



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 117452542 B

(45) 授权公告日 2024. 04. 30

(21) 申请号 202311276494.1

G02B 27/28 (2006.01)

(22) 申请日 2023.10.02

G02B 27/09 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

G02B 6/42 (2006.01)

申请公布号 CN 117452542 A

G02F 1/39 (2006.01)

(43) 申请公布日 2024.01.26

(56) 对比文件

(73) 专利权人 哈尔滨理工大学

CN 111272066 A, 2020.06.12

地址 150080 黑龙江省哈尔滨市南岗区学府路52号

CN 111295578 A, 2020.06.16

CN 112649453 A, 2021.04.13

US 2005018280 A1, 2005.01.27

(72) 发明人 高玮 陈一哲 齐桐

审查员 程浩

(74) 专利代理机构 哈尔滨市航友知识产权代理
事务所(普通合伙) 23216

专利代理师 张赞

(51) Int. Cl.

G02B 5/30 (2006.01)

G02B 5/18 (2006.01)

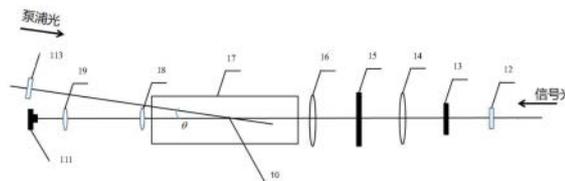
权利要求书2页 说明书7页 附图2页

(54) 发明名称

光电子器件及利用该器件实现受激布里渊散射赋能可切换明场和边缘成像的方法

(57) 摘要

本发明公开了一种光电子器件及利用该器件实现受激布里渊散射赋能可切换明场和边缘成像的方法,涉及光电子器件技术领域。上述方法包括:一束携带有物体图像信息的水平线偏振光经傅里叶变换后,经偏振光栅,分裂为左旋圆偏振与右旋圆偏振叠加的状态;使分裂后物体的像或频谱进入非线性介质中,与从另一端进入非线性介质的泵浦光进行非线性作用;若进入非线性介质的泵浦光为水平线偏振光,则CCD相机采集观测获得明场图像;若进入非线性介质的泵浦光为竖直线偏振光,则CCD相机采集观测获得暗场边缘图像。本发明既可以从噪声中分离出所需信号,也可以对所需图像的明/暗场之间进行快速切换,具有高分辨、高信噪比、易调节以及较高灵敏度的优势。



1. 一种光电子器件,其特征在于,包括:第一二分之一波片(12)、物体(13)、第一透镜(14)、偏振光栅(15)、第二透镜(16)、非线性介质(17)、第三透镜(18)、第四透镜(19)、CCD相机(111)、第二二分之一波片(113);其中,

所述第一二分之一波片(12)后面放置所述物体(13),所述物体(13)后面放置所述第一透镜(14),所述第一透镜(14)后面放置所述偏振光栅(15),所述偏振光栅(15)后面放置所述第二透镜(16),所述第二透镜(16)后面放置所述非线性介质(17),所述非线性介质(17)后面放置所述第三透镜(18),所述第三透镜(18)后面放置所述第四透镜(19),所述第三透镜(18)和所述第四透镜(19)组成4-f系统,所述第四透镜(19)后面放置所述CCD相机(111);线偏振信号光从第一二分之一波片(12)入射,线偏振泵浦光从第二二分之一波片(113)入射,且所述线偏振信号光和所述线偏振泵浦光非共线入射;所述线偏振信号光和所述线偏振泵浦光非共线入射角度的差的范围为165~177度;

利用所述光电子器件实现受激布里渊散射赋能可切换明场和边缘成像的方法包括:

一束携带有物体图像信息的水平线偏振光经过傅里叶变换后,经过偏振光栅,分裂为具有左旋圆偏振与右旋圆偏振叠加的状态;

使分裂后物体的像或频谱进入非线性介质中,与从另一端进入非线性介质的泵浦光进行非线性作用;其中,若进入非线性介质的泵浦光为水平线偏振光,则位于泵浦光同侧的CCD相机采集观测获得明场图像;若进入非线性介质的泵浦光为竖直线偏振光,则位于泵浦光同侧的CCD相机采集观测获得暗场边缘图像;分裂后物体的像或频谱与泵浦光在非线性介质中进行的非线性作用为受激布里渊放大作用,其实现放大的公式为:

$$I_{sign}(0) = I_{sign}(L)e^{g(\theta)I_p L(\theta)}$$

式中, $I_{sign}(0)$ 为放大前的信号光光强, $I_{sign}(L)$ 为放大后的信号光光强; $g(\theta)$ 为非线性介质的增益因子, $L(\theta)$ 为作用长度; I_p 为泵浦光光强。

2. 根据权利要求1所述的光电子器件,其特征在于,利用所述光电子器件实现受激布里渊散射赋能可切换明场和边缘成像的方法的具体过程包括:

一束携带有物体图像信息的水平线偏振光经过一个透镜进行傅里叶变换,在物体频谱上加载偏振光栅,分裂为具有左旋圆偏振与右旋圆偏振叠加的状态;再经过一个透镜进行傅里叶逆变换,使分裂后物体的像进入非线性介质中与另一端进入的线偏振泵浦光进行非线性作用;利用一个4-f系统将经过非线性作用后的图像成像到CCD相机上。

3. 一种光电子器件,其特征在于,包括:第一二分之一波片(22)、物体(23)、第一透镜(24)、偏振光栅(25)、第二透镜(26)、第三透镜(27)、非线性介质(28)、第四透镜(29)、CCD相机(211)、第二二分之一波片(213);其中,

所述第一二分之一波片(22)后面放置所述物体(23),所述物体(23)后面放置所述第一透镜(24),所述第一透镜(24)后面放置所述偏振光栅(25),所述偏振光栅(25)后面放置所述第二透镜(26),所述第二透镜(26)后面放置第三透镜(27),所述第二透镜(26)和所述第三透镜(27)组成4-f系统,所述第三透镜(27)后面放置所述非线性介质(28),所述非线性介质(28)后面放置所述第四透镜(29),所述第四透镜(29)后面放置所述CCD相机(211);线偏振信号光从第一二分之一波片(22)入射,线偏振泵浦光从第二二分之一波片(213)入射,且所述线偏振信号光和所述线偏振泵浦光非共线入射;所述线偏振信号光和所述线偏振泵浦

光非共线入射角度的差的范围为165~177度；

利用所述光电子器件实现受激布里渊散射赋能可切换明场和边缘成像的方法包括：

一束携带有物体图像信息的水平线偏振光经过傅里叶变换后，经过偏振光栅，分裂为具有左旋圆偏振与右旋圆偏振叠加的状态；

使分裂后物体的像或频谱进入非线性介质中，与从另一端进入非线性介质的泵浦光进行非线性作用；其中，若进入非线性介质的泵浦光为水平线偏振光，则位于泵浦光同侧的CCD相机采集观测获得明场图像；若进入非线性介质的泵浦光为竖直线偏振光，则位于泵浦光同侧的CCD相机采集观测获得暗场边缘图像；分裂后物体的像或频谱与泵浦光在非线性介质中进行的非线性作用为受激布里渊放大作用，其实现放大的公式为：

$$I_{\text{sign}}(0) = I_{\text{sign}}(L)e^{g(\theta)I_p L(\theta)}$$

式中， $I_{\text{sign}}(0)$ 为放大前的信号光光强， $I_{\text{sign}}(L)$ 为放大后的信号光光强； $g(\theta)$ 为非线性介质的增益因子， $L(\theta)$ 为作用长度； I_p 为泵浦光光强。

4. 根据权利要求3所述的光电子器件，其特征在于，利用所述光电子器件实现受激布里渊散射赋能可切换明场和边缘成像的方法的具体过程包括：

一束携带有物体图像信息的水平线偏振光经过一个透镜进行傅里叶变换，在物体频谱上加载偏振光栅，分裂为具有左旋圆偏振与右旋圆偏振叠加的状态；再通过一个4-f系统成像使分裂后的频谱进入非线性介质中与另一端进入的线偏振泵浦光进行非线性作用；再通过一个透镜进行傅里叶逆变换并成像到CCD相机上。

5. 根据权利要求1或3所述的光电子器件，其特征在于，明场图像和暗场边缘图像所对应的光场振幅分别为 $E_{\text{out}2}$ 和 $E_{\text{out}3}$ ：

$$E_{\text{out}2} = \left[2E_{\text{in}}(x, y)e^{g(\theta)I_p L(\theta)} \right] \bar{e}_x$$

$$E_{\text{out}3} = \left[2\Delta x \frac{\partial E_{\text{in}}(x, y)}{\partial x} e^{g(\theta)I_p L(\theta)} \right] \bar{e}_y$$

式中， $E_{\text{in}}(x, y)$ 表示携带有物体图像信息的水平线偏振光； \bar{e}_x 与 \bar{e}_y 分别表示分裂后在x与y方向上的偏振分量； Δx 表示分裂后左旋和右旋圆偏振光图像错开的距离。

6. 根据权利要求1或3所述的光电子器件，其特征在于，利用一个二分之一波片调整泵浦光进入非线性介质的偏振方向，调整方式为：调整二分之一波片快轴方向与泵浦光的夹角。

光电子器件及利用该器件实现受激布里渊散射赋能可切换明场和边缘成像的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及光电子器件技术领域,具体涉及光电子器件及利用该器件实现受激布里渊散射赋能可切换明场和边缘成像的方法。

