



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110927854 A

(43)申请公布日 2020.03.27

(21)申请号 201911078119.X

(22)申请日 2019.11.06

(71)申请人 天津大学

地址 300072 天津市南开区卫津路92号

(72)发明人 谢洪波 杨磊 赵满 朱猛

毛晨盛 李金龙 王珊珊

(74)专利代理机构 天津市北洋有限责任专利代

理事务所 12201

代理人 刘国威

(51) Int. Cl.

G02B 5/30(2006.01)

H04N 5/225(2006.01)

G02B 27/00(2006.01)

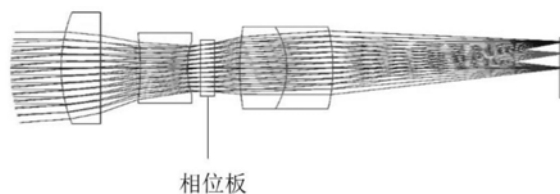
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

(54)发明名称

基于非旋转对称型相位板的大景深观察接收系统

(57)摘要

本发明属于光学领域,为在不牺牲分辨率和通光量的前提下,可以有效降低成像系统的离焦敏感性,从而拓展系统景深。为此,本发明采用的技术方案是,基于非旋转对称型相位板的大景深观察接收系统,包括成像镜头,相位板以及探测解码单元;所述相位板与成像镜头分离设置,且位于同一光轴上;相位板作为成像系统的光阑,实现波前编码;探测器的输出信号经过视频解码单元,利用解码算法恢复被编码的模糊图像。本发明主要应用于视频探测、景深处理场合。



1. 一种基于非旋转对称型相位板的大景深观察接收系统,其特征是,包括成像镜头,相位板以及探测解码单元;所述相位板与成像镜头分离设置,且位于同一光轴上;相位板作为成像系统的光阑,实现波前编码;探测器的输出信号经过视频解码单元,利用解码算法恢复被编码的模糊图像。

2. 如权利要求1所述的基于非旋转对称型相位板的大景深观察接收系统,其特征是,所述相位板是由二次、三次和五次幂函数叠加而成的非旋转对称型相位板,该相位板的相位分布函数表达式为:

$$f(x, y) = \alpha(x^2 + y^2) + \beta(x^3 + y^3) + \gamma(x^5 + y^5)$$

式中, $\alpha$ , $\beta$ 与 $\gamma$ 分别为相位板的相位分布函数中二次项、三次项和五次项参数; $x$ 和 $y$ 分别为二维孔径归一化坐标,取值范围为 $[-1, 1]$ 。

## 基于非旋转对称型相位板的大景深观察接收系统

### 技术领域

[0001] 本发明属于光学领域,涉及一种相位板及基于该相位板的成像系统,尤其涉及一种用于拓展光学系统景深的非旋转对称型相位板以及应用该相位板的大景深观察接收系统。

### 背景技术

[0002] 为了提高观察的范围和精细程度,一般要求成像系统同时具有较高的分辨率和较大的景深。通过缩小成像系统的相对孔径可以达到拓展景深的效果,但降低了系统的分辨率和照度;多离焦图像合成法会增加硬件体积且耗时长,无法应用于小体积成像系统上。

[0003] 波前编码技术将图像处理与光学设计相结合,在光学系统的孔径处加入一块相位掩模板,从而对波前进行编码,使该系统对离焦不敏感。再结合适当的数字滤波处理技术对中间的模糊像进行解码,可以得到离焦的清晰像,从而在不牺牲系统分辨率和通光量的前提下有效扩大成像系统的景深。目前没有成熟技术相关报道。

### 发明内容

[0004] 为克服现有技术的不足,本发明旨在提出一种非旋转对称型相位板以及基于该相位板拓展成像系统景深的方法。该方法在不牺牲分辨率和通光量的前提下,可以有效降低成像系统的离焦敏感性,从而拓展系统景深。为此,本发明采用的技术方案是,基于非旋转对称型相位板的大景深观察接收系统,包括成像镜头,相位板以及探测解码单元;所述相位板与成像镜头分离设置,且位于同一光轴上;相位板作为成像系统的光阑,实现波前编码;探测器的输出信号经过视频解码单元,利用解码算法恢复被编码的模糊图像。

