



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107864667 A

(43)申请公布日 2018.03.30

(21)申请号 201580073589.0

(22)申请日 2015.12.27

(30)优先权数据

62/097,061 2014.12.27 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2017.07.06

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/IL2015/051255 2015.12.27

(87)PCT国际申请的公布数据

W02016/103271 EN 2016.06.30

(71)申请人 贾迪安光学技术有限公司

地址 以色列特拉维夫市

(72)发明人 吉迪恩·卡蒙

(74)专利代理机构 上海翼胜专利商标事务所

(普通合伙) 31218

代理人 翟羽

(51)Int.Cl.

G01H 9/00(2006.01)

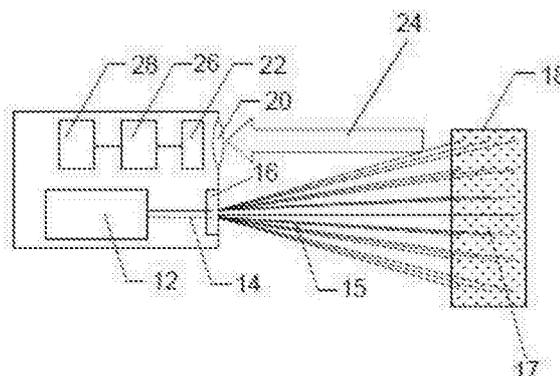
权利要求书2页 说明书16页 附图7页

(54)发明名称

用于检测表面的多个振动的系统及方法

(57)摘要

本发明提供一种用以检测来自一表面的多个振动的系统。所述系统包括一同调光源及一成像装置,所述同调光源用以投射一多光束图案到所述表面上,所述成像装置用以映射一散斑场到一成像传感器的一独特区域,所述散斑场是通过被所述多光束图案形成在所述表面上的每个斑点所产生。所述系统还包括一处理器,用以处理通过所述成像传感器而被接收的一散斑场信息,并且推导出一表面振动信息。



1. 一种用以检测来自一表面的多个振动的系统,其特征在于:所述系统包括:
 - (a) 一同调光源,用以投射一多光束图案到所述表面上;
 - (b) 一成像装置,用以映射一散斑场到一成像传感器的一独特区域,所述散斑场是通过被所述多光束图案形成在所述表面上的每个斑点所产生;及
 - (c) 一处理器,用以处理通过所述成像传感器而被接收的一散斑场信息,并且推导出一表面振动信息。
2. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于:所述成像装置被配置用以对被所述多光束图案形成在所述表面上的每个散斑场进行聚焦映射。
3. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于:所述光源被配置用以投射一单个光束,并且所述系统还包括一分束器。
4. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于:所述多光束图案是由被聚焦在所述表面上的数个未重迭的非准直光束所形成。
5. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于:所述光源被配置用以投射数个光束,所述光束的一光波长超过650nm。
6. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于:所述多光束图案在所述表面上形成一格栅。
7. 根据权利要求6所述的系统,其特征在于:所述格栅是通过2个以上的光束所形成。
8. 根据权利要求6所述的系统,其特征在于:所述格栅覆盖高达180度角的一视场。
9. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于:所述处理器分析在所述成像传感器的每个独特区域处的一光强度,从而用以检测多个散斑动态。
10. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于:所述成像装置包括一滤光器,用以滤除一环境光。
11. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于:所述成像传感器包括一光电二极管或光电二极管阵列,并且每个散斑场被映射到所述成像传感器的1至100个像素。
12. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于:所述光源被配置用以使用单位光束小于1毫瓦的一光功率,以投射所述多光束图案。
13. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于:所述光源的一透镜孔径基于方程式17至18、21至22、27及30而被选择。
14. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于:所述光源被配置用以投射所述多光束图案到0.1至15米远的一表面。
15. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于:所述处理器还被配置用以基于所述表面振动信息对所述表面进行定性。
16. 根据权利要求15所述的系统,其特征在于:所述系统能够基于所述表面振动信息识别一人。
17. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于:所述系统被配置用以安装在一车辆内。
18. 根据权利要求17所述的系统,其特征在于:所述系统能够传达一车辆乘客数量到所述车辆的一车载系统。
19. 一种用以检测来自一表面的多个振动的系统,其特征在于:所述系统包括:
 - (a) 一同调光源,用以投射一非准直光束到所述表面上;

(b) 一成像装置,用以映射一散斑场到一成像传感器的一独特区域,所述散斑场是通过被所述非准直光束形成在所述表面上的一斑点所产生;及

(c) 一处理器,用以处理通过所述成像传感器而被接收的一散斑场信息,并且推导出一表面振动信息。

20. 一种用以检测来自一表面的多个振动的系统,其特征在于:所述系统包括:

(a) 一同调光源,用以将一单个准直光束投射到所述表面上;

(b) 一光电二极管,用以获取一散斑场,所述散斑场是通过被所述准直光束形成在所述表面上的一斑点所产生;

(c) 一处理器,用以处理通过所述光电二极管而被接收的一散斑场信息,并且在1微米至50厘米的一振幅及1赫兹至100千赫兹的一频率处从多个散斑振动推导出一表面振动信息。

用于检测表面的多个振动的系统及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于检测来自一远程表面的多个振动的系统及使用相同物的方法。本发明的实施例涉及一种利用被聚焦的散斑成像,用以检测来自一远程物体或受试者的多个振动的系统。

背景技术

[0002] 用于测量一远程物体的表面的多个振动的多种装置在本领域中是已知的。例如,激光多普勒振动计(LDV)测量从一表面反射的一激光束的所述多普勒频移(Doppler shift),用以提取所述表面速度并决定多个表面振动。

[0003] 用于测量在一表面上产生的多个散斑图案(speckle pattern)的多种装置也被用于识别多个远程物体的多个表面振动。由于多个散斑被赋予的特征在于通过一组波前的相互干涉而产生的一亮度图案,所以典型的多个散斑分析利用多个出焦散斑图像,以便能最大化随时间从所述图案获得的信息量。散焦多个散斑成像提供所述多个散斑的多个详细图像,允许追踪它们随时间的变化,用以提取表面运动,诸如旋转(rotation)、平移(translation)及变形(deformation)。

[0004] LDV和散斑分析方法都有固有的局限性。对于LDV,粗糙表面在所述反射光场产生多个散斑,所述反射光场在所述测量中产生随机噪声。结果,通过LDV测量的多个表面通常被处理以在可能的情况下提供镜面反射率。此外,LDV是需要一专家正确操作并且利用超过眼睛安全限制的激光功率的复杂器件。

[0005] 通过散斑分析,所述摄像机帧速率限制所述被提取信息的所述频带。虽然散斑分析方法可以利用高速摄像机(几十千赫,KHz),但是有大量的帧(frames)必须被撷取、被保存在存储器中,及被分析限制实时性能和所述测量时间窗口的大小。另外,为了撷取有意义的信息散焦散斑成像,必须涵盖相对较多的像素数量。虽然强烈的散焦将所述激光斑点(spot)图像扩展到多个像素上,但是它导致光强度的显著下降,这通过增加所述激光源的所述功率被补偿,所述激光源的所述功率通常超出眼睛安全范围。

[0006] 虽然上述解决方案可以提供关于一表面的定量信息,但是一些应用不需要这样的定量信息。例如:现代生活中的各种应用需要自动检测一感兴趣区域内的多个受试者的存在。在这种应用中,主要要求是准确地识别一受试者或多个受试者,而非利用潜在的不安全辐射,且非关于一表面的定量信息。

[0007] 因此,一系统可以被用于准确地检测在一环境中的所述受试者的存在和数量,而不让受试者受到潜在有害的辐射,具有这样的系统是非常有利的。

发明内容

[0008] 根据本发明的一个方面,提供一种用于检测来自一表面的多个振动的系统,所述系统包括:(a)一同调(coherent)光源,用于将一多光束图案投射到所述表面上;(b)一成像装置,用于映射一散斑场到一成像传感器的一独特区域,所述散斑场是通过被所述多光束

图案形成在所述表面上的每个斑点所产生;及(c)一处理器,用于处理通过所述成像传感器接收的一散斑场信息,并且推导出一表面振动信息。

[0009] 根据下面描述的本发明的优选实施例的进一步特征,所述成像装置被配置用以对被所述多光束图案形成在所述表面上的每个散斑场进行一聚焦映射。

[0010] 根据所描述的优选实施例中的另外的特征,所述光源被配置用以投射一单个光束,并且所述系统还包括一分束器。

[0011] 根据所描述的优选实施例中的另外的特征,所述多光束图案通过聚焦在所述表面上的数个未重迭的非准直光束所形成。

[0012] 根据所述优选实施例中的其它特征,所述光源被配置用以投影数个光束,所述光束的一光波长超过650奈米(nm)。

[0013] 根据所述优选实施例中的其它特征,所述多光束图案在所述表面上形成一格栅(grid)。

[0014] 根据所述优选实施例中的其它特征,所述格栅是通过2个以上的光束所形成。

[0015] 根据所述优选实施例中的其它特征,所述格栅覆盖高达180度角的一视场。

[0016] 根据所述优选实施例中的其它特征,所述处理器分析在所述成像传感器的每个独特区域处的一光强度,从而用以检测多个散斑动态。

[0017] 根据所述优选实施例中的其它特征,所述成像装置包括一滤光器,用以滤除一环境光。

[0018] 根据所述优选实施例中的其它特征,所述成像传感器包括一光电二极管或光电二极管阵列,并且每个散斑场被映射到所述成像传感器的1至100个像素。

[0019] 根据所述优选实施例中的其它特征,所述光源被配置用以使用单位光束小于1毫瓦的一光功率,以投射所述多光束图案。

[0020] 根据所述优选实施例中的其它特征,所述光源的一透镜孔径基于方程式17至18、21至22、27及30而被选择。

[0021] 根据所述优选实施例中的其它特征,所述光源被配置用以投射所述多光束图案到0.1至15米远的一表面。

[0022] 根据所述优选实施例中的其它特征,所述处理器还被配置用以基于所述表面振动信息对所述表面进行定性(qualifying)。

[0023] 根据所述优选实施例中的其它特征,所述系统能够基于所述表面振动信息识别一人。

[0024] 根据所述优选实施例中的其它特征,所述系统被配置用以安装在一车辆内。

[0025] 根据所述优选实施例中的其它特征,所述系统能够传达一车辆乘客数量到所述车辆的一车载系统。

[0026] 根据本发明的另一方面,提供一种用于检测来自一表面的多个振动的系统,所述系统包括:(a)一同调光源,用于将一非准直光束投射到所述表面上;(b)一成像装置,用于映射一散斑场到一成像传感器的一独特区域,所述散斑场是通过被所述非准直光束形成在所述表面上的一斑点所产生;及(c)一处理器,用于处理通过所述成像传感器接收的一散斑场信息,并且推导出一表面振动信息。