背景技术

[0002] 快速可靠的识别并提取物体的信息在成像、显微、人工智能识别等领域有着重要地位,明场成像与暗场边缘成像可以分别得到物体的不同信息,边缘增强技术隶属于图像处理的一种,人眼对物体边缘信息较为敏感,边缘提取可以滤除物体的低频信息且保留物体的高频部分信息,在人脸识别,微生物高对比度成像,天文观测等领域有着广泛应用。而亮场成像可以提取物体的全部信息,有着成像清晰,分辨率高的特点。对于振幅物体,可以使用明场成像去获得物体信息,但是对于相位物体,直接观测是不易的,这时候可以利用光学边缘检测技术去获得其轮廓信息,二者都十分重要,所以研究者发明了多种可以在这两种成像结果之间切换的明暗场成像器件,2020年《Nano Letters》第20卷第四期2791-2798页《Photonic Spin-Multiplexing Metasurface for Switchable Spiral Phase Contrast Imaging》中利用基于入射光自旋方向的相位超表面滤波器实现了对明暗场成像的切换,2022年《Optics Letters》第47卷第4期925-928页的《Realization of tunable edge-enhanced images based on computing metasurfaces》中利用超表面以及液晶相位板实现了快速明暗场切换。

[0003] 但是,精确测量容易受到各种噪声的限制,对于高背景噪声下的微弱信号成像以及对于微生物成像的高对比度增强还是一个需要解决的问题,一般噪声可来自于物体所在的强背景噪声以及放大器添加到信号中的热噪声,而光学频率下热噪声可以忽略不计,利用受激布里渊散射进行放大可以实现高放大率以及低噪声的成像;且对于极其微弱的信号,如淹没在强背景噪声下的信号,对探测器要求较高,普通探测器无法直接探测。因此迫切需要一种既能实现明场和边缘成像切换,又能有效增强图像信号的光电子器件。利用受激布里渊散射对信号进行放大可以降低对探测器的要求,受激布里渊散射被广泛应用于非线性光学显微,激光雷达,分布式光纤传感器等领域。

发明内容

[0004] 为此,本发明提出一种光电子器件及利用该器件实现受激布里渊散射赋能可切换明场和边缘成像的方法,以力图解决或者至少缓解上面存在的至少一个问题。

[0005] 根据本发明的一方面,提出一种光电子器件,包括:第一二分之一波片、物体、第一透镜、偏振光栅、第二透镜、非线性介质、第三透镜、第四透镜、CCD相机、第二二分之一波片;其中,所述第一二分之一波片后面放置所述物体,所述物体后面放置所述第一透镜,所述第一透镜后面放置所述偏振光栅,所述偏振光栅后面放置所述第二透镜,所述第二透镜后面放置所述非线性介质,所述非线性介质后面放置所述第三透镜,所述第三透镜后面放置所

述第四透镜,所述第三透镜和所述第四透镜组成4-f系统,所述第四透镜后面放置所述CCD相机;线偏振信号光从第一二分之一波片入射,线偏振泵浦光从第二二分之一波片入射,且所述线偏振信号光和所述线偏振泵浦光非共线入射。

[0006] 在其中一种可能的实现方式中,所述线偏振信号光和所述线偏振泵浦光非共线入射角度的差的范围为165~177度。

[0007] 根据本发明的另一方面,提出另一种光电子器件,该光电子器件包括:第一二分之一波片、物体、第一透镜、偏振光栅、第二透镜、第三透镜、非线性介质、第四透镜、CCD相机、第二二分之一波片;其中,所述第一二分之一波片后面放置所述物体,所述物体后面放置所述第一透镜,所述第一透镜后面放置所述偏振光栅,所述偏振光栅后面放置所述第二透镜,所述第二透镜后面放置第三透镜,所述第二透镜和所述第三透镜组成4-f系统,所述第三透镜后面放置所述非线性介质,所述非线性介质后面放置所述第四透镜,所述第四透镜后面放置所述CCD相机;线偏振信号光从第一二分之一波片入射,线偏振泵浦光从第二二分之一波片入射,且所述线偏振信号光和所述线偏振泵浦光非共线入射。

[0008] 在其中一种可能的实现方式中,所述线偏振信号光和所述线偏振泵浦光非共线入射角度的差的范围为165~177度。

[0009] 根据本发明的另一方面,提出一种利用上述光电子器件实现受激布里渊散射赋能可切换明场和边缘成像的方法,该方法包括以下步骤:一束携带有物体图像信息的水平线偏振光经过傅里叶变换后,经过偏振光栅,分裂为具有左旋圆偏振与右旋圆偏振叠加的状态;使分裂后物体的像或频谱进入非线性介质中,与从另一端进入非线性介质的泵浦光进行非线性作用;其中,若进入非线性介质的泵浦光为水平线偏振光,则位于泵浦光同侧的CCD相机采集观测获得明场图像;若进入非线性介质的泵浦光为竖直线偏振光,则位于泵浦光同侧的CCD相机采集观测获得暗场边缘图像。

[0010] 在其中一种可能的实现方式中,分裂后物体的像或频谱与泵浦光在非线性介质中进行的非线性作用为受激布里渊放大作用,其实现放大的公式为:

$$[0011] \quad I_{\text{sign}}(0) = I_{\text{sign}}(L)e^{g(\theta)I_p L(\theta)}$$

