



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108430324 A

(43)申请公布日 2018.08.21

(21)申请号 201680076808.5

(22)申请日 2016.09.20

(30)优先权数据

14/950,038 2015.11.24 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2018.06.28

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2016/052629 2016.09.20

(87)PCT国际申请的公布数据

W02017/091283 EN 2017.06.01

(71)申请人 威里利生命科学有限责任公司

地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 A.霍迈克

(74)专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 邵亚丽

(51)Int.Cl.

A61B 5/026(2006.01)

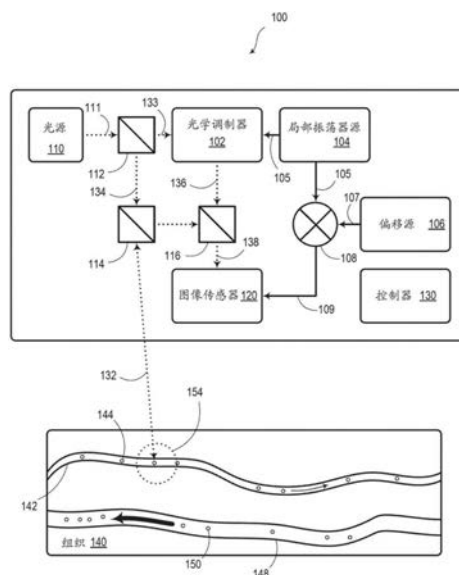
权利要求书2页 说明书8页 附图2页

(54)发明名称

实时激光多普勒成像的系统和方法

(57)摘要

公开的方法和系统可以操作为获得关于诸如组织中表面下脉管中的流体的散射物体的运动的非接触式诊断信息。作为示例,方法可以包含引起光源来用发射的光的至少第一部分照明组织并且用发射的光的至少第二部分照明光学调制器。可以由光学调制器来调制发射的光的第二部分。偏移源配置为提供偏移频率信号。图像传感器可以从样品接收光学信息。基于参考频率信号和偏移频率信号的外差信号可以用作图像传感器的每一个检测器元件的增益输入。基于接收的信息,可以确定样品的部分的运动。



1. 一种系统,包括:

光学调制器;

局部振荡器源,所述局部振荡器源配置为将参考频率信号提供到所述光学调制器;

偏移源,所述偏移源配置为提供偏移频率信号;

混频器,所述混频器配置为基于所述参考频率信号和所述偏移频率信号来提供外差信号;

光源,所述光源光耦合到所述光学调制器,其中能够操作所述光源来发射光以便于用发射的光的至少第一部分照明样品并且用所述发射的光的至少第二部分照明所述光学调制器,其中所述光学调制器配置为基于所述参考频率信号可控制地调制所述发射的光的至少第二部分,以便于提供调制的光;

图像传感器,所述图像传感器光耦合到所述样品和所述光学调制器,使得所述调制的光照明所述图像传感器,其中所述图像传感器包括多个检测器元件,其中所述多个检测器元件中的每一个检测器元件具有增益输入,其中所述增益输入耦合到所述混频器使得每一个检测器元件的增益输入基于所述外差信号来调制;以及

控制器,所述控制器包括至少一个处理器,其中所述控制器编程为实行操作,所述操作包括:

调整所述外差信号的频率;

在调整所述外差信号的频率时,接收来自所述图像传感器的信息;

并且

基于接收的信息来确定所述样品的部分的运动。

2. 根据权利要求1所述的系统,其中调整所述外差信号的频率包括调整所述偏移源,使得所述偏移频率信号在偏移频率的预定范围内改变。

3. 根据权利要求1所述的系统,其中所述光学调制器包括声光调制器或电光调制器中的至少一个。

4. 根据权利要求1所述的系统,其中所述光源包括单模激光器。

5. 根据权利要求1所述的系统,其中所述光源包括多个激光器。

6. 根据权利要求1所述的系统,其中所述图像传感器包括增益调制的图像传感器。

7. 根据权利要求1所述的系统,其中所述图像传感器包括雪崩光电二极管 (APD)、光电倍增管 (PMT)、互补金属氧化物半导体 (CMOS) 检测器或电荷耦合器件 (CCD) 中的至少一个。

8. 根据权利要求1所述的系统,其中基于所述接收的信息确定所述样品的部分的运动包括确定在所述样品的部分中的流体流动。

9. 根据权利要求8所述的系统,其中确定在所述样品的部分中的流体流动包括确定在所述样品的部分中的流体流动的流速。

10. 根据权利要求9所述的系统,其中所述操作还包括确定所述样品的流动图,其中所述流动图包含所述样品的多个部分中的每一个的相应流速。

11. 根据权利要求1所述的系统,其中所述参考频率信号在1和100MHz之间,并且其中所述偏移频率信号在0至5MHz之间。

12. 根据权利要求1所述的系统,其中所述接收的信息包括指示在所述发射的光的第一部分和所述样品的部分之间的散射相互作用的信息。

13. 根据权利要求1所述的系统,其中所述系统的至少部分并入到内窥镜中。

14. 一种方法,包括:

引起光源来发射光以便于用发射的光的至少第一部分照明样品并且用所述发射的光的至少第二部分照明光学调制器,其中所述光学调制器配置为基于参考频率信号可控制地调制所述发射的光的至少第二部分,以便于提供调制的光;

