



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113568076 B

(45) 授权公告日 2022. 11. 08

(21) 申请号 202110714272.8

G01M 11/02 (2006.01)

(22) 申请日 2021.06.25

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

WO 2018204856 A1, 2018.11.08

申请公布号 CN 113568076 A

CN 114063202 A, 2022.02.18

CN 112859478 A, 2021.05.28

(43) 申请公布日 2021.10.29

CN 114200669 A, 2022.03.18

(73) 专利权人 香港理工大学深圳研究院

US 2019113885 A1, 2019.04.18

地址 518057 广东省深圳市南山区粤海街

CN 108761585 A, 2018.11.06

道高新技术产业园南区粤兴一道18号

CN 113296167 A, 2021.08.24

香港理工大学产学研大楼205室

US 2019173191 A1, 2019.06.06

WO 2018009258 A2, 2018.01.11

(72) 发明人 曲嘉琪 余长源

审查员 孙丽萍

(74) 专利代理机构 深圳市君胜知识产权代理事

务所(普通合伙) 44268

专利代理师 刘芙蓉

(51) Int. Cl.

G02B 3/10 (2006.01)

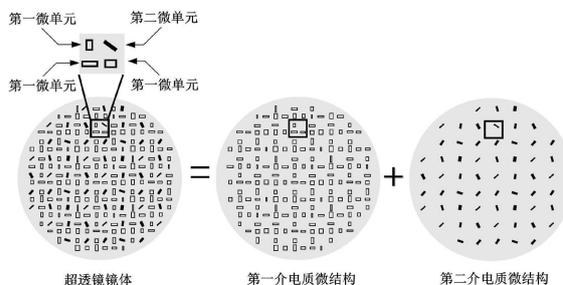
权利要求书2页 说明书8页 附图4页

(54) 发明名称

一种双功能超透镜和光的旋性探测方法

(57) 摘要

本发明公开了一种双功能超透镜和光的旋性探测方法,所述双功能超透镜包括:超透镜镜体和与所述超透镜镜体相连的端面;所述超透镜包含第一介电质微结构和第二介电质微结构,其中,所述第一介电质微结构用于对所述端面的出射光进行中心聚焦,所述第二介电质微结构用于对所述端面的出射光进行离轴聚焦。由于本发明中的双功能超透镜可以同时实现中心聚焦和离轴聚焦两种功能,因此可以解决现有技术中,利用介电质微结构来调节传播相位调节值的超透镜大多只具有中心聚焦的功能,功能较为单一的问题。



1. 一种双功能超透镜,其特征在於,所述双功能超透镜包括:端面和与所述端面相连的超透镜镜体;

所述超透镜镜体包含第一介电质微结构和第二介电质微结构,其中,所述第一介电质微结构用于对所述端面的出射光进行中心聚焦,所述第二介电质微结构用于对所述端面的出射光进行离轴聚焦;

所述第一介电质微结构包含若干第一微单元,所述第二介电质微结构包含若干第二微单元;

所述若干第一微单元中每一第一微单元具有对应的第一传播相位调节值;所述第一传播相位调节值满足公式(1):

$$\varphi_{\text{中心}}(x, y) = -\frac{2\pi}{\lambda}(\sqrt{x^2 + y^2 + f^2} - f) \quad (1)$$

其中, x, y 为每一所述第一微单元在所述超透镜镜体中的坐标数据, f 为所述超透镜镜体的焦距, λ 为所述超透镜镜体的工作波长;

所述若干第二微单元中每一第二微单元具有对应的第二传播相位调节值和几何相位调节值;

所述第二传播相位调节值和所述几何相位调节值的和满足公式(2),所述第二传播相位调节值满足公式(3),所述几何相位调节值满足公式(4):

$$\varphi_{F_{\text{左,右}}}(x, y) = -\frac{2\pi}{\lambda}(\sqrt{(x \pm x_0)^2 + y^2 + f^2} - f) \quad (2)$$

$$\varphi_{\text{传播}}(x, y) = \frac{1}{2}[\varphi_{F_{\text{左}}}(x, y) + \varphi_{F_{\text{右}}}(x, y)] \quad (3)$$

$$\varphi_{\text{几何}}(x, y) = \frac{1}{2}[\varphi_{F_{\text{右}}}(x, y) - \varphi_{F_{\text{左}}}(x, y)] \quad (4)$$

其中, x, y 为每一所述第二微单元在所述超透镜镜体中的坐标数据, x_0 为基于离轴聚焦产生的左离轴焦点或者右离轴焦点与中心焦点之间的距离, + 对应左离轴焦点, - 对应右离轴焦点。

2. 根据权利要求1所述的双功能超透镜,其特征在於,所述端面由光子晶体光纤构成。

3. 根据权利要求2所述的双功能超透镜,其特征在於,所述光子晶体光纤的芯模具有在 800nm-1550nm 波段保持单模的特性,且所述光子晶体光纤的纤芯直径大于纯单模光纤芯。

4. 根据权利要求1所述的双功能超透镜,其特征在於,所述第一介电质微结构包含若干第一微单元,所述第二介电质微结构包含若干第二微单元,所述若干第一微单元和所述若干第二微单元排布成规律重复的若干组,其中,所述若干组中每组均包含相同数量比例的所述第一微单元和所述第二微单元。

5. 根据权利要求1所述的双功能超透镜,其特征在於,每一所述第二微单元具有对应的旋转角度,以达到每一所述第二微单元对应的所述几何相位调节值,其中,所述旋转角度为所述几何相位调节值的二分之一。

6. 一种光的旋性探测方法,其特征在於,所述方法应用于权利要求1所述的双功能超透镜,所述方法包括:

将待探测光射入所述双功能超透镜,得到所述双功能超透镜基于所述待探测光产生的两个离轴焦点;

获取所述两个离轴焦点的相对光强数据;