[0012] 式中, $I_{\text{sign}}(0)$ 为放大前的信号光光强, $I_{\text{sign}}(L)$ 为放大后的信号光光强; $g(\theta)$ 为非线性介质的增益因子, $L(\theta)$ 为作用长度; I_p 为泵浦光光强。

[0013] 在其中一种可能的实现方式中,明场图像和暗场边缘图像所对应的光场振幅分别为 $E_{\text{out}2}$ 和 $E_{\text{out}3}$:

$$[0014] \quad E_{\text{out}2} = \left[2E_{\text{in}}(x, y)e^{g(\theta)I_p L(\theta)} \right] \bar{e}_x$$

$$[0015] \quad E_{\text{out}3} = \left[2\Delta x \frac{\partial E_{\text{in}}(x, y)}{\partial x} e^{g(\theta)I_p L(\theta)} \right] \bar{e}_y$$

[0016] 式中, $E_{\text{in}}(x, y)$ 表示携带有物体图像信息的水平线偏振光; \bar{e}_x 与 \bar{e}_y 分别表示分裂后在x与y方向上的偏振分量; Δx 表示分裂后左旋和右旋圆偏振光图像错开的距离。

[0017] 在其中一种可能的实现方式中,所述方法通过以下过程实现:一束携带有物体图像信息的水平线偏振光经过一个透镜进行傅里叶变换,在物体频谱上加载偏振光栅,分裂为具有左旋圆偏振与右旋圆偏振叠加的状态;再经过一个透镜进行傅里叶逆变换,使分裂

后物体的像进入非线性介质中与另一端进入的线偏振泵浦光进行非线性作用;利用一个4-f系统将经过非线性作用后的图像成像到CCD相机上。

[0018] 在其中一种可能的实现方式中,所述方法通过以下过程实现:一束携带有物体图像信息的水平线偏振光经过一个透镜进行傅里叶变换,在物体频谱上加载偏振光栅,分裂为具有左旋圆偏振与右旋圆偏振叠加的状态;再通过一个4-f系统成像使分裂后的频谱进入非线性介质中与另一端进入的线偏振泵浦光进行非线性作用;再通过一个透镜进行傅里叶逆变换并成像到CCD相机上。

[0019] 在其中一种可能的实现方式中,利用一个二分之一波片调整泵浦光进入非线性介质的偏振方向,调整方式为:调整二分之一波片快轴方向与泵浦光的夹角。

[0020] 本发明的有益技术效果是:

[0021] 本发明提出了一种利用受激布里渊散射的相位匹配机制协同偏振光栅对信号光的偏振进行选择放大,以实现高背景噪声下的物体明场及暗场边缘进行切换的光电子器件及方法。本发明对于高背景噪声下的微弱信号处理,利用受激布里渊散射的相位匹配特性以及对微弱信号光的放大作用,且利用非共线相互作用,既可以从噪声中分离出所需图像信号,也可以在图像处理中对所需图像的明/暗场之间进行快速切换,同时将泵浦光能量转移到微弱信号光,进行图像信号增强,该器件具有高分辨、高信噪比、易调节以及较高灵敏度的优势。

附图说明

[0022] 通过参考附图阅读下文的详细描述,本发明示例性实施方式的上述以及其他目的、特征和优点将变得易于理解。在附图中,以示例性而非限制性的方式示出了本发明的若干实施方式,其中:

[0023] 图1是入射光经偏振光栅后的光路示意图。

[0024] 图2是受激布里渊散射对信号光的放大过程示意图。

[0025] 图3是本发明实施例所述的光电子器件的一种结构示意图。

[0026] 图4是本发明实施例所述的光电子器件的另一种结构示意图。

[0027] 图5是实验仿真结果图;其中,图(a)为明场图像;图(b)为暗场边缘图像。

具体实施方式

[0028] 下面将参考若干示例性实施方式来描述本发明的原理和精神。应当理解,给出这些实施方式仅仅是为了使本领域技术人员能够更好地理解进而实现本发明,而并非以任何方式限制本发明的范围。相反,提供这些实施方式是为了使本公开更加透彻和完整,并且能够将本公开的范围完整地传达给本领域的技术人员。

[0029] 本领域技术人员知道,本发明的实施方式可以实现为一种系统、装置、设备、方法或计算机程序产品。因此,本公开可以具体实现为以下形式,即:完全的硬件、完全的软件(包括固件、驻留软件、微代码等),或者硬件和软件结合的形式。在本文中,需要理解的是,附图中的任何元素数量均用于示例而非限制,以及任何命名都仅用于区分,而不具有任何限制含义。

[0030] 本发明提出一种光电子器件及利用该器件实现受激布里渊散射赋能可切换明场

和边缘成像的方法。面向高背景噪声下的微弱图像信号的放大以及边缘增强,通过受激布里渊散射(SBS)过程中泵浦光对微弱信号光的赋能,以及受激布里渊散射的相位匹配机制协同偏振光栅,实现对图像信号明场与边缘成像的切换。利用受激布里渊散射的相位匹配机制协同偏振光栅的偏振分离,通过调控泵浦偏振,选择性放大图像明场和边缘部分,实现微弱图像信号的明场和边缘成像的切换。