调整偏移源,其中所述偏移源配置为提供偏移频率信号,其中调整所述偏移源包括在偏移频率的预定范围内改变所述偏移频率信号;

在调整所述偏移源时,从图像传感器接收信息,其中所述图像传感器光耦合到所述样品和所述光学调制器,使得所述调制的光照明所述图像传感器,其中所述图像传感器包括多个检测器元件,其中所述多个检测器元件中的每一个检测器元件具有增益输入,其中所述增益输入耦合到混频器,其中所述混频器配置为基于所述参考频率信号和所述偏移频率信号来提供外差信号,并且其中每一个检测器元件的增益输入基于所述外差信号来调制;以及

基于所述接收的信息来确定样品的部分的运动。

15. 根据权利要求14所述的方法,其中所述光学调制器包括声光调制器或电光调制器中的至少一个。

16. 根据权利要求14所述的方法,其中所述光源包括单模激光器。

17. 根据权利要求14所述的方法,其中所述光源包括多个激光器。

18. 根据权利要求14所述的方法,其中所述图像传感器包括雪崩光电二极管 (APD)、光电倍增管 (PMT)、互补金属氧化物半导体 (CMOS) 检测器或电荷耦合器件 (CCD) 中的至少一个。

19. 根据权利要求14所述的方法,其中基于所述接收的信息确定所述样品的部分的运动包括确定在所述样品的部分中的流体流动。

20. 根据权利要求19所述的方法,其中确定在所述样品的部分中的流体流动包括确定在所述样品的部分中的流体流动的流速。

21. 根据权利要求20所述的方法,还包括确定所述样品的流动图,其中所述流动图包含所述样品的多个部分中的每一个的相应流速。

22. 根据权利要求14所述的方法,其中所述参考频率信号在1和100MHz之间,并且其中所述偏移频率信号在0至5MHz之间。

23. 根据权利要求14所述的方法,其中所述接收的信息包括指示在所述发射的光的第一部分和所述样品的部分之间的散射相互作用的信息。

实时激光多普勒成像的系统和方法

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2015年11月24日提交的美国专利申请No.14/950,038的优先权,其全部内容通过引用合并于此。

背景技术

[0003] 血液流动的精确测绘可以实现和/或改进各种临床应用。例如,血液流动测绘可以有助于确保活体组织中维持足够的血液流动。在手术期间,流动测绘可以有助于规划切口位置并且避免过多的失血。关于癌症研究,疑似肿瘤附近的微血管中的血液流动变化可以有助于识别肿瘤类型和/或区域。另外,血液流动测绘可以用在神经应用中以研究生理学和心理学。例如,血液流动可以指示脑部机能和激活。血液流动测绘的附加应用包含视网膜病变、皮肤病学和心脏病学。

发明内容

[0004] 在一方面中,提供了一种系统。该系统包含光学调制器、局部振荡器源、偏移源、混频器(mixer)、光源、图像传感器以及控制器。局部振荡器源配置为将参考频率信号提供到光学调制器。偏移源配置为提供偏移频率信号。混频器配置为基于参考频率信号和偏移频率信号来提供外差信号。将光源光耦合到光学调制器。可操作光源来发射光以便于用发射的光的至少第一部分照明样品并且用发射的光的至少第二部分照明光学调制器。光学调制器配置为基于参考频率信号可控制地调制发射的光的至少第二部分以便于提供调制的光。将图像传感器光耦合到样品和光学调制器,使得调制的光照明图像传感器。图像传感器包含多个检测器元件。多个检测器元件中的每一个检测器元件具有增益输入。将增益输入耦合到混频器,使得每一个检测器元件的增益输入基于外差信号来调制。控制器包含至少一个处理器。将控制器编程为实行操作。操作包含调整外差信号的频率。操作还包含在调整外差信号的频率时,从图像传感器接收信息。操作另外还包含基于接收的信息来确定样品的部分的运动。

[0005] 在一方面中,提供了一种方法。该方法包含引起光源来发射光,以便于用发射的光的至少第一部分照明样品并且用发射的光的至少第二部分照明光学调制器。光学调制器配置为基于参考频率信号可控制地调制发射的光的至少第二部分以便于提供调制的光。方法还包含调整偏移源。偏移源配置为提供偏移频率信号。调整偏移源包含在偏移频率的预定范围内改变偏移频率信号。方法还包含在调整偏移源时,从图像传感器接收信息。将图像传感器光耦合到样品和光学调制器,使得调制的光照明图像传感器。图像传感器包含多个检测器元件。多个检测器元件中的每一个检测器元件具有增益输入。增益输入耦合到混频器。混频器配置为基于参考频率信号和偏移频率信号来提供外差信号。基于外差信号调制每一个检测器元件的增益输入。方法另外还包含基于接收的信息来确定样品的部分的运动。

[0006] 通过参考附图阅读以下详细的描述,其他方面、实施例和实现方式对于本领域普通技术人员将变得显而易见。

附图说明

[0007] 图1示出了根据示例性实施例的系统。

[0008] 图2示出了根据示例性实施例的方法。

具体实施方式

[0009] 概述

[0010] 本公开的实施例涉及系统和方法,其对提供关于组织中的血液流动的诊断信息是可操作的。具体而言,激光可以用发射的光的一部分照明样品。发射的光的另一个部分可以经由光学调制器在参考频率处调制。可以将可控制的频率偏移和参考频率混频到外差信号中。外差信号可以用作多个检测器元件的增益输入。在这样的情景下,可以从多个检测器元件接收的信息中获得样品中的血液的运动。此外,通过调整频率偏移,可以获得关于血液流速的范围的信息。

