(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 115855290 A
(43)申请公布日 2023.03.28

(21)申请号 202211162589.6

(22)申请日 2022.09.23

(30)优先权数据
63/261,659 2021.09.24 US
63/261,660 2021.09.24 US
63/261,661 2021.09.24 US
63/261,663 2021.09.25 US
63/371,820 2022.08.18 US
17/930,041 2022.09.06 US
17/930,053 2022.09.06 US
17/930,057 2022.09.06 US

(71)申请人 苹果公司
地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 W·H·塔德莱 H·S·卡拉基 J·C·克莱门茨 L·H·黄 张蕾蕾 J·G·高 J·A·海德里 褚歆晟 S·梅拉 S·唐 J·W·巴克霍尔兹 C·S·韩 C·C·德索萨 D·W·拉伯威 E·陈 J·R·李 黄国祯 黄万锋 F·Y·仇 陈泓伶 A·M·阿敏 林家贤

(74)专利代理机构 北京市金杜律师事务所 11256
专利代理师 李兴斌 郭星

(51)Int.Cl.
G01K 7/02(2021.01)
G01K 7/16(2006.01)
G01K 13/024(2021.01)
G01K 13/20(2021.01)

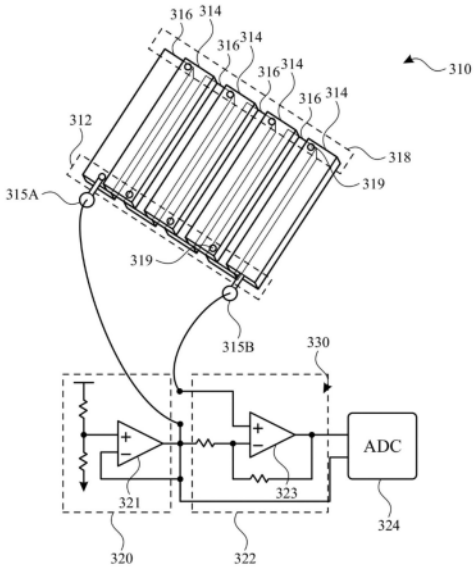
权利要求书3页 说明书47页 附图18页

(54)发明名称

包括多个温度传感器的温度感测系统和方法

(57)摘要

本公开涉及包括多个温度传感器的温度感测系统和方法。可使用一个或多个绝对温度传感器任选地结合热电堆热通量传感器来实现设备内和设备外的温度的稳健估计。热电堆温度感测系统可测量跨该设备内的两个位置的温度梯度，以估计在使用绝对温度传感器来测量不切实际的位置处的绝对温度。使用与该设备相关联的热通量模型，该热电堆温度感测系统可用于估计与接触该设备的外表面的对象相关联的温度，诸如用户的皮肤温度。另外，该热电堆温度感测系统可用于估计环境空气温度。在设备内，来自该热电堆温度传感器的温度测量值可用于补偿传感器测量，诸如当传感器的准确度或可靠性随温度变化时。



CN 115855290 A

1.一种电子设备,包括:

多个绝对温度传感器,所述多个绝对温度传感器包括被配置为测量所述电子设备中的第一位置处的第一温度的第一绝对温度传感器和被配置为测量所述电子设备中的第二位置处的第二温度的第二绝对温度传感器,所述第二位置与所述第一位置不同;和

一个或多个处理器,所述一个或多个处理器被配置用于:

使用以下项来估计所述电子设备的用户的温度:

由所述第一绝对温度传感器测量的所述第一温度,

由所述第二绝对温度传感器测量的所述第二温度,

所述电子设备中的所述第一位置与所述电子设备中的所述第二位置之间的第一热阻,和

所述电子设备与所述电子设备的所述用户之间的第二热阻。

2.根据权利要求1所述的电子设备,还包括:

第一印刷电路板;和

第二印刷电路板;

其中所述第一绝对温度传感器安装到所述第一印刷电路板并且所述第二绝对温度传感器安装到所述第二印刷电路板。

3.根据权利要求2所述的电子设备,其中:

所述第二印刷电路板包括用于所述电子设备的触摸操作或显示操作的电路;并且

所述第一印刷电路板包括用于所述电子设备的所述用户的生理属性的生理感测操作的电路。

4.根据权利要求2所述的电子设备,所述电子设备还包括:

第三印刷电路板,所述第三印刷电路板处于所述第一印刷电路板与所述第二印刷电路板之间;和

系统级封装SiP电路,所述SiP电路安装到所述第三印刷电路板;

其中所述一个或多个处理器包括在所述SiP电路中。

5.根据权利要求4所述的电子设备,包括第三绝对温度传感器,其中所述第三绝对温度传感器安装到所述第三电路板或锚定到所述电子设备的外壳。

6.根据权利要求2所述的电子设备,包括一个或多个导电区段,所述一个或多个导电区段从所述第一印刷电路板朝向所述电子设备的外壳的外表面延伸并且被配置为增加所述第二绝对温度传感器与所述外壳的所述外表面之间的热导率。

7.根据权利要求6所述的电子设备,其中所述一个或多个导电区段被配置为接触所述外壳,至少穿过所述外壳的一部分,或者暴露于所述外壳的外表面上。

8.根据权利要求1所述的电子设备,其中:

所述电子设备与所述电子设备的所述用户之间的所述第二热阻对应于所述电子设备与所述电子设备的所述用户的皮肤之间的接触界面的热阻以及所述电子设备的所述用户的组织的热阻。

9.根据权利要求1所述的电子设备,其中所述多个绝对温度传感器还包括:

第三绝对温度传感器,所述第三绝对温度传感器被配置为测量所述电子设备中的第三位置处的第三温度;和

第四绝对温度传感器,所述第四绝对温度传感器被配置为测量所述电子设备中的第四位置处的第四温度;

其中估计所述电子设备的所述用户的所述温度进一步使用由所述第三绝对温度传感器测量的所述第三温度和由所述第四绝对温度传感器测量的所述第四温度。

10.根据权利要求1所述的电子设备,其中使用类似于所述电子设备而不包括所述电子设备的一个或多个设备的经验测量值来确定所述第一位置与所述第二位置之间的所述第一热阻。

11.根据权利要求1所述的电子设备,其中使用包括所述电子设备的一个或多个设备的经验测量值来确定所述第一位置与所述第二位置之间的所述第一热阻。

12.根据权利要求1所述的电子设备,其中使用不包括所述电子设备的所述用户的测量值的经验测量值来确定与所述电子设备和所述电子设备的所述用户之间的所述第二热阻相对应的所述第二热阻。

13.根据权利要求1所述的电子设备,其中使用所述电子设备的一个或多个库存单元SKU或所述电子设备的部分来确定所述第一热阻和所述第二热阻。

14.根据权利要求1所述的电子设备,其中在校准期间并在接触所述电子设备的所述用户的同时确定所述第二热阻。

15.根据权利要求1所述的电子设备,其中所述电子设备被配置为以包括第一功率模式和第二功率模式的至少两种模式操作,其中所述电子设备在所述第二功率模式中的功率使用小于所述电子设备在所述第一功率模式中的功率使用,并且其中所述一个或多个处理器被配置为在所述电子设备以所述第二功率模式操作时估计所述用户的所述温度。

16.根据权利要求1所述的电子设备,其中所述电子设备被配置为以包括第一功率模式和第二功率模式的至少两种功率模式操作,其中在所述第二功率模式中的功率使用小于所述电子设备在所述第一功率模式中的功率使用,并且其中所述一个或多个处理器被配置为在所述电子设备以所述第一功率模式操作时估计所述用户的所述温度。

17.根据权利要求1所述的电子设备,其中所述电子设备被配置为以包括第一功率模式和第二功率模式的至少两种模式操作,其中所述电子设备在所述第二功率模式中的功率使用小于所述电子设备在所述第一功率模式中的功率使用,并且其中所述一个或多个处理器被配置为:

在所述电子设备以所述第一功率模式操作时估计所述用户的所述温度;以及

在所述电子设备以所述第二功率模式操作时估计所述用户的所述温度。

18.根据权利要求1所述的电子设备,其中:

所述第二位置与所述电子设备的被配置为接触所述用户的皮肤的表面之间的距离大于5mm。

19.一种方法,所述方法包括:

在包括包含第一绝对温度传感器和第二绝对温度传感器的多个绝对温度传感器的电子设备处:

使用所述第一绝对温度传感器来测量所述电子设备中的第一位置处的第一温度;

使用所述第二绝对温度传感器来测量所述电子设备中的与所述第一位置不同的第二位置处的第二温度;以及

使用以下项来估计所述电子设备的用户的温度：

由所述第一绝对温度传感器测量的所述第一温度，

由所述第二绝对温度传感器测量的所述第二温度，

所述电子设备中的所述第一位置与所述电子设备中的所述第二位置之间的第一热阻，和

所述电子设备与所述电子设备的所述用户之间的第二热阻。

20.根据权利要求19所述的方法，其中：

所述电子设备与所述电子设备的所述用户之间的所述第二热阻对应于所述电子设备与所述电子设备的所述用户的皮肤之间的接触界面的热阻以及所述电子设备的所述用户的组织的热阻。

21.根据权利要求19所述的方法，包括

使用所述电子设备的一个或多个库存单元SKU或所述电子设备的部分来确定所述第一热阻或所述第二热阻。

22.根据权利要求19所述的方法，其中：

所述第二位置与所述电子设备的被配置为接触所述用户的皮肤的表面之间的距离大于5mm。

23.一种存储一个或多个程序的非暂态计算机可读存储介质，所述一个或多个程序包括指令，所述指令在由包括包含第一绝对温度传感器和第二绝对温度传感器的多个绝对温度传感器的电子设备的一个或多个处理器执行时，使得所述电子设备执行包括以下的操作：

使用所述第一绝对温度传感器来测量所述电子设备中的第一位置处的第一温度；

使用所述第二绝对温度传感器来测量所述电子设备中的与所述第一位置不同的第二位置处的第二温度；以及

使用以下项来估计所述电子设备的用户的温度：

由所述第一绝对温度传感器测量的所述第一温度，

由所述第二绝对温度传感器测量的所述第二温度，

所述电子设备中的所述第一位置与所述电子设备中的所述第二位置之间的第一热阻，和

所述电子设备与所述电子设备的所述用户之间的第二热阻。

包括多个温度传感器的温度感测系统和方法

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求2021年9月24日提交的美国临时申请号63/261,659、2021 年9月24日提交的美国临时申请号63/261,660、2021年9月24日提交的美 国临时申请号63/261,661、2021年9月25日提交的美国临时申请号 63/261,663、2022年8月18日提交的美国临时申请号17/371,820、2022年 9月6日提交的美国专利申请号17/930,041、2022年9月6日提交的美国专 利申请号17/930,053和2022年9月6日提交的美国专利申请号17/930,057 的优先权权益,这些申请的内容出于所有目的以全文引用的方式并入本文 中。

技术领域

[0003] 本发明整体涉及温度感测系统和方法,并且更具体地讲,涉及使用热 电堆和/或多个温度传感器的温度感测系统和方法。

背景技术

[0004] 许多类型的电子设备包括用于测量温度的温度传感器。温度传感器可 测量电子设备内的位置处的温度,并且向电子设备上的处理器提供对应于 其温度测量的信号。

发明内容

[0005] 在一些示例中,公开了用于使用热电堆(串联连接的热电偶的集合) 来进行温度感测的系统和方法。电子设备可利用来自设备内的多个传感器 (包括至少一个绝对温度传感器和至少一个其他绝对或梯度传感器,诸如 至少一个热电堆温度传感器)的测量值来估计设备内或设备外的温度。在 一些示例中,电子设备使用来自设备内的传感器的测量值来估计周围空气的温度(例如,环境空气温度)。在其他示例中,电子设备估计接触其表面中的一者或多者(例如,设备的后表面、前表面等)的对象的温度(例 如,皮肤或身体温度)。在一些示例中,电子设备内的一个或多个绝对温 度传感器可设置在一个或多个印刷电路板(PCB)(例如,逻辑板、系统 级封装、显示器等)上或以其他方式与其集成。在一些示例中,热电堆温 度可被配置为测量设备内的温度差。在一些示例中,热电堆可嵌入刚性电 路板(例如,刚性PCB)内或以其他方式与其集成。在一些示例中,热电 堆可嵌入柔性印刷电路(FPC,在本文中也称为柔性电路或挠曲电路)或以 其他方式集成在其内。在一些示例中,热电堆可嵌入刚性PCB和FPC或以 其他方式集成在其内,该刚性PCB和FPC在电子设备内用于其他目的,以 减小设备的温度和/或热通量感测所需的附加空间。热电堆温度传感器的温 度差测量值(温度梯度测量值)可用于推断热通量(例如,通过电子设 备)和/或估计设备外的温度(例如,设备周围的空气温度、接触设备外壳 的对象的表面温度、穿戴设备的用户的身体温度等)。

[0006] 在一些示例中,公开了电子设备的温度感测系统和利用多个温度传感 器的方法。电子设备可利用来自多个温度传感器(包括例如在设备中的第 一位置处的第一绝对温度传感器和设备中的第二位置处的第二绝对温度传 感器)的测量值,以使用来自设备的温度

传感器的测量值(任选地除了在 设备内和/或设备外的各个位置处的热阻值之外)来估计设备内或设备外的 温度(例如,周围空气的温度(例如,环境空气温度)或接触其表面中的一者或多者(例如,设备的后表面、前表面等)的对象的温度(例如,皮 肤或身体温度))。在一些示例中,第一绝对温度传感器设置在第一印刷 电路板(PCB)(例如,逻辑板、主逻辑板、系统级封装部件、显示器 等)上或以其他方式与其集成,并且第二绝对温度传感器设置在不同于第一PCB的第二PCB上或以其他方式与其集成。在一些示例中,估计电子设 备外的温度是来自第一绝对温度传感器的第一温度测量值、来自第二绝对 温度传感器的第二温度测量值,以及对应于设备内和/或设备外的各种位置或区域的一个或多个热阻值的函数。在一些示例中,电子设备利用来自多 个温度传感器的测量值,包括例如至少两个温度传感器(例如,2、3或4 个温度传感器)以测量和/或估计环境温度。

附图说明

[0007] 图1A至图1G示出了根据本公开的一些示例的具有被配置用于测量或 估计系统内和/或外的温度的热通量和/或温度传感器的示例性系统。

[0008] 图2示出了根据本公开的一些示例的包括温度感测系统的示例性电子 设备的框图。

[0009] 图3示出了根据本公开的一些示例的热电堆设备和热电堆测量电路的 示例性配置的示意图。

[0010] 图4A示出了根据本公开的一些示例的包括一个或多个印刷电路板和 温度感测电路的示例性电子设备的横截面侧视图。

[0011] 图4B示出了根据本公开的一些示例的包括多个热电堆设备的示例性配 置的示意图。

[0012] 图5A和图5B示出了根据本公开的一些示例的电子设备相对于用户的 身体的热通量模型的简化示意图。

[0013] 图6A示出了根据本公开的一些示例的具有与印刷电路板集成的温度 感测电路和/或热通量感测电路的示例性电子设备的横截面侧视图。

[0014] 图6B示出了根据本公开的一些示例的包括一个或多个印刷电路板和集 成热电堆的示例性电子设备的一部分的分解图。

[0015] 图7A示出了根据本公开的一些示例的具有集成热电堆的示例性双层 刚性印刷电路板,以及安装在印刷电路板的顶表面和/或底表面上的任选电 路部件的横截面侧视图。

[0016] 图7B示出了根据本公开的一些示例的具有集成热电堆的示例性刚性印 刷电路板的平面图。

[0017] 图8示出了根据本公开的一些示例的具有跨越四层的集成热电堆的示 例性四层刚性印刷电路板的横截面侧视图。

[0018] 图9示出了根据本公开的一些示例的具有跨越三层的集成热电堆的示 例性四层刚性印刷电路板的横截面侧视图。

[0019] 图10示出了根据本公开的一些示例的具有跨越两层的集成热电堆的示 例性四层刚性印刷电路板的横截面侧视图。

[0020] 图11示出了根据本公开的一些示例的具有与柔性电路集成的温度感测 电路和/

或热量感测电路的示例性电子设备的横截面侧视图。

[0021] 图12A示出了根据本公开的一些示例的具有用于信号传播的内层和保 护内层的外接地层的示例性柔性电路的横截面侧视图。

[0022] 图12B示出了根据本公开的一些示例的具有集成热电堆的图12A的示 例性柔性电路的横截面侧视图。

[0023] 图13A示出了根据本公开的一些示例的示例性柔性电路的横截面侧视 图,其中第一区段使用内层以进行数据信号传播并且第二区段使用外层 (或多个外层)以进行电力信号传播。

[0024] 图13B示出了根据本公开的一些示例的具有集成热电堆的图13A的示 例性柔性电路的横截面侧视图。

[0025] 图14示出了根据本公开的一些示例的估计设备内和/或外的温度的示 例性过程。

[0026] 图15示出了根据本公开的一些示例的操作设备以用于温度感测操作的 示例性过程。

[0027] 图16示出了根据本公开的一些示例的操作设备以用于温度感测操作的 另一个示例性过程。

[0028] 图17示出了根据本公开的一些示例的操作设备以用于温度感测操作的 另一个示例性过程。

[0029] 图18示出了根据本公开的一些示例的包括一个或多个印刷电路板和温 度感测电路的示例性电子设备的横截面侧视图。

[0030] 图19示出了根据本公开的一些示例的电子设备相对于用户的身体的热 通量模型的简化示意图。

具体实施方式

[0031] 在以下对示例的描述中将引用附图,附图形成以下描述的一部分并且 在附图中以举例方式示出了任选实施的具体示例。应当理解,在不脱离所 公开的示例的范围的情况下,任选地使用其他示例并任选地进行结构性变 更。

[0032] 这涉及用于使用热电堆(串联连接的热电偶的集合)来进行温度感测 的系统和方法。电子设备可利用来自设备内的多个传感器(包括至少一个 绝对温度传感器和至少一个其他绝对或梯度传感器,诸如至少一个热电堆 温度传感器)的测量值来估计设备内或设备外的温度。在一些示例中,电子设备使用来自设备内的传感器的测量值来估计周围空气的温度(例如, 环境空气温度)。在其他示例中,电子设备估计接触其表面中的一者或多者(例如,设备的后表面、前表面等)的对象的温度(例如,皮肤或身体 温度)。在一些示例中,电子设备内的一个或多个绝对温度传感器可设置 在一个或多个印刷电路板(PCB)(例如,逻辑板、系统级封装、显示器 等)上或以其他方式与其集成。在一些示例中,热电堆温度传感器可被配置为测量设备内的温度差。在一些示例中,热电堆可嵌入刚性电路板(例 如,刚性PCB)内或以其他方式与其集成。在一些示例中,热电堆可嵌入 柔性印刷电路(FPC,在本文中也称为柔性电路或挠曲电路)或以其他方式集成在其内。在一些示例中,热电堆可嵌入刚性PCB和FPC或以其他方式 集成在其内,该刚性PCB和FPC在电子设备内用于其他目的,以减小设备的温度和/或热通量感测所需的附加空间。热电堆温度传感器的温度差测量 值(温

度梯度测量值)可用于推断热通量(例如,通过电子设备)和/或估 计设备外的温度(例如,设备周围的空气温度、接触设备外壳的对象的表 面温度、穿戴设备的用户的身体温度等)。

[0033] 这还涉及电子设备的温度感测系统和利用多个温度传感器的方法。电 子设备可利用来自多个温度传感器(包括例如在设备中的第一位置处的第 一绝对温度传感器和设备中的第二位置处的第二绝对温度传感器)的测量 值,以使用来自设备的温度传感器的测量值(任选地除了在设备内和/或设 备外的各个位置处的热阻值之外)来估计设备内或设备外的温度(例如, 周围空气的温度(例如,环境空气温度)或接触其表面中的一者或多者(例如,设备的后表面、前表面等)的对象的温度(例如,皮肤或身体温 度))。在一些示例中,第一绝对温度传感器设置在第一印刷电路板 (PCB)(例如,逻辑板、主逻辑板、系统级封装部件、显示器等)上或 以其他方式与其集成,并且第二绝对温度传感器设置在不同于第一PCB的 第二PCB上或以其他方式与其集成。在一些示例中,估计电子设备外的温 度是来自第一绝对温度传感器的第一温度测量值、来自第二绝对温度传感 器的第二温度测量值,以及对应于设备内和/或设备外的各种位置或区域的一个或多个热阻值的函数。在一些示例中,电子设备利用来自多个温度传 感器的测量值,包括例如至少两个温度传感器(例如,2、3或4个温度传 感器)以测量和/或估计环境温度。

