



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110461226 A

(43)申请公布日 2019.11.15

(21)申请号 201880020947.5

(22)申请日 2018.05.03

(30)优先权数据

62/501,522 2017.05.04 US

62/571,606 2017.10.12 US

62/580,308 2017.11.01 US

15/860,865 2018.01.03 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2019.09.25

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2018/061444 2018.05.03

(87)PCT国际申请的公布数据

W02018/202822 EN 2018.11.08

(71)申请人 佳明瑞士有限责任公司

地址 瑞士沙夫豪森

(72)发明人 P·R·麦克唐纳德 C·J·库拉奇
J·K·鲁尼

(74)专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专
利商标事务所 11038

代理人 宿小猛

(51)Int.Cl.

A61B 5/024(2006.01)

A61B 5/145(2006.01)

A61B 5/1455(2006.01)

A61B 5/00(2006.01)

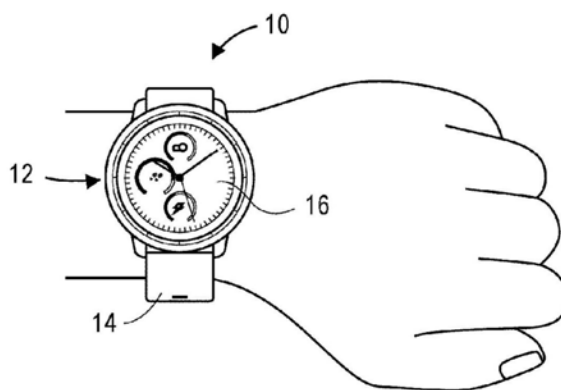
权利要求书4页 说明书22页 附图15页

(54)发明名称

具有光学心脏监测的电子健身设备

(57)摘要

一种电子健身设备包括第一光发射器阵列、第一光接收器、第二光接收器和处理元件。第一光发射器阵列包括第一光发射器和第二光发射器，第一光发射器可操作以发射具有第一波长的第一光信号，第二光发射器可操作以发射具有第二波长的第二光信号。第一光接收器可操作以接收调制光信号，并生成由第一光信号得到的第一光电血管容积图(PPG)信号和由第二光信号得到的第二PPG信号。第二光接收器可操作以接收调制光信号，并生成由第一光信号得到的第三PPG信号和由第二光信号得到的第四PPG信号。处理元件可操作以基于所接收的PPG信号确定用户的心脏信息。



1. 一种电子健身设备,包括:

壳体,包括底壁和一个或多个侧壁;

第一光发射器阵列,位于底壁上的第一开口中,并包括能够操作以发射具有第一波长的第一光信号的第一光发射器和能够操作以发射具有第二波长的第二光信号的第二光发射器;

第一透镜,覆盖第一光发射器阵列并且能够操作以将第一光信号和第二光信号引导到用户的皮肤中;

第一光接收器,位于底壁上的第二开口中,与第一光发射器组件相距第一距离,所述第一光接收器能够操作以接收由用户的皮肤调制的光信号,并生成由第一光信号得到的第一光电血管容积图(PPG)信号和由第二光信号得到的第二PPG信号;

第二透镜,覆盖第一光接收器并且能够操作以将来自皮肤的光信号引导到第一光接收器;

第二光接收器,位于底壁上的第三开口中,与第一光发射器阵列相距第二距离,所述第二光接收器能够操作以接收由用户的皮肤调制的光信号,并生成由第一光信号得到的第三PPG信号和由第二光信号得到的第四PPG信号;

第三透镜,覆盖第二光接收器并且能够操作以将从皮肤反射的光信号引导到第二光接收器;以及

处理元件,与第一光发射器阵列以及第一光接收器和第二光接收器电子通信,所述处理元件能够操作以:

控制第一光发射器在第一时间段期间发送第一光信号,

控制第二光发射器在第二时间段期间发送第二光信号,

从第一光接收器和第二光接收器接收PPG信号,并且

基于所接收的PPG信号确定用户的心脏信息。

2. 根据权利要求1所述的电子健身设备,其中,从第一光发射器阵列发送到第一光接收器的光信号所经过的距离大于从第一光发射器阵列发送到第二光接收器的光信号所经过的距离。

3. 根据权利要求1所述的电子健身设备,其中,

第一PPG信号和第三PPG信号与第一波长相关,

第二PPG信号和第四PPG信号与第二波长相关,并且

处理元件还能够操作以:

基于第一PPG信号和第三PPG信号生成与第一波长相关的第一波长PPG信号,并且

基于第二PPG信号和第四PPG信号生成与第二波长相关的第二波长PPG信号。

4. 根据权利要求3所述的电子健身设备,其中,所述处理元件还能够操作以利用所述第一波长PPG信号和所述第二波长PPG信号来确定用户的脉搏氧饱和度。

5. 根据权利要求4所述的电子健身设备,其中,所述第一波长的范围为大约630nm到大约660nm,并且所述第二波长的范围为大约900nm到大约940nm。

6. 根据权利要求3所述的电子健身设备,其中,所述处理元件还能够操作以:

计算所述第一PPG信号和所述第三PPG信号的平均值以生成所述第一波长PPG信号,并且

计算所述第二PPG信号和所述第四PPG信号的平均值以生成所述第二波长PPG信号。

7. 根据权利要求3所述的电子健身设备, 其中, 所述处理元件还能够操作以:

选择所述第一PPG信号和所述第三PPG信号中的一个以生成所述第一波长PPG信号, 并且

选择所述第二PPG信号和所述第四PPG信号中的一个以生成第二波长PPG信号。

8. 根据权利要求3所述的电子健身设备, 其中, 所述处理元件还能够操作以利用所述第二波长PPG信号来最小化所述第一波长PPG信号的运动分量。

9. 根据权利要求3所述的电子健身设备, 其中, 所述处理元件还能够操作以:

识别所述第一PPG信号的与所述第三PPG信号的一个或多个分量显著相关的分量,

识别所述第二PPG信号的与所述第四PPG信号的一个或多个分量显著相关的分量,

基于第一PPG信号和第三PPG信号的相关性生成第一波长PPG信号, 并且

基于第二PPG信号和第四PPG信号的相关性生成第二波长PPG信号。

10. 根据权利要求3所述的电子健身设备, 其中, 所述处理元件还能够操作以利用所述第一波长PPG信号来确定用户的心率。

11. 根据权利要求1所述的电子健身设备, 其中,

第一PPG信号和第三PPG信号与第一波长相关,

第二PPG信号和第四PPG信号与第二波长相关, 并且

处理元件还能够操作以:

通过基于第二PPG信号减小第一PPG信号的运动分量来生成经运动补偿的第一PPG信号,

通过基于第四PPG信号减小第三PPG信号的运动分量来生成经运动补偿的第三PPG信号, 并且

基于经运动补偿的第一PPG信号和经运动补偿的第三PPG信号生成第一波长PPG信号。

12. 根据权利要求1所述的电子健身设备, 其中, 所述第一光发射器阵列还包括能够操作以发射具有第三波长的第三光信号的第三光发射器, 以及能够操作以发射具有第四波长的第四光信号的第四光发射器。

13. 根据权利要求12所述的电子健身设备, 其中, 所述第一波长的范围为约540nm至约580nm, 所述第二波长的范围为约660nm至约700nm, 所述第三波长的范围为约630nm至约660nm, 并且第四光学波长的范围为约900nm到约940nm。

14. 根据权利要求12所述的电子健身设备, 还包括:

第二光发射器阵列, 位于所述底壁上的第四开口中, 并且包括能够操作以发射第五光信号的第五光发射器和能够操作以发射第六光信号的第六光发射器; 以及

第四透镜, 覆盖第二光发射器阵列并能够操作以将第五光信号和第六光信号引导到用户的皮肤中,

其中第五光信号具有第一波长, 第六光信号具有第二波长。

15. 一种电子健身设备, 包括:

壳体, 包括底壁和一个或多个侧壁;

第一光发射器, 沿着底壁定位, 并且能够操作以将具有第一波长的第一光信号发送到用户的皮肤中;

第二光发射器,沿着底壁定位,并且能够操作以将具有第二波长的第二光信号发送到用户的皮肤中;

第三光发射器,沿着底壁定位,并且能够操作以将具有第三波长的第三光信号发送到用户的皮肤中;

第四光发射器,沿着底壁定位,并且能够操作以将具有第四波长的第四光信号发送到用户的皮肤中;

光接收器,沿着底壁定位,第一光接收器能够操作以接收由用户的皮肤调制的光信号,并生成多个波长相关光电血管容积图 (PPG) 信号,每个波长相关PPG信号由光信号中的相继的一个光信号得到并且与其波长相关;以及

处理元件,与光发射器和光接收器电子通信,所述处理元件能够操作以:

控制每个光发射器在单独的时间段期间发送其光信号,

从光接收器接收波长相关的PPG信号,

基于第一波长相关PPG信号确定用户的心率,

基于第二和第三波长相关PPG信号确定用户的脉搏氧饱和度,以及

利用第四波长相关PPG信号来减少第一、第二或第三波长相关PPG信号中的任何一个或多个的运动分量。

16. 根据权利要求15所述的电子健身设备,其中,第一、第二、第三和第四光发射器被定位为形成线性阵列。

17. 根据权利要求15所述的电子健身设备,其中第一和第四光发射器位于距所述光接收器第一距离处,并且第二和第三光发射器位于距所述光接收器第二距离处。

18. 一种电子健身设备,包括:

壳体,包括底壁和一个或多个侧壁;

第一光发射器,沿着底壁定位,并且能够操作以将具有第一波长的第一光信号发送到用户的皮肤中;

第二光发射器,沿着底壁定位,并且能够操作以将具有第二波长的第二光信号发送到用户的皮肤中;

第一光接收器,沿着底壁定位,所述第一光接收器能够操作以接收由用户的皮肤调制的光信号,并生成与第一波长相关的第一光电血管容积图 (PPG) 信号和与第二波长相关的第二PPG信号;

第二光接收器,沿着底壁定位,所述第二光接收器能够操作以接收由用户的皮肤调制的光信号,并生成与第一波长相关的第三PPG信号和与第二波长相关的第四PPG信号;以及

处理元件,与光发射器和光接收器电子通信,所述处理元件能够操作以:

控制每个光发射器在单独的时间段期间发送其光信号,

从第一光接收器和第二光接收器接收PPG信号,

利用第一PPG信号和第三PPG信号生成第一波长PPG信号,

利用第二PPG信号和第四PPG信号生成第二波长PPG信号,并且

基于第一和第二波长PPG信号确定用户的心脏信息。

19. 根据权利要求18所述的电子健身设备,其中,所述处理元件还能够操作以利用所述第一波长PPG信号和所述第二波长PPG信号来确定用户的脉搏氧饱和度。

20. 根据权利要求19所述的电子健身设备, 其中, 所述第一波长的范围为约630nm到约660nm, 并且所述第二波长的范围为约900nm到约940nm。

具有光学心脏监测的电子健身设备

[0001] 相关申请

[0002] 本申请根据35U.S.C§119(e) 要求2017年5月4日提交的名称为“Improved SNR of Components in PPG Signal”的美国临时申请第62/501,522号,2017年10月12日提交的名称为“Improved Optical Cardiac Monitor”的临时申请第62/571,606号,2017年11月1日提交的名称为“Improved Optical Cardiac Monitor”的申请第62/580,308号的权益,上述临时申请通过引用整体并入本文。

背景技术

[0003] 电子健身设备可以提供设备的用户的光学心脏监测。用户(佩戴者)可以是任何个体,其佩戴电子设备以使得电子设备的壳体贴近个体的皮肤(例如,佩戴在人的手腕、腹部、腿部等处)。心脏监测可以包括生理指标和信息,诸如用户心率。电子健身设备可以利用光电血管容积图(PPG)信号来确定心脏监测信息。PPG信号通常由光电二极管输出,并且通常用于识别邻近光电二极管的皮肤中的血液体积的变化,并且在包含多次心跳的一段时间内收集。电子健身设备可包括光学器件,例如光发射器,其将光信号(光)发射到用户的皮肤中;以及光接收器,其接收来自皮肤的光信号(光)的反射并生成与接收光的强度对应的PPG信号。通常,电子健身设备包括壳体和带子,带子使其能够佩戴在用户的手腕、手臂、腿部或躯干上,并且光学器件定位在壳体的背部或底壁上以定向光学器件在设备被佩戴时输出光和从用户皮肤接收光。

发明内容

[0004] 申请人已经观察到,鉴于用户的运动和来自各种源的电子噪声,可以提高PPG信号的准确度。本技术的实施例提供了一种电子健身设备,用于通过利用多个PPG信号来确定心脏监测信息,以减少或应对运动和电子噪声。

[0005] 电子健身设备的一个实施例总体上包括壳体、第一光发射器阵列,第一透镜、第一光接收器、第二透镜、第二光接收器、第三透镜和处理元件。壳体包括底壁和一个或多个侧壁。第一光发射器阵列位于底壁上的第一开口中,并且包括可操作以发射具有第一波长的第一光信号的第一光发射器和可操作以发射具有第二波长的第二光信号的第二光发射器。第一透镜覆盖第一光发射器阵列并且可操作以将第一和第二光信号引导到用户的皮肤中。第一光接收器位于底壁上的第二开口中,与第一光发射器组件相距第一距离。第一光接收器可操作以接收由用户的皮肤调制的光信号,并生成由第一光信号得到的第一光电血管容积图(PPG)信号和由第二光信号得到的第二PPG信号。第二透镜覆盖第一光接收器并且可操作以将光信号从皮肤引导到第一光接收器。第二光接收器位于底壁上的第三开口中,与第一光发射器阵列相距第二距离。第二光接收器可操作以接收由用户的皮肤调制的光信号,并生成由第一光信号得到的第三PPG信号和由第二光信号得到的第四PPG信号。第三透镜覆盖第二光接收器并且可操作以将从皮肤反射的光信号引导到第二光接收器。

[0006] 处理元件与第一光发射器阵列以及第一和第二光接收器电子通信。处理元件可操

作以：控制第一光发射器在第一时间段期间发送第一光信号，控制第二光发射器在第二时间段期间发送第二光信号，从第一光接收器和第二光接收器接收PPG信号，并基于所接收的PPG信号确定用户的心脏信息。

[0007] 本技术的另一实施例提供了一种电子健身设备，其总体上包括壳体、第一光发射器、第二光发射器、第三光发射器、第四光发射器、光接收器、和处理元件。壳体包括底壁和一个或多个侧壁。第一光发射器沿着底壁定位并且可操作以将具有第一波长的第一光信号发送到用户的皮肤中。第二光发射器沿着底壁定位并且可操作以将具有第二波长的第二光信号发送到用户的皮肤中。第三光发射器沿着底壁定位并且可操作以将具有第三波长的第三光信号发送到用户的皮肤中。第四光发射器沿着底壁定位并且可操作以将具有第四波长的第四光信号发送到用户的皮肤中。光接收器沿底壁定位。第一光接收器可操作以接收由用户的皮肤调制的光信号，并生成多个波长相关光电血管容积图 (PPG) 信号，每个波长相关PPG信号由连续的一个光信号得到并且与其波长相关。

[0008] 处理元件与光发射器和光接收器电子通信。处理元件可操作以：控制每个光发射器在单独的时间段内发送其光信号，从光接收器接收波长相关的PPG信号，基于第一波长相关PPG信号确定用户的心率，基于第二和第三波长相关PPG信号确定用户的脉搏氧饱和度，并利用第四波长相关PPG信号来减少第一、第二或第三波长相关PPG信号中的任何一个或多个的运动分量。

[0009] 本技术的又一实施例提供了一种电子健身设备，其总体上包括壳体、第一光发射器、第二光发射器、第一光接收器、第二光接收器和处理元件。壳体包括底壁和一个或多个侧壁。第一光发射器沿着底壁定位并且可操作以将具有第一波长的第一光信号发送到用户的皮肤中。第二光发射器沿着底壁定位并且可操作以将具有第二波长的第二光信号发送到用户的皮肤中。第一光接收器沿底壁定位。第一光接收器可操作以接收由用户的皮肤调制的光信号，并生成与第一波长相关的第一光电血管容积图 (PPG) 信号和与第二波长相关的第二PPG信号。第二光接收器沿底壁定位。第二光接收器可操作以接收由用户的皮肤调制的光信号，并生成与第一波长相关的第三PPG信号和与第二波长相关的第四PPG信号。

[0010] 处理元件与光发射器和光接收器电子通信。处理元件可操作以：控制每个光发射器在单独的时间段内发送其光信号，从第一光接收器和第二光接收器接收PPG信号，利用第一PPG信号和第三PPG信号生成第一波长PPG信号，利用第二PPG信号和第四PPG信号生成第二波长PPG信号，并基于第一和第二波长PPG信号确定用户的心脏信息。

[0011] 提供本发明内容是为了以简化的形式介绍概念的选择，这些概念将在下面的详细描述中被进一步描述。本发明内容不旨在标识所要求保护的主题的关键特征或必要特征，也不旨在用于限制所要求保护的主题的范围。从以下对实施例的详细描述和附图中，本技术的其他方面和优点将变得清楚。