根据所述相对光强数据,确定所述双功能超透镜基于所述待探测光产生的出射光的旋性数据。

一种双功能超透镜和光的旋性探测方法

技术领域

[0001] 本发明涉及光学领域,尤其涉及的是一种双功能超透镜和光的旋性探测方法。

背景技术

[0002] 目前市面上存在的超透镜大体分为两种:一种是基于金属微结构调节几何相位调节值的超透镜;另一种是利用介电质微结构来调节传播相位调节值的超透镜。然而前者只能利用转换光的旋性来提供相位调节值变化,例如由左旋光转换为右旋光或者由右旋光转化为左旋光,因此应用范围受到了限制。并且金属微结构的损耗很大,很难实现对光的高效率调控。后者因为利用传播相位调节值调控,可以保持光的旋性,并且介电质的损耗也相对较小。因此利用介电质微结构来调节传播相位调节值的超透镜应用更加广泛,然而现有的利用介电质微结构来调节传播相位调节值的超透镜大多只具有中心聚焦的功能,功能较为单一。

[0003] 因此,现有技术还有待改进和发展。

发明内容

[0004] 本发明要解决的技术问题在于,针对现有技术的上述缺陷,提供一种双功能超透镜和光的旋性探测方法,旨在解决现有技术中利用介电质微结构来调节传播相位调节值的超透镜大多只具有中心聚焦的功能,功能较为单一的问题。

[0005] 本发明解决问题所采用的技术方案如下:

[0006] 第一方面,本发明实施例提供种双功能超透镜,其中,所述双功能超透镜包括:端面 and 与所述端面相连的超透镜镜体;

[0007] 所述超透镜镜体包含第一介电质微结构和第二介电质微结构,其中,所述第一介电质微结构用于对所述端面的出射光进行中心聚焦,所述第二介电质微结构用于对所述端面的出射光进行离轴聚焦。

[0008] 在一种实施方式中,所述端面由光子晶体光纤构成。

[0009] 在一种实施方式中,所述光子晶体光纤的芯模具有在800nm-1550nm波段保持单模的特性,且所述光子晶体光纤的纤芯直径大于纯单模光纤芯。

[0010] 在一种实施方式中,所述第一介电质微结构包含若干第一微单元,所述第二介电质微结构包含若干第二微单元,所述若干第一微单元和所述若干第二微单元排布成规律重复的若干组,其中,所述若干组中每组均包含相同数量比例的所述第一微单元和所述第二微单元。

[0011] 在一种实施方式中,所述若干第一微单元中每一第一微单元具有对应的第一传播相位调节值,以实现所述端面的出射光进行中心聚焦。

[0012] 在一种实施方式中,所述第一传播相位调节值满足公式(1):

$$[0013] \quad \Phi_{\text{中心}}(x, y) = -\frac{2\pi}{\lambda}(\sqrt{x^2 + y^2 + f^2} - f) \quad (1)$$

[0014] 其中, x, y 为每一所述第一微单元在所述超透镜镜体中的坐标数据, f 为所述超透镜镜体的焦距, λ 为所述超透镜镜体的工作波长。

[0015] 在一种实施方式中, 所述若干第二微单元中每一第二微单元具有对应的第二传播相位调节值和几何相位调节值, 以实现与所述端面的出射光进行离轴聚焦。

[0016] 在一种实施方式中, 所述第二传播相位调节值和所述几何相位调节值的和满足公式 (2), 所述第二传播相位调节值满足公式 (3), 所述几何相位调节值满足公式 (4):

$$[0017] \quad \varphi_{F_{左,右}}(x, y) = -\frac{2\pi}{\lambda} (\sqrt{(x \pm x_0)^2 + y^2 + f^2} - f) \quad (2)$$

$$[0018] \quad \phi_{传播}(x, y) = \frac{1}{2} [\varphi_{F_{左}}(x, y) + \varphi_{F_{右}}(x, y)] \quad (3)$$

$$[0019] \quad \phi_{几何}(x, y) = \frac{1}{2} [\varphi_{F_{右}}(x, y) - \varphi_{F_{左}}(x, y)] \quad (4)$$

[0020] 其中, x, y 为每一所述第二微单元在所述超透镜镜体中的坐标数据, 其中, x_0 为基于离轴聚焦产生的左离轴焦点或者右离轴焦点与中心焦点之间的距离, + 对应左离轴焦点, - 对应右离轴焦点。

[0021] 在一种实施方式中, 每一所述第二微单元具有对应的旋转角度, 以达到每一所述第二微单元对应的所述几何相位调节值, 其中, 所述旋转角度为所述几何相位调节值的二分之一。

[0022] 第二方面, 本发明实施例还提供一种光的旋性探测方法, 其中, 所述方法应用于权利要求 1 所述的双功能超透镜, 所述方法包括:

[0023] 将待探测光射入所述双功能超透镜, 得到所述双功能超透镜基于所述待探测光产生的两个离轴焦点;

[0024] 获取所述两个离轴焦点的相对光强数据;

[0025] 根据所述相对光强数据, 确定所述双功能超透镜基于所述待探测光产生的出射光的旋性数据。

[0026] 本发明的有益效果: 本发明中的双功能超透镜包括: 超透镜镜体和与所述超透镜镜体相连的端面; 所述超透镜包含第一介电质微结构和第二介电质微结构, 其中, 所述第一介电质微结构用于对所述端面的出射光进行中心聚焦, 所述第二介电质微结构用于对所述端面的出射光进行离轴聚焦。由于本发明中的双功能超透镜可以同时实现中心聚焦和离轴聚焦两种功能, 因此可以解决现有技术中, 利用介电质微结构来调节传播相位调节值的超透镜大多只具有中心聚焦的功能, 功能较为单一的问题。

附图说明

[0027] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案, 下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍, 显而易见地, 下面描述中的附图仅仅是本发明中记载的一些实施例, 对于本领域普通技术人员来讲, 在不付出创造性劳动的前提下, 还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0028] 图 1 是本发明实施例提供的超透镜镜体的结构示意图。

