



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 105979860 A

(43)申请公布日 2016.09.28

(21)申请号 201580007402.7

(22)申请日 2015.09.08

(30)优先权数据

14184098.3 2014.09.09 EP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2016.08.05

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2015/070415 2015.09.08

(87)PCT国际申请的公布数据

W02016/037991 EN 2016.03.17

(71)申请人 皇家飞利浦有限公司

地址 荷兰艾恩德霍芬

(72)发明人 C·N·普雷苏勒

E·J·M·堡卢森 E·G·范皮滕

O·T·J·A·韦尔默朗

(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司
72002

代理人 李光颖 王英

(51)Int.Cl.

A61B 5/00(2006.01)

A61B 5/024(2006.01)

A61B 5/026(2006.01)

权利要求书2页 说明书5页 附图4页

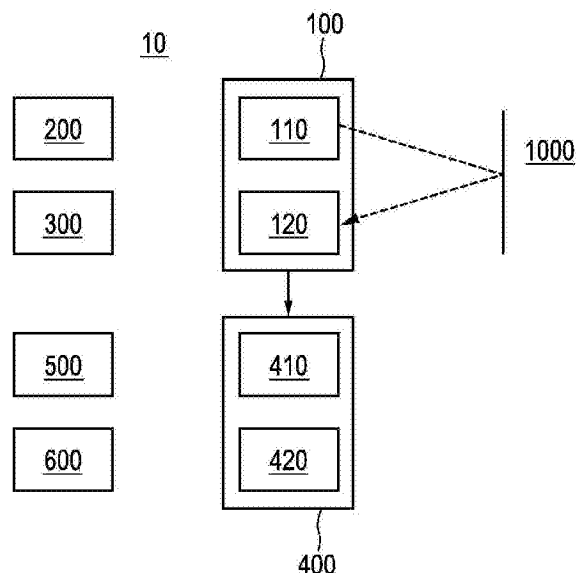
(54)发明名称

生命体征监测系统

(57)摘要

一种生命体征监测系统包括至少一个光学生命体征传感器(100),所述至少一个光学生命体征传感器被配置为测量或确定用户生命体征并且被配置为对输出信号进行输出。所述光学生命体征传感器(100)包括至少一个激光光源(110)和至少一个光电检测器单元(120),其中,所述至少一个激光光源被配置为生成激光,所述激光被指引向用户的皮肤(1000),所述至少一个光电检测器单元被配置为检测指示来自所述至少一个光源(100)的所述激光在所述用户的所述皮肤(1000)中的吸收或者指示来自所述至少一个光源(100)的所述激光从所述用户的所述皮肤(1000)的反射的光。所述生命体征监测系统包括相干性扭曲单元(200),所述相干性扭曲单元在第一操作模式中被配置为扭曲来自所述至少一个激光光源(110)的所述激光的波前,使得非相干光被指引向用户的所述皮肤(1000),并且所述相干性扭曲单元在第二操作模式中被配置为停

用对所述激光的所述波前的所述扭曲,使得相干光被指引向用户的所述皮肤(1000)。



1. 一种生命体征监测系统,包括:

-至少一个光学生命体征传感器(100),其被配置为测量或确定用户的生命体征并且被配置为对输出信号进行输出,其中,所述至少一个光学生命体征传感器(100)包括至少一个激光光源(110)和至少一个光电检测器单元(120),所述至少一个激光光源被配置为生成激光,其中,所述激光被指引向所述用户的皮肤(1000),所述至少一个光电检测器单元被配置为检测指示来自所述至少一个光源(100)的所述激光在所述用户的所述皮肤(1000)中的吸收或者指示来自所述至少一个光源(100)的所述激光从所述用户的所述皮肤(1000)的反射的光,

-相干性扭曲单元(200),其在第一操作模式中被配置为扭曲来自所述至少一个激光光源(110)的所述激光的波前,使得非相干光被指引向所述用户的所述皮肤(1000),并且所述相干性扭曲单元在第二操作模式中被配置为停用对所述激光的所述波前的所述扭曲,使得相干光被指引向所述用户的所述皮肤(1000),以及

-分析单元(400),其具有心率分析单元(410)和微循环分析单元(420),并且所述分析单元被配置为分析所述至少一个光学生命体征传感器(100)的所述输出信号,其中,在所述第一操作模式中,所述心率分析单元(410)被配置为分析所述至少一个光电检测器(120)的输出以确定所述用户的心率,其中,在第二操作模式中,所述微循环分析单元(420)被配置为分析所述至少一个光电检测器(120)的所述输出以确定所述用户的微循环的参数。