[0031] 本发明实施例提出一种受激布里渊散射赋能可切换明场和边缘成像的方法,该方法例如可以通过下文中结合图3或图4所描述的光电子器件来实现。该方法包括以下步骤:

[0032] 一束携带有物体图像信息的水平线偏振光经过傅里叶变换后,经过偏振光栅,分裂为具有左旋圆偏振与右旋圆偏振叠加的状态;

[0033] 使分裂后物体的像或频谱进入非线性介质中,与从另一端进入非线性介质的泵浦光进行非线性作用;其中,若进入非线性介质的泵浦光为水平线偏振光,则位于泵浦光同侧的CCD相机采集观测获得明场图像;若进入非线性介质的泵浦光为竖直线偏振光,则位于泵浦光同侧的CCD相机采集观测获得暗场边缘图像。

[0034] 下面对本发明实施例进行具体说明。

[0035] 偏振光栅是一种可以调控入射光偏振态的人工微结构阵列,线偏振光在圆偏振基底上可写作左旋圆偏振与右旋圆偏振光的合成:

$$[0036] \quad E = E \begin{bmatrix} 1 \\ i \end{bmatrix} + E \begin{bmatrix} 1 \\ -i \end{bmatrix} \quad (1)$$

[0037] 由于液晶偏振光栅膜层中的液晶分子取向沿x轴呈周期性变化,当一束水平线偏振光(LP)通过偏振光栅时,出射光可被调制为带有一定角度偏移的左旋圆偏振光(LCP)与右旋圆偏振光(RCP),并且会产生一个空间中的偏移,如图1所示,这个偏移量极小,出射光束可以写成:

$$[0038] \quad E = E(x + \Delta x, y) \begin{bmatrix} 1 \\ i \end{bmatrix} + E(x - \Delta x, y) \begin{bmatrix} 1 \\ -i \end{bmatrix} \quad (2)$$

[0039] 所以在两束光叠加的重叠部分仍是水平线偏振光,而非重叠部分则分别为左旋圆偏振和右旋圆偏振。

[0040] 设有一束携带有图像信息的水平线偏振光 $E_{in}(x, y)$;在4-f系统中经过第一个透镜傅里叶变换后,再经过偏振光栅,可写为:

$$[0041] \quad E_1 = \mathcal{F} \{E_{in}(x + \Delta x, y)\} \begin{bmatrix} 1 \\ i \end{bmatrix} + \mathcal{F} \{E_{in}(x - \Delta x, y)\} \begin{bmatrix} 1 \\ -i \end{bmatrix} \quad (3)$$

[0042] 再经过第二个透镜傅里叶逆变换为:

$$[0043] \quad E_{out1} = \mathcal{F}^{-1} \left\{ \mathcal{F} \{E_{in}(x + \Delta x, y)\} \begin{bmatrix} 1 \\ i \end{bmatrix} + \mathcal{F} \{E_{in}(x - \Delta x, y)\} \begin{bmatrix} 1 \\ -i \end{bmatrix} \right\} \quad (4)$$

[0044] 现有技术中可以利用两个偏振器将所需的偏振筛选出来,来进行明场以及暗场微分边缘图像的切换。采用检偏器时,即只允许水平偏振分量通过时,由于偏移量极小,则输出近似为全部光场:

$$[0045] \quad E_{out1} = [E_{in}(x + \Delta x, y) + E_{in}(x - \Delta x, y)]e_x \approx 2E_{in}(x, y)\overline{e_x} \quad (5)$$

[0046] 当只允许垂直偏振分量通过时,则输出只有边缘部分,近似为水平方向上的一阶微分:

$$[0047] \quad E_{out1} = i[E_{in}(x + \Delta x, y) + E_{in}(x - \Delta x, y)]e_y \approx 2\Delta x \frac{\partial E_{in}(x, y)}{\partial x} e_y \quad (6)$$

[0048] 式子中的 $\overline{e_x}$ 与 $\overline{e_y}$ 分别为x与y方向上的偏振分量。

[0049] 但是,对于极其微弱的信号,仅利用上述检偏器是无法被普通探测器所探测到的。因此,本发明利用受激布里渊放大的相位匹配特性,既可以将信号区别于噪声中放大提取出来,也可以起到检偏的效果,因为其仅将与泵浦光相同偏振方向的分量进行放大,此时便可以针对微弱信号实现高放大率的图像明暗场切换。

[0050] 布里渊散射起源于激光电场与分子或固体中的声波场的相互作用,即光子与声子之间的相互作用。受激布里渊散射的产生过程如下:在激光的电场作用下,通过电致伸缩效应使介质发生周期性密度和介电常数的变化,产生声波场导致入射光和声波场之间发生相干散射的过程。入射光子,散射斯托克斯光子与声子之间满足能量守恒和动量守恒条件。本发明中,利用非共线布里渊放大,布里渊散射对信号光的放大过程如图2所示。

