



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113686552 B

(45) 授权公告日 2024. 09. 13

(21) 申请号 202110985500.5

(56) 对比文件

(22) 申请日 2021.08.26

CN 104034257 A, 2014.09.10

CN 109358334 A, 2019.02.19

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 113686552 A

审查员 刘园

(43) 申请公布日 2021.11.23

(73) 专利权人 复旦大学

地址 200433 上海市杨浦区邯郸路220号

专利权人 中山亚威光电科技有限公司

中山复旦联合创新中心

(72) 发明人 张祥朝 熊锐 陈雨诺

(74) 专利代理机构 深圳叁众知识产权代理事务

所(普通合伙) 44434

专利代理师 宋鹏飞

(51) Int. Cl.

G01M 11/02 (2006.01)

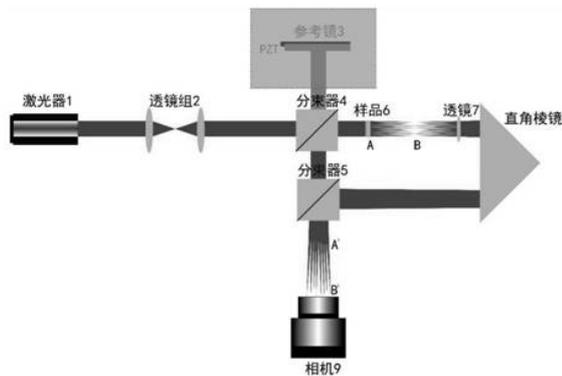
权利要求书1页 说明书3页 附图3页

(54) 发明名称

一种微透镜阵列光学功能的一体化测量方法和装置

(57) 摘要

本发明涉及光学工程领域,提供了一种微透镜阵列光学功能的一体化测量方法和装置。该测量装置包括激光器、光束准直系统、2个分束器、参考镜、直角棱镜、消球差透镜、压电位移系统、直线电机移动系统以及相机。本发明通过改变相机位置,实现微透镜阵列样品透射波前和聚焦功能的一体化测量。通过放大成像光路放大了光斑成像的尺寸,而已通过相机更清晰地观测聚焦光斑的形态和分布;而且通过过渡成像扩大了相机前的工作空间,避免由于微透镜焦距过小造成的相机难以调节的难题。除此之外,本发明可与数字全息显微系统集成成为表面形貌-光学功能一体化测量系统,具有精度高、适用性广、兼容性强等优势。



1. 一种微透镜阵列光学功能的一体化测量装置,其特征在于,包括激光器、2个分束器、参考镜、直角棱镜、消球差透镜、压电陶瓷驱动器、微透镜阵列样品以及相机,

激光器发射激光光源,在激光器(1)的后方设置透镜组(2),透镜组(2)用于将点光源发出的球面波准直为平面波,在透镜组(2)的后方设置用于将光束分解为两束垂直传播光束的分束器(4),在微透镜阵列样品(6)的后方设置透镜(7)和直角棱镜(8),其中透镜(7)用于发散测量光束,使得相机(9)探测到适当的光斑大小,便于观察微透镜阵列样品(6)的聚焦功能,直角棱镜(8)用于使测量光束单次经过测量系统,避免二次衍射引入的误差,在分束器(4)的下方依次设置分束器(5)、相机(9)。

2. 一种基于权利要求1的一体化测量方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1采用激光器和透镜组将点光源发出的光束准直为平面波;

S2通过第一个分束器将光束分解为两束垂直传播的平面波,其中一束光线透过微透镜阵列样品记为测量光束,另一束光线经参考镜反射记为参考光束;

S3测量光束再经消球差透镜、直角棱镜与第二个分束器与参考光束发生干涉,通过移动相机的工作位置,分别对微透镜阵列样品的透射波前和聚焦功能进行测量,当相机(9)位于透过微透镜阵列光束满幅面的共轭面A'处,用于测量微透镜阵列样品(6)的透射波前,当相机(9)位于微透镜阵列焦平面的共轭面B'处,当测量光束经分束器(5)被相机(9)探测,相机(9)用于观察微透镜阵列样品(6)的聚焦功能。

