



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111092653 B

(45) 授权公告日 2020.12.29

(21) 申请号 201911306274.2

(22) 申请日 2019.12.18

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 111092653 A

(43) 申请公布日 2020.05.01

(73) 专利权人 南京信息工程大学
地址 210044 江苏省南京市江北新区宁六
路219号

(72) 发明人 刘博 吴泳锋 张丽佳 渠松松
赵立龙 孙婷婷 忻向军 毛雅亚
刘少鹏 宋真真 王俊锋 哈特
姜蕾

(74) 专利代理机构 南京钟山专利代理有限公司
32252

代理人 王磊

(51) Int.Cl.

H04B 10/11 (2013.01)

H04B 10/516 (2013.01)

G02B 27/28 (2006.01)

G02B 27/09 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 102346305 A, 2012.02.08

审查员 李梦琦

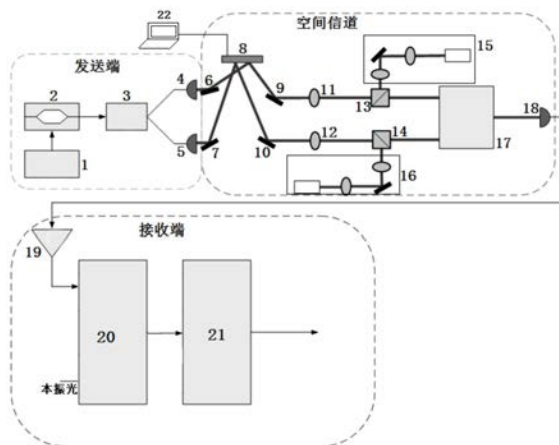
权利要求书2页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

基于单SLM空间分区实现双偏振艾里绕障信号传输的装置

(57) 摘要

本发明涉及基于单SLM空间分区实现双偏振艾里绕障信号传输的装置,属于通信领域。波形发生器产生信号加载到马赫曾德尔调制器上,信号在光载波中传输,经偏振分束器分成两束相互垂直的偏振态的高斯光,经准直器后进入空间信道,分别入射到SLM上、下半区上,由SLM反射后,透射透镜并形成艾里光束,两束偏振态的艾里光束经合束器耦合后经光纤传输至接收端。本发明仅通过一个空间光调制器,形成两束艾里光束实现绕障传输,通过偏振复用技术使信号加载在双偏振态的艾里光束上,从而使信道容量提高了一倍,降低了系统及信号传输的成本。



1. 基于单SLM空间分区实现双偏振艾里绕障信号传输的装置,其特征在于,包括发送端、空间信道和接收端,所述发送端分别向所述空间信道中发送携带波形信号且相互正交的x偏振态和y偏振态的高斯光;

所述空间信道包括第一反射镜(6)、第二反射镜(7)、空间光调制器(8)、第三反射镜(9)、第四反射镜(10)、第一透镜(11)、第二透镜(12)、第一分束器(13)、第二分束器(14)、第一四倍焦距成像系统(15)、第二四倍焦距成像系统(16)、合束器(17)、第三准直器(18)和计算机(22),空间光调制器(8)与计算机(22)相连;

x偏振态高斯光经第一反射镜(6)反射至空间光调制器(8)上半区,在空间光调制器(8)上半区上加载一个三次方相位产生,并反射至第三反射镜(9),第三反射镜(9)的反射光透射第一透镜(11),经第一透镜(11)的傅里叶变换,在第一透镜(11)的焦平面位置产生x偏振态艾里光束;x偏振态艾里光束射至第一分束器(13),第一分束器(13)将x偏振态艾里光束分为第一x偏振态艾里光束和第二x偏振态艾里光束,第一x偏振态艾里光束进入合束器(17),第二x偏振态艾里光束进入第一四倍焦距成像系统(15),第一四倍焦距成像系统(15)用于观察x偏振态艾里光束的传输轨迹;

y偏振态高斯光经第二反射镜(7)反射至空间光调制器(8)下半区,在空间光调制器(8)下半区上也加载一个同样的三次方相位产生,并反射至第四反射镜(10),第四反射镜(10)的反射光透射第二透镜(12),经第二透镜(12)的傅里叶变换,在第二透镜(12)的焦平面位置产生y偏振态艾里光束;y偏振态艾里光束射至第二分束器(14),第二分束器(14)将y偏振态艾里光束分为第一y偏振态艾里光束和第二y偏振态艾里光束,第一y偏振态艾里光束进入合束器(17),第二y偏振态艾里光束进入第二四倍焦距成像系统(16),第二四倍焦距成像系统(16)用于观察y偏振态艾里光束的传输轨迹;

