像，从而对不同的个体眼，均可获得到较高的信噪比，同时由变焦系统可以得到待测人眼被补偿的离焦量。因此本发明可用于哈特曼传感器精确测量个体人眼波像差。

**本发明的积极效果：**本发明根据哈特曼波前传感器测量不同波长下人眼波

像差的需要，设计了由两片折射透镜和一个二元衍射面构成折/衍混合多色变焦系统。这个系统中采用的二元衍射面因为其独特的色散特性，已表现出折射元件不可替代的优势。二元衍射面具有大的负向色散特性，可同折射元件组合构成消色差系统；而且二元衍射面是直接制作在折射透镜上的浮雕结构，可有效地简化系统结构，减轻重量。解决了背景技术不能测量人眼波色差和远视眼和近视眼等普通个体人眼的问题。该系统置于哈特曼传感器和人眼之间，在对有不同程度的近视或远视的非正常眼进行测量时，通过该系统的调焦，使测试光束均能聚焦在视网膜上，再原路返回到半反半透镜上再反射到 CCD 上获得人眼信息，从而对不同的个体眼，均可获得较高的信噪比，从而实现包括近视眼、远视眼、正常眼在内的波像差的测量。焦长调整范围为 $-200\text{mm}$ — $200\text{mm}$ ，可用于离焦在 $-500$ 度到 $+500$ 度范围内的非正常眼。准直情况下，系统性能达到衍射受限；在 $0.488\mu\text{m}$ — $0.655\mu\text{m}$ 波长范围内，焦点的色位移小于 $3\mu\text{m}$ 。整个系统结构简单紧凑，性能良好，可以很好地同哈特曼波前传感器相匹配。

#### 附图说明：

图 1 是本发明的结构示意图

图 (2a) 是本发明变焦系统的准直状态示意图

图 (2b) 是本发明变焦系统的焦距为 $-200\text{mm}$ 时的发散状态示意图

图 (2c) 是本发明变焦系统焦距为 $+200\text{mm}$ 时的会聚状态示意图

图 3 是本发明变焦系统的焦点色位移示意图

图 4 是本发明的准直系统的调制传递函数曲线

图 5 是本发明的二元衍射面的线频率 (a) 和相位 (b) 随元件径向坐标

## 的变化

**具体实施方式：**下面结合实施例附图，对本发明的实施作进一步说明：

本发明如图 1 包括哈特曼传感器 1、变焦系统 7、待测人眼 11，其中哈特曼传感器 1 包括：探测器 2、激光器 3、微透镜阵列 4、反射镜 5、半透半反镜 6；变焦系统 7 包括：第一折射透镜 8、第二折射透镜 9、二元衍射面 10。探测器 2 采用 CCD 探测器。激光器 3 采用氦氖激光器。微透镜阵列 4 采用玻璃制成。反射镜 5 采用镀银平面镜。半透半反镜 6 采用平板玻璃上镀制半透半反膜。第一折射透镜 8 和第二折射透镜 9 的材料一般由 K9 玻璃制成，或者由 TF1、TF2、TF3、TF4、TF5、TF6、K1、K2、K3、K4、K5、K6、K7、K8 等组成单色变焦系统。变焦系统中的第一折射透镜 8、第二折射透镜 9、二元衍射面 10 在光轴上既可以垂直放置也可以倾斜放置，放置的角度可选择在 85 度—95 度，例如选择 85 度、88 度、90 度、92 度、95 度等。二元衍射面 10 刻蚀在第一折射透镜 8 或者第二折射透镜 9 中的折射面中的任何一面；第一折射透镜 8 和第二折射透镜 9 的位置可以互换。

根据哈特曼传感器的光束口径来设计变焦系统的入射光束口径；一般人眼在暗视觉时的光瞳约为 8mm 左右，因此设计该变焦系统的出射光束口径最大为 8mm，以确保从人眼视网膜反射的光束可同哈特曼传感器内的微透镜阵列相匹配；波长选取 0.488 $\mu\text{m}$ ，0.514 $\mu\text{m}$ ，0.655 $\mu\text{m}$ ；为满足-500 度到+500 度的人眼视力调整范围，焦长变化范围应在-200mm—200mm。

为缩小变焦系统 7 的长度，第一折射透镜 8 选用负透镜。为确保在变焦过程中系统出射光束口径最大为 8mm，在准直光路情况下，合理设定第一折射透镜 8 与第二折射透镜 9 之间的间隔，使出射光束口径约为 6.5mm。设计中加入

理想虚拟透镜，优化各面曲率校正球差。若将仅由两片折射透镜构成的变焦系统用于多色情况，则存在较大的色差和色球差，二元衍射面具有大的负向色散特性，可同折射元件组合构成消色差系统，如图 3 所示。

优化后系统的变焦结构如图 2 (a)、图 2 (b)、图 2 (c) 所示，第二折射透镜 9 的前表面为二元衍射面，变焦系统 7 长为 60mm，焦长从-200mm 到 200mm 范围内变化时，第二折射透镜 9 移动距离为 32mm。其中图 2 (a) 是光束准直出射时的结构，图 2 (b)、图 2 (c) 分别表示焦距为-200mm 和+200mm 时的结构。光束准直情况下的焦点色位移情况如附表 1 所示，曲线变为抛物型，最大焦移为  $3\mu\text{m}$ ；图 4 给出了准直系统的调制传递函数 (MTF) 特性曲线，可知变焦系统为衍射受限。