[0034] 图1A至图1G示出了根据本公开的一些示例的具有被配置用于测量或 估计系统内和/或外的温度的热通量和/或温度传感器的示例性系统。如本文所述,热电堆温度传感器测量与电子设备内的两个位置之间的温度的差异 或梯度相对应的温度差(温度梯度测量值)。在一些示例中,设置有热电堆温度传感器的系统使用温度梯度测量值来估计设备内的热通量。在一些 示例中,本文描述的系统可使用来自热电堆温度传感器的测量值来估计外部温度(例如,环境空气温度、皮肤温度等)。

[0035] 图1A示出了示例性移动电话136,该示例性移动电话包括触摸屏124 并且可包括根据本公开的一些示例的热电堆温度感测系统。图1B示出了示 例性数字媒体播放器140,该示例性数字媒体播放器包括触摸屏126并且可 包括根据本公开的一些示例的热电堆温度感测系统。图1C示出了示例性个 人计算机144,该示例性个人计算机包括触摸屏128和触控板146并且可包 括根据本公开的一些示例的热电堆温度感测系统。图1D示出了示例性平板计算设备148,该示例性平板计算设备包括触摸屏130并且可包括根据本公 开的一些示例的热电堆温度感测系统。在一些示例中,移动电话136内、数字媒体播放器140、个人计算机144或平板计算设备148的热电堆温度感测系统可用于测量与触摸屏124、126、128或130相关联的温度,或者与 触控板146相关联的温度(例如,这些设备内的温度、这些设备外的温 度、接触或接近这些设备的触摸屏或触控板的表面的温度等)。

[0036] 图1E示出了示例性可穿戴设备150(例如,手表),该示例性可穿戴 设备包括触摸屏152并且可包括根据本公开的一些示例的热电堆温度感测 系统。在一些示例中,可穿戴设备150内的热电堆温度感测系统可被配置 为测量与触摸屏152相关联的温度。可穿戴设备150可经由条带154或任 何其他合适的紧固件联接到用户。图1F示出了根据本公开的一些示例的可包括热电堆温度感测系统的另一个示例性可穿戴设备160(或另选地可被视 为可穿戴设备150的侧视图)。可穿戴设备160可包括前面162、外壳164 和后面166。前面162在本文中有时被称为可穿戴设备160的“前晶体”, 并且后面166在本文中有时被称为可穿戴设备160的“后晶体”。然而, 应当理解,前面162和后面166通常指诸如玻璃、塑料或晶体的

衬底。例 如,前面162和后面166(也称为后部面)可保护可穿戴设备160的内部部 件,但也允许从显示屏(例如,触摸屏)和/或光学传感器进行光学透射。 在一些示例中,可穿戴设备160内的热电堆温度感测系统可用于测量与位 于前面162处的触摸屏相关联的温度。在此类示例中,热电堆温度感测系统可被配置为测量可穿戴设备160内的位置或区域163(例如,任选地与绝 对温度传感器的位置相比更靠近前面162)处的温度。另选地或另外地,热 电堆温度感测系统可用于估计可穿戴设备160外的温度,诸如接触前面162 的空气的温度,或者至少部分地与前面162接触或者重叠的其他对象的温 度。在一些示例中,可穿戴设备160内的热电堆温度感测系统可用于测量与位于后面166处的光学系统相关联的温度。在此类示例中,热电堆温度 感测系统可被配置为测量可穿戴设备160内的位置或区域165(例如,任选 地与绝对温度传感器的位置相比更靠近后面166)处的温度。另选地或另外 地,热电堆温度感测系统可用于估计可穿戴设备160外的温度,诸如接触后面166的空气的温度,或者至少部分地与后面166接触或者重叠的其他 对象的温度(例如,腕处的皮肤温度)。最后,热电堆温度感测系统可用于估计可穿戴设备160内的任何位置处的温度,以及可穿戴设备160外的 对象(例如,围绕可穿戴设备160的空气,或至少部分地与前面162、后面 166或外壳164接触的对象)的温度。

[0037] 图1G示出了根据本公开的一些示例的可包括热电堆温度感测系统的 另一个示例性可穿戴设备、入耳式耳机170。在一些示例中,入耳式耳机 170内的热电堆温度感测系统用于测量入耳式耳机170内的部件的温度,诸 如与耳塞172或突起174内的电路相关联的温度。另选地或另外地,热电 堆温度感测系统可用于估计入耳式耳机170外的温度,诸如接触耳塞172 或突起174的空气的温度,以及至少部分地与耳塞172或突起174接触或 重叠的其他对象的温度(例如,耳/身体温度)。

[0038] 应当理解,图1A至图1G所示的示例性设备是作为示例提供的,并且 其他类型的设备可包括用于检测设备内或设备外的温度的热电堆温度感测 系统。例如,设备可包括穿戴在用户的面部、头部或手指上或放置成与用 户的面部、头部或手指接触(或者在用户身体上的另一个位置处)的设备。设备可包括包耳式耳机、眼镜、头带、胸带、腕带、环等。例如,穿戴在用户面部上的眼镜可包括热电堆温度系统以估计用户的太阳穴、前额 或鼻子以及其他可能位置的皮肤温度。在一些示例中,眼镜可包括用于温 度测量的一个或多个绝对温度传感器和一个或多个热电堆,其终止于感兴 趣位置处或附近(例如,一个热电堆可用于估计左太阳穴处的温度并且第二热电堆可用于估计右太阳穴处的温度)。以类似方式,头带、胸带或环可包括一个或多个绝对温度传感器和/或热电堆以测量与用户身体的接触位 置处的皮肤温度。在一些示例中,热电堆温度感测系统可在恒温器设备 (例如,墙壁安装式恒温器)中使用,或可合并到设备中以添加恒温器能 力(例如,将热电堆温度感测系统合并在计算机、平板计算机、媒体播放 器、智能电话、智能扬声器等中)。另外地,尽管图1A至图1G所示的一 些设备明确地指代触摸屏,但应当理解,本文描述的热电堆温度感测系统 不需要触摸屏。

[0039] 如本文所述,热电堆温度感测系统可合并到系统中(例如,图1A至 图1G所示)以向电子设备添加内部和/或外部温度感测能力。具体地,如 本文所述的热电堆的使用可实现更准确的估计,因为热电堆可减小热干扰 源(例如,设备内的热源,诸如设备内的热生成部件)的影响,并且还可减小温度估计中的总漂移或其他误差(例如,温度传感器的过程、电压

和/ 或温度变化、来自热干扰源的影响等)。例如,热电堆可被视为双端(或 双侧)设备,其输出与热电堆的第一端部(或侧面)相对于热电堆的第二 端部(或侧面)的温度差异相对应的温度差或梯度测量值。因此,热电堆 温度感测系统可被配置成使得它们测量设备的内表面与设备内的另一个位 置之间的温度梯度或温度差。因此,绝对温度传感器的放置可与温度测量 的位置或区域分离。相反,可将绝对温度传感器放置在第一位置中,并且 可使用热电堆来估计第二不同位置的温度。因此,绝对温度传感器可被集 成到远离温度干扰源的设备中和/或提供用于将温度传感器集成在远离感兴 趣位置或区域的位置处的灵活性。具体地,热电堆可具有耦接到设备内的 第一位置的第一端部(例如,接近绝对温度传感器),并且可具有耦接到 设备内的第二位置的第二端部(例如,在感兴趣的位置或区域处)。基于此类热电堆的温度梯度测量值,可估计热电堆的第二端部处的第二位置的温度。另外,与使用一对绝对温度传感器以进行热通量测量相比,使用绝 对温度传感器和热电堆温度传感器来测量热通量可引入一个绝对温度传感 器的漂移或其他误差,而不是两个绝对温度传感器的漂移或其他误差。此 外,将热电堆集成到电子设备中的可提供设备的绝对温度传感器的集成可 能由于空间限制而难以或无法进行的位置处的温度估计(特别是在可密集地填充有电路并且因此无法容易地容纳附加感测设备的设备中)。

[0040] 此外,可在接触或接近设备外的位置的第二位置处估计对象(例如, 空气、用户等)的温度,与设备内的对应第二位置相对。在一些示例中, 热电堆温度感测系统在设备的操作期间连续地估计外部温度。例如,包括 本文所述的热电堆温度感测系统的系统可用于测量用户的身体温度和/或跟 踪用户的身体温度(当由用户授权这样做时)。具体地,在整天和/或夜间 接近用户身体的可穿戴电子设备可提供无缝测量身体温度。在一些示例中,身体温度估计的类型可取决于使用状况(诸如当天的时间或用户生理 特性)而改变。例如,当用户是血管收缩的(例如,肢体和四肢接受较少 血流)时,在腕部处的使用腕戴电子设备的用户皮肤的温度测量可能不准 确地反映用户的核心身体温度。在一些示例中,可穿戴电子设备被穿戴在 用户的腕部(或其他肢体或四肢)上,可用于在用户可能不太可能血管收缩时估计夜间的生理温度值。可围绕胸部、在头部上、在眼睛上方穿戴、或甚至定位在身体的开口内的其他可穿戴电子设备可用于在任何时间估计生理温度值。在一些示例中,当用户可处于血管舒张状况(例如,诸如在 用户睡眠时的夜晚)时,可穿戴电子设备的后面可用于估计身体温度(例 如,通过估计腕部温度),但用户可使用电子设备的前面来测量不同于或 更靠近核心身体温度的身体区域处的温度,以使得即使在血管收缩期间也 能够进行测量。例如,用户可使可穿戴设备的前面与前额进行接触以测量 核心身体温度。

[0041] 图2示出了根据本公开的一些示例的包括温度感测系统的示例性电子 设备的计算系统的框图。尽管在本文主要描述为可穿戴设备,但计算系统 可另选地部分地或完全地在非可穿戴设备中实现。例如,本文所描述的传 感器和/或处理可部分地或完全地在移动电话、媒体播放器、平板计算机、 个人计算机、服务器等中实现。在一些示例中,光学传感器(例如,光发 射器和光检测器)和/或温度传感器(例如,绝对温度传感器或热通量传感 器)可在可穿戴设备(例如,腕表)中实现,并且光学和/或温度数据的处理可在非可穿戴设备(例如,移动电话)中执行。在一些示例中,诸如可 在可穿戴设备中实现温度传感器,并且可在非可穿戴设备中执行数据的处 理。在单独设备中的光学和/或温度数据的处理和/或存储可使得包括生理传 感器(例如,腕表)的设备能够为空间和功率高效的(其可以是便携

式/可 穿戴设备的重要特征)。

[0042] 计算系统200可对应于上面图1A至图1G所示的移动电话136、媒体播放器140、个人计算机144、平板计算机148、可穿戴设备150、可穿戴 设备160或入耳式耳机170(或者可在其他可穿戴或非可穿戴电子设备中实 现)。计算系统200可包括处理器210(或多于一个处理器),该处理器被 编程为(被配置为)执行指令以及执行与计算系统200相关联的操作。例如,使用从程序存储装置202检索的指令,处理器210可控制输入和输出 数据在计算系统200的部件之间的接收和操作。处理器210可以是单芯片 处理器(例如,专用集成电路)或者可通过多个部件/电路来实现。例如, 图2示出了处理器210可包括相对较低功率处理器211-1和相对较高功率处 理器211-2,如本文更详细地描述。

[0043] 在一些示例中,处理器210与操作系统一起可操作以执行计算机代码 以及生成和/或使用数据。计算机代码和数据可驻留在可操作地耦接到处理 器210的程序存储装置202内。程序存储装置202通常可提供用于保持由 计算系统200使用的数据的位置。程序存储块202可以是任何非暂态计算 机可读存储介质。以举例的方式,程序存储装置202可包括只读存储器 (ROM)、随机存取存储器(RAM)、硬盘驱动器等。计算机代码和数据 也可驻留在可移动存储介质上,并且在需要时加载或安装到计算系统200 上。可移动存储介质包括例如CD-ROM、DVD-ROM、通用串行总线 (USB)、安全数字(SD)、紧凑式闪存(CF)、内存棒、多媒体卡 (MMC)和/或网络部件。

[0044] 如本文所述,在一些示例中,主机处理器210可表示多个处理器,诸 如较低功率处理器211-1和较高功率处理器211-2。较低功率处理器211-1 和较高功率处理器211-2可表示单独处理芯片,其各自具有独立的定时和功 率要求。例如,较低功率处理器211-1可使用第一时钟信号并以第一功率电 平来操作,其允许处理器211-1在系统200的大多数或所有操作模式(例 如,睡眠模式、唤醒模式、空闲模式等)中保持操作(“打开”)。相比 之下,较高功率处理器211-2可使用与第一时钟信号不同的第二时钟信号 (例如,高频时钟)并以高于第一功率电平的第二功率电平来操作。由于 较高功率处理器211-2的较高功率要求,主机处理器210(例如,处理器 210上的操作系统)可选择性地禁用较高功率处理器211-2或使其掉电或在 系统200的某些操作模式(例如,省电模式、睡眠模式等)期间以其他方式对其功率消耗进行限制。在一些示例中,如本文所述,较高功率处理器 211-1可被掉电或以其他方式限制其功率消耗以在没有较高功率处理器211- 1的功率耗散引入的误差的情况下实现温度测量。

[0045] 较低功率处理器211-1和/或较高功率处理器可与系统200的各种传感 器接口连接,该传感器包括触摸传感器面板和/或触摸屏220(经由触摸和 显示控制器216)、运动和/或取向传感器230、光学传感器211(经由光学 传感器控制器212)和温度传感器250(经由温度传感器控制器240)。在 一些示例中,较低功率处理器211-1可以睡眠模式或省电模式操作,同时较高功率处理器211-2被掉电。在一些示例中,较低功率处理器211-1可改变 系统200的操作模式或以其他方式致使较高功率处理器211-2被上电(例 如,当检测到唤醒状况时)。

[0046] 计算系统200还可包括功率管理电路209和/或功率耗散监测电路 213。主机处理器210(例如,较低功率处理器211-1和/或较高功率处理器 211-2)可耦接到功率管理电路209和/或功率耗散监测电路213。功率管理 电路209可调节从电源电路(例如,系统200的电

池或其他电源)到系统 200的各种部件(例如,传感器、处理器、天线、显示器等)的电力递送。作为示例,功率管理电路209可中断或限制到达在系统200内生成热量的 部件(例如,热干扰源)的电力递送,尤其是在可能对来自此类部件的热 量敏感的温度测量期间。功率管理电路209可监测系统200的外壳内的温度和/或外壳外的温度(例如,环境温度、用户皮肤/核心温度)。作为示 例,功率管理电路209可监测这些温度以检测系统200的不安全操作状 况,并且可选择性地中断或限制到某些发热部件的电力递送以使系统200 进入安全操作状态。在一些示例中,功率管理电路209向耦接在系统的电 源电路与系统200的各种部件之间的线内开关提供控制信号,其中控制信 号确定可递送到相应部件的电流或电力的量。作为示例,功率管理电路209 可向插置在系统200的电池电源和触摸屏220之间的开关提供第一控制信 号,使得第一控制信号限制由电池电源递送到触摸屏的电力或电流的量。 作为另一个示例,功率管理电路209可向插置在系统200的电池电源和系 统的天线电路(未示出)之间的开关提供第二控制信号,使得第二控制信 号中断电池电源与天线电路之间的电力递送或电流流动。

[0047] 功率耗散监测电路213可监测系统200的电源电路(未示出),并且 可调节从电源电路到系统200的各种部件的电力传递(例如,通过向功率管理电路209发送指令)。在一些示例中,功率耗散监测电路213包括耦 接到系统200的电源电路(例如,电池)的传感器。传感器可测量由系统 200的部件从电源电路(例如,系统200的电池)汲取的电力。在一些示例中,可基于来自电源电路的电流汲取来估计系统的部件的电力汲取。在一 些示例中,可基于设备估计所汲取的电力(例如,估计的从电池汲取的电流)。在一些示例中,可对于部件中的一些(例如,已知热干扰源)或所 有,在每部件基础上估计所汲取的电力。在一些示例中,功率耗散监测电 路213包括在系统200的电源电路或电池和系统200的汲取电力的部件之间耦接的至少一个电阻器(例如,具有大于10MOhm、20MOhm等的电 阻)。通过电阻器的电流可通过确定跨电阻器的电压(例如,周期性地或响应于触发)并且将电压转换为电阻(例如,使用欧姆定律)来测量。

[0048] 在一些示例中,计算系统200(例如,处理器210、功率管理电路209 和/或功率耗散监测电路213)可包括功率耗散模型,该功率耗散模型将从 系统200的电源或电池的电流/电力汲取与设备内的温度或散热相关联。另 外地或另选地,计算系统200可包括用于在系统200的不同操作模式下估 计不同部件的功率消耗和/或所导致的温度变化的模型(例如,触摸屏220 在空闲模式中、在低亮度模式中、在高亮度模式中等的功率消耗)。可使 用部件的实验室表征(例如,在各种相应功率电平下针对每个热干扰源测 量的上升时间、下降时间和振幅)来确定系统200的某些部件或热干扰源的功率消耗的影响。因此,计算系统200可基于功率耗散模型以及在系统 的电源电路或电池处的一个或多个电流/电力汲取测量值来动态地对系统 200内的温度进行建模。在一些示例中,功率管理电路209可基于来自功率耗散监测电路213的信息来限制或中断向某些部件的电力递送,诸如在与 温度传感器250相关联的测量间隔(例如,其中从温度传感器250收集传 感器数据的间隔)期间。例如,当功率耗散模型指示由系统200的部件汲 取的电力的量对应于设备内的超出温度传感器250的准确和/或可靠操作所 需的范围的温度时,功率管理电路209限制或中断到系统200的部件的电力,使得由部件汲取的总电力可减少到对应于温度传感器250的准确和/或 可靠操作所需范围内的温度的水平。在一些示例中,功率耗散监测电路213和/或功率管理电路可致

使主机处理器210延迟某些功能或操作的执行以限 制或中断到系统200的部件的电力。作为示例,主机处理器210可推迟涉及触摸屏220、GPS电路(未示出)、无线通信芯片(未示出)、天线(未 示出)或系统200的可为热干扰源的其他部件的操作(或修改操作以用于 减小的功率消耗),直到与温度传感器250相关联的测量间隔(例如,期 间一个或多个部件接收较少功率的间隔)之后。

[0049] 另外地或另选地,部件的表征(例如,在各种相应功率电平下针对每 个热干扰源测量的上升时间、下降时间和振幅)可用于温度补偿。例如, 主机处理器210可使用温度补偿模型以根据设备内的温度或热干扰源(例 如,系统200的发热部件)的温度贡献来调整传感器测量值或传感器数据。作为示例,系统200的部件的电力汲取量可由功率耗散监测电路213 测量。所测量的电力汲取可用于校正来自设备内的热干扰源的热量。在一 些示例中,当电力汲取对应于温度传感器250的准确和/或可靠操作所需的范围外的温度变化时,可应用补偿。因此,(例如,温度传感器控制器 240)可使用温度补偿模型(例如,对应于由部件汲取的电力量的温度变 化)以调整来自温度传感器250的传感器数据,从而考虑由热干扰源引起 的设备内的升高温度。

[0050] 计算系统200还可包括可操作地耦接到处理器210的一个或多个输入/ 输出(I/O)控制器。I/O控制器可被配置为控制与一个或多个I/O设备(例 如,触摸传感器面板、显示屏、触摸屏、物理按钮、拨号盘、滑块开关、 操纵杆或键盘)的交互。I/O控制器可通过在处理器210与希望与处理器 210通信的I/O设备之间交换数据来操作。I/O设备和I/O控制器可通过数据 链路进行通信。数据链路可以是单向或双向链路。在一些情况下,可通过 无线连接将I/O设备连接到I/O控制器。例如,数据链路可对应于任何有线或无线连接,包括但不限于PS/2、通用串行总线(USB)、火线、雷电接 口、无线直接、IR、RF、Wi-Fi、蓝牙等。

[0051] 计算系统200可包括可操作地耦接到处理器210和一个或多个温度传 感器250的温度传感器控制器240。如本文所述,在一些示例中,温度传感 器控制器240可耦接到光学传感器控制器212。温度传感器250可包括一个 或多个绝对温度传感器254、一个或多个热通量传感器256和对应的感测电 路252(例如,用于测量传感器254/256处的信号,提供处理(例如,放大、滤波、电平移位)并且将模拟信号转换成数字信号的模拟和/或数字电 路)。作为示例,该一个或多个绝对温度传感器254和一个或多个热通量 传感器256可被配置为测量系统200内的各个位置处的温度,包括可穿戴 设备内的与系统200的其中设置有绝对温度传感器的位置或区域不同的至 少一个位置或区域。这些温度和/或热通量测量可用于在各种操作模式下测 量设备的温度特性(例如,以便估计设备内的温度何时接近不安全或不可 持续的水平)、估计设备外的环境温度或估计与用户相关联的生理信号 (例如,用户的身体温度))。来自绝对温度传感器254、热通量传感器 256和感测电路252的测量的原始数据可转移到处理器210(经由温度传感 器控制器240),并且处理器210可执行本文所述的信号处理以估计内部或 外部温度和/或估计生理信号(例如,与用户相关联的身体温度)。处理器210和/或温度传感器控制器240可操作温度传感器250以测量与系统200 相关联的温度值,并且估计与系统外部的环境相关联的温度值。在一些示 例中,温度传感器控制器240可包括信号处理器242以对由各种温度传感器250生成的信号进行采样、滤波和/或转换(从模拟到数字),该温度传 感器可定位在系统200的外壳内的不同位置处。信号处理器242可以是数 字信号处理电路,诸如数字信号处理器(DSP)。由温度传感器250测量的 模拟数据