附图说明

[0012] 下面参考附图详细描述本技术的实施例，其中：

[0013] 图1是佩戴在用户手腕上的根据本技术的各种实施例构造的电子健身设备的俯视图；

[0014] 图2是可以由电子健身设备在一段时间内生成的光电血管容积图 (PPG) 信号波形

的曲线图；

[0015] 图3是电子健身设备和用户手腕的示意性侧剖视图，描绘了光信号通过用户的皮肤和组织的传输；

[0016] 图4是所估计的光信号的血液吸收对比光信号的波长的曲线图；

[0017] 图5是电子健身设备的各种电子部件的示意性框图；

[0018] 图6是多个光发射器阵列和光接收器的示意图，示出了由每个光发射器发射并由多个光接收器接收的光信号的路径；

[0019] 图7是图6的光发射器和光接收器的另一示意图，光发射器被配置为基于光接收器接收的光信号输出用于实现所指示功能的光信号；

[0020] 图8是显示用户的心脏信息的电子健身设备的显示器的多个屏幕截图；

[0021] 图9是显示用于获取心脏信息的测量过程的状态的显示器的多个屏幕截图；

[0022] 图10是用于改进用于获取心脏信息的测量过程的性能的显示器的多个屏幕截图；

[0023] 图11是示出涉及发射多个光信号、接收多个光信号的反射、生成与各光信号对应的PPG信号的电子部件的框图。

[0024] 图12是光接收器和多个光发射器的实施例的示意图，示出了由每个光发射器发射并由光接收器接收的多个光信号的路径。

[0025] 图13是图12的光发射器和光接收器的另一示意图，光发射器被配置为基于光接收器接收的光信号输出用于实现所指示功能的光信号；

[0026] 图14A是光发射器和光接收器的各种配置的额外实施例的另一示意图；

[0027] 图14B是光发射器和光接收器的各种配置的额外实施例的另一示意图；

[0028] 图14C是光发射器和光接收器的各种配置的额外实施例的另一示意图；

[0029] 图14D是光发射器和光接收器的各种配置的额外实施例的另一示意图；

[0030] 图14E是光发射器和光接收器的各种配置的额外实施例的另一示意图；

[0031] 图15是被佩戴时的电子健身设备的另一实施例的示意性侧剖视图，该电子健身设备包括一个光发射器，其将光信号发送给两个光接收器；

[0032] 图16是被佩戴时的电子健身设备的另一实施例的示意性侧剖视图，该电子健身设备包括两个光发射器，每个光发射器向一个光接收器发送光信号；

[0033] 图17是被佩戴时的电子健身设备的另一实施例的示意仰视图，该电子健身设备包括一个光发射器，其将光信号发送给两个光接收器；

[0034] 图18是被佩戴时的电子健身设备的另一实施例的示意仰视图，该电子健身设备包括两个光发射器，每个光发射器向一个光接收器发送光信号；

[0035] 图19是被佩戴时的电子健身设备的另一实施例的示意性侧剖视图，该电子健身设备包括对于一个光接收器发送具有第一波长的第一光信号的第一光发射器和发送具有第二波长的第二光信号的第二光发射器；以及

[0036] 图20是被佩戴时的电子健身设备的另一实施例的示意性侧剖视图，该电子健身设备包括对于两个光接收器发送具有第一波长的第一光信号的第一光发射器和发送具有第二波长的第二光信号的第二光发射器。

[0037] 附图不将本技术限制于在此公开和描述的特定实施例。附图不一定按比例绘制，而是将重点放在清楚地说明技术原理上。

具体实施方式

[0038] 以下对该技术的详细描述参考了附图，附图示出了可以实施该技术的特定实施例。实施例旨在充分详细地描述本技术的各方面，以使本领域技术人员能够实践该技术。在不脱离本技术的范围的情况下，可以利用其他实施例，并且可以进行改变。因此，以下详细描述不应被视为具有限制意义。本技术的范围仅由所附权利要求以及这些权利要求所赋予的等同物的全部范围来限定。

[0039] 在本说明书中，对“一个实施例”，“实施例”或“实施例”的引用意味着所涉及的一个或多个特征包括在本技术的至少一个实施例中。本领域技术人员显而易见的，在本说明书中对“一个实施例”，“实施例”或“实施例”的单独引用不一定是指相同的实施例，也不是相互排斥的，除非如此陈述和/或例外。例如，在一个实施例中描述的特征、结构、动作等也可以包括在其他实施例中，但不一定包括在内。因此，本技术可包括本文描述的实施例的各种组合和/或整合。

[0040] 本技术的实施例提供了一种可以佩戴在用户手腕上的电子健身设备，例如图1所示的电子健身设备，并且该电子健身设备通过生成和利用光电血管容积图 (PPG) 信号 (例如，图2中的波形所示的PPG信号) 来提供光学心脏监测。心脏监测可以包括确定信息，诸如用户的脉搏或心率、脉搏氧饱和度 (“脉搏Ox”) 水平 (也称为血氧饱和度水平或SpO₂)、估计的应力水平、最大耗氧速率 (VO₂max) 等。参考图3，PPG信号基于从光发射器 (TX) 发射到邻近光发射器 (TX) 的用户皮肤 (人体组织) 中的光信号 (光)。用户 (佩戴者) 可以是任何个体，其佩戴电子设备以使得电子设备的壳体贴近个体的皮肤 (例如，佩戴在人的手腕、腹部、腿部等处)。发射的光信号穿透使用者的皮肤至数十微米至数毫米的深度，这依赖于各种准则，例如发射光的波长、血管的存在和用户皮肤层的成分。一部分光信号从皮肤反射或以其他方式传递到光接收器 (RX)，通常是光电二极管，其生成PPG信号。PPG信号的大小与所接收的光信号 (光) 的强度相关联。光信号可以被通过光信号路径中的血管的血流调制或以其他方式修改。具体地，通过对用户心脏搏动或心动周期的血流响应来调制光信号。因此，由光接收器 (RX) 接收的光信号已被调制为包括与用户的心脏特征相对应的心脏分量，其与用户的心跳相关联。继而，由光接收器 (RX) 生成的PPG信号包括对应于用户心跳的心脏分量。除了心脏分量之外，PPG信号还包括不期望的分量，例如由用户的运动导致的运动噪声分量，以及由光接收器 (RX) 的电子电路和/或设备的操作导致的其他噪声分量，等等。

[0041] 通常，如图2所示，PPG信号波形包括AC值和DC值。波形的AC值是移动峰峰值，即在连续小时间段内局部极大值减去局部极小值。DC值是波形的移动平均值，即在连续小时间段内局部极大值和局部极小值的均值。在一些实现中，DC值是低通滤波PPG信号。在其它实现中，DC值是波形的通过在小时间段内对局部极小值或极大值进行连接和插值而形成的信号。仍参照图2，PPG信号的心脏分量通常是周期性的，基本上是正弦波形。低频AC噪声 (例如，运动分量) 趋于变化，并且可以包括在DC值中，导致PPG波形向上或向下移动。运动和各種其他高频AC噪声分量趋于污染PPG信号，并且难以识别和提取心脏信号。一些AC噪声分量 (其频率接近心脏分量的频率) 调制心脏分量的包络和/或以其他方式使心脏分量失真。通常，“AC值”对应于PPG信号的心脏分量。在PPG信号中存在AC噪声的环境中，期望在估计AC值之前从PPG信号去除AC噪声。

[0042] 处理元件可以利用PPG基于心脏分量PPG信号波形的频率来确定用户的心率，或者

简单地,在一分钟内出现的心脏波形峰值的数量。在实施例中,处理元件可以通过利用由具有不同波长的光信号生成的两个PPG信号来确定用户的脉搏氧饱和度(血氧水平),该两个PPG信号为基于所接收到的具有第一波长的被发送到皮肤中的光信号生成的第一PPG信号,和基于所接收到的具有第二波长的被发送的光信号生成的第二PPG信号。这两个PPG信号被用于确定指示符,该指示符等于第一光信号波长处的AC值和DC值的第一商除以第二光信号波长处的AC值和DC值的第二商。该指示符可以由式子EQ1给出,其中 λ_1 是第一光信号波长, λ_2 是第二光信号波长:

$$[0043] \quad \text{脉搏氧饱和度指示符} = \frac{AC_{\lambda_1} / DC_{\lambda_1}}{AC_{\lambda_2} / DC_{\lambda_2}} \quad [EQ. 1]$$

[0044] 处理元件可以基于脉搏氧饱和度指示符、以及存储在存储元件中的将脉搏氧饱和度指示符与用户的脉搏氧饱和度值相关联的关系来确定用户的脉搏氧饱和度或血液中的氧百分比。在实施例中,该关系可以表示为存储在存储元件中的查找表,其包括用于一个或多个健康和/或生理特征的多个脉搏氧饱和度指示符及它们相关联的脉搏氧饱和度值。健康特征可包括年龄,性别,体重,身高和健康水平(即,整体体质水平)。生理特征可包括但不限于心跳,心率,心率变异性,速度,行进距离,计算燃烧的卡路里,体温,血压,应激强度水平,体能水平等。在实施例中,处理元件可以基于确定的脉搏氧饱和度指示符(EQ.1)、一个或多个健康特征(例如,年龄,性别或体重)和一个或多个生理特征(例如,心率,血压或心率变异性)来识别脉搏氧饱和度值。

[0045] 与使用信号确定的其他计算一样,用户的心率和脉搏氧饱和度值的准确确定可以受益于PPG信号中的噪声分量的减少。例如,用户的脉搏氧饱和度(尤其是脉搏氧饱和度指示符)的准确确定可以受益于噪声分量和运动分量的减少,以使得能够使用具有最大化的信噪比(SNR)和/或最大化的信号与运动噪声比(SMNR)的PPG信号。

[0046] 在实施例中,为了提高处理元件准确地获得心脏分量(以及减少或去除不期望的分量)的能力,处理元件同时或几乎同时分析至少两个PPG信号。两个PPG信号由两个光信号得到,从光发射器到光接收器,每个光信号可以沿着不同的路径行进,沿不同的方向行进,行进不同的距离等。得到的PPG信号通常具有不同的波形特征,例如不同的总振幅、不同的噪声振幅和不同类型的噪声。

[0047] 处理元件可以接收并分析两个PPG信号,以确定是将利用第一PPG信号、第二PPG信号、还是两个PPG信号的组合来确定用户的心率或脉搏氧饱和度。例如,如果PPG信号之一具有低的总振幅或过大的噪声或者出于其他原因,则可以选择(两个PPG信号中的)较高振幅和/或较少噪声的PPG信号,并丢弃另一个PPG信号。如果两个PPG信号具有足够的振幅并且没有过度噪声,则可以处理或调节两个PPG信号。

[0048] 例如,处理元件可以对PPG信号实现或执行数学函数,例如求平均、相关等,其可以具有增强或最大化心脏分量(期望部分)且同时减少或最小化噪声分量(不希望的部分)的效果。在一些实施例中,处理元件可以计算两个PPG信号的移动平均值(例如,简单、加权等)以生成第一波长PPG信号。在其他实施例中,处理元件可以通过如下操作来使PPG信号相关:识别一个PPG信号的与另一个PPG信号的一个或多个分量显著相关的分量并且基于这两个

PPG信号的相关性产生(生成)PPG信号。在具有两对PPG信号的实施例中,处理元件可以识别第一PPG信号的与第三PPG信号的一个或多个分量显著相关的分量,识别第二PPG信号的与第四PPG信号的一个或多个分量显著相关的分量,基于第一PPG信号和第三PPG信号的相关性生成第一波长PPG信号,并基于第二PPG信号和第四PPG信号的相关性生成第二波长PPG信号信号。通常,心脏分量可以在所有PPG信号之间强相关,而噪声分量可能是弱相关的。在此初步分析之后,处理元件可以利用所得到的PPG信号来确定心率。

[0049] 可以通过使用多个光发射器和/或光接收器来实现或创建信号路径多样性,其涉及光信号经过的路径的差异。例如,如图16,18和19所示,两个光发射器均可发射由一个光接收器接收的光信号,使得每个光信号遵循不同的路径,从而生成两个不同的PPG信号。例如,如图16所示,第一和第二光发射器可以定位成与光接收器相距不同的距离,以生成经过不同距离的第一和第二光信号,从而生成两个不同的PPG信号。相反,如图15和17所示,一个光发射器可以发射由两个光接收器接收的光信号(跨越至少两个不同的路径和/或两个不同的路径长度),从而生成两个不同的PPG信号。例如,如图15所示,第一和第二光接收器可以定位成与一个光发射器相距不同的距离处,以生成经过不同距离的第一和第二光信号,从而生成两个不同的PPG信号。此外,如图20所示,多个光发射器均可发射由多个光接收器接收的不同波长的光信号,从而生成多个不同的PPG信号。

[0050] 在实施例中,为了确定脉搏氧饱和度,处理元件可以接收和分析四个PPG信号。例如,PPG信号可以是由具有第一波长的一个或多个光信号得到的第一和第二PPG信号,以及由具有第二波长的一个或多个光信号得到的第三和第四PPG信号。第一和第二PPG信号可以由处理元件如上所述地分析以选择或获得第一波长PPG信号,而第三和第四PPG信号可以由处理元件分析以选择或获得第二波长PPG信号。然后,处理元件可以将第一波长PPG信号和第二波长PPG信号用于EQ.1,作为由处理元件实现的用于确定用户的脉搏氧饱和度的多个步骤之一。

[0051] 光信号的第一和第二波长可以由两个光发射器生成,每个光发射器被配置为、可操作或设计为发射具有特定波长的光信号。例如,具有第一波长的第一光信号可以由第一光发射器发射,具有第二波长的第二光信号可以由第二光发射器发射。如下所述,为了确定脉搏氧饱和度,处理元件可以选择在约620nm至660nm的范围内的第一波长和在约850nm至940nm的范围内的第二波长。从光发射器发射的两个光信号可以由一个或多个光接收器接收(在信号已经从用户的皮肤朝向一个或多个光接收器反射之后)。

[0052] 处理元件也可为了其它益处而使得发射或发送具有特定波长的光信号。例如,通常理解的是,典型用户血液对光信号的吸收根据光信号的波长而变化。此外,含氧血液和脱氧血液之间的光信号吸收存在差异。吸收系数对比光信号波长的曲线图在图4中示出,并且示出了根据波长的吸收的可变性以及含氧血液和脱氧血液之间的吸收差异。与其他波长相比,光信号的含氧血液吸收的吸收系数最大化的波长得到如下的PPG信号,该PPG信号的心脏分量具有更大的SNR和/或SMNR,导致准确的心率确定。在实施例中,处理元件可以使得以可见光谱的绿色和黄色波长中的一些范围的波长发射或发送光信号,在图4中标记为“心率”,光接收器可以使用其反射来生成PPG信号,该PPG信号由处理元件用来确定用户的心率。

[0053] 在实施例中,处理元件能够识别PPG信号的运动分量以减少或去除PPG信号中的运

动分量。处理元件可以利用从运动检测电子设备(例如加速计)接收的信号来识别用户的运动。加速度计可以检测用户的运动以及用户的环境,例如用户正在其中行驶的汽车。汽车的运动可能对PPG信号的运动分量没有显著贡献。相反,例如韧带运动的组织运动可能会影响PPG信号,但加速度计基本上无法检测到。在其他实施例中,处理元件可以控制光发射器,该光发射器被配置为发送具有与PPG信号的运动分量相关联的特定波长的光信号,并利用光信号来识别和去除运动分量。例如,在实施例中,处理元件可以将由以运动范围中的波长发送的光信号得到的PPG信号与由以上述方式在心率范围内发送的光信号得到的PPG信号进行比较,以便从PPG信号中识别和去除(或减少)运动分量。如下所述,PPG信号的运动分量与之相关联的可见光谱的红色波长中的一些范围的波长在图4中标记为“运动”。

[0054] 导致用于确定用户的脉搏氧饱和度的两个PPG信号的两个光信号的波长的选择可以提高脉搏氧饱和度确定的准确度。为了将由于含氧血液引起的光信号的响应与由于脱氧血液引起的响应区分开,处理元件可以使光发射器对于图4的曲线图的区域中的两个波长发射或发送光信号,这里含氧血液和脱氧血液的吸收系数之间存在较大的分离。例如,在可见光谱的红色波长中和较低红外光谱的波长中,含氧和脱氧血液吸收系数之间存在分离。在实施例中,第一波长可以是红色波长范围内的波长,在图4中标记为“脉搏ox 1”,第二波长可以是红外波长范围内的波长,在图4中标记为“脉搏ox 2”。

[0055] 现在将参考附图更详细地描述本技术的实施例。首先参照图1,3,5-7和11,示出了用于提供光学心脏监测的电子健身设备10。示例性电子健身设备10可以通过通常佩戴在用户的手腕上的智能手表或健身带得以体现,但也可以通过佩戴在用户的手臂,腿或躯干上的带或环得以体现。电子健身设备10的其他示例可以包括智能手机、个人数据助理等,其包括可操作以保持光学器件的表面,该表面可以压靠在用户的皮肤上。电子健身设备10可总体上包括壳体12,腕带14,显示器16,用户界面18,通信元件20,位置确定元件22,运动检测元件24,一个或多个光发射器阵列26,一个或多个光接收器28,一个或多个透镜30,存储元件32和处理元件34。

[0056] 壳体12通常容纳或保持电子健身设备10的其他部件,并且可包括或耦合到腕带14。如图3所示,壳体12可包括限定内腔(图中未示出)的底壁36、上表面38和至少一个侧壁40。底壁36可包括下部外表面,其在用户佩戴电子健身设备10时接触用户的手腕。上表面38与底壁36相对。在各种实施例中,上表面38还可包括从上表面延伸到内腔的开口。在一些实施例中,例如图中所示的示例性实施例,壳体12的底壁36可以具有圆形,环形或椭圆形形状,具有单个圆周侧壁40。在其他实施例中,底壁36可以具有四边形形状,例如正方形或矩形,或其他多边形形状,壳体12包括四个或更多个侧壁。底壁36包括一个或多个开口,通过该开口,一个或多个光发射器阵列26发射或发送光信号,并且一个或多个光接收器28接收来自用户皮肤的光信号的反射。底壁36内的一个或多个开口可以被一个或多个透镜30覆盖,光信号40可以通过透镜30被发射和接收。