[0051] 介质两端分别入射泵浦光 E_{pump} 与信号光 E_{sign} ,中心频率分别为 ν_p 和 ν_s ,两束光在介质中形成拍频场,产生 $\nu = \nu_p - \nu_s$ 的声波场,若二者产生的频率差刚好与该位置处介质的本征布里渊频移相同,而且泵浦光和信号光为相同偏振态,则泵浦光的能量向信号光中转移。

[0052] 受激布里渊放大公式为:

$$[0053] \quad I_{sign}(0) = I_{sign}(L)e^{g(\theta)I_p L(\theta)} \quad (7)$$

[0054] 其中, $I_{sign}(0)$ 为放大前的信号光光强, $I_{sign}(L)$ 为放大后信号光光强; I_p 为泵浦光光强; $g(\theta)$ 为介质的增益因子, $L(\theta)$ 为作用长度,二者都与泵浦光和信号光之间的夹角($\pi - \theta$)有关, θ 在 15° 以内,放大率基本不受角度影响。

[0055] 实现微弱图像信号的明场和边缘成像的切换可以有如下两种实现方式:

[0056] 第一种方法是:先利用透镜对物体进行傅里叶变换,在物体频谱上加载偏振光栅,然后再经过一个透镜进行傅里叶逆变换,将分裂后物体的像在非线性介质中与泵浦光相互作用,最后用一个4-f系统将放大后的图像成像到CCD相机上。

[0057] 第二种方法是:利用透镜对物体进行傅里叶变换,在物体频谱上加载偏振光栅后,通过一个4-f系统成像使分裂的频谱进入非线性介质与泵浦光作用,然后通过透镜进行傅里叶逆变换并成像到CCD相机上。

[0058] 若泵浦光为水平偏振光,则仅对叠加场中的水平分量进行放大,成像为明场图像;若泵浦光为垂直偏振光,则对叠加场中边缘部分圆偏振中的垂直偏振分量进行放大,出射场为暗场边缘图像。这样对式(5),(6)中的输出进行赋能以及筛选,则出射光场振幅分别为:

$$[0059] \quad E_{out2} = \left[2E(x, y)_{in} e^{g(\theta)I_p L(\theta)} \right] \overline{e_x} \quad (8)$$

$$[0060] \quad E_{out3} = \left[2\Delta x \frac{\partial E_{in}(x, y)}{\partial x} e^{g(\theta)I_p L(\theta)} \right] \overline{e_y} \quad (9)$$

[0061] 式中, E_{out2} , E_{out3} 分别为明场图像和暗场边缘图像; $\overline{e_x}$ 与 $\overline{e_y}$ 分别表示分裂后在x与y

方向上的偏振分量； Δx 表示分裂后左旋和右旋圆偏振光图像错开的距离。

[0062] 在上述过程中仅需要用一个二分之一波片切换泵浦光偏振方向,切换方式为:调整二分之一波片快轴方向与泵浦光的夹角;就可以完成赋能型图像明场以及暗场边缘提取相互切换的操作,满足不同的应用背景。

[0063] 本发明对于高背景噪声下的微弱信号处理,利用受激布里渊散射的相位匹配特性以及对微弱信号光的放大作用,且利用非共线相互作用,既可以从噪声中分离出所需信号,也可以在图像处理中对所需图像的明/暗场之间进行快速切换,具有高分辨,高信噪比,易调节以及较高灵敏度的优势。

[0064] 本发明另一实施例提出一种用于实现上述受激布里渊散射赋能可切换明场和边缘成像的方法的光电子器件,如图3所示,该光电子器件包括:第一二分之一波片12、物体13、第一透镜14、偏振光栅15、第二透镜16、非线性介质17、第三透镜18、第四透镜19、CCD相机111、第二二分之一波片113;其中,所述第一二分之一波片12后面放置所述物体13,所述物体13后面放置所述第一透镜14,所述第一透镜14后面放置所述偏振光栅15,所述偏振光栅15后面放置所述第二透镜16,所述第二透镜16后面放置所述非线性介质17,所述非线性介质17后面放置所述第三透镜18,所述第三透镜18后面放置所述第四透镜19,所述第三透镜18和所述第四透镜19组成4-f系统,所述第四透镜19后面放置所述CCD相机111;线偏振信号光从第一二分之一波片12入射,线偏振泵浦光从第二二分之一波片113入射,且所述线偏振信号光和所述线偏振泵浦光非共线入射。所述线偏振信号光和所述线偏振泵浦光非共线入射角度的差的范围为 $165 \sim 177$ 度。