[0011] 通过调制检测器元件的增益输入,在与调制频率不同的频率处发生的光波动可以平均为零。同样地,每个检测器元件可以操作为独立的锁定放大器,并且在单一图像帧中,多个检测器元件可以在预期的频率附近以多普勒位移提供流动成分的快照。另外,通过在预定范围(例如,几MHz)之上调整偏移频率,可以捕获具有流速的范围的多个图像帧。

[0012] 示例实施例可以操作为至少部分地基于光学外差检测和多普勒效应来提供表面下脉管的流动测绘。光学外差检测包含未调制的信号和在局部振荡频率处调制的信号的非线性光学混频。当在平方律检测器处检测叠加的光学信号时,可以发生非线性光学混频。检测过程以未调制的信号和已调制的信号的和频与差频来产生信号。

[0013] 多普勒效应可以在本文中用作确定流体流速的方式。即,在照明光和流动流体之间的光学相互作用可以基于该流体的流体流速来产生具有多普勒位移频率的散射光。如本文所描述的,流体可以涉及血液、淋巴液、细胞间液或者相对于检测系统和/或照明光源来移动的其他类型的流体或固体物体。

[0014] 通过将多普勒效应和光学外差结合,本文中公开的系统和方法可以操作为提供实时、全帧流体流动图像。在示例性实施例中,可以在较宽视场之上获得表面下脉管中的量化的流动测量。此外,本系统和方法可以操作为监控各种各样的流动速度并且以较低流动感测较浅血管以及有些较深血管(其可以至少离皮肤表面几毫米)。此外,公开的实施例的一些可以以非接触方式来操作,这可以提供更好的从业者/患者经历,同样允许更好地与手术程序结合使用。在这样的手术情况下,非接触系统提供了以下好处:不妨碍其他手术设备并且不会将异物引入到手术部位。

[0015] 示例性系统

[0016] 图1示出了根据示例性实施例的系统100。系统100包含光学调制器102、局部振荡器源104、偏移源106、混频器108和至少一个光源110。系统100还包含图像传感器120和控制器130。可选地,系统100可以包含分束器112、114和116。

[0017] 可以理解的是,尽管在图1中示出分束器112、114和116,但是其他光学部件修改、指引和/或吸收本文所描述的光也是可能的。例如,在光纤设置中,可以使用一个或多个光纤耦合器。此外,光纤可以是单模光纤。此外,系统100可以包含各种光学部件来提供在图像

传感器120处的模式匹配。换言之,为了实现在从样品接收到的光学信号和调制的光136之间的适当光学外差混频,可以选择光学部件以便于维持所有图像传感器120的检测器元件之上的模式匹配。诸如滤光器、镜头、孔径和快门的其他光学元件可以在系统100中实现并且在本文中全部是可预期的。

[0018] 光源110经由分束器112光耦合到光学调制器102。光学调制器102配置为基于参考频率信号105可控制地调制发射的光的至少第二部分以便于提供调制的光136。

[0019] 在示例性实施例中,光源110可以是单模激光器。例如,光源110可以包含激光器,该激光器配置为提供具有大约785纳米波长的发射光111。此外,其他低相位噪声、单模、单波长光源是可能的。在近红外(例如0.7-2.0微米)中的其他波长是可能的且是预期的。作为示例,可以基于诸如照明光在组织中的穿透深度以及水和血液的光谱吸收带的考虑来选择和/或控制发射光111的波长。

[0020] 在一些实施例中,光源110可以包含多个光源。在这样的场景下,光源110可以基于分光镜的流动信息的需求来选择。例如,在第一波长处操作的第一光源可以配置为获得关于第一组织深度处的流速的信息,同时第二光源可以配置为操作在第二波长处以便于获得关于第二组织深度处的流速的信息。

[0021] 系统100可以配置为与组织140互相作用。即,组织部分154可以由照明光134来照明。照明光134可以包含未调制的光。例如,照明光134可以包含来自未调制的光源110的发射光111的第一部分。调制的光136可以由发射光111的第二部分133和光学调制器102之间的相互作用来提供。具体而言,调制的光136可以基于来自局部振荡器源104的参考频率信号105来调制。

[0022] 在示例性实施例中,光学调制器102可以配置为将发射光111的第二部分133的光学频率移动。此外,光学调制器102可以配置为维持实质上稳定的振幅。同样地,光学调制器102可以是相位调制器,其配置为调制发射光111的第二部分133的单一边带的相位。

[0023] 例如,光学调制器102可以是折射调制器。同样地,折射调制器可以包含具有可修改的折射率的材料。例如,折射调制器可以经由声光效应或电光效应来调整其折射率。在这样的示例中,折射调制器可以是行波声光调制器(AOM)或电光调制器(FOM)。

[0024] 另外,光学调制器102可以是配置为修改入射光的相位的空间光调制器(SLM)。

[0025] 在一些实施例中,光学调制器102可以根据各种传输函数来调制入射光。例如,光学调制器102可以根据正弦波调制输入信号来调制入射光的相位。替代地,调制输入信号可以包含线性锯齿波。在这样的场景中,光学调制器102可以根据差动相位调制(serrodyne phase modulation)来调制入射光。