2. 根据权利要求1所述的生命体征监测系统,其中,所述至少一个光学生命体征传感器(100)是光体积描记传感器。

3. 根据权利要求2所述的生命体征监测系统,还包括控制单元(300),所述控制单元被配置为启用所述第一操作模式或所述第二操作模式。

4. 根据权利要求1所述的生命体征监测系统,其中,所述相干性扭曲单元(200)被配置为控制被供应到所述至少一个激光光源(110)的输入电流,以便在所述第一操作模式中扭曲来自所述至少一个激光光源(110)的所述激光的所述波前。

5. 根据权利要求1所述的生命体征监测系统,其中,所述相干性扭曲单元(200)包括相位调制器(130),所述相位调制器被配置为扭曲来自所述至少一个激光光源(110)的所述激光的所述波前的相位。

6. 根据权利要求1所述的生命体征监测系统,其中,所述相干性扭曲单元(200)包括电子控制漫射器(130)以在空间上扭曲来自所述至少一个激光光源(110)的所述激光的所述波前。

7. 根据权利要求1所述的生命体征监测系统,其中,所述相干性扭曲单元(200)包括空间光调制器(130)以在空间上扭曲来自所述至少一个激光光源(110)的所述激光的所述波前。

8. 根据权利要求1所述的生命体征监测系统,其中,所述相干性扭曲单元(200)包括电致变色或液晶单元(130)以通过改变扩散性来在空间上扭曲来自所述至少一个激光光源(110)的所述激光的所述波前。

9. 根据权利要求1所述的生命体征监测系统,其中,所述相干性扭曲单元(200)包括波长调制器(130),所述波长调制器被配置为改变所述光的波长以扭曲来自所述至少一个激光光源(110)的所述激光的所述波前。

10. 根据权利要求1所述的生命体征监测系统,其中,所述至少一个激光光源(110)包括步进式超薄腔固态激光器。

11. 一种监测用户生命体征的方法,包括以下步骤:

-由至少一个光学生命体征传感器(100)测量或确定用户生命体征,其中,所述至少一个光学生命体征传感器(100)包括至少一个激光光源(110)和至少一个光电检测器单元(120),其中,所述至少一个激光光源被配置为生成激光,所述激光被指引向用户的皮肤(1000),所述至少一个光电检测器单元被配置为检测指示来自所述至少一个光源(100)的所述激光在所述用户的所述皮肤(1000)中的吸收或者指示来自所述至少一个光源(100)的所述激光从所述用户的所述皮肤(1000)的反射的光,并且

-在第一操作模式中,扭曲来自所述至少一个激光光源(100)的所述激光的波前,使得非相干光被指引向所述用户的所述皮肤(1000),并且

-在第二操作模式中,停用对所述激光的所述波前的所述扭曲,使得相干光被指引向所述用户的所述皮肤(1000),并且

-分析所述至少一个光学生命体征传感器(100)的所述输出信号,其中,在所述第一操作模式中,所述的分析步骤适于分析所述至少一个光电检测器(120)的输出以确定所述用户的心率,其中,在第二操作模式中,所述的分析步骤适于分析所述至少一个光电检测器(120)的所述输出以确定所述用户的微循环的参数。

12. 一种计算机程序产品,包括存储计算机程序代码单元的计算机可读存储器,所述计算机程序代码单元用于令处理器执行根据权利要求11所述的监测用户生命体征的步骤。

生命体征监测系统

技术领域

[0001] 本发明涉及生命体征监测系统以及监测用户的生命体征的方法。

背景技术

[0002] 众所周知,光学心率传感器用于监测或检测用户的如心率的生命体征。这样的心率传感器能够基于光体积描记(PPG)传感器并且能够用于采集测定体积的器官测量结果。借助于脉搏血氧计,检测到人类皮肤的光吸收的变化,并且基于这些测量结果,能够确定用户的心率或其他生命体征。PPG传感器包括光源,如将光发射到用户的皮肤中的发光二极管(LED)。所发射的光在皮肤中被散射并且至少部分地被血液吸收。部分光离开皮肤并且能够被光电二极管所捕获。由光电二极管所捕获的光的量能够是对用户的皮肤内部的血液体积的指示。PPG传感器能够通过特定波长处的吸收测量结果来监测皮肤的真皮和皮下组织中的血液的灌注。如果血液体积因搏动的血管而改变,则从用户的皮肤回来的散射光也会改变。因此,通过借助于光电二极管监测检测到的光信号,能够确定用户的皮肤中的用户的脉搏并且因此确定心率。

[0003] US 2007/287927公开了具有光学感测系统的生命体征测量设备。该光学感测系统包括产生散斑样式输出的光源和用于检测散斑样式的至少部分的光学检测器。光源是如激光器的相干光源。备选地,能够使用LED。

