



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103676130 B

(45)授权公告日 2016.09.21

(21)申请号 201310701608.2

审查员 杜乃锋

(22)申请日 2013.12.18

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 103676130 A

(43)申请公布日 2014.03.26

(73)专利权人 清华大学

地址 100084 北京市海淀区清华园100084-82信箱

(72)发明人 陈宏伟 邢芳俭 陈明华 谢世钟

(74)专利代理机构 北京路浩知识产权代理有限公司 11002

代理人 李迪

(51)Int.Cl.

G02B 21/36(2006.01)

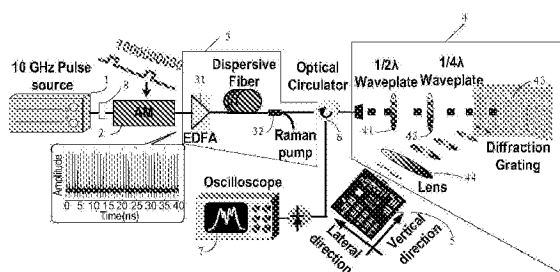
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54)发明名称

显微成像系统

(57)摘要

本发明公开了一种显微成像系统,包括:脉冲源,用于发出光脉冲;调制器,用于调制所述光脉冲;放大模块,用于对调制后的光脉冲信号进行放大;光链路模块,用于将放大后的脉冲信号聚焦至目标样本,在所述目标样本成像;其中,所述脉冲源是主动锁模光脉冲源。本发明实施例的显微成像系统脉冲源发出光脉冲,调制器调制所述光脉冲,放大模块对调制后的光脉冲信号进行放大,光链路模块将放大后的脉冲信号聚焦至目标样本,在所述目标样本成像,从而能够提高帧速率。



1. 一种显微成像系统,其特征在于,包括:
主动锁模光脉冲源,用于发出光脉冲;
调制器,用于调制所述光脉冲;
放大模块,用于对调制后的光脉冲信号进行放大;
光链路模块,用于将放大后的脉冲信号聚焦至目标样本,在所述目标样本成像;
所述脉冲源发出10GHz超短脉冲,所述调制器将10GHz超短脉冲重复率调制到1GHz,生成时域波形;
所述光链路模块包括:1/2 λ 偏光器,1/4 λ 偏光器、衍射光栅、透镜;
所述放大模块放大后的脉冲信号依次经过1/2 λ 偏光器,1/4 λ 偏光器、衍射光栅、透镜聚焦至目标样本;
还包括:光电探测器;
所述光电探测器通过光学循环器接收从所述目标样本反射回的具有样本空间信息的光脉冲。
2. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述系统还包括,非线性扩频介质,所述非线性扩频介质位于所述主动锁模光脉冲源和所述调制器之间,用于扩展所述主动锁模光脉冲源的频谱宽度。
3. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述放大模块通过具有657ps/nm色散值的光纤连接所述光链路模块,所述光纤将传输的管脉冲在时域上进行色散。
4. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述放大模块包括掺铒光纤放大器和/或拉曼放大器。
5. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述目标样本光线条尺寸为250微米 \times 30微米。
6. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,还包括:置于所述光链路模块前端的光学循环器,所述光学循环器与带宽示波器链接,所述带宽示波器实时获取所述光学循环器转换的脉冲信息,完成图像重构。
7. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述脉冲源发出的光脉冲具有10dB带宽1.5nm,脉冲重复率为10GHz,2ps时域脉宽。

显微成像系统

技术领域

[0001] 本发明涉及图像领域,特别涉及一种显微成像系统及方法。

背景技术

[0002] 串行时域编码放大显微成像是一种新颖的光成像技术,它可以实现实时高帧速率(大于1MHz)成像。然而,这种具有兆赫兹帧速率的成像系统仅能捕捉超过纳秒时间分辨率的短暂瞬态现象。为了有效地打开时间分辨率低于纳秒级的微观世界,超速实时成像系统的帧速率需要千兆赫的量级。

[0003] 目前的STEAM技术是使用被动锁模光脉冲源(也称作被动锁模激光器)来做成像系统的光源,使用被动锁模光脉冲源,由于成像速度受到锁模光脉冲源的脉冲重复率限制,并且,一般情况下,被动锁模光脉冲源的脉冲重复率低于100MHz,因此成像速率低。所以,如何提高帧速率是当前需要解决的技术问题。