[0026] 替代地,光学调制器102可以是吸收调制器。在这样的场景中,吸收调制器可以包含具有可修改的吸收系数的材料。例如,吸收调制器可以是电吸收调制器(EAM)。

[0027] 局部振荡器源104配置为将参考频率信号105提供到光学调制器102和混频器108。在示例性实施例中,局部振荡器源104可以是频率合成器,其可以包含电子振荡器和频率混频器。局部振荡器源104可以操作为以低谐波和相位噪声来提供稳定频率参考。在其他实施例中,局部振荡器源104可以是晶体振荡器或可变的频率振荡器。在示例性实施例中,可以调节局部振荡器源104以提供在1和100MHz之间的参考频率信号105。在示例性实施例中,局部振荡器源104可以提供40MHz的参考频率信号105。在本文中其他频率是预期的。

[0028] 偏移源106配置为提供偏移频率信号。在示例性实施例中,偏移源106可以是频率合成器。其他偏移频率范围是可能的。可以调节偏移源106以提供具有在0和5MHz之间的频率的偏移频率信号107。在本文中其他频率是预期的。

[0029] 混频器108配置为基于参考频率信号105和偏移频率信号107来提供外差信号109。在示例性实施例中,混频器108可以是具有非线性电路的频率混频器。同样地,可以操作非线性电路以接受参考频率信号105和偏移频率信号107并且产生两个新信号,在参考频率和偏移频率的总和处的第一信号以及在参考频率和偏移频率的差处的第二信号。在这样的场景中,可以调节偏移源106以提供在0和5MHz之间的偏移频率信号107。例如,在参考频率信号105具有40Mhz的载波频率的情况下,偏移频率信号107可以具有0-5MHz范围内的频率。混频器108可以提供外差信号109来作为包含来自偏移频率信号107和参考频率信号105的和频和差频,使得外差信号109可以在35Mhz至45MHz的频率范围内。然而,其他外差信号、频率和频率范围是可能的。

[0030] 在示例性实施例中,相对于系统100可以使用滤波器以区分流动方向。换言之,滤波器可以用于消除“正”和“反”流动信息的歧义。在一些实施例中,不考虑流动方向,可以禁用滤波器以允许成像所有流动成分。

[0031] 在一些实施例中,混频器108可以是是无源混频器或有源(放大的)混频器。此外,混频器108可以是单平衡混频器或双平衡混频器。替代地,混频器108可以是不平衡的混频器(例如二极管)。在本文中其他类型的射频(RF)混频器是可预期的。

[0032] 图像传感器120可以光耦合到组织140和光学调制器102。在示例性实施例中,图像传感器120经由分束器114和116光耦合到组织140。可以理解的是其他光学布置是可能的,以便于使图像传感器120能够检测来自包含组织140(具体地组织部分154)的视场的光。

[0033] 图像传感器120还可以经由分束器116耦合到光学调制器102。因此,图像传感器120可以配置为接收调制的光136以及来自组织140的散射光。

[0034] 在示例性实施例中,图像传感器120包含多个检测器元件。例如,检测器元件可以是雪崩光电二极管(APD)、互补金属氧化物半导体(CMOS)检测器或电荷耦合器件(CCD)。在这样的场景中,多个检测器元件中的每一个检测器元件可以具有增益输入。将增益输入耦合到混频器108,使得每一个检测器元件的增益输入基于外差信109来调制。换言之,图像传感器120可以操作为增益调制的图像传感器。换言之,通过调制检测器增益,每一个检测元件可以充当锁定放大器并且至少实质上拒绝具有除了外差信号109之外的频率的信号。

[0035] 图像传感器120可以配置为每1至10毫秒来捕获图像(例如每秒100-1000图像帧)。然而,诸如每秒10帧的其他捕获速率是可能的。

[0036] 控制器130包含至少一个处理器和存储器。存储器可以包含某些指令,其可以指引控制器以实行操作。操作包含调整偏移源,使得偏移频率信号107在偏移频率的预定范围(例如0-5MHz)内改变。同样地,外差信号109可以在35-45MHz的频率范围内。其他频率范围是可能的。

[0037] 操作还包含在调整偏移源106时,从图像传感器接收信息。在示例性实施例中,接收的信息包含指示在调制的光和组织部分154之间的散射相互作用的信息。

[0038] 操作还包含基于接收的信息来确定样品的部分的运动(例如血管142中的流体)。运动的确定可以包含对样品的至少部分来计算和/或估计流体流动。在示例性实施例中,计

算可以基于检测器数据中所观测的多普勒位移,

[0039] 在示例性实施例中,组织140中的血管142中的流动流体144可以由照明光134来照明。在从照明光134和流动流体144之间的散射相互作用产生散射光时,可以发生多普勒位移。换言之,散射光可以基于流动流体144的运动来展示多普勒位移。例如,多普勒位移可以在1MHz附近。在示例性实施例中,“慢”血管(例如血管142)可以展示1MHz及以下的多普勒位移。例如,毛细血管可以展示大约每秒100微米的血液流动,并且静脉可以具有大约每秒10毫米的血液流动。