发明内容

[0004] 本发明的目标是提供一种生命体征监测系统,其能够有效地检测用户的心率以及额外的生命体征信息。

[0005] 在本发明的一个方面中,提供了一种生命体征监测系统。所述生命体征监测系统包括至少一个光学生命体征传感器,所述至少一个光学生命体征传感器被配置为测量或确定用户的生命体征并且被配置为对输出信号进行输出。所述光学生命体征传感器包括至少一个激光光源,所述至少一个激光光源被配置为生成激光,所述激光被指引向用户的皮肤。所述光学生命体征传感器还包括至少一个光电检测器单元,所述至少一个光电检测器单元被配置为检测指示来自所述至少一个光源的所述激光在所述用户的所述皮肤中的吸收或者来自所述至少一个光源的所述激光从所述用户的所述皮肤的反射的光。所述生命体征监测系统还包括相干扭曲单元。在第一操作模式中,所述相干扭曲单元被配置为将来自至少一个激光光源的激光的波前扭曲,使得被指引向用户的皮肤的光的相干性被扭曲。在第二操作模式中,所述相干扭曲单元被配置为停用对所述激光的所述波前的所述扭曲,使得相关光未被扭曲地被指引向用户的皮肤。相应地,借助于相干扭曲单元,能够使用以激光光源形式的单个光源,并且进入用户的皮肤的光能够具有两种不同的模式,即,相干的或非相干的。所述生命体征监测系统包括具有心率分析单元和微循环分析单元的分析单元。在第一操作模式中,所述心率分析单元被配置为分析所述至少一个光电检测器的输出以确定用户的心率。在第二操作模式中,所述微循环分析单元被配置为分析所述至少一个光电检

测器的输出以确定微循环的参数。因此,在第一操作模式中,能够检测到用户的心率,并且在第二操作模式中,能够检测到微循环的参数。

[0006] 根据本发明的一方面,所述至少一个光学生命体征传感器为光体积描记PPG传感器。

[0007] 在本发明的另外的方面中,所述生命体征监测系统包括用于启用所述第一操作模式或所述第二操作模式的控制单元。

[0008] 在本发明的另外的方面中,所述相干性扭曲被配置为控制到所述至少一个光源的输入电流源,以便改变激光光源的发射模式以在所述第一操作模式中扭曲来自所述至少一个激光光源的所述激光的所述波前。

[0009] 根据本发明的另外的方面,所述相干性扭曲单元包括相位板或相位漫射器。所述相位板或所述相位漫射器被配置为在空间上扭曲来自所述至少一个激光光源的激光的波前的相位。

[0010] 根据本发明的另外的方面,所述相干性扭曲单元包括电子控制漫射器以在空间上扭曲来自所述至少一个激光光源的所述激光的所述波前的相位。

[0011] 根据本发明的另外的方面,所述相干性扭曲单元包括相位调制器以扭曲来自所述至少一个激光器的所述激光的所述波前的相位。这样的相位调制器的范例为光电EO调制器,其包括非线性晶体的声光(AO)调制器以及(旋转)相位板。

[0012] 在本发明的另外的方面中,所述相干性扭曲单元包括空间光调制器以(即,通过改变扩散性)在空间上扭曲来自所述至少一个激光光源的所述激光的所述波前的相位。这样的空间光调制器的范例为液晶(LC)调制器、电致变色调制器以及如旋转轮、扫描系统的机械调制器或压力扫描器或电流扫描器。

[0013] 在本发明的另外的方面中,所述相干性扭曲单元包括波长调制器,所述波长调制器被配置为改变光的波长,由此扭曲波前。这样的调制器能够为标准器或法布里-珀罗干涉仪或光电调制器。

[0014] 根据本发明的一方面,所述相干性扭曲单元能够被实施为以光学方式解决的调制器(如液晶调制器、电致变色调制器、光电调制器、声光调制器)、被实施为以电子方式解决的调制器(如旋转漫射器、旋转相位板、电流设备或压电设备)或被实施为波长调制器。

[0015] 根据本发明的一方面,意识到,在(当使用激光光源时)PPG传感器的输出中的通常不必要的高频噪声在以下情况下能够被用于获利:对于检测心率其能够被丢弃然而被用于获得关于用户的微循环的信息。因此,根据本发明的一方面,能够使用散斑分析来检测微循环。