[0057] 显示器16通常呈现上述信息,例如一天中的时间,当前位置等。显示器16可以采用以下技术之一实现:发光二极管(LED),有机LED(OLED),发光聚合物(LEP)或聚合物LED(PLED),液晶显示器(LCD),薄膜晶体管(TFT) LCD,LED侧光或背光LCD等,或其组合。在一些实施例中,显示器16可具有圆形,环形或椭圆形形状。在其他实施例中,显示器16可具有正方形或矩形纵横比,其可以在横向或纵向方向上观看。

[0058] 用户界面18通常允许用户直接与电子健身设备10交互,并且可以包括按钮、旋钮等。在各种实施例中,显示器16还可以包括占据整个显示器16或其一部分的触摸屏,使得显示器16用作用户界面18的至少一部分。触摸屏可以允许用户通过在显示器16的区域上物理触摸、滑动或做手势来与电子健身设备10交互。

[0059] 通信元件20通常允许与外部系统或设备通信。通信元件20可以包括信号和/或数据发射和接收电路,例如天线,放大器,滤波器,混合器,振荡器,数字信号处理器(DSP)等。通信元件20可以通过利用遵从诸如蜂窝2G,3G,4G,LTE或5G的通信标准、诸如Wi-Fi的电气和电子工程师协会(IEEE)802.11标准、诸如WiMAX,蓝牙™的IEEE 802.16标准、或它们的组合的射频(RF)信号和/或数据来无线地建立通信。另外,通信元件20可以利用诸如ANT,ANT+,蓝牙™低能量(BLE),2.4千兆赫兹(GHz)的工业、科学和医疗(ISM)频带等的通信标准。替代地或附加地,通信元件20可以通过连接器或耦合器建立通信,所述连接器或耦合器接收与诸如以太网之类的网络技术兼容的金属导线或电缆。在某些实施例中,通信元件20还可以与光纤电缆耦合。通信元件20可以与存储元件32和处理元件34电子通信。

[0060] 位置确定元件22通常确定电子健身设备10的当前地理位置,并且可以从全球导航卫星系统(GNSS)接收和处理射频(RF)信号,所述全球导航卫星系统(GNSS)例如是主要在美国使用的全球定位系统(GPS)、主要在前苏联使用的GLONASS系统、或主要在欧洲使用的伽利略系统。位置确定元件22可以伴随有或包括天线以帮助接收卫星信号。天线可以是贴片天线、线性天线或可以与位置或导航设备一起使用的任何其他类型的天线。位置确定元件22可以包括卫星导航接收器、处理器、控制器、其他计算设备或它们的组合、以及存储器。位置确定元件22可以处理来自一个或多个卫星的信号,这里称为“位置信号”,该信号包括从其导出诸如当前地理位置的地理信息的数据。当前地理位置可以包括电子健身设备10的当前位置的坐标,诸如纬度和经度。位置确定元件22可以将当前地理位置传送到处理元件34,存储元件32或两者。

[0061] 尽管位置确定元件22的实施例可以包括卫星导航接收器,但是应当理解,可以使用其他位置确定技术。例如,可以使用蜂窝塔或任何定制发射射频塔以代替卫星,可以通过从至少三个发射位置接收数据然后执行基本三角测量计算来确定设备相对于发射位置的位置,以确定电子健身设备10的位置。利用这种配置,可以使用任何标准几何三角测量算法来确定电子健身设备10的位置。位置确定元件22还可以包括计步器、加速计、指南针或其他航位推算部件,或与其耦合,这样允许其确定设备10的位置。位置确定元件22可以通过通信网络例如通过使用辅助GPS(A-GPS)或者从另一电子健身设备来确定当前地理位置。位置确定元件22甚至可以直接从用户接收位置数据。

[0062] 运动检测元件24通常检测电子健身设备10的移动,并且可包括加速度计、倾斜传感器、倾斜仪、陀螺仪、它们的组合,或包括压电、压阻、电容感测或微机电系统(MEMS)部件的其他装置。运动检测元件24可以沿一个运动轴或多个运动轴感测运动。运动检测元件24可以沿着三个正交轴(例如X,Y和Z)感测运动。在各种实施例中,运动检测元件24可以测量用户的加速度,例如由于重力(G)引起的加速度,并且可以在具有数字二值格式的运动信号中输出测量数据。

[0063] 在实施例中,一个或多个光发射器阵列26包括第一光发射器阵列26A和第二光发射器阵列26B。每个光发射器阵列26包括多个光发射器42(每个光发射器42在图6和7中用

“TX”前缀指示)。在一些实施例中,每个光发射器42可以包括光子生成器,例如发光二极管(LED),调制器,顶部发射器,边缘发射器等。光子生成器接收来自处理元件34的电气输入信号,该电气输入信号可以是控制信号,诸如模拟或数字的电压或电流,或数据,其中任一个指示激活或激励光发射器42以发送(发射)具有期望的振幅、频率和持续时间的光信号。每个光发射器42的光子生成器发射具有在可见光谱中或者在红外光谱中的特定波长的电磁辐射(光信号),该可见光谱通常在大约400纳米(nm)到700nm之间,该红外光谱通常在约700nm至1毫米(mm)之间。然而,在一些实施例中,光子生成器发射在1000nm至1500nm的波长范围内的电磁辐射。光信号的波长通常由形成每个光发射器42的光子生成器的材料确定或根据其变化。光信号可包括脉冲序列,周期性或非周期性波形,给定时间段的恒定水平等,或它们的组合。在其它实施例中,每个光发射器42可以包括驱动器电路,其具有电耦合到光子生成器的电子电路,例如放大器和可选的滤波器。驱动器电路可以从处理元件34接收电气输入信号(控制信号),并且驱动器电路可以向光子生成器生成电压或电流,光子生成器继而发送(发射)光信号。

[0064] 第一光发射器阵列26A可包括四个光发射器42:第一光发射器42A1,其配置为或可操作为发射具有第一波长(λ_1)的光信号;第二光发射器42A2,其配置为或可操作为发射具有第二波长(λ_2)的光信号;第三光发射器42A3,其配置为或可操作为发射具有第三波长(λ_3)的光信号;以及第四光发射器42A4,其配置为或可操作为发射具有第四波长(λ_4)的光信号。在各种实施例中,处理元件34可以利用每个波长来执行某一功能,如图7所示,使用由接收来自用户皮肤的每个光信号的反射的一个或多个光接收器28生成的PPG信号。

[0065] 在示例性实施例中,处理元件34可以将控制信号输出到:光发射器,其被配置为发送具有在约520nm至约580nm的范围内的第一波长的光信号,该光信号的反射向处理元件34提供PPG信号,使得能够准确地确定用户的心率;光发射器,被配置为发送具有在从大约660nm到大约700nm的范围内的第二波长的光信号,该光信号的反射相对于心脏分量放大了PPG信号的运动分量,使得能够隔离运动分量;光发射器,被配置为发送具有在从大约620nm到大约660nm的红色光谱范围内的第三波长的光信号,该光信号的反射向处理元件34提供第一PPG信号以用于确定脉搏氧饱和度;光发射器,被配置为发送具有在从大约850nm到大约940nm的红外光谱范围内的第四波长的光信号,该光信号的反射向处理元件34提供第二PPG信号以用于确定脉搏氧饱和度。在实施例中,特定示例性波长可包括第一波长约540nm,第二波长约680nm,第三波长约660nm,第四波长约940nm。

[0066] 第一光发射器阵列26A的每个光发射器42可以集成在单个基板(例如印刷电路板)上,或者可以彼此紧邻地定位。通常,光发射器42被定向或定位以形成线性阵列,如图7所示,但是每个光发射器42在阵列内的相对定位可以重新排列并且仍然在本技术的范围内。

[0067] 第一光发射器阵列26A定位在壳体12的底壁36上的开口中,并且可以定位在透镜30下方。在一些实施例中,每个光发射器42可以定位在其自己的底壁36的开口中。

[0068] 第二光发射器阵列26B可包括两个光发射器42:第一光发射器42B1,其配置为或可操作为发射具有第五波长(λ_5)的光信号;以及第二光发射器42B2,其配置为或可操作为发射具有第六波长(λ_6)的光信号。类似于第一光发射器阵列26A,处理元件34可以利用第二光发射器阵列26B的波长来执行某一功能,如图7所示,使用由接收来自用户皮肤的每个光信号的反射的一个或多个光接收器28生成的PPG信号。在示例性实施例中,处理元件34可以将

控制信号输出到：光发射器，其被配置为发送具有在约520nm至约580nm的范围内的第五波长的光信号，该光信号的反射向处理元件34提供PPG信号，使得能够准确地确定用户的心率；以及光发射器，被配置为发送具有在大约660nm至大约700nm的范围内的第六波长的光信号，该光信号的反射向处理元件34提供PPG信号，使得能够隔离PPG信号的运动分量。

[0069] 在一些实施例中，第一波长和第五波长可以基本相等。类似地，第二波长和第六波长可以基本相等。因此，第二光发射器阵列26B的一个或多个光发射器42的波长可以复制第一光发射器阵列26A的一个或多个光发射器42的功能中的一些功能，但是假设从第二光发射器阵列26B发射的光信号与从第一光发射器阵列26A发射的光信号相比遵循不同的路径，在光信号之间存在信号路径差别或多样性。如这里详述的，处理元件34可以利用提供信号路径多样性的多个光信号，以更准确地确定用户的心率和/或脉搏氧饱和度。

[0070] 第二光发射器阵列26B的每个光发射器42可以集成在单个基板（例如印刷电路板）上，或者可以彼此邻近地定位。第二光发射器阵列26B定位在壳体12的底壁36上的开口中，并且可以定位在透镜30下方。在一些实施例中，每个光发射器42可以定位在其自己的底壁36的开口中。无论如何，第二光发射器阵列26B与第一光发射器阵列26A分隔开第一距离。在各种实施例中，第一光发射器阵列26A的纵轴线（通过每个光发射器42的中心）平行于第二光发射器阵列26B的纵轴线。

[0071] 电子健身设备10可包括第一光接收器28A和第二光接收器28B（每个光接收器28在图6和7中以“RX”前缀表示）。在一些实施例中，每个光接收器28可以包括光检测器，例如光电二极管，光电晶体管，光敏电阻，光电管等。光电探测器接收具有多个波长（通常是光子生成器生成的波长中的任何波长）的电磁辐射，并且作为响应，生成PPG信号，该PPG信号包括电流，电压或其他电气参数，其对应于由光发射器42发射并从用户的皮肤反射的在振幅和频率方面调制后的光信号的强度。假定光接收器28可以接收多个光信号，每个光信号具有特定波长，由任一光接收器28生成的每个PPG信号可以是特定波长相关PPG信号，因为它包括由第一或第二光发射器阵列26A，26B的光发射器42发送（发射）的光信号的特定波长得到的或与之相关的特征或分量。在其他实施例中，每个光接收器28可以包括光电检测器，其电耦合到放大器电路，接着是模数转换器（ADC）。光电探测器可以接收具有多个波长的电磁辐射，并且作为响应，可以生成输出信号，该输出信号包括电流、电压或其他电参数，其对应于由光发射器42发射并从用户的皮肤反射的在振幅和频率方面调制后的光信号的强度。放大器电路可以接收来自光电检测器的输出信号并将其放大以生成放大后的输出信号，其是模拟的并被传送到ADC。ADC可以对放大后的输出信号进行采样并输出PPG信号，该PPG信号被转换成相应的数字数据流。

[0072] 每个光接收器28可以生成多个PPG信号，每个PPG信号由第一或第二光发射器阵列26A，26B的光发射器42之一发射的光信号得到。在具有多个光接收器28的实施例中，例如，第一光接收器28A可以生成由从第一光发射器42接收的光信号得到的第一PPG信号，由从第二光发射器42接收的光信号得到的第二PPG信号，等等。同样，第二光接收器28B可以生成由从第一光发射器42接收的光信号得到的第一PPG信号，由从第二光发射器42接收的光信号得到的第二PPG信号，等等。作为替代，第一光接收器28A可以生成由从第一光发射器42接收的光信号得到的第一PPG信号，而第二光接收器28B可以生成由从第一光发射器42接收的光信号得到的第二PPG信号，等等。

[0073] 光接收器28通常是光电二极管,并且可以是被配置为基于传感器元件接收的光的强度生成PPG信号的任何其他设备。第一光接收器28A在第一光发射器阵列26A和第二光发射器阵列26B之间定位于壳体12的底壁36上的开口中,而第二光接收器28B可以在第二光发射器阵列26B(如图6和7所示)或第一光发射器阵列26A(未示出)的相对侧上定位在底壁36上的开口中。

[0074] 在一些实现中,壳体12和腕带14可以定位成使得光学部件(一个或多个光发射器阵列26和一个或多个光接收器28)基本上定位在用户的腕骨之一上(即,最接近)。例如,光学部件可以基本上定位在尺骨上或基本上定位在桡骨上。

[0075] 电子健身设备10可包括第一透镜30A,第二透镜30B,第三透镜30C和第四透镜30D。底壁36内的一个或多个开口可以被第一透镜30A,第二透镜30B,第三透镜30C和第四透镜30D覆盖,使得光信号可以通过每个透镜30被发送和接收。透镜30通常为光发射器42和光接收器28提供覆盖。另外,透镜30可以被配置为、可操作为、成形或形成为提供聚焦,准直,折射,衍射等。此外,一些透镜30(例如覆盖光发射器42的透镜30)可以提供一些功能,而其他透镜30(例如覆盖光接收器28的透镜30)可以提供其他功能。覆盖光发射器42的透镜30可以将由光发射器42发射的光信号引导到用户的皮肤。覆盖光接收器28的透镜30可以将从皮肤反射的光信号引导到光接收器28。透镜30可以由玻璃,聚合物等构成。第一透镜30A可以覆盖第一光发射器阵列26A,第二透镜30B可以覆盖第一接收器28A,第三透镜30C可以覆盖第二光接收器28B,第四透镜30D可以覆盖第二光发射器阵列26B。在各种实施例中,所有透镜30可以具有相同的尺寸和形状,并且可以在底壁36上彼此对齐。另外,每个透镜30的一个表面可以耦合到壳体12的底壁36的外表面。

[0076] 存储元件32可以由通常存储数据、特别是数字或二值数据的设备或部件来实现,并且可以包括示例性电子硬件数据存储设备或部件,诸如只读存储器(ROM),可编程ROM,可擦除可编程ROM,随机存取存储器(RAM),诸如静态RAM(SRAM)或动态RAM(DRAM),高速缓冲存储器,硬盘,软盘,光盘,闪存,拇指驱动器,通用串行总线(USB)驱动器,等等,或它们的组合。在一些实施例中,存储元件32可以嵌入在处理元件34中或者与处理元件34封装在相同的封装中。存储元件32可以包括或可以构成“计算机可读介质”。存储元件32可以存储由处理元件34执行的指令,代码,代码语句,代码段,软件,固件,程序,应用程序,小程序,服务,守护进程等。存储元件32还可以存储设置,数据,文档,声音文件,照片,电影,图像,数据库等。

[0077] 处理元件34可以包括电子硬件部件,例如处理器,微处理器(单核或多核),微控制器,数字信号处理器(DSP),现场可编程门阵列(FPGA),模拟和/或数字专用集成电路(ASIC)等,或它们的组合。在一些实施例中,处理元件34还可包括ADC电路。处理元件34通常可以执行,处理或运行指令,代码,代码段,代码语句,软件,固件,程序,应用程序,小程序,进程,服务,守护进程等。处理元件34还可以包括硬件部件,例如有限状态机,顺序和组合逻辑,以及可以执行本发明的操作所必需的功能的其他电子电路。处理元件34可以通过包括通用总线,地址总线,数据总线,控制线等的串行或并行链路与其他电子部件通信。此外,处理元件34可以包括在物理上分开但是在逻辑上和电子地连接的功能块。

[0078] 处理元件34可操作为、被配置为或被编程以通过利用硬件、软件、固件或其组合来执行以下功能。处理元件34生成电气输入信号或控制信号,其可包括电压或电流作为单个

数字或数字流,该电压或电流为恒定或可变的、模拟或数字的、或数据,并将信号传送到光发射器42用于控制光一个或多个发射器阵列26中的每个光发射器42的操作。处理元件34可操作以在不同时间将电气输入信号或控制信号分别传送到每个光发射器42,同时传送到一组或多组光发射器42,或同时传送到所有光发射器42。因此,处理元件34可以生成并发送六个电气输入信号或控制信号,一个电气输入信号或控制信号用于一个光发射器42。

