



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103941393 B

(45)授权公告日 2016.08.24

(21)申请号 201410155939.5

(22)申请日 2014.04.17

(73)专利权人 中国科学院国家天文台南京天文
光学技术研究所

地址 210042 江苏省南京市板仓街188号

(72)发明人 张勇 王启蒙 李烨平

(74)专利代理机构 江苏致邦律师事务所 32230
代理人 樊文红

(51)Int.Cl.

G02B 26/00(2006.01)

审查员 付画婧

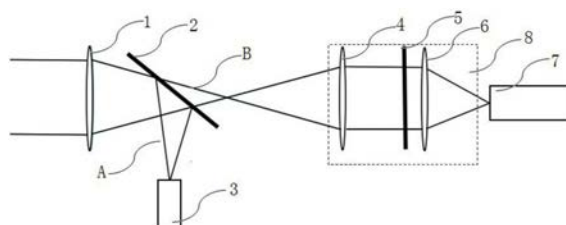
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

一种基于瞳孔离散选通的光学波前误差改善系统

(57)摘要

一种基于瞳孔离散选通的光学波前误差改善系统,由光学系统主镜、分光镜、波前检测器、离散选通系统和科学成像相机组成;该系统还设有计算机,波前检测器以及离散选通系统均与计算机相连,计算机用于根据来自波前检测器的波前畸变信息来控制离散选通系统对瞳孔离散波前选通;进入主镜的光由分光镜分为两部分,一部分经由波前检测器,作为检测波前,并将波前信号输入到计算机中,反馈到离散选通系统中;另一部分直接进入离散选通系统,离散选通系统用于根据波前信号及控制逻辑进行控制,进行瞳孔离散波前的选通,然后最终获得科学成像。本发明通过离散选通系统来实现波前瞳孔的离散选通,在保持空间频率完备的基础上,提高了波前误差的统计性能。



1. 一种基于瞳孔离散选通的光学波前误差改善系统,其特征是,所述光学波前误差改善系统包括依光路排列的光学系统主镜、分光镜、波前检测器、离散选通系统以及科学成像相机;所述光学波前误差改善系统还设有计算机,所述波前检测器以及离散选通系统均与计算机相连,所述计算机用于根据来自波前检测器的波前畸变信息来控制离散选通系统对瞳孔离散波前选通;进入主镜的光由分光镜分为两部分,一部分经由波前检测器,作为检测波前,并将波前信号输入到计算机中,反馈到离散选通系统中;另一部分直接进入离散选通系统,所述离散选通系统用于根据波前信号及控制逻辑进行控制,进行瞳孔离散波前的选通,然后最终获得科学成像。

2. 根据权利要求1所述的光学波前误差改善系统,其特征是,所述离散选通系统由沿光路排列的第一透镜、快门阵列和第二透镜组成。

3. 根据权利要求1所述的光学波前误差改善系统,其特征是,所述离散选通系统由沿光路排列的第一透镜、DMD系统和第二透镜组成。

4. 根据权利要求1所述的光学波前误差改善系统,其特征是,所述计算机通过波前拟合及提前设定好阈值的离散波前优劣判断逻辑或算法,判断出符合要求的波前以及不符合要求的波前。

一种基于瞳孔离散选通的光学波前误差改善系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种基于瞳孔离散选通的光学波前误差改善系统,属于主动光学、自适应光学等高性能成像领域,具体地说是由离散选通系统控制波前的光学波前误差改善系统。

背景技术

[0002] 随着激光、微电子和计算机的出现和发展,光学仪器的功能和质量都有了明显的发展与提高。但这种努力仅限于提高仪器内部质量。但实际的天文观测中,会受到重力变形、热变形、甚至大气湍流的非常严重的影响。最大限度地提高地基天文光学系统的空间分辨能力以便更好地观测天体的形状和结构细节上天文学家的梦想和天文仪器专家追求的目标。