[0016] 根据本发明的另外的方面,所述至少一个激光光源包括步进式超薄腔固态激光器。

[0017] 应当理解,本发明的优选实施例也能够是从属权利要求或以上实施例或各方面与各自的独立权利要求的组合。

[0018] 本发明的这些方面和其他方面将参考下文描述的(一个或多个)实施例变得明显并且得到阐明。

附图说明

[0019] 在以下附图中：

[0020] 图1示出了根据本发明的一方面的生命体征监测系统的操作原理的基本表示，

[0021] 图2示出了指示根据本发明的一方面的生命体征监测系统的光电检测器的输出信号的曲线图，

[0022] 图3A示出了在第一操作模式中利用具有扭曲的波前的光的生命体征检测的表示，

[0023] 图3B示出了在第二操作模式中利用具有未扭曲的波前的光的生命体征检测的基本表示，

[0024] 图4A示出了在第二操作模式中的生命体征检测的基本表示，

[0025] 图4B示出了指示在第二操作模式中的光电检测器的输出的曲线图，

[0026] 图4C示出了指示根据本发明的光电检测器的输出信号的放大部分的曲线图，

[0027] 图5示出了根据本发明的一方面的生命体征监测系统的方框图，

[0028] 图6A和图6B每个示出了针对根据本发明的一方面的生命体征监测系统的激光光源的示意性表示，并且

[0029] 图7示出了根据本发明的一方面的生命体征监测系统的示意性横截面。

具体实施方式

[0030] 图1示出了根据本发明的一方面的生命体征监测系统的操作原理的基本表示。在图1中，根据本发明的一方面的生命体征监测系统10被公开在用户的手臂上。生命体征监测系统10能够被实施为心率传感器，该生命体征监测系统包括激光光源110和光电检测器120。激光光源110将光发射到用户的皮肤100上或中。这里，光中的一些被反射并且所反射的光能够被光电检测器120检测到。

[0031] 图2示出了指示用于根据本发明的一方面的生命体征监测系统的光电检测器的输出信号的曲线图。具体地，在图2中，描绘了时间以及光电检测器120的输出电压。能够看出，输出电压V中的峰值能够对应于用户的脉搏并且由此能够确定用户的心率。

[0032] 根据本发明，光源110能够被实施为激光光源。当用户的心脏搏动时，这引起能够由光电检测器120检测到的用户的皮肤中的改变的血液体积。根据本发明，能够在第一操作模式和第二操作模式中操作激光光源110。在第一操作模式中，相干性干扰单元能够被启用，以便干扰或扭曲激光光源的输出信号的波前。在第二操作模式中，相干性扭曲单元能够被停用，使得激光光源能够发射相干光。在第一操作模式中，操作模式仅非相干光被发射到用户的皮肤上或中。

[0033] 图3A示出了在第一操作模式中利用具有扭曲的波前的生命体征检测的表示。图3B示出了在第二操作模式中利用具有未扭曲的波前的生命体征检测的基本表示。该光被发射到用户的皮肤1000中，与移动的血液2相互作用并且被如图像相机的相机1检测到。

[0034] 在图3A中，描绘了在第一操作模式中的生命体征监测系统的操作。这里，相干性扭曲被启用，使得非相干光进入用户的皮肤1000并且能够与皮肤内部的血管相互作用。在如图3A所示的第一操作模式中，由激光光源发射的光基本上对应于由发光二极管发射的光。在图3A中，描绘了随时间t的光电检测器120的输出信号 V_{PD} 。

[0035] 在图3B中，描绘了根据第二操作模式的生命体征监测系统的操作。这里，相干性扭曲单元被停用，使得来自激光光源的相干光(即，具有未扭曲的波前)进入用户的皮肤1000

并且与血液2相互作用。在图3B中也描绘了光电检测器120的输出信号 V_{PD} 。这里,能够看出,在输出信号上存在纹波。具体地,由于多普勒效应,在光电检测器120的输出信号中存在高频纹波。在光电检测器的输出信号中的该高频纹波是激光散斑的结果。高频纹波的存在使得对心率的检测更加困难。因此,通常对于检测用户的心率,不优选使用激光光源。

[0036] 在图4A-4C中,描绘了对具有相干光的激光光源的使用的效应。当来自激光光源的相干光进入用户的皮肤并且与移动的血液细胞1a相互作用时,一部分信号被反射,其中,所反射的信号将包含包括多普勒频移3的部分以及未移位的分量4。在图4B和图4C中,描绘了随时间 t 的光电检测器120的输出信号 V_{PD} 。在图4C中,能够检测到心跳B。其结果被描绘在图4B中,其中,能够看到高频纹波。

[0037] 图5示出了根据本发明的生命体征监测系统的方框图。生命体征监测系统10能够被实施为心率监测或检测系统。监测系统10因此包括光学生命体征传感器100,其使用光体积描记PPG传感器来监测用户的心率或其他生命体征。PPG传感器100包括至少一个激光光源110和至少一个光电检测器120。来自激光光源110的光被指引到用户的皮肤1000。光电检测器120能够检测到反射光。

[0038] 生命体征监测系统10还包括相干性扭曲单元200并且优选地包括控制单元300。能够在分析单元400中分析至少一个光电检测器120的输出。

[0039] 任选地,能够提供如加速度计的次级传感器500以及任选地提供此电池单元600。来自次级传感器单元500的传感器能够被用于确认或改进对生命体征的检测或确定。