可由模数转换器(ADC)转换成数字数据。在一些示例中,来自 温度传感器的数字数据可被存储以用于在温度传感器控制器240中的缓冲 区(例如,FIFO)或其他易失性或非易失性存储器(未示出)中处理。在 一些示例中,来自温度传感器的数据用作设备的热模型的输入,并且用于 估计系统200的外壳外部的温度(例如,接触设备的一部分的对象或用户的温度或环境温度)。在一些示例中,处理器210和/或温度传感器控制器 240可将原始数据和/或经处理的信息存储在存储器(例如,ROM或 RAM)中以用于历史跟踪或用于未来诊断目的。

[0052] 为了准确地对系统200外的环境进行建模,在一些示例中,绝对温度 传感器254和热通量传感器256可结合使用。在某些示例中,温度传感器控制器240可使用来自理想地位于系统200的外壳内的明确表征位置处的 多个单独绝对温度传感器254的测量值,以估计通过设备的热通量(例如,而不用一个或多个专用热通量传感器)。在一些示例中,绝对温度传 感器可包括负温度系数(NTC)温度传感器、电阻温度检测器(RTD)或基于二极管的温度传感器。热通量传感器256(诸如热电堆温度传感器)包 括串联耦接的多个热电偶。每个热电偶可包括两个(或更多个)不同的导 电材料,其特征在于不同的相应塞贝克系数或以其他方式与不同的相应塞 贝克系数相关联。热通量传感器256的第一端部可包括两种不同导电材料 之间的第一组接点,并且热通量传感器256的第二端部可包括两种不同导 电材料之间的第二组接点。当热通量传感器256的这两个端部可定位在系 统200内的相应第一位置和第二位置处时,热通量传感器256可生成与系 统200内的第一位置和第二位置之间的温度梯度或温度差成比例的电压信号。当热通量传感器256的一个端部靠近系统200的外壳内的位置或区域 定位或机械地耦接到该位置或区域时,温度传感器控制器240可使用由热通量传感器生成的温度梯度来估计接触系统200的外表面位置的对象的温 度,该外表面位置可对应于热通量传感器256的一个端部可在设备内部定位的位置。

[0053] 计算系统200可包括可操作地耦接到处理器210和一个或多个光学传 感器211的光学传感器控制器212。光学传感器可包括光发射器204、光检 测器206和对应的感测电路208(例如,用于驱动发射器和测量检测器处的 信号,提供处理(例如,放大、滤波)并将模拟信号转换成数字信号的模 拟电路)。作为示例,光发射器204和光检测器206可被配置为生成光并 将光发射到用户的皮肤中并且检测返回光(例如,反射和/或散射)以测量 生理信号(例如,血管容积图或PPG信号)。处于不同波长的光的吸收和/ 或返回也可用于确定用户的特性(例如,氧饱和度、心率)和/或光发射器 204/光检测器206与用户的皮肤之间的接触状况。来自光发射器204、光检 测器206和感测电路208的测量的原始数据可被转移到处理器210,并且处 理器210可执行本文所述的信号处理以根据生理信号估计用户的特性(例如,氧饱和度、心率等)。处理器210和/或光学传感器控制器212可操作 光发射器204、光检测器206和/或感测电路208以测量来自光学传感器的 数据。在一些示例中,光学传感器控制器212可包括定时生成以供光发射 器204、光检测器206和/或信号处理器214对根据不同波长的光测量的信 号进行采样、滤波和/或转换(从模拟到数字)。光学传感器控制器212可处理信号处理器214中的数据并且向处理器210报告输出(例如,PPG信 号、相对调制比、灌注指数、心率、手腕上/手腕外状态等)。信号处理器214可以是数字信号处理电路,诸如数字信号处理器(DSP)。由光学传感 器211测量的模拟数据可由模数转换器(ADC)转换成数字数据,并且可存储来自生理信号的数字数据以用于在光学传感器控制器212中的缓冲区 (例如,FIFO)或其他易失性或非易失性存储器(未示出)中处理。在一 些示例中,例如,一些光

发射器和/或光检测器可被激活，而其他光发射器 和/或光检测器可被停用(由功率管理电路209)以例如节省电力或用于时 间多路复用(例如，以避开通道之间的干扰)。在一些示例中，处理器210 和/或光学传感器控制器212可将原始数据和/或经处理的信息存储在存储器 (例如，ROM或RAM)中以用于历史跟踪或用于未来诊断目的。

[0054] 在一些示例中，一些光发射器和/或光检测器具有基于光发射器和/或光 检测器的温度而变化的操作特性。作为示例，一些光发射器可以基于光发 射器的温度而变化的波长来输出光。在一些示例中，光学传感器控制器212 和/或处理器210(较高功率处理器211-2和/或较低功率处理器211-1)可接 收与光发射器相关联的温度信息(例如，来自温度传感器控制器240)，并且基于所接收的温度信息来调整光学传感器的波长和/或与光发射器和/或对 应光检测器相关联的信号的处理。例如，对生理特性(例如，氧饱和度、心率)的估计可对用于测量光学信号的光的波长敏感。在一些示例中，光学传感器控制器212和/或处理器210可使用所接收的温度信息来估计由光 学传感器生成的光的波长，并且基于所估计的光的波长来补偿生理特性的 估计。

[0055] 计算系统200还可包括一个或多个运动和/或取向传感器230，诸如加 速度计、陀螺仪、惯性测量单元(IMU)等。在一些示例中，运动和/或取 向传感器230可包括多通道加速度计(例如，3轴加速度计)。

[0056] 在一些示例中，计算系统200还可包括可操作地耦接到处理器210和 触摸屏220的触摸和显示控制器216。例如，触摸屏220可被配置为在图形 用户界面(GUI)中显示视觉输出。视觉输出可包括文本、图形、视频、以 及它们的任何组合。在一些示例中，视觉输出可包括生理信号的文本或图 形表示(例如，PPG波形)或生理信号的特性(例如，氧饱和度、心率等)。触摸屏可以是任何类型的显示器，包括液晶显示器(LCD)、发光 聚合物显示器(LPD)、电致发光显示器(ELD)、场发射显示器 (FED)、发光二极管(LED)显示器、有机发光二极管(OLED)显示器等。处理器210可将原始显示数据发送到触摸和显示控制器216，并且触摸 和显示控制器216可将信号发送到触摸屏220。数据可包括用于触摸屏220 中的多个显示像素的电压电平以投射图像。在一些示例中，处理器210可 被配置为处理原始数据并且直接将信号发送到触摸屏220。触摸和显示控制 器216还可检测和跟踪触摸屏220上的触摸或接近触摸(以及触摸的任何 移动或释放)。例如，触摸处理器218可处理表示触摸屏220上的触摸或 接近触摸的数据(例如，位置和量值)并且识别触摸或接近手势(例如， 轻击、双击、滑动、夹紧、反向夹紧等)。处理器210可将所检测的触摸 输入/手势转换成与在触摸屏220上显示的图形对象(诸如一个或多个用户 界面对象)的交互，或执行其他功能(例如，以发起设备的唤醒或对一个 或多个部件上电)。

[0057] 在一些示例中，触摸和显示控制器216可被配置为将原始触摸数据发 送到处理器210，并且处理器210可处理原始触摸数据。在一些示例中，触摸和显示控制器216可处理原始触摸数据本身(例如，在触摸处理器218 中)。经处理的触摸数据(触摸输入)可从触摸处理器218转移到处理器 210以执行对应于触摸输入的功能。在一些示例中，可通过对应的触摸控制 器和显示控制器使用单独的触摸传感器面板和显示屏，而不是触摸屏。

[0058] 在一些示例中，触摸屏220的触摸感测可由电容式触摸感测电路(例 如，基于互电容和/或自电容)提供。例如，触摸屏220可包括触摸电极， 该触摸电极被布置为小的、单独的导电材料板的矩阵或作为驱动线和感测 线，或以另一个图案布置。电极可由透明导电介

质(诸如ITO或ATO)形 成,但也可使用其他部分或完全透明的和不透明的材料(例如,铜)。在 一些示例中,电极可由其他材料形成,包括导电聚合物、金属网格、石墨 烯、纳米线(例如,银纳米线)或纳米管(例如,碳纳米管)。电极可被 配置用于互电容或自电容感测,或互电容感测和自电容感测的组合。例如,在一种操作模式中,电极可被配置为感测电极之间的互电容;在不同 操作模式下,电极可被配置为感测电极的自电容。在自电容操作期间,可利用AC波形来激励触摸电极,并且可测量触摸电极的对地自电容。在对 象接近触摸电极时,触摸电极的对地自电容可变化(例如,增加)。可由 触摸感测系统检测并测量触摸电极的自电容的该变化,以在一个或多个对 象触摸或接近触摸屏而不触摸该触摸屏时确定一个或多个对象的位置。在互电容操作期间,可通过AC波形来刺激第一触摸电极,并且可测量第一 触摸电极和第二触摸电极之间的互电容。当对象接近第一触摸电极和第二 触摸电极的重叠区域或邻近区域时,其间的相互电容可改变(例如,减 少)。可由触摸感测系统检测并测量互电容的该变化,以在多个对象触摸 或接近触摸屏时确定一个或多个对象的位置。在一些示例中,电极中的一 些可被配置为感测彼此之间的互电容,并且电极中的一些可被配置为感测 其自电容。

[0059] 应当注意,本文所述的一个或多个功能(包括估计根据本公开的一些 示例的电子设备内或外的温度)可由固件执行,该固件存储在存储器中 (或程序存储装置202中)并且由温度传感器控制器240、光学传感器控制器212、触摸和显示控制器216或处理器210执行。该固件也可以存储和/ 或输送于任何非暂态计算机可读存储介质内,以供指令执行系统、装置或 设备诸如基于计算机的系统、包括处理器的系统或可以从指令执行系统、装置或设备获取指令并执行指令的其他系统使用或与其结合。在本文档的 上下文中,“非暂态计算机可读存储介质”可以是可包含或存储程序以供指令执行系统、装置或设备使用或与其结合的任何介质(不包括信号)。 计算机可读存储介质可包括但不限于电子、磁性、光学、电磁、红外或半 导体系统、装置或设备,便携式计算机磁盘(磁性)、随机存取存储器 (RAM)(磁性)、只读存储器(ROM)(磁性)、可擦除可编程只读存 储器(EPROM)(磁性)、便携式光盘诸如CD、CD-R、CD-RW、 DVD、DVD-R或DVD-RW,或闪存存储器诸如紧凑型闪存卡、安全数字卡、USB存储设备、记忆棒等。

[0060] 该固件也可传播于任何传输介质内以供指令执行系统、装置或设备诸 如基于计算机的系统、包括处理器的系统或可从指令执行系统、装置或设 备获取指令并执行指令的其他系统使用或与其结合。在本文的上下文中, “传输介质”可以是可传送、传播或传输程序以供指令执行系统、装置或 设备使用或与其结合的任何介质。传输介质可包括但不限于电子、磁性、光学、电磁或红外有线或无线传播介质。

[0061] 图3示出了根据本公开的一些示例的热电堆设备和热电堆测量电路的 示例性配置的示意图。热电堆感测系统包括热电堆310和热电堆测量电路(感测电路)330,其可通过电子设备(例如,图1A至图1G所示的设 备)来实现。

[0062] 热电堆310可对应于热通量传感器256,并且感测电路330可包括来自 感测电路252和/或信号处理器242的部件。热电堆310可包括串联连接的 热电偶的集合,每个热电偶包括两个不同导体的导电区段。通常,可在热 电堆中使用任何两个不同的导体(或多于两个导体),条件是它们具有适 合于生成期望温度梯度的不同的相关联的塞贝克系数。作为示例,热电堆 310的导电路径314可由具有第一塞贝克系数的第一导电材料诸如铜 (Cu)形

成,并且热电堆310的导电路径316可由具有与第一塞贝克系数 不同的第二塞贝克系数的第二导电材料诸如铜镍合金(CuNi,有时简称为 “康铜”,但合金可包含与55%铜-45%镍不同的材料比率)形成。导电路 径314和316中使用的这些特定材料是示例性的,并且具有合适的不同塞贝克系数的任何导体可在热电堆310中使用。另外,应当理解,尽管本文 主要描述为使用具有两个不同塞贝克系数的两个不同导体,但热电堆可通 过具有附加塞贝克系数的多于两个导体(例如,三个导体、四个导体等) 来实现。在一些示例中,可选择不同的材料以平衡所使用的两个或更多个导体的正和负塞贝克效应。

[0063] 导电路径314可在两个接点处耦接到串联的导电路径316。如本文所 述,两个接点通常被称为热接点318和冷接点312,但应当理解,更一般 地,这两个接点可被称为第一接点和第二接点。作为示例,导电路径314 的第一路径可从冷接点312延伸到热接点318,并且可在热接点318处耦接 到导电路径316的第一路径(例如,通过通孔319或另一个连接器)。导 电路径314的第一路径和导电路径316的第一路径可共同形成第一热电 偶。导电路径316的第一路径然后可从热接点318延伸到冷接点312,并且 可在冷接点312处耦接到导电路径314的第二路径(例如,通过通孔319 或另一个连接器)。导电路径314的第二路径然后可从冷接点312延伸到 热接点318,并且可在热接点318处耦接到导电路径316的第二路径(例如,通过通孔319或另一个连接器)。导电路径314的第二路径和导电路 径316的第二路径共同形成可与第一热电偶串联耦接的第二热电偶。可以 类似的方式使用导电路径314和316来形成附加系列热电偶。

[0064] 在一些示例中,导电路径314可形成于与导电路径316不同的层上 (例如,在柔性印刷电路或FPC中),并且可使用通孔319来彼此耦接。 例如,如图所示,导电路径314和导电路径316可形成在不同层上(例 如,由介电层分开)。如本文所述,在一些示例中,导电路径314和导电 路径可在柔性印刷电路中实现。在一些示例中,导电路径314和导电路径可在刚性印刷电路板中实现。在其他示例中,导电路径314可形成在与导 电路径316相同的层中,间隔开一定距离,并且使用连接器(例如,将导 电路径314连接到导电路径316的导电图案)来连接。在路径314和316可 形成在不同层上的示例中,导电路径314的相应导电路径可与导电路径316 的一个或多个导电路径部分地重叠,和/或导电路径316的相应导电路径可与导电路径314的一个或多个导电路径(例如,如图3所示)部分地重 叠。例如,基于上文提供的示例,导电路径316的第一路径可与导电路径 314的第一路径部分地重叠以在其间实现第一通孔319,并且导电路径316 的第一路径可与导电路径314的第二路径部分地重叠(例如,在相反接点 处)以在其间实现第二通孔319。另外,如本文中更详细地描述(例如,相对于图6A至图10),在一些示例中,可使用通过印刷电路板的通孔来实 现热电堆,其中通孔具有不同的塞贝克系数。

[0065] 热电堆310可在冷接点312处在其两个端子315A和315B之间生成输 出电压,其对应于两个接点(例如,在热接点318与冷接点312之间)之 间的温度差或梯度,由此在已知热阻时测量通过其两个端部(例如,热接 点和冷接点)的热通量。与基于来自其位置可被约束在电子设备内(例 如,温度传感器集成可能是困难的给定空间约束,并且可限于安装在设备 内的与感兴趣的位置或区域相距一定距离的特定PCB上)的两个不同绝对 温度传感器254的温度读数之间的差异来估计热通量的布置相比,热电堆 310可使其热接点318直接定位在温度感测表面处或更靠近温度感测表面 (例如,图1F的位置或区域163/165),这可改

善与感兴趣的感测表面的耦接以及热通量测量的可重复性。此外,因为热电堆310直接测量温度梯 度,所以漂移误差可通过使用两个绝对温度传感器而加倍,这可提供更准 确的热通量或温度梯度测量值。

[0066] 热电堆的使用也可简化制造并且增加产量。例如,绝对温度传感器可 需要大量的表征和校准(例如,在制造时)以在系统200内产生准确温度读数。然而,与绝对温度传感器相比(尤其是当与另一个绝对温度传感器 结合使用以进行热通量测量时),热电堆310可能不需要工厂校准或可能 需要更少的工厂校准和表征以产生准确读数。热电堆310可具有比绝对温 度传感器254更高的准确度(例如,数量级改进)。作为示例,热电堆310 可准确到+/-0.01摄氏度的温度差(ΔT),而工厂校准和表征的绝对温度传 感器254可准确到+/-0.1摄氏度。如本文所述,包括热电堆310的热通量传 感器256可测量两个接点(例如,冷接点312和热接点318)之间的温度 差,并且接点(例如,冷接点312)中的一个接点可被定位成邻近绝对温度 传感器254并且可电连接到该绝对温度传感器。

[0067] 基于位于冷接点312处的传感器254的绝对温度测量以及由热电堆310 产生的温度差或梯度测量值,温度传感器控制器240可估计热接点318处 的温度值。具体地,热接点318处的温度可以是由位于冷接点312处的传 感器254测量的温度,加上由热电堆310生成的热接点318和冷接点312之 间的温度差或梯度测量值。以此方式,热电堆310可被定位成其热接点318 处于感兴趣的表面或位置处,并且温度传感器控制器240可使用由热电堆310生成的温度差/梯度值和位于或接近冷接点312的绝对温度传感器254 来测量感兴趣位置处的温度。此类布置的超越依赖于绝对温度传感器的布 置的优点是使得热电堆可形成有热接点,该热接点与特定设备表面(例 如,比绝对温度传感器更靠近前面162或后面166)或设备内的部件(例如,其光发射随温度变化而变化的光发射器204)直接接触或更紧密地耦接 到它们。使用热电堆310实现了可能本来使用绝对温度传感器无法收集或 不切实际收集的感兴趣位置处的温度测量值(例如,因为绝对温度传感器不能安装或以其他方式紧密地集成在设备内)。如本文所述,热电堆还可 提供优于热电偶的优点。例如,热电堆的一个优点可以是跨系列热电偶的 相对高的差分电压,其可提供更好的信噪比并且还可提供选择用于感测差 分电压的电路的灵活性。热电堆的另一个优点可以是差分可在热电堆的区 域内进行平均,而不是测量特定位置,这可平滑局部化的温度异常。

[0068] 热电堆310可连接到感测电路330,该感测电路可包括第一级320、第 二级322和模数转换器(ADC)324。第一级320可包括放大器321,诸如 运算放大器(op-amp)。在一些示例中,运算放大器可具有以特定电压电 平偏置的正输入端子(例如,在电力与接地之间或在高电压与低电压之间使用电阻分压器),以及可耦接到op-amp的输出的负输入端子。运算放大 器的输出可以是施加到热电堆310的第一端子315A并且经由第二级322的 输入电阻耦接到第二级322的偏置电压。在一些示例中,第一级320可被 称为偏置放大器,因为其生成针对热电堆310并针对第二级322的偏置电 压。第二级322可包括另一个放大器323(例如,op-amp),其具有输入电 阻和反馈电阻。第二级322的op-amp的正端子可连接到热电堆310的第二 端子315B。ADC 324可耦接到第一级320和第二级322的输出。例如,第 一级的输出可用作参考电压并且第二级的输出可用作ADC的输入电压。 ADC 324可被配置为生成对应于由热电堆310输出的电压的数字值(从输 出移除参考偏置电压的差分操作)。在一些示例中,第二级322可被称为 差分放大器,因为其放大热电堆310的两个端子315A-315B之间的

差分电 压(例如,其中放大器的增益可以是反馈电阻的函数)。如上所述,由热 电堆310(其包括多个串联连接的热电偶)输出的电压各自任选地由具有不 同塞贝克系数的金属(例如,Cu和CuNi)的导电路径形成,可与冷接点 312和热接点318之间的温度差成比例。由第一级320和第二级322输出的 电压的数字转换可基于由热电堆310生成的电压,并且可由处理电路使用 以基于在冷接点312处或周围的绝对温度传感器测量值来估计热接点318 处的温度(例如,热接点318处的温度为冷接点312处的温度,加上由热 电堆310生成的热接点318与冷接点312之间的温度差)。