[0003] 光学系统,在实际的加工、安装、调试的过程中,其温度变形、重力变形、加工误差、安装误差、光学设计残差、环境影响等传统光学误差来源始终存在。望远镜作为常见的天文光学系统中,根据瑞利判据,其角分辨率 $\alpha=1.22\lambda/D$,其中 λ 为入射光波的波长, D 为入瞳直径。但在实际的观测中,望远镜的分辨率与当地的视宁度以及上述各种光学像差来源有关。对于地基光学仪器,光波在传播的过程之中,遭遇湍流大气,会使其波前产生高时间空间频率畸变。对于大口径望远镜来说,影响其分辨率的因素从入瞳的口径转化为了大气相干长度和相关时间。因为大气团内外尺度变化具有复杂的非平稳随机过程的性质,天体发出的光经过大气层时受到畸变,最终使得望远镜实际角分辨率无法突破大气宁静度和各种光学像差的限制。

[0004] 到20世纪70年代由于基础技术的发展成熟,也由于在高分辨力成像观测和高集中度激光能量传输等方面对克服动态干扰的需求更趋迫切,主动光学和自适应光学的设想得以实现。

[0005] 主动光学和自适应光学技术均是以瞳孔面上的波前为研究对象的自动控制系统,区别只在于校正频率和像差变化的时空频率。目前最为通用、发展最为成熟的主动光学和自适应光学系统为校正式光学系统,其最为重要的元件为波前校正器以及波前检测器。用来校正大气湍流的校正式自适应光学系统为一个闭环系统,来自观测目标的经过大气湍流等干扰形成的模糊的图像,由波前检测器测出波前相位畸变,其波前校正器通常为变形镜,变形镜是一个背面有规律排布若干电动驱动器的薄镜面,变形镜的面形决定由变形镜射出的光束的波前相位,而变形镜的面形由驱动器的电压控制,电压的变化则来自于波前检测器的信号。

[0006] 当前主动光学和自适应光学系统,在变形镜上需要投入非常多,而且因为国外的限制,越来越大口径和分辨率的变形镜也有困难,而基于瞳孔离散选通的光学波前误差改善系统,通过离散选通系统来实现波前瞳孔的离散选通,在尽量保持空间频率完备的基础上,能有效地节省造价成本,降低系统复杂程度,提高了波前误差的统计性能,改善了光学系统的原有的波前误差,是波前误差改善方法除了主动光学和自适应光学之外的另外一条

捷径。

发明内容

[0007] 本方案所要解决的问题：克服现有的自适应光学中波前校正器过于复杂、成本过高、难以获得的不足，提出一种于瞳孔离散选通的光学波前误差改善系统，通过离散选通系统来实现波前瞳孔的离散选通，在尽量保持空间频率完备的基础上，有效地提高了波前误差的统计性能，改善了光学系统的原有的波前误差。

[0008] 本技术发明的解决方案是：一种基于瞳孔离散选通的光学波前误差改善系统，包括依光路排列的光学系统主镜、分光镜、波前检测器、离散选通系统以及科学成像相机；所述光学波前误差改善系统还设有计算机，所述波前检测器以及离散选通系统均与计算机相连，所述计算机用于根据来自波前检测器的波前畸变信息来控制离散选通系统对瞳孔离散波前选通；进入主镜的光由分光镜分为两部分，一部分经由波前检测器，作为检测波前，并将波前信号输入到计算机中，反馈到离散选通系统中；另一部分直接进入离散选通系统，所述离散选通系统用于根据波前信号及控制逻辑进行控制，进行瞳孔离散波前的选通，然后最终获得科学成像。

[0009] 波前检测器检测出瞳孔离散波前的畸变，然后计算机来处理波前，判断出波前是否符合要求，再控制快门或DMD微反射镜片的开关，最终实现系统性能的改善和科学成像分辨率的提高。