[0027] 根据本发明的另一方面,提供一种用于检测来自一表面的多个振动的系统,其特

征在于:所述系统包括:(a)一同调光源,用于将一单准直光束投射到所述表面上;(b)一光电二极管,用于撷取一散斑场,所述散斑场通过所述单准直光束在所述表面上形成的一斑点所产生;(c)一处理器,用于处理通过所述光电二极管接收的一散斑场信息,并且在1微米至50厘米的一波幅及1赫兹(Hz)至100千赫兹(KHz)的一频率处从多个散斑振动推导出—表面振动信息。

[0028] 本发明通过提供一种可以被用于环境中检测多个受试者及多种物体而不使用超过眼睛安全准则的光辐射的系统,成功地解决目前已知的配置的缺点。

[0029] 除非另有定义,本文使用的所有技术和科学术语具有与本发明所属领域的普通技术人员通常理解相同含义。尽管与本文所述类似或等同的方法和材料可以用于本发明的实作或测试中,但是多种合适的方法和材料如后所述。如有冲突情况,所述专利说明书,包括定义,将予以控制。另外,材料、方法及实施例仅是说明性的,而非意指被限制的。

[0030] 本发明的方法和系统的实现涉及手动、自动或其组合执行或完成所选择的任务或步骤。此外,根据本发明的方法及系统的优选实施例的实际仪器及设备,可以通过硬件或通过任何固件或其组合的任何作业系统上的软件,来实现几个被选定的步骤。例如:作为硬件,本发明的多个被选定的步骤可以被实现为一芯片或一电路。作为软件,本发明的多个被选定的步骤可以被实现为通过一计算机使用任何合适的作业系统执行的多个软件指令。在任何情况下,本发明的方法及系统的多个被选定的步骤可以被描述为通过一数据处理器执行,诸如用于执行数个指令的一计算平台等。

附图说明

[0031] 本发明仅通过示例的方式参照附图进行描述。现在详细参考附图,应当强调,所示的细节仅作为示例并且仅用于说明性地讨论本发明的多个优选实施例的目的,并且提供而被呈现的原因在于被认为是对本发明的原理及概念方面的最有用及容易理解描述。在这方面,并未试图显示本发明的结构细节更详细地胜过对本发明的基本理解所必需的结构细节,对于本领域技术人员显而易见的是以附图对本发明的几种形式进行的描述可以在实作中被实施。

[0032] 在附图中:

[0033] 图1显示出根据本发明的教示而被建构用于监视一远程表面的多个振动的一光学装置的一实施例。

[0034] 图2是用于分析一散斑场的所述信号的一统计模型。所述箭头表示沿着所述透镜的所述图案的所述平移。

[0035] 图3是所述系统SNR与对于 $1 < D$ 的所述正规化孔径直径 D^* 的一图形;对于 $I_{\tau} = 1$; $\alpha = (1/a) \wedge (1/4)$; $\beta = (\sqrt{(a/1)})^2/s$ 的[方程式(22、23)];

[0036] 图4显示出在被使用于数值分析中通过所述激光斑点覆盖的区域处(x及y轴以微米为单位)的所述相位分布。

[0037] 图5显示出在所述透镜孔径上被平移的一被计算的多个散斑场。这个场被用于计算所述SNR。

[0038] 图6a至图6b显示出对于 $l = a = 2\text{mm}$ 的 $\text{Std}(\Delta I)$ 与 D^* 的一图形,其中 $1 < D$ 在整个范围(图6a)。黑点-模拟结果,实线-统计模型结果: $y = 1.79 \cdot [10] \wedge (-17) \sqrt{(D^*)}$ 。图6b是图

6a的所述图形的一对数表示。

[0039] 图7显示出Std(ΔI)与对于 $l = 50\text{mm} > D$ 的 D 的一图形。黑点-数值模拟结果。实线-统计模型结果 $y = 1.9 \cdot [10] \wedge (-17) D$ 。

[0040] 图8是本系统被配置用于检测在一车辆内的多个受试者的一实施例。

[0041] 图9a至图9b显示出安装在一车辆中的图8的所述系统的一实施例,这显示出所述车辆的一侧视图(图9a)及一上视图(图9b)中的所述系统的所述覆盖范围。

[0042] 图10是表示本系统的所述运动检测性能的一曲线图。

具体实施方式

[0043] 本发明是一种系统,所述系统可被用于检测在一环境中的一受试者的存在或检测与潜在危险情况有关的一环境的变化。具体地,本发明可以被用于检测在一车辆中的受试者的存在,用以向一车辆管理系统提供信息,所述信息可被用于一事件,例如一事故。本发明可以被用于检测在一环境中与个人的安全及健康有关的多种变化,例如:用以检测从一家庭中的一场火灾引起的烟雾。

[0044] 参考附图及所附描述可以更好地理解本发明的原理及操作。

[0045] 在详细说明本发明的至少一个实施例前,应当理解的是,本发明的应用不限于在以下描述中阐述或由实施例举例说明的所述多项细节。本发明能够以其他实施方式或以各种方式实作或执行。此外,应当理解的是,本文采用的措辞及术语是用于描述的所述目的,并且不应被认为是限制性的。

[0046] 对于从一物体的一表面提取定性或定量信息的所述目的,用于分析激光散斑的多种方法是本领域中已知的。散斑分析已经结合物体识别(US20080154524)进行描述;提取生理参数(US20130204112)、生物特征认证(US20110026783)及表面振动的遥测(Bianchi,应用光学,卷53,编号5,2014)。

[0047] 典型的散斑分析方法利用失焦散斑图像,以便最大化随时间从所述模式获得的信息量。在分析一散斑图案用于从一物体的一表面检索定量信息的情况下,尤其如此。聚焦散斑分析也是已知的,Bianchi(Ibid)描述一种系统,其中一散斑图案被聚焦到一个像素检测器(光电二极管)上,用于检测多个远程表面振动的所述目的。

[0048] 在将本发明还原用以实作的同时,本案发明人们已经设计一种散斑分析系统,所述系统利用对眼睛安全、低功率光辐射(例如I类激光)及多个独特散斑分析算法(algorithms),用以在任何环境并且实时检测来自一物体或受试者的一表面的多个振动。如下文中进一步描述的,本系统特别可被用于检测在一密闭空间中的多个个体的存在,诸如一汽车或一家庭,并且用于检测多种环境危害,诸如烟雾或一地震。

[0049] 为了最小化假阳性,并对久坐不动或移动的受试者提供一可靠的检测,本系统被配置用于检测源自一受试者的心跳及/或呼吸引起的多个表面振动。

[0050] 因此,根据本发明的一个方面,提供一种用于检测来自一表面的多个振动的系统。本系统可以从在任何距离处的任何远程表面检测多个振动,包括来自多个无生命的物体及多个久坐不动或移动的受试者(如人类)的多个振动。如下文进一步描述的,本系统特别可用于检测来自人体的‘诸多生理振动’(由心跳或呼吸引起的皮肤或衣着/覆盖的振动)。

[0051] 本系统基于下列诸多参数而被配置:

[0052] (i) 使用一低功率光源,所述低功率光源投射一非准直或准直的同调光束或对眼睛安全的诸多光束(例如:在光谱为830奈米处且受到约700微瓦(μW)的一能量级限制的一窄的准直光束);

[0053] (ii) 将每个散斑场映射到一成像传感器的一独特区域;及/或

[0054] (iii) 调整所述聚光透镜的所述孔径及所述光束直径,用以优化在所需波幅范围内的多个散斑动态检测。

[0055] 本系统可以被配置为多种方式的其中一种,以便提供上述功能,并准确地检测多个表面振动。在一第一种配置中,本系统包括一同调光源,用于投射一多光束图案到所述表面上。这样的同调光源可以是以几十毫瓦发射的一I类激光(class I laser),并且指向所述扩散器。离开所述扩散器的多个光束中的每一个必须将所述发射波长保持在低于对眼睛安全的极限。例如:在光谱为830奈米处,所述零级光束的所述强度必须不能达到700微瓦。该系统还包括一成像装置,诸如光电二极管阵列(例如电荷耦合元件,CCD),用于通过所述多光束图案映射一散斑场到一成像传感器的一独特区域,所述散斑场是通过所述多光束图案在所述表面上形成的每个斑点所产生。通过所述成像传感器撷取的所述信息(例如:光强度变化)是通过一处理器而被处理,所述处理器执行一专用算法(进一步描述于下文),用以推导出表面振动信息。

[0056] 本系统的第二种配置包括一同调光源及一成像装置,所述同调光源用于投射一非准直光束到所述表面上,所述成像装置用于映射一散斑场到一成像传感器的一独特区域,所述散斑场是通过被所述非准直光束形成在所述表面上的一斑点所产生。一处理器,执行一专用算法,然后从所述传感器撷取的信息推导出表面振动信息。

[0057] 本系统的第三种配置包括一同调光源,用于将一单准直光束投射到所述表面上,及一光电二极管,用于撷取一散斑场,所述散斑场通过所述单准直光束在所述表面上形成的一斑点所产生。在这种配置中,所述处理器处理通过所述光电二极管接收的所述散斑场信息,并且在1微米至50厘米的一波幅及1赫兹至100千赫兹的一频率处从多个散斑振动推导出表面振动信息。

[0058] 如上所述,本系统采用一算法,用于从在所述成像传感器上的光强度的变化/偏移推导出所述表面振动信息。所述算法遵循每个斑点随时间的所述强度,并且分析它的差异。在单个斑点的情况下,它分析从那个斑点收集而来的所述总强度,并且在多个被探测的斑点的情况下,各别分析每个斑点的总强度。有必要区分源自所述传感器的所述统计噪声的所述信号的差异与源于所述多个散斑图案的一偏移的差异,用以表示一表面运动。为此目的,用于所述差异的一阈值水平以这样的方式被预先确定,使其始终保持高于所述噪声水平。所述阈值不一定是时间上的一常数,并且可以在不同的外部条件下具有不同的值。一旦所述算法检测到高于所述阈值水平的所述差异增加,则标示在检查情况下于所述斑点处的一表面运动。所描述的过程为每个斑点产生一未过滤的运动检测指示。为了提高所述系统在错误检测下的稳健性(robustness),将多个滤波器应用于所述运动数据。

[0059] 一时间滤波器被用于舍弃多个短期波动,所述短期波动源自电子噪声或者所述系统或环境的一瞬时声波冲击。第二,在包含多个斑点的所述配置中,也应用多个空间滤波器。通过分析多个运动指示的所述矩阵,可以基于物体大小(通过计算所述矩阵的一给定斑块中的多个正指示的数量),以过滤错误检测。若所述移动物体远比一人体或一宠物小得