[0040] 在一些实施例中,“快”血管(例如血管148)可以展示高达2MHz的多普勒位移。其他多普勒位移是可能的。例如,动脉可以展示超过每秒1米的脉动血液流动,其可以是对应于多普勒位移的几MHz。可以理解的是特定多普勒位移振幅和符号可以取决于例如光源110的相对取向和动作以及相应的流体流动144和150。因此,其他多普勒位移值是可能的。

[0041] 可选地,操作还可以包含为样品确定流动图。流动图可以包含关于样品的对应空间部分的流体流动的信息。可以从图像传感器120的一个或多个图像来提供流动图。在示例性实施例中,可以结合多个流动图以形成高光谱流速数据立方体。在这样的场景中,高光谱流速立方体可以包含多个图像,每一个图像指示在每一个像素位置(x和y)处的强度。较高的强度可以指示检测器以给定的多普勒位移来感测相对较大数量的光子。

[0042] 在调整偏移源106时可以捕获多个图像,以便于改变偏移信号107并且因此外差信号109。在这样的情况下,基于在捕获给定图像时施加到检测器元件的增益输入的外差信号109的频率,多个图像中每一个图像可以表示给定的多普勒位移(并且因此特定流速)。因此,高光谱流速数据立方体的每一个元素可以表示为沿着图像传感器120的x位置、沿着图像传感器120的y位置和流速(或多普勒位移)。

[0043] 尽管图1示出系统100具有元件的特定布置,但是其他布置也是可能的。例如,至少一些光学部件可以移动、修改和/或用于不同目的。在示例性实施例中,可选地,光学调制器102可以用来调制除了发射光111的第二部分133之外的样品的信号束。在另一个实施例中,偏移频率信号107可以施加到光学调制器102。在这样的场景中,图像传感器120的检测器元件的增益输入可以具有固定增益。

[0044] 此外或替代地,可以组合和/或重新布置系统100的一些元件。例如,一些类型的光学调制器(例如声光学调制器(AOM))可以同时起到频移器/调制器和分束器的功能。此外,可以由代替了偏移源106和混频器108的独立频率源来生成外差信号109。系统100的元件的其他配置是可能的。

[0045] 在一些实施例中,系统100可以并入到内窥镜中。例如,系统100可以经由光纤束来光耦合到内窥镜。一个或多个光纤可以经由光学路径132将照明光134递送到组织140。此外,多个光纤可以接收来自与诸如流动流体144和150的组织140中各种结构散射相互作用的光。在一些实施例中,光纤可以是维持偏振的光纤。

[0046] 在其他实施例中,系统100可以并入到手术机器人、手术刀、移动计算装置或其他类型的医疗装置。总体上,可以操作系统100以检测在散射物体和照明光134的光学相位之间的任何相关运动。

[0047] 示例方法

[0048] 图2示出了根据示例性实施例的方法200。方法200可以包含各种块或步骤。可以单

独地或组合地实行块或步骤。可以以任何顺序和/或连续或并列地实行块或步骤。另外,块或步骤可以省略或增加到方法200。

[0049] 可以由参考图1所示出和描述的系统100的各种元件来实行方法200的块。

[0050] 块202包含引起光源来发射光,以便于用发射的光的至少第一部分照明样品并且用发射的光的至少第二部分照明光学调制器。光源可以包含如参考图1所示出和描述的光源102。例如,光源可以是单模激光器。发射的光的第一部分可以包含照明光134。此外,发射的光的第二部分包含第二部分133,可以将其调制以提供调制的光136。

[0051] 光学调制器可以包含光学调制器102并且可以是声光调制器或电光调制器。光学调制器配置为基于参考频率信号可控制地调制发射的光的至少第二部分以便于提供调制的光。参考频率信号可以是由如参考图1所示出和描述的局部振荡器源104所提供的参考信号105。关于图1所述的,系统100的元件可以用于各种布置和/或用于各种目的。在示例性实施例中,参考频率信号 S_{osc} 可以具有1和100MHz之间的频率,其可以表示为:

[0052] $S_{osc}(t) \propto \sin(2\pi f_{osc}t)$ 。

[0053] 光学调制器102可以在 f_{osc} 处调制第二部分133。此外,光学调制器102可以提供单侧带信号。在示例性实施例中,光学参考频率信号(例如调制的光136)可以是正弦的并且具有可以表示为以下的电场: $S_{modulator}(t) \propto \sin(2\pi(f_{source} \mp f_{osc})t)$ 。

[0054] 块204包含调整偏移源。偏移源可以是偏移源106。偏移源配置为提供偏移射频信号(例如偏移频率信号107)。在示例性实施例中,偏移射频信号可以是正弦的并且可以表示为: $S_{offset}(t) \propto \sin(2\pi f_{offset}t)$ 。偏移频率信号和参考频率信号可以输入到诸如混频器108的混频器中,以形成外差信号。外差信号可以包含偏移频率和参考频率的和频和差频处的信号。

[0055] 对于给定的参考频率 f_{osc} 和给定的偏移频率 f_{offset} ,外差信号可以表示为: $S_{heterodyne}(t) \propto \sin[2\pi(f_{osc} \pm f_{offset})t]$ 。

[0056] 调整偏移源可以包含在偏移频率的预定范围(例如0-5MHz)内改变偏移频率信号。在示例性实施例中,参考频率可以是40MHz。因此,RF外差信号的频率 $f_{heterodyne}$ 可以是在35至45MHz之间。外差信号的其他频率是可能的。