- [0029] 图2是本发明实施例提供的超透镜的结构示意图。
- [0030] 图3是本发明实施例提供的微矩形棒的参数示意图。
- [0031] 图4是本发明实施例提供的微矩形棒的传播相位变化与透射率之间的关系示意图。
- [0032] 图5是本发明实施例提供的一组备选微矩形棒的示意图。
- [0033] 图6是本发明实施例提供的超透镜同时实现中心聚焦和离轴聚焦的示意图。
- [0034] 图7是本发明实施例提供的入射光通过超透镜的光路示意图。
- [0035] 图8是本发明实施例提供的光的旋性探测方法的流程示意图。

具体实施方式

[0036] 为使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚、明确,以下参照附图并举实施例对本发明进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0037] 需要说明,若本发明实施例中有涉及方向性指示(诸如上、下、左、右、前、后……),则该方向性指示仅用于解释在某一特定姿态(如附图所示)下各部件之间的相对位置关系、运动情况等,如果该特定姿态发生改变时,则该方向性指示也相应地随之改变。

[0038] 目前市面上存在的超透镜大体分为两种:一种是基于金属微结构调节几何相位调节值的超透镜;另一种是利用介电质微结构来调节传播相位调节值的超透镜。然而前者只能利用转换光的旋性来提供相位调节值变化,例如由左旋光转换为右旋光或者由右旋光转化为左旋光,因此应用范围受到了限制。并且金属微结构的损耗很大,很难实现对光的高效率调控。后者因为利用传播相位调节值调控,可以保持光的旋性,并且介电质的损耗也相对较小。因此利用介电质微结构来调节传播相位调节值的超透镜应用更加广泛,然而现有的利用介电质微结构来调节传播相位调节值的超透镜大多只具有中心聚焦的功能,功能较为单一。

[0039] 针对现有技术的上述缺陷,本发明提供了一种双功能超透镜,所述双功能超透镜包括:超透镜镜体和与所述超透镜镜体相连的端面;所述超透镜包含第一介电质微结构和第二介电质微结构,其中,所述第一介电质微结构用于对所述端面的出射光进行中心聚焦,所述第二介电质微结构用于对所述端面的出射光进行离轴聚焦。由于本发明中的双功能超透镜可以同时实现中心聚焦和离轴聚焦两种功能(如图6所示),因此可以解决现有技术中,利用介电质微结构来调节传播相位调节值的超透镜大多只具有中心聚焦的功能,功能较为单一的问题。

[0040] 如图2所示,本实施例提供一种双功能超透镜,所述双功能超透镜包括:超透镜镜体和与所述超透镜镜体相连的端面。

[0041] 具体地,本实施例中的双功能超透镜的基础元件和现有的超透镜类似,均具有一个端面和与该端面相连的超透镜镜体。入射光从端面射入再从端面射出,然后进入超透镜镜体中,由超透镜镜体对该端面的出射光的振幅、相位调节值、偏振等进行灵活调控。需要说明的是,本实施例中的超透镜镜体由超表面材料制成,因此不仅能控制透射、反射、散射光的波前,还具有尺寸小,成本低和设计灵活性高的优势。

[0042] 如图1所示,所述超透镜包含第一介电质微结构和第二介电质微结构,其中,所述

第一介电质微结构用于对所述端面的出射光进行中心聚焦,所述第二介电质微结构用于对所述端面的出射光进行离轴聚焦。

[0043] 为了实现双功能超透镜同时进行中心聚焦和离轴聚焦的功能,本实施例在所述超透镜镜体上设置有两种不同的介电质微结构,即第一介电质微结构和第二介电质微结构。当端面的出射光进入该超透镜镜体中时,该第一介电质微结构可以对端面的出射光进行中心聚焦,而该第二介电质微结构可以对端面的出射光进行离轴聚焦,从而得到三个焦点,即中心焦点、左离轴焦点和右离轴焦点(如图6所示)。

[0044] 在一种实现方式中,如图2所示,所述端面由光子晶体光纤构成。

[0045] 具体地,光纤是一种成熟的高效平台,可以用于引导光并允许高带宽光传输以实现低衰减的长距离通信。而光子晶体光纤是一类基于光子晶体特性生成的光纤,最常见的是在大部分横截面上周期性排列,通常作为“包层”围绕着光被限制的纤芯。由于光子晶体光线可以提供大直径的芯径,所以其可以作为一种很好的集成超透镜的平台。因此,本实施例采用光子晶体光纤制作双功能超透镜的端面,用来接收和传输输入射光,即入射光从光子晶体光纤制成的端面的一端入射,再从另一端出射并进入超透镜镜体中进行调制。

[0046] 在一种实现方式中,所述光子晶体光纤的芯模具有在800nm-1550nm波段保持单模的特性,且所述光子晶体光纤的纤芯直径大于纯单模光纤芯。

[0047] 具体地,为了使双功能超透镜的工作环境更加稳定单一,本实施例制作端面的光子晶体光纤采用的是无限单模的光子晶体光纤。截止单模大模场光子晶体光纤指的是该光子晶体光纤的工作波长在800nm-1550nm波段保持单模的特性,即只能传播一种模式(基模)的光,例如在工作波长为1310nm时,单模是纤芯中位移支持的模式。而在800nm-1550nm波段之下,则可以传播多种模式(包括高阶模)的光。此外,制作端面的光子晶体光纤还需要是大模场光纤(LAM),即纤芯直径还需要大于纯单模光纤芯。简言之,这种特殊设计的光子晶体光纤由于其具有较大纤芯直径,因此可以成为较佳的用于集成超透镜的平面,并且由于其具有单模的特性,因此使得超透镜的工作环境变得稳定单一。

[0048] 在一种实现方式中,如图2所示,所述光子晶体光纤中的横截面上有规则排列的若干空气孔,所述光子晶体光纤的芯径可以设置为26 μm ,相邻空气孔之间的距离可以设置为17 μm ,单个空气孔的直径可以设置为8 μm 。

[0049] 在一种实现方式中,所述第一介电质微结构包含若干第一微单元,所述第二介电质微结构包含若干第二微单元,所述若干第一微单元和所述若干第二微单元排布成规律重复的若干组,其中,所述若干组中每组均包含相同数量比例的所述第一微单元和所述第二微单元。