[0005] 所述相位板是由二次、三次和五次幂函数叠加而成的非旋转对称型相位板,该相位板的相位分布函数表达式为:

$$[0006] \quad f(x, y) = \alpha(x^2 + y^2) + \beta(x^3 + y^3) + \gamma(x^5 + y^5)$$

[0007] 式中, $\alpha$ , $\beta$ 与 $\gamma$ 分别为相位板的相位分布函数中二次项、三次项和五次项参数; $x$ 和 $y$ 分别为二维孔径归一化坐标,取值范围为 $[-1, 1]$ 。

[0008] 本发明的特点及有益效果是:

[0009] (1)可以在不牺牲分辨率的前提下,使成像系统的景深增加一个数量级,拥有更大的成像空间,可以获取物方更多的信息,从而大幅地增大成像系统的观察范围;

[0010] (2)不仅可以大幅度增加景深,而且能够校正由离焦引起的各种像差,包括球差、色差、像散、匹兹凡像面弯曲以及由安装误差和温度变化引起的离焦等,系统成像性能更加优越;

[0011] (3)利用波前编码技术拓展景深,可以减少光学元件的个数,从而减小成像系统的尺寸和重量,降低成本。

[0012] (4)可以利用同一个数字滤波算法对不同离焦量下的模糊图像进行解码处理,解码算法简单高效。

[0013] (5) 与经典的三次方相位板相比,本发明采用的二次、三次和五次方幂函数叠加的非旋转对称型相位板可以更有效地降低系统离焦敏感性,景深拓展范围更大,且优化计算负担较低;

[0014] (6) 与正弦型相位板和指数型相位板相比,本发明中相位板的PSF偏移效应较小;MTF水平较高,从而中间图像的质量和对比度较高,图像的可恢复性更好。

[0015] (7) 正弦函数和指数函数对参数比较敏感,因此对相位板的精度要求更高,加工难度加大。而本发明中二次、三次和五次幂函数叠加的相位板面型起伏较小且单调变化,对加工精度的要求不高。

#### 附图说明:

[0016] 图1为本发明基于非旋转对称型相位板拓展成像系统景深的示例结构图。

[0017] 图2为本发明非旋转对称型相位板的相位分布图。

[0018] 图3为本发明未引入相位板时观察接收系统在不同离焦量下的MTF曲线簇。

[0019] 图4为本发明引入非旋转对称型相位板时观察接收系统在不同离焦量下的MTF曲线簇。

#### 具体实施方式

[0020] 为解决现有的技术问题,本发明提供了一种非旋转对称型相位板以及基于该相位板拓展成像系统景深的方法。该方法在不牺牲分辨率和通光量的前提下,可以有效降低成像系统的离焦敏感性,从而拓展系统景深。

[0021] 为实现上述目的,本发明采用的技术方案是:大景深观察接收系统,包括成像镜头,相位板以及探测解码单元;上述相位板与成像镜头分离设置,且位于同一光轴上;相位板作为成像系统的光阑,实现波前编码;探测器的输出信号经过视频解码单元,利用解码算法恢复被编码的模糊图像。

[0022] 本发明在经典的三次方相位板基础上,提供了一种由二次、三次和五次幂函数叠加而成的非旋转对称型相位板,该相位板的相位分布函数表达式为:

$$[0023] \quad f(x, y) = \alpha(x^2 + y^2) + \beta(x^3 + y^3) + \gamma(x^5 + y^5)$$

[0024] 式中, $\alpha, \beta$ 与 $\gamma$ 分别为相位板的相位分布函数中二次项、三次项和五次项参数; $x$ 和 $y$ 分别为二维孔径归一化坐标,取值范围为 $[-1, 1]$ 。

[0025] 与三次方相位板相比,本发明中相位板具有更好的性能:该相位板依靠 $\alpha, \beta$ 与 $\gamma$ 三个可变参数之间的互补协助来改变面型实现系统的离焦不敏感,优化自由度更高,系统的景深拓展范围更大;且可变参数的数量相对较少,优化计算的负担较低。