第一x偏振态艾里光束和第一y偏振态艾里光束经合束器(17)耦合后,经第三准直器(18)调成平行光,通过光纤传输至所述接收端;所述接收端对接收到的光信号进行处理,得到波形信号;

所述三次方相位为: $\exp[j\alpha(x-x_0)^3]$, \exp 表示自然常数e为底的指数函数,j表示复数, α 为三次方参数,x为一维艾里光束横坐标, x_0 为一维艾里光束横坐标变量。

2. 根据权利要求1所述的基于单SLM空间分区实现双偏振艾里绕障信号传输的装置,其特征在于,所述发送端包括波形发生器(1)、马赫曾德尔调制器(2)、偏振分束器(3)、第一准直器(4)和第二准直器(5),波形发生器(1)产生的波形信号经马赫曾德尔调制器(2)调制后输出为光信号,该光信号经偏振分束器(3)分为相互正交的x偏振态和y偏振态的高斯光,x偏振态高斯光经第一准直器(4)调直后,传输至所述空间信道;y偏振态高斯光经第二准直器(5)调直后,传输至所述空间信道。

3. 根据权利要求1所述的基于单SLM空间分区实现双偏振艾里绕障信号传输的装置,其特征在于,所述接收端包括掺铒光纤放大器(19)、相干接收机(20)和数字信号处理(21),掺铒光纤放大器(19)将接收到的光信号进行放大后,传输至相干接收机(20),相干接收机(20)内置本振光源;数字信号处理(21)与相干接收机(20)相连,用于信号处理。

4. 根据权利要求1所述的基于单SLM空间分区实现双偏振艾里绕障信号传输的装置,其特征在于,第一透镜(11)和第二透镜(12)的焦距均为20cm。

5. 根据权利要求1所述的基于单SLM空间分区实现双偏振艾里绕障信号传输的装置,其

特征在于,第一四倍焦距成像系统(15)和第二四倍焦距成像系统(16)均包括CCD图像传感器、第五反射镜和两第三透镜,第二x偏振态艾里光束和第二y偏振态艾里光束分别射至对应四倍焦距成像系统的第三透镜上,透射光经第五反射镜反射,并透射另一第三透镜后,成像于CCD图像传感器上。

基于单SLM空间分区实现双偏振艾里绕障信号传输的装置

技术领域

[0001] 本发明属于通信领域,涉及一种基于单SLM空间分区实现双偏振艾里绕障信号传输的装置。

背景技术

[0002] 衍射是光束的一个基本特性,它可被用来解释所有经典的波动现象。由于衍射的存在,光束在传播过程中光斑逐渐变大,能量逐渐发散。因此,在激光器发明的初期,人们就已经开始思考如何消除或抵消衍射作用。在非线性介质中,科研人员通过采用介质的自聚焦非线性实现了对光束衍射的抑制,即空间光孤子的形成机制。数年前,这种方法在实验上已经得到证实。然而,人们更期望能在自由空间实现无衍射光束,这种需求也使得无衍射光束成为近年来研究领域的一个重要课题。2007年,中佛罗里达大学的研究人员发现被指数“截趾”的艾里函数是薛定谔方程的解,基于这一发现他们在实验上第一次实现了携带有限能量艾里光束的产生。