3. 根据权利要求2的一体化测量方法,其特征在于通过以下步骤可以分别完成对微透镜阵列对光束的聚焦功能以及透射波像差的测量:

将透过微透镜阵列的光束满幅面标记为A,A'为透过微透镜阵列的共轭面,将相机置于A'位置处测量样品的透射波前,利用压电陶瓷驱动器控制参考镜(3)的位置,改变参考光束与测量光束之间的光程差,从而测量微透镜阵列样品的透射波前,即相位信息;通过四步移相干涉可以测量得到A'处的波前相位分布,从而得到平面波经过微透镜阵列后的波像差。

4. 根据权利要求2的一体化测量方法,其特征在于通过以下步骤可以分别完成对微透镜阵列对光束的聚焦功能以及透射波像差的测量:

B为微透镜阵列的焦平面,B'为其共轭面,遮挡参考光束,相机置于与焦平面B共轭的B'位置处,探测聚焦光斑的质量,当测量光束经分束器(5)被相机(9)探测,通过相机(9)测量微透镜阵列样品(6)的聚焦功能,即测量结果只包含强度信息。

一种微透镜阵列光学功能的一体化测量方法和装置

技术领域

[0001] 本发明涉及光学工程领域,主要涉及一种微透镜阵列聚焦光斑质量与透射波前的一体化测量方法与装置。

背景技术

[0002] 随着尖端加工领域从传统的宏观尺度不断迈向微观尺度,一大批具备独特光学以及电学功能的微纳器件相继涌现。微透镜阵列作为基本的微纳器件之一,将其应用于高集成度和高功能的系统中,可以实现光学校准、调焦、扩散照明、光场成像等多种功能。而随着现代科学技术的发展,各类光学系统逐渐趋于微型化、集成化和功能化,因此对微透镜阵列的工作功能提出了更高的要求。

[0003] 在光学系统中,微透镜阵列中的每一个子透镜都拥有一个光轴,当所有的子透镜参数相同,即它们的光学功能相同时,所有子透镜将作为一个阵列整体又拥有一个主光轴。而当它们的光学功能不同时,每个子透镜可以相互独立的传输光学信号。因此,微透镜阵列将一个完整的激光波前在空间上分成许多微小的部分,每一部分都被相应的小透镜聚焦在焦平面上,一系列微透镜就可以得到由一系列焦点组成的平面。当激光波前在整个光学系统中保持理想的平面波前时,探测焦点的分布情况可以分析微透镜阵列的整体聚焦功能,以及每个子透镜的局部聚焦功能[XIAO Xiang-guo,WANG,Zhi-hou,et al.A range focusing measurement technology based on light field photography[J].Acta Photonica Sinica,2010,39(1):2539-2543]。

[0004] 微透镜阵列在成像方面的聚焦功能以及在波前调制方面的透射波像差都是代表其光学功能的重用指标[Moore S,Gomez J.Experiment study of polymer microlens fabrication using partial-filling hot embossing technique[J]. Microelectronic Eng,2016,162:57-62]。但是微透镜的焦距很短,且聚焦尺寸极小,直接成像不但难以清晰观测聚焦光斑形态,而且工作距离过短,导致相机难以放置调节;其次,目前对两种光学性能的测量一般是分离的,不但器件摆放调节困难,而且不便于大批量生产检测。因此需要发展一体化测量方法,以全面描述微透镜阵列元件的光学功能。

发明内容

[0005] 有鉴于此,本发明的目的在于提供一个用于测量微透镜阵列光学功能的一体化测量仪。

[0006] 为了实现上述目的,本发明的技术方案为:一个用于测量微透镜阵列光学功能的一体化测量仪,所述系统包括激光器、分束器、参考镜、直角棱镜、多个透镜以及相机,所述方法包括如下步骤:

