



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105897344 B

(45)授权公告日 2018.01.26

(21)申请号 201610256545.8

CN 104301634 A,2015.01.21,

(22)申请日 2016.04.22

CN 105223582 A,2016.01.06,

(65)同一申请的已公布的文献号

CN 102427440 A,2012.04.25,

申请公布号 CN 105897344 A

CN 104121990 A,2014.10.29,

US 7787779 B2,2010.08.31,

(43)申请公布日 2016.08.24

陈莹, 池灏, 章献民,等.“光子学压缩感知技术研究进展”.《数据采集与处理》.2015,第29卷(第6期),

(73)专利权人 浙江大学

Zhu Z, Chi H, Jin T, et al.“Single-pixel imaging based on compressive sensing with spectral-domain optical mixing”.《Optics Communications》.2017,

地址 310027 浙江省杭州市西湖区浙大路38号

Guo Q, Chen H, Weng Z, et al.

(72)发明人 朱之京 徐宇啸 池灏 郑史烈
金晓峰 章献民

“Compressive sensing based high-speed time-stretch optical microscopy for two-dimensional image acquisition”.《Optics Express》.2015,第23卷(第23期),

(74)专利代理机构 杭州求是专利事务有限公司
33200

代理人 张法高

审查员 谢丽莹

(51)Int.Cl.

H04B 10/50(2013.01)

H04B 10/516(2013.01)

H04B 10/25(2013.01)

(56)对比文件

CN 102818631 A,2012.12.12,

权利要求书1页 说明书3页 附图1页

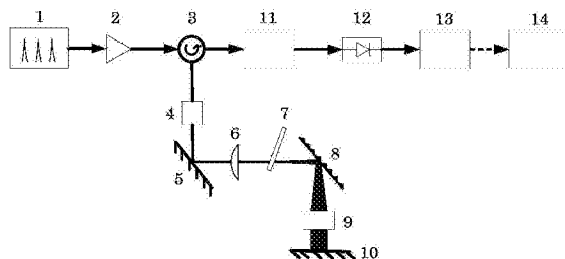
(54)发明名称

一种采用光频域随机混频的单像素二维成像系统及方法

后再由光纤压缩的繁杂过程,具有结构简单、紧凑、易集成等优点。

(57)摘要

本发明公开了一种采用光频域随机混频的单像素二维成像系统及方法。本发明利用锁模激光器提供脉冲光源,经过掺铒光纤放大器放大,由环形器进入准直镜,经过反射镜、半圆柱形透镜、虚像相位阵列、反射式衍射光栅、柱面镜后照射在需采集的图像上并反射,光信号原路返回环形器,在可编程光处理器中实现和伪随机序列混频,通过光电探测器进行光电转换后由数字采样示波器采样。示波器对每个脉冲峰值进行采样,利用压缩感知算法对图像信号进行重建。本发明由于利用了可编程光处理器在频域实现信号和随机序列的混频,避免了时域中混频时先由光纤展宽后利用马赫曾德尔调制器调制随机序列最



CN 105897344 B

1. 一种采用光频域随机混频的单像素二维成像系统,其特征在于:包括锁模激光器(1)、掺铒光纤放大器(2)、环形器(3)、准直镜(4)、反射镜(5)、半圆柱形透镜(6)、虚像相位阵列(7)、反射式衍射光栅(8)、柱面镜(9)、待采集图像(10)、可编程光处理器(11)、光电探测器(12)、数字采样示波器(13)和数字信号处理模块(14);所述的锁模激光器(1)、掺铒光纤放大器(2)、环形器(3)、可编程光处理器(11)和光电探测器(12)依次通过光纤相连,光电探测器(12)、数字采样示波器(13)和数字信号处理模块(14)通过电路顺次相连;所述的环形器(3)与准直镜(4)相连,准直镜(4)输出空间光,并依次通过由反射镜(5)、半圆柱形透镜(6)、虚像相位阵列(7)、反射式衍射光栅(8)和柱面镜(9)组成的二维成像系统并照射在待采集图像(10)上后,再原路返回准直镜(4)。