发明内容

[0004] 本发明实施例提供一种显微成像系统及方法,能够提高帧速率。

[0005] 本发明实施例采用如下技术方案:

[0006] 本实施例提供一种显微成像系统,包括:

[0007] 脉冲源,用于发出光脉冲;

[0008] 调制器,用于调制所述光脉冲;

[0009] 放大模块,用于对调制后的光脉冲信号进行放大;

[0010] 光链路模块,用于将放大后的脉冲信号聚焦至目标样本,在所述目标样本成像;

[0011] 所述脉冲源是主动锁模光脉冲源。

[0012] 可选的,所述系统还包括,非线性扩频介质,用于扩展所述主动锁模光脉冲源的频谱宽度。

[0013] 可选的,脉冲源发出10GHz超短脉冲,所述调制器将10GHz超短脉冲重复率调制到1GHz,生成时域波形。

[0014] 可选的,所述放大模块通过具有657ps/nm色散值的光纤连接所述光链路模块,所述光纤将传输的管脉冲在时域上进行色散。

[0015] 可选的,所述放大模块包括掺铒光纤放大器和/或拉曼放大器。

[0016] 可选的,所述目标样本光线条尺寸为250微米×30微米

[0017] 可选的,所述光链路模块包括:1/2λ偏光器,1/4λ偏光器、衍射光栅、透镜;

[0018] 放大模块3放大后的脉冲信号依次经过1/2λ偏光器,1/4λ偏光器、衍射光栅、透镜聚焦至目标样本。

[0019] 可选的,还包括:置于所述光链路模块前端的光学循环器,光学循环器与带宽示波器链接,所述带宽示波器7实时获取所述光学循环器6转换的脉冲信息,完成图像重构。

[0020] 可选的,所述脉冲源发出的光脉冲具有10dB带宽为1.5nm,脉冲重复率为10GHz,时

域脉宽2ps。

[0021] 可选的,还包括:光电探测器;所述光电探测器通过光环形器接收从所述目标样本反射回的具有样本空间信息的光脉冲。

[0022] 基于上述技术方案,本发明实施例的显微成像系统脉冲源发出光脉冲,调制器调制所述光脉冲,放大模块对调制后的光脉冲信号进行放大,光链路模块将放大后的脉冲信号聚焦至目标样本,在所述目标样本成像,从而能够提高帧速率。

附图说明

[0023] 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,下面描述中的附图是本发明的一些实施例,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。

[0024] 图1为本发明实施例1提供的一种显微成像系统的结构示意图;

[0025] 图2a为本发明实施例2提供的一种波形示意图;

[0026] 图2b为本发明实施例2提供的另一种波形示意图;

[0027] 图2c为本发明实施例2提供的一种图像示意图;

[0028] 图2d为本发明实施例2提供的另一种图像示意图。

[0029] 附图中:1为脉冲源,2为调制器,3为放大模块,4为光链路模块,5为目标样本,6为光学循环器,7为带宽示波器,8为非线性扩频介质,31为掺铒光纤放大器,32为拉曼放大器,41为 $1/2\lambda$ 偏光器,42为 $1/4\lambda$ 偏光器、43为衍射光栅、44为透镜。

具体实施方式

[0030] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚地描述,显然,所描述的实施例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0031] 实施例1

[0032] 如图1所示,本实施例提供一种显微成像系统,包括:

[0033] 脉冲源1,用于发出光脉冲;

[0034] 调制器2,用于调制所述光脉冲;

[0035] 放大模块3,用于对调制后的光脉冲信号进行放大;

[0036] 光链路模块4,用于将放大后的脉冲信号聚焦至目标样本,在所述目标样本5成像;