[0010] 作为本发明的一种具体实现：所述离散选通系统由沿光路排列的第一透镜、快门阵列和第二透镜组成。

[0011] 作为本发明的另一种具体实现：所述离散选通系统由沿光路排列的第一透镜、DMD系统和第二透镜组成。

[0012] 作为本发明的进一步改进，所述计算机通过波前拟合及提前设定好阈值的离散波前优劣判断逻辑或算法，判断出符合要求的波前以及不符合要求的波前。

[0013] 本发明与现有技术相比的优点是：在保持高实时性的同时，通过取代造价不菲、控制复杂、难以大规模生产、难以获得大尺寸高分辨的变形镜，转而在用造价低廉、技术成熟的快门阵列或DMD代替；第一，通过离散选通系统来实现离散瞳孔波前的选通，可以尽量保持空间频率完备的基础上，有效的提高波前误差的统计性能，改善光学系统的原有的波前误差和光学系统的性能，通常能获得媲美常规高分辨系统的性能；其次，与变形镜相比，快门阵列或DMD系统的造价无疑会比复杂的变形镜更低廉、高时间频率的校正控制更简单、技术发展更成熟、尺寸能做得更大、单元分辨率做得更高、时间频率上也能控制校正更快捷、产品更易获得，用离散选通系统，会大大减少系统的复杂性，降低所需的成本费用和造价，实时性高，维护容易，可行性极高；第三，快门阵列或DMD系统在尺寸和分辨率上没有理论和工程研制上限；第四、本发明中的瞳孔离散波前的选通，与常规自适应光学等高分辨系统的波前重建、拟合等控制逻辑算法相比，逻辑算法也更简单更快捷，更容易实现；第五，与常规高分辨系统应用有波段的长短、大气湍流的强弱、口径的大小、分辨率的高低、时间频率的高低、空间频率的高低、控制逻辑复杂等很多局限性以及有限的应用范围不同，本发明，是一种通用型的波前改善系统，可以扩展应用于绝大多数光学系统，无论静态高空间频率误差还是动态高时间频率误差抑或两者组合，通过计算和控制，均可实现波前误差的改善和

性能的提升;第六,本发明,可以串行接入或者并行接入在常规高分辨系统之中或者之后,在传统高分辨实现的基础上进一步提升性能。

附图说明

[0014] 下面结合附图和实施例做进一步说明。

[0015] 图1为实施例1的基于瞳孔离散选通的光学波前误差改善系统的示意图。

[0016] 图2为实施例2的基于瞳孔离散选通的光学波前误差改善系统的示意图。

[0017] 图3为本发明实施例1中快门阵列或实施例2中的DMD系统的示意图。

[0018] 图4为实施例1和2对离散瞳孔波前选通后的离散选通系统的选通分布。

[0019] 图中:1-光学系统主镜、2-分光镜、3-波前检测器、4-第一透镜、5-快门阵列、5'-DMD系统、6-第二透镜、7-科学成像相机。

具体实施方式

[0020] 实施例1

[0021] 如图1所示,一种基于瞳孔离散选通的光学波前误差改善系统10,由按前后顺序排列的光学系统主镜1、分光镜2、波前检测器3、第一透镜4、快门阵列5、第二透镜6以及科学成像相机7组成;光学波前误差改善系统还设有计算机(图中未显示),波前检测器3以及快门阵列5均与计算机相连,计算机用于根据来自波前检测器3的波前畸变信息来控制快门阵列5对瞳孔离散波前选通。分光镜2安装在主镜1和主镜焦面之间,快门阵列5安装在光学成像系统的出瞳处,第一透镜4和第二透镜6之间的位置。第一透镜4、快门阵列5和第二透镜6组成离散选通系统8。

[0022] 本系统的光路图如图1所示:来自观测物体的光进入光学系统主镜1,由分光镜2将光分为两束,反射光A和透射光B。发射光A汇聚到波前检测器3中,用来进行对波前误差的检测。第一透镜4用来对透射光B进行准直,透射光B经过准直后进入放置在出瞳处的快门阵列系统5(如图3所示),由快门阵列对瞳孔离散波前选通,校正后的波前进入科学成像相机,从而得到最终的改善的波前。图3所示的快门阵列5由快门紧密排列组成,每个快门开和关均由电机系统进行控制,从而实现对离散瞳孔波前的选通。亦可将图3看作实施例2中的DMD系统。

[0023] 波前检测器3检测出瞳孔离散波前的畸变,然后计算机来处理波前,判断出波前是否符合要求,再控制快门阵列的开关,最终实现系统性能的改善和科学成像分辨率的提高。

[0024] 实施例2

[0025] 本实施例的组成与实施例1类似,只是将实施例1中快门阵列5换成了DMD系统5'。第一透镜4、DMD系统5'和第二透镜6组成离散选通系统8。

[0026] 常规的DMD系统由美国Texas公司开发,采用微电子机械原理,是一种二进制数字信号控制的数字光调制器。其表面分布有紧密排列的正方形微反射镜片,每个微反射镜片都可以沿着它的对角线轴做 $\pm 12^\circ$ 翻转,翻转频率可以达到数千赫兹。当偏转 $+12^\circ$ 时,微反射镜处于开状态,将光线反射到目标光学系统;当偏转 -12° 的时候,微反射镜处于关状态,将光线反射出光学系统。