[0040] 根据本发明的一方面,生命体征监测系统10能够被实施为例如智能手表的腕戴设备。在这种情况下,所述设备也可以包括电池单元600。

[0041] 生命体征监测系统10能够在第一操作模式和第二操作模式中进行操作。控制单元300能够将生命体征监测系统在至少第一操作模式与第二操作模式之间切换。在第一操作模式中,相干性扭曲单元200被启用,使得基本上非相干光到达用户的皮肤1000。借助于相干性干扰单元200,激光的波前能够被扭曲以获得更好的信号。利用扭曲的且非相干的光来检测用户的心率比利用相干光来检测用户的心率容易的多。因此,借助于相干性扭曲单元200,激光的波前被扭曲,以便获得用于心率检测的更好的信号。

[0042] 根据本发明的一方面,相干性干扰单元200适于控制电流,所述电流被供应到至少一个激光光源110。由于半导体激光二极管的发射波长依赖于其激光电流(例如被使用在波长调制谱学中),因此激光驱动电流的变化将改变发射模式。如果发射模式的变化以超过十kHz的频率快速发生,则散斑样式变化能够以相似的速率发生。为了改变散斑样式,通过散射介质的平均光学路径长度和平均光学波长需要被改变以得到典型波长的变化。对于850nm的波长和大致5nm的光学路径长度,所要求的波长变化等于或大于70皮米。

[0043] 根据本发明的另外的方面,相干性干扰单元200能够由相位板或漫射器来实施,相位板或漫射器被布置在激光光源110的前方。相位板或漫射器能够绕转或旋转,使得波前将相应地改变。对于大于若干kHz的频率,散斑样式将相应地改变。因此,波长的相位能够在空间上被诸如空间光调制器的光电单元扭曲。

[0044] 根据本发明的另外的方面,相干性干扰单元200能够被实施为电子控制漫射器。

[0045] 根据本发明的另外的方面,激光光源和相干性干扰单元能够一起被实施为垂直腔表面发射激光器(VCSEL)。

[0046] 具体地,垂直腔表面发射激光器与如在图6A中描绘的通常的激光器相比具有如图6B所示的腔中的步进式设计。借助于步进式垂直腔表面发射激光器,激光的波前被腔的步进式设计扭曲。垂直腔表面发射激光器包括n接触n、p接触p以及在它们之间的步进式活性层(SAL)。

[0047] 图7示出了根据本发明的一方面的生命体征监测系统的示意性横截面。光学心率传感器10包括至少一个激光光源110、光电二极管120以及调制器单元130,它们被布置在例如激光光源110的前方。调制器单元130用于当被启用时扭曲来自激光光源110的光的波前。如果未被启用,则光不被扭曲。调制器单元130能够例如被实施为相位调制器以扭曲激光的波前的相位。备选地,调制器单元能够被实施为电子控制漫射器、空间光调制器、电致变色单元或波长调制器。液晶调制器130用作空间光调制器,使得激光变化的波前的相位被液晶调制器130中的液晶扭曲,使得来自激光光源110的相干光被转换为非相干光。

[0048] 基于非相干光以及检测到的反射,生命体征监测单元在以第一操作模式操作时能够确定用户的心率。

[0049] 在第二操作模式中,相干性干扰单元200被停用,并且来自激光光源的相干光进入用户的皮肤。由光电检测器120检测到的反射信号能够被使用,以便分析血液的微循环。关于微循环的知识在以下方面是有利的:高血压、心力衰竭、高胆固醇、阿尔茨海默症、腕管综合征、精神分裂症、肾类型2糖尿病、外周血管疾病、动脉硬化冠心病、系统性硬化症、肥胖症、主因老化、睡眠呼吸暂停、创口评估、整形手术、多普勒袖带血压、外周动脉堵塞性疾病以及水肿。

[0050] 根据本发明的另外的方面,相干性干扰单元200能够被实施为电致变色设备,所述电致变色设备用于通过改变激光的扩散性来干扰激光的波前。

[0051] 在本发明的一方面中,相干性扭曲单元能够被实施为相位调制器以扭曲波前的相位。相位调制器能够是光电(E0)调制器、A0调制器、旋转相位板或备选地电流或压电操控设备。

[0052] 通过研究附图、公开内容以及权利要求,本领域技术人员在实践请求保护的发明时能够理解并实现对所公开的实施例的其他变型。

[0053] 在权利要求中,“包括”一词不排除其他元件或步骤,并且词语“一”或“一个”不排除多个。

[0054] 单个单元或设备可以实现在权利要求中记载的若干项的功能。尽管某些措施被记载在互不相同的从属权利要求中,但是这并不指示不能有利地使用这些措施的组合。计算机程序可以被存储/分布在合适的介质上,例如与其他硬件一起或作为其他硬件的部分供应的光学存储介质或固态介质,但是也可以被以其他形式分布,例如经由互联网或其他有线或无线的电信系统。