[0037] 其中,该脉冲源是主动锁模光脉冲源。

[0038] 可选的,该系统还包括,非线性扩频介质8,非线性扩频介质8位于脉冲源1与调制器2之间,用于扩展脉冲源1发出的主动锁模光脉冲源的频谱宽度。

[0039] 可选的,脉冲源1发出10GHz超短脉冲,所述调制器将10GHz超短脉冲重复率调制到1GHz,生成时域波形。

[0040] 可选的,所述放大模块3通过具有657ps/nm色散值的光纤连接所述光链路模块,所述光纤将传输的管脉冲在时域上进行色散。

- [0041] 可选的,所述放大模块3包括掺铒光纤放大器31和/或拉曼放大器32。
- [0042] 可选的,所述目标样本光线条尺寸为250微米×30微米
- [0043] 可选的,所述光链路模块4包括:1/2λ偏光器41,1/4λ偏光器42、衍射光栅43、透镜44;
- [0044] 放大模块3放大后的脉冲信号依次经过1/2λ偏光器41,1/4λ偏光器42、衍射光栅43、透镜44聚焦至目标样本。
- [0045] 可选的,所述衍射光栅为1200线/毫米。
- [0046] 可选的,还包括:置于所述光链路模块前端的光学循环器6,光学循环器6与带宽示波器7链接,所述带宽示波器7实时获取所述光学循环器6转换的脉冲信息,完成图像重构。
- [0047] 可选的,所述脉冲源1发出的光脉冲具有10dB带宽为1.5nm,脉冲重复率为10GHz,时域脉宽2ps。
- [0048] 可选的,还包括:光电探测器(图中未示出);所述光电探测器通过光环形器接收从所述目标样本反射回的具有样本空间信息的光脉冲。
- [0049] 本实施例的显微成像系统,脉冲源发出光脉冲,调制器调制所述光脉冲,放大模块对调制后的光脉冲信号进行放大,光链路模块将放大后的脉冲信号聚焦至目标样本,在所述目标样本成像,从而能够提高帧速率。
- [0050] 实施例2
- [0051] 如图1所示,本实施例的显微成像系统10GHz超短脉冲源1(具有10-dB带宽1.5nm,时域脉宽2ps),本实施例中脉冲器2的可以使用Mach-Zehnder调制器将脉冲重复率调制降低到1GHz。其调制生成的时域波形如图1所示。脉冲器2至光链路模块4之间通过一段具有657ps/nm色散值的光纤连接,光纤将脉冲在时域上进行色散。同时,光脉冲通过掺铒光纤放大器31和拉曼放大器32进行放大,实现光脉冲频域映射至时域的低噪放大。光链路模块4通过衍射光栅43(1200线/毫米)实现将一维空间域映射至频谱域。一维空间色散光脉冲是通过透镜44(焦距为100毫米)聚焦到目标样本。目标样本5上的光线条尺寸大约为250微米×30微米。从目标样本反5射回的具有样本空间信息的光脉冲从原光路系统原路返回,通过光环形器转移进入至一个40GHz带宽的光电探测器。经过O/E转换的脉冲信息被高速大带宽示波器7实时获取,然后利用数字信号处理完成图像重构。上述高速实时示波器具有20GHz的带宽和50GS/s的采样率。
- [0052] 基于以上的实验系统进行试验,测试完成了一维图像成像的基本功能。实验中的目标样本是USAF-1951标准分辨率目标板。如图2(a)所示,将映射有图像信息的光谱和经由色散光纤后的时域脉冲波形进行对比,从该图中可以清楚地看到,其时域波形与映射有图像信息的光谱形状类似相同。其微小的差异主要是由于示波器的带宽有限。因为每一个脉冲当相当于单独的一帧信息,我们可以通过在正交方向上移动目标样本来构建完成样本的二维图像。如图2(c)所示,该单脉冲图像信息是从目标样本的第三组第六个元素(每个线宽为35μm)中捕获到。由于光脉冲的重复周期是1ns,相当于其成像帧率已达到1GHz(如图2(b)所示)。通过使用电动控制平移板来移动目标样品,我们可以得到样品的扫描图像(如图2(c)所示)。该实验中,横向分辨率和纵向分辨率均接近35μm。
- [0053] 图2a比较带有图像信息的单脉冲下的时域波形图(下方的波形线)和光谱图(上方的波形线);图2b目标板3-6组捕捉到的时域波形图,插入图示显示 的三个峰值对应的是3-

6的三条线槽(背景所示);图2c分辨率目标板USAF-1951,放大图示为第三群组;图2d通过线扫描3-6所获得的2D图片。

[0054] 本实施例实现了一个具有创记录的1GHz帧速率和35 μ m分辨率的实时线扫描显微成像系统。该成像系统是将空间色散和时间色散相结合,利用具有高重复率的激光脉冲进行实现超高速单像素成像。尽管在本实验案例中,系统完成在一维情况下,但是通过将一维衍射光栅替换成一对正交空间色散器,实验便可进一步扩张成二维系统。基于亚纳秒时间分辨率的超高速成像能力,它在实现高速微流体大吞吐率方面具有广泛的应用。另外,利用如此高的帧速率,该成像技术具有捕获持续时间小于纳秒的超快过程的潜能,尤其是非重复瞬态现象。