多,则可能是由一飞虫或一振动的手机产生的,因此不应激活一阳性检测。在一高分辨率矩阵的情况下,分析所述被检测到的运动物体的所述形状,以进行多个错误检测的附加性过滤。例如:当两个乘客坐在相对侧的所述后座时,它们的运动产生传播到所述空的中间座位的所述座椅的多个运动。因此,所述微运动矩阵被预期沿着所述中心座位的所述区域具有多个随机定位的点。将诸如一离散余弦变换的空间频率分量,或一随机图案的平均半径(质心距离)等形状特征与一人体的形状特征进行比较,为两者之间的区别提供一有效的工具。本方法可以被单独使用或用于其他算法,用于对所述中间座椅提供一可靠的占用状态。

[0060] 一空间滤波器也用于防止源自多个外部噪声来源的多个错误检测。例如:当一停放的汽车被所述风或雨强烈振动时,所述矩阵中的所有斑点都将被预期,以提供多个正的运动指示。当所述空间滤波器计算接近多个斑点的所述总点数的多个正指示的数量时,它阻止所述系统提供一假阳性检测。

[0061] 现在参考附图,图1显示出本系统的一个实施例,在这里被称为系统10。

[0062] 系统10包括一激光源12,所述激光源12发射一波长为 λ 的一光束14。根据所述应用及传感器类型,所述波长可以从所述可见光到所述短红外线,波长在400至2000奈米之间。

[0063] 光束14经由一准直透镜16被引导朝向一目标表面18。透镜16准直所述被发射的光并投射一准直光束。在所述目标表面处的所述光束直径通过透镜16的所述焦距而被决定。

[0064] 光束14撞击在表面18上并经历漫射散射。位于一成像传感器22(例如光电二极管或光电二极管阵列)前面的一收集透镜20收集到达透镜20的反向散射光24。透镜20被以所述激光波长(例如830奈米)为中心的一带通滤光器覆盖,以便减少对一环境光的摄取。成像传感器22位于接近所述成像平面处,使得通过透镜20收集的所述光能聚焦在成像传感器22上。在图1所示的所述设置中,所述光电流优选与到达透镜20的孔径的总强度成比例,因此提供用于所述被收集的多个散斑的总强度的一良好指示。

[0065] 成像传感器22不必精确地在所述成像平面内。当它从所述焦点平面移开时,被投射到成像传感器22的所述光电二极管上的斑点的所述尺寸增加。成像传感器22可以被移动(自动或手动),直到所述斑点的所述图像覆盖一个或以上的光电二极管。对于在系统10与所述目标之间的所述距离可以显著变化的多个应用,这是一个重要的功能。在这种情况下,只要所述斑点图像小于所述光电二极管,则不需要通过透镜20重新聚焦。

[0066] 通过成像传感器22撷取的所述光信号是通过一处理器26(例如:一微处理器,诸如Amtel ATSAMV71Q21A)进行处理。

[0067] 如上所述,处理器26执行一算法,所述算法被配置用于分析所述光强度的所述变化,并检测多个表面运动。

[0068] 基于所述被处理的信息,处理器26决定是否多个表面振动,并且估计这种振动的所述频率及波幅。若所述多个振动参数已经达到所述阈值水平,并且通过所述应用的滤波器,则系统10通过接口28来指示相对于一使用者的一受试者的存在,所述接口28可以是一显示器、一音频设备(例如扬声器)等。在系统10的一些配置中,接口28可以是一车辆/家庭管理系统的一部分。接口28可以被连接到处理器26或通过一无线连接(例如:WiFi、蓝牙等)与其通信。

[0069] 以下通过系统10更详细地描述散射光撷取。

[0070] 所述散射光场呈现随机多个散斑图案,其中透镜20的孔径具有平均散斑大小,对

于:

$$[0071] \quad (1) \quad a = \frac{\lambda z}{w}$$

[0072] 其中w是所述目标20处的所述光束腰部 (beam waist), z是从所述系统到所述目标的所述距离。

[0073] 覆盖所述孔径的所述多个散斑场通过透镜20被集成在成像传感器22上的一个被聚焦的斑点上。作为所述多个表面振动的一结果, 投射在透镜20上的所述多个散斑图案变化及到达成像传感器22的所述光强度(I) 相应地波动。所述多个图案变化通过在检查下的所述表面的所述运动被决定, 可以被分为三种类型的运动: 平移、旋转及变形。多个横向平移产生在所述表面的所述运动相同尺度的所述图案处的一位移。多个轴向平移改变所述图案的所述缩放。根据方程式(1) 在数米的一距离上的几微米的一振动波幅对缩放的影响非常小。此外, 由于一准直光束的所述激光斑点直径(w) 也随z线性地缩放, 所以多个轴向振动对缩放上的影响进一步被降低。多个表面旋转通过 $l = 2\theta z$ 转换所述图案, 如同所述表面为一反射镜。由于多个表面旋转通过所述距离被放大引起的多个图案转换, 所以它对散斑动态的贡献比横向及轴向平移都更为强大。

[0074] 最后一种类型的表面运动是变形。变形改变所述散射光的所述相位分布, 所述多个散斑图案经历类似沸水的随机变化。在表面运动的一般情况下, 所有三种类型的运动同时发生, 所述多个散斑动态由平移态 (translations)、沸腾态 (boiling) 及缩放态 (scaling) 的一组所形成。

[0075] 若用一透明的混浊液体代替所述散射表面, 则所述液体中的所述多个散射粒子不断运动, 因此所述散射的光子的所述多个光路在时间上变化。所述被观察的多个散斑图案将因此为‘强沸腾态 (strong boiling)’。在上述现象的所述光的情况中, 所述系统中的光电流的多个波动的所述波幅呈现出对于多个表面振动的一良好指标。

[0076] 一统计模型被构建以定量地决定, 而取决于所述系统的不同参数达到所述检测器的所述光强度的所述标准偏差, 即以Std(I) 的观点。由于表面旋转被研究而引起的多个图案平移(图2), 并且所述多个散斑图案以一离散点阵被建模, 所述离散点阵处的每个单元 (cell) 对带有强度s或0具有一相等概率。所述单元长度a表示所述平均的多个散斑大小。由于该描述对于多个小散斑的范围(即, 所述散斑尺寸小于所述透镜孔径) 的范围是有效的, 所以各别分析多个大散斑的所述范围。长度l的图案平移是通过在 l/a 步长的所述点阵中的所述多个值的一离散位移而被建模。为了简单起见, 假设所述透镜孔径为尺寸D的平方。从一表面角速度 ω 产生的所述多个散斑图案v的所述速度通过 $v = 2\omega z$ 被给出。对于在连续数据点 τ 之间的一给定时间段, 所述图案的所述平移为 $l = 2\omega z\tau$ 。

[0077] 首先, 检查 $l \geq D$ 的情况(即连续帧的单元是不相关的)。一单次曝光的所述强度I被表示为:

$$[0078] \quad (2) \quad I = \sum_{i=1}^{N_s} I_i = \sum_{i=1}^{N_s} s \left(p_i + \frac{1}{2} \right) = \frac{sN_s}{2} + s \sum_{i=1}^{N_s} p_i$$

[0079] 其中 I_i 是单元编号i的所述功率电平, 对于具有强度级别s的单元, $p_i = 1/2$, 对于一空单元, 具有相等的概率。推导出平均在曝光下的所述强度的过程是通过:

$$[0080] \quad (3) \quad \langle I \rangle = \frac{sN_s}{2}$$

[0081] 推导出所述平均强度平方的过程是通过:

$$[0082] \quad (4) \langle I^2 \rangle = \langle \sum_{i=1}^{N_s} \sum_{j=1}^{N_s} I_i I_j \rangle = \langle \sum_{i=1}^{N_s} \sum_{j=1}^{N_s} s^2 \left(p_i + \frac{1}{2} \right) \left(p_j + \frac{1}{2} \right) \rangle = \frac{s^2 N_s^2}{4} + \frac{s^2 N_s}{4}$$

[0083] 这样使得能够发现所述标准偏差,使用:

$$[0084] \quad (5) \text{Std}(I) = \frac{s}{2} \sqrt{N_s}$$

[0085] 引入多个散斑的数量 $N_s = (D/a)^2$, 致使:

$$[0086] \quad (6) \text{Std}(I) = \frac{s}{2} \left(\frac{D}{a} \right) = \frac{s}{2} \hat{D}, \text{ 对于 } 1 > D; \hat{D} > 1$$

[0087] 其中所述正规化孔径直径 \hat{D} 被引入。

[0088] 在 $1 < D$ 处检查较慢模式平移的情况。在这种情况下,所述单元的一小部分是共同对于连续数个帧的数对的,并且仅替换了 $1D/a^2$ 个单元(如图2所示, $1/a$ 行从右侧进入透镜表面,并且所有其他单元格都在两个框架中找到)。

[0089] 计算在多个帧上的 ΔI 的所述平均值,获得:

$$[0090] \quad (7) \langle \Delta I \rangle = \sum_{j=1}^{N_s} \langle I_j^i - I_j^{i-1} \rangle = \sum_{j=1}^{1D/a^2} \langle I_j^{i-1} - I_j^i \rangle = 0$$

[0091] $(\Delta I)^2$ 的平均值由下式给出

$$[0092] \quad (8) \langle (\Delta I)^2 \rangle = \langle \sum_{j=1}^{1D/a^2} \sum_{k=1}^{1D/a^2} (I_j^i - I_j^{i-1})(I_k^i - I_k^{i-1}) \rangle = \frac{s^2 1D}{2 a^2}$$

[0093] 因此

$$[0094] \quad (9) \text{Std}(\Delta I) = \frac{s}{\sqrt{2}} \sqrt{\frac{l}{a}} \hat{D}, \text{ 对于 } D > 1$$

[0095] 替代方程式(8)求和的上限获得:

$$[0096] \quad (10) \text{Std}(\Delta I) = \frac{s}{\sqrt{2}} \hat{D}, \text{ 对于 } 1 > D$$

[0097] 使用所述关系 $\text{Std}(\Delta I) = \sqrt{2} \text{Std}(I)$ 推导得出以下结果:

$$[0098] \quad (11) \text{Std}(I) = \frac{s}{2} \sqrt{(l/a) \hat{D}}, \text{ 对于 } \hat{D} > 1$$