[0055] 权利要求中的任何附图标记都不应被解释为对范围的限制。

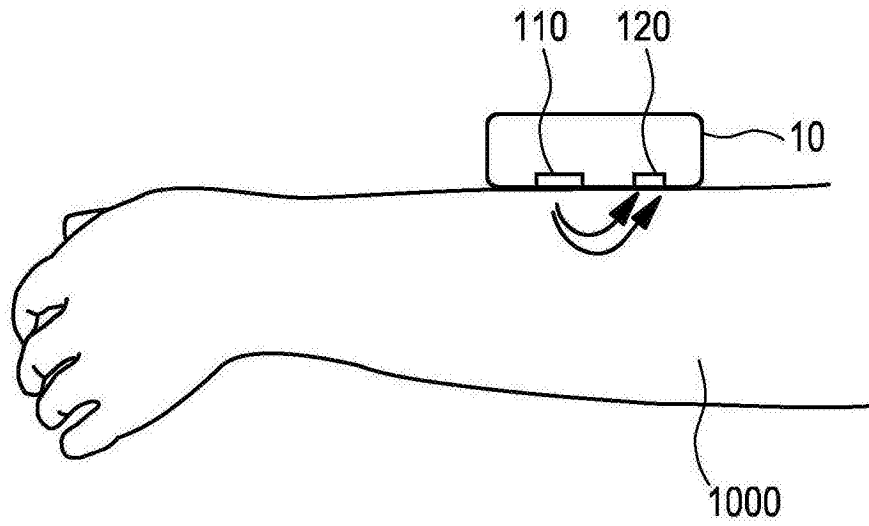


图1

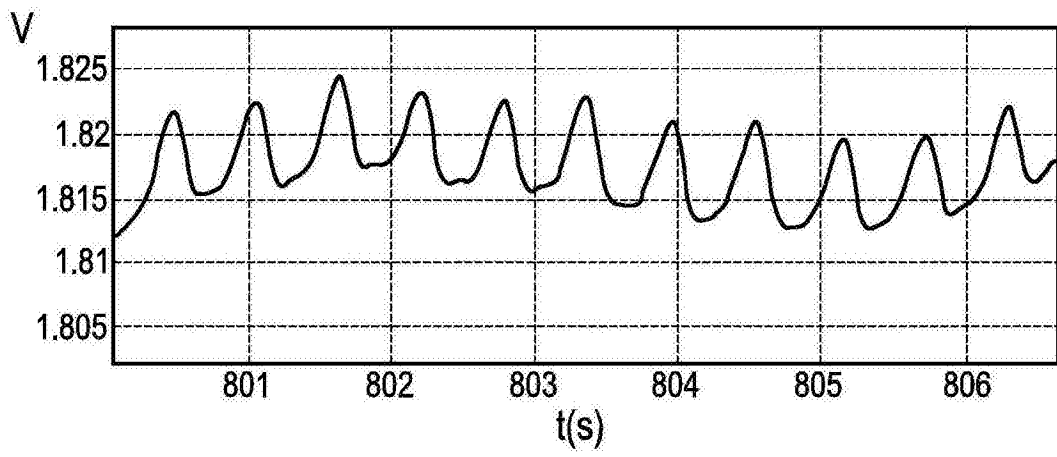


图2

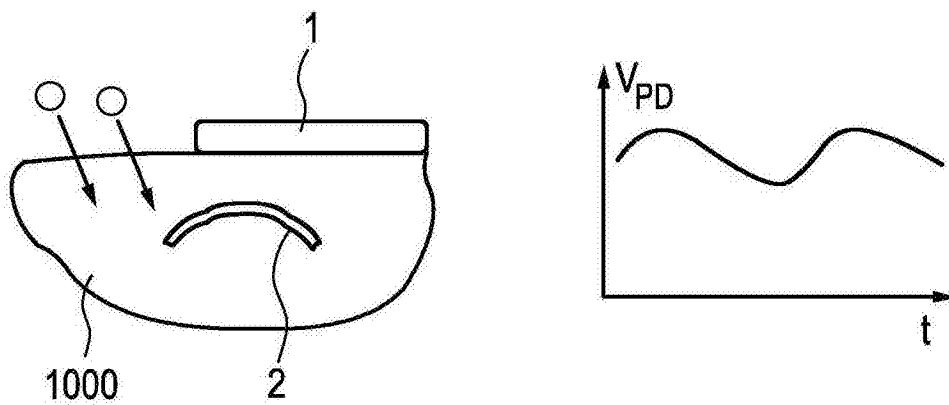


图3A

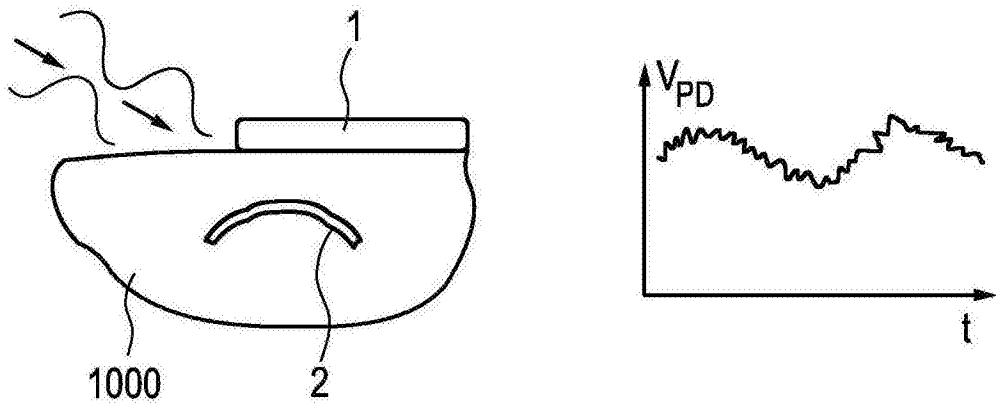


图3B

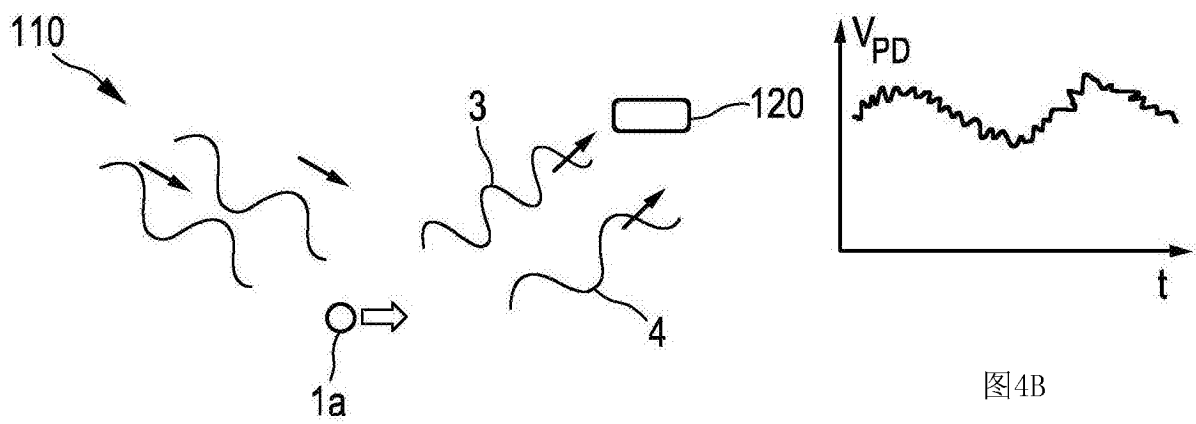


图4B

图4A

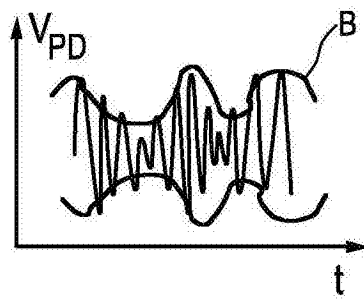


图4C

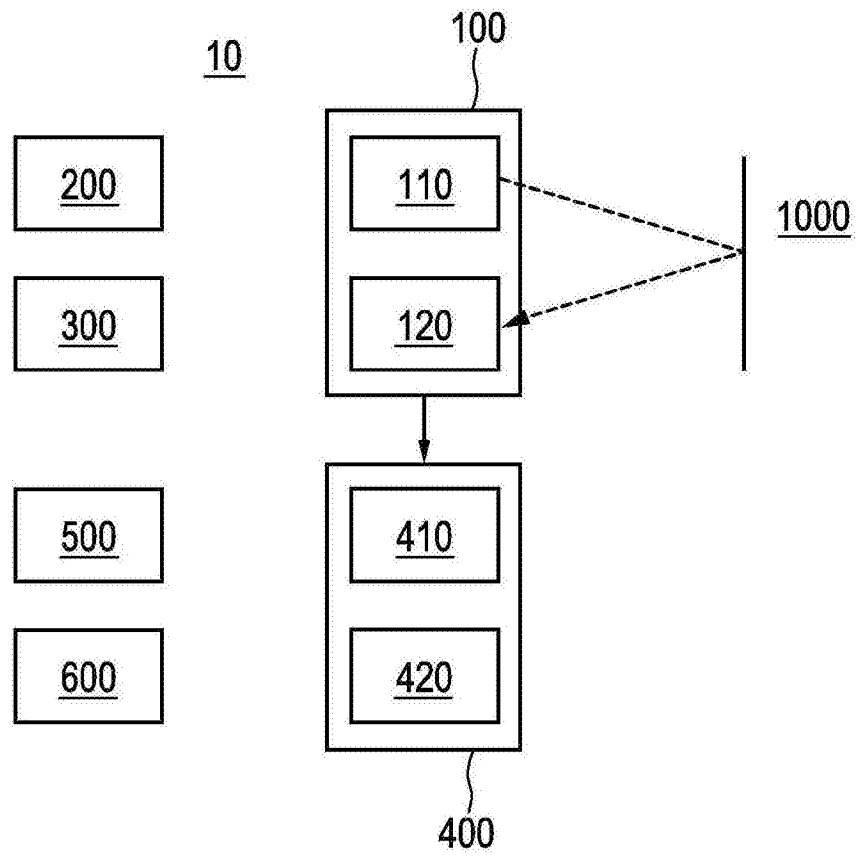


图5

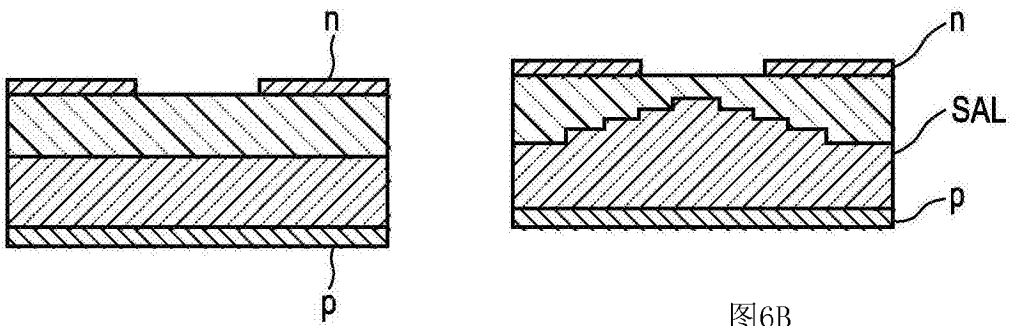


图6A

图6B

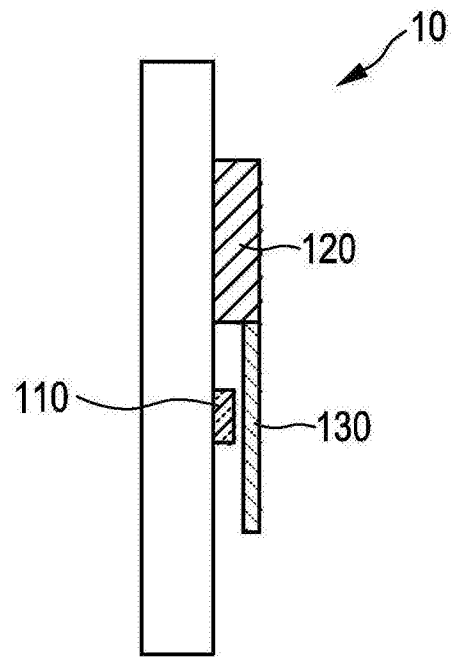


图7