[0026] 与指数型相位板相比,本发明中相位板对优化的初始搜索位置敏感性较低,优化较简单。

[0027] 与正弦型相位板相比,本发明中相位板不需要非常大的相位调制强度就能实现离焦不变性,有利于加工。

[0028] 该大景深观察接收系统的接收部分由探测器及解码单元组成。探测器的输出信号经过视频解码单元,利用解码算法恢复被编码的模糊图像,从而得到最终的清晰图像。

[0029] 由于选择不同离焦量下的MTF和点列图等参数的一致性作为相位板评价指标,因

而本发明可以利用同一个数字滤波算法对不同离焦量下的模糊图像进行解码处理,在保证图像可恢复性的同时,大大简化了解码算法。

[0030] 下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细的说明。

[0031] 图1为基于非旋转对称型相位板拓展成像系统景深的一个示例,其具体结构如图所示。

[0032] 未加相位板的原观察系统由4片3组式镜头组成,只能在较小的景深范围内成清晰像,观察范围有限。

[0033] 本发明在该普通成像系统的孔径处添加了一块由二次、三次和五次方幂函数叠加的非旋转对称型相位板,该相位板的相位分布函数如图2所示,相位分布函数表达式为:

$$[0034] \quad f(x, y) = \alpha(x^2 + y^2) + \beta(x^3 + y^3) + \gamma(x^5 + y^5)$$

[0035] 式中, $\alpha$ 、 $\beta$ 与 $\gamma$ 分别为相位板的相位分布函数中二次项、三次项和五次项参数; $x$ 和 $y$ 分别为二维孔径归一化坐标,取值范围为 $[-1, 1]$ 。

[0036] 需要优化确定的相位板面型参数有 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 和归一化半径4个参数。通过对不同离焦位置处成像结果的一致性约束进行参数优化,得到最终的相位板。

[0037] 优化后的非旋转对称型相位板可以对成像系统的波前进行编码,使该系统对离焦不敏感。如图3、图4所示,在有效空间频率范围内,虽然引入相位板后的系统MTF曲线幅值有所下降,但不存在零点,说明超出原系统景深范围的信息并没有丢失,即成像系统的景深得到了拓展。

[0038] 本发明中的相位板与成像镜头是分离设置的,无相位板时可直接由探测器接收成像信息;加入相位板时,即波前编码系统,需要对探测器接收到的中间模糊像进行解码,才能得到最终所需的清晰图像。由于相位板参数是以离焦系统在不同离焦量下的MTF一致性为优化标准,所以可以通过同一个数字滤波器对不同离焦量下的数字图像进行解码,从而得到大景深范围内的清晰图像,增大成像系统的观察接收范围,提高系统的实用性。