[0069] 图4A示出了根据本公开的一些示例的包括一个或多个印刷电路板和 温度感测电路的示例性电子设备的横截面侧视图。可穿戴设备400可对应 于图1E的设备150和/或图1F的160(或更一般地,可对应于图1A至图1G所示的电子设备中的任一者)。设备400可包括经由条带412或任何其 他合适的紧固件来固定到用户460的外壳410(例如,对应于条带154和外 壳164)。在一些示例中,设备400可固定到用户460(例如,用户身体上 的暴露皮肤)。设备400可对应于手表、健身跟踪器、或任何其他设备 (例如,任选地用于测量与用户460相关联的生理信号)。设备400可围 绕腕部、头部、在眼睛上方、或者在身体的适合于测量与用户相关联的生 理信号的任何暴露表面上附接到用户460。

[0070] 多个印刷电路板(PCB)420、430和440被示为在外壳410内。例 如,PCB 420可位于设备400内部,在前面(有时称为“前晶体”)。在一些示例中,PCB 420可用于实现设置在前面下方的触摸传感器面板、显示 器或触摸屏(例如,触摸屏220)。PCB 430可位于设备400内部,在PCB 420和440之间。在一些示例中,PCB 430可包括主机处理器210、程序存 储装置202,以及任选的触摸和显示控制器216、光学传感器控制器212和/ 或温度传感器控制器240。在一些示例中,PCB 430还可包括分立绝对温度 传感器432(例如,类似于图2的绝对温度传感器254)。PCB 440可位于 设备400内,在后面450(有时称为“后晶体”)处或附近低于PCB 430。 在一些示例中,PCB 440可另外地或另选地包括分立绝对温度传感器442。在一些示例中,绝对温度传感器442可通过PCB 440与后面450分离,并 且PCB 440可与外壳410分离(例如,由于存在一个或多个中间层或气隙 而不直接接触外壳410)。例如,PCB 440可与后面450的内表面分离,并 且有时屏障和一个或多个粘合剂层(未示出)可定位在PCB 440和后面 450之间。PCB 440可包括光学传感器211,该光学传感器被配置为发射光并且检测通过后面450的光(例如,光发射器和检测器安装在PCB 440的 与传感器442相对的侧面上)。应当理解,PCB的数量、温度传感器的数 量,以及PCB的放置和图4A所示的PCB之间的部件分布是代表性的且非 限制性的。例如,可使用更少或更多的PCB,可使用更少的温度传感器 (例如,省略绝对温度传感器432或绝对温度传感器442),可使用比所示 的示例性设备(例如,如图18所示)中的温度传感器更多的温度传感器,或者系统200的部件可跨该一个或多个PCB不同地分布。

[0071] 在一些示例中,可使用分立绝对温度传感器432和442来计算通过设 备外壳410的热通量。作为示例,可从由传感器432测量的温度减去由传 感器442测量的温度以确定安装到PCB 430和PCB 440的绝对温度传感器 之间的温度差。然后可使用此温度差来计算通过设备的热通量,以及估计 设备外的温度(例如,在后晶体处的环境空气温度或后晶体450处的身体温度)。然而,这种布置的准确度可依赖于一对绝对温度传感器432和442 之间的高热阻,并且进一步依赖于传感器432和442之间无热干扰源或热 源的假设。此外,由于将传

感器432和442从设备400的前面和后面450分 离的距离，这些表面的基于传感器432和442的温度估计易受到由传感器漂移(例如，绝对温度传感器432/442中的过程、电压、温度或应变变 化)、热干扰源和不准确的设备表征引起的误差的影响，从而导致设备400的表面或设备400外的环境(例如，用户460的温度估计)的不可靠或不 可重复的温度估计。理想地，为了测量后面450处的温度，绝对温度传感 器将被耦接到后面450或邻近该后面放置。然而，这种布置可能不可行或 者集成挑战可能是困难的，这是由于绝对温度传感器的空间考虑和/或从印 刷电路板到绝对温度传感器的路由电力和其他信号连接的挑战。

[0072] 图4B示出了根据本公开的一些示例耦接的包括多个热电堆设备的示例 性配置的示意图。多个热电堆中的每个热电堆可用于测量温度差以实现设 备内或设备外的不同位置处的温度估计。图4B的配置包括一个或多个发射器和检测器对(例如，对应于光发射器204和光检测器206)和PCB 440。PCB 440可表示包括光学感测电路(例如，对应于感测电路252)和一个或 多个绝对温度传感器442的印刷电路板。在一些示例中，图4B中示出的各 种发射器/检测器对E_i/D_i可处于与PCB 440和绝对温度传感器442不同的位 置处。另外，各种发射器/检测器对E_i/D_i中的每一者可设置在不同位置，并 且温度可局部变化，使得不同发射器/检测器对可在设备内经历不同温度。 在一些示例中，发射器/检测器对E_i/D_i可通过PCB 440与绝对温度传感器 442分离。例如，发射器/检测器对E_i/D_i可安装到PCB 440的底侧，并且绝 对温度传感器442可安装到PCB 440的顶侧。然而，为了简化以下讨论， 假设发射器/检测器对E_i/D_i可位于设备内的可具有与绝对温度传感器442测 量的温度不同的局部温度的各个位置处。

[0073] 如本文所述，发射器E_i可对应于光发射器204，并且可任选地包括发 光二极管(LED)。LED或其他光发射器204可产生非常窄的可见光或不 可见光带，具有该带的相关联的质心波长。LED的质心波长可基于LED的 温度而改变或漂移(例如，热漂移)。由于空间约束，邻近发射器E_i可能 没有足够的空间来提供绝对温度传感器442以局部测量其温度。没有发射 器E_i的准确温度测量时，热漂移可在光学传感器的测量(例如，生理信号 的测量或生理状况的估计)中引入误差。在一些示例中，热电堆可用于局 部测量发射器处的温度，并且局部测量的温度可用于补偿其温度依赖性的质心波长漂移，并且避免不准确或不可靠的光学传感器数据或生理信号的 下游估计。在一些示例中，可基于温度来估计由发射器发射的光的波长， 并且光学感测电路可调谐发射器的驱动以使得可在正确窄带中发射光。在一些示例中，可基于温度来估计由发射器发射的光的波长，并且光学感测系统(例如，信号处理器214)可补偿波长的变化以更好地估计生理信号或 状况。

[0074] 为了改善设备400上的光学设备的准确度和可靠性，包括相应热电堆 设备的印刷电路481和483可测量与不同发射器/检测器对的发射器E_i相关 联的温度。例如，印刷电路481的第一端部可耦接到PCB 440并且可耦接 到PCB 440上的绝对温度传感器442。在一些示例中，印刷电路481的第一 端部可粘结到在绝对温度传感器442附近(例如，与绝对温度传感器442 共定位)的PCB 440。印刷电路481的热电堆设备477(由表示热电堆的串 联耦接的热电偶的多个水平线表示)可跨越绝对温度传感器442与发射器 E1之间的印刷电路481的长度。热电堆设备477可用于使用跨信号线484 (例如，对应于图3的第一端子315A和第二端子315B)的差分信号来测 量其第一端部(例如，在绝对温度传感器442)和其第二端部(例如，在发 射器E1处或附近)之间的温度差。发射器E1可从系统(例如，处理器 210、光学传感

器控制器212)接收驱动和校准信号和/或通过电路481的单向或双向线482从检测器D1发射光学信号。在一些示例中,印刷电路481 可以是具有粘结到PCB 440的第一端部的柔性印刷电路。然后,柔性印刷 电路481可挠曲以使得其第二端部到达发射器E1。在一些示例中,发射器 E1和检测器D1可在柔性印刷电路481上实现。在一些示例中,印刷电路 481可表示刚性PCB或可集成在PCB 440内(例如,当发射器E1位于PCB 440的下侧时)。

[0075] 如图4B所示,在一些示例中,第二印刷电路483可用于估计一个或多 个附加发射器/检测器对E_i/D_i的温度。例如,图4B示出了印刷电路483, 其包括可用于估计发射器/检测器对E2/D2处和/或发射器/检测器对E3/D3 处的温度的热电堆。印刷电路483的第一端部可以如针对印刷电路481描 述的类似方式耦接到绝对温度传感器442/PCB 440。印刷电路483可在沿其 长度的点处分成多个接片483-1和483-2。印刷电路483的第一热电堆设备 477A(由表示热电堆的串联耦接的热电偶的多个水平线表示)可跨越印刷 电路483的长度到接片483-1的端部(例如,在绝对温度传感器442和发射 器E2之间)。第一热电堆设备477A可用于测量其第一端部(例如,在绝 对温度传感器442处)和接片483-1处的其第二端部(例如,在发射器E2 处)之间的温度差。可从线494-1测量差分信号。印刷电路483的第二热电堆设备477B可跨越印刷电路483的长度到接片483-1的端部(例如,在绝 对温度传感器442和发射器E3之间)。第二热电堆设备477B可用于测量 其第一端部(例如,在绝对温度传感器442处)和接片483-2处的其第二端 部(例如,在发射器E3处)之间的温度差。可从线494-2测量差分信号。

[0076] 发射器E2和E3可从系统(例如,处理器210、光学传感器控制器 212)接收驱动和/或校准信号和/或通过电路483的单向或双向线492从检 测器D2和D3发射光学信号(例如,到光学传感器控制器212)。在一些 示例中,印刷电路483可以是柔性印刷电路,其具有在PCB 440处的第一 端部,并且挠曲以使得其接片端部中的一者到达发射器E2,并且其接片端 部中的另一者到达发射器E3。在一些示例中,发射器E2/E3和检测器 D2/D3可在柔性电路的接片483-1和483-2上实现。

[0077] 应当理解,可使用一个或多个印刷电路来实现多个热电堆。在一些示 例中,每个印刷电路可包括一个热电堆(例如,类似于具有热电堆477的 印刷电路481)。在一些示例中,可在一个印刷电路上实现多个热电堆(例 如,类似于具有接片483-1和483-2的印刷电路483,包括热电堆477A- 477B)。应当理解,尽管图4B参考PCB 440和绝对温度传感器442,但温 度感测系统可在设备400内的其他位置处实现。

[0078] 如本文所述,在一些示例中,可基于由一个或多个检测器D_i检测的 光、基于由一个或多个发射器E_i发射的光的估计波长来估计生理特性或信 号。例如,主机处理器210或温度传感器控制器240可测量或估计一个或多个发射器E_i处的温度以估计由每个相应发射器E_i发射的光的质心波长。基于特定发射器E_i处的温度估计/测量,系统可调整与特定发射器E_i相关联 的驱动参数以补偿特定发射器的质心波长的任何潜在漂移,并且由此基于 由一个或多个检测器D_i检测的光来改善生理特性或信号的准确度和可靠 性。另选地或另外地,系统可基于由每个相应发射器E_i发射的光的估计质 心波长来补偿生理特性或信号的估计。

[0079] 应当注意,本文公开的波长估计技术可应用于位于设备中的任何位置 处(例如,在可穿戴设备的冠部处、在前部晶体模块(FCM)(例如,前 晶体)处或后晶体模块(BCM)或后

晶体处)的任何LED/PD(例如,发 光二极管/光电检测器部件,例如,光学传感器211中的任一者和/或其中的 任何部件(例如,光发射器204)、感测电路208、或光检测器206)。

[0080] 如本文所述,可对热通量进行建模以使得能够使用设备内的温度来估 计设备外的温度。图5A示出了根据本公开的一些示例的电子设备(诸如图 4A的设备)相对于用户的身体的热通量模型的简化示意图。如上文结合设 备400所描述,两个绝对温度传感器432和442可定位在设备内部的不同 位置处(例如,分别在单独的PCB 430和440上)。模型500示出了对应于分别表示设备400内的绝对温度传感器432和442处的绝对温度的T_2和 T_1的两个单独节点。另外,模型500示出了在T_2节点和T_1节点之间的电阻 R_{1-2}。R_{1-2}可表示T_2节点和T_1节点之间的热阻或绝对温度传感器432和442 之间的热阻。值得注意的是,模型500假设没有附加的热源或热干扰源设 置在传感器432和442之间。在T_2节点和$T_{AMBIENT}$节点之间的附加电阻 R_{AMB}可表示传感器432与设备400外的区域(例如,设备400外部/上方的 环境空气温度)之间的热阻。在图5A的简化模型中,R_{AMB}可表示介于绝 对温度传感器432与设备400的前面上方和外部的环境空气之间的任何部 件(包括PCB 420和外壳410的部分)的组合热阻。在T_1节点和T_{WRIST}节 点之间的另一个电阻R_{WRIST}可表示传感器442与用户460(针对腕戴式可穿戴设备特别是用户的腕部)之间的热阻。在图5A的简化模型中,R_{WRIST}可 表示介于传感器442与用户460之间的任何部件(包括PCB 440和后面450)的组合热阻。

[0081] 使用傅里叶定律,可使用以下表达式来表达热通量:

[0082] $$Q = -\frac{1}{R}(\Delta T)$$

[0083] 其中Q可表示两个节点之间的热通量,ΔT可表示两个节点之间的温度梯度 或差异,并且R可表示节点之间的热阻(1/R可表示堆积热导率)。使用分 别生成温度测量值T_2和T_1的两个绝对温度传感器432和442,可使用以下 表达式来表达用户460的腕处的温度(有时由T_{WRIST}或T_w表示):

[0084] $$T_w = T_1 + \frac{R_{WRIST}}{R_{1-2}}(T_1 - T_2)$$

[0085] 上述表达提供了模型,可通过该模型使用由绝对温度传感器432和 442生成的温度测量值T_2和T_1以及可在设备400的设计和/或工厂校准(例 如,在制造期间)时表征或以其他方式确定的R_{WRIST}和R_{1-2}的值来估计用 户的腕部温度。由于模型的简化,上述表达式假设通过其上可定位有绝对 温度传感器432和442的PCB 430和440中的每一者的恒定热通量,并且进一步假设绝对温度传感器432和442之间没有附加热源。然而,这些假 设在设备400的操作期间可能不总是有效的,这可导致使用从模型500导出的上述表达式的用户460的不准确或不可靠的腕部温度测量。另外,模 型500中的腕部温度T_w通常对应于表面皮肤温度,这可能在血管收缩期间 脱离核心身体温度。尽管上述表达式聚焦于估计用户身体的温度,但应当 理解,可修改表达式以替代地估计环境温度。

[0086] 图5B示出了使用来自内部设备400或设备1800内的绝对传感器测量 值的可用于估计用户460(或用户1860)的腕部的核心温度的设备400内 (或在下文详述的设备1800内)的部件的线性模型电路等效物。在一些示 例中,核心身体温度可通过腕部的核心温度以及通过用户手臂的热通量乘 以通过手臂的热阻的求和来估计。在血管舒张期间(例如,在睡

眠期 间)，通过手臂的热阻可接近零，使得核心腕部温度可以是核心身体温度 的接近的近似。如上所述，两个绝对温度传感器432和442可定位在设备 400内部的不同位置处(例如，分别在单独的PCB 430和440上)。模型 550示出了对应于分别表示设备400内的绝对温度传感器432和442处的温 度的T_2和T_1的两个单独节点。另外，模型550示出了在T_2节点和T_1节点之间的电阻R_{1-2}。R_{1-2}可表示T_2节点和T_1节点之间的热阻或绝对温度传感 器432和442之间的热阻。值得注意的是，类似于模型500，模型550假设 传感器432和442之间没有附加的热源或热干扰源，并且还假设稳态(例 如，设备的后面和用户皮肤处于稳态)。模型550包括T_2节点和T_{FC}节点 之间的电阻R_{2-FC}，其可表示绝对温度传感器432与设备400的前晶体之间 的热阻(例如，对应于PCB 420和前晶体之间的设备400内的区域)(例 如，在邻近PCB 420的位置或区域处的温度)。R_{2-FC}可表示介于传感器 432与设备400的前面或前晶体之间的任何部件(包括PCB 420和外壳410 的部分)(包括图4A中未示出的附加部件)的组合热阻。T_{FC}节点和T_A节 点之间的电阻R_{FC-A}可表示设备400的前晶体与设备400的前面外部的环境空气之间的热阻。R_{FC-A}可表示设备400的前面或前晶体与设备400上方的 环境空气之间的界面的组合热阻。

[0087] 模型550还包括T_1节点和T_{BC}节点之间的电阻R_{1-BC}，其可表示绝对温 度传感器442与后面450之间的热阻。R_{1-BC}可表示绝对温度传感器442与 后面450之间的任何部件(包括PCB 440)(包括图4A中未示出的附加部 件)的组合热阻。在T_{BC}节点和T_s节点(对应于用户460的皮肤温度)之 间的电阻R_{CONT}可表示后面450的热阻。与串联连接的R_{CONT}、R_{1-BC}、R_{1-2}、R_{2-FC}、和R_{FC-A}并联的R_{S-A}可表示用户的皮肤与设备400上方的空气之 间的空气的热阻。最后，在T_S节点和T_C节点之(对应于可最小化皮肤(例 如，腕部)与环境温度之间的热交换的影响的经校正皮肤温度)间的R_{PHYS}可表示与用户460相关联的生理热阻。

[0088] 模型550中示出的Φ_{BC}可对应于针对环境空气温度对皮肤温度的影响 的热通量校正因子。可使用以下表达式来表达温度热通量校正$\Phi_{BC}R_0$：

[0089] $\Phi_{BC}*R_0=h_0*(T_1-T_2)+h_1$

[0090] 其中h_0可表示来自设备400的表征的乘数参数，并且h_1可表示来自设备 400的表征的自加热参数和/或从设备400的表征校准偏移。可使用以下表 达式来表达后晶体的估计温度：

[0091] $T_{BC}=T_1+a_0*(T_1-T_2)+a_1$

[0092] 其中a_0可表示来自设备400的表征的乘数参数，并且a_1可表示来自设备 400的表征的自加热参数和/或从设备400的表征校准偏移。应当注意，a_1和h_1可以是函数或常数。例如，a_1和h_1的不同值可用于设备400的不同功 率模式，诸如在本公开中稍后讨论的功率模式。a_0和h_0的特定值可基于上 述的R_{1-BC}、R_{1-2}电阻值和生理常数R_0来确定。在一些示例中，R_0可通过实 验室验证(例如，基于用户的代表性样品的经验测量)来确定。在一些示 例中，乘数参数a_0和h_0可使用以下表达式来表达：

[0093] $$a_0=\frac{R_{1-BC}}{R_{1-2}},h_0=\frac{R_0}{R_{1-2}}$$

[0094] a_1和h_1的特定值可表示设备400的自加热对设备内的温度测量的影响。换 句话说，a_1和h_1可表示热干扰源(和其他热源)对设备400内的温度测量 的贡献或对该贡献进行建模，这继而可影响设备400外的温度的估计。在 一些示例中，期望最小化a_0以接近零。在一

些示例中，a_0通过增加(和/或 最大化)R_{1-2}来最小化，诸如通过增加T_1和T_2之间的距离和/或通过在T_1和T_2之间插入热阻材料(诸如泡沫或另一个热阻衬底)。在一些示例中， a_0通过减少(和/或最小化)R_{1-BC}来最小化，诸如通过减少T_1和R_{BC}之间的 距离。

[0095] 基于针对以上提及的各种电阻和参数凭经验(例如，通过测量、实验 室验证、工厂中的表征等)确定的值，设备400可以能够用以下表达式来 估计用户的经校正皮肤温度或T_C：

[0096] $T_C \approx T_{BC} + \Phi_{BC} R_0$，其中$R_0 = \alpha R_{phys} + R_{contact}$

[0097] 其中R_{phys}(例如，R_{PHYS})可表示与用户相关联的生理热阻，α可表示用户 组织中的热流相对设备中的热流的比率，该比率任选地与设备周围损失的 热流(例如，从皮肤到环境空气)的比率相关，并且$R_{contact}$(例如， R_{CONT})可表示接触电阻。

[0098] 在一些示例中，诸如图4A的示例，设备400基于由两个单独绝对温度 传感器(诸如图4A中的传感器432和442)生成的温度测量值T_1和T_2来 估计T_{BC}。然而，如本文所述，绝对温度传感器中的每一者可具有由传感器 制造过程的变化、提供给传感器的供电电压的变化、或传感器的操作温度 的变化引起的相关联的误差或漂移。在一些示例中，如本文所述，可通过 使用热电堆310测量T_{BC}来减小误差或漂移，其中一个端部耦接到或以其他 方式配置为测量设备400的后晶体处的温度(例如，附接到后面450)。具 体地，热电堆310的热接点318可通过粘合剂(例如，图案化的粘合剂层 或导电环氧树脂)直接规定到后面450，并且冷接点312可耦接到绝对温度 传感器254(例如，绝对传感器432或442)。在此类示例中，绝对温度传感器254可生成设备400内的其自身位置处的温度测量值，并且热电堆310 可生成其热接点318(例如，固定到后面450)和其冷接点312(例如，与 绝对温度传感器254共定位)之间的温度差或梯度测量值。图2的温度传 感器控制器240(或主机处理器210)可通过对来自绝对温度传感器254的 绝对温度测量值和来自热电堆310的温度梯度测量值(例如，热电堆的热 接点与冷结之间的温度差)求和来计算后面450处的温度。