[0003] 基于目前理论和实验的研究结果归纳总结,艾里光束具有三个新奇的特性,即自横向加速、无衍射和自修复。自横向加速,描述的是艾里光束在自由空间传播过程中其传输轨迹类似于重力作用下子弹的飞行弹道;无衍射,是指在传播过程中光场强度分布的轮廓近似保持不变;自修复,则是指艾里光束在自由空间传播过程中如果将一部分光强遮挡住,再经过一定距离的传输其强度分布轮廓会恢复到被遮挡之前的样子。艾里光束应属于无衍射光束的一种,但在目前发现的无衍射光束中横向加速特性是其独有的性质。若是利用这种激光束在自由空间输送能量,那么其自弯曲的抛物线轨迹可以使光能量照射到一定障碍物后面的目标。此外,艾里光束的自修复特性使其在自由空间光通信领域有着独特的应用前景,因为其在传播过程中受遮挡后可以自我修复,对其机制进行的理论分析表明,艾里光束在扰动环境中传输时的抗干扰能力要强于高斯光束。

[0004] 空间光调制器(SLM)是一类能将信息加载于一维或二维的光学数据场上,以便有效的利用光的固有速度、并行性和互连能力的器件,能够实现对二维空间各点光强进行调制。空间光调制器价格高昂,在一般的艾里光束系统中,一个空间光调制器只对一束高斯光束进行相位调制,导致系统成本高,并且,信道容量不理想。

发明内容

[0005] 本发明提出一种低成本、高信道容量的基于单SLM空间分区实现双偏振艾里绕障信号传输的装置。

[0006] 本发明所采用的技术方案为:

[0007] 基于单SLM空间分区实现双偏振艾里绕障信号传输的装置,包括发送端、空间信道和接收端,所述发送端分别向所述空间信道中发送携带波形信号且相互正交的x偏振态和y偏振态的高斯光;

[0008] 所述空间信道包括第一反射镜、第二反射镜、空间光调制器、第三反射镜、第四反

射镜、第一透镜、第二透镜、第一分束器、第二分束器、第一四倍焦距成像系统、第二四倍焦距成像系统、合束器、第三准直器和计算机,所述空间光调制器与所述计算机相连;

[0009] x偏振态高斯光经所述第一反射镜反射至所述空间光调制器上半区,在所述空间光调制器上半区上加载一个三次方相位产生,并反射至所述第三反射镜,所述第三反射镜的反射光透射所述第一透镜,经所述第一透镜的傅里叶变换,在所述第一透镜的焦平面位置产生x偏振态艾里光束;x偏振态艾里光束射至所述第一分束器,所述第一分束器将x偏振态艾里光束分为第一x偏振态艾里光束和第二x偏振态艾里光束,第一x偏振态艾里光束进入所述合束器,第二x偏振态艾里光束进入所述第一四倍焦距成像系统,所述第一四倍焦距成像系统用于观察x偏振态艾里光束的传输轨迹;

[0010] y偏振态高斯光经所述第二反射镜反射至所述空间光调制器下半区,在所述空间光调制器下半区上也加载一个同样的三次方相位产生,并反射至所述第四反射镜,所述第四反射镜的反射光透射所述第二透镜,经所述第二透镜的傅里叶变换,在所述第二透镜的焦平面位置产生y偏振态艾里光束;y偏振态艾里光束射至所述第二分束器,所述第二分束器将y偏振态艾里光束分为第一y偏振态艾里光束和第二y偏振态艾里光束,第一y偏振态艾里光束进入所述合束器,第二y偏振态艾里光束进入所述第二四倍焦距成像系统,所述第二四倍焦距成像系统用于观察y偏振态艾里光束的传输轨迹;

[0011] 第一x偏振态艾里光束和第一y偏振态艾里光束经所述合束器耦合后,经所述第三准直器调成平行光,通过光纤传输至所述接收端;所述接收端对接收到的光信号进行处理,得到波形信号。

[0012] 进一步地,所述发送端包括波形发生器、马赫曾德尔调制器、偏振分束器、第一准直器和第二准直器,所述波形发生器产生的波形信号经所述马赫曾德尔调制器调制后输出为光信号,该光信号经所述偏振分束器分为相互正交的x偏振态和y偏振态的高斯光,x偏振态高斯光经所述第一准直器调直后,传输至所述空间信道;y偏振态高斯光经所述第二准直器调直后,传输至所述空间信道。