[0065] 上述光电子器件实现赋能型明暗场图像切换处理的过程为:一束线偏振信号光经过第一二分之一波片12(波片快轴旋转此光束偏振方向与水平方向夹角的二分之一,若光束本为水平,则使快轴方向与偏振方向相同即可)后变为一束水平偏振光,然后经过物体13携带物体信息后,经过第一透镜14在傅里叶面(傅里叶面为物体的频谱信息)上加载偏振光栅15,分裂成为左旋圆偏振与右旋圆偏振叠加的状态;后经第二透镜16进行傅里叶变换后进入非线性介质17(可以为固体、液体和气体等)中,此时在位置10处为分裂的图像场,与一束经过第二二分之一波片113调整偏振方向(调整波片快轴方向与水平线偏振泵浦光夹角为 45° 则泵浦光被调整为竖直线偏振光;调整波片快轴方向与竖直线偏振光夹角为 45° 则被调整为水平偏振光)的线偏振泵浦光在位置10处进行非线性作用(其中,泵浦光与信号光夹角控制在 $165 \sim 177^\circ$ 以内,即图中 θ 的取值范围为 $3 \sim 15^\circ$),若泵浦光为水平偏振光则输出明场图像,第三透镜8与第四透镜9组成的4-f系统将位置10处被赋能后的明场图像成像到CCD相机111处;若泵浦光为竖直线偏振光,则将位置10处场中边缘部分的竖直线偏振分量放大,经过第三透镜8以及第四透镜9组成的4-f系统,输出暗场的边缘图像,在CCD相机111处采集到暗场图像。经过上述过程,可实现赋能型明暗场图像切换处理。

[0066] 本发明另一实施例提出用于实现上述受激布里渊散射赋能可切换明场和边缘成像的方法的光电子器件,如图4所示,该光电子器件包括:第一二分之一波片22、物体23、第一透镜24、偏振光栅25、第二透镜26、第三透镜27、非线性介质28、第四透镜29、CCD相机211、第二二分之一波片213;其中,所述第一二分之一波片22后面放置所述物体23,所述物体23后面放置所述第一透镜24,所述第一透镜24后面放置所述偏振光栅25,所述偏振光栅25后面放置所述第二透镜26,所述第二透镜26后面放置第三透镜27,所述第二透镜26和所述第

三透镜27组成4-f系统,所述第三透镜27后面放置所述非线性介质28,所述非线性介质28后面放置所述第四透镜29,所述第四透镜29后面放置所述CCD相机211;线偏振信号光从第一二分之一波片(22)入射,线偏振泵浦光从第二二分之一波片(213)入射,且所述线偏振信号光和所述线偏振泵浦光非共线入射。所述线偏振信号光和所述线偏振泵浦光非共线入射角度的差的范围为165~177度。

[0067] 上述光电子器件实现赋能型明暗场图像切换处理的过程为:一束线偏振信号光经过第一二分之一波片22(波片快轴旋转此光束偏振方向与水平方向夹角的二分之一,若光束本为水平,则使快轴方向与偏振方向相同即可)调整为水平偏振光,经过物体23后携带物体信息;经过第一透镜24的傅里叶变换后频谱面上加载偏振光栅25,经第二透镜26、第三透镜27所组成的4-f系统将经偏振光栅分裂后的左右旋圆偏振光成像到非线性介质28中,此时与泵浦光作用的是分裂的物体频谱,在位置10处与一束经过第二二分之一波片213调整偏振方向(调整波片快轴方向与水平线偏振泵浦光夹角为45°则泵浦光被调整为竖直线偏振光;调整波片快轴方向与竖直偏振光夹角为45°则被调整为水平偏振光)的线偏振泵浦光进行非线性作用;若泵浦光被调整为水平线偏振光,由于相位匹配机制,仅将频谱叠加态的水平偏振分量进行放大,再经过第四透镜29的傅里叶变换,则可以在第四透镜29的后焦面上即CCD相机211处观测到明场图像;若泵浦光被调整为竖直偏振光,则在位置10处将叠加态中竖直偏振分量进行放大,后经第四透镜29进行傅里叶变换后在CCD相机211处获得暗场边缘图像。

[0068] 由于信号极其微弱,普通探测器无法直接探测到,所以经过放大后,剩余与被放大线偏振光正交的分量可忽略不计。图5为实验仿真下的明场图像以及暗场图像。

[0069] 虽然已经参考若干具体实施方式描述了本发明的精神和原理,但是应该理解,本发明并不限于所公开的具体实施方式,对各方面的划分也不意味着这些方面中的特征不能组合以进行受益,这种划分仅是为了表述的方便。本发明旨在涵盖所附权利要求的精神和范围内所包括的各种修改和等同布置。