[0099] 设备400可利用模型500或550来估计腕部温度(或另选地估计环境 温度)。然而，模型550可依赖于关于设备400内不存在自加热元件(诸 如热干扰源)的较少假设。另外地或另选地，模型500或550也可用于包 括多个绝对温度传感器或单个绝对温度传感器与热电堆310的组合(如本 文所述)的设备。通常，也可针对其他布置利用和/或修改模型550，诸如 其中热电堆310耦接到外壳410的其他表面(例如，PCB 420上方的设备 400的前面或PCB 420，以直接测量T_{FC})。当估计用户460的腕部温度或 估计用户身体的核心温度时，设备400可维持从用户到用户变化的一些用 户特定参数。在一些示例中，不同用户可具有不同生理电阻值，诸如R_{CONT}和R_{PHYS}，并且设备400可由用户校准，或在制造期间依赖于对应于特定用户的生理电阻的值。应当注意，模型500和550可对应于在下面讨论的图 14的框1416中提到的核心身体温度的估计；而且，可使用并求解基于温度 传感器、热电堆、噪声干扰源(例如，设备的内部热噪声干扰源部件)等的位置的另一个模型(例如，通过不同电阻值(例如，热阻值)(和/或更 多或更少的不同电阻器)来修改的类似模型)以估计其他温度，诸如上文 参考模型550所述的温度中的一者或多者。尽管主要在热电堆(柔性印刷 电路或刚性PCB)的上下文中描述，但本文描述的技术是可修改的和/或可 适用于包括多个绝对温度传感器而没有热电堆的电子设备(例如，如参考 图19的模型所描述)。

[0100] 图6A示出了根据本公开的一些示例的具有与印刷电路板集成的温度 感测电路

和/或热通量感测电路的示例性电子设备的横截面侧视图。除了PCB 440和后面450之间的屏障610之外，设备600可对应于图4A的设备 400。屏障610可以是刚性多层PCB，其可包括集成热电堆(例如，类似于 图3的热电堆310)。具体地，可使用通孔(诸如穿孔通孔、盲通孔或埋入 式通孔)来形成屏障610内的集成或嵌入式热电堆，如参考图7A至图10所描述。PCB 440可具有面向屏障610和后面450的底表面，如图6B所 示。屏障610可具有邻接、邻近或附接到PCB 440的底表面的顶表面，有时使用图案化粘合剂层。屏障610还可具有邻接、邻近或附接到后面450 的底表面，有时使用图案化粘合剂层。以这种方式插置在PCB 440与后面450之间，屏障610可包括嵌入式热电堆，该嵌入式热电堆具有在屏障610 的底表面处形成的第一接点(例如，热接点)，并且具有在屏障610的底 表面与顶表面之间形成的第二接点(例如，冷接点)。

[0101] 在一些示例中，可使用穿孔通孔在屏障610内形成嵌入式热电堆。在 此类示例中，嵌入式热电堆可具有接触后面450的屏障610的底表面处的热接点，以及接触PCB 440或以其他方式耦接到PCB 440的屏障610的顶 表面处的冷接点。位于PCB 440上的绝对温度传感器442可测量PCB 440 的顶表面处的温度。后面450处的温度(T_{BC})可通过将由屏障610的嵌入 式热电堆生成的温度差或梯度测量值添加到由传感器442生成的绝对温度 测量值来估计。在其他示例中，可使用盲通孔在屏障610内形成嵌入式热 电堆。在此类示例中，嵌入式热电堆可具有接触后面450的屏障610的底 表面处的热接点，以及不延伸到PCB 440的屏障610的顶表面下方的冷接 点。使用盲通孔来形成的热电堆可能不跨越屏障610的整个厚度，但仍然 产生温度传感器控制器240可用于估计后面450处的温度(T_{BC})的温度差 或梯度测量值。又一些其他示例中，使用埋入式通孔在屏障610内形成嵌 入式热电堆。在此类示例中，嵌入式热电堆具有不接触后面450的高于屏 障610的底表面的热接点，以及不延伸到PCB 440的屏障610的顶表面下 方的冷接点。使用埋入式通孔来形成的热电堆可能不跨越屏障610的整个厚度，但仍然产生温度传感器控制器240可用于估计后面450处的温度 (T_{BC})的温度差或梯度测量值。

[0102] 在一些示例中，热电堆可与PCB 440和屏障610两者集成。在一些示 例中，嵌入式热电堆可具有PCB 440的顶表面处的冷接点以及屏障610的 底表面处的热接点，其中穿孔通孔用于实现通过PCB 440和屏障610的热 电堆。在一些示例中，热电堆可被集成通过本文中针对PCB 440和/或屏障 610描述的层的一些、全部或不同组合。

[0103] 通常，屏障610可由于作为厚的、刚性PCB而具有相对高的热阻。在 一些示例中，对于0.3-1mm厚的100平方毫米的PCB，热阻可介于1-5开尔顿/瓦特之间。应当理解，热阻可大于或小于上述范围，取决于PCB的面 积、厚度和材料。在一些示例中，屏障610的厚度可大于300微米。在一 些示例中，屏障610的厚度可大于1毫米。在一些示例中，屏障的厚度可 小于300微米(例如，100-300微米)。由于屏障610的高热阻和其嵌入式 热电堆的可靠灵敏度，屏障610可能不需要绝对温度传感器(诸如绝对温 度传感器442)所需的相同的单独校准和表征。可将任何数量的热电堆嵌入屏障610内。在一些示例中，单个热电堆可用于测量区域的温度梯度。在 一些示例中，多个热电堆可用于独立地测量不同位置的温度梯度。以此方式，可生成对应于屏障610的区域或屏障610的不同子区域的一个或多个温度梯度或差分测量值，并且其由温度传感器控制器240使用以测量各种 电路部件的温度，诸如安装在PCB 440的底表面上的邻近屏障610的电路 部件。

[0104] 图6B示出了根据本公开的一些示例的包括一个或多个印刷电路板和集 成热电堆的示例性电子设备的一部分的分解图。图6B可示出各种感测组件 与电子设备的后面的关系。具体地，图6B示出了PCB 440和屏障610的底表面(方向在图6B中相对于图6A中的PCB 440和屏障610的方向倒 置)。如图所示，多个发射器-检测器对(标记为E_i/D_i)可安装在PCB 440 的底表面处。这些发射器-检测器对可对应于光发射器204和光检测器 206，并且可用于测量生理信号，如上文结合图2所描述。尽管描述为对， 但应当理解，可在相应发射器与多个检测器之间或在多个发射器与相应检测器之间形成多个光路。另外，应当理解，图6B中的发射器和检测器的数 量和/或布置是示例并且可变化。在一些示例中，由光发射器204发射的光 的波长可根据温度而变化，这可影响基于光检测器206检测到的光的生理 特性的估计。因此，在一些示例中，估计光发射器204处的温度或光发射 器中包括的区域中的温度可提供对光发射器的波长的估计。此波长估计可用于校准发射波长或补偿光测量或生理特性估计的结果，这可改善从此类 测量值导出的生理信号的准确度。

[0105] 屏障610被示为具有对应于安装在PCB 440的底表面处的发射器和检 测器的位置的切口627。当组装时，屏障610中的切口627允许光由发射器 发射并由检测器检测。另外，屏障610可防止或减小光发射器与光检测器 之间的串扰。热电堆的通孔可由邻近屏障610中的切口627的无阴影圆表示。屏障610的底表面上的这些通孔的可见表面可对应于嵌入在屏障610 内的热电堆的热接点。作为示例，通孔622-E和622-D可对应于用于分别 测量发射器E1和检测器D1处的温度的两个热电堆，并且可任选地生成与 每个部件相关联的独立温度差或梯度测量值。另选地，通孔622-E和622-D 可一起对应于用于发射器-检测器对E1/D1的单个热电堆，并且可生成与两 个相邻部件相关联的单个温度差或梯度测量值。具体地，对应于通孔622-E 和622-D的热电堆可生成屏障610的底表面(例如，热接点)与屏障610 内的可包括屏障610的顶表面(例如，当使用穿孔通孔来形成热电堆时) 的另一个表面之间的温度差或梯度测量值。

[0106] 图6B所示的剩余通孔可基本上类似于通孔622-E和622-D，并且可类 似地对应于安装在PCB 440上的相应部件。例如，通孔624-E可对应于发 射器E2，通孔624-D可对应于检测器D2，通孔626-E可对应于发射器 E3，通孔626-D可对应于检测器D3，通孔628-E可对应于发射器E4，并 且通孔624-D可对应于检测器D4。图6B所示的通孔的任何组合可耦接在 一起以增加热电堆内的热电偶的数量，由此改善热电堆灵敏度，但可能减 小潜在独立测量的数量。切口627之间的区域中的通孔634可任选地在屏 障610内形成(例如，在对应于PCB 440上的发射器-检测器对E_i/D_i的切口 行之间)。

[0107] 在一些示例中，图6B所示的所有通孔彼此耦接，从而形成跨屏障610 的不同区域嵌入的单个热电堆以测量跨屏障610的温度差。当通孔彼此耦 接以形成单个热电堆时，其对应的热接点和冷接点可形成在屏障610内的 相同相应层处以确保单个热电堆的任何输出对应于跨屏障610内的共同距 离/厚度的温度梯度或差分。嵌入在屏障610内的热电堆的冷接点可在屏障 610的顶表面(未示出)处接近并且可具有两个端子，类似于图3的描述。当与冷接点的位置处或附近的绝对温度测量值(例如，PCB 440上的传感 器442的输出)结合考虑时，由屏障610内的热电堆生成的温度差或梯度 测量值可用于直接测量光学传感器处的温度(例如，以估计波长)和/或直接测量后面450处的温度(T_{BC})，这可改善与用户460相关联的腕部或核 心身体温度的估计准确度。

[0108] 图7A示出了根据本公开的一些示例的具有集成热电堆的示例性双层 刚性印刷电路板，以及安装在PCB的顶表面和/或底表面上的任选电路部件的横截面侧视图。屏障PCB 700(例如，任选地对应于屏障610，但代表设 备中的任何合适的刚性PCB)可以是两层刚性板，其中芯层704介于顶部 阻焊层702与底部阻焊层706之间。如上文结合图3的热电堆310所述，热 电堆可包括串联连接的热电偶的集合。每个热电偶可对应于具有第一相关 塞贝克系数的第一材料和具有与第一塞贝克系数不同的第二相关塞贝克系 数的第二材料之间的接点。在图7A中，具有第一塞贝克系数的第一材料可用字母“A”表示，并且具有第二塞贝克系数的第二材料可用字母“B”表 示。为了说明目的，材料A可以是或包括铜(Cu)(例如，具有铜颗粒的环氧树脂或树脂)，并且金属B可以是或包括铜镍(CuNi)合金，诸如康 铜(例如，具有铜和镍颗粒或具有康铜颗粒的环氧树脂或树脂)。

[0109] 对应于两种不同金属A和B的导电路径分别可对应于图3的导电路径 314和316。为了制造在屏障PCB 700内所示的嵌入式热电堆，通孔可通过芯层704形成并且填充有通孔710和712(例如，分别用材料A和材料 B)。使用各种材料(例如，高体积生产过程)的各种PCB处理方法可用 于产生通孔。用于形成不同层的沉积方法包括将材料印刷、分配到孔/通孔中，以及真空印刷。

[0110] 出于说明性目的，通孔710可填充有铜、悬浮在环氧树脂中的铜颗 粒、或悬浮在环氧树脂中的铜涂覆颗粒(例如，根据“通孔填充”制造过 程)。类似地，通孔712可填充有康铜、悬浮在环氧树脂中的康铜颗粒、 或悬浮在环氧树脂中的康铜涂覆颗粒。然后可在屏障PCB 700的铜层处使 用图案化来连接两个通孔，诸如在芯层704上方形成于阻焊层702内的铜 连接器714。当通孔710中填充的金属具有与通孔712中填充的金属不同的 塞贝克系数时，使用连接器714来连接通孔710和712会形成热电偶。由 于通孔710和712跨越芯层704的厚度，因此由此类通孔的串联组合形成 的热电堆测量跨芯层704的厚度的热通量或温度差/梯度。如通孔712的右 侧所示，形成类似于通孔710/712的另一对通孔，并且其串联连接到通孔 712(例如，使用在芯层704下方的铜连接器)。以此方式，具有不类似导 体(例如，金属)的每对连接通孔形成热电偶，并且连接此类连接通孔对 会形成嵌入在屏障PCB 700内的热电堆。

[0111] 嵌入在屏障PCB 700内的热电堆的热接点可位于芯704的一侧上的导 电层处(例如，与阻焊层702共定位)，并且嵌入在屏障PCB 700内的热电堆的冷接点可位于芯704的相对侧上的导电层处(例如，与阻焊层706 共定位)。以这种方式来看，端子716A可示出嵌入在屏障PCB 700内的热 电堆的冷接点的铜触点，并且端子716B可示出嵌入在屏障PCB 700内的热 电堆的热接点的铜触点。如图7A所示，任选地电路部件720、722和724 可被表面安装在屏障PCB 700的顶表面和底表面上，以及嵌入芯层704内 的热电堆。换句话说，如图7A所示的热电堆与PCB的集成仍然可允许其 他部件安装在PCB上。

[0112] 图7B示出了具有图7A的集成热电堆的示例性刚性PCB的平面图，具 体地对应于图7A的A-A’线处的横截面。如图7A所示，A-A’线对应于芯 层704和阻焊层706之间的边界。在其他示例中，图7B的图示可对应于阻 焊层702和芯层704的边界处的横截面。视图750示出了对应于包括各种 材料的通孔的布置成阵列的圆形元件。例如，通孔752-A可包括铜，而通孔752-B可包括康铜。如图7B所示，通孔752-A和通孔752-B可连接，由 此形成热电偶。类似地，通孔754-A可包括铜，而通孔754-B可包括康 铜，并且两个通孔可连接以形成另一个热

电偶。由通孔752-A和752-B形 成的第一热电偶可连接到由通孔754-A和754-B形成的第二热电偶，从而 形成热电堆。第一热电偶和第二热电偶可连接在视图750中不可见的层中 的护理材料的相对侧上(例如，使用铜连接器714)。以此方式，当所有示 出的通孔对串联互连在另一个层上时，视图750可示出单个热电堆。另选地，当连接通孔对的不同独立子集串联互连在另一个层上时，视图750可 示出多个热电堆。

[0113] 尽管图7A和图7B示出并且涉及两层屏障PCB 700，但热电堆可嵌入 或形成在具有多于两层(例如，任意数量的层)的屏障PCB内。具体地， 两层可以是形成热电堆所需的最小数量，并且具有多于两层的某些PCB也 可设置有嵌入式或集成热电堆。

[0114] 图8示出了根据本公开的一些示例的具有跨越四个PCB层的集成热电 堆的示例性四层刚性PCB的横截面侧视图。屏障PCB 800可以是具有在顶 表面802上形成的阻焊层和在底表面810上形成的阻焊层的四层PCB。四 层PCB可包括第一芯层804、第二芯层806和第三芯层808。第一芯层804 可设置在阻焊层的顶表面802下方，第二芯层806可设置在第一芯层804 下方，并且第三芯层808可设置在第二芯层806下方。在一些示例中，第一芯层804、第二芯层806和/或第三芯层808可由相同材料形成。图案化 导电层可安置在芯层的表面上。

[0115] 具有第一塞贝克系数的第一导电材料/第一金属(例如，铜)可用字母 “A”表示，并且具有第二塞贝克系数的第二导电材料/第二金属(例如， 康铜)可用字母“B”表示。对应于两种不同金属A和B的导电路径分别 可对应于图3的导电路径314和316。为了制造被示为在屏障PCB 800内的 嵌入式热电堆，通孔可从阻焊层810通过到阻焊层802形成(例如，贯穿通孔)。一旦形成，穿透式孔可分别填充有包括金属A和金属B的通孔 811和812(例如，如参考图7A所描述)。

[0116] 出于说明性目的，通孔811可包括铜、悬浮在环氧树脂中的铜颗粒、或悬浮在环氧树脂中的铜涂覆颗粒(例如，根据“通孔填充”制造过 程)。类似地，通孔812可包括康铜、悬浮在环氧树脂中的康铜颗粒、或 悬浮在环氧树脂中的康铜涂覆颗粒。然后可在屏障PCB 800的铜层处使用 图案化来连接两个通孔，诸如在第一芯层804上方形成于阻焊层802内的铜连接器814。当通孔811的金属具有与通孔812的金属不同的塞贝克系数 时，使用连接器814来互连或耦接通孔811和812可形成热电偶。因为通 孔811和812可跨越芯层808、806和804的厚度，所以由此类通孔的串联 组合形成的热电堆可测量跨芯层808、806和804的整个厚度的热通量或温 度差/梯度。如通孔812的右侧所示，可形成类似于通孔811/812的另一对 通孔，并且其串联连接到通孔812。以此方式，具有不类似金属的每对连接通孔可形成热电偶，并且连接此类连接通孔对可形成嵌入在屏障PCB 800 内的热电堆。

[0117] 嵌入在屏障PCB 800内的热电堆的热接点可位于芯804的一侧上的导 电层处(例如，与阻焊层802共定位)，并且嵌入在屏障PCB 800内的热 电堆的冷接点可位于芯808的相对侧上的导电层处(例如，与阻焊层810 共定位)。以这种方式来看，端子816A可示出嵌入在屏障PCB 800内的热 电堆的冷接点的铜触点，并且端子816B可示出嵌入在屏障PCB 800内的热 电堆的热接点的铜触点。尽管图8中未示出，但电路部件可表面安装在屏障PCB 800的顶表面和底表面上，以及嵌入芯层808、806和804内的热电 堆，以如参考图7A至图7B所述的类似方式。此外，在一些示例中，区域 850(在嵌入式热电堆的右侧示出)可未被任何热电偶/热电堆结构占用，从而为要嵌入芯层806内的电路部件(诸如部件820)留空间。相对于图7A 的两层屏障PCB，图8的四层屏障PCB可提供相对较高的热阻和改进的灵 敏度。

[0118] 图9示出了根据本公开的一些示例的具有跨越两个PCB层(并且部分 跨越三个层)的集成热电堆的示例性四层刚性PCB的横截面侧视图。屏障 PCB 900可以是四层PCB,其中阻焊层形成在顶表面902上并且形成在底 表面910上。四层PCB可包括第一芯层904、第二芯层906和第三芯层 908。第一芯层904可设置在阻焊层的顶表面902下方,第二芯层906可设置在第一芯层904下方,并且第三芯层908可设置在第二芯层906下方。 在一些示例中,第一芯层904、第二芯层906和/或第三芯层908可由相同 材料形成。图案化导电层可安置在芯层的表面上。

[0119] 具有第一塞贝克系数的第一导电材料/第一金属(例如,铜)可用字母 “A”表示,并且具有第二塞贝克系数的第二导电材料/第二金属(例如, 康铜)可用字母“B”表示。对应于两种不同金属A和B的导电路径分别 可对应于图3的导电路径314和316。为了制造被示为在屏障PCB 900内的 嵌入式热电堆,通孔可从阻焊层910通过到第二芯层906形成(例如,盲通孔和埋入式通孔)。一旦形成,穿透式孔可分别填充有包括金属A和金 属B的通孔911和912(例如,如参考图7A所描述)。

[0120] 出于说明性目的,通孔911可包括铜、悬浮在环氧树脂中的铜颗粒、或悬浮在环氧树脂中的铜涂覆颗粒(例如,根据“通孔填充”制造过 程)。类似地,通孔912可包括康铜、悬浮在环氧树脂中的康铜颗粒、或 悬浮在环氧树脂中的康铜涂覆颗粒。然后可在屏障PCB 900的铜层处使用 图案化来连接两个通孔,诸如在第二芯层906上方形成于阻焊层902内的铜连接器914。当通孔911的金属具有与通孔912的金属不同的塞贝克系数 时,使用连接器914来互连或耦接通孔911和912可形成热电偶。因为通 孔911和912可跨越芯层908和/或906的厚度(例如,主要针对埋入式通 孔的芯层906),所以由此类通孔的串联组合形成的热电堆可测量跨芯层 908和906的厚度,但不跨整个屏障PCB 900的热通量或温度差/梯度。如通孔912的右侧所示,可形成类似于通孔911/912的另一对通孔,并且其串 联连接到通孔912。以此方式,具有不类似金属的每对连接通孔可形成热电偶,并且连接此类连接通孔对可形成嵌入在屏障PCB 900内的热电堆。