[0027] 本系统由光学系统主镜1、分光镜2、波前检测器3、第一透镜4、DMD系统5'、第二透

镜6、科学成像相机7构成。分光镜安装在主镜1和主镜焦面之间,DMD系统5'安装在成像系统的出瞳处,第二透镜安装在DMD系统5'和科学成像相机7之间。

[0028] 本系统的光路图如图2所示:来自观测物体的光进入光学系统主镜1,由分光镜2将光分为两束,反射光A和透射光B。发射光A汇聚到波前检测器3中,用来进行对波前误差的检测。第一透镜4用来对透射光B进行准直,透射光B经过准直后进入放置在出瞳处的DMD系统5'(如图3所示),由DMD系统5'对瞳孔离散波前选通。对于符合要求的波前,DMD上的微反射镜处于开状态,将波前反射至第二透镜6处,然后进入科学成像相机,得到最终改善的波前;对于不符合要求的波前,微反射镜片处于关状态,波前被反射出光学系统。

[0029] 该系统中波前检测器3和DMD系统5'(如图3所示)均与计算机相连,计算机的作用是:将由波前检测器3探测的波前信号进行处理,得出波前畸变的信息,通过波前拟合、提前设定好的阈值等多重离散波前优劣判断逻辑或算法,判断符合要求的波前以及不符合要求的波前,然后将波前的信息反馈给DMD控制系统,控制DMD系统5'的开与关,获得如图4所示某种的离散瞳孔的选通分布,去掉不符合要求的离散波前,从而实现波前的改善校正。