2. 一种使用如权利要求1所述系统的采用光频域随机混频的单像素二维成像方法,其特征在于,步骤如下:由锁模激光器(1)发出的飞秒脉冲经过掺铒光纤放大器(2)放大后进入环形器(3),环形器(3)中的光脉冲信号由准直镜(4)输出到自由空间再经由反射镜(5)反射,通过半圆柱形透镜(6)汇聚后进入虚像相位阵列(7),由于虚像相位阵列(7)的色散作用光谱在y轴方向展开,然后再经过反射式衍射光栅(8)在x轴方向将光谱展开,通过柱面镜(9)后照射在待采集图像(10)上并通过原光路返回环形器(3),利用可编程光处理器(11)将返回环形器(3)的光信号在频域实现光信号和随机序列的混频,光电探测器(12)完成光电转换后由数字采样示波器(13)对每个脉冲峰值采样,采样结果送入数字信号处理模块(14),通过压缩感知算法重建图像信号。

一种采用光频域随机混频的单像素二维成像系统及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及光通信领域和图像采集领域,具体涉及一种采用光频域随机混频的单像素二维成像系统及方法。

背景技术

[0002] 现实世界的模拟化和信号处理工具的数字化决定了信号采样是从模拟信源获取数字信息的必经之路。在对信号和图像进行处理时,只要涉及到将计算机作为处理工具,模拟信号的数字化就是我们所面临的最重要的问题。目前,如果利用以奈奎斯特准则为基础的传统方法获取信号,就要高速采样得到完整的样本集合,这样一方面会带来高成本问题,如高速A/D转换器和雷达成像系统,基于现有的技术方法,提高采样率会产生非常高的成本;另一方面会给数据存储和传输带来巨大压力,如数码相机和摄像机中,由奈奎斯特准则决定的高采样率导致采样样本过多,不利于后期的存储和处理。

[0003] 最近的研究热点——压缩感知理论表明,只要信号可以被稀疏表示,那么精确重构信号只要该信号的少量观测集合就可以实现。运用压缩感知理论可以不需经过高速采样而直接获取信号压缩后的数据,显然,这样的处理过程显著节约了采样、存储和处理的成本。

[0004] 压缩感知是指稀疏信号可以由一定数量的测量值恢复重建的一种理论,这里的采样速率远低于奈奎斯特速率。在压缩感知系统中,信号和测量矩阵相乘后在维度上得到降低,之后利用一定的恢复算法,例如基追踪(BP)算法、正交匹配追踪(OMP)算法等等,可以将信号恢复出来。

[0005] D.L.Donoho提出了压缩感知的概念,G.C.Valley等人利用基于空间光调制器的脉冲整形器在光子学领域提出了压缩感知的实现方案。

[0006] Bosworth B T,Stroud J R,Tran D N,et al,"High-speed flow microscopy using compressed sensing with ultrafast laser pulses",Optics express,2015,23(8):10521-10532中提出了基于光子学压缩感知的一维成像系统。该方案中信号和随机序列在时域进行混频,具体表现为先将光脉冲信号通过光纤色散拉伸,通过马赫曾德尔调制器将随机序列调制到光信号上,再通过另一段色散量大小相同、系数相反的光纤将信号压缩。在该方案中,准直镜输出的光信号通过衍射光栅将在一维空间上展开并采集图像信号,实现了以压缩感知为基础的一维成像系统。

[0007] Guo Q,Chen H,Weng Z,et al,"Compressive sensing based high-speed time-stretch optical microscopy for two-dimensional image acquisition",Optics express,2015,23(23):29639-29646中提出了以光子学压缩感知为基础的二维成像系统。和Bosworth B T等人的方案类似,该方案依然在时域对信号和随机序列进行混频——先将光脉冲信号通过光纤色散拉伸,通过马赫曾德尔调制器将随机序列调制到光信号上,再通过另一段色散量大小相同、系数相反的光纤将信号压缩。在该方案中,由于使用了以虚像相位阵列为基础的二维空间色散器件,实现了以压缩感知为基础的二维成像系统。

发明内容

[0008] 本发明的目的在于解决现有技术中存在的问题,并提供一种采用光频域随机混频的单像素二维成像系统。具体技术方案如下:

[0009] 一种采用光频域随机混频的单像素二维成像系统,包括锁模激光器、掺铒光纤放大器、环形器、准直镜、反射镜、半圆柱形透镜、虚像相位阵列、反射式衍射光栅、柱面镜、待采集图像、可编程光处理器、光电探测器、数字采样示波器和数字信号处理模块;所述的锁模激光器、掺铒光纤放大器、环形器、可编程光处理器和光电探测器依次通过光纤相连,光电探测器、数字采样示波器和数字信号处理模块通过电路顺次相连;所述的环形器与准直镜相连,准直镜输出空间光,并依次通过由反射镜、半圆柱形透镜、虚像相位阵列、反射式衍射光栅和柱面镜组成的二维成像系统并照射在待采集图像上后,再原路返回准直镜。