[0057] 块206包含在调整偏移源时,从图像传感器接收信息。图像传感器可以包含雪崩光电二极管(APD)、光电倍增管(PMT)、互补金属氧化物半导体(CMOS)检测器或电荷耦合器件(CCD)中的至少一个。将图像传感器光耦合到样品和光学调制器,使得调制的光照明图像传感器。图像传感器可以包含多个检测器元件。

[0058] 发射的光的第一部分(例如照明光134)可以经由各种类型的光学处理与样品相互作用。例如,可以由样品的部分来吸收、反射或者另外散射发射的光的第一部分。此外,在相对于光源移动的样品部分时,可以在散射光中观测到多普勒位移。例如,多普勒位移可以包含与发射的光的频率相比散射光的频率(对应的波长)的变化。换言之,样品部分相对于光源移动的场景下,由图像传感器接收的至少部分散射光可以包含从移动样品部分散射的多普勒位移的光。

[0059] 多普勒位移 Δf 可以表示为: $\frac{\Delta f}{f_{source}} \propto \frac{v}{c}$,其中 f_{source} 是发射的光的频率, c 是光速以及 v 是相对于光源的样品部分的速度。因此,从样品的移动部分所散射的光可以表示为:

[0060] $S_{\text{sample}}(t) \propto \sin[2\pi(f_{\text{source}} + \Delta f)t]$ 。

[0061] 图像传感器的检测器元件可以配置为吸收光,像是“平方律检测器”。换言之,由检测器生成的检测器信号D与入射到检测器上的光的电场振幅的平方成比例。在两个偏振匹配的情况下,检测器上同时发生的正弦变化的相干(例如相位中)光学信号,即 S_{sample} 和 $S_{\text{modulator}}$,检测器信号D可以表示为两个光学信号的叠加:

[0062] $D \propto \int (S_{\text{sample}} + S_{\text{modulator}})^2 dt$ 。

[0063] 此外,图像传感器的每一个检测器元件具有增益输入。同样地,每一个检测器元件可以将增益 $G(t)$ 提供到检测器元件的输出。来替换,

[0064] $D \propto \int G(t) [\sin[2\pi(f_{\text{source}} \pm \Delta f)t] + \sin[2\pi(f_{\text{source}} \pm f_{\text{osc}})t]]^2 dt$ 。

[0065] 增益输入可以电耦合到混频器,使得 $G(t) = S_{\text{heterodyne}}(t) = \sin[2\pi(f_{\text{osc}} \pm f_{\text{offset}})t]$ 。换言之,来自混频器108的外差信号可以用作图像传感器120中的多个检测器元件中的每一个的时间变化的增益输入。光学信号的叠加的和平方的平方具有与 $\sin[2\pi(f_{\text{osc}} - \Delta f)t]$ 成比例的差异项。给出了以下公式来替换外差增益输入:

[0066] $D \approx \int \sin[2\pi(f_{\text{osc}} - f_{\text{offset}})t] \sin[2\pi(f_{\text{osc}} - \Delta f)t] dt$ 。

[0067] 因此,除了 $f_{\text{osc}} - f_{\text{offset}} \approx f_{\text{osc}} - \Delta f$ 的情况之外,对于所有频率, $D = 0$ 。因此,通过将外差信号用作检测器元件的增益输入的输入,检测器元件和整个图像传感器可以过滤除了外差信号频率之外的频率处接收的光学信号。换言之,调制对应检测器元件的增益输入可以引起检测器元件操作为单独锁定放大器,其配置为拒绝或抑制具有与外差信号频率不同的频率的信号。

[0068] 因此,通过调整预定范围内的偏移信号的频率,可以选择性地隔离具有与偏移信号频率相等的频率的多普勒位移的光。换言之,通过选择相等的偏移信号频率,图像传感器可以对于对应于给定的多普勒频移的速度移动的样品部分是选择性灵敏的。同样地,在施加到组织内的流体流动时,流体流速的范围可以通过调整0-5MHz范围内的偏移信号频率用图像传感器来成像。

[0069] 块208包含基于接收的信息来确定样品的部分的运动。基于接收的信息确定样品的部分的运动包含了在样品的部分中确定流体流动。在示例性实施例中,接收的信息包含指示在发射的光的第一部分和样品的部分之间的散射相互作用的信息。因此,如本文中其他地方所描述的。在样品的部分中流体流动的流速可以至少基于接收的信息的多普勒位移来确定。

[0070] 换言之,所观测的流速可以基于外差信号频率来计算。此外,在图像传感器和光源不运动的情况下,样品部分的流速和速度可以计算或者近似为: $v_{\text{sample}} \propto c \left(\frac{f}{f_0} - 1 \right)$ 。在

本文中确定或计算样品部分的运动的其他方法是可能的并且可预期的。

[0071] 可选地,方法可以包含为样品确定流动图。流动图包含多个样品的部分中的每一个的相应流速。例如,图像传感器的每一个检测器元件或者像素可以配置为从不同样品部分接收光。同样地,来自图像传感器的每一个图像帧可以包含关于样品的面积、体积和/或区域的流速信息。此外,通过在调整偏移信号时成像样品使得在预定范围内调整外差信号,可以获得包含关于流速的范围的信息的图像帧。