[0030] 本发明未详细阐述的属于本领域公知技术。

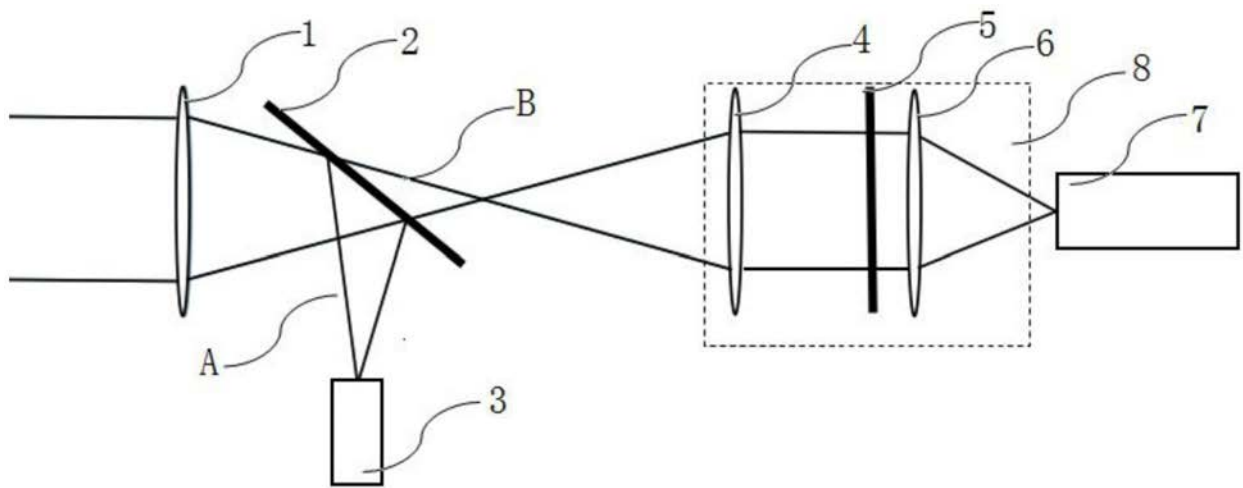


图1

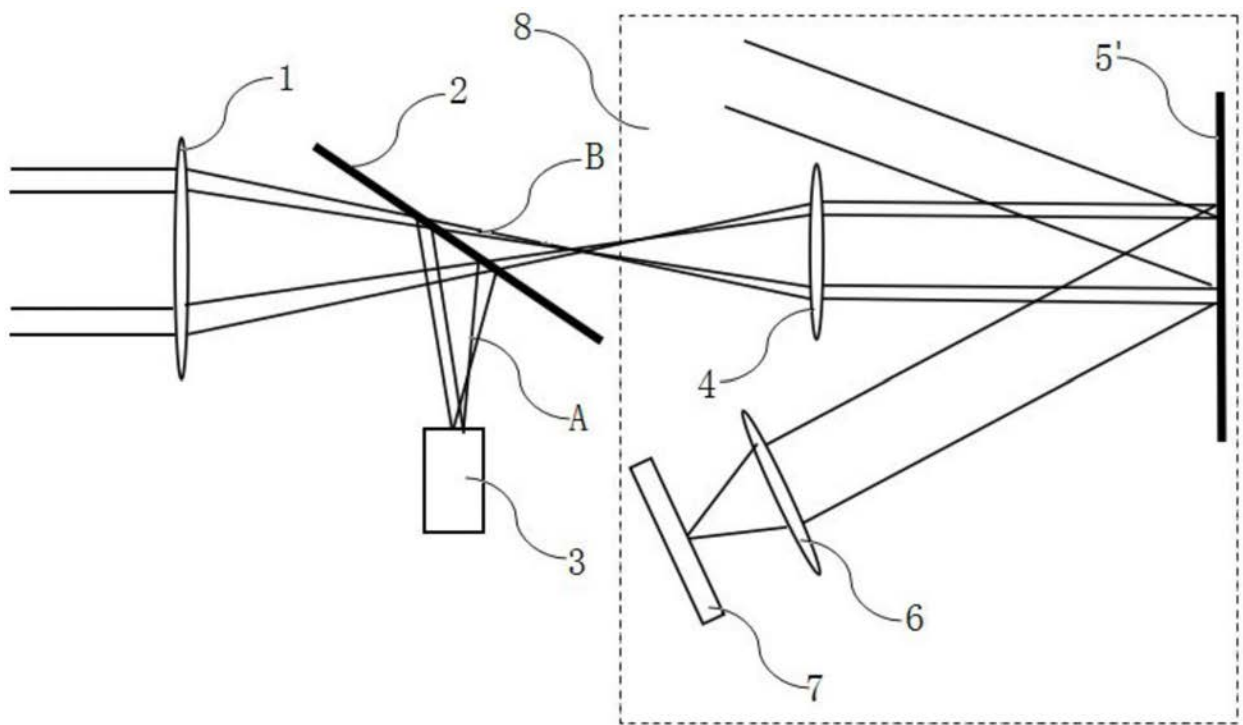


图2

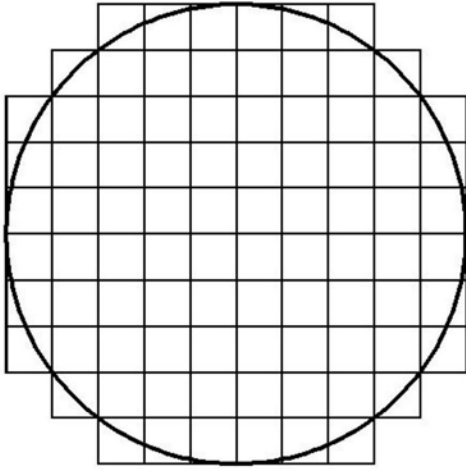


图3

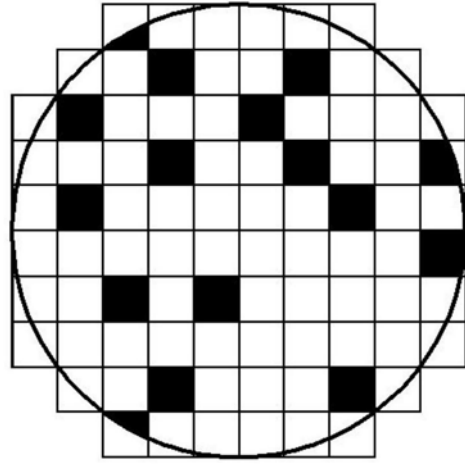


图4