专利名称(译)	生命体征监测系统		
公开(公告)号	CN105979860A	公开(公告)日	2016-09-28
申请号	CN201580007402.7	申请日	2015-09-08
[标]申请(专利权)人(译)	皇家飞利浦电子股份有限公司		
申请(专利权)人(译)	皇家飞利浦有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	皇家飞利浦有限公司		
[标]发明人	CN普雷苏勒 EJM堡卢森 EG范皮滕 OTJA韦尔默朗		
发明人	C·N·普雷苏勒 E·J·M·堡卢森 E·G·范皮滕 O·T·J·A·韦尔默朗		
IPC分类号	A61B5/00 A61B5/024 A61B5/026		
CPC分类号	A61B5/02416 A61B5/0059 A61B5/0066 A61B5/024 A61B5/0261 A61B5/7278		
代理人(译)	李光颖 王英		
优先权	2014184098 2014-09-09 EP		
其他公开文献	CN105979860B		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

一种生命体征监测系统包括至少一个光学生命体征传感器(100)，所述至少一个光学生命体征传感器被配置为测量或确定用户生命体征并且被配置为对输出信号进行输出。所述光学生命体征传感器(100)包括至少一个激光光源(110)和至少一个光电检测器单元(120)，其中，所述至少一个激光光源被配置为生成激光，所述激光被指引向用户的皮肤(1000)，所述至少一个光电检测器单元被配置为检测指示来自所述至少一个光源(100)的所述激光在所述用户的所述皮肤(1000)中的吸收或者指示来自所述至少一个光源(100)的所述激光从所述用户的所述皮肤(1000)的反射的光。所述生命体征监测系统包括相干性扭曲单元(200)，所述相干性扭曲单元在第一操作模式中被配置为扭曲来自所述至少一个激光光源(110)的所述激光的波前，使得非相干光被指引向用户的所述皮肤(1000)，并且所述相干性扭曲单元在第二操作模式中被配置为停用对所述激光的所述波前的所述扭曲，使得相干光被指引向用户的所述皮肤(1000)。