[0099] 接着,考虑 $\hat{D} < 1$ 的范围。在这种条件下对系统进行建模,所述孔径尺寸被设置为一单个点阵单元(single lattice cell)。尺寸 $a > D$ 的所述多个散斑通过在所述图案中以包含相等强度的 n^2 个单元的大小的多个正方形而被呈现。由于每个散斑的一小部分通过所述透镜被撷取,所以一有效强度波幅 $s_{eff} = s \hat{D}^2$ 替代所述多个散斑波幅 s 。对于 $1 < a$ 的所述状况,总强度沿 $a/1$ 帧是恒定不变的。因此,平均超过 $N \gg a/1$ 帧导致:

$$[0100] \quad (12) \langle (\Delta I)^2 \rangle = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (I^i - I^{i-1})^2 = \frac{l}{2a} s_{eff}^2$$

$$[0101] \quad (13) \text{Std}(I) = \sqrt{l/a} \frac{s_{eff}}{2} = \frac{s}{2} \sqrt{l/a} \hat{D}^2, \text{ 对于 } a > 1; 1 > \hat{D},$$

[0102] 对于 $1 > a$, 投射在所述透镜孔径上的所述多个散斑,每帧都会变化,因此:

$$[0103] \quad (14) \text{Std}(I) = \frac{s}{2} \hat{D}^2 \text{ 对于 } 1 > a; 1 > \hat{D}$$

[0104] 所述光强度与平均值的所述偏差表示多个表面振动,因此被认为是所述信号。到达所述检测器(成像传感器)的总光强度与所述信号电平 I_s 之间的所述关系是线性的:

$$[0105] \quad (15) \quad I_s = \beta I$$

[0106] 其中所述前因子 β 还包括通过本系统的所述成像部分中的各种光学表面引起的所述强度损失。为了评估所述系统的所述灵敏度,将所述信号与由各种噪声源产生的所述信号的所述多个波动进行比较。因此,期望以最大化信噪比(SNR)的一种方式设置所述多个系统参数。例如:在非放大光电二极管的情况下,可以将噪声建模如下:

$$[0107] \quad (16) \quad I_N = I_\tau + \alpha \sqrt{I_s}$$

[0108] I_τ 是所述热噪声,并且 $\alpha \sqrt{I_s}$ 是散粒噪声。

[0109] 在 $l > D$ 得到的大图案波幅的情况下:

$$[0110] \quad (17) \quad SNR = \frac{Std(I_s)}{I_N} = \frac{\beta(s/2)\hat{D}^2}{I_\tau + \alpha\sqrt{\beta s/2}\hat{D}}, \text{对于 } l > a; \hat{D} > 1$$

$$[0111] \quad (18) \quad SNR = \frac{\beta(s/2)\hat{D}}{I_\tau + \alpha\sqrt{\beta s/2}\hat{D}}, \text{对于 } l > D; \hat{D} > 1$$

[0112] 在这种情况下,SNR是 D 的一单调递增函数(monotonously increasing function),使得通过所述透镜收集的更多的散斑具有更高的SNR。然而,SNR具有 $\sqrt{\beta s/2}/\alpha$ 的一渐近极限。因此,在一定水平上增加所述孔径将对所述SNR产生一微不足道的贡献。对于 $\hat{D} \gg I_\tau/\alpha\sqrt{s}$ 的第一阶,SNR与所述渐近极限的所述偏差为:

$$[0113] \quad (19) \quad SNR \approx \frac{\sqrt{\beta s/2}}{\alpha} - \frac{I_\tau}{\alpha^2 \hat{D}}$$

[0114] 例如:如果需要达到所述SNR极限的80%,则方程式(19)表明 \hat{D}' 必须满足:

$$[0115] \quad (20) \quad \hat{D}_{80} = 5 \frac{I_\tau}{\alpha\sqrt{\beta s/2}}$$

[0116] 接着,小波幅振动的情况被分析,其中 $l < D$,在这种情况下,所述SNR由下式给出:

$$[0117] \quad (21) \quad SNR = \frac{\beta(s/2)\sqrt{l/a}\hat{D}^2}{I_\tau + \alpha\sqrt{\beta s/2}\hat{D}}, \text{对于 } l < a; \hat{D} > 1$$

$$[0118] \quad (22) \quad SNR = \frac{\beta(s/2)\sqrt{(l/a)\hat{D}}}{I_\tau + \alpha\sqrt{\beta s/2}\hat{D}}, \text{对于 } l < D; \hat{D} > 1$$

[0119] 这里所述SNR在 $\hat{D}_T = \frac{I_\tau}{\alpha\sqrt{\beta s/2}}$ 处具有一全域最大值。注意的是,虽然所述SNR确实取决于 l 的值,但是所述最佳孔径直径并非如此。这种性质在实际应用中是显著的,其中所述振动波幅或频率与 l 因此随时间而变化。由于 \hat{D}_T 独立于 l ,将所述孔径校准到所述最佳直径确保所述信号将在 $D > 1 > 0$ 的整个范围内保持最佳。

[0120] 图3是所述系统SNR与对于 $D > 1$ 的所述正规化孔径直径 \hat{D} 的一图形,注意,对于在该示例中所选择的参数集,在 $D = a$ 处达到最佳SNR。在所述多个目标振动被预期在 $D > 1$ 及 $l > D$ 规制中产生多个波幅的情况下,应根据在一大波幅下最大化所述SNR的一大孔径与对于所述小波幅规制的小孔径之间折衷选择所述最佳孔径。

[0121] 在所述振动的表面经历多个变形的情况下,所述多个散斑图案随时间变化。用于量化所述图案变化的所述程度的一种方法是通过计算在连续帧之间的所述多个相关系数。平均而言,在所述图案没有发生变化的情况下,正规化系数在1至0之间变化,其中正规化系数为0表示所述图案已经完全改变。为了将所述统计模型应用于所述沸腾效应,在所述点阵的N个随机单元中执行强度的一随机改变。所述N个单元中的每一个的新强度级别被随机设置为0或s,而不管该单元的先前的强度。所述参数N控制所述图案的所述变化水平,因此降低所述多个相关系数。帧i及i-1的所述相关系数定义如下:

$$[0122] \quad (23) \quad C^i = \frac{\sum_{j=1}^{N_s} (I_j^i - \langle I^i \rangle)(I_j^{i-1} - \langle I^{i-1} \rangle)}{\sqrt{\sum_{j=1}^{N_s} (I_j^i - \langle I^i \rangle)^2} \sqrt{\sum_{j=1}^{N_s} (I_j^{i-1} - \langle I^{i-1} \rangle)^2}}$$

[0123] 为了找出相关系数和N之间的关系,对于N替代的单元的情况, $C = \langle C^i \rangle$ 被计算。只要所述概率分布保持不变,所述多个强度的所述平均标准偏差与多个单元的替代无关。因此,所述多个相关系数的平均提供的是:

$$[0124] \quad (24) \quad C = \frac{\langle \sum_{j=1}^{N_s} (I_j^i - \langle I^i \rangle)(I_j^{i-1} - \langle I^{i-1} \rangle) \rangle}{\sqrt{\sum_{j=1}^{N_s} (I_j^i - \langle I^i \rangle)^2} \sqrt{\sum_{j=1}^{N_s} (I_j^{i-1} - \langle I^{i-1} \rangle)^2}} = \frac{N_s - N}{N_s} = 1 - n$$

[0125] 其中所述正规化参数 $n = N/N_s$ 被引入。方程式(24)提供从所述模型参数n到所述可测量的数量C的一有用变换。

[0126] 接着,对于N替代的单元的情况,计算 ΔI 的标准偏差:

$$[0127] \quad (25) \quad \langle (\Delta I)^2 \rangle = \langle \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^N (I_j^i - I_j^{i-1})(I_k^i - I_k^{i-1}) \rangle = \frac{s^2}{2} N$$

[0128] 并且,因此

$$[0129] \quad (26) \quad \text{Std}(\Delta I) = \frac{s}{\sqrt{2}} \sqrt{nD} = \frac{s}{\sqrt{2}} \sqrt{1 - C} D$$

[0130] 所述系统对一沸腾图案的反应与它对平移的反应相似。在强沸腾态的情况下,其中 $C \rightarrow 0$, $\text{Std}(\Delta I)$, 因此所述SNR与在 $l > D$ (方程式10) 的平移的情况下完全相同。当所述平移大于D时,连续帧不相关。一个重要的意义是,从所述多个平移态及沸腾态到所述信号的多个贡献的总和有一上限。对于 $l > C > 0$ 的部分相关帧,通过将方程式(26)的所述前因子引入方程式(18)的分子,用于发现多个沸腾散斑的信噪比。

$$[0131] \quad (27) \quad \text{SNR} = \frac{\beta s / 2 \sqrt{1 - C} D}{I_r + \alpha \sqrt{\beta s / 2} D}$$

[0132] 最后,平移态及沸腾态的一组合的所述一般情况被分析。在这种情况下,替代单元的所述数量通过两种效应的所述贡献总和而被给出:

$$[0133] \quad (28) \quad N = \frac{lD}{a^2} + \frac{D(D-l)}{a^2} n$$

[0134] 将上式中的N代入式(9)中的标准偏差。获得:

$$[0135] \quad (29) \quad \text{Std}(\Delta I) = \frac{s}{\sqrt{2}} \sqrt{(l/a)D + nD(D - (l/a))} = \frac{s}{\sqrt{2}} \sqrt{(nD + f)^2 - f^2}$$

$$[0136] \quad \text{其中, } f = \frac{l}{2an} (1 - n)。$$

[0137] 当 $l=D$ 或 $n=1$ 时获得所述信号的所述最大值,如同从对于多个平移态及沸腾态的分析所预期的那样。将所述标准偏差除以所述噪声偏差,获得:

$$[0138] \quad (30) \quad SNR = \frac{s/2 \beta \sqrt{(nD+f(n))^2 - f^2(n)}}{I_T + \alpha \sqrt{\beta s/2D}}$$

[0139] 在这种情况下,所述全域最大值在 $\hat{D}_{T,B} = \frac{I_T}{\alpha \sqrt{\beta s/2 - nI_T f^{-1}}}$ 中被找到。将 $\hat{D}_{T,B}$ 与 \hat{D}_T 进行比较,发现加入沸腾态会增加所述最佳孔径。在弱沸腾态的所述范围内,其中 $n^2 < < 1/a$ 适用于:

$$[0140] \quad (31) \quad \hat{D}_{T,B} \simeq \hat{D}_T + n f^{-1} \simeq \hat{D}_T + (2a/l)n^2 = \hat{D}_T + (2a/l)(1-C)^2$$

[0141] 在方程式(31)右边的第二个项, $(2a/l)(1-C)^2$,将沸腾态的贡献与平移态的贡献混合。这表明在存在所述沸腾态的情况下,所述最佳孔径大小取决于所述平移 l 。

[0142] 为了测试从所述统计模型获得的所述结果的所述有效性,所述系统的一数值模拟被建构。所述散斑场使用Rayleigh-Sommerfeld衍射公式被计算:

$$[0143] \quad (32) \quad U(x, y) = \frac{z}{i\lambda} \iint_{\Sigma} e^{i\Phi(\xi, \eta)} \frac{e^{ikr_{01}}}{r_{01}^2} d\xi d\eta$$