[0050] 具体地,本实施例中将超透镜镜体上的介电质微结构分为两类,一类是第一介电质微结构,另一类是第二介电质微结构,而每一类介电质微结构分别包含若干小的微单元,即第一微单元和第二微单元。在超透镜镜体上,第一微单元和第二微单元为规律性的交错排列,从而形成规律重复的若干组,且每组中均包含相同数量的第一微单元和第二微单元,即每组中第一微单元的数量与第二微单元的数量比值相同。

[0051] 在一种实现方式中,所述数量比例为三比一,即每组中第一微单元的数量均为第二微单元的数量三倍。

[0052] 在一种实现方式中,所述若干组中每一组中的第一微单元和第二微单元的排列方

式相同。

[0053] 举例说明,如图1所示,假设所述若干组中每一组均包含有四个微单元,其中,三个为第一微单元,一个为第二微单元,则四个微单元可以排列成矩形,且第二微单元均设置于右上角的位置。

[0054] 在一种实现方式中,所述若干第一微单元中每一第一微单元具有对应的第一传播相位调节值,以实现对所出射光的中心聚焦。

[0055] 为了实现双功能超透镜对端面的出射光进行中心聚焦的功能,本实施例需要分别设置每个第一微单元的第一传播相位调节值,该第一传播相位调节值可以反映端面的出射光经过每个第一微单元后引起的传播相位的变化情况。具体地,如图6所示,本实施例中的双功能超透镜镜体会对任意偏振态的光的传播相位进行调节,从而形成不改变偏振态的中心聚焦。

[0056] 在一种实现方式中,由于每个第一微单元在超透镜镜体上的位置不同,因此需要针对每个第一微单元的坐标数据分别计算它们的第一传播相位调节值。具体的计算方式如下述公式(1)所示:

$$[0057] \quad \varphi_{\text{中心}}(x, y) = -\frac{2\pi}{\lambda}(\sqrt{x^2 + y^2 + f^2} - f) \quad (1)$$

[0058] 其中, x, y 为每一所述第一微单元在所述超透镜镜体中的坐标数据, f 为所述超透镜镜体的焦距, λ 为所述超透镜镜体的工作波长。

[0059] 在实际制作双功能超透镜的过程中,本实施例可以预先设置一组备选微矩形棒,该组备选微矩形棒中包含有若干微矩形棒,所述若干微矩形棒分别对应的传播相位调节值不同,且所述若干微矩形棒的传播相位调节值的分布需要覆盖整个 2π 区间。由于该组备选微矩形棒的传播相位调节值的分布可以覆盖整个 2π 区间,且任意偏振态的光都可以被分解为 x 和 y 方向的偏振,因此该组备选微矩形棒满足在 x 偏振方向实现覆盖 2π 区间的相位调控,在 y 偏振方向也同时能实现 2π 的调控。

[0060] 在一种实现方式中,由于不同长度的微矩形棒所引起的传播相位变化是不同的,因此本实施例在设计该组备选微矩形棒时,需要确定该组备选微矩形棒中每一微矩形棒对应的参数集合,该参数集合包括微矩形棒的长度、宽度以及高度。为了设计的方便性,本实施例可以将每一微矩形棒的高度设置为统一值,而长度和宽度则需要根据微矩形棒的传播相位变化与其长度、宽度变化之间的关系确定(如图3和图4所示)。

[0061] 在一种实现方式中,所述若干微矩形棒对应的传播相位调节值按照预设的相位差依次递增。

[0062] 举例说明,假设一组备选微矩形棒中一共有8个微矩形棒,分别为 $1/4\pi, 1/2\pi, 3/4\pi, 1\pi, 5/4\pi, 3/2\pi, 7/4\pi, 2\pi$,这8个微矩形棒的传播相位调节值的分布可以覆盖 $0-2\pi$,且以 $1/4\pi$ 的相位差依次递增。如图5所示,图中包含有8个黑色矩形块分别对应于8个微矩形棒的横截面,由于这8个微矩形棒的传播相位调节值的分布可以覆盖 $0-2\pi$,因此可以满足在 x 偏振方向实现覆盖 2π 区间的相位调控,在 y 偏振方向也同时能实现 2π 的调控。

[0063] 根据公式(1),本实施例可以计算出各第一微单元的第一传播相位调节值,然后在该组备选微矩形棒中确定各第一微单元分别对应的第一目标微矩形棒。其中,针对任意一个第一微单元,该第一微单元对应的第一目标微矩形棒为该组备选微矩形棒中,传播相位

调节值与其对应的第一传播相位调节值最接近的微单元。然后将各第一微单元对应的第一目标微矩形棒抽取出来,并放置于各第一微单元对应的位置上,以得到双功能超透镜。简言之,每个第一微单元的实体均需要从该组备选微矩形棒中获得,虽然有可能出现某个第一微单元的第一传播相位调节值与其对应的第一目标微矩形棒的传播相位调节值不同,但是由于该第一传播相位调节值与该传播相位调节值十分接近,因此细微的差异并不会影响双功能透镜的功能的实现。

[0064] 在一种实现方式中,所述若干第二微单元中每一第二微单元具有对应的第二传播相位调节值和几何相位调节值,以实现对所出射光的出射光进行离轴聚焦。

[0065] 具体地,为了实现对端面的出射光进行离轴聚焦,本实施例中的超透镜镜体需要对端面的出射光的传播相位和几何相位进行调节。由于超透镜镜体中的第二微单元是用于实现离轴聚焦的,因此每个第二微单元需要具有对应的第二传播相位调节值和几何相位调节值,其中,第二传播相位调节值可以反映端面的出射光经过每个第二微单元后的传播相位的变化情况,几何相位调节值可以反映端面的出射光经过每个第二微单元后的几何相位的变化情况。本实施例通过每个第二微单元来实现对光的传播相位和几何相位的调制,从而得到离轴焦点。其中,如图所示,离轴焦点为对称的两个,一个位于超透镜镜体的中心轴的左边,即左离轴焦点;另一个位于超透镜镜体的中心轴的右边,即右离轴焦点。简单来说,几何相位的调制指的是左旋光经过超透镜镜体(沿Z轴有 θ 转动)后被转化为右旋光,或者右旋光经过超透镜镜体后被转化为左旋光,并且获得一个 $\pm 2\theta$ 的几何相位的现象。任意的入射光均可以看作是左旋光和右旋光的叠加,而左离轴焦点和右离轴焦点分别对应入射光的左旋光部分和右旋光部分。