[0079] 处理元件34可以被配置为控制每个光发射器阵列26内的多个光发射器42。处理元件34对于范围从数微秒到大约1分钟的第一时间段生成电气输入信号或控制信号并将其传送到第一个光发射器42(取决于所请求的数据-心率或脉搏氧饱和度)。处理元件34可以对于第二时间段生成电气输入信号或控制信号并将其传送到第二光发射器42,或者它可以在对于第二时间段生成电气输入信号或控制信号并且将其传送到第二光发射器42之前,等待短时间段或间隔。无论哪种方式,第一时间段和第二时间段不重叠并且对应于不同的时刻。应理解,第一时间段的持续时间和第二时间段的持续时间可以不同或基本相等。在各种实施例中,处理元件34可以在交替的时间段内持续地为每个光发射器42生成和传送电气输入信号或控制信号,使得处理元件34在奇数时间段期间生成电气输入信号并将其传送到第一光发射器42,并且处理元件34在偶数时间段期间生成电气输入信号并将其传送到第二光发射器42。如果处理元件34需要利用三个或更多个光发射器42,则处理元件34在连续的时间段中生成电气输入信号或控制信号并将其传送到每个光发射器42,使得处理元件34可以通过在光发射器阵列26内的最后一个光发射器42之后生成电气输入信号或控制信号并将其传送到第一光发射器42来重复该过程。应当理解,处理元件34可以类似地配置为同时控制附加光发射器阵列26内的多个光发射器42。

[0080] 以此时分复用(TDM)方式生成电气输入信号或控制信号允许处理元件34区分由光发射器阵列26内的光发射器42发送(发射)的具有不同波长的光信号得到的PPG信号。假定光接收器28响应于宽带电磁辐射,则每个光接收器28可以接收具有两个或更多个波长的两个或更多个光信号。然而,每个光接收器28在每个时刻(在任何时刻)仅生成一个PPG信号。处理元件34可以使得由每个光发射器42(来自第一光发射器阵列26A和第二光发射器阵列26B)发送的光信号在预定时间发送。例如,处理元件34可以使第一光发射器阵列26A中的第一光发射器42A1(TX A1-心率)和第二光发射器阵列26B中的第一光发射器42B1(TX B1-心率)两者在相同或重叠的时间段期间同时发送光信号。类似地,处理元件34可以使第一光发射器阵列26A中的第一光发射器42A1(TX A1-心率)和第二光发射器42A2(TX A2-运动)以及第二光发射器阵列26B中的第一光发射器42B1(TX B1-心率)和第二光发射器42A2(TX B2-运动)全部在相同或重叠的时间段期间同时发送光信号。作为替代,处理元件34可以分别使第一和第二光发射器阵列26A和26B中的第一光发射器42A1(TX A1-心率)和第一光发射器42B1(TX B1-心率)均在第一时间段期间发送光信号,并且处理元件34可以分别使第一和第二光发射器阵列26A和26B中的第二光发射器42A2(TX A2-运动)和第二光发射器42B2(TX B2-运动)均在第二时间段期间发送光信号,第一和第二时间段不重叠(即,光发射器42A1, 42B1可以以重复的方式在光发射器42A2, 42B2之前发送光信号)。在一些实施例中,处理元件34可以使第一光发射器阵列26A中的第一光发射器42A1(TX A1-心率)和第二光发射器42A2(TX A2-运动)以及第二光发射器阵列26B中的第一光发射器42B1(TX B1-心率)和第二光发射器42A2(TX B2-运动)中的每一个分别在第一时间段、第二时间段、第三时间段和

第四时间段期间顺序地发送光信号,使得在一个时刻(在任何时刻)只有这四个光发射器42中的一个光发射器发送光信号。另外,每个同时发送光信号的多个光发射器42可能利用它们的组合电磁辐射使光接收器28的光检测器饱和,导致对于确定用户的心脏信息(例如心率或脉搏氧饱和度)无用的PPG信号。

[0081] 处理元件34从光接收器28接收PPG信号。在一些实施例中,处理元件34可以对来自光接收器28的模拟PPG信号进行采样,以生成数字形式的PPG信号。在其他实施例中,处理元件34可以从光接收器28接收数字形式的PPG信号。

[0082] 在具有第一光接收器28A和第二光接收器28B的实施例中,每当发射器42中的一个发送光信号时,处理元件34接收两个PPG信号-从每个光接收器28接收一个PPG信号。处理元件34可以执行初步分析,该初步分析基于两个接收的PPG信号识别或生成输出PPG信号。例如,处理元件34可以确定每个PPG信号的信号特性,例如振幅和相位。在一些实施例中,处理元件34可以选择两个PPG信号中的一个以随后用以确定用户的心脏信息,例如心率或脉搏氧饱和度。例如,处理器可以通过选择具有较高振幅和/或较低噪声PPG信号作为输出PPG信号,丢弃PPG信号中的具有比另一PPG信号更低的信号质量(例如,整体振幅、过度噪声等)的一个PPG信号。在其他实施例中,处理元件34可以组合两个PPG信号或者基于两个PPG信号生成PPG信号。例如,如果两个PPG信号具有足够的振幅并且没有过度噪声,则处理元件34可以处理或调节两个PPG信号,例如通过对它们执行数学函数,如求平均,相关等,以生成输出PPG信号。数学函数可以具有增强或最大化心脏分量、同时减少或最小化噪声分量的效果。在实施例中,处理元件34可以确定心脏分量是否在两个PPG信号之间强相关。在许多情况下,即使心脏成分强相关,噪声分量也将弱相关。在该初步处理或分析之后,处理元件34可以利用所得到的PPG信号来确定用户的心率,其可以通过计算心脏分量的频率或在一分钟出现的PPG信号波形峰值的数量来确定。

[0083] 在具有发射不同波长的光信号的光发射器42的电子健身设备10的实施例中,处理元件34可以识别具有不同波长的PPG信号,以用于确定脉搏氧饱和度。在具有两个光接收器28的实施例中,处理元件34可识别两对PPG信号以用于确定脉搏氧饱和度。例如,第一对PPG信号可以由第一和第二光接收器28A,28B输出,源自于第三光发射器42A3发送具有第一波长-脉搏 λ_1 波长的光信号。类似地,第一和第二光接收器28A,28B可以输出第二对PPG信号,其源自于第四光发射器42A4发射具有第二波长-脉搏 λ_2 波长的光信号。处理元件34可以对第一对PPG信号执行上述初步分析以生成第一波长PPG信号,并且处理元件34可以对第二对PPG信号执行初步分析以生成第二波长PPG信号。然后,处理元件34可以分别确定第一波长PPG信号和第二波长PPG信号的心脏分量的AC和DC值,它们在EQ.1中使用以确定脉搏氧饱和度指示符。处理元件可以基于脉搏氧饱和度指示符、以及存储在存储元件32中的将脉搏氧饱和度指示符与用户的脉搏氧饱和度值相关联的关系来确定用户的脉搏氧饱和度或血液中的氧百分比。在实施例中,该关系可以表示为存储在存储元件中的查找表,其包括用于一个或多个健康和/或生理特征的多个脉搏氧饱和度指示符及它们相关联的脉搏氧饱和度值。健康特征可包括年龄,性别,体重,身高和健康水平(即,整体体质水平)。生理特征可包括但不限于心跳,心率,心率变异性,速度,行进距离,计算燃烧的卡路里,体温,血压,应激强度水平,体能水平等。在实施例中,处理元件可以基于确定的脉搏氧饱和度指示符(EQ.1)、一个或多个健康特征(例如,年龄,性别或体重)和一个或多个生理特征(例如,心率

和心率变异性)来识别脉搏氧饱和度值。

[0084] 处理元件34还可以控制显示器16以呈现所确定的心脏信息。显示对于给定时间段(例如一天或一周)的历史记录的脉搏氧饱和度的显示器16的屏幕截图的示例在图8中示出。向用户显示脉搏氧饱和度测量正在进行的消息的显示器16的屏幕截图的示例在图9中示出。呈现提供给用户(电子健身设备10的用户)的改进的测量和性能的提示的显示器16的屏幕截图的示例在图10中示出。

[0085] 电子健身设备10可以如下操作。用户可能希望确定他的心脏信息,例如心率或脉搏氧饱和度。他可以利用用户界面18来指示处理元件34开始确定心率和/或脉搏氧饱和度的过程。可替代地或附加地,处理元件34可以具有如下操作模式,其中当特定事件发生时(例如,心率变异性超过预定阈值,体温超过预定阈值,等等)或者周期性地(例如,每秒,每分钟,每小时,每天等),自动地启动确定心率或脉搏氧饱和度的过程。

[0086] 参考图11,示出了生成PPG信号的过程。处理元件34在一个时间段期间生成电气输入信号或控制信号并将其传送到光发射器42。取决于期望的心脏信息的类型(心率或脉搏氧饱和度),处理元件34可以将电气输入信号或控制信号传送到特定光发射器42或多个光发射器42(使一个或多个光发射器42发射具有第一波长的光信号)。在第一时间段内光发射器42将光信号通过透镜30发射到用户的皮肤(人体组织)中。假定光信号的电磁辐射从光发射器42径向向外(以360度图案)传播,则调制光信号的反射由光接收器28A,28B通过透镜30B和透镜30D接收。两个光接收器28A,28B接收反射,无论光接收器28是位于光发射器42的相同方向(在光发射器42的同一侧)还是光发射器42相反的方向(在相对侧)。光接收器28A,28B各自生成PPG信号并将其传送到处理元件34。然后,处理元件34如上所述地对这两个PPG信号执行初步分析,以便生成第一波长的单个PPG信号。发生类似的过程以生成第二波长的单个PPG信号。处理元件34可以分别使用对应于第一波长和第二波长的PPG信号,并且确定脉搏氧饱和度指示符以及用户的脉搏氧饱和度,如本文详述的。

[0087] 在一些实施例中,为了确定用户的心率,处理元件34生成电气输入信号或控制信号,并将信号传送到第一光发射器阵列26A的第一光发射器42A1。处理元件34可以在单个时间段期间、在多个时间段期间或连续地生成和传送电气输入信号或控制信号。光发射器42A1将具有适合于心率确定的波长的光信号通过透镜30A发射到用户的皮肤中。每个光接收器28接收调制光信号的反射并生成相应的PPG信号,该PPG信号被传送到处理元件34。然后,处理元件34可以如上所述地对两个PPG信号执行初步分析,以便生成单个心率PPG信号,其可以被用于通过确定心脏分量的频率或者一分钟内出现的PPG信号波形峰值的数量来确定用户的心率。

[0088] 在具有多个光发射器阵列26A,26B的实施例中,处理元件34分别生成电气输入信号或控制信号并将信号传送到第一和第二光发射器阵列26A,26B的第一光发射器42A1,42B1。处理元件34可以同时生成电气输入信号或控制信号并将其传送到光发射器42A1,42B1。作为替代,处理元件34可在第一时间段期间将电气输入信号或控制信号传送到第一光发射器阵列26A的第一光发射器42A1,并在第二时间段期间生成电气输入信号并将其传送到第二光发射器阵列26B的第一光发射器42B1。第一光发射器42A1通过透镜30A发射第一光信号,第一光发射器42B1通过透镜30B发射第二光信号到用户的皮肤中-每个光信号具有适合于心率确定的波长。在第一光发射器42A1在第一时间段期间发射光信号并且光发射器

42B1在第二时间段期间发射光信号的实施例中,生成四个PPG信号,因为每个调制光信号分别通过透镜30B和透镜30D由第一光接收器28A和第二光接收器28B接收。处理元件34可以分阶段执行初步分析,例如分析由第一光发射器42A1发送的第一光信号得到的两个PPG信号,然后分析由第一光发射器42B 1发送的第二光信号得到的两个PPG信号。作为替代,处理元件34可以同时或几乎同时分析四个PPG信号,以便生成单个PPG信号。然后,处理元件34利用PPG信号来确定用户的心率。

[0089] 为了确定用户的脉搏氧饱和度,在一些实施例中,处理元件34在第一时间段期间生成电气输入信号或控制信号并将其传送到第三光发射器42A3,并且在第二时间段期间生成电气输入信号或控制信号并将其传送到第四光发射器42A4。第三光发射器42A3在第一时间段期间发送具有第一波长(在脉搏 α_1 范围内)的光信号,而第四光发射器42A4在第二时间段期间发送具有第二波长(在脉搏 α_2 范围内)的光信号。生成四个PPG信号-由第三光发射器42A3发射的第一波长的光信号得到的两个PPG信号和由第四光发射器42A4发射的第二波长的光信号得到的两个PPG信号。处理元件34可以分阶段执行初步分析,例如分析由第一波长的光信号得到的两个PPG信号,然后分析由第二波长的光信号得到的两个PPG信号-这样生成第一波长PPG信号和第二波长PPG信号。处理元件34根据第一和第二波长PPG信号确定AC和DC值,并将它们用于等式EQ.1以计算脉搏氧饱和度指示符。然后,处理元件34可以基于脉搏氧饱和度指示符、以及存储在存储元件32中的将脉搏氧饱和度指示符与用户的脉搏氧饱和度值相关联的关系,来确定用户的脉搏氧饱和度。

[0090] 在一些情况下,用于确定心率或脉搏氧饱和度的PPG信号的运动分量足够大以致于防止处理元件34准确地确定用户的心率或脉搏氧饱和度。在这种情况下,利用发射具有运动范围内的波长的光信号的光发射器42来减少在不同或相应的时间段内生成的其他PPG信号的运动分量。处理元件34可以生成电气输入信号或控制信号并将其传送到第一光发射器阵列26A的第二光发射器42A2和第二光发射器阵列26B的第二光发射器42B2。处理元件34可以在用于生成和传送电气输入信号或控制信号以传送用于确定用户的心率或脉搏氧饱和度的光信号的时间段期间或之后使得传输用于运动滤波的光信号。光发射器42A2, 42B2各自发射具有运动范围内的波长的光信号。来自用户皮肤的调制光信号的反射由光接收器28A, 28B接收,并且PPG信号由光接收器28A, 28B生成。如果光发射器42A2, 42B2同时发射光信号,则光接收器28A, 28B生成两个PPG信号。如果光发射器42A2, 42B2顺序地(在不同的时间段)发送光信号,则光接收器28A, 28B生成四个PPG信号。处理元件34或者分阶段地或者同时地对光接收器28A, 28B生成的PPG信号进行初步分析,以生成运动PPG信号。

[0091] 在实施例中,处理元件34可以通过基于另一个PPG信号减小PPG信号的运动分量来生成运动补偿PPG信号。例如,处理元件34可以识别具有相似光路但不同波长的一对PPG信号,并使用这两个PPG信号中的一个来减少另一个PPG信号的运动分量。在一个实施例中,可以使用光发射器42A1生成具有心率范围内的波长的第一PPG信号,并且可以使用光发射器42A2生成具有运动范围中的波长的第二PPG信号。可以通过使用第二PPG信号来生成经运动补偿的第一PPG信号,以减小第一PPG信号的运动分量。在具有两对PPG信号的实施例中,其中每对PPG信号具有相似的光学路径,处理元件34可通过基于第二PPG信号减小第一PPG信号的运动分量来生成第一运动补偿PPG信号(第一对),通过基于第四PPG信号减小第三PPG信号的运动分量来生成第二运动补偿PPG信号(第二对),并基于第一和第二运动补偿PPG信

号生成第一波长PPG信号。

[0092] 在处理元件34确定用户的心率的实施例中,处理元件34可以对心率PPG信号和运动PPG信号执行数学信号处理或调节操作,例如相关、求平均等,其中,运动PPG信号可用于减少心率PPG信号的运动分量。操作可以生成滤波后的心率PPG信号,然后利用该信号以按上文讨论的方式确定用户的心率。

[0093] 在处理元件34确定用户的脉搏氧饱和度的实施例中,处理元件34可以在第一操作中对第一波长PPG信号和运动PPG信号以及在第二操作中对第二波长PPG信号和运动PPG信号执行数学信号处理或调节操作,例如相关,求平均等,其中运动PPG信号可用于减小第一波长PPG信号和第二波长PPG信号的运动分量。操作可以生成滤波后的第一波长PPG信号和滤波后的第二波长PPG信号,然后以上述方式将它们用于确定用户的脉搏氧饱和度。

[0094] 电子健身设备10可以以多种方式实现PPG信号区分。光发射器阵列26和光接收器28的空间配置和控制为每个光信号从每个光发射器42传播到光接收器28提供了不同的长度/距离和不同的方向,实现了PPG信号区分。例如,由第一光发射器阵列26的四个光发射器42中的任何一个发射的光信号经过第一路径长度到达第一光接收器28A,并且经过第二(不同)路径长度到达第二光接收器28B。由第二光发射器阵列26B的两个光发射器42B1,42B2中的任何一个发射的光信号在第一方向上行进到第一光接收器28A,并且在相反的第二方向上行进到第二光接收器28B。

[0095] PPG信号也可以以形成PPG数字数据的方式被区分。例如,可以以第一采样率对第一模拟PPG信号进行采样,例如每10ms一个采样,以生成准备用于初步分析的第一PPG信号。可以以相同的第一采样率对第二模拟PPG信号进行采样,但是其在时间上被偏移、移位或延迟,诸如每10ms加5ms一个采样,以生成准备好用于初步分析的第二PPG信号。

[0096] 在其他实施例中,如图12和13所示,电子健身设备10可以包括光发射器142和光接收器128的配置。光发射器142在结构和操作上与上述光发射器42基本相同,并且包括发射具有第一波长(λ_1)的光信号的第一光发射器142A1,发射具有第二波长的光信号的第二光发射器142A2波长(λ_2),发射具有第三波长(λ_3)的光信号的第三光发射器142A3,发射具有第四波长(λ_4)的光信号的第四光发送器142A4,以及发射具有第五波长(λ_5)的光信号的第五光发射器142B1。光接收器128在结构和操作上与光接收器28A,28B中的任何一个基本相同。