[0010] 本发明的另一目的在于提供一种使用所述系统的采用光频域随机混频的单像素二维成像方法,步骤如下:由锁模激光器发出的飞秒脉冲经过掺铒光纤放大器放大后进入环形器,环形器中的光脉冲信号由准直镜输出到自由空间再经由反射镜反射,通过半圆柱形透镜汇聚后进入虚像相位阵列,由于虚像相位阵列的色散作用光谱在y轴方向展开,然后再经过反射式衍射光栅在x轴方向将光谱展开,通过柱面镜后照射在待采集图像上并通过原光路返回环形器,利用可编程光处理器将返回环形器的光信号在频域实现光信号和随机序列的混频,光电探测器完成光电转换后由数字采样示波器对每个脉冲峰值采样,采样结果送入数字信号处理模块,通过压缩感知算法重建图像信号。

[0011] 本发明提出的采用光频域随机混频的单像素二维成像系统及方法,和传统成像系统相比,该单像素二维成像系统具有帧率高的特点,而且可极大减少图像存储、传输所需要的空间。由于利用了可编程光处理器在频域实现信号和随机序列的混频,避免了时域中混频时先由光纤展宽后利用马赫曾德尔调制器调制随机序列最后再通过光纤压缩的繁杂过程,具有结构简单、紧凑、易集成等优点。

附图说明

[0012] 图1是本发明提供的采用光频域随机混频的单像素二维成像系统结构示意图。

[0013] 图2是本发明提供的采用光频域随机混频的单像素二维成像系统的工作原理示意图。

[0014] 图中:锁模激光器1、掺铒光纤放大器2、环形器3、准直镜4、反射镜5、半圆柱形透镜6、虚像相位阵列7、反射式衍射光栅8、柱面镜9、待采集图像10、可编程光处理器11、光电探测器12、数字采样示波器13、数字信号处理模块14。

具体实施方式

[0015] 为使本发明的目的、技术方案和优点比较清楚明白,以下结合附图和实施例对本发明作进一步说明。

[0016] 如图1所示,本发明提供的采用光频域随机混频的单像素二维成像系统结构示意图,该单像素二维成像系统和传统成像系统相比具有帧率高的特点,而且可极大减少图像存储、传输所需要的空间。由于利用了可编程光处理器在频域实现信号和随机序列的混频,

避免了时域中混频时先由光纤展宽后利用马赫曾德尔调制器调制随机序列最后再通过光纤压缩的繁杂过程,具有结构简单、紧凑、易集成等优点。

[0017] 本发明提出的采用光频域随机混频的单像素二维成像系统,包括锁模激光器1、掺铒光纤放大器2、环形器3、准直镜4、反射镜5、半圆柱形透镜6、虚像相位阵列7、反射式衍射光栅8、柱面镜9、待采集图像10、可编程光处理器11、光电探测器12、数字采样示波器13和数字信号处理模块14;所述的锁模激光器1、掺铒光纤放大器2、环形器3、可编程光处理器11和光电探测器12依次通过光纤相连,光电探测器12、数字采样示波器13和数字信号处理模块14通过电路顺次相连;所述的环形器3与准直镜4相连,准直镜4输出空间光,并依次通过由反射镜5、半圆柱形透镜6、虚像相位阵列7、反射式衍射光栅8和柱面镜9组成的二维成像系统并照射在待采集图像10上后,再原路返回准直镜4。

[0018] 本发明所涉及的采用光频域随机混频的单像素二维成像系统工作原理,具体如下:

[0019] 如图2所示,根据压缩感知理论, N 点原始图像信号 x 可以在和测量矩阵 Φ 相乘后从 M 点($M \ll N$)测量向量中恢复:

$$[0020] \quad y = \Phi x = \Phi \Psi^{-1} s = \Theta s$$

[0021] 其中 $s = \Psi x$ 是稀疏向量(大多数元素是零或者大多数元素的绝对值小于一个阈值), $\Theta = \Phi \Psi^{-1}$ 。 Φ 是一个测量矩阵,稀疏基矩阵 Ψ 的列向量使输入向量 x 变为稀疏信号。例如,如果在时间窗内有整数个周期,由采样正弦信号得到的时间序列可以通过DFT矩阵转换为稀疏向量。