[0013] 进一步地,所述接收端包括掺铒光纤放大器、相干接收机和数字信号处理,所述掺铒光纤放大器将接收到的光信号进行放大后,传输至所述相干接收机,所述相干接收机内置本振光源;所述数字信号处理与所述相干接收机相连,用于信号处理。

[0014] 进一步地,所述三次方相位为: $\exp[j\alpha(x-x_0)^3]$,exp表示自然常数e为底的指数函数,j表示复数, α 为三次方参数,x为一维艾里光束横坐标, x_0 为一维艾里光束横坐标变量。

[0015] 进一步地,所述第一透镜和所述第二透镜的焦距均为20cm。

[0016] 进一步地,所述第一四倍焦距成像系统和所述第二四倍焦距成像系统均包括CCD图像传感器、第五反射镜和两第三透镜,第二x偏振态艾里光束和第二y偏振态艾里光束分别射至对应四倍焦距成像系统的第三透镜上,透射光经第五反射镜反射,并透射另一第三透镜后,成像于CCD图像传感器上。

[0017] 本发明的有益效果在于:

[0018] 本发明通过将空间光调制器上、下分区,实现双偏振态的艾里光束的绕障传输。通过波形发生器将信号加载到马赫曾德尔调制器上,由偏振分束器形成水平和垂直偏振(x偏振和y偏振)的两束高斯光,再分别入射到空间光调制器的上半区和下半区,经反射后再分别经过透镜,在透镜焦点处形成艾里光束。本发明仅通过一个空间光调制器,形成两束艾里

光束实现绕障传输,通过偏振复用技术(利用不同偏振态光携带信息进行通信)使信号加载在双偏振态的艾里光束上,从而使信道容量提高了一倍,降低了系统及信号传输的成本。

附图说明

[0019] 图1为本发明的基于单SLM空间分区实现双偏振艾里绕障信号传输的装置结构示意图;

[0020] 图2为空间信道的结构示意图;

[0021] 图3为图2中的相位膜片放大图;

[0022] 图4为二维艾里光束场分布图;

[0023] 附图标记:1-波形发生器,2-马赫曾德尔调制器(MZM),3-偏振分束器,4-第一准直器,5-第二准直器,6-第一反射镜,7-第二反射镜,8-空间光调制器(SLM),9-第三反射镜,10-第四反射镜,11-第一透镜,12-第二透镜,13-第一分束器,14-第二分束器,15-第一四倍焦距成像系统,16-第二四倍焦距成像系统,17-合束器,18-第三准直器,19-掺铒光纤放大器,20-相干接收机,21-数字信号处理(DSP),22-计算机,23-障碍物。

具体实施方式

[0024] 下面结合附图和具体的实施例对本发明的基于单SLM空间分区实现双偏振艾里绕障信号传输的装置作进一步地详细说明。

[0025] 如图1所示,基于单SLM空间分区实现双偏振艾里绕障信号传输的装置,包括发送端、空间信道和接收端,发送端分别向空间信道中发送携带波形信号且相互正交的x偏振态和y偏振态的高斯光。

[0026] 空间信道包括第一反射镜6、第二反射镜7、空间光调制器8、第三反射镜9、第四反射镜10、第一透镜11、第二透镜12、第一分束器13、第二分束器14、第一四倍焦距成像系统15、第二四倍焦距成像系统16、合束器17、第三准直器18和计算机22,空间光调制器8与计算机22相连。

[0027] x偏振态高斯光经第一反射镜6反射至空间光调制器8上半区,在空间光调制器8上半区上加载一个三次方相位产生,并反射至第三反射镜9,第三反射镜9的反射光透射第一透镜11,经第一透镜11的傅里叶变换,在第一透镜11的焦平面位置产生x偏振态艾里光束。x偏振态艾里光束射至第一分束器13,第一分束器13将x偏振态艾里光束分为第一x偏振态艾里光束和第二x偏振态艾里光束,第一x偏振态艾里光束进入合束器17,第二x偏振态艾里光束进入第一四倍焦距成像系统15,第一四倍焦距成像系统15用于观察x偏振态艾里光束的传输轨迹。