[0097] 图13描绘了示例性功能处理元件34基于所发射的光信号的波长利用每个光发射器142。例如,处理元件34可以控制第一光发射器142A1和第五光发射器142B1发送适用于处理元件34确定用户的心率的光信号。类似地,处理元件34可以控制第二光发射器142A2发送用于消除或减少(滤除)PPG信号的运动分量的光信号。处理元件34可以控制第三光发射器142A3和第四光发射器142A4分别发送第一和第二光信号,以用于确定脉搏氧饱和度。与由处理元件34的光信号得出的PPG信号的每个后续使用或功能相关联的波长范围在图4中示出。

[0098] 类似于光发射器42和光接收器28,光发射器142和光接收器128位于壳体12的底壁36上的开口中。光发射器142通常相对于光接收器128定位,其中第一光发射器142A1、第二光发射器142A2和第五光发射器142B1均邻近光接收器128的一侧被定位,使得光接收器128具有与其四个边中的三个边相邻的不同的光发射器142。与光接收器128相邻的光发射器

142的相对位置可被改变并且仍然落入本技术的范围内。例如,第二光发射器142A2和第五光发射器142B1的相对位置可以交换,并且仍然在本技术的范围内。

[0099] 第三光发射器142A3和第四光发射器142A4彼此相邻定位并且与光接收器128基本等距,该距离大于光接收器与第一、第二或第五光发射器142中的任何一个之间的距离。在各种实施例中,光接收器128可以定位在底壁36的一个边缘处,而第三光发射器142A3和第四光发射器142A4定位在底壁的相对边缘处,以便最大化由第三光发射器142A3和第四光发射器142A4发射的光信号行进到光接收器128的距离。增加用于确定脉搏氧饱和度的红色波长和红外波长的光信号的距离或路径长度可导致所得PPG信号的心脏分量的SNR和/或SMNR更大。

[0100] 处理元件34以与上文针对光发射器42和光接收器28论述的方式基本相同的方式与光发射器142和光接收器128通信。并且,电子健身设备10的功能与上面讨论的类似,但是具有以下与光发射器142和光接收器128有关的例外。

[0101] 为了确定用户的心率,在实施例中,处理元件34可以分别在第一时间段和第二时间段期间生成电气输入信号或控制信号并将电气输入信号或控制信号传送到第一光发射器142A1和第五光发射器142B1。处理元件34可以在第一时间段、第二时间段和/或第三时间段期间生成电气输入信号或控制信号并将其传送到第二光发射器142A2。第一光发射器142A1和第五光发射器142B1分别在第一和第二时间段期间发送具有在心率范围内的波长的第一和第二光信号。第二光发射器142A2发送具有在运动范围内的波长的第三光信号,以供处理元件34用于消除或减少(滤除)PPG信号的运动分量。光接收器128接收调制光信号的反射,其生成两个PPG信号,一个用于与心率范围相关联的每个调制光信号,以及与该运动范围相关联的PPG信号。处理元件34对两个PPG信号执行初步分析并生成一个心率PPG信号,其的运动分量可以基于与运动相关联的PPG信号被去除,并且由其确定用户的心率。

[0102] 作为替代,处理元件34可以生成电气输入信号或控制信号并将其仅传送到第一光发射器142A1,第一光发射器142A1发射具有心率范围内的波长的光信号。光接收器128接收调制光信号并生成PPG信号,该PPG信号被用于确定用户的心率。

[0103] 为了确定用户的脉搏氧饱和度,处理元件34可以生成电气输入信号或控制信号并将其传送到第三光发射器42A3和第四光发射器42A4。第三光发射器42A3可以发送具有第一波长的光信号,而第四光发射器42A4可以发送具有第二波长的光信号。处理元件34利用两个PPG信号来确定第一和第二波长信号的AC和DC值,并将所确定的AC和DC值用于等式EQ.1以计算脉搏氧饱和度指示符。处理元件34可以基于脉搏氧饱和度指示符、以及存储在存储元件32中的将脉搏氧饱和度指示符与用户的脉搏氧饱和度值相关联的关系来确定用户的脉搏氧饱和度。

[0104] 当用于确定心率或脉搏氧饱和度的PPG信号的运动分量足够大时,处理元件34可以利用光发射器142A2来发送光信号,光信号的反射将被光接收器128用来创建运动PPG信号,该运动PPG信号可被用于减少在不同或相应时间段内生成的其他PPG信号的运动分量。作为替代,光发射器142A2可以被自动用于心率或脉搏氧饱和度的每次确定。在任一种情况下,处理元件34可以在用于生成和传送用于心脏或脉搏氧饱和度的电气输入信号的时间段之后的时间段期间生成电气输入信号或控制信号并将其传送到第二光发射器142A2。光发射器142A2发射具有在运动范围内的波长的光信号。调制光信号由光接收器128接收,并生

成运动PPG信号。

[0105] 在处理元件34确定用户的心率的实施例中,处理元件34可以对心率PPG信号和运动PPG信号执行数学信号处理或调节操作,例如相关,求平均等,其中,运动PPG信号可用于减少心率PPG信号的运动分量。操作可以生成滤波后心率PPG信号,然后利用该信号以上面讨论的方式确定用户的心率。在实施例中,处理元件34可以通过基于另一个PPG信号减小PPG信号的运动分量来生成运动补偿PPG信号。

[0106] 在处理元件34确定用户的脉搏氧饱和度的实施例中,处理元件34可以在第一操作中对第一波长PPG信号和运动PPG信号以及在第二操作中对第二波长PPG信号和运动PPG信号执行数学信号处理或调节操作,例如相关,求平均等,其中运动PPG信号可用于减小第一波长PPG信号和第二波长PPG信号的运动分量。操作可以生成滤波后的第一波长PPG信号和滤波后的第二波长PPG信号,它们然后被用于以上述方式确定用户的脉搏氧饱和度。

[0107] 在确定了心脏信息之后,处理元件34然后可以控制显示器16以显示心率或脉搏氧饱和度。

[0108] 以下段落描述了另外的和/或作为替代的实施例。对于PPG传感器(例如,光学心脏监视器,脉搏氧饱和度监视器等),PPG信号内的运动伪像可能受到光信号在被光发射器TX(例如,LED)输出之后、穿过组织、并且被反射到光接收器RX(例如,光电二极管)并用于生成PPG信号所经过的有效路径的影响。当光信号经由不同路径通过用户皮肤时(从多个光发射器TX到一个或多个光接收器RX),处理元件34可利用所生成的各个PPG信号来生成结果PPG信号,该结果PPG信号的心脏分量与运动噪声(伪影)比(SMNR)优于各个分量的SMNR。例如,处理元件34可以利用基本上同时生成的多个PPG信号来生成平均结果PPG信号。

[0109] 在一些实施例中,利用经由不同路径通过用户皮肤的光信号生成一个以上的运动参考信号。在一些实施例中,为每条路径生成运动参考信号以用于确定心率。当光信号经由不同路径通过用户皮肤(从多个光发射器42到一个或多个光接收器28)时,处理元件34可利用所生成的信号来识别由一个动作(例如用户抬起手臂)导致的不同运动伪影。例如,处理元件34可以利用基本上同时生成的多个运动参考信号来识别由一个运动导致的不同运动伪影。在其他实现中,处理元件34可以利用基本上同时生成的多个运动参考信号来识别具有高运动伪影调制的路径。

[0110] 在一些实施例中,电子健身设备10可包括两个或更多个光发射器42,它们被同时或独立地使用以生成具有心脏分量的PPG信号。两个或更多个光发射器42可以具有不同的光谱特性。图14A示出了包括光接收器28和两个光发射器42的电子健身设备10的示例。

[0111] 在实施例中,电子健身设备10可具有壳体12,壳体12在光接收器28上使用比放置在光发射器42上方的透镜30更大的透镜30。如图14B所示,每个光发射器42可以邻近于与光接收器28相关联的透镜30的一侧被定位。

[0112] 在一些实施例中,电子健身设备10可包括两个或更多个光接收器28,它们被同时或独立地使用以生成具有心脏分量的PPG信号。两个或更多个光接收器28可以具有不同的光谱特性。具有一个或多个光发射器42和多个光接收器28的这种电子健身设备10的示例如图14C所示。

[0113] 在如图14D所示的实施例中,电子健身设备10可包括多个光发射器42和多个光接收器28。在如图14E所示的实施例中,电子健身设备10可以具有壳体12,壳体12在光接收器

28上使用比放置在光发射器42上方的透镜30更大的透镜30。

[0114] 使用具有不同光谱特性的两个或更多个光发射器42和/或两个或更多个光接收器28使得处理元件34能够利用被用于生成PPG信号和参考信号中的一个或多个的光信号的复杂光谱特性。例如,中心波长为542nm的光发射器42可以与中心波长为577nm的光发射器42一起使用,以生成具有两个光谱峰值的组合光发射器42——一个峰值在波长542nm处,另一个峰值在577nm处。使用具有不同光谱特性的两个或更多个光发射器42和/或光接收器28还使得处理元件34能够基于被用于生成PPG信号和参考信号中的一个或多个的光信号的光谱特性来实现时变技术。例如,处理元件34可以控制中心波长为542nm的光发射器42以供一些用户使用或在一些活动期间使用,然后,在另一时间,处理元件34可以控制中心波长为577nm的光发射器42以用于另一用户或在其他活动中使用。

[0115] 在具有多个光接收器28的电子健身设备10的实施例中,多个PPG信号和/或运动参考信号可以由电子健身设备10同时或基本上同时生成,因为处理元件34可以控制每个接收器28生成PPG信号和参考信号中的一个或者多个。例如,处理元件34可以控制两个或更多个光发射器42以在相同时间(同时)输出光信号并控制至少两个接收器28以基于光信号的反射生成多个PPG信号。在其他实现中,处理元件34可以控制两个或更多个光发射器42在短时间段内循环地和顺序地开启(启用光信号输出)和关闭(禁用光信号输出),并且处理元件34可以控制一个或多个光接收器28以生成多个PPG信号。例如,处理元件34可以控制一个或多个光接收器28在对应于光信号的输出的时间段期间生成PPG信号。在与第一光发射器42输出的光信号的第一时间段相对应的第一短时间段期间,光接收器28可以捕获第一PPG信号,然后在与第二光发射器42输出的光信号的第二时间段相对应的第二短时间段期间,由相同或不同的光接收器28捕获第二PPG信号。在其他实施例中,处理元件34可以控制一个光发射器42输出光信号,并控制两个或更多个光接收器28以基本上同时生成多个PPG信号。

[0116] 可以使用上述技术和其他已知技术的各种组合来基本上同时生成多个PPG信号。可以基于来自用户皮肤的组织的光信号的多次反射来生成多个PPG信号,每次反射遵循与其他反射明显不同的有效路径。通过在光发射器42和光接收器28之间实现不同间隔,对光发射器42和/或光接收器28进行不同定位,使用具有不同光信号波长的光发射器42,使用具有多波长源的波长区分光接收器28,或它们的任何组合,可以实现明显不同的有效路径。

[0117] 如图15所示,多个PPG信号的有效路径区分可以通过如下方式来实现:将多个光接收器28与光发射器TX相距不同距离地定位在组织上,使得每个光接收器28通过来自光发射器42的不同有效路径接收光信号。

[0118] 如图16所示,多个PPG信号的有效路径区分可以通过如下方式来实现:将多个光发射器42与光接收器28相距不同距离地定位在组织上,使得来自每个光发射器42的光信号通过不同有效路径到达光接收器28。多个光发射器42可以同时或顺序地输出光信号。

[0119] 如图17所示,多个PPG信号的有效路径区分可以通过如下方式来实现:将多个光接收器28定位在光发射器42的不同方向上,使得来自每个光发射器42的光信号通过不同有效路径到达光接收器28。

[0120] 如图18所示,多个PPG信号的有效路径区分可以通过如下方式来实现:将多个光发射器42定位为使得光发射器42输出的光信号由光接收器28从不同方向接收到,其中每个光发射器42的光信号通过不同有效路径到达光接收器28。

[0121] 在一些实施例中,电子健身设备10可以输出具有不同波长的光信号,如图19和20所示。由于组织光谱吸收特性,具有不同波长的光信号能够穿透或到达用户皮肤和组织的不同区域。如上文详细描述,处理元件34可以控制光发射器42(TX1)输出具有第一波长的光信号,并且光接收器28利用光信号的反射来生成具有心脏分量的PPG信号,处理元件34可以控制光发射器42(TX2)输出光信号,该光信号由光接收器28接收,以便以响应于PPG信号的运动伪影分量的方式生成参考信号。

[0122] 电子健身设备10可以通过利用发射不同波长的光信号到光接收器28的多个光发射器42来实现多个PPG信号的有效路径区分。如图19所示,电子健身设备10的处理元件34可以控制光发射器42(TX1)输出第一波长的光信号以及控制光发射器42(TX2)以输出第二波长的光信号。光接收器28可以接收由两个光发射器42输出的光信号的反射,以生成两个PPG信号。在实施例中,第一光发射器42(TX1)和第二光发射器(TX2)可以位于电子健身设备10的壳体12中的共同位置(在一个透镜30下方)。作为替代,第一光发射器(TX1)和第二光发射器(TX2)可以位于电子健身设备10的壳体12中的不同位置(在分离的透镜30下方)。

[0123] 电子健身设备10可以通过利用以不同波长发射光信号至多于一个的光接收器28的多个光发射器42或者以多个波长发射光信号至多于一个的光接收器28的单个光发射器42来实现多个PPG信号的有效路径区分,所述多于一个的光接收器28被配置为接收明显不同的波长范围。如图20所示,电子健身设备10可以通过利用发射不同波长的光信号至生成每个PPG信号的多个光接收器28的多个光发射器42来实现多个PPG信号的有效路径区分,其中每个光接收器28被配置为基本上接收与其他光接收器28不同的波长范围。电子健身设备10的处理元件34可以控制第一光发射器42(TX1)输出第一波长的光信号,并且控制第二光发射器42(TX2)顺序地或者同时地输出第二波长的光信号。在一些实现中,两个光发射器42包括生成具有多个光信号波长的光信号的第一光发射器42(例如,宽带光发射器)。两个光接收器28可以接收由一个或多个光发射器42输出的不同波长的光信号的反射,以生成两个PPG信号。

[0124] 在实施例中,每个光接收器28可以包括滤波器或包括滤波器的透镜30,其被配置为基本上接收具有期望波长的光信号并且基本上拒绝其他光信号(波长)。第一光接收器28(RX1)可以接收由第一光发射器42(TX1)输出的光信号的反射,并且第二光接收器28(RX2)可以接收由第二光发射器42(TX2)输出的光信号的反射。在实施例中,第一光发射器42(TX1)和第二光发射器42(TX2)是以多个波长发射光信号的一个源(例如,宽带光发射器,白光等)。在实施例中,第一光接收器28(RX1)和第二光接收器(RX2)是光电器件阵列,其中至少一些光电器件被配置为优先接受具有与被阵列中的其他器件优先接受的光信号波长不同的波长的光信号。在一些实施方案中,阵列是光接收器28的阵列,对于至少一些阵列元件具有不同滤光器。

[0125] 在一些实施例中,电子设备10可以使用光信号导引件(例如光纤)以实现路径多样性。例如,光信号导引件可以用于通过将光发射器42生成的光信号分成多个部分(每个部分在皮肤上的不同位置处被导引到或发送到皮肤),来将所生成的光信号空间分布到皮肤上的多个位置。类似地,光信号可以在皮肤上的多个位置处被光学收集,并且被输送到一个或多个光接收器28,其中一个或多个光接收器28可以同时或顺序地捕获光信号。

[0126] 这些配置和技术或其组合可用于实现多个PPG信号之间的路径多样性,所述多个

PPG信号由处理元件34分析以确定生理特征,例如心率、心率变异性、血压、应激强度水平、和体能水平。例如,光发射器42和光接收器28之间的间隔以及相对定位或不同波长可以同时或以任何组合被使用以实现路径多样性。电子健身设备10使用通过明显不同的有效路径穿透贴近壳体12的组织的光信号的反射基本上同时生成多个PPG信号。处理元件34可以组合PPG信号中的两个或更多个,以相对于单独的PPG信号的信号与运动噪声比(SMNR)提高所得PPG信号的SMNR。

[0127] 在一些实施例中,处理元件34可以通过将多个PPG信号加在一起组合多个PPG信号。处理元件34可以通过实现模拟求和来添加PPG信号。例如,当来自多个光发射器42的光信号被一个光接收器接收时,如图18所示,光发射器42可以基本上同时发射光信号。光信号在发射后可以在组织中组合,并且光接收器28可以接收组合光信号的总和并将接收的光信号转换成PPG信号。作为替代,当来自多个光发射器42的光信号被一个光接收器接收时,如图18所示,光发射器42可以顺序地发射光信号,使得一次只有一个光发射器42发射光信号。光接收器28可以分别从每个光发射器42接收光信号,并将多于一个的接收的光信号转换成多于一个的PPG信号。处理元件34可以使用数字求和来对多于一个的PPG信号进行相加以生成结果PPG信号。作为替代,当来自多个光发射器42的光信号被多个光接收器28接收时,如图20所示,处理元件34可以使用数字求和来将PPG信号进行相加以生成结果PPG信号(在每个光接收器28基于光接收器28接收的光信号的强度生成PPG信号之后)。