[0007] (1) 采用激光器和透镜组将点光源发出的球面波变成平面波;

[0008] (2) 通过第一个分束器分解为两束垂直传播的平面波,其中一束光线透过微透镜阵列样品记为测量光束,另一束光线经参考镜反射记为参考光束;

- [0009] (3) 测量光束再经透镜、直角棱镜与参考光束在第二个分束器合束发生干涉；
- [0010] (4) 将相机置于A'位置处测量样品的透射波前；
- [0011] (5) 遮挡参考光束,将相机置于与焦面B共轭的B'位置处,探测聚焦光斑的质量。
- [0012] 本发明基于泰曼格林干涉结构,利用直角棱镜替换平面反射镜,使得测量光束无需两次经过被测样品,避免二次衍射引入的误差,提高了测量精度。通过移动相机的工作位置,分别对微透镜阵列样品的透射波前和聚焦功能进行测量,双工作模式提高了系统的使用效率。

附图说明

- [0013] 图1为本发明中探测微透镜阵列样品聚焦功能的结构示意图；
- [0014] 图2为本发明中测量微透镜阵列样品透射波前的结构示意图；
- [0015] 图3为本发明的实验流程图；
- [0016] 图4为本发明中相机探测到的聚焦光斑光强分布图。
- [0017] 图5为本发明中微透镜阵列的相位图像。
- [0018] 图6为本发明中微透镜阵列通过四步移相法经相机9探测到的干涉图案。

具体实施方式

[0019] 下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细描述。以下实例或者附图用于说明本发明,但不构成对本发明的限定。

[0020] 如图1、2所示,一个用于测量微透镜阵列光学功能的一体化测量仪。图中标号1-9分别表示为:激光器1、透镜组2、参考镜3、分束器4、分束器5、微透镜阵列样品6、消球差透镜7、直角棱镜8、相机9。另外,A为透过微透镜阵列的光束满幅面,A'为其共轭面,B为微透镜阵列的焦平面,B'为其共轭面。图3所示为本发明的具体实验流程图。

[0021] 实施例1:如图1所示,本实施例中包括激光器1,激光器发射激光光源,在激光器1的后方设置透镜组2,透镜组2用于将点光源发出的球面波准直为平面波。在透镜组2的后方设置用于将光束分解为两束垂直传播光束的分束器4,遮挡一束光线,另一束光线透过微透镜阵列样品6记为测量光束。在微透镜阵列样品6的后方设置透镜7和直角棱镜8,其中透镜7用于发散测量光束,使得相机9探测到适当的光斑大小,便于观察微透镜阵列样品6的聚焦功能,直角棱镜8用于使测量光束单次经过测量系统,避免二次衍射引入的误差。在分束器4的下方依次设置分束器5、相机9,其中相机9位于微透镜阵列焦平面的共轭面B'处,当测量光束经分束器5被相机9探测,相机9用于观察微透镜阵列样品6的聚焦功能。

[0022] 选择波长为532nm的激光器1,微透镜阵列样品6的微透镜类型为圆形,尺寸大小为 $14\mu\text{m}$,其曲率半径为 $15\mu\text{m}$,材料为PC塑料,焦距为 $36\mu\text{m}$,相机9的分辨率为 500×500 。图4为相机9探测到的聚焦光斑光强分布图,可以看出焦点的中心光强大,光斑的轮廓符合高斯分布,半峰宽较小,表明微透镜阵列对光线具有较好的汇聚能力。由于焦点的光强度比非焦点的光强度明显要大很多,而且每个焦点大小与亮度大体一致,说明微透镜阵列的聚焦一致性较好。

[0023] 实施例2:如图2所示,本实施例相较于实施例1的不同之处在于:实例1中遮挡了其中一束光线,通过相机9测量微透镜阵列样品6的聚焦功能,即测量结果只包含强度信息。