[0072] 附图中所示出的特定布置不应该视为限制性的。应该理解的是其他实施例可以包

含更多或更少的给定附图中所示出的每一个元件。另外,可以组合或省略一些所示出的元件。还另外,说明性实施例可以包含未在附图中示出的元件。

[0073] 表示信息的处理的步骤或块可以对应于以下电路:该电路可以配置为进行本文中所述的方法或技术的指定逻辑功能。替代地或附加地,表示信息的处理的步骤或块可以对应于模块、段或程序代码(包含相关数据)的部分。程序代码可以包含由处理器可执行的一个或多个指令,以实现方法或技术中的指定逻辑功能或行动。程序代码和/或相关数据可以储存在任何类型的计算机可读介质(诸如包含盘、硬盘驱动器或其他储存介质的储存装置)中。

[0074] 计算机可读介质还可以包含非暂时性计算机可读介质,诸如储存短时间段的数据的计算机可读介质,像是寄存器存储器、处理器高速缓存和随机存取存储器(RAM)。计算机可读介质还可以包含储存程序代码和/或较长时间段的数据的非暂时性计算机可读介质。因此,例如计算机可读介质可以包含次要的或长久的长期储存装置,像是只读存储器(ROM)、光盘或磁盘、光盘只读存储器(CD-ROM)。计算机可读介质还可以是任何其他易失性或非易失性储存系统。计算机可读介质可以被认为是例如计算机可读存储介质或者有形的储存装置。

[0075] 尽管已经公开了各种示例和实施例,其他示例和实施例对本领域技术人员来说是显而易见的。各种公开的示例和实施例用于示意目的,而不是限制性的,真实的范围和精神由所附权利要求所指示。