[0144] 其中 $r_{01} = \sqrt{z^2 + (x - \xi)^2 + (y - \eta)^2}$ 及中 (ξ, η) 是通过所述表面结构被决定的所述反射场的所述相移分布。

[0145] 在所述积分的所述数值评估中,多个参数被选择,分别为 $\lambda=830\text{nm}$ 、 $z=1\text{m}$ 、 $w=0.5\text{mm}$ 。所述相位分布通过大量随机分布在所述整合域 Σ 上的一腰部(waist)为1微米(μm)的高斯模型(见图4)而被建模。在一解析度为0.5毫米(mm)的 $1\text{m} \times 30\text{mm}$ 的一区域上的一散斑场被计算,用以提供用于平均的一大数据库。所述透镜孔径的所述平均散斑大小为 $a=2\text{mm}$ 。透镜20是通过沿着所生成的图案被平移的一圆形区域而被模拟,用以解决所述散斑平移(图5)。在每个步骤中,在多个圆形区域内的所述强度被整合,用以呈现在特定数据点处到达成像传感器22的所述光强度。

[0146] 透镜20的所述孔径在0.5mm与30mm之间被改变,其中对于每个孔径,所述图案以在连续帧之间的 $l=a=2\text{mm}$ 的一步长被成像。结果如图6所示。为了将所述模拟结果与所述数学模型进行比较,所述参数 s 通过关系式 $\langle I \rangle = \frac{s}{2} \hat{D}^2$ 进行评估,其中通过被计算的散斑场的一区域的所述平均强度而被估计。可以发现的是 $s=2.65 \cdot 10^{-17}$ 。在方程式(9)中以 $l=a$ 替代表明 $\sqrt{\hat{D}}$ 的所述前因子是 $s/\sqrt{2} = 1.87 \cdot 10^{-17}$ 。这与图6所示的一前因子为 $1.79 \cdot 10^{-17}$ 的曲线相当。

[0147] 对于 $l=50\text{mm}$,重复相同的程序,这处于 $l>D$ 规制(regime)。如图7所示,Std(ΔI)与方程式(6)的一前因子为 $1.9 \cdot 10^{-17}$ 的线性关系一致。根据方程式(10)将所述前因子与 $s/\sqrt{2} = 1.87 \cdot 10^{-17}$ 进行比较。所述统计模型与所述数值分析之间的所述出色的契合支持从本文构建的模型获得的结果的有效性。

[0148] 上文描述的系统10及振动检测算法可被配置为用于各种应用中。

[0149] 例如:系统10可以被配置为检测车辆中的多个受试者的存在。这样的一系统可以

用于私家车及公共交通工具中,以防止所述驾驶员于存在一乘客(例如婴儿)的情况下锁定所述车辆。

[0150] 位于一轿车的所述顶棚(ceiling)的所述中心,离不同座位的所述距离通常在0.5米至1.5米之间。这是 z 的多个值的所述预期范围。由于所述信号随着 z 而下降,因此优选的是对于 z 值较高的所述系统,即 $z=1.5$ 米(m)。例如:以830奈米(nm)发射的近红外光激光二极管对于这种用途是优选的,因为它们对于人眼都是不可见的(并且因此不打扰乘客)并且可以通过标准CMOS或CCD传感器检测。具有1毫米(mm)焦距的一准直透镜将产生接近1毫米(mm)的一光束腰部,并且具有约1毫弧度(mrad)的一会聚角度(convergence angle)。在这种情况下,所述被产生的斑点在1.5米(m)处具有2.5毫米(mm)的一直径 w 。为了使所述图案覆盖所述前座和后座,从所述投射图案需要一大发散角度大于120度。由于典型的多个DOE可以达到仅40度的发散,因此需要将所述光束分解成两个或者四个光束。将不同的一扩散器放置在所述多个光束中的每一个的前面,以投射所述多个图案到不同的座位上。一标准CMOS检测器可被用于感测。所述传感器解析度不需要达到超过所述图案的所述解析度的大约4倍。因此,640X480像素(pixels)的一低解析度传感器对于大多数应用是足够的。需要具有广角的一收集透镜以覆盖两个轴上大约140度角的一视场。一带通光学滤光器被位于所述摄像机的前面,以阻挡一环境光,并允许所述系统在不同的照明条件下提供良好的性能。为了优化任何系统的所述SNR,17-18、21-22、27、30中的相关方程式用于决定所述透镜孔径 D 。在设置中需要测量所述特定传感器及多个光学元件的参数 α 、 β 、 I_s 。所述散斑大小可以从方程式(1)被找到。在所述当前示例中, $s=0.5$ 毫米(mm)。在所述讨论的用例中,应该被期望有各种散斑动态模式。多个移动乘客产生的大波幅平移及通过多个静态乘客的呼吸和心跳产生的小波幅平移(例如睡觉)。此外,当使用近红外光波长时,也被预期在所述脸部或手臂上的所述裸露皮肤上发光的多个斑点处发生沸腾态。在选择被用于优化所述系统的相关方程式时,必须考虑不同的模式。在这种情况下,是在方程式(27、30)描述沸腾散斑与方程式(17-18、21-22)代表移动的散斑之间权衡。所述系统的另一自由度是所述斑点直径,这通过所述准直透镜及所述激光二极管而被决定。改变所述焦距可以使所述系统更接近于所述最佳系统,替代或者进一步控制所述透镜孔距。

[0151] 一车辆专用系统可以被安装在所述车辆的顶棚中(例如乘客灯和空调开口附近,或通道上方,靠近通道),位于每个座位上方并朝向所述座椅的中心(见图9a至图9b),所述传感器将基于一乘客的衣服的振动来检测所述乘客的存在。若所述红外光激光打到所述裸露的皮肤,它会渗透到血液中,在那里它被散开,并且产生的散斑图案是强烈的‘沸腾’的。相应调整所述传感器参数可以测量来自衣服及皮肤的多个强烈信号。

[0152] 如本发明所教导的测量微观振动以检测人的存在的方法是高度准确且可靠的,并且能够自动滤除所述车辆的振动(由驾驶或诸如风、雨、经过的车辆等外部来源所引起)。后者是由于系统10固定地附接到车辆并与其振动的事实,因此它将仅测量相对于所述传感器的运动,并且不测量不是通过乘客占用的表面的任何运动。

[0153] 相比之下,用于通过声波麦克风检测人类存在的现有技术方法受到环境声音的负面影响,环境声音的数量级高于通过一受试者产生的数量级(尤其是在睡眠时)。此外,环境声音是多样的,并且是完全不可预测的。因此,一车辆中的人体的声波检测方法对于睡眠中的乘客来说是不实际的。

[0154] 本系统的另一个独特之处在于即使被覆盖(覆盖脸部的毯子或帽子),也能够检测到多个受试者的存在。由于多个微振动从所述身体被传递到所述覆盖物,所以在生理范围内的覆盖物振动的检测指示一受试者的存在。使用多个计算机视觉传感器的检测系统不能提供所述特征,其中在所述图像中搜索所述身体或脸部的所述形状,并且一个被覆盖的人完全不可被检测。

[0155] 图8显示出系统10的一个实施例,可用于检测在一车辆中的多个驾驶员/乘客。

[0156] 系统10包括一激光光源12,所述激光光源12配有一衍射光栅26。光栅26,在本文中也称为DOE(衍射光学元件),将光束14分裂成近似由光栅26的傅里叶变换确定的一衍射图案15。例如:通过具有一梳状形状的一光栅产生沿着一线所述被定位的多个点的一图案。

[0157] 使用一适当的DOE,投射到目标18(例如乘客的皮肤或衣服)上的图案15是激光斑点17的一个二维矩阵。投影而成的矩阵17被选择,以使得当透镜20被收集时,所述矩阵17覆盖成像传感器(CCD或CMOS)的整个视场,同时保持一单元长度小于要被监视的最小物体。所述单元长度是所述目标的距离及在矩阵中的多个相邻点的所述角距的所述乘积,通过所述DOE的结构而被决定。

[0158] 透镜20收集所述场景的一聚焦图像并将所述聚焦图像投射到传感器22上。所述图像平面上的所述斑点尺寸通过 Mw 而被给出,其中 w 是在所述物体上的所述斑点尺寸, M 是所述成像透镜的所述放大倍数。每个矩阵斑点的所述大小应该涵盖一个或几个像素,使得 $Mw \cong p$,其中 p 是所述像素尺寸。每个斑点的所述图像呈现从所述目标上的所述相应区域散射的所述总体强度并通过透镜20被收集。因此,如上面关于图1所述,可以用从成像传感器22获得的光电流代替图像中每个斑点的总强度。

[0159] 在图8的实施例中,通过传感器22撷取的多个帧包含被投射到目标18上的多个斑点的数据。包含一矩阵斑点的每个像素中的强度的所述标准偏差呈现此点的所述多个振动。一简化算法计算一迭帧的标准偏差,并将结果与一预定阈值进行比较,所述简化算法可以提供所述振动检测。例如:所述阈值可以被设置为等于所述噪声电平的三倍。对着一静态目标校准所述系统允许测量来自所述单独传感器噪声产生的所述平均标准偏差。所述值可被用于估计所述噪声电平,因此用于所述阈值。

[0160] 如上述示例所述,透镜20的所述孔径及诸如透镜16的所述焦距及在所述传感器上的所述像素尺寸等其它系统参数,被选择为适合用于多个乘客的车辆检测。

[0161] 通过成像传感器22撷取的所述光信号通过一处理器26(例如:一微处理器,诸如Amte1 ATSAMV71Q21A)而被处理。

[0162] 处理器26使用如上所述的原理执行一算法,所述算法被配置用于多个乘客的车辆检测。

[0163] 基于所述处理的信息,处理器26决定多个乘客是否存在、乘客数量及他们的状态(醒来/睡着)。这个信息被中继(有线或无线)一车辆管理系统28,所述车辆管理系统28利用各种安全应用的信息,诸如安全气囊抑制、安全气囊布署优化、未弯曲的座椅安全带警告等。

[0164] 图8所示的系统10可以被安装在具有任何内部容积的任何车辆中,包括乘用车及公共运输车辆,例如火车及公共汽车。

[0165] 图9a至图9b显示出一车辆(厢式车),所述车辆装配有系统10的两个单元,所述单

元抵靠所述车辆的所述顶板衬垫 (roof liner) 而被安装。一私家车 (轿车) 可以通过装抵在所述顶板衬垫的系统10的一个部件 (unit) 而被覆盖。

[0166] 系统10的这些单元覆盖所述车辆中的所有乘客座位34, 其中多个激光点的一矩阵分离约15厘米 (cm), 并且采用具有所述适当视野的一透镜20 (例如: 取决于具体的汽车模型, 对角约在140度左右), 以使得能够收集乘客的占用部分或全部座位34的多个散斑场。