而本实例不进行遮挡,将经参考镜3反射的光束记为参考光束,参考光束与测量光束在分束器5处合束发生干涉。并利用压电陶瓷驱动器控制参考镜3的位置,改变参考光束与测量光束之间的光程差,从而测量微透镜阵列样品的透射波前,即相位信息。另外,实施例1中相机9位于微透镜阵列焦平面的共轭面B'处,用于观察微透镜阵列样品6的聚焦功能,而本实例中相机9位于A'处,用于测量微透镜阵列样品6的透射波前。

[0024] 同样选择波长为532nm的激光器1,微透镜阵列样品6的微透镜类型为圆形,尺寸大小为14 μm ,其曲率半径为15 μm ,材料为PC塑料,焦距为36 μm ,相机9的分辨率为500 \times 500。图5、图6分别为微透镜阵列的相位图像和通过四步移相法经相机9探测到的干涉图案。

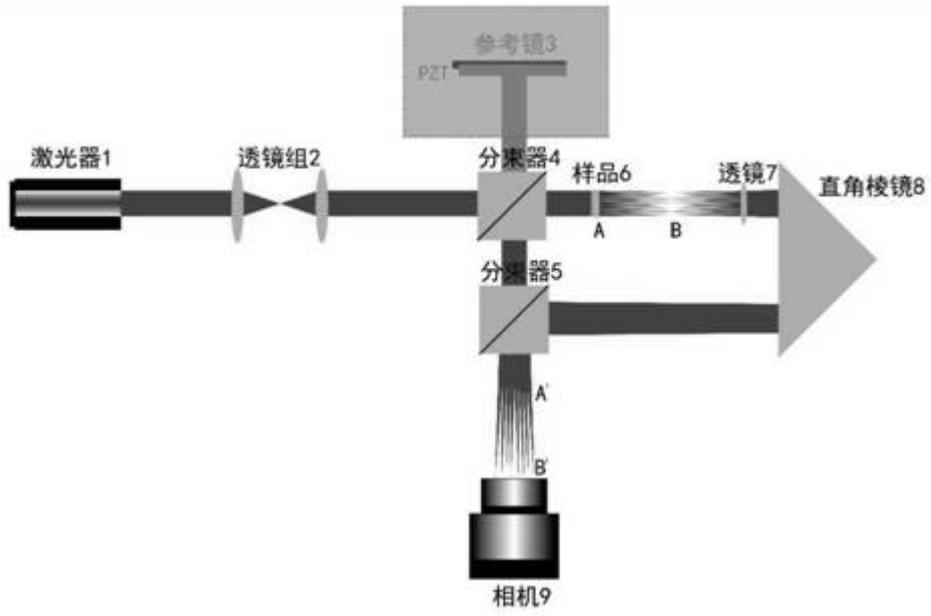


图1

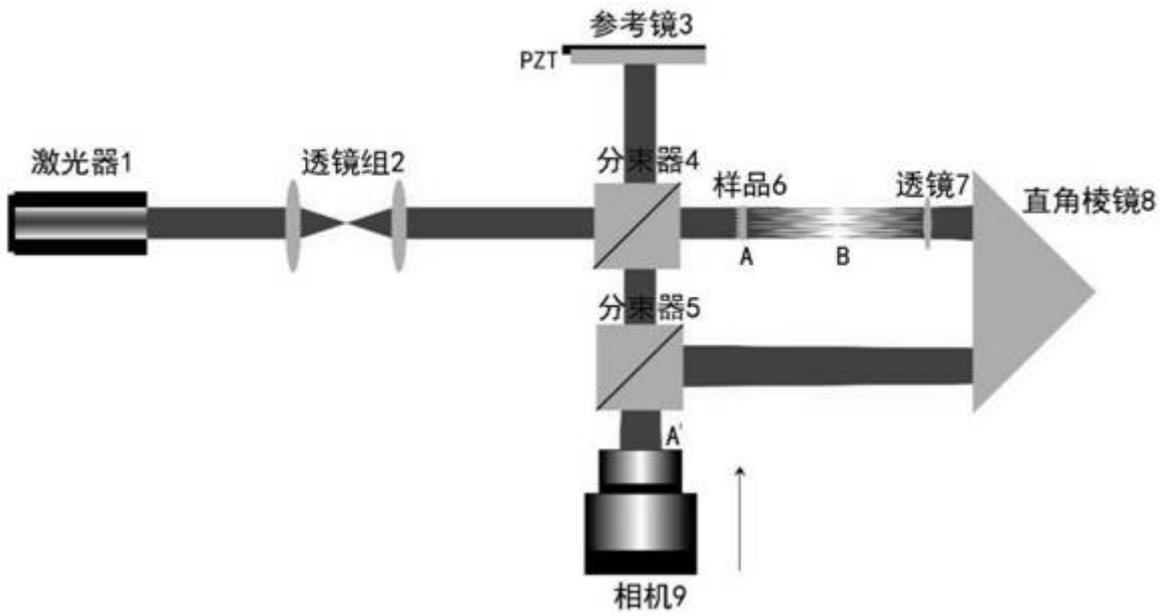