[0055] 显然,本领域的技术人员可以对本发明进行各种改动和变型而不脱离本发明的精神和范围。这样,倘若本发明的这些修改和变型属于本发明权利要求及其等同技术的范围之内,则本发明也意图包含这些改动和变型在内。

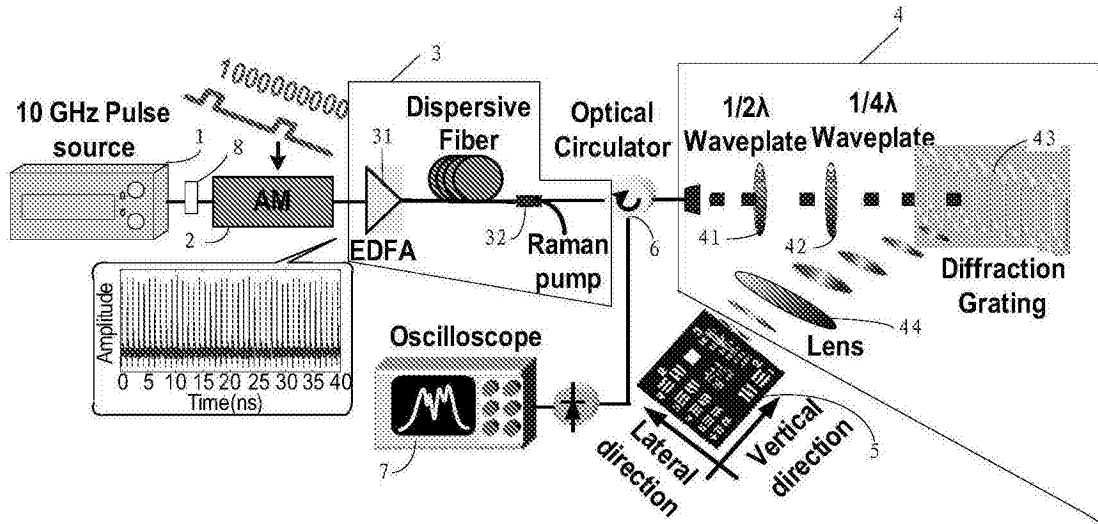


图1