[0121] 嵌入在屏障PCB 900内的热电堆的热接点可位于芯904的一侧上的导 电层处(例如,与第二芯层904共定位),并且嵌入在屏障PCB 900内的热电堆的冷接点可位于芯908的相对侧上的导电层处(例如,与阻焊层910 共定位)。以这种方式来看,端子916A可示出嵌入在屏障PCB 900内的热 电堆的冷接点的铜触点,并且端子916B可示出嵌入在屏障PCB 900内的热 电堆的热接点的铜触点。尽管图9中未示出,但电路部件可表面安装在屏 障PCB 900的顶表面和底表面上,以及嵌入芯层906和908内的热电堆, 以如参考图7A至图7B所述的类似方式。此外,在一些示例中,区域950 (在嵌入式热电堆的右侧示出)可未被任何热电偶/热电堆结构占用,从而 未要嵌入在芯层906内的电路部件(未示出)留空间,或者其他穿孔通孔 和盲孔(图示)可用于其他目的(例如,路由信号等)。相对于图7A的两 层屏障PCB,图9的四层屏障PCB可提供相对较高的热阻和改进的灵敏 度。

[0122] 图10示出了根据本公开的一些示例的具有跨越两个PCB层的集成热 电堆的示例性四层刚性PCB的横截面侧视图。屏障PCB 1000可以是具有 在顶表面1002上形成的阻焊层和在底表面1010上形成的阻焊层的四层 PCB。四层PCB可包括第一芯层1004、第二芯层1006和第三芯层1008。 第一芯层1004可设置在阻焊层的顶表面1002下方,第二芯层1006可设置在第一芯层1004下方,并且第三芯层1008可设置在第二芯层1006下方。 在一些示例中,第

一芯层1004、第二芯层1006和/或第三芯层1008可由相 同材料形成。图案化导电层可安置在芯层的表面上。

[0123] 具有第一塞贝克系数的第一导电材料/第一金属(例如,铜)可用字母 “A”表示,并且具有第二塞贝克系数的第二导电材料/第二金属(例如, 康铜)可用字母“B”表示。对应于两种不同金属A和B的导电路径分别 可对应于图3的导电路径314和316。为了制造被示为在屏障PCB 1000内 的嵌入式热电堆,通孔可从阻焊层1010通过到第三芯层1008形成(例如,盲通孔)。一旦形成,穿透式孔可分别填充有包括金属A和金属B的 通孔1011和1012(例如,如参考图7A所描述)。

[0124] 出于说明性目的,通孔1011可包括铜、悬浮在环氧树脂中的铜颗粒、或悬浮在环氧树脂中的铜涂覆颗粒(例如,根据“通孔填充”制造过 程)。类似地,通孔1012可包括康铜、悬浮在环氧树脂中的康铜颗粒、或悬浮在环氧树脂中的康铜涂覆颗粒。然后可在屏障PCB 1000的铜层处使用 图案化来连接两个通孔,诸如在第三芯层1008上方形成于阻焊层1002内 的铜连接器1014。当通孔1011的金属具有与通孔1012的金属不同的塞贝 克系数时,使用连接器1014来互连或耦接通孔1011和1012可形成热电 偶。因为通孔1011和1012可跨越芯层1008的厚度,所以由此类通孔的串 联组合形成的热电堆可测量跨芯层1008的厚度,但不跨整个屏障PCB 1000的热通量或温度差/梯度。如通孔1012的右侧所示,可形成类似于通孔1011/1012的另一对通孔,并且其串联连接到通孔1012。以此方式,具有不类似金属的每对连接通孔可形成热电偶,并且连接此类连接通孔对可 形成嵌入在屏障PCB 1000内的热电堆。

[0125] 嵌入在屏障PCB 1000内的热电堆的热接点可位于芯1008的一侧上的 导电层处(例如,与阻焊层1002共定位),并且嵌入在屏障PCB 1000内 的热电堆的冷接点可位于芯1008的相对侧上的导电层处(例如,与第二芯层1006共定位或更具体地,在层1006和1008的边界处)。以这种方式来 看,端子1016A可示出嵌入在屏障PCB 1000内的热电堆的冷接点的铜触 点,并且端子1016B可示出嵌入在屏障PCB 1000内的热电堆的热接点的铜触点。尽管图10中未示出,但电路部件可表面安装在屏障PCB 1000的顶 表面和底表面上,以及嵌入芯层1008内的热电堆,以如参考图7A至图7B 所述的类似方式。此外,在一些示例中,区域1050(在嵌入式热电堆的右侧示出)可未被任何热电偶/热电堆结构占用,从而未要安装和连接在芯层 1006内的电路部件(未示出)留空间,或者穿孔通孔和其他盲孔(图示) 可用于其他目的(例如,路由信号等)。

[0126] 图11示出了根据本公开的一些示例的具有与柔性电路集成的温度感测 电路和/或热量感测电路的示例性电子设备的横截面侧视图。除了可从PCB 440的顶表面延伸到后面450的柔性印刷电路(FPC)1110之外,设备 1100基本上类似于图4A的设备400。FPC 1110可以是嵌入在其层的一部 分内的柔性多层印刷电路,其可包括类似于图3的热电堆310的热电堆。 具体地,FPC 1110内的嵌入式热电堆可使用印刷在FPC的层上的导电路径 来形成,其中导电路径使用通孔来连接。在一些示例中,印刷在FPC 1110 的层上的导电路径可跨越其整个(或基本上整个)长度延伸(例如,导电 路径可从PCB 440延伸到后面450)。PCB 440可具有顶表面,绝对温度传感器442可被表面安装到该顶表面上。优选地,嵌入在FPC 1110内的热电 堆可在第一端部处具有冷接点,该冷接点可耦接到PCB 440的顶表面和传感器442。嵌入在FPC 1110内的热电堆可具有热接点,该热接点可邻接、可邻近、或可附接到

后面450,有时使用改善热电堆热接点与后面450之间 的热耦接的导电环氧树脂。在这种配置中,嵌入在FPC 1110内的热电堆可 测量后面450(耦接到其热接点)和PCB 440(耦接到其冷接点)之间的温 度差或梯度。当绝对温度传感器442和嵌入在FPC 1110内的热电堆的冷接 点共定位时,在绝对温度传感器442处生成的绝对温度测量值和由热电堆测量的温度差的总和可估计后面450处的温度(T_{BC})。

[0127] 通常,在FPC 1110内嵌入热电堆可允许在设备400内部的使用绝对温 度传感器254来测量或估计是不切实际的表面或区域处进行直接温度感测/ 测量。如上文结合图2所提及,绝对温度传感器可能需要供应电力和设置 在PCB上的其他连接,并且因此无法充分集成到某些表面,诸如后面450 的内表面。此外,嵌入在FPC 1110内的热电堆可测量跨其整个长度(或基 本上跨其整个长度)的热通量,这可导致在各种表面处的具有更大的准确 度和可重复性的温度测量(与使用多个绝对温度传感器来估计那些表面温 度相比)。取决于FPC 1110内的热电堆的导电路径的数量(有时称为"匝 数"),热电堆可具有比绝对温度传感器更好的灵敏度。

[0128] 尽管具有嵌入式热电堆的FPC 1110被示为从传感器442延伸到后面 450,但嵌入式热电堆的冷接点和热接点可耦接在设备400内部的任何两个 位置之间(例如,从PCB 430到后面450、从PCB 430到PCB 440、从 PCB 430到PCB 420等)。在一些示例中,FPC 1110内的嵌入式热电堆可 具有耦接到包括绝对温度传感器(例如,绝对温度传感器432/442中的一者)的PCB的冷接点,以及耦接到设备400内的任何其他位置(例如,后 面450、PCB 420、外壳410的侧壁内表面等)的热接点。在一些示例中, FPC 1110内的嵌入式热电堆的热接点可耦接到电路部件(诸如发射具有根 据温度变化的波长的光的光发射器204)或接近电路部件。在一些示例中,FPC 1110及其嵌入式热电堆耦接在绝对温度传感器432和442之间。在一 些示例中,FPC 1110及其嵌入式热电堆可耦接在绝对温度传感器432和 PCB 420之间。在一些示例中,FPC 1110及其嵌入式热电堆可耦接在绝对 温度传感器442和PCB 420之间。在一些示例中,FPC 1110及其嵌入式热电堆可耦接在绝对温度传感器432/442中的一者和设备400的前面或前晶体 之间。在一些示例中,FPC 1110及其嵌入式热电堆可耦接在绝对温度传感器442和设备的内表面之间(在设备400内处于与PCB 440相同的高 度)。

[0129] 如上文结合图3的热电堆310所述,FPC 1110可包括包含多个导电路 径或迹线的热电堆。FPC 1110的热电堆可跨FPC 1110的至少两层形成,其 中第一层用于具有第一塞贝克系数的第一导电材料/第一金属的导电路径 (例如,导电路径314),并且其中第二层用于具有与第一塞贝克系数不同 的第二塞贝克系数的第二导电材料/第二金属的导电路径(例如,导电路径 316)。第一金属可以是铜(Cu),并且第二金属可以是铜镍(CuNi)合 金/康铜。在一些示例中,FPC 1110的第一层中形成的第一金属的导电路径可部分地重叠到FPC 1110的第二层中形成的第二金属的两个导电路径。可 使用通孔跨不同的层连接不同金属的导电路径。

[0130] 铜导电路径可在FPC 1110的热接点(例如,FPC 1110的与绝对温度 传感器442共定位的部分)处并且在冷接点(例如,FPC 1110的固定到后 面450的部分)处耦接到康铜导电路径。作为示例,第一层中的第一铜路 径可从FPC 1110的冷接点延伸到其热接点,并且可在热接点处(例如,通 过通孔或另一个层间连接器)耦接到第一康铜路径。第一铜路径和第一康 铜路径可共同形成第一热电偶。然后,第一康铜路径可从FPC 1110的热接 点延伸

到其冷接点,并且可在冷接点处(例如,通过通孔或另一个连接 器)耦接到第二铜路径。然后,第二铜路径可从FPC 1110的冷接点延伸到 其热接点,并且可在热接点处(例如,通过通孔或另一个连接器)耦接到 第二康铜路径。第二铜路径和第二康铜路径可共同形成可与第一热电偶串 联耦接的第二热电偶。根据该示例的布置,第一康铜路径可与用于形成嵌入FPC 1110内的热电堆的第一铜路径和第二铜路径中的一者或多者部分地 重叠。

[0131] 图12A示出了根据本公开的一些示例的具有用于信号传播的内层和保 护内层的外接地层的示例性柔性电路的横截面侧视图。FPC 1200可包括第 一外层1210(例如,屏蔽层、接地/固定电势层等)和第二外层1230(例 如,屏蔽层、接地/固定电势层等),该第一外层包括铜灌注或图案化,该 第二外层包括铜灌注或图案化。内层1220可包括用于信号路由(例如,信号路径)的铜图案化。层1210和1230之间的连接可使用通孔1240或FPC 1200上可用的任何其他合适的层间连接器来形成。FPC 1200示出了层1220 中的信号线,其用于将数据信号或任何其他合适类型的信号从FPC 1200的 一个端部传送到另一个端部(FPC 1200的端部未在作为横截面侧视图的图 12A中示出)。在一些示例中,将热电堆集成到已经存在于设备400内的 FPC中可减小设计复杂性并且节省设备内的空间。然而,如图12A所示, FPC 1200的所有层可以是铜层,而热电堆需要对应于具有不同的相应塞贝 克系数的两种不同导电材料/金属的层。

[0132] 图12B示出了根据本公开的一些示例的具有基于图12A的示例性柔性 电路的集成热电堆的经修改FPC 1250的横截面侧视图。在一些示例中,图 12A中的外层(例如,外层1210)中的一者可由不同材料/金属诸如康铜、或铜镍(CuNi)合金外层1212形成。尽管铜可具有比康铜更低的电阻(例 如,每单位面积),但由康铜形成的外层1212可用于提供内层1220的接 地平面或屏蔽层。

[0133] 热电堆可在邻近通孔1240的热电堆路由区域1290中、在FPC 1250中 实现(例如,邻近层1210、1220和1230中的现有图案化或灌注迹线)。热电堆路由区域1290可包括从康铜外层1212和铜内层1220图案化的导电 路径。作为示例,内层1220内的第一铜路径可从FPC 1250的冷接点延伸到其热接点,并且可在热接点处(例如,通过通孔或另一个层间连接器) 耦接到外层1212内的第一康铜路径。第一铜路径和第一康铜路径可共同形 成第一热电偶。然后,外层1212内的第一康铜路径可从FPC 1250的热接 点延伸到其冷接点,并且可在冷接点处(例如,通过通孔或另一个连接 器)耦接到内层1220内的第二铜路径。然后,内层1220内的第二铜路径 可从FPC 1250的冷接点延伸到其热接点,并且可在热接点处(例如,通过 通孔或另一个连接器)耦接到外层1212内的第二康铜路径。第二铜路径和 第二康铜路径可共同形成可与第一热电偶串联耦接的第二热电偶。根据该 示例的布置,外层1212内的第一康铜路径可与用于形成嵌入FPC 1250内 的热电堆的内层1220内的第一铜路径和第二铜路径中的一者或多者部分地 重叠。

[0134] 图12B所示的布置示出了用于维持FPC的柔性的三层FPC 1250。然 而,应当理解,在一些示例中,可将第四康铜层添加到FPC 1250的FPC中,并且使用在康铜层中图案化的导电路径以及在层1210、1220和/或 1230中图案化的导电路径,可将热电堆与FPC集成。

[0135] 图13A示出了根据本公开的一些示例的示例性柔性电路的横截面侧视 图,其中第一区段使用内层以进行数据信号传播并且第二区段使用外层 (或多个外层)以进行电力信号传播。FPC 1300可包括:第一外层区段 1310-1和1310-2,其包括铜灌注或图案化(例如,

屏蔽层/接地层、电力传 播层等)；和第二外层区段1330-1和1330-2，其包括铜灌注或图案化(例 如，屏蔽层/接地层、电力传播层等)。内层区段1320-1和1320-2可包括 用于信号路由(例如，信号路径)的铜图案化。尽管外层区段1310-1和 1310-2形成在相同层上，但它们可如由区段1310-1和1310-2之间的间隙所 表示的电隔离或以其他方式电分离。类似地，外层区段1330-1和1330-2可 形成在相同层上，但可如由区段1330-1和1330-2之间的间隙所表示的电隔 离或以其他方式电分离。然而，应当理解，FPC 1300可在所示的导电层之 间具有连续介电层。

[0136] 层1310-1、1320-1和/或1330-1之间的连接可使用一个或多个通孔 (例如，通孔1340)或FPC 1300上可用的任何其他合适的层间连接器来形 成，以与针对FPC 1200所描述的类似方式。FPC 1300示出了用于将层 1320-1和1320-2中的数据信号从FPC 1300的一个端部传送到另一个端部的 信号线(FPC 1300的端部未在作为横截面侧视图的图13A中示出)。FPC 1300还示出了从FPC 1300的一个端部到另一个端部的层1310-2和/或 1330-2中的电力信号线(FPC 1300的端部未在作为横截面侧视图的图13A 中示出)。在一些示例中，将热电堆集成到已经存在于设备400内的FPC 中可减小设计复杂性并且节省设备内的空间。然而，如图13A所示，FPC 1300的所有层可以是铜层，而热电堆需要对应于具有不同的相应塞贝克系 数的两种不同导电材料/金属的层。

[0137] 图13B示出了根据本公开的一些示例的具有基于图13A的示例性柔性 电路的集成热电堆的经修改FPC 1350的横截面侧视图。在一些示例中，因 为外层1310-2和1330-2中的一者或多者可路由电力信号，所以这些层无法被康铜或铜镍(CuNi)合金外层替换而不会引发由康铜的较高电阻(相对 于铜)导致的功率耗散的显著增加。因此，在一些示例中，可通过替代地将铜的内层1320-1和1320-2替换为康铜的内层1322来实现将热电堆集成 到FPC中。

[0138] 热电堆可在邻近通孔1341的热电堆路由区域1390中、在FPC 1350中 实现(例如，邻近FPC 1300的第二连接器的层1310-2、1320-2和1330-2 中的现有图案化或灌注迹线)。热电堆路由区域1390可包括从康铜内层 1322和铜外层1310-1/1310-2图案化的导电路径。作为示例，铜外层内的第一铜路径可从FPC 1350的冷接点延伸到其热接点，并且可在热接点处(例 如，通过通孔或另一个层间连接器)耦接到内层1322内的第一康铜路径。 第一铜路径和第一康铜路径可共同形成第一热电偶。然后，内层1322内的 第一康铜路径可从FPC 1350的热接点延伸到其冷接点，并且可在冷接点处 (例如，通过通孔或另一个连接器)耦接到外层内的第二铜路径。然后， 外层内的第二铜路径可从FPC 1350的冷接点延伸到其热接点，并且可在热 接点处(例如，通过通孔或另一个连接器)耦接到内层1322内的第二康铜路径。第二铜路径和第二康铜路径可共同形成可与第一热电偶串联耦接的第二热电偶。根据该示例的布置，内层1322内的第一康铜路径可与用于形 成嵌入FPC 1350内的热电堆的外铜层内的第一铜路径和第二铜路径中的一 者或多者部分地重叠。

[0139] 图14示出了根据本公开的一些示例的估计设备内和设备外的温度(例 如，使用绝对温度传感器和热通量传感器)的示例性过程。在1402处，系 统(例如，计算系统200)可使用位于系统的设备外壳内的绝对温度传感器 (例如，绝对温度传感器254、432、442)来测量绝对温度。作为示例，绝 对温度传感器442可测量设备400内的第一位置处的绝对温度。使用负温 度系数(NTC)温度传感器、电阻温度检测器(RTD)或基于二极管的温 度传感器来实

现绝对温度传感器。来自绝对温度传感器的温度测量值可对 应于第一位置处的温度(例如,对应于绝对温度传感器的位置和/或传感器 周围的局部区域)。

[0140] 在1404处,系统可测量温度梯度。在一些示例中,温度梯度可介于设 备内的第一位置(例如,对应于绝对温度传感器)和第二不同位置之间。在一些示例中,系统使用热电堆或其他热通量传感器256来测量温度梯度 (温度差),如本文所述。

[0141] 在1406处,系统可基于由绝对温度传感器测量的绝对温度和由热通量 传感器256(例如,如图3所示的热电堆310)测量的温度梯度/差来估计第 二不同位置处的绝对温度。在一些示例中,第二位置可在设备内,但通过热电堆与第一位置分离。在一些示例中,系统可计算第一位置处的绝对温 度测量值和温度梯度测量值的总和以估计第二位置(例如,在热电堆或其 他热通量传感器的端部)处的绝对温度。在一些示例中,诸如图6A的示例,热电堆可嵌入在屏障610(和/或PCB 440)的刚性PCB内。热电堆/屏 障的第一端部可耦接到PCB 440的下侧,并且热电堆/屏障的第二端部可耦 接到后面450。在一些此类示例中,系统(例如,主机处理器210或温度传 感器控制器240)可通过将由嵌入在屏障610的刚性PCB内的热电堆测量 的温度梯度/差添加到绝对温度传感器442处生成的绝对温度测量值来估计后面450处的绝对温度。在一些示例中,可使用具有耦接到绝对温度传感 器442/PCB 440的第一端部和耦接到后面450的第二端部的柔性印刷电路 1110来实现热电堆。在一些此类示例中,系统(例如,主机处理器210或 温度传感器控制器240)可通过将由嵌入在FPC 610内的热电堆测量的温度 梯度/差添加到绝对温度传感器442处生成的绝对温度测量值来估计后面 450处的绝对温度。

[0142] 在一些示例中,诸如图4B的示例,多个热电堆可与一个或多个绝对温 度传感器一起使用,从而以类似的方式估计设备内的多个位置处的温度。

[0143] 在1408处,系统可任选地估计与热通量传感器256相关联的部件温 度。作为示例,当热通量传感器256是具有耦接到系统的部件处或附近的 位置的端部的热电堆时,系统(例如,温度传感器控制器240、主机处理器 210)可基于在热电堆的端部处的估计绝对温度(例如,在1406处估计的 绝对温度)来估计特定部件的温度。在一些示例中,设备可被表征为基于第二位置处的估计温度来估计部件的温度。基于在1408处估计的部件温 度,系统(例如,功率管理电路209)可对其操作状况进行确定,诸如确定 任何特定部件温度是否超过与受损或不安全部件操作相关联的预定义上温 度边界。在一些示例中,系统可向用户报告部件温度或被确定为与部件温 度相关联的状况。在一些示例中,系统的部件可包括一个或多个处理器、无线通信电路、全球定位系统、光学发射器等。

[0144] 另外地或另选地,在1410处,系统可基于在1406处估计的绝对温度 补偿光学传感器或补偿一个或多个生理信号的估计。作为示例,光发射器 204可任选地包括LED,其可产生非常窄的可见光或不可见光带,具有该 带的相关联的质心波长。LED的质心波长可基于LED的温度而改变或漂 移。当在1406处估计的绝对温度对应于与特定光发射器204相关联的温度 时,可使用补偿模型(未示出)来确定特定光发射器的质心波长,该质心 波长可作为参数提供给补偿模型。在一些示例中,补偿可改变施加到发射 器的刺激,使得发射光落入期望的窄光带内。在一些示例中,可将估计波 长提供给处理电路,该处理电路用于基于来自与特定光发射器204相关联的光检测器206的传感器数据来估计生理信号以补偿发射器的热漂移对估 计的影响。应当注意,本文公开的波长估计技术可应用于任何LED/PD(例