[0128] 在一些实施例中,处理元件34通过对于每个PPG信号利用由处理元件34为该PPG信号确定的信号质量度量进行单独加权并然后对加权PPG信号求和,来组合多个PPG信号。处理元件34可以为多个PPG信号中的每一个选择任何信号质量度量,该信号质量度量至少部分地量化PPG信号的信噪比(SNR),或PPG信号的信噪比的期望值。例如,在实现中,PPG信号的信号质量度量可以是PPG信号的信号分量的功率与PPG信号中的其余信号分量的功率之比。在一个实现中,PPG信号的信号分量是在识别和拒绝诸如运动节奏分量之类的已知干扰分量之后由PPG信号的频谱表示中的最强频谱峰值表示的信号。该度量部分地量化PPG信号的SNR。

[0129] 在实施例中,电子健身设备10生成与多个PPG信号中的一个或多个相对应的运动参考信号,每个PPG信号是使用沿着不同有效路径穿过组织的光信号生成的。例如,电子健身设备10可包括多对光发射器42,其中每对包括输出用于生成运动参考信号的光信号的一个光发射器42和输出用于生成PPG信号的光信号的另一光发射器42。处理元件34可以使用运动参考信号的振幅或其他特性来量化相应PPG信号的SNR的期望值。在一个实施例中,电子健身设备10包括光发射器42,其具有相对于心脏信号调制最大化运动信号调制的波长,如上所述。

[0130] 在实施例中,可以生成一个或多个运动波长参考信号以对应于至少两个PPG信号。作为替代,可以为多个相应的PPG信号中的每一个生成一个运动波长参考信号。处理元件34可以使用运动参考信号的一个或多个特性作为对应PPG信号的信号质量度量。在实施例中,处理元件34可以使用多个信号质量度量的函数将多个PPG信号组合成结果PPG信号。

[0131] 在一个实施例中,处理元件34可以确定运动参考信号的功率除以所有运动参考信号的功率之和作为用作信号质量度量的运动参考信号的特性。在另一个实施例中,处理元件34可以确定运动参考信号的AC分量的功率除以所有运动参考信号的AC功率之和作为用

作信号质量度量的运动参考信号的特性。在一种实现中,多个信号质量度量的函数是多个PPG信号的加权和,其中权重是与多个PPG信号中的每一个相对应的信号质量度量。换句话说,对应于(多个PPG信号中的)第一PPG信号的第一信号质量度量是多个PPG信号的加权和中的第一PPG信号的权重。类似地,对应于第二PPG信号的第二信号质量度量是多个PPG信号的加权和中的第二PPG信号的权重。处理元件34可以类似地加权多个PPG信号的其他PPG信号,以获得结果PPG信号。在一种实现中,多个PPG信号中的每一个除以基本上表示信号的DC分量的信号,以获得相应的DC归一化PPG信号。然后,通过使用多个信号质量度量的函数组合所得到的多个DC归一化PPG信号来获得结果PPG信号。

[0132] 尽管已经参考附图中示出的实施例描述了该技术,但是应注意,在不背离权利要求中所述的技术的范围的情况下,可以采用等同物并且在此进行替换。

[0133] 已经描述了本技术的各种实施例,要求保护的新的和希望受专利证书保护的内容包括以下内容:

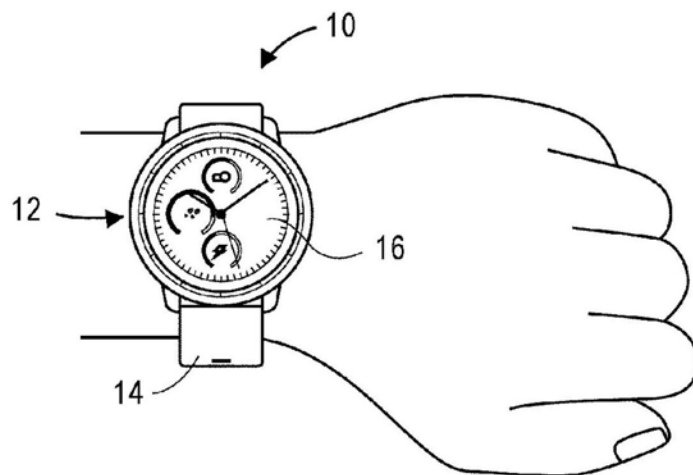


图1

光电血管容积图 (PPG) 信号波形

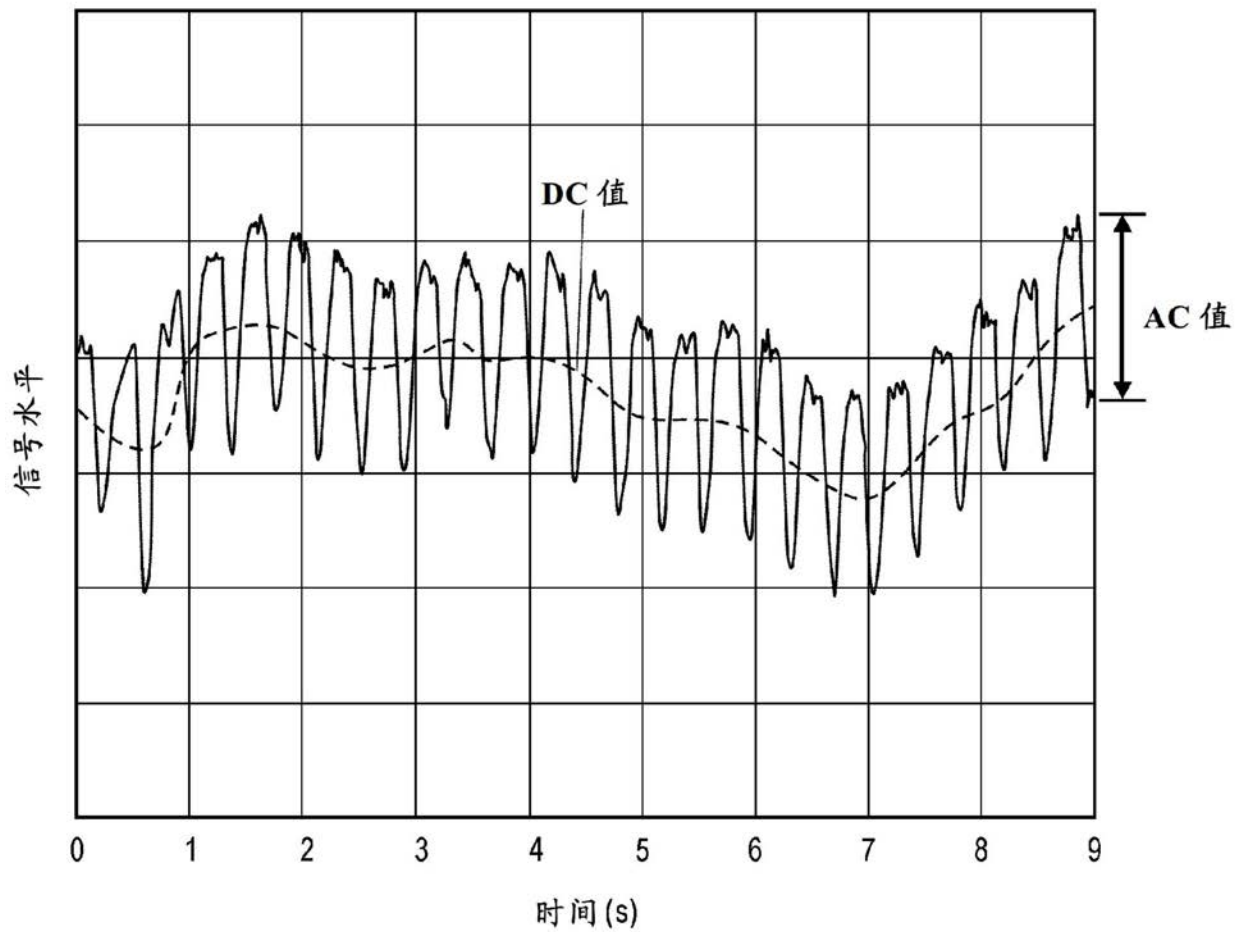


图2

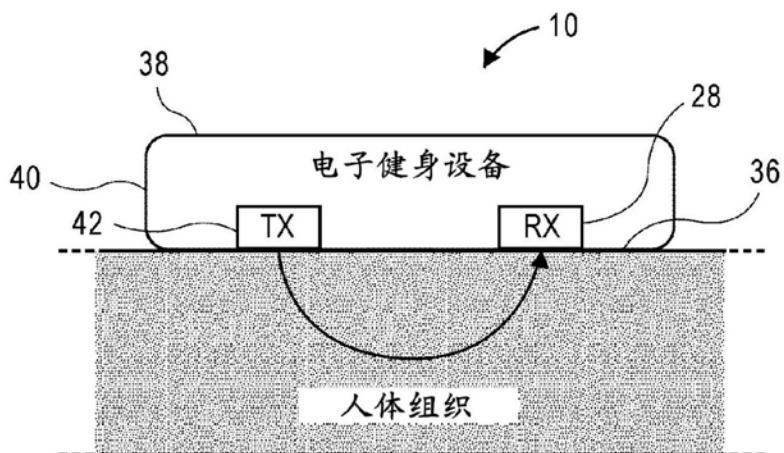


图3

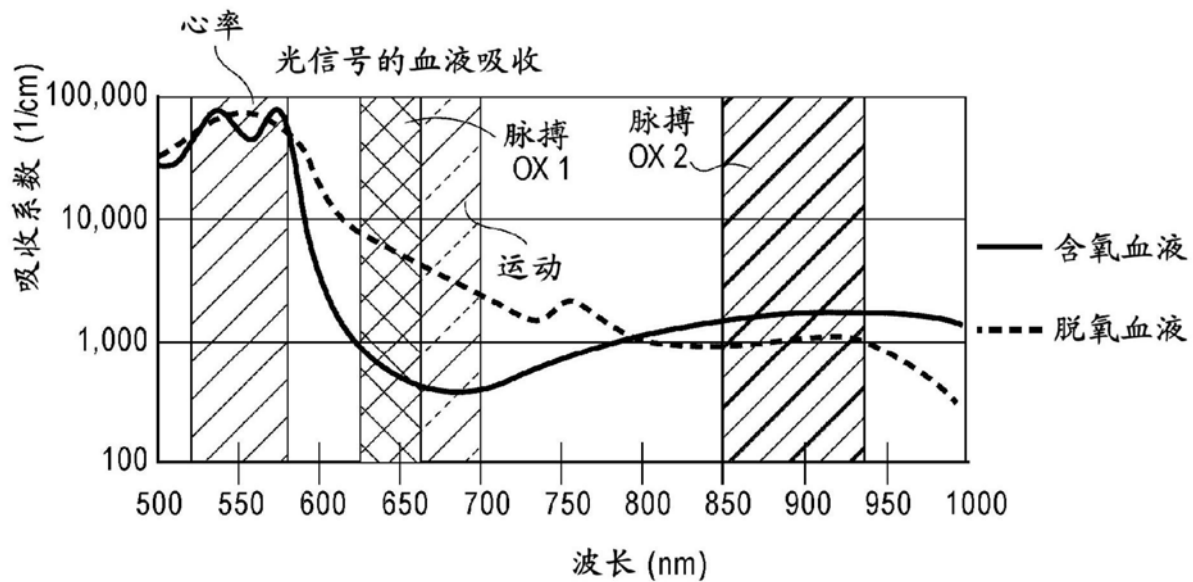


图4

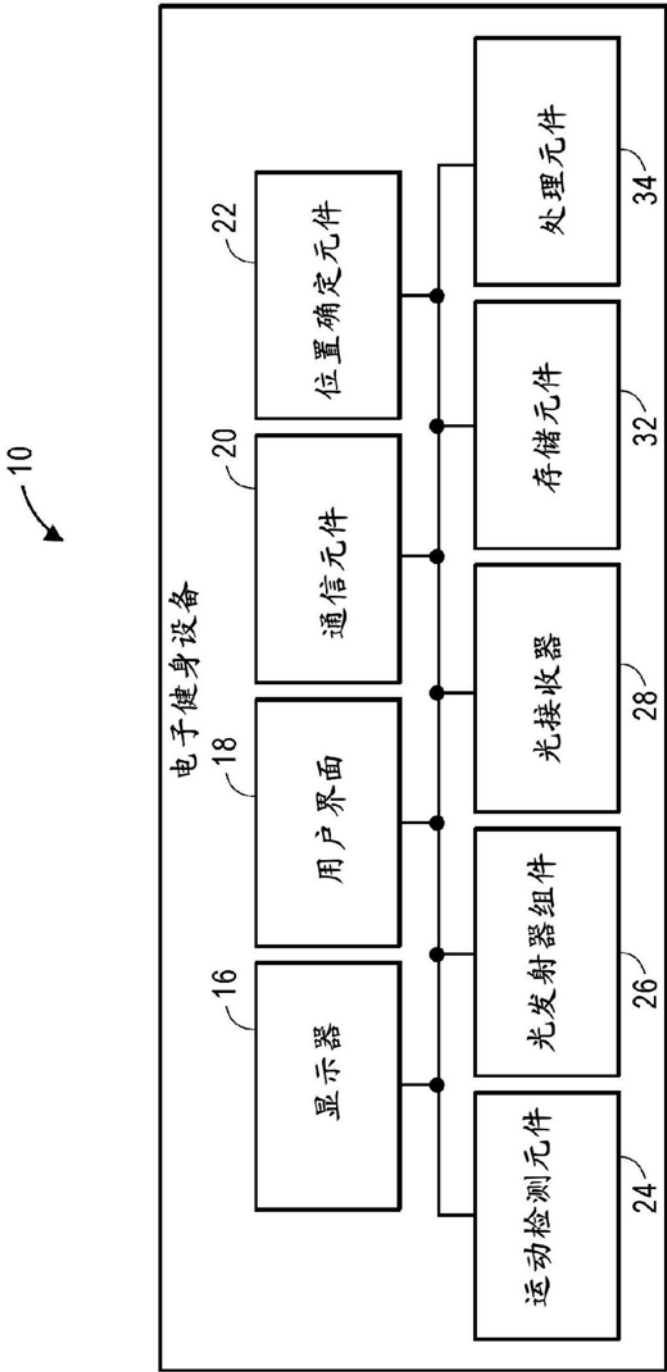


图5

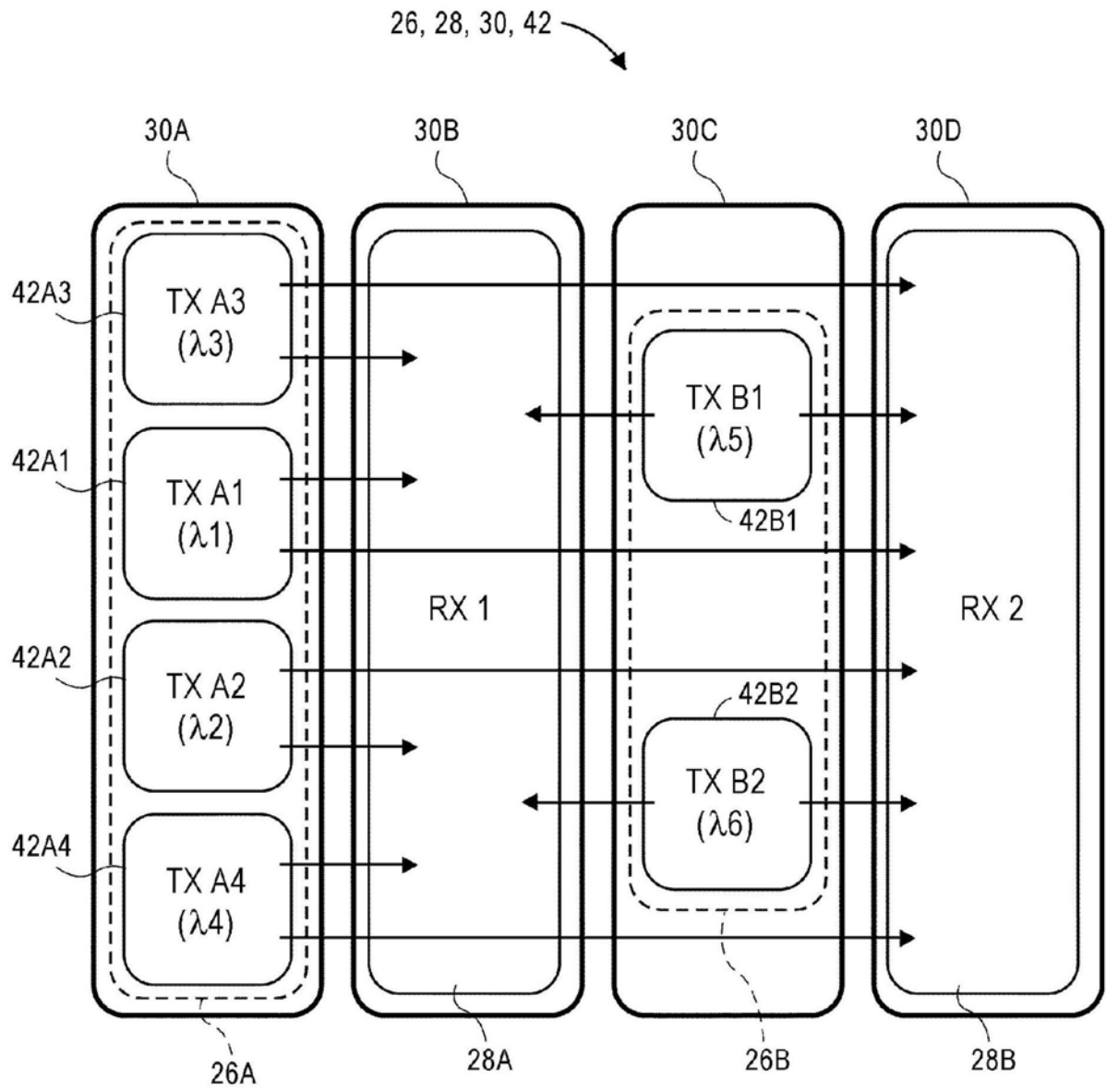


图6

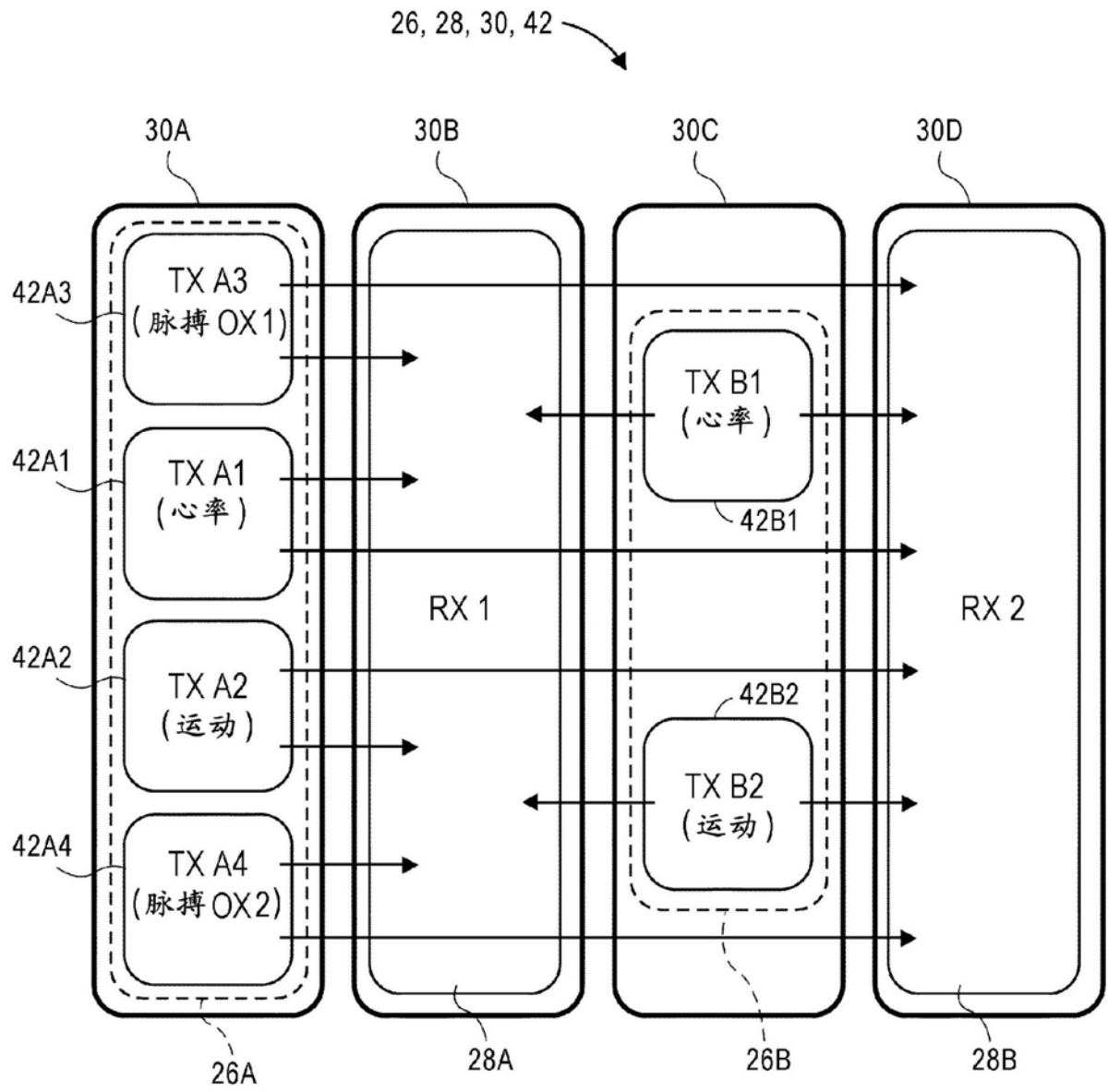


图7

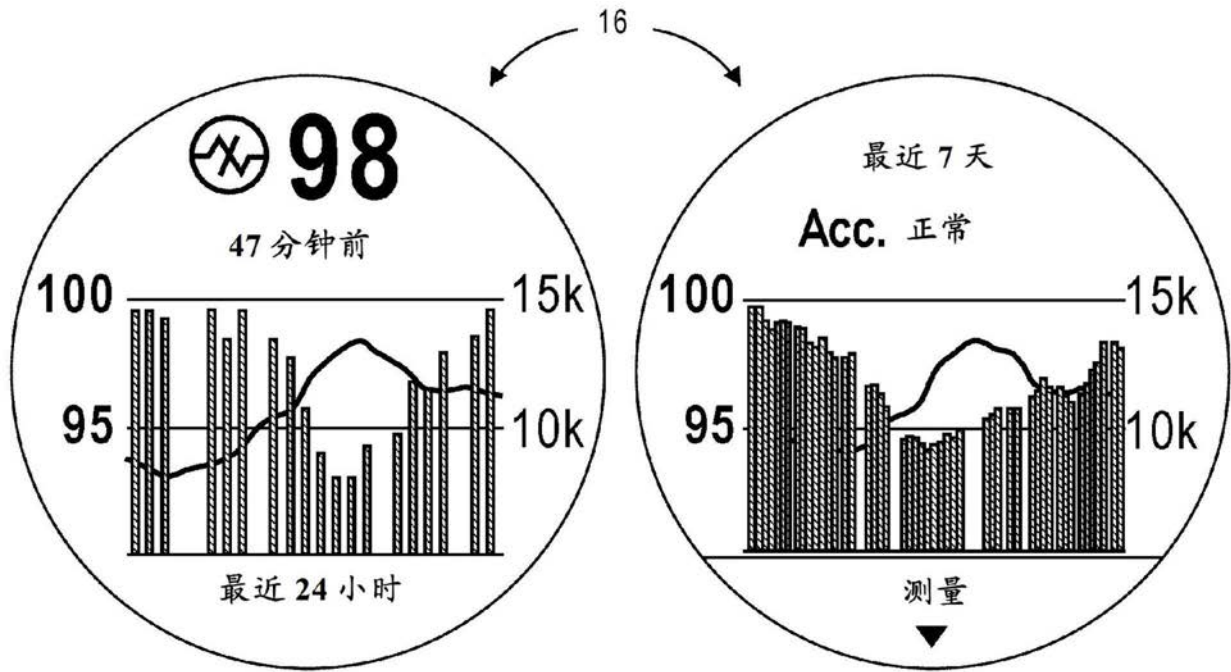


图8

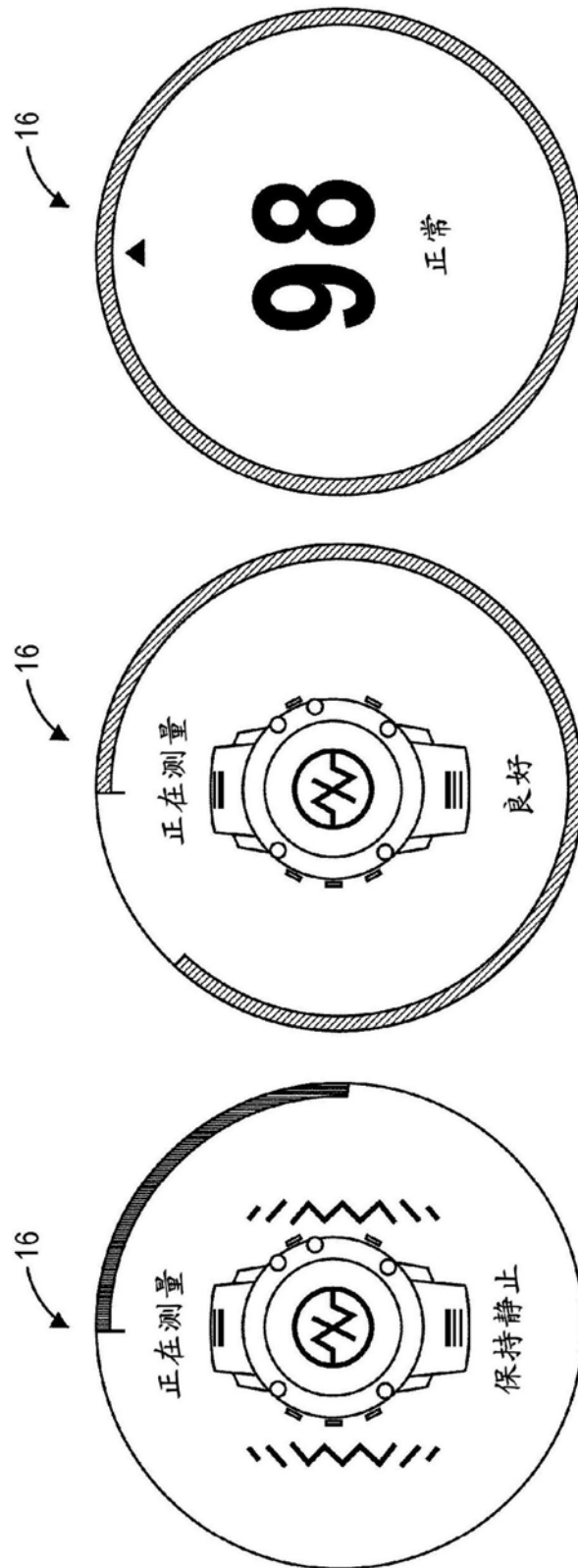


图9

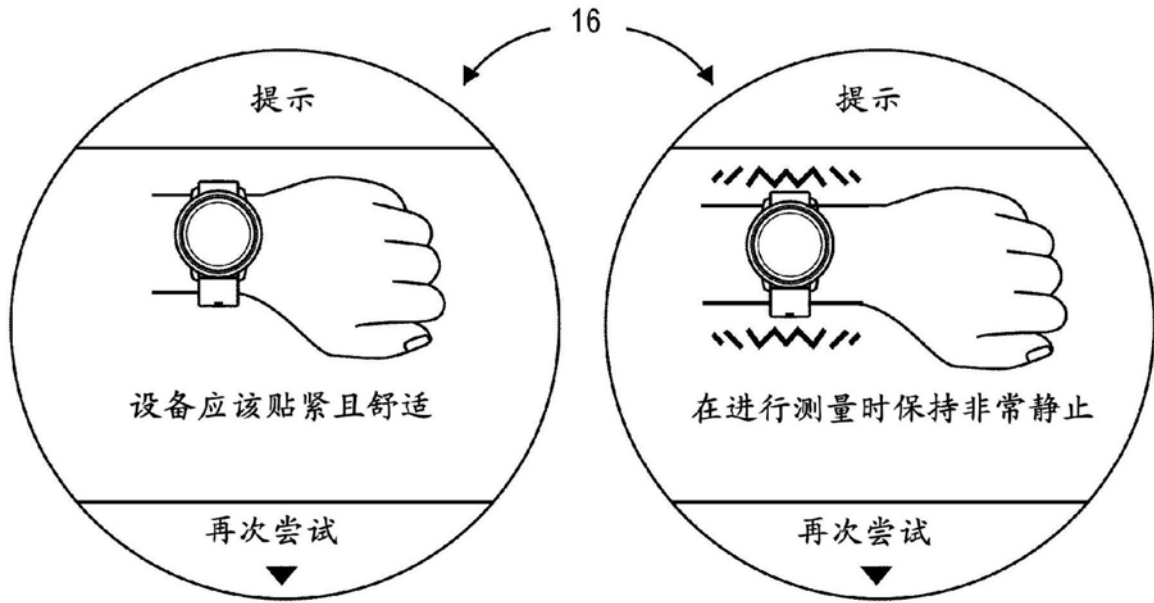


图10

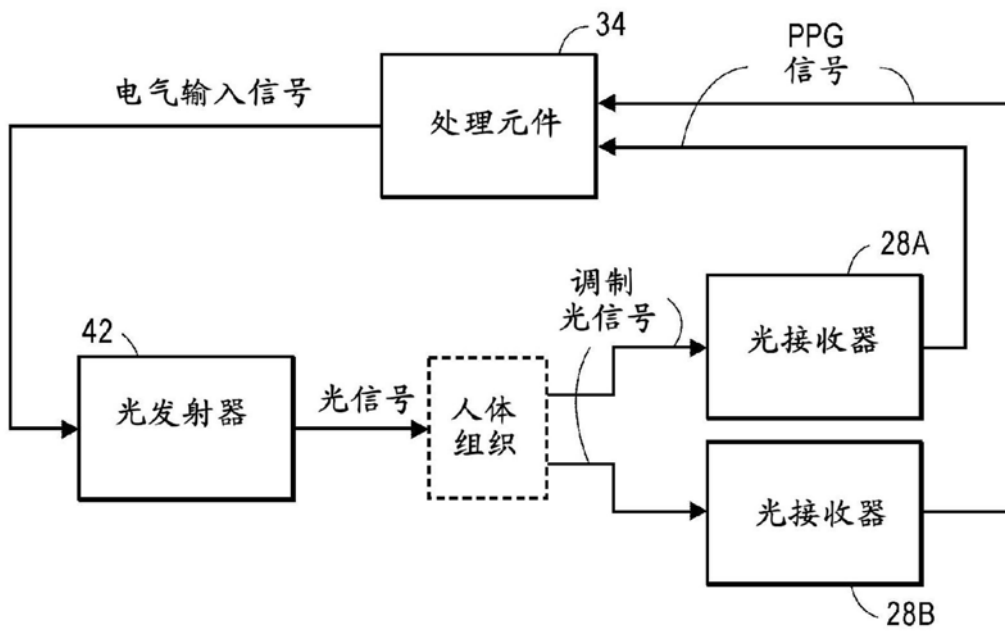


图11

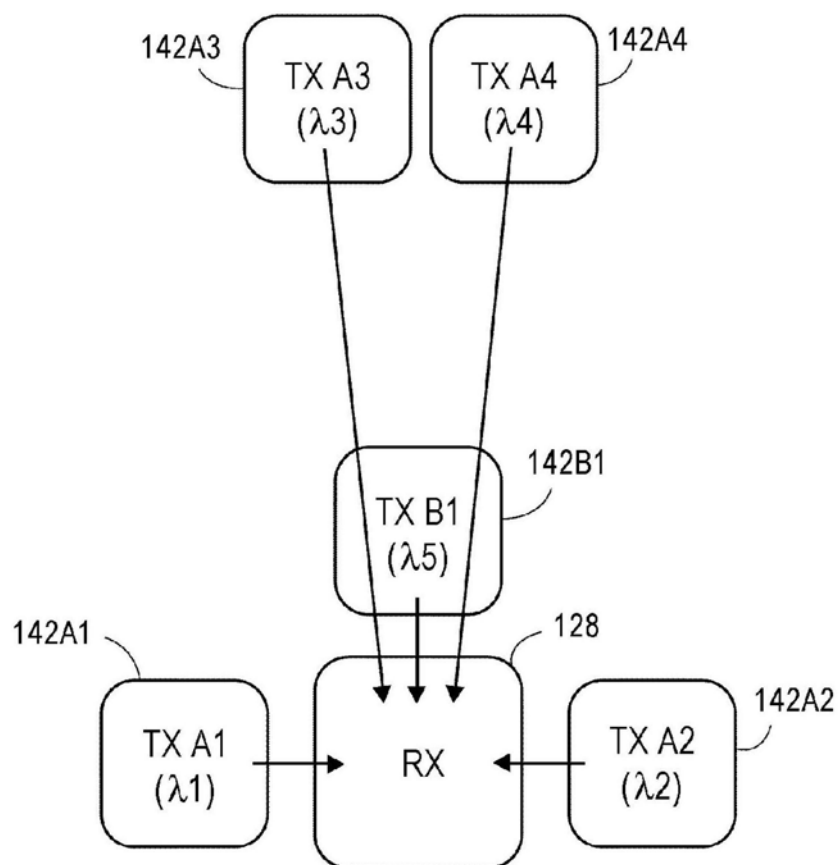


图12

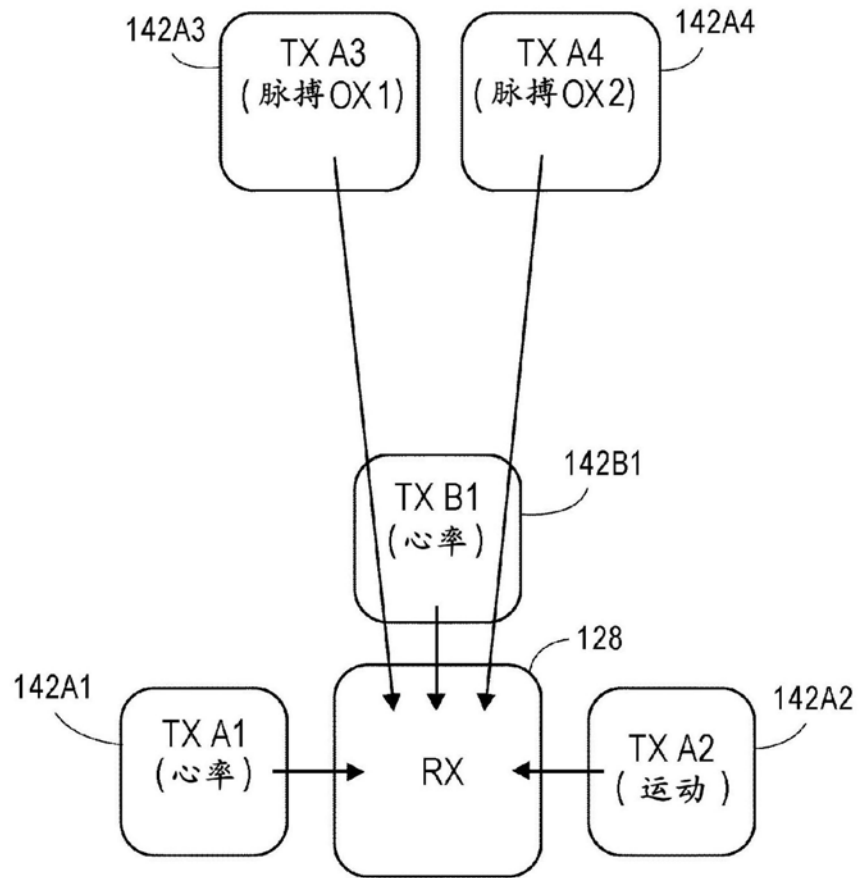


图13

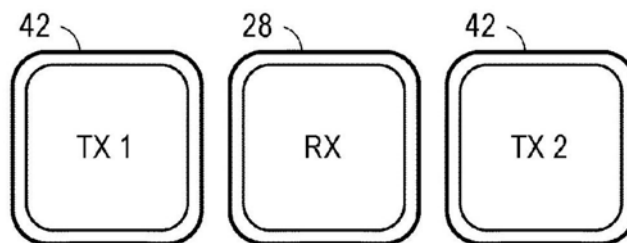


图14A

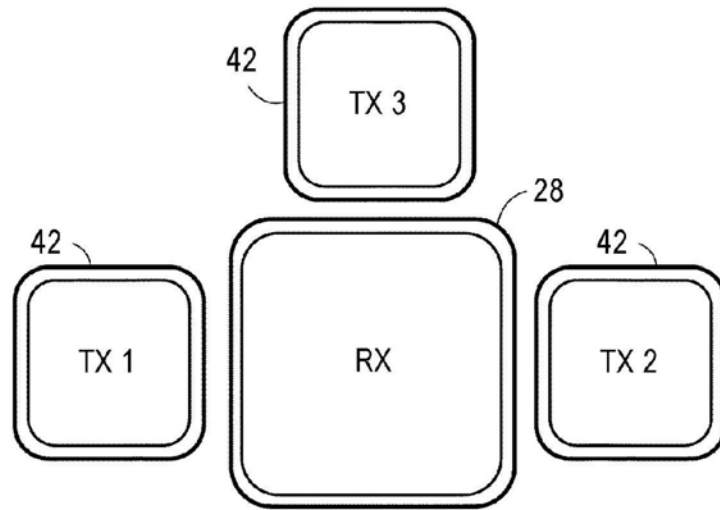


图14B

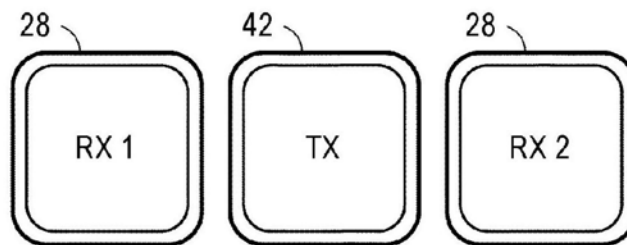


图14C

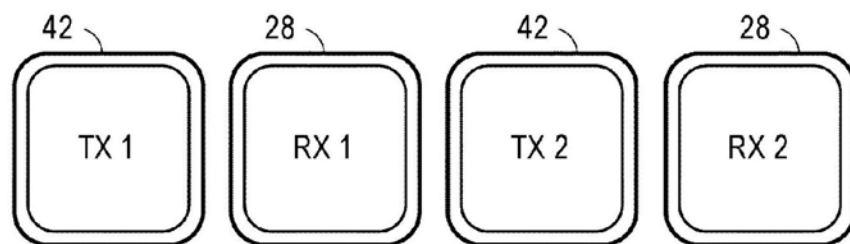


图14D

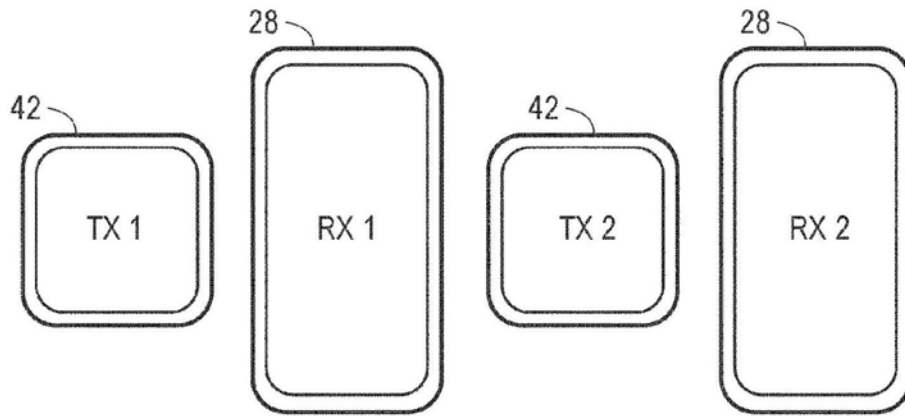


图14E

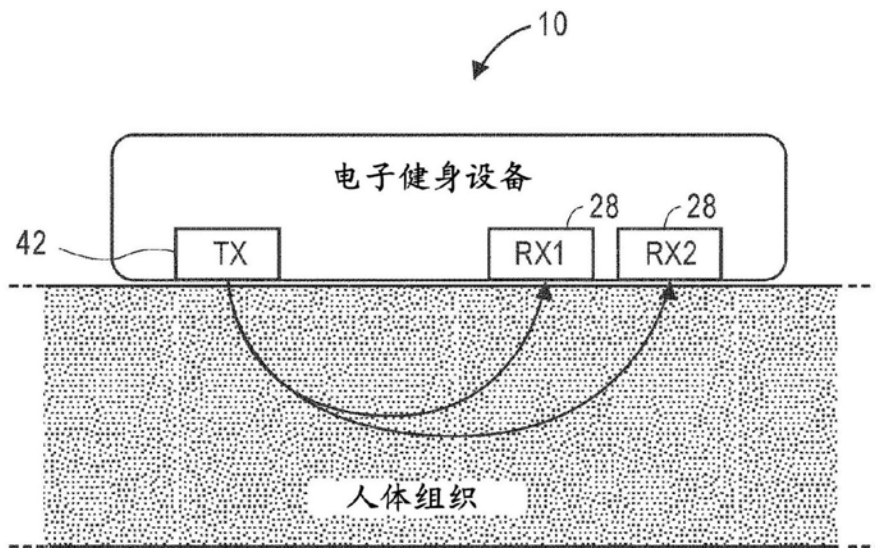


图15

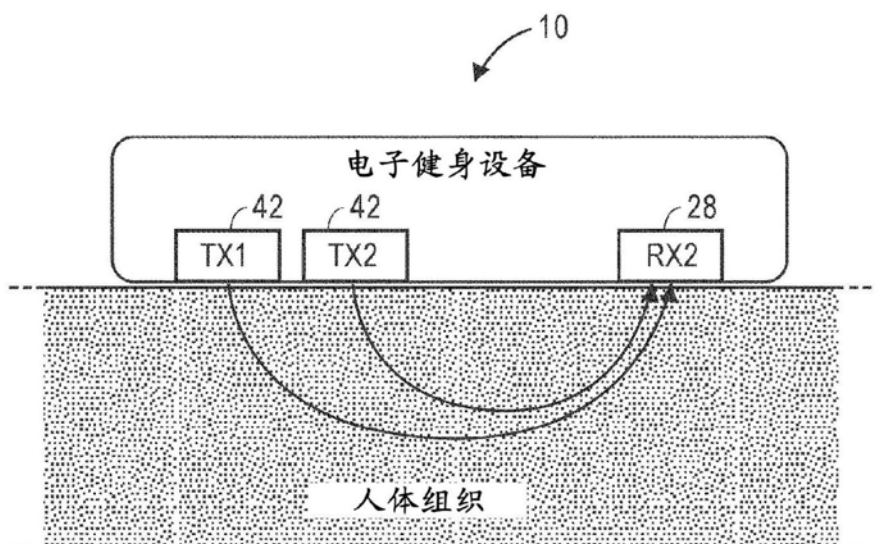


图16

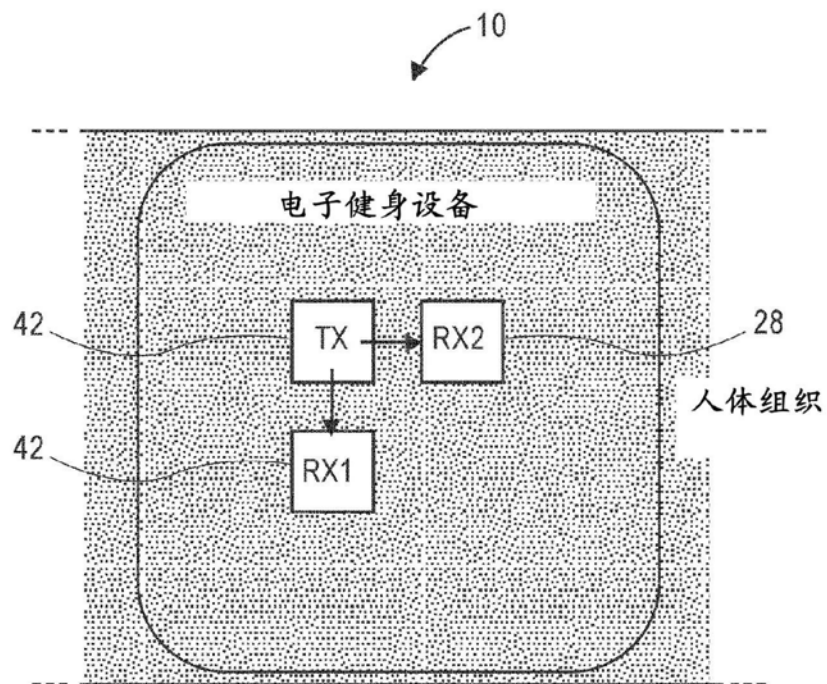


图17

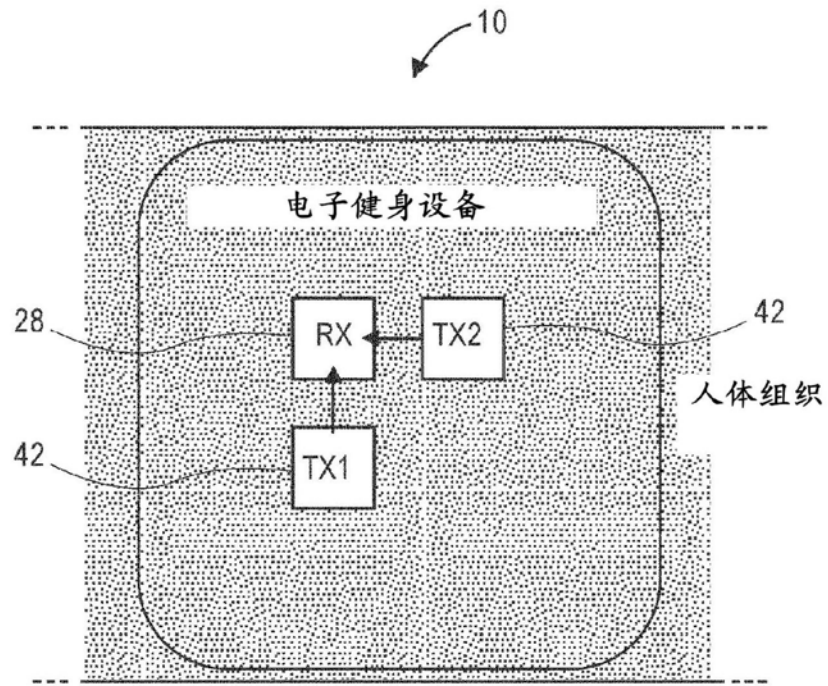