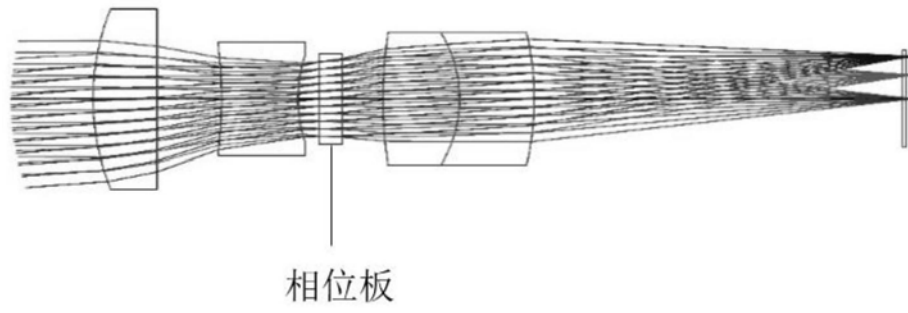


图1

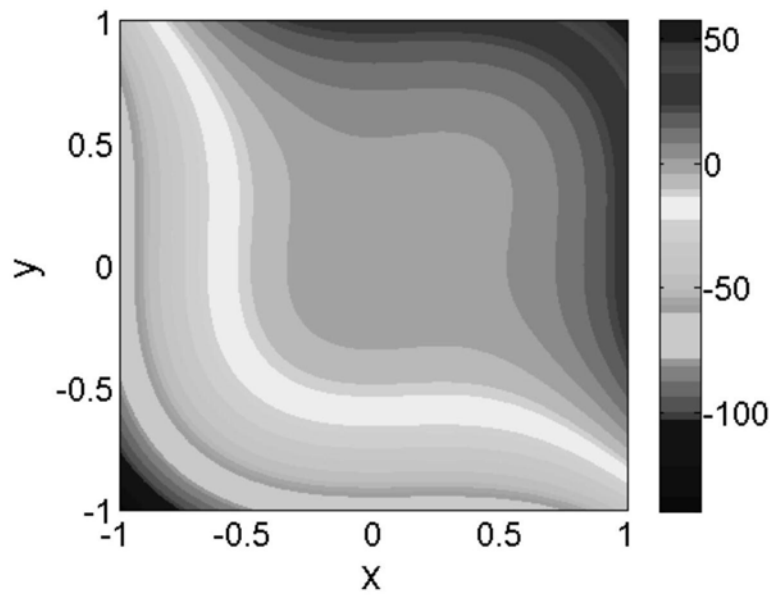


图2

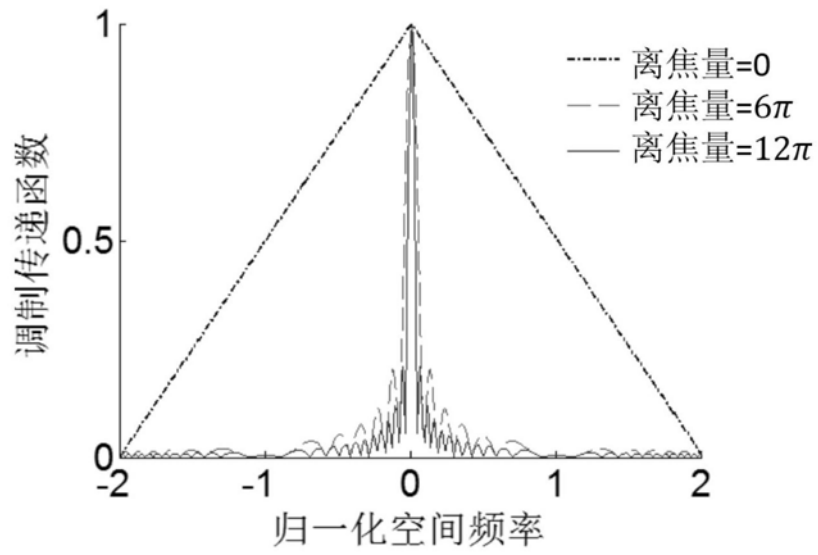


图3

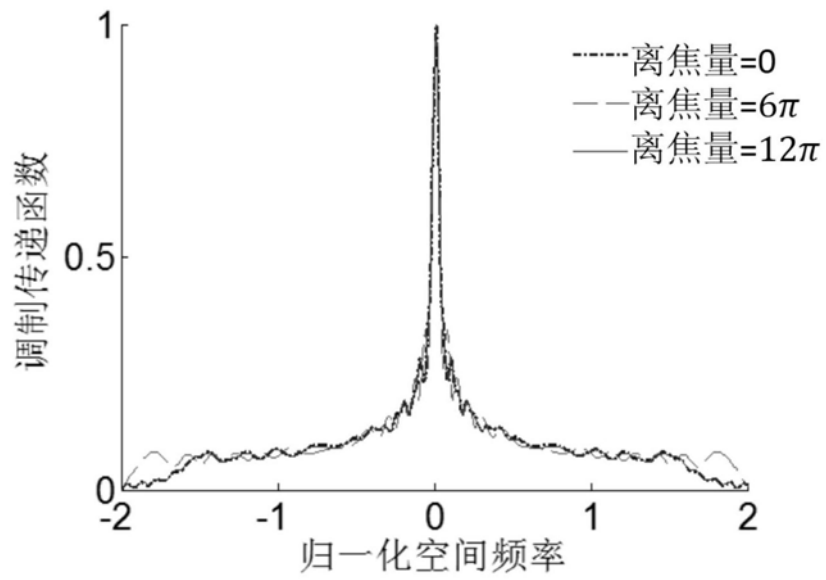


图4