[0066] 在一种实现方式中,由于每个第二微单元在超透镜镜体上的位置不同,因此需要针对每个第二微单元的坐标数据分别计算它们的第二传播相位调节值和几何相位调节值。具体的计算方式如下述公式(2)、(3)、(4)所示,其中,每个第二微单元的第二传播相位调节值和几何相位调节值的和通过公式(2)确定,每个第二微单元的第二传播相位调节值通过公式(3)确定,每个第二微单元的几何相位调节值通过公式(4)确定:

$$[0067] \quad \varphi_{F_{\text{左,右}}}(x, y) = -\frac{2\pi}{\lambda}(\sqrt{(x \pm x_0)^2 + y^2 + f^2} - f) \quad (2)$$

$$[0068] \quad \phi_{\text{传播}}(x, y) = \frac{1}{2}[\varphi_{F_{\text{左}}}(x, y) + \varphi_{F_{\text{右}}}(x, y)] \quad (3)$$

$$[0069] \quad \phi_{\text{几何}}(x, y) = \frac{1}{2}[\varphi_{F_{\text{右}}}(x, y) - \varphi_{F_{\text{左}}}(x, y)] \quad (4)$$

[0070] 其中, x, y 为每一所述第二微单元在所述超透镜镜体中的坐标数据,其中, x_0 为基于离轴聚焦产生的左离轴焦点或者右离轴焦点与中心焦点之间的距离,+对应左离轴焦点,-对应右离轴焦点。简言之,本实施例中的第二微单元是有旋转角度的用来转化光的旋性并引起附加几何相位变化来实现对光的调控的。圆偏振光通过旋转角为 θ 的单位元获得一个附加相位 $\pm 2\theta$,即几何相位,其中+、-符号表示圆偏振入射的旋向性(+为左旋,-为右旋)。

[0071] 在实际制作双功能超透镜的过程中,本实施例可以使用前述的一组备选微矩形棒

确定每个第二微单元所对应的实体。具体地,根据公式(2)和公式(3)可以计算出超透镜镜体上不同位置的第二微单元各自对应的第二传播相位调节值,然后在该组备选微矩形棒中确定各第二微单元分别对应的第二目标微矩形棒。其中,针对任意一个第二微单元,该微单元对应的第二目标微矩形棒为该组备选微矩形棒中,传播相位调节值与其对应的第二传播相位调节值最接近的微单元。然后将各第二微单元对应的第二目标微矩形棒抽取出来,并放置于各第二微单元对应的位置上,以得到双功能超透镜。同理,虽然有可能出现某个第二微单元的第二传播相位调节值与其对应的第二目标微矩形棒的传播相位调节值不同,但是由于该第二传播相位调节值与该传播相位调节值十分接近,因此细微的差异并不会影响双功能透镜的功能的实现。

[0072] 在一种实现方式中,每一所述第二微单元具有对应的旋转角度,以达到每一所述第二微单元对应的所述几何相位调节值,其中,所述旋转角度为所述几何相位调节值的二分之一。

[0073] 具体地,由于第二微单元是用于实现双功能超透镜的离轴聚焦功能,因此第二微单元不仅需要改变光的传播相位,还需要改变光的几何相位。为了实现第二微单元的几何相位的调制功能,本实施例中的第二微单元相较于第一微单元而言具有一定的旋转角度,通过第二微单元的旋转角度可以改变光的旋性,从而引起光的几何相位的改变。由于每个第二微单元在超透镜镜体上的位置不同,因此每个第二微单元的旋转角度也是不同的。针对任意一个第二微单元而言,该第二微单元的旋转角度为其对应的几何相位调节值的一半。举例说明,第二微单元a的几何相位调节值为 $1/4\pi$,则第二微单元a的旋转角度为 $1/8\pi$ 。

[0074] 在一种实现方式中,为了提高双功能超透镜的工作效率,所述若干第一微单元和所述若干第二微单元均需要有尽可能高的透射率和转换效率,其中透射率可以影响中心聚焦的效率,而转换效率可以影响离轴聚焦的效率。在一种实现方式中,所述若干第一微单元和所述若干第二微单元的透射率需要达到90%以上,转换效率也需要达到90%以上。

[0075] 基于上述实施例,本发明还提供了一种光的旋性探测方法,所述方法应用于权利要求1所述的双功能超透镜,如图8所示,所述方法包括:

[0076] 步骤S100、将待探测光射入所述双功能超透镜,得到所述双功能超透镜基于所述待探测光产生的两个离轴焦点;

[0077] 步骤S200、获取所述两个离轴焦点的相对光强数据;

[0078] 步骤S300、根据所述相对光强数据,确定所述双功能超透镜基于所述待探测光产生的出射光的旋性数据。

[0079] 具体地,待探测光首先从双功能超透镜的端面进入,然后端面的出射光再进入超透镜镜体中,通过超透镜镜体对端面的出射光进行传播相位的调制和几何相位的调制,从而使得端面的出射光中的左旋光转化成右旋光,右旋光转化为左旋光,进而得到超透镜镜体的出射光,以及基于超透镜镜体的出射光产生的两个离轴焦点,即左离轴焦点和右离轴焦点。其中,左离轴焦点对应于端面的出射光中的左旋光,右离轴焦点对应于端面的出射光中的右旋光。由于左离轴焦点和右离轴焦点这两个离轴焦点的相对光强数据可以间接反映出超透镜镜体的出射光的旋性,因此基于这两个离轴焦点的相对光强数据就可以推算出超透镜镜体的出射光的旋性(如图7所示)。其中,相对光强数据可以通过下述方式获得:首先获取左离轴焦点对应的第一光强值和右离轴焦点对应的第二光强值,然后将所述第一光强