[0028] y偏振态高斯光经第二反射镜7反射至空间光调制器8下半区,在空间光调制器8下半区上也加载一个同样的三次方相位产生,并反射至第四反射镜10,第四反射镜10的反射光透射第二透镜12,经第二透镜12的傅里叶变换,在第二透镜12的焦平面位置产生y偏振态艾里光束。y偏振态艾里光束射至第二分束器14,第二分束器14将y偏振态艾里光束分为第一y偏振态艾里光束和第二y偏振态艾里光束,第一y偏振态艾里光束进入合束器17,第二y偏振态艾里光束进入第二四倍焦距成像系统16,第二四倍焦距成像系统16用于观察y偏振态艾里光束的传输轨迹。三次方相位具体为: $\exp[j\alpha(x-x_0)^3]$,exp表示自然常数e为底的指

数函数, j 表示复数, a 为三次方参数, x 为一维艾里光束横坐标, x_0 为一维艾里光束横坐标变量。

[0029] 第一 x 偏振态艾里光束和第一 y 偏振态艾里光束经合束器17耦合后,经第三准直器18调成平行光,通过光纤传输至接收端。接收端对接收到的光信号进行处理,得到波形信号。

[0030] 具体地,发送端包括波形发生器1、马赫曾德尔调制器2、偏振分束器3、第一准直器4和第二准直器5,波形发生器1产生的波形信号经马赫曾德尔调制器2调制后输出为光信号,该光信号经偏振分束器3分为相互正交的 x 偏振态和 y 偏振态的高斯光, x 偏振态高斯光经第一准直器4调直后,传输至空间信道。 y 偏振态高斯光经第二准直器5调直后,传输至空间信道。

[0031] 接收端包括掺铒光纤放大器19、相干接收机20和数字信号处理21,掺铒光纤放大器19将接收到的光信号进行放大后,传输至相干接收机20,相干接收机20内置本振光源,本振光频率与信号光频率严格匹配,并且本振光与信号光的相位锁定。数字信号处理21与相干接收机20相连,用于信号处理。

[0032] 第一四倍焦距成像系统15和第二四倍焦距成像系统16均包括CCD图像传感器、第五反射镜和两第三透镜,第二 x 偏振态艾里光束和第二 y 偏振态艾里光束分别射至对应四倍焦距成像系统的第三透镜上,透射光经第五反射镜反射,并透射另一第三透镜后,成像于CCD图像传感器上。

[0033] 本实施例中,第一透镜11和第二透镜12的焦距均为20cm。

[0034] 为了生成艾里光束,空间光调制器8所加载的相位膜片(二维艾里光束的相位分布图样)如图3所示,因为空间光调制器8的相位对应的是 $0\sim 255$ 的灰度图,因此立方相位已经被折叠在 $0\sim 2\pi$ 范围。在显示的相位图样中,黑色对应的相位为 0 ,白色对应的相位为 2π 。相位膜片的大小为 512×512 像素,对应于空间光调制器8的像素数。

[0035] 图4所示为MATLAB仿真得到的艾里光束的传播距离 $z=0$ 时,二维艾里光束场分布图。通过观察此场强分布图,可以判断艾里光的绕障能力(图4最右侧为灰度值刻度,表示光斑亮度)。

[0036] 本发明的装置的使用方法为:

[0037] 空间光调制器8能够调整艾里光束的弹道轨迹,以至于其绕过障碍物时可以携带更多的能量。可采用两种方法实现:其一、改变三次方参数 a ,这样优化艾里光束的弯曲度;其二、移动相位模板来调整 x_0 ,这样可以优化艾里光束弹道轨迹的发射角。相位模板通过计算机22加载,三次方参数 a 也通过计算机22来进行调整。

[0038] 为测试艾里光束绕障,在第一透镜11和第二透镜12各自的焦平面处各设置一用于阻挡信号光束的障碍物23,本实施例中,所用障碍物23为不透明薄板。信号光束的传输轨迹通过两CCD分别观察,过程中,可参照上述的两种方法对艾里光束进行调整。