[0167] 这种系统10的安装确保在所述汽车的整个体积内可靠地检测被覆盖或暴露的睡眠中或清醒的多个乘客。

[0168] 系统10对于检测在一汽车中的婴儿是特别有用。在炎热的天气下, 婴儿座椅可以通过一罩篷被遮盖以遮住阳光曝晒。通过所述宝宝的呼吸和心跳产生的所述振动被通过所述婴儿座椅转移到所述罩篷上, 并且可通过系统10而被检测。

[0169] 系统10也可被用于检测在多个非车辆环境中的受试者的存在, 包括家庭、办公室、户外场所等。这种检测可以有各种应用。

[0170] 自动电源开关被用于在办公室空闲时将所述灯光及空调关闭。系统10可被用于扫描一房间并提供用于这种开关的一指示。

[0171] 系统10还可以被用于致动在检测到一接近的人时打开的多个自动门或用于致动多个电梯门。

[0172] 系统10也可被用于在多个人与多个物之间进行区别。例如: 一系统10可以使用检测多个乘客在一汽车中的各个座位中的存在, 并监视每个安全带的状态, 可被用于提醒多个乘客以扣住他们的安全带。

[0173] 本系统还可以被配置用于检测一环境中的一危害。例如: 可能对人类或动物潜在有害的一危害, 诸如火灾。位于一标准房间 (16m²) 的所述顶棚上的带有一广角透镜的一系统10设置可以覆盖整个房间。用一个或两个玻璃分束器将发射的光束分开, 并将DOE放置在每个光束前面, 产生足够宽的一图案, 用以涵盖整个房间。通过烟雾颗粒的所述被投射光的所述散射在所述多个散斑图案中产生沸腾效应。所述沸点强度, 即所述散斑的所述随机变化的所述速率, 通过所述多个烟雾粒子的种类及密度而被决定。方程式27及30提供所有沸点强度范围的所述信号水平, 并且可以发现用于烟雾探测的所述多个最佳系统参数。所述烟雾检测算法的所述第一层与所述人类检测算法相似。将每个斑点的所述标准偏差与一预定阈值进行比较, 用以提供一微动层指示哪些斑点通过烟雾 (或移动表面) 被散射, 而哪些点不是。第二个算法层被应用于所述微动层, 主要用于区分烟雾与移动表面。时间和空间滤波器都适用于此目的。时间滤波器分别应用在每个斑点上, 并且旨在透露用于烟雾动态的独特的多个图案。空间滤波器利用烟雾的许多特征。首先, 随着烟雾的产生, 包含所述烟雾随着时间移动及扩散的所述体积。第二, 烟雾在一封闭的房间中向上爬, 或者在一开放的房间里朝向所述开口抽吸。因此, 当所述探测室中存在烟雾时, 所述微动层被预计以显示相似的动态。请注意, 烟雾动态的两个例子都是独特的烟雾, 预计不会通过人们的存在而发生。在一房间安装一系统校准后增加另一层的保护。根据具体的房间, 通常有可能发生火灾的位置 (例如电气插座) 为一有限数量。标记在所述帧中的所述高风险位置通过允许它在分析房间中的情况时为每个位置周围的所述多个卷中的一个检测提供更高的权重, 用以改进所述算法。

[0174] 如本文所用, 所述术语“约”是指 $\pm 10\%$ 。

[0175] 通过检查以下实施例,本发明的其它目的,优点和新颖特征对本领域普通技术人员来说将变得显而易见,这些实施例不是限制性的。

[0176] 多个示例

[0177] 现在参考以下实施例,所述实施例与上述描述一起以非限制性方式说明本发明。

[0178] 运动检测性能

[0179] 基于Aptina MT9V034单色CMOS传感器组装一原型系统。使用焦距为6毫米(mm),及F#为1.8的透镜进行成像。来自所述传感器的所述视频馈送通过一USB电缆以60Hz在一个人计算机上被撷取。所述投射图案是用532奈米(nm)的一激光二极管及焦距为2毫米(mm)的一准直透镜被产生的。由于所述成像透镜具有一固定孔径,为了控制 δ ,所述准直透镜沿着所述光轴移动,用以改变所述光束会聚角度,并因此改变在所述目标上的所述斑点尺寸。一个三轴平台位于所述系统前面距离1米远。将一准确度为300奈米(nm)的一步进马达安装在所述舞台上,并通过一计算机进行控制。所述马达步骤产生一轴向运动。由于所述散斑图案对这种运动不敏感,所述系统根本没有检测到轴向运动。为了产生一表面倾斜,将一纸带在所述舞台与基础之间拉伸,使得所述纸随着所述舞台的运动而稍微倾斜,所述纸张一变形可忽略($<0.1\%$)。通过一马达步长为1微米(μm)产生的所述倾斜角 $\alpha < 50$ 微弧度(μRad)。所述马达被编程为在一个方向上执行多个波幅在1微米(μm)与0.5毫米(mm)之间的多个步长(steps)。用所描述的算法分析所述记录的多个帧,并且产生一运动检测信号。

[0180] 在图10中显示出频率为2赫兹(Hz)的步长为1微米(μm)的结果。观察在所有范围内的步骤的所述微观运动的一清晰检测;对于所有测量,所述SNR为5至10。接着,所述系统在一静态人体上被进行测试。所述激光斑点被瞄准在目标身体上的不同部位。虽然所述目标尽可能是静态的,但是对于每个位置都被录制一视频文件。发现从所有不同的身体部位(包括手、腿及脚)被检测到强的微运动信号。此外,从所述目标所在的座位本身获得强烈的信号。当所述目标将他的手放在他面前的所述桌子上时,从所述桌子表面的整个区域都检测到强烈的信号。接着,将一DOE定位在所述被发射的光束的前面,用以提供具有 5×5 点的矩形点阵的一图案,并且在两个轴上具有8度的一角距。组装在一刚性表面上的不同系统组件及一带通光学滤光器被放置在所述系统前面,以阻挡一环境光。所述系统被附接在位于一轿车的所述地板与顶棚之间的一金属条上。使用一鱼眼透镜(大约160度对角线),对被所述系统涵盖的所述整个机舱进行成像。多个乘客坐在不同的座位上,预计的方式是针对所有5个座位收集数据。比较空置及占用座椅的微动作信号进行系统评估。结果表明,只要所述乘客静止,占用座椅及空座椅的所述信号水平差异较大。当一乘客在所述后座上移动时,从整个座位接收多个运动信号。为了防止假阳性检测,需要一个额外的算法层。例如:将一算法应用于所述视频馈送,并且能够区分移动整个座椅的单一乘客及包含两个乘客的一座位。在一婴儿座椅中坐有一婴儿的一辆汽车进行另一项测试。两个不同的婴儿座椅位于所述乘客座椅及后座中位于前后方向的位置。一名5个月大的婴儿坐在所述婴儿座椅的不同的所述阳光阴凉处位置,以防止一视线接触所述婴儿。发现一段时间,所述婴儿正在所述座位移动时,从所述婴儿座椅本身及从所述汽车后座被检测到强大的微动作信号。当一名睡着的婴儿被监测时,所述从婴儿座椅上的多个不同斑点接收到多个强烈的信号,容许检测到存在。进行额外的测试,以验证所述系统对诸如风、雨、经过的车辆等外部来源对所述汽车振动的稳健性。为此,所述传感器监控所述车厢,同时所述汽车从外部被猛烈摇动。由于所述

传感器牢固地附着在所述车身上,所以它与它一起移动,并且检测到与座椅仅有很小的相对运动。从一摇晃车的多个空座位到达的所述信号低于通过占用座椅产生的信号,容许所述系统能够区分两种情况,并分别为每个座椅提供多个可靠的占用指示。

[0181] 进行不同的测试以评估系统检测烟雾烟雾的能力。所述系统位于一封闭房间内,距离燃烧烟雾1米远。在沿着光轴扫描所述多个准直透镜的同时记录所述视频馈送,以改变所述散斑大小。发现所述烟雾对所述散斑图案的所述影响可以通过本系统被检测出来。

[0182] 应当理解,为了清楚起见,在单独的实施例的上下文中描述的本发明的某些特征也可以在单个实施例中组合提供。相反,为了简洁起见,在单个实施例的上下文中描述的本发明的各种特征也可以单独提供或以任何合适的子组合提供。

[0183] 虽然已经结合本发明的具体实施例描述本发明,但是显而易见的是,许多替代、修改及变化对于本领域技术人员将是显而易见的。因此,旨在包含落在所附权利要求的精神和广泛范围内的所有这样的替代、修改及变化。在本说明书中提及的所有出版物、专利及专利申请通过引用并入本说明书中,其程度如同每个单独的出版物、专利或专利申请被具体和单独地指明通过引用并入本文。此外,本申请中引用或标识任何参考文献不应被解释为承认该参考文献可用作本发明的现有技术。