图2

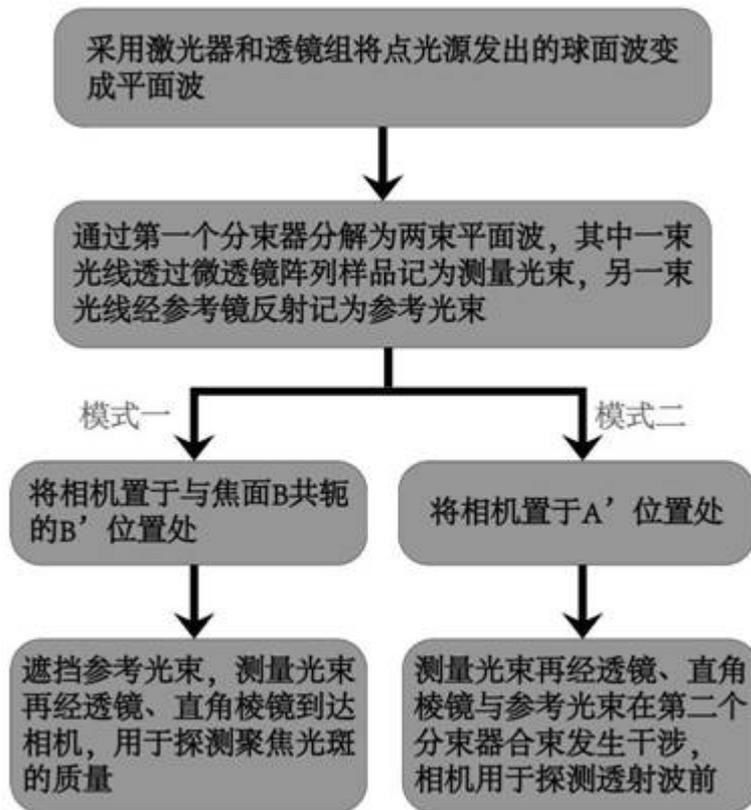


图3

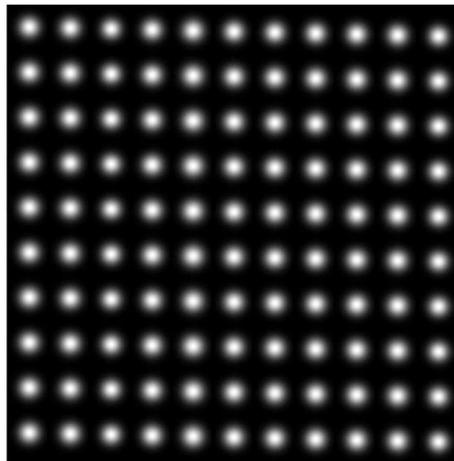


图4

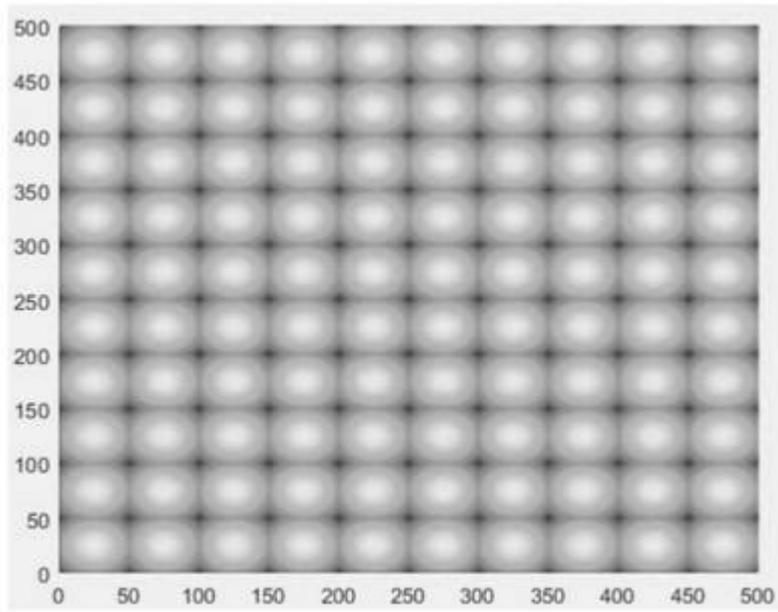


图5

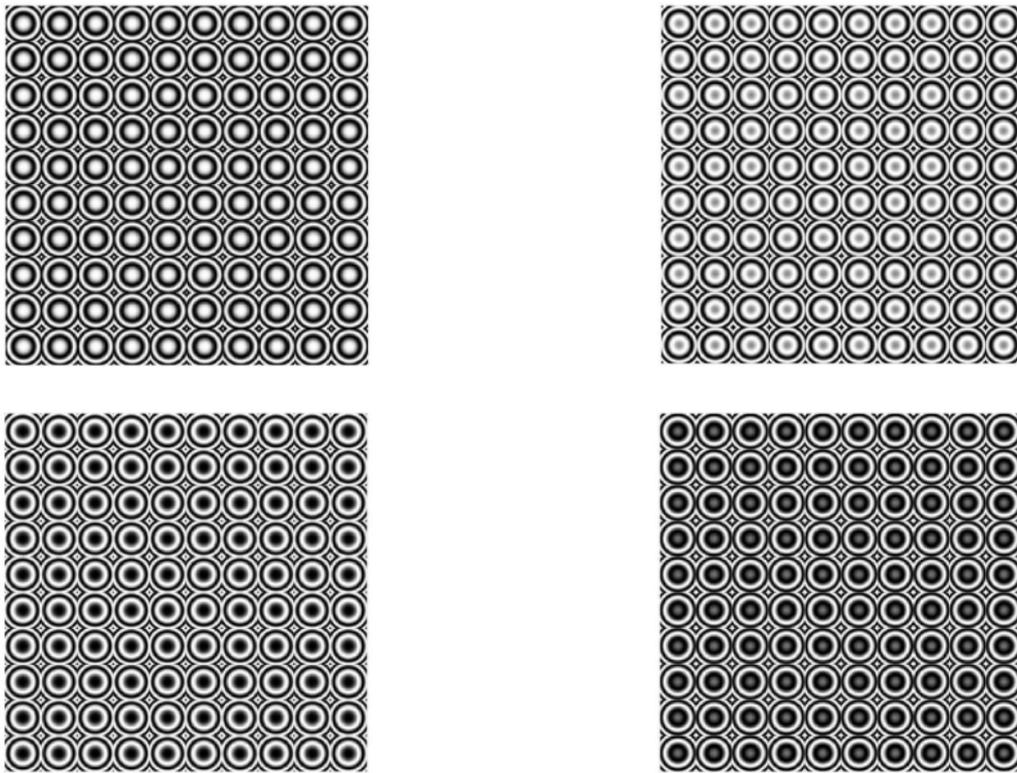


图6