[0039] 以上所述,仅为本发明的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术方法范围内,可轻易想到的替换或变换方法,都应该涵盖在本发明的保护范围之内。

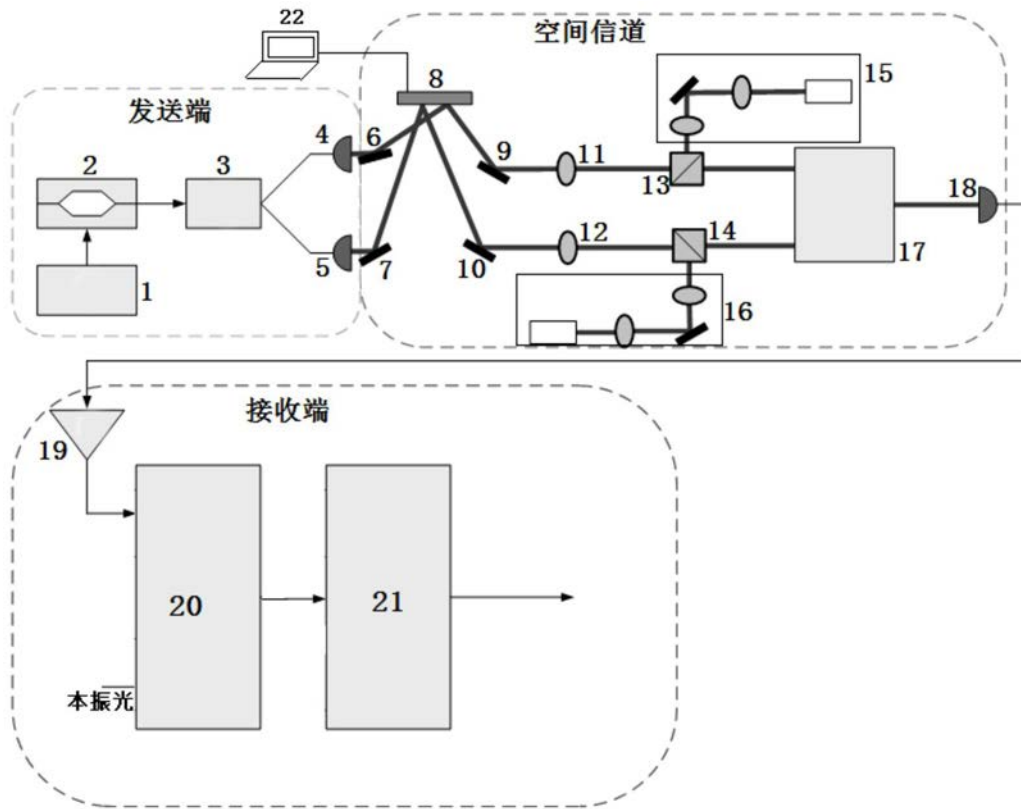