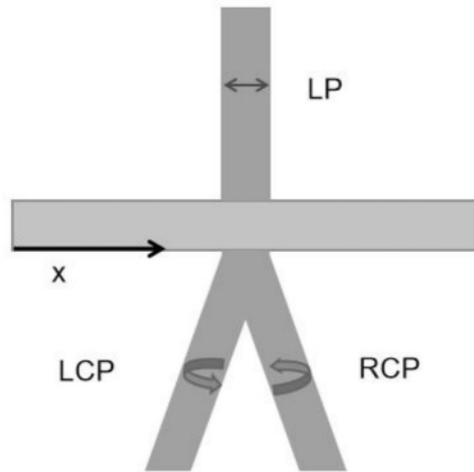


图1

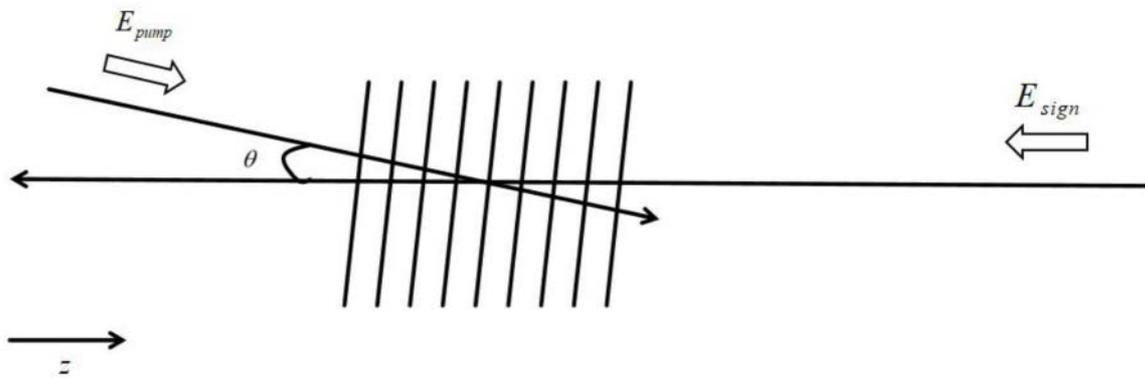


图2

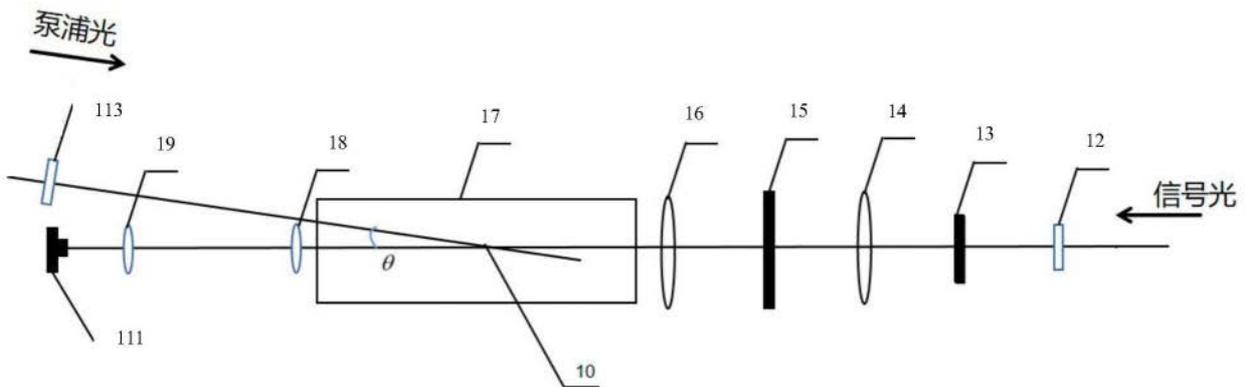


图3

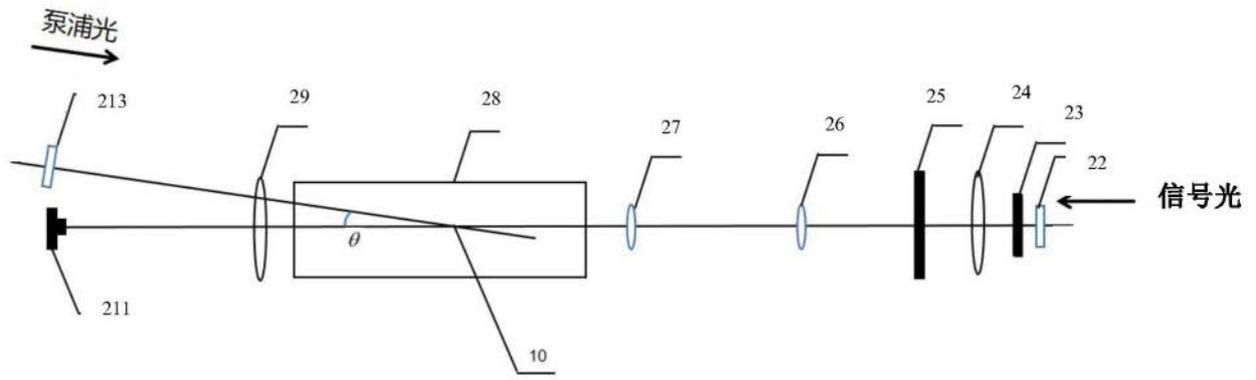


图4



图5