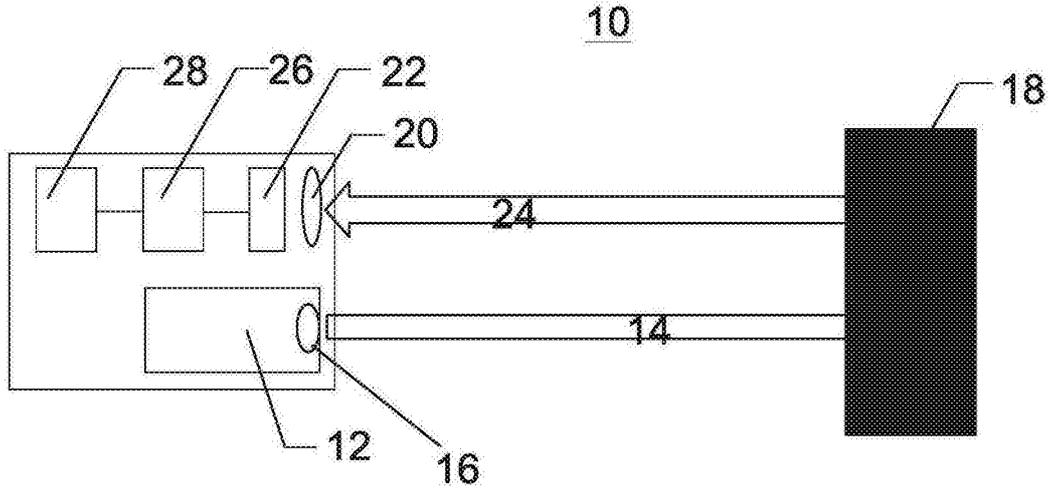


图1

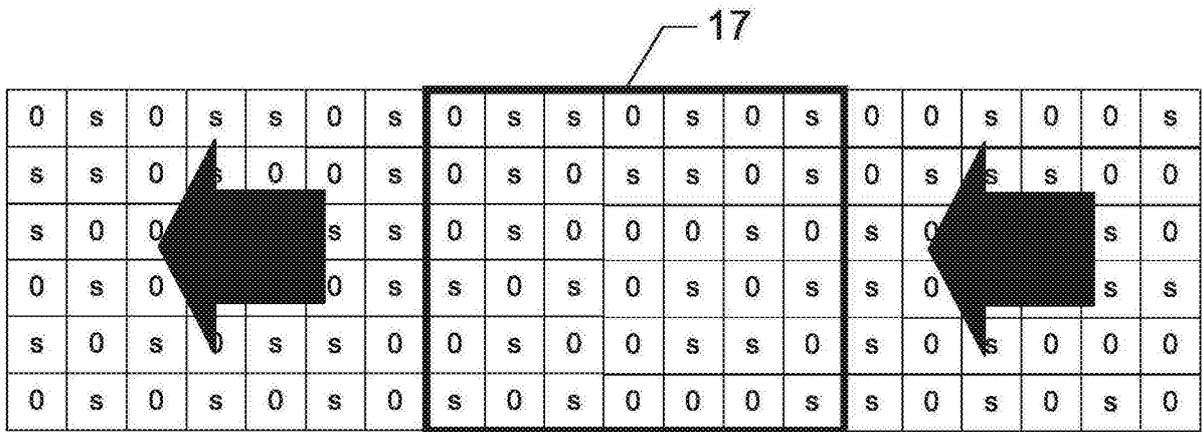


图2

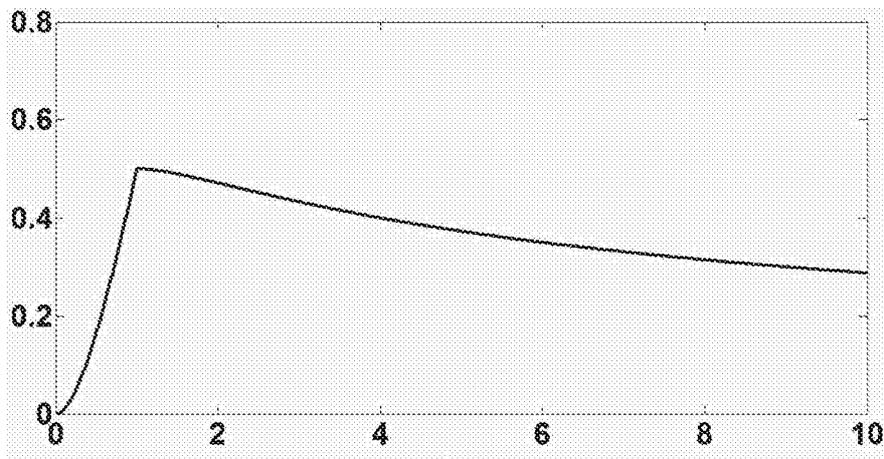


图3

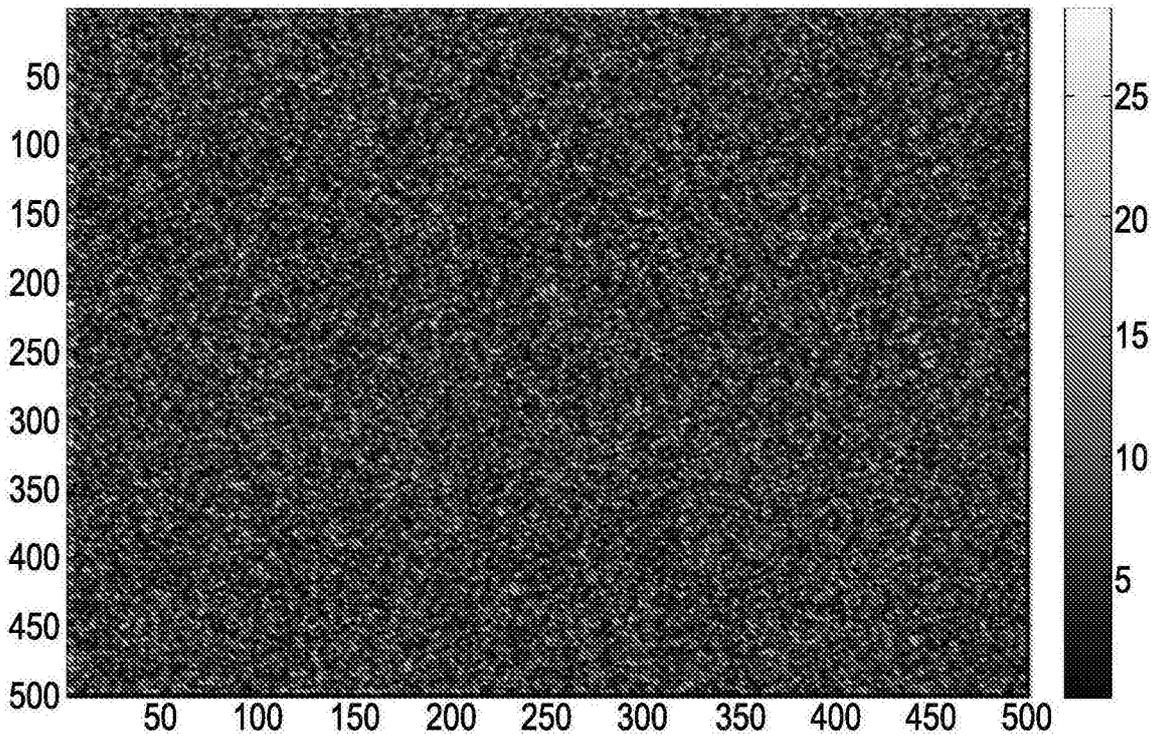


图4

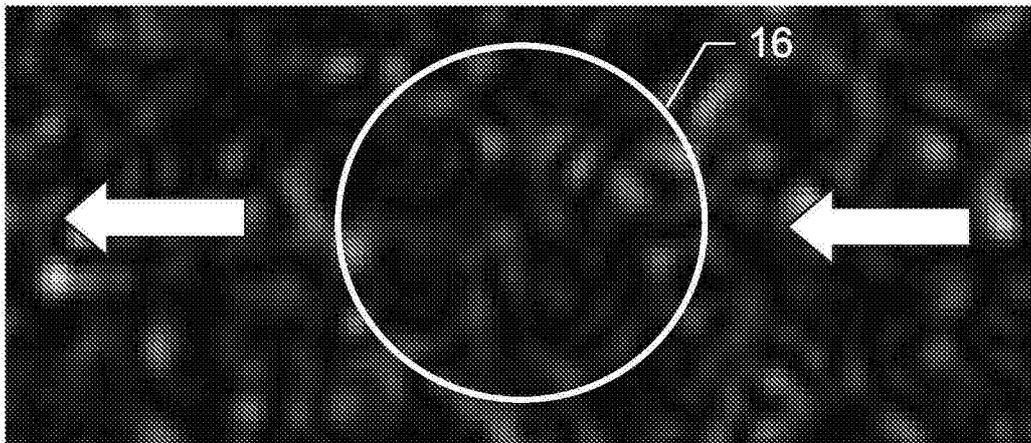


图5

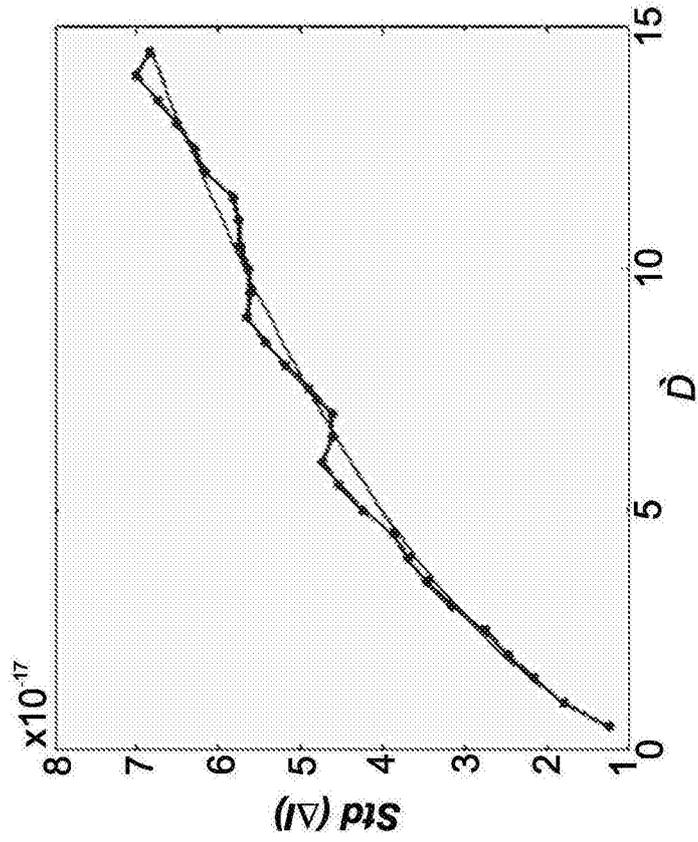


图6A