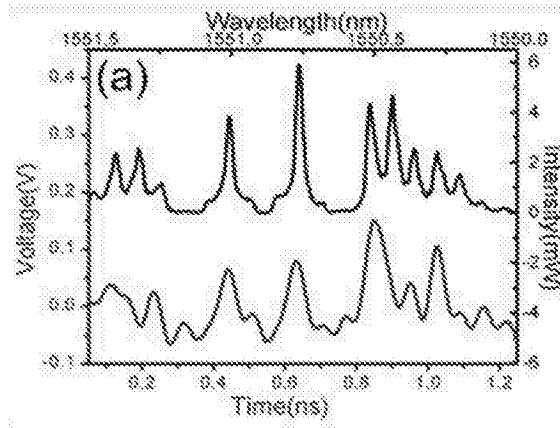


图2a

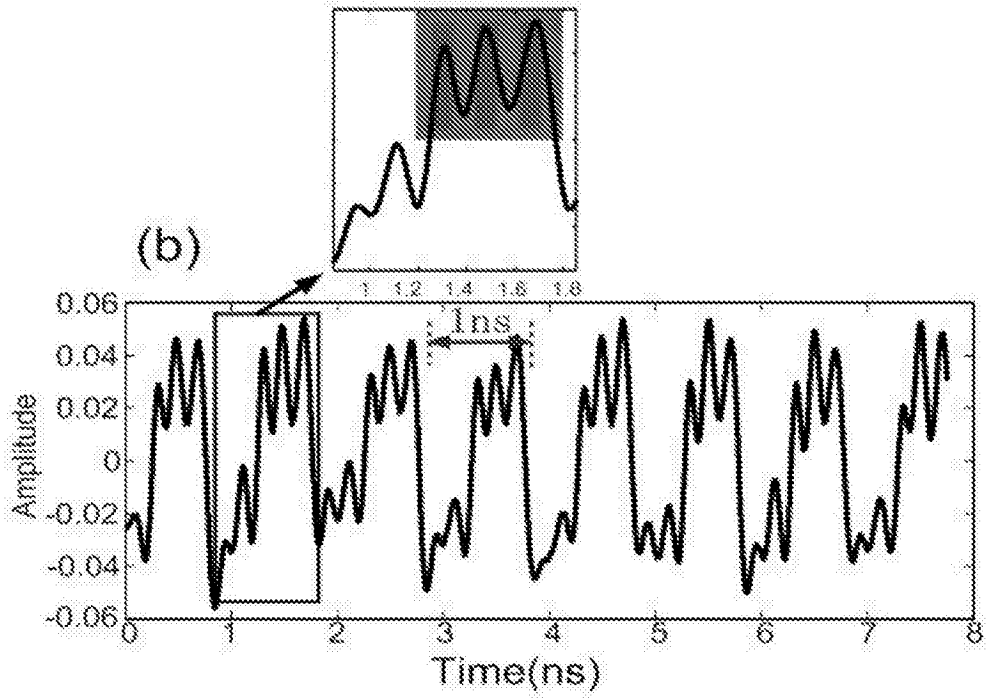


图2b

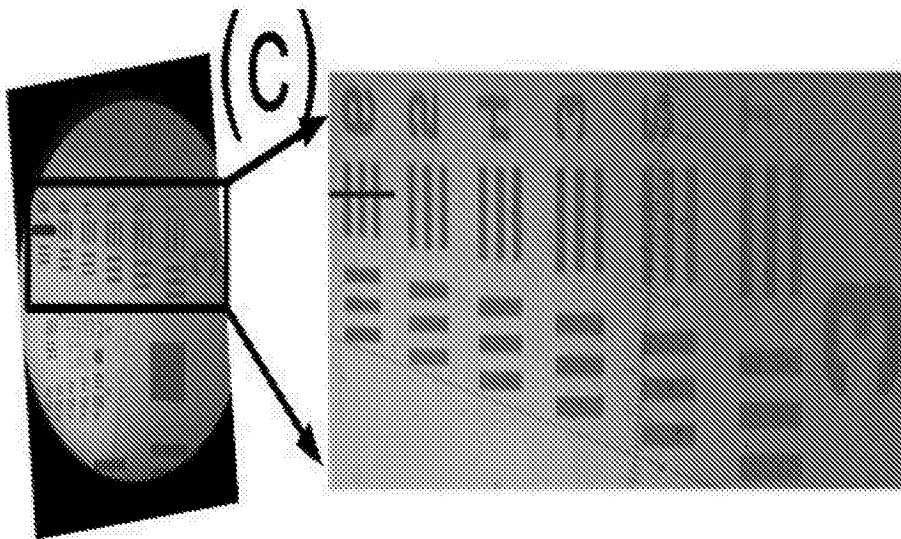


图2c

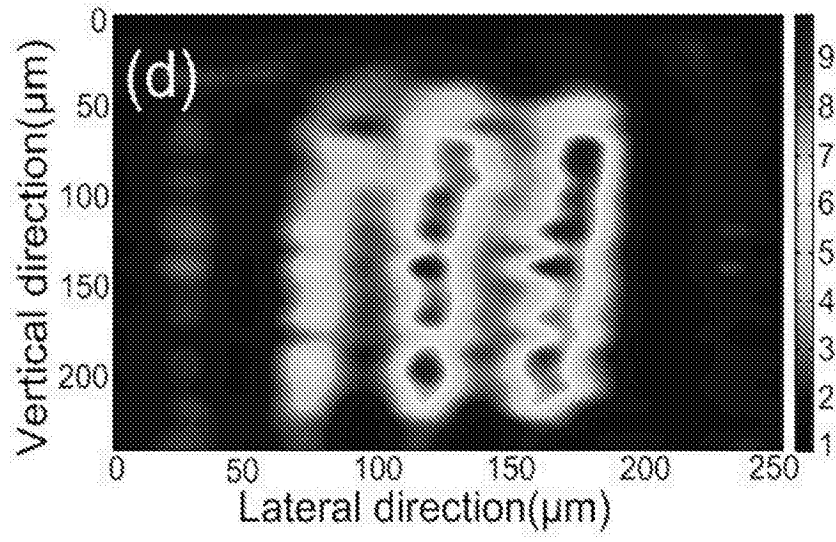


图2d