根据图 5 给出了二元衍射面的面型参数曲线可以制作二元衍射面，其中曲线 a 表示线频率随元件径向坐标的变化，曲线 b 表示相位随元件径向坐标的变化。由曲线 a 可知，在孔径边缘处的线频率为 1.84 periods/mm，对应最小线宽为  $543\mu\text{m}$ 。当选择每周期的刻蚀台阶数为 8 时，对应衍射效率为 95%，此时二元面的最小特征尺寸为  $67.9\mu\text{m}$ 。

哈特曼传感器 1 包括 (探测器 2，激光器 3)、微透镜阵列 4、反射镜 5、半透半反镜 6 置于采用金属或者其它承重材料制成的壳体内组装成子系统。第一折射透镜 8、第二折射透镜 9、二元衍射面 10 组成的变焦系统组成一个筒状结构并与上述子系统对接，从而形成用于人眼测量的混合变焦距光学系统结构。

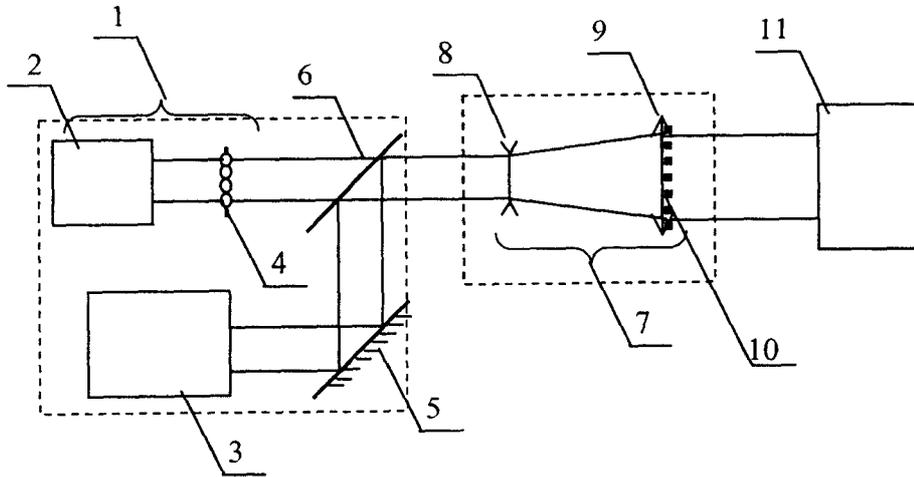


图 1

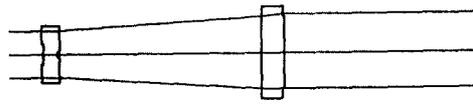


图 2 (a)

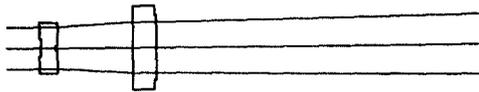


图 2 (b)

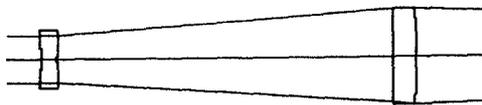


图 2(c)

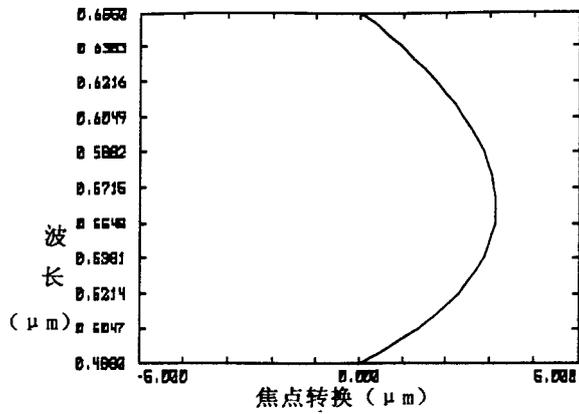


图 3

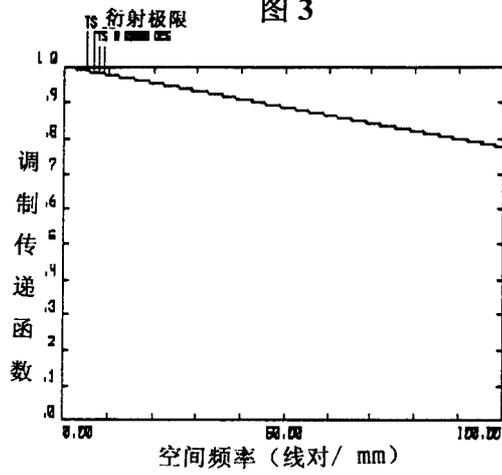


图 4

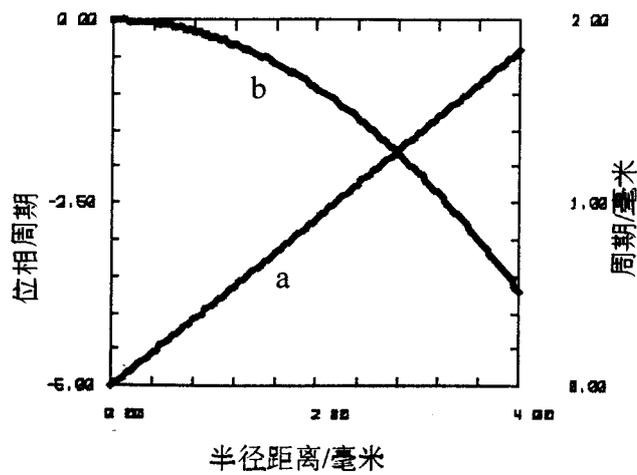


图 5