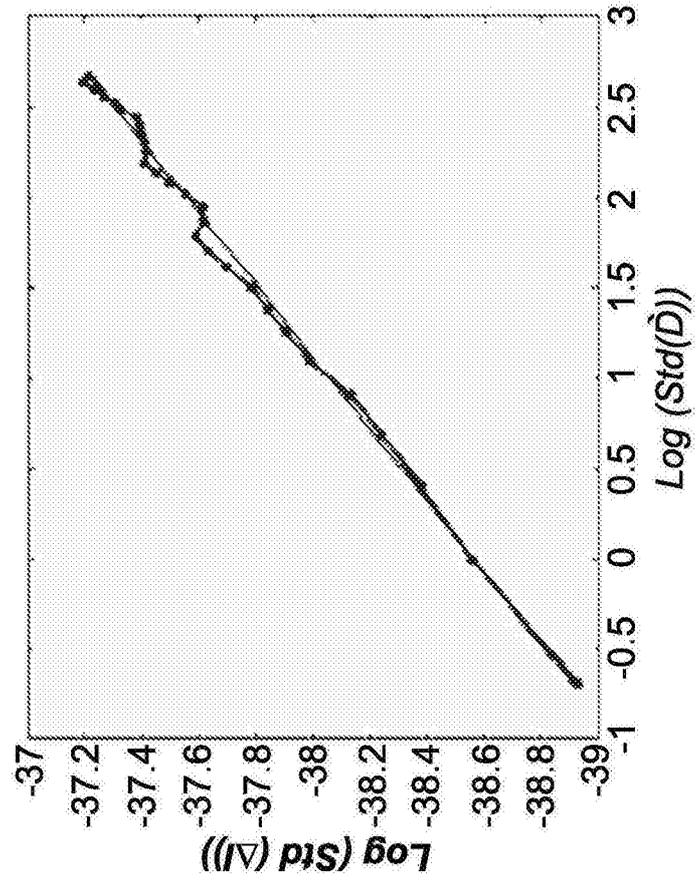


图6B

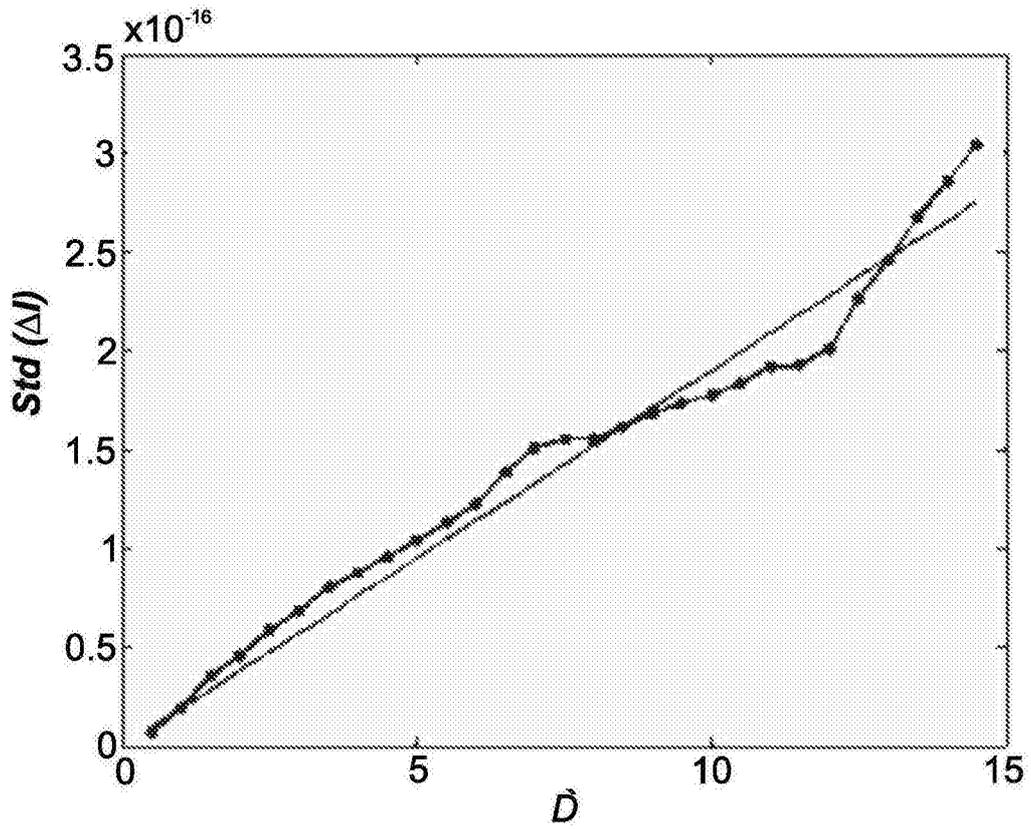


图7

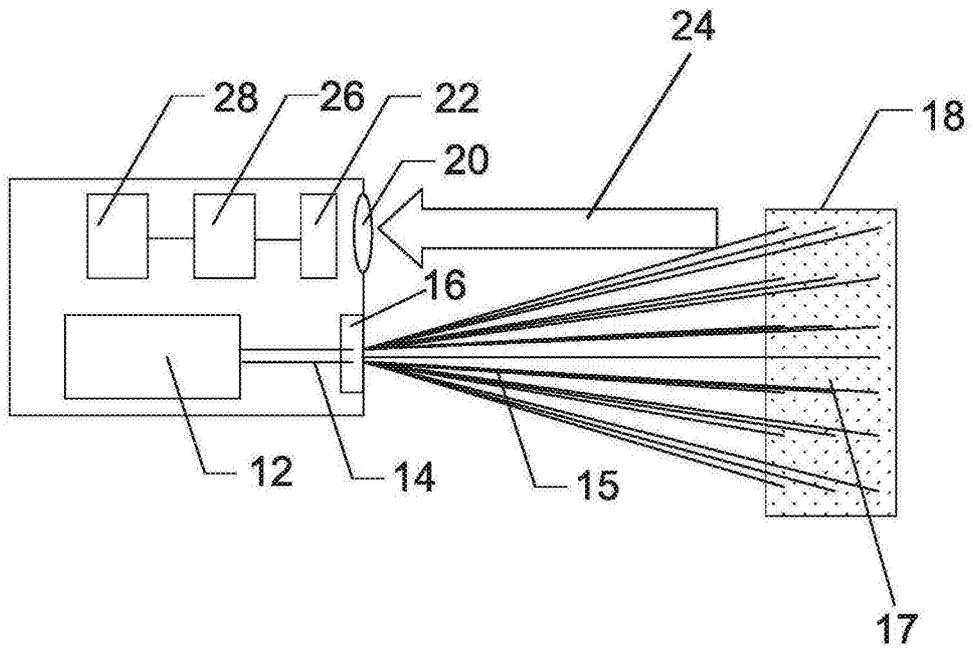


图8

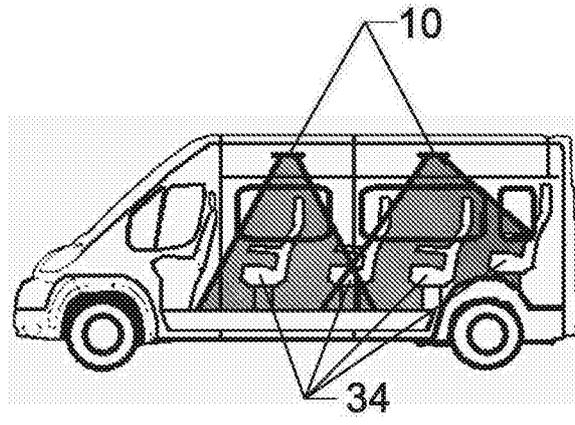


图9A

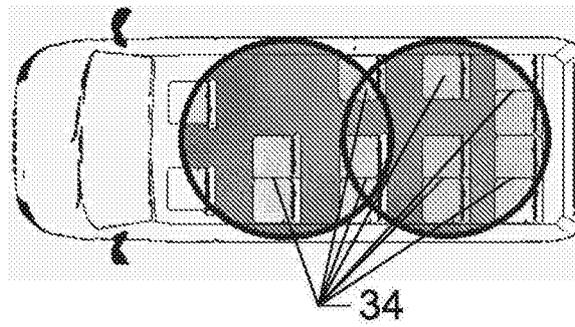


图9B

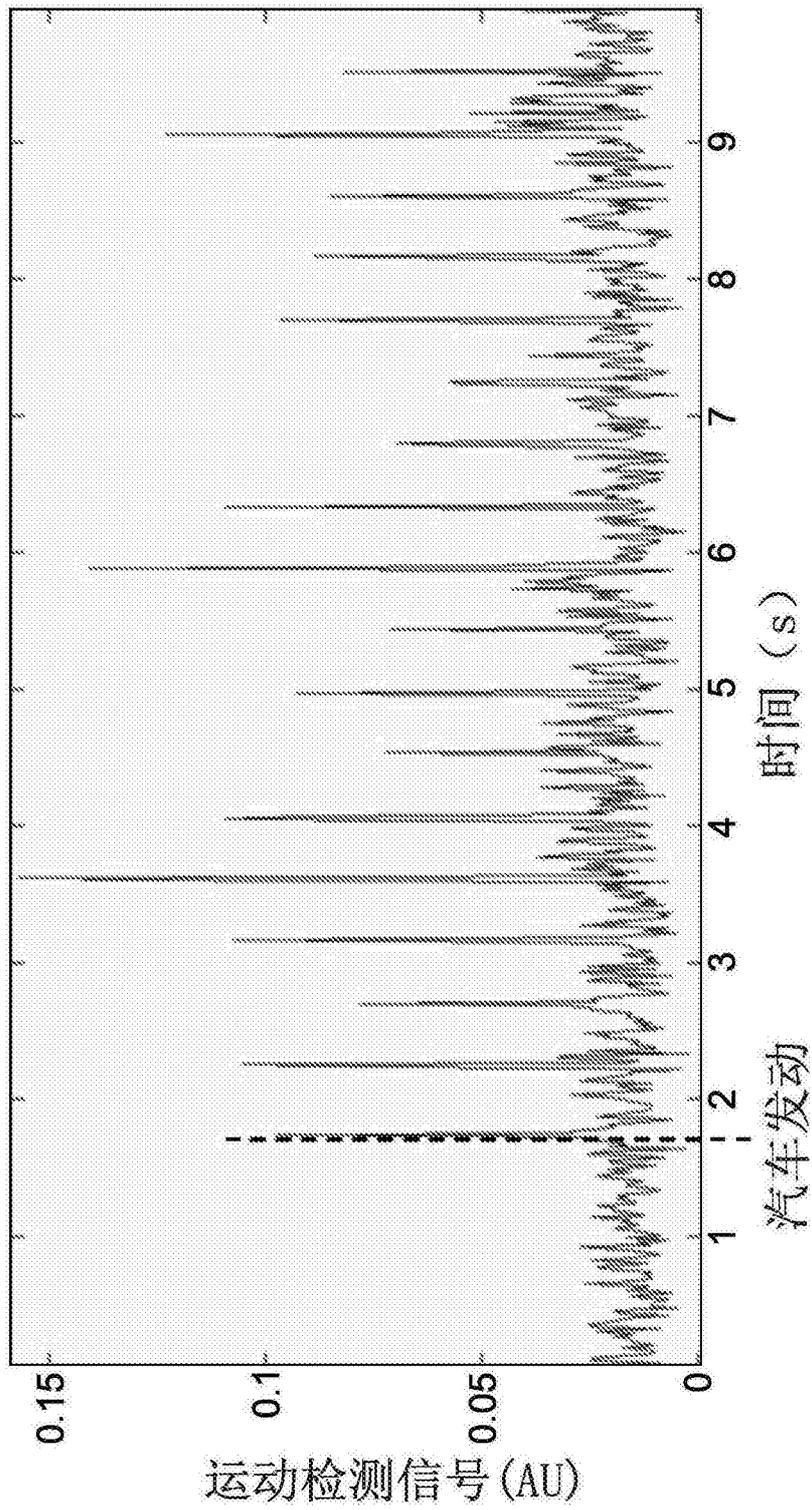


图10