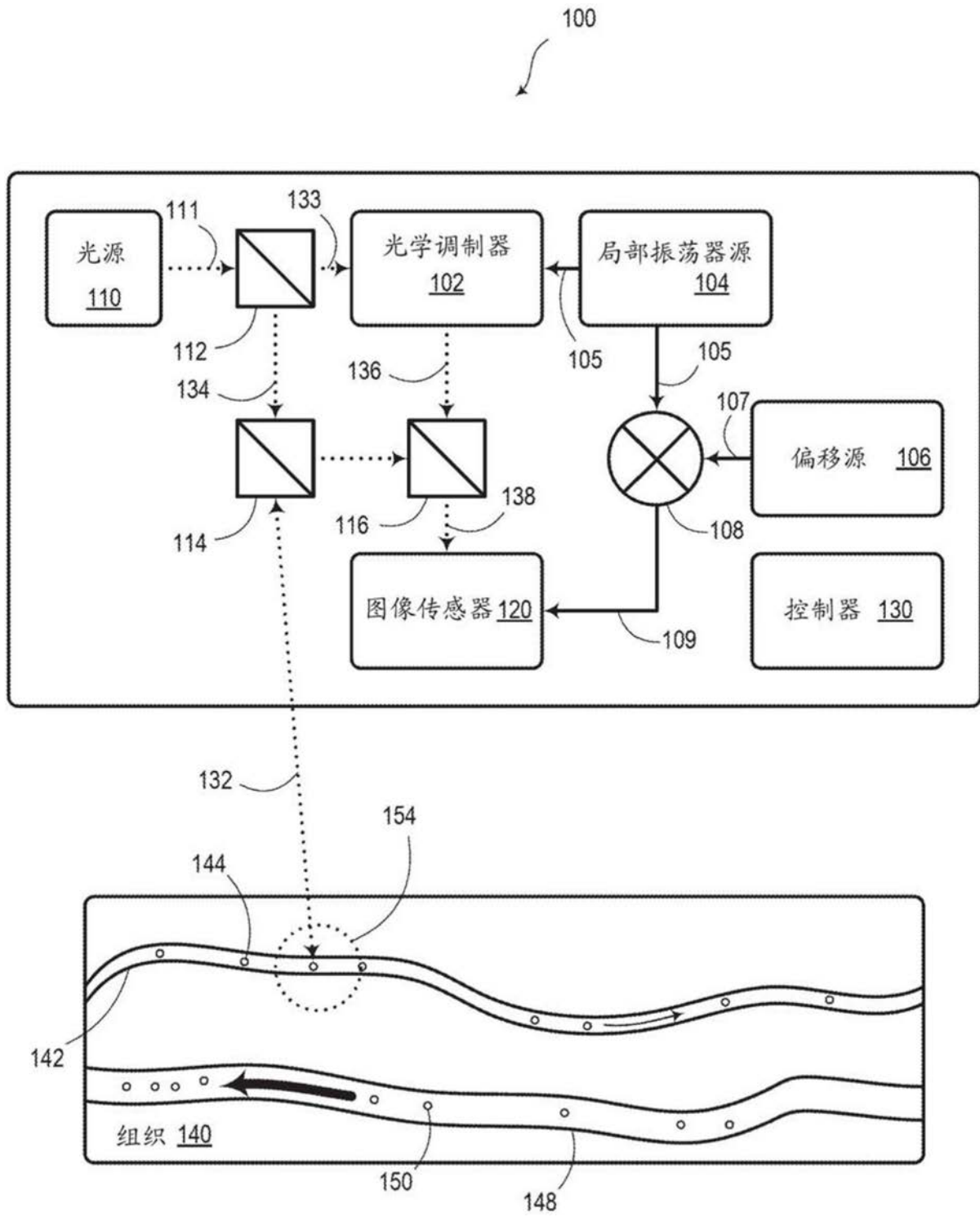


图1

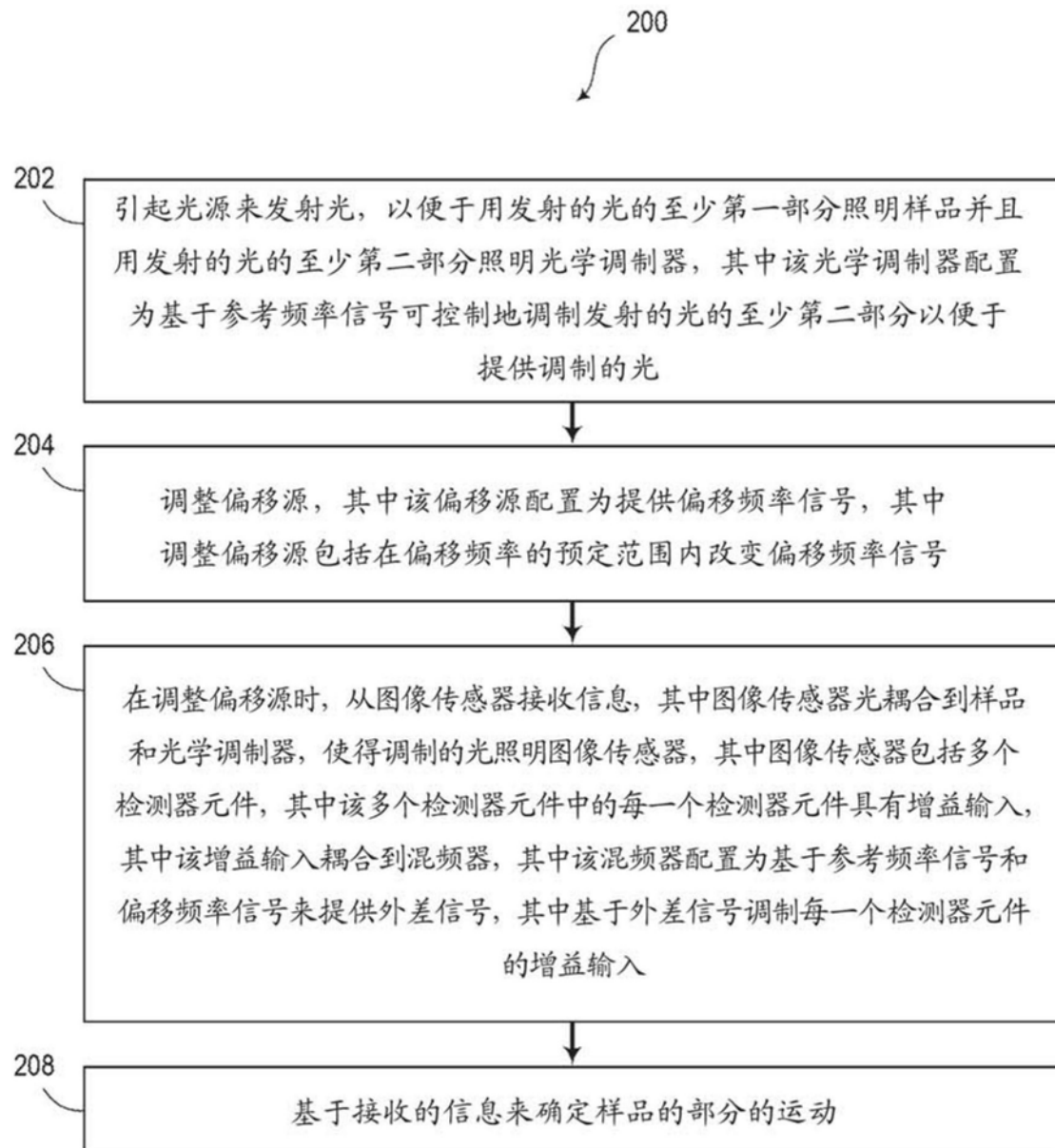


图2

专利名称(译)	实时激光多普勒成像的系统和方法		
公开(公告)号	CN108430324A	公开(公告)日	2018-08-21
申请号	CN201680076808.5	申请日	2016-09-20
申请(专利权)人(译)	威里利生命科学有限责任公司		
当前申请(专利权)人(译)	威里利生命科学有限责任公司		
[标]发明人	A 霍迈克		
发明人	A.霍迈克		
IPC分类号	A61B5/026		
CPC分类号	A61B5/0261 A61B5/72 A61B2562/0233		
代理人(译)	邵亚丽		
优先权	14/950038 2015-11-24 US		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

公开的方法和系统可以操作为获得关于诸如组织中表面下脉管中的流体的散射物体的运动的非接触式诊断信息。作为示例，方法可以包含引起光源来用发射的光的至少第一部分照明组织并且用发射的光的至少第二部分照明光学调制器。可以由光学调制器来调制发射的光的第二部分。偏移源配置为提供偏移频率信号。图像传感器可以从样品接收光学信息。基于参考频率信号和偏移频率信号的外差信号可以用作图像传感器的每一个检测器元件的增益输入。基于接收的信息，可以确定样品的部分的运动。