值和所述第二光强强制的比值作为所述相对光强数据。举例说明,左右两个离轴焦点的光强分别为 R_1, R_2 ,则相对光强数据=入射光中左右旋光的比例= $R_1:R_2$,光的旋性的定义: $(\sqrt{R_1} - \sqrt{R_2}) / (\sqrt{R_1} + \sqrt{R_2})$ 。

[0080] 综上所述,本发明公开了一种双功能超透镜和光的旋性探测方法,所述双功能超透镜包括:超透镜镜体和与所述超透镜镜体相连的端面;所述超透镜包含第一介电质微结构和第二介电质微结构,其中,所述第一介电质微结构用于对所述端面的出射光进行中心聚焦,所述第二介电质微结构用于对所述端面的出射光进行离轴聚焦。由于本发明中的双功能超透镜可以同时实现中心聚焦和离轴聚焦两种功能,因此可以解决现有技术中,利用介电质微结构来调节传播相位调节值的超透镜大多只具有中心聚焦的功能,功能较为单一的问题。

[0081] 应当理解的是,本发明的应用不限于上述的举例,对本领域普通技术人员来说,可以根据上述说明加以改进或变换,所有这些改进和变换都应属于本发明所附权利要求的保护范围。

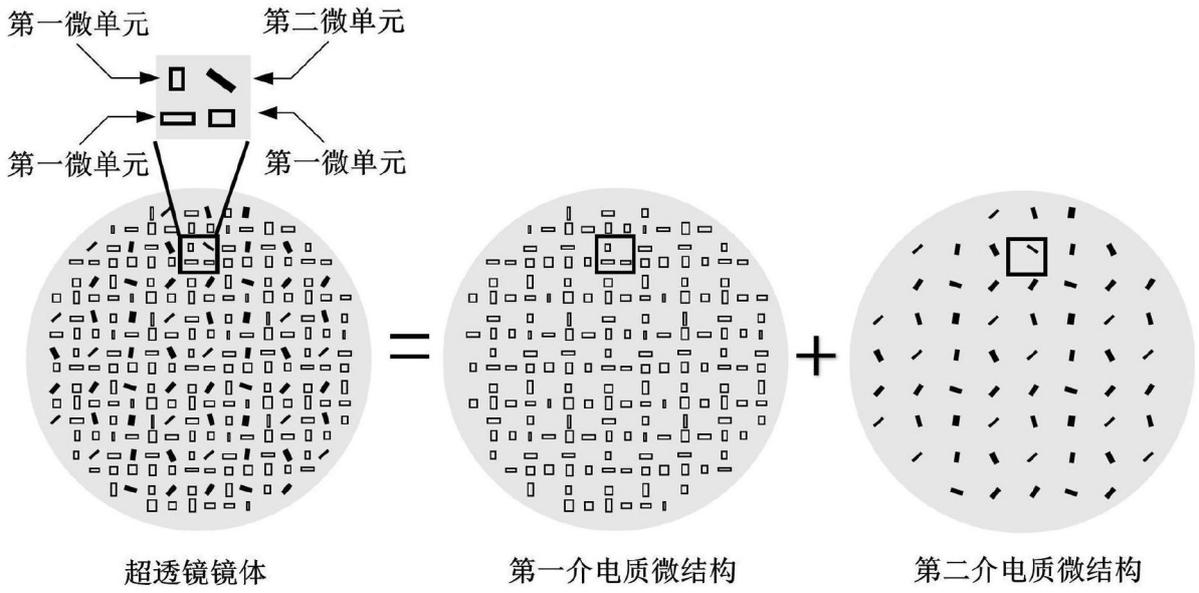


图1

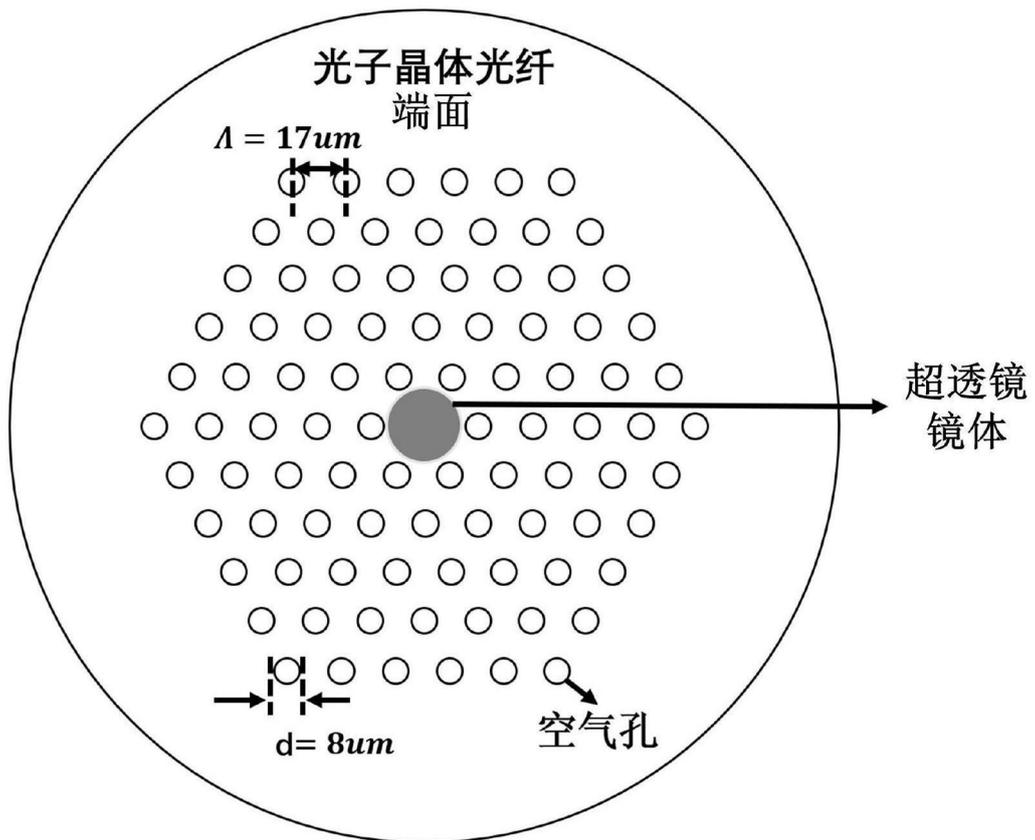