图18

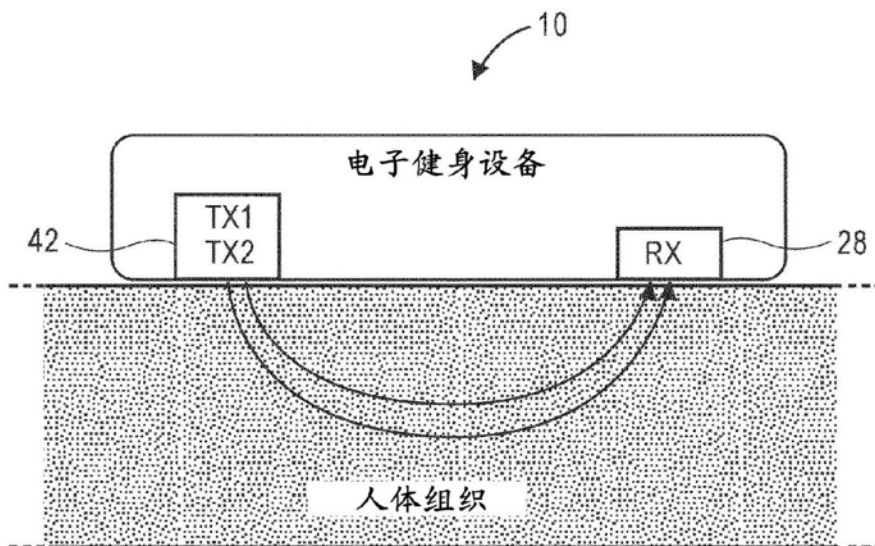


图19

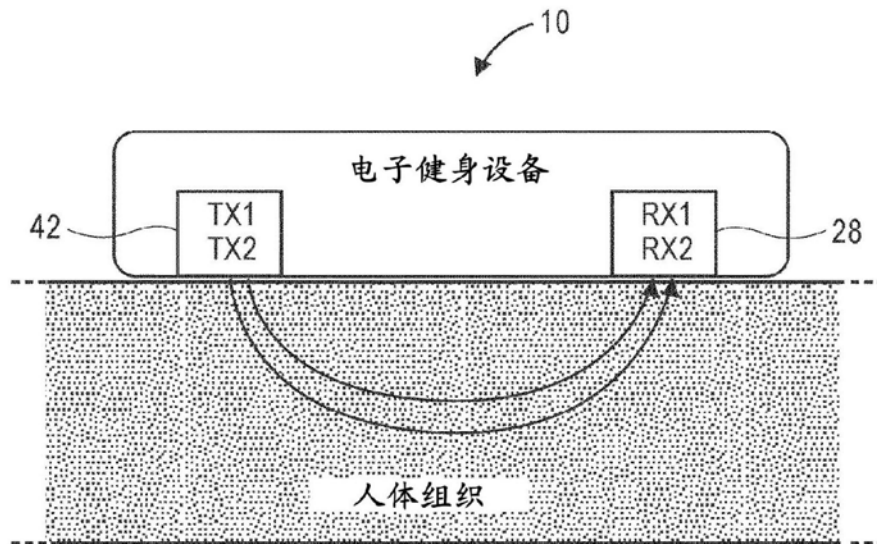


图20

专利名称(译)	具有光学心脏监测的电子健身设备		
公开(公告)号	CN110461226A	公开(公告)日	2019-11-15
申请号	CN201880020947.5	申请日	2018-05-03
[标]申请(专利权)人(译)	台湾国际航电股份有限公司		
申请(专利权)人(译)	佳明瑞士有限责任公司		
当前申请(专利权)人(译)	佳明瑞士有限责任公司		
[标]发明人	PR麦克唐纳德 CJ库拉奇 JK鲁尼		
发明人	P·R·麦克唐纳德 C·J·库拉奇 J·K·鲁尼		
IPC分类号	A61B5/024 A61B5/145 A61B5/1455 A61B5/00		
CPC分类号	A61B5/02416 A61B5/02427 A61B5/02438 A61B5/14535 A61B5/14542 A61B5/14552 A61B5/4875 A61B5/681 A61B5/6824 A61B5/7207 A61B5/7246 A61B5/7253 A61B2503/10 A61B2505/09 A61B2560 /0462 A61B2562/0238 A61B2562/0242 A61B2562/04 A61B2562/043		
优先权	62/501522 2017-05-04 US 62/571606 2017-10-12 US 62/580308 2017-11-01 US 15/860865 2018-01-03 US		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

一种电子健身设备包括第一光发射器阵列、第一光接收器、第二光接收器和处理元件。第一光发射器阵列包括第一光发射器和第二光发射器，第一光发射器可操作以发射具有第一波长的第一光信号，第二光发射器可操作以发射具有第二波长的第二光信号。第一光接收器可操作以接收调制光信号，并生成由第一光信号得到的第一光电血管容积图(PPG)信号和由第二光信号得到的第二PPG信号。第二光接收器可操作以接收调制光信号，并生成由第一光信号得到的第三PPG信号和由第二光信号得到的第四PPG信号。处理元件可操作以基于所接收的PPG信号确定用户的心脏信息。