图1

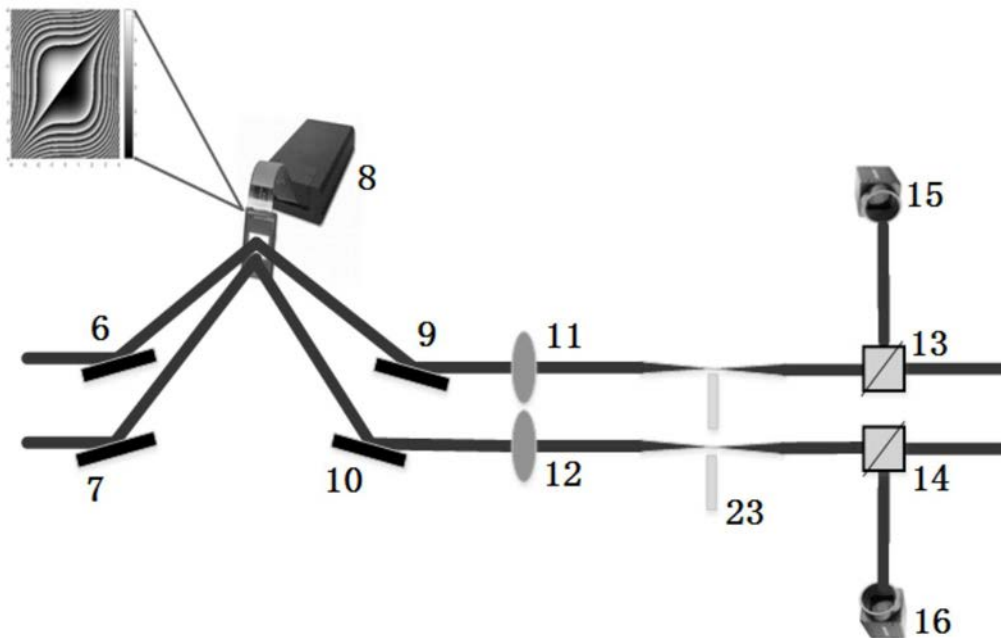


图2

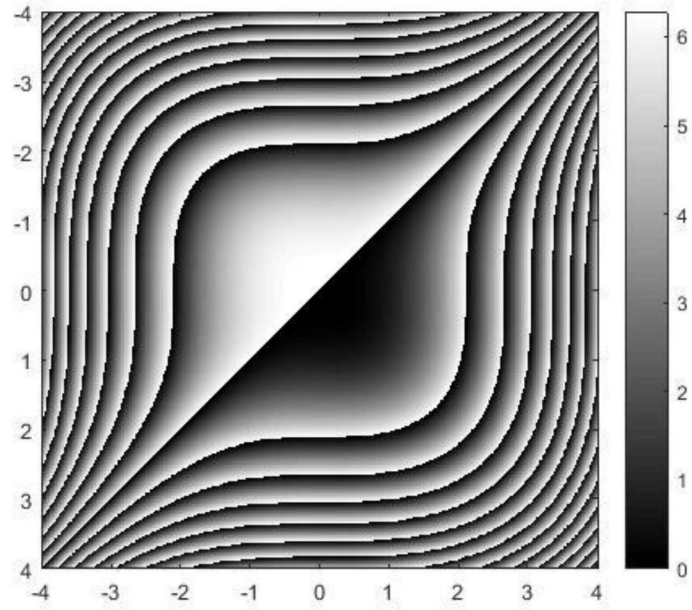


图3

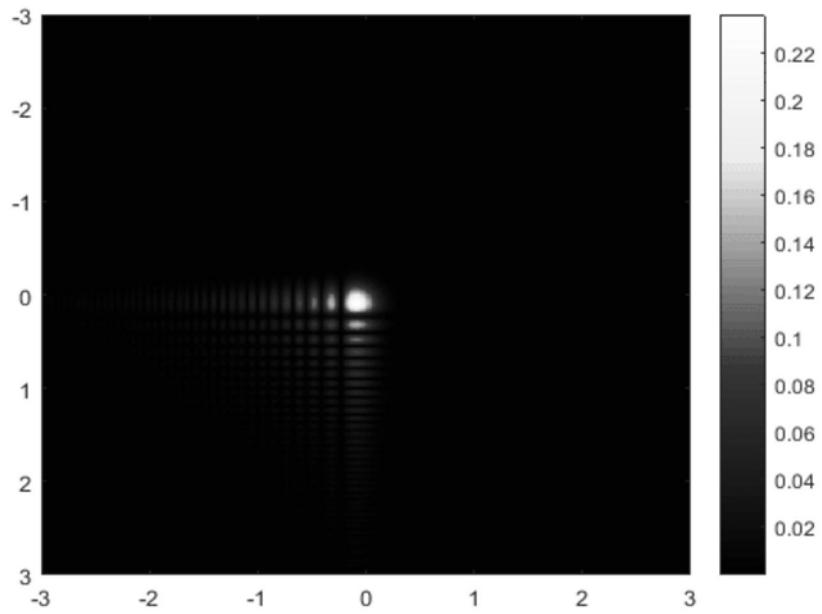


图4