图2

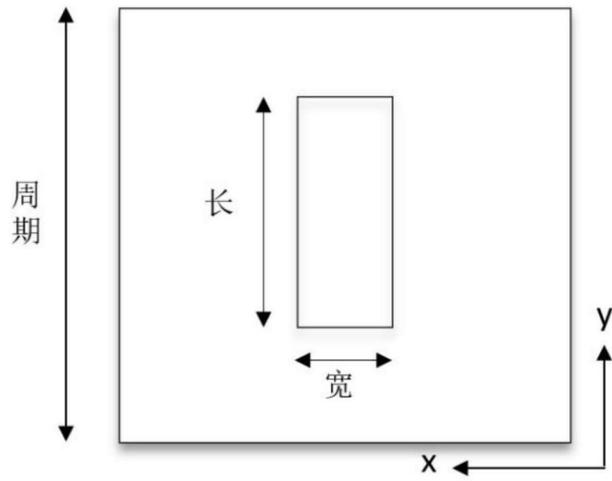


图3

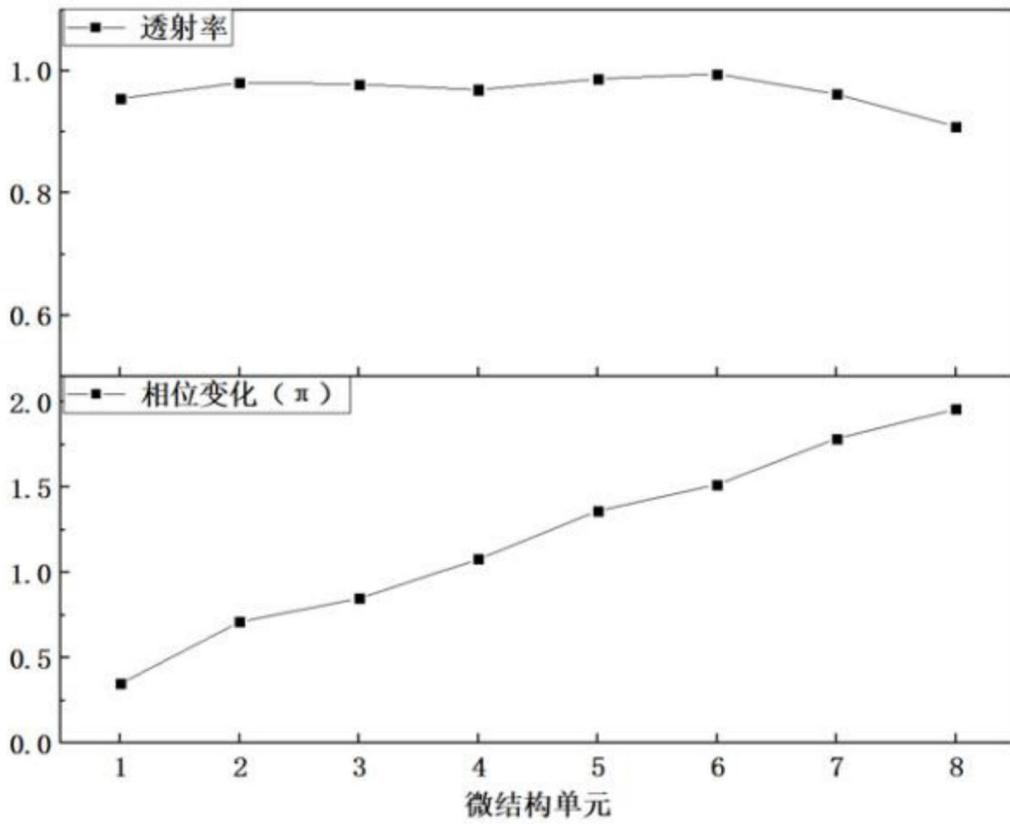


图4

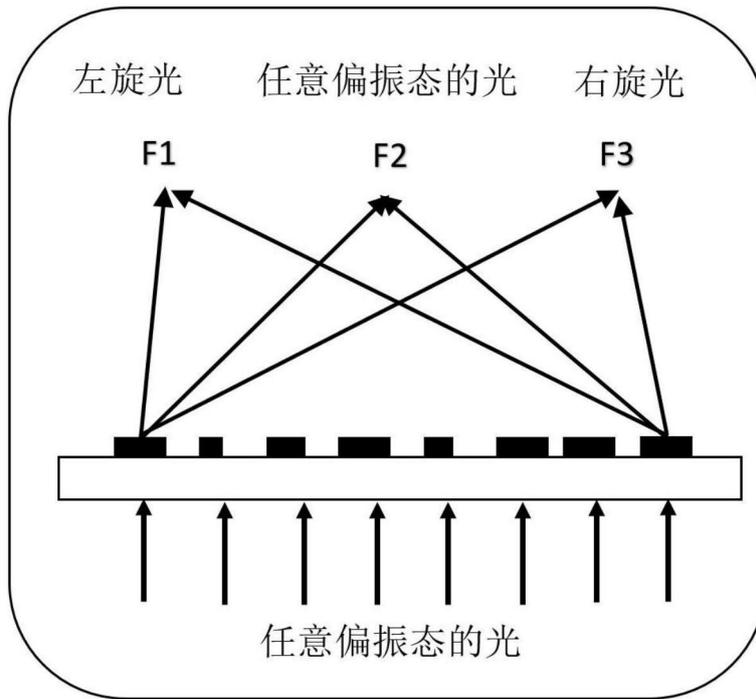


图5

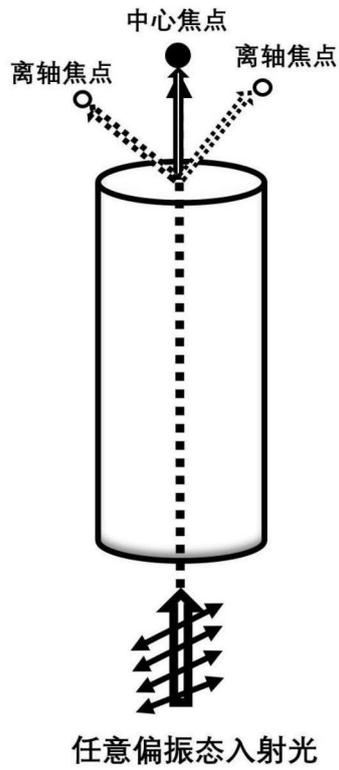


图6

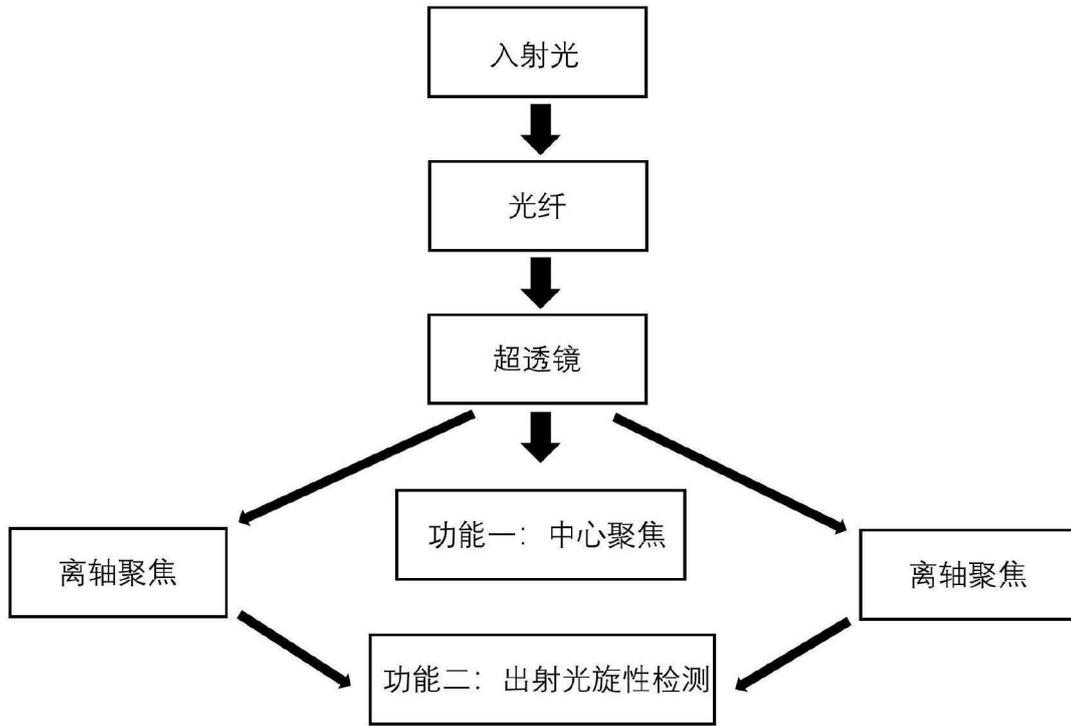


图7

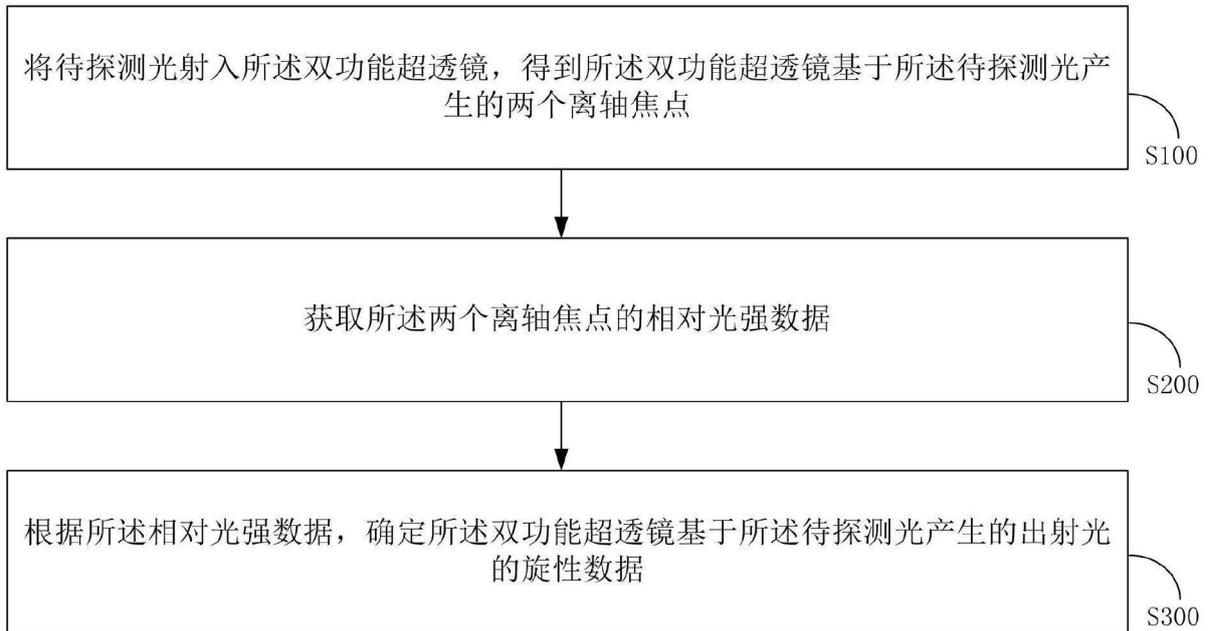


图8