如,位于设备中的任何位置处的发光二极管/光电检测器或光电二极管部 件)。

[0145] 另外地或另选地,在1412处,系统可估计设备外部(例如,外壳410 外部)的环境空气温度和/或估计设备的表面温度,诸如设备的前晶体或前 面上的温度。在一些示例中,在1406处估计的第二位置处的绝对温度对应 于设备160的前面162处的温度,如图1F所示。在其他示例中,在1406 处估计的绝对温度对应于位于图4A的外壳410的前面处的PCB 420的顶表面处的温度。热通量模型(诸如图5A和图5B所示的模型500或550)可 与在1406处估计的温度(对应于模型500中的T_2和模型550中的T_{FC})结 合使用以估计设备外部的环境空气温度(T_A或$T_{AMBIENT}$),有时称为环境 温度。在一些示例中,可向用户报告(例如,在显示器上显示)设备外部的估计的环境空气温度。

[0146] 另外地或另选地,在1414处,系统可估计皮肤温度,诸如用户的腕 部、前额、太阳穴、或接触系统的外壳的任何其他身体表面处的皮肤温 度。在一些示例中,在1406处估计的绝对温度对应于外壳内的在其外表面处接触用户的身体的位置。作为示例,在1406处估计的绝对温度可对应于 后面450,该后面可具有接触用户460的腕部的外表面(如图4A所示)。 作为另一个示例,在1406处估计的绝对温度可对应于设备400的前面(例 如,邻近PCB 420),该前面可具有可被压靠用户460或另一个人的前额 的外表面(例如,通过移动设备以使得其前面抵靠前额按压)。在一些示例中,温度传感器控制器240使用在1406处估计的温度作为热通量模型 (诸如图5A和图5B所示的模型500或500)的输入,以估计与用户460 相关联的皮肤温度(对应于经校正皮肤温度的T_{WRIST}、T_S、或T_C)。在一 些示例中,与用户460相关联的估计皮肤温度可被跟踪和/或报告给用户 (例如,显示在显示器上)。

[0147] 另外地或另选地,在1416处,系统可估计与用户460相关联的核心身 体。在一些示例中,在1406处估计的绝对温度可对应于在设备的后面处测 量的腕部温度,并且可用于在用户处于血管舒张状况时(例如,在用户睡 眠时的夜晚)估计身体温度。在其他示例中,在1406处估计的绝对温度可 对应于前额或太阳穴温度,并且可用于使用设备的前面或条带来测量主体 的不同区域处等于或接近核心身体温度的温度,以即使在血管收缩期间也能够在前额处进行测量。例如,用户可使可穿戴设备的前面与前额进行接 触以估计核心身体温度,或者将可穿戴设备的条带固定在头部周围以估计 核心身体温度。在一些示例中,所估计的核心身体温度可被跟踪和/或报告 给用户(例如,显示在显示器上)。通常,在1416处,系统可基于皮肤温 度(诸如1414处估计的那些)来估计与用户相关联的核心身体温度。因 此,可任选地使用来自1414的估计皮肤温度作为输入到热通量模型(例 如,来自图5A和5B的模型500或550)的参数来执行1416,以估计用户 的核心身体温度。

[0148] 图15示出了根据本公开的一些示例的操作设备以用于温度感测操作的 示例性过程。例如,过程1500可确定用于温度感测操作的电子设备对应于 适合于合格温度感测测量的状况。例如,有效温度感测测量的状况可包括设备的外表面与用户的皮肤之间的足够接触和/或不存在运动(例如,静止 用户具有设备的前面与用户的前额之间的相对静止的接触)。在1502处,系统(例如,主机处理器210)可接收用于在设备的外表面处发起温度测量的用户请求。在一些示例中,响应于用户请求,系统(例如,处理器210) 可确定是否满足与设备在其外表面处的接触状况相关联的一个或多个标准。作为示例,当用户请求腕部处的温度测量(基于后面处的温度测量) 时,系统可确定是否已经满足与后面和用户的腕部之间的接触状况相关联 的标准。作为另一个示例,当用户请求前额或太阳穴处的温度测量

(基于 设备的前面处或条带处的温度测量)时,系统可确定是否已经满足与前面和用户的前额之间或条带与用户的太阳穴之间的接触状况相关联的标准。作为又另一示例,当用户请求围绕设备的环境空气的温度测量时,系统可 确定是否已经满足与前面和环境空气之间的接触状况相关联的标准(例如,在前面和任何对象之间不存在接触状况)。应当理解,取决于温度测 量的类型,标准可不同。例如,对于身体温度测量,可能期望接触,但对 于环境空气温度测量,可能是不期望接触。在一些示例中,可执行过程 1500而不需要用户输入以请求温度感测测量(例如,机会测量)。在一些 示例中,当使用用于请求温度测量的用户输入时,可使用传感器的子集和/ 或放宽的相关联标准来确定设备外表面的接触状况适合于温度测量。

[0149] 在1504处,系统(例如,触摸和显示控制器216)监测触摸传感器 (诸如触摸屏220)以确定来自触摸屏220的传感器数据是否指示已经满足 对应于所请求的温度测量的设备的接触状况。作为示例,当用户请求在 1502处的前额温度测量时,可针对指示用户的前额或太阳穴接触触摸屏 220的数据监测触摸屏220。在一些示例中,该一个或多个标准可包括当检 测到对象与触摸传感器接触时满足的标准。在一些示例中,该一个或多个标准包括当对象大于触摸传感器的阈值区域时满足的标准。在一些示例 中,该一个或多个标准包括对象对应于人类组织的标准(例如,排除浮动 对象,诸如水滴)。作为另一个示例,当用户请求环境空气温度测量时, 可针对指示对象不与触摸屏220接触的数据监测触摸屏220(例如,以确保 前面和触摸屏完全接触设备外部的环境空气)。

[0150] 另外地或另选地,在1506处,系统(例如,主机处理器210、温度传 感器控制器240)可监测运动和/或取向传感器230。在一些示例中,系统可 使用来自运动和/或取向传感器230的数据来确定用户是静止的和/或用户与 设备的外表面之间的接触是静止的(例如,小于用户和/或设备相对于用户 的阈值移动量)。在一些示例中,用户的运动和/或设备相对于用户皮肤的 运动可将噪声(运动伪影)引入温度测量中。在一些示例中,系统可使用 来自运动和/或取向传感器230的数据来确定用户是否已经执行用于满足所 请求的温度测量的接触状况的手势。用于满足接触状况的手势可包括指示 设备已经移动到适当位置以进行温度测量/估计的机械手势。作为示例,当 用户在1502处请求前额温度测量时,可针对指示用于将可穿戴设备从第一高度带到与用户的前额或太阳穴相关联的第二高度和/或旋转手腕以将设备 的前面带到前额的手势的数据监测运动和/或取向传感器230。

[0151] 另外地或另选地,在1508处,系统(例如,温度传感器控制器240、功率耗散监测电路213等)可监测温度传感器250和/或功率耗散传感器。 在一些示例中,监测可确定来自传感器250的传感器数据是否指示用户已 经定位设备以使得其接触对应于所请求的温度测量的表面。作为示例,可 针对所请求的温度测量的预期温度范围(例如,任选地,腕部温度测量的第一预期温度范围、前额温度测量的第二预期温度范围、环境空气温度的 第三预期温度范围等)内的温度监测来自温度传感器250的传感器数据。 在一些示例中,该一个或多个标准可包括当测量温度在预期范围内时满足 的标准。在一些示例中,监测可确定设备(或部件的子集)的电力使用和 对系统的相关联温度效应,或直接测量系统的温度。在一些示例中,当电 力使用或温度太高时,系统可放弃温度测量或采取其他动作以改善状况或抑制测量值被报告。在一些示例中,该一个或多个标准可包括当电力使用 和/或内部设备温度低于电力使用和/或温度阈值时满足的标准。

[0152] 在1510处，系统可确定设备的外表面是否已经满足与所请求的温度测 量的接触状况相关联的一个或多个标准。当满足该一个或多个标准时，系 统可估计温度。当不满足该一个或多个标准时，系统可放弃估计温度(或 系统可尝试改进状况、补偿温度估计和/或抑制估计被报告给用户)。系统 可使用包括如本文所述的热电堆的温度传感器250(和任选地如本文所述的热通量模型)来估计温度。

[0153] 图16示出了根据本公开的一些示例的操作设备以用于温度感测操作的 另一个示例性过程。例如，过程1600可在满足某些标准(例如，与参考过程1500描述的那些状况和/或设备处的温度和/或功率消耗状况有关的标 准，如本文所述)。在1602处，系统可接收用于在设备的外表面(例如， 腕部、前额等)处发起温度测量的用户请求。

[0154] 在1604处，系统可确定设备状况是否准许准确温度测量。在一些示例 中，系统可监测传感器，诸如触摸屏220、运动和/或取向传感器230、光学 传感器211、温度传感器250、功率耗散监测电路213等。具体地，可监测 来自这些传感器的传感器数据以确定是否针对温度测量满足一个或多个标 准。该一个或多个标准可包括设备与温度测量的目标之间的接触状况(例如，确保用户和设备相对静止，确保设备与用户的皮肤、腕部、前额、太 阳穴或环境空气之间的良好接触)和/或设备的干扰源状况(例如，内部设 备温度和/或功率消耗高于阈值、热干扰源过程处于进展中(例如，GPS跟 踪等))。

[0155] 当系统确定状况不允许准确温度测量时，系统可放弃温度测量或另选 地尝试改善设备状况。当系统确定设备状况允许准确温度测量时，系统可 如本文所述的那样估计温度(例如，相对于过程1400)。在一些示例中，系统可跟踪估计温度和/或向用户报告(例如，在显示器上显示)估计温 度。

[0156] 在一些示例中，在1606处，系统可实现用于改善设备状况的措施。在 一些示例中，系统可向用户提供满足该一个或多个标准的指令。例如，可 指示用户(例如，经由音频、视觉、文本提示)减小运动和/或改善设备的 外表面与用户皮肤之间的接触。在一些示例中，系统(例如，主机处理器 210、功率管理电路209)可抑制或中断向与高热耗散或热干扰相关联的部件(尤其是位于温度传感器250附近的那些部件)的电力传递。作为另一 个示例，主机处理器210可要求用户限制、终止或延迟可能是热干扰的系 统过程。例如，系统可减小显示器强度、使高功率处理器掉电、暂时禁用 或限制使用蜂窝、Wi-Fi、蓝牙或GPS的通信。当系统实现用于改善设备状 况的措施时或之后，系统可返回在1604处确定是否满足针对准确且可靠的温度传感器测量的状况。

[0157] 图17示出了根据本公开的一些示例的操作设备以用于温度感测操作的 另一个示例性过程。例如，当满足该一个或多个标准(例如，指示质量温 度测量)时，过程1700可致使设备报告、存储和/或显示温度估计值，而当 不满足该一个或多个标准时，过程1700可致使设备抑制或丢弃(例如，不 报告、存储和/或显示)温度估计值。在1702处，系统可接收用于发起温度测量的用户请求，如本文在过程1500和1600中的1502和1602处类似地描 述。在1704处，系统(主机处理器210和/或温度传感器控制器240等)可 估计设备的外表面处或外部的温度(例如，如参考图14或图16所描述， 并且为了简洁起见，在此不再重复)。

[0158] 在1706处，系统可确定设备状况是否准许准确温度测量(例如，以如 参考过程1500的1510或过程1600或1604描述的相同或类似的方式，并且 为了简洁起见，此处不再重复)。

[0159] 当系统确定测量期间的设备状况不允许准确温度测量(例如,由于运 动/不良接触或由于设备上的电力/温度状况)时,系统可丢弃温度估计值和 /或放弃报告在1708处估计的温度。另选地,使用来自功率耗散监测电路的 测量值和/或用于导出某些部件(例如,系统200的热干扰源)的功率消耗 的影响的模型,可补偿温度估计值以移除热干扰源的影响。

[0160] 当系统确定设备状况确实允许准确温度测量时,系统可存储估计温度 和/或将其报告(1710)给用户(例如,在显示器上显示)。

[0161] 如本文所述,在一些示例中,系统包括两个或更多个绝对温度传感器 以估计设备内或设备外的温度。图18示出了根据本公开的一些示例的包括 一个或多个印刷电路板和温度感测电路的示例性电子设备的横截面侧视 图。可穿戴设备1800可对应于图4A的可穿戴设备400,具有附加特征。 而且,可穿戴设备1800可对应于图1E的设备150和/或图1F的160(或更 一般地,可对应于图1A至图1G所示的电子设备中的任一者)。此外,可 穿戴设备1800的一个或多个相似元件和相似特征任选地对应于图4A的可 穿戴设备400、图6A的可穿戴设备600和/或图11的可穿戴设备1100的一 个或多个相似元件和相似特征。设备1800可包括经由条带1812或任何其 他合适的紧固件来固定到用户1860的外壳1810(例如,对应于条带154和 外壳164)。在一些示例中,设备1800可固定到用户1860(例如,用户身 体上的暴露皮肤)。设备1800可对应于手表、健身跟踪器、手镯、腕带、 或任何其他设备(例如,任选地用于测量与用户1860相关联的生理信 号)。设备1800可围绕腕部、手臂、头部、颈部、或者在身体的适合于测 量与用户相关联的生理信号的任何暴露表面上附接到用户1860。

[0162] 多个印刷电路板(PCB)1820、1830和1840被示为在外壳1810内。 例如,PCB 1820可位于设备1800内部,在前面(有时称为“前晶体”)。 在一些示例中,PCB 1820可用于实现设置在前面下方的触摸传感器面板、显示器和/或触摸屏(例如,触摸屏220)。在所示的示例中,绝对温度传 感器1821(例如,分立绝对温度传感器)安装到PCB 1820。在一些示例 中,绝对温度传感器1821安装在PCB 1820的第一侧(例如,底侧)上。在一些示例中,绝对温度传感器1821安装在PCB 1820的第二侧(例如, 顶侧)上。在一些示例中,绝对温度传感器1821安装在PCB 1820的两侧 (例如,顶侧和底侧)上或嵌入在PCB 1820内。

[0163] PCB 1830可位于设备1800内部,在PCB 1820和1840之间。在一些 示例中,PCB 1830包括主机处理器210、程序存储装置202、触摸和显示 控制器216、光学传感器控制器212和/或温度传感器控制器240。在所示的 示例中,绝对温度传感器1832(例如,类似于图2的绝对温度传感器 254)安装到PCB 1830。尽管被示为安装到PCB 1830的顶侧,但绝对温度传感器1832任选地嵌入PCB 1830内或安装到PCB 1830的底侧或底侧。

[0164] 在所示的示例中,PCB 1840位于设备1800内,在后面1850(有时称 为“后晶体”)处或附近低于PCB 1830。在一些示例中,PCB 1840可另外 地或另选地包括绝对温度传感器1842(例如,分立绝对温度传感器)。尽 管被示为安装到PCB 1840的顶侧,但绝对温度传感器1842任选地嵌入 PCB 1840内、安装到PCB 1840的底侧或底侧。应当注意,参考图18讨论的绝对温度传感器任选地是分立绝对温度传感器并且任选地由相同实体或 不同实体制造。

[0165] 在一些示例中,绝对温度传感器1842可通过PCB 1840与后面1850分 离,并且PCB 1840可与外壳1810分离(例如,由于存在一个或多个中间 层或气隙而不直接接触外壳

1810)。在所示的示例中,设备1800包括导电 区段1852(例如,杆、通孔或另一类型的导电区段,包括铜或另一类型的 导热材料)。所示的导电区段1852中的每一者任选地表示一个或多个导电区段,但在各种示例中,在电子设备中包括更多或更少的导电区段。导电 区段任选地减小PCB 1830和后晶体1850之间的热阻(增加热导率)。

[0166] PCB 1840可包括光学传感器211,该光学传感器被配置为发射光并且 检测通过后面1850的光(例如,光发射器和检测器安装在PCB 1840的相 对侧面上)。PCB的数量、温度传感器的数量,以及PCB的放置和图18 所示的PCB之间的部件分布是代表性的且非限制性的。例如,可使用更少 或更多的PCB,可使用更少的温度传感器(例如,省略绝对温度传感器1832或绝对温度传感器1842),可使用比所示的示例性设备中的温度传感器更多的温度传感器,或者系统200的部件可跨该一个或多个PCB不同地 分布。例如,在一些示例中,设备1800包括绝对温度传感器1821和1842,而不包括绝对温度传感器1832。尽管图18所示的绝对温度传感器被 安装到对应的PCB,但应理解,温度传感器不限于安装到PCB。一个或多 个绝对温度传感器可集成到设备中(例如,粘结到外壳、集成在另一个部 件内或PCB内等)。另外,可将多于一个绝对温度传感器安装到相同 PCB。

[0167] 在一些示例中,通过设备1800的热通量可使用分立绝对温度传感器 1821、1832、1842中的一者或多者来计算(使用或不使用热电堆)。作为 示例,可从由传感器1832测量的温度减去由传感器1842测量的温度以确 定安装到PCB 1830和PCB 1840的绝对温度传感器之间的温度差。然后可使用此温度差来计算通过设备的热通量,以及估计设备外的温度(例如, 在后晶体处的环境空气温度或后晶体450处的身体温度)。

[0168] 图19示出了根据本公开的一些示例的电子设备相对于用户的身体的热 通量模型的简化示意图。可穿戴设备1800的模型1900的一个或多个相似元件和相似特征任选地对应于模型500和/或模型550的一个或多个元件和 相似特征。在所示的示例中,热阻R_{FC}处于玻璃部分和FC MLB(前晶体主 逻辑板)之间。在所示的示例中,测量温度T_2的绝对温度传感器设置在FC MLB上(例如,在图18的PCB 1820上)。在所示的示例中,R_{1-2}对应于 测量温度T_2的绝对温度传感器与测量温度T的$_1$的绝对温度传感器之间的 距离中的热阻,在所示的示例中,其低于系统级封装(SiP)电路(例如, 低于图18的PCB 1830)并且安装到主逻辑板(例如,图18的PCB 1840)。

[0169] 此外,模型1900包括用于增加印刷电路板(例如,PCB 1840)和后晶 体(例如,后晶体1850)之间的热导率(减小热阻率R_{BC})的导电区段。 在一些示例中,电子设备包括在MLB(例如,逻辑板,诸如主逻辑板)和 BC(后晶体)之间的具有低热导率(并且因此具有高热阻率)的材料(例 如,衬底或注射模制塑料材料,诸如液晶聚合物)。此类材料可减小电子 设备的部件(诸如PCB与后晶体之间)之间的不期望耦接。然而,期望在 MLB与BC之间具有足够的传导水平,使得R_{BC}(例如,图5B的R_{1-BC}) 减小,其同样可减小以上在本公开中参考模型550描述的a_0。减小温度T_{BC}(例如,对应于任选地接触用户的后晶体的温度)的误差可增加与用户皮 肤的热耦接。为了增加热导率(例如,减小R_{BC}(例如,图5B的R_{1-BC})),导电区段设置在印刷电路板(例如,图18的PCB 1840)与后晶体 (例如,图18的后晶体1850)之间。在一些示例中,用于制造电子设备的 方法包括在MLB与BC之间的具有低热导率(并且因此具有高热阻率)的 材料(例如,注射模制塑料材料,诸如液晶聚合物)中嵌入和/或喷洒导电 区段(例如,通孔,诸如铜通孔)。在一些示例中,方法包括添加导热压 敏粘合剂(PSA)以粘附到其中

添加导电区段的层。在一些示例中，用于制造电子设备的方法包括使用如激光直接结构化(LDS)过程的过程来添 加导电区段。增加在BC(后晶体)和SiP电路下的MLB之间的热导率的另一个益处是，由于热量从内部热干扰源(例如，电力部件、触觉引擎、一个或多个处理器、芯片中系统电路、或电子设备的另一个内部热干扰 源)通过导电区段耦接到用户皮肤(例如，用户的皮肤可用作针对由电子 设备的内部热干扰源生成的热量的散热器)，因此可减小内部热干扰源的稳定时间。例如，可经由将导电区段集成到电子设备中来减小热干扰源噪 声振幅、上升时间和下降时间。