[0022] 在重建新号过程中,先恢复向量 s ,再恢复向量 x ,就需要找到向量 s' ,使得向量 s' 的 l_1 范数和测量约束向量的 l_2 范数的线性组合最小化,如下:

$$[0023] \quad s'(\lambda) = \operatorname{argmin}_s (\lambda \|s\|_1 + 1/2 \|y - \Theta s\|_2^2)$$

[0024] 其中 λ 是系统参量,由信号恢复时对噪声阈值的要求决定。

[0025] 一种使用所述系统的采用光频域随机混频的单像素二维成像方法,步骤如下:由锁模激光器1发出的飞秒脉冲经过掺铒光纤放大器2放大后进入环形器3,环形器3中的光脉冲信号由准直镜4输出到自由空间再经由反射镜5反射,通过半圆柱形透镜6汇聚后进入虚像相位阵列7,由于虚像相位阵列7的色散作用光谱在 y 轴方向展开,然后再经过反射式衍射光栅8在与 y 轴垂直的 x 轴方向将光谱展开,通过柱面镜9后照射在待采集图像10上并通过原光路返回环形器3,利用可编程光处理器11将返回环形器3的光信号在频域实现光信号和随机序列的混频,光电探测器12完成光电转换后由数字采样示波器13对每个脉冲峰值采样,采样结果送入数字信号处理模块14,通过压缩感知算法重建图像信号。

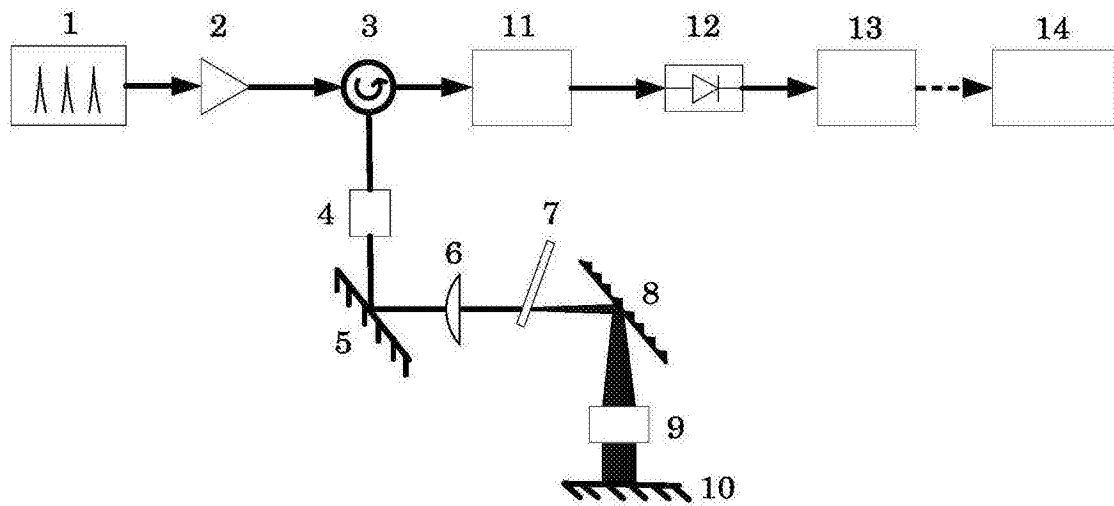


图1

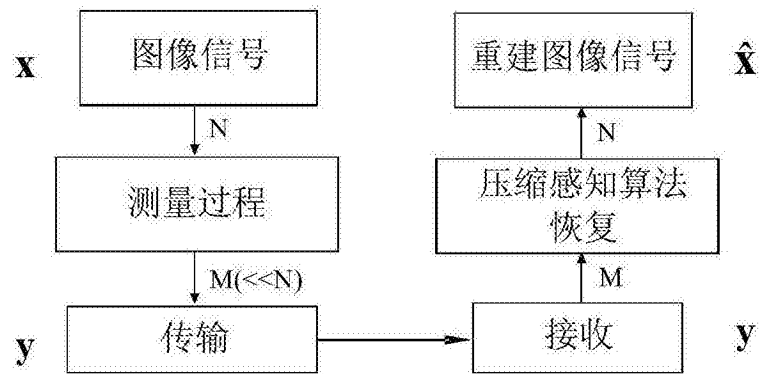


图2