[0170] 因此，根据以上，本公开的一些示例涉及一种电子设备(例如，图18 的示例性电子设备)，该电子设备包括多个绝对温度传感器，该多个绝对 温度传感器包括用于测量电子设备中的第一位置处的第一温度的第一绝对 温度传感器(例如，图18的绝对温度传感器1842)，以及用于测量电子设 备中的第二位置处的第二温度的第二绝对温度传感器(例如，图18的绝对 温度传感器1821)。电子设备任选地还包括用于使用以下来估计电子设备的用户的温度的一个或多个处理器(例如，图2的主机处理器210和/或图 2的其他控制器或处理器)：由第一绝对温度传感器测量的第一温度(例 如，如参考图19所讨论的T_1)、由第二绝对温度传感器测量的第二温度 (例如，如参考图19所讨论的T_2)、电子设备中的第一位置与电子设备中 的第二位置之间的第一热阻(例如，如参考图19所讨论的R_{1-2})，和电子 设备与电子设备的用户之间的第二热阻(例如，如参考图19所讨论的 R_{CONT}和/或R_{BC})。

[0171] 在一些示例中，电子设备还包括第一印刷电路板(例如，PCB 1820) 和第二印刷电路板(例如，PCB 1840)。第一绝对温度传感器(例如，绝 对温度传感器1842)任选地安装到第一印刷电路板，并且第二绝对温度传 感器(例如，绝对温度传感器1821)任选地安装到第二印刷电路板。在一些示例中，安装到第一印刷电路板的第一绝对温度传感器(例如，绝对温 度传感器1842)和安装到第二印刷电路板的第二绝对温度传感器(例如， 绝对温度传感器1821)在电子设备中竖直对准(或相对于竖直对准的阈值 水平公差内)。在其他示例中，第一绝对温度传感器和第二绝对温度传感 器不竖直对准。在一些示例中，电子设备中的第一绝对温度传感器和第二 绝对温度传感器之间的距离最大化。在其他示例中，距离最小化。在又一 些其他示例中，距离处于电子设备内的最大距离与最小允许距离之间(例 如，距离为3mm、5mm、6mm或另一个距离)。在一些示例中，第二印刷电路板(例如，PCB 1820)包括用于电子设备的触摸操作或显示操作的电 路，并且第一印刷电路板(例如，PCB 1820)包括用于电子设备的用户的生理属性的生理感测操作的电路。

[0172] 在一些示例中，电子设备还包括第一印刷电路板和第二印刷电路板之 间的第三印刷电路板(例如，PCB 1830)。在一些示例中，系统级封装 (SiP)电路安装到第三印刷电路板并且一个或多个处理器包括在SiP电路 中。在一些示例中，电子设备包括第三绝对温度传感器(例如，绝对温度 传感器1832)，该第三绝对温度传感器安装到第三电路板或锚定到电子设 备的外壳(例如，外壳1810)。

[0173] 在一些示例中，电子设备与电子设备的用户之间的第二热阻对应于电 子设备与电子设备的用户的皮肤之间的接触界面的热阻(例如，R_{CONT}，诸 如参考模型550和1900描述的)以及电子设备的用户的组织的热阻(例 如，R_{PHYS}，诸如参考模型550和/或1900描述和/或示出的)。

[0174] 在一些示例中，电子设备的多个绝对温度传感器还包括用于测量电子 设备中的

第三位置处的第三温度的第三绝对温度传感器(例如,绝对温度 传感器1832),以及被配置为测量电子设备中的第四位置处的第四温度的 第四绝对温度传感器。在一些示例中,估计电子设备的用户的温度进一步 使用由第三绝对温度传感器测量的第三温度和由第四绝对温度传感器测量 的第四温度。这样,在一些示例中,用户的经校正皮肤温度或T_C(诸如参考模型550和/或1900描述和/或示出的)任选地是以下的函数:由第一绝 对温度传感器测量的第一温度、由第二绝对温度传感器测量的第二温度、由第三绝对温度传感器测量的第三温度和由第四绝对温度传感器测量的第 四温度,以及基于四个绝对温度传感器相对于电子设备的相应位置的热阻值。这样,与第一热阻和第二热阻不同的热阻值被任选地使用并且至少基 于四个绝对温度传感器相对于电子设备的相应位置。在一些示例中,电子 设备包括多于四个绝对温度传感器。

[0175] 在一些示例中,电子设备包括一个或多个导电区段(例如,杆、通孔 或另一形状的导电区段),其从第一印刷电路板朝向电子设备的外壳的外 表面延伸并且被配置为增加第二绝对温度传感器与外壳的外表面之间的热 导率(或降低热阻),诸如参考图18和图19所描述的导电区段。在一些示例中,一个或多个导电杆被配置为接触外壳,至少穿过外壳的一部分,或者暴露于外壳的外表面上。

[0176] 在一些示例中,第一位置和第二位置之间的第一热阻(诸如参考模型 550和1900描述的R_{1-2})使用类似于电子设备而不包括电子设备的一个或 多个设备的经验测量值来确定,诸如经由工厂校准过程或测试过程。例 如,可使用特定电子设备模型和/或针对一组测试用户来进行经验测量。经 验导出的热阻中的一个或多个热阻可用于相同模型类型的电子设备的温度感测,而不需要电子设备的热阻的工厂校准。

[0177] 在一些示例中,第一位置和第二位置之间的第一热阻(诸如参考模型 550和1900描述的R_{1-2})使用包括电子设备的一个或多个设备的经验测量 值来确定,诸如经由工厂校准过程或测试过程。

[0178] 在一些示例中,对应于电子设备和电子设备的用户之间第二热阻的第 二热阻(诸如参考模型550和1900描述的R_{CONT}和/或R_{PHYS})使用不包括 电子设备的用户的测量值的经验测量值来确定。

[0179] 在一些示例中,第一热阻(诸如参考模型550和1900描述的R_{1-2})和/ 或第二热阻(诸如参考模型550和1900描述的R_{CONT}和/或R_{PHYS})使用电 子设备或电子设备的部分的一个或多个库存单元(SKU)(例如,产品识 别符)来确定。例如,一个或多个处理器可执行用于访问对应于电子设备 的一个或多个SKU的信息,以及基于一个或多个SKU来确定第一热阻(例如,诸如参考图19所讨论的R_{1-2})的操作。对应于一个或多个SKU的 信息任选地取决于电子设备的大小、电子设备的外壳的材料、电子设备和/ 或其部分的生产者,和/或电子设备和/或其部分的其他元件。例如,设备的 第一示例任选地包括指示设备的几何尺寸和材料的第一集合的第一SKU集 合,并且设备的第二示例任选地包括指示设备的几何尺寸和/或材料的第二集合(任选地不同于设备的几何尺寸和/或材料的第一集合)的第二SKU集 合。至少部分地分别基于第一SKU集合和第二SKU集合,针对设备的第 一示例导出的热阻任选地不同于针对设备的第二示例导出的热阻。在一些 示例中,可基于SKU将一个或多个热阻存储或编程在寄存器或其他存储器 电路中,并且可访问这一个或多个热阻以用于本文所述的温度感测。

[0180] 在一些示例中，第二热阻(诸如参考模型550和1900描述的R_{CONT}和/ 或R_{PHYS})在校准期间(例如，通过用户和/或现场校准)并在接触电子设 备的用户时(例如，在由用户穿戴时)确定。

[0181] 在一些示例中，电子设备可以包括第一功率模式和第二功率模式的至 少两个功率模式操作，由此电子设备在第二功率模式(例如，其任选地包 括图2的较低功率处理器211-1的操作)中的电力使用小于电子设备在第一 功率模式(其任选地包括图2的较高功率处理器211-2的操作)中的电力使 用。在一些示例中，一个或多个处理器在电子设备以第二功率模式操作时 估计用户的温度。在一些示例中，一个或多个处理器在电子设备以第一功率模式操作时估计用户的温度。在一些示例中，一个或多个处理器可在电 子设备以第一功率模式操作时估计用户的温度，并且在电子设备以第二功 率模式操作时估计用户的温度。在一些示例中，在不同模式中的温度感测的使用任选地基于用于诸如参考过程1500所描述的合格温度感测测量的状 况的适用性来确定。

[0182] 在一些示例中，第二位置(例如，图18的绝对温度传感器1821测量 第二温度的位置)和电子设备的用户(例如，用户1860的皮肤)之间的第 一距离大于阈值距离，诸如2mm、3mm、5mm、6mm或另一个阈值距离。 在一些示例中，第二位置(例如，图18的绝对温度传感器1821测量第二 温度的位置)与电子设备的后晶体(例如，后面1850)或被配置为接触用 户皮肤的电子设备的表面之间的第二距离(例如，图18的距离1862)大于阈值距离，诸如2mm、3mm、5mm或任选地大于5mm的另一个阈值距 离。在一些示例中，第一位置(例如，图18的绝对温度传感器1842测量 第二温度的位置)和电子设备的用户(例如，用户1860的皮肤)之间的第 三距离大于阈值距离，诸如1mm、2mm、5mm或另一个阈值距离。

[0183] 在一些示例中，在电子设备(例如，图18的示例性电子设备)处执行 方法，该电子设备包括多个绝对温度传感器，该多个绝对温度传感器包括第一绝对温度传感器(例如，图18的绝对温度传感器1842)和第二绝对温 度传感器(例如，图18的绝对温度传感器1821)。所述方法包括使用第一 绝对温度传感器来测量电子设备中的第一位置处的第一温度(例如，如参 考图19所讨论的T_1)；使用第二绝对温度传感器来测量电子设备中的与第 一位置不同的第二位置处的第二温度(例如，如参考图19所讨论的T_2)； 以及使用以下来估计电子设备的用户的温度：由第一绝对温度传感器测量 的第一温度(例如，如参考图19所讨论的T_1)、由第二绝对温度传感器测 量的第二温度(例如，如参考图19所讨论的T_2)、电子设备中的第一位置 与电子设备中的第二位置之间的第一热阻(例如，如参考图19所讨论的 R_{1-2})，和电子设备与电子设备的用户之间的第二热阻(例如，如参考图 19所讨论的R_{CONT}和/或R_{BC})。在一些示例中，所述方法包括本公开中描 述的一个或多个附加操作。

[0184] 在一些示例中，一种存储一个或多个程序的非暂态计算机可读存储介 质，所述一个或多个程序包括指令，所述指令在由包括包含第一绝对温度传感器(例如，图18的绝对温度传感器1842)和第二绝对温度传感器(例 如，图18的绝对温度传感器1821)的多个绝对温度传感器的电子设备(例 如，图18的示例性电子设备)的一个或多个处理器执行时，致使所述电子 设备执行上文所论述的方法。另外，在一些示例中，所述方法包括本公开 中描述的一个或多个附加操作。

[0185] 本公开的一些示例涉及一种热通量传感器，包括：印刷电路板 (PCB)，所述PCB包括热电堆，其中所述热电堆包括串联的多个热电 偶，并且其中所述PCB是刚性的；所述PCB

中的多个通孔,所述多个通孔 包括从所述PCB的第一层到所述PCB的第二层的一个或多个第一通孔以及 从所述PCB的所述第一层到所述PCB的所述第二层的一个或多个第二通 孔,所述一个或多个第一通孔包括具有第一塞贝克系数的第一导电材料, 所述一个或多个第二通孔包括具有与所述第一塞贝克系数不同的第二塞贝 克系数的第二导电材料;多个导电迹线,所述多个导电迹线在所述PCB的所述第一层上和所述PCB的所述第二层上,所述多个导电迹线互连所述多 个通孔;和感测电路,所述感测电路耦接到所述热电堆并且被配置为测量 与所述PCB的所述第一层和所述第二层之间的温度梯度成比例的电压。另 外地或另选地,在一些示例中,所述多个热电偶中的每个热电偶包括通过所述多个导电迹线中的一个导电迹线耦接的所述第一通孔中的一个通孔和 所述第二通孔中的一个通孔。另外地或另选地,在一些示例中,所述多个 通孔包括从所述第一层到所述第二层的穿孔通孔。另外地或另选地,在一 些示例中,所述PCB包括第三层和第四层,所述第三层和所述第四层处于所述第一层和所述第二层之间;并且所述多个通孔包括穿孔通孔。另外地 或另选地,在一些示例中,所述PCB包括第三层和第四层,所述第一层和 所述第二层处于所述第三层与所述第四层之间;并且所述多个通孔包括埋 入式通孔。另外地或另选地,在一些示例中,所述PCB包括第三层和第四层,所述第一层和所述第二层处于所述第三层和所述第四层上方,或所述 第一层和所述第二层处于所述第三层和所述第四层下方;并且所述多个通 孔包括盲通孔。另外地或另选地,在一些示例中,所述感测电路包括:差 分放大器,所述差分放大器耦接到所述热电堆,其中所述热电堆的第一端 子耦接到所述差分放大器的第一输入,并且所述热电堆的第二端子耦接到 所述放大器的第二输入,所述第二输入不同于所述放大器的所述第一输入。另外地或另选地,在一些示例中,所述感测电路还包括:模数转换 器,所述模数转换器耦接到被配置为将所述输出转换为数字信号的所述差 分放大器的输出。另外地或另选地,在一些示例中,所述感测电路安装在 所述PCB的表面上。另外地或另选地,在一些示例中,所述第一塞贝克系 数是正塞贝克系数并且所述第二塞贝克系数是负塞贝克系数。另外地或另选地,在一些示例中,所述第一导电材料是铜并且所述第二导电材料是康 铜。另外地或另选地,在一些示例中,所述多个导电迹线包括铜。另外地 或另选地,在一些示例中,所述PCB具有大于300微米的厚度。另外地或 另选地,在一些示例中,所述PCB具有大于1毫米的厚度。

[0186] 一些示例涉及一种电子设备,所述电子设备包括:绝对温度传感器, 所述绝对温度传感器被配置为估计第一温度;热通量传感器,所述热通量 传感器包括:一个或多个印刷电路板(PCB),所述一个或多个PCB包括热电堆,其中所述热电堆包括串联的多个热电偶,并且其中所述一个或多 个PCB是刚性的;所述一个或多个PCB中的多个通孔,所述多个通孔包括 从所述一个或多个PCB的第一层到所述一个或多个PCB的第二层的一个或 多个第一通孔以及从所述一个或多个PCB的所述第一层到所述一个或多个 PCB的所述第二层的一个或多个第二通孔,所述一个或多个第一通孔包括具有第一塞贝克系数的第一导电材料,所述一个或多个第二通孔包括具有 与所述第一塞贝克系数不同的第二塞贝克系数的第二导电材料;多个导电 迹线,所述多个导电迹线在所述一个或多个PCB的所述第一层上和所述一个或多个PCB的所述第二层上,所述多个导电迹线互连所述多个通孔;和 感测电路,所述感测电路耦接到所述热电堆并且被配置为测量与所述一个 或多个PCB的所述第一层和所述一个或多个PCB的所述第二层之间的温度梯度成比例的信号(诸如电特性,诸如电压信

号,或另一种类型的信 号);和处理电路,所述处理电路耦接到所述感测电路和所述绝对温度传 感器,所述处理电路被配置为使用所述第一温度和与所述温度梯度成比例 的所述信号来估计第二温度。另外地或另选地,在一些示例中,所述绝对 温度传感器包括:使用负温度系数(NTC)温度传感器、电阻温度检测器 (RTD)或基于二极管的温度传感器。另外地或另选地,在一些示例中,所述电子设备还包括外壳;其中所述绝对温度传感器设置在所述外壳内并 且被配置为估计所述外壳内的第一位置处的所述第一温度。另外地或另选 地,在一些示例中,所述电子设备是可穿戴设备,并且所述第二温度是用 户皮肤与所述可穿戴设备之间的接触点处的皮肤温度。另外地或另选地, 在一些示例中,所述第二温度是在所述电子设备外部的环境温度。另外地 或另选地,在一些示例中,所述第一温度对应于所述电子设备内的第一位置,并且所述第二温度对应于所述电子设备内的第二位置,所述第二位置不同于所述第一位置。另外地或另选地,在一些示例中,所述第二位置通 过所述一个或多个PCB与所述第一位置分离。另外地或另选地,在一些示 例中,所述电子设备还包括:显示器,所述显示器包括所述一个或多个 PCB。另外地或另选地,在一些示例中,所述电子设备还包括光学传感 器,所述光学传感器包括:一个或多个光电发射器;和一个或多个光电检测器;并且其中所述热通量传感器的所述一个或多个PCB包括第一PCB和第二PCB,其中所述光学传感器的所述一个或多个光电发射器和所述一个 或多个光电检测器设置在所述第一PCB上,并且所述第二PCB包括所述光 学传感器与所述电子设备的后晶体之间的光学间隔件,并且其中所述第二 温度对应于所述光学传感器。另外地或另选地,在一些示例中,所述第一 PCB和所述第二PCB通过粘合剂耦接在一起。另外地或另选地,在一些示 例中,所述处理电路被进一步配置为估计所述一个或多个光电发射器中的至少一者的波长。另外地或另选地,在一些示例中,所述处理电路被进一 步配置为使用所述光学传感器和所述一个或多个光电发射器中的至少一者 的波长来估计生理特性。另外地或另选地,在一些示例中,所述一个或多 个PCB具有大于300微米的厚度。另外地或另选地,在一些示例中,所述 一个或多个PCB具有大于1毫米的厚度。

[0187] 一些示例涉及一种方法,所述方法包括:使用绝对温度传感器来测量 第一位置处的第一温度;估计通过包括多个通孔的刚性印刷电路板的热通量,所述多个通孔包括一个或多个第一通孔和一个或多个第二通孔,所述 一个或多个第一通孔包括具有第一塞贝克系数的第一导电材料,所述一个 或多个第二通孔包括具有与所述第一塞贝克系数不同的第二塞贝克系数的 第二导电材料,其中所述多个通孔互连以形成热电堆;以及估计在与所述 第一位置不同的第二位置处的第二温度。另外地或另选地,在一些示例 中,估计通过所述刚性印刷电路板的所述热通量包括:测量跨所述热电堆的差分电压;以及使用所述差分电压、所述刚性印刷电路板的热阻和所述 热电堆的热电灵敏度来估计所述热通量。另外地或另选地,在一些示例 中,所述第二温度测量用户的皮肤与包括所述刚性印刷电路板的电子设备 之间的接触点处的皮肤温度。另外地或另选地,在一些示例中,所述第二 温度是包括所述刚性印刷电路板的电子设备外部的环境温度。另外地或另 选地,在一些示例中,所述第一温度对应于包括所述刚性印刷电路板的电子设备内的第一位置,并且所述第二温度对应于所述电子设备内的第二位 置,所述第二位置通过所述刚性印刷电路板与所述第一位置分离。

[0188] 本公开的一些示例涉及一种热通量传感器,其包括柔性印刷电路板 (PCB),所述

柔性PCB包括热电堆,其中所述热电堆包括串联的多个热 电偶,所述柔性PCB包括:第一导电层,所述第一导电层包括具有第一塞 贝克系数的第一导电材料;第二导电层,所述第二导电层包括具有第二塞 贝克系数的第二导电材料,所述第二塞贝克系数不同于所述第一塞贝克系 数;和多个通孔,所述多个通孔处于所述第一导电层和所述第二导电层之 间;和感测电路,所述感测电路耦接到所述热电堆并且被配置为测量与所 述柔性PCB的第一端部和所述柔性PCB的第二端部之间的温度梯度成比例 的电压。另外地或另选地,在一些示例中,所述第一导电层通过所述第一导电材料的第一多个导电迹线来图案化,并且所述第二导电层通过所述第二导电材料的第二多个导电迹线来图案化。另外地或另选地,在一些示例 中,所述多个热电偶中的每个热电偶包括通过所述多个通孔中的一个通孔 耦接的所述第一多个导电迹线中的一个导电迹线和所述第二多个导电迹线 中的一个导电迹线。另外地或另选地,在一些示例中,所述多个通孔包括多个第一通孔和多个第二通孔,其中所述多个第一通孔设置在所述柔性 PCB的所述第一端部的第一阈值距离内,并且其中所述多个第二通孔设置 在所述柔性PCB的所述第二端部的第二阈值距离内。另外地或另选地,在 一些示例中,所述第一阈值距离和所述第二阈值距离小于50微米。另外地 或另选地,在一些示例中,所述第一多个导电迹线中的第一导电迹线和所 述第一多个导电迹线中的第二导电迹线各自与所述第二多个导电迹线中的第一导电迹线部分地重叠,使得通过所述柔性PCB的所述多个通孔中的第 一通孔将所述第一多个导电迹线中的所述第一导电迹线电耦接到所述第二 多个导电迹线中的第一导电迹线,并且通过所述柔性PCB的所述多个通孔 中的第二通孔将所述第一多个导电迹线中的所述第二导电迹线电耦接到所述第二多个导电迹线中的所述第一导电迹线。另外地或另选地,在一些示 例中,所述感测电路包括:差分放大器,所述差分放大器耦接到所述热电 堆,其中所述热电堆的第一端子耦接到所述差分放大器的第一输入,并且 所述热电堆的第二端子耦接到所述放大器的第二输入,所述第二输入不同 于所述放大器的所述第一输入。另外地或另选地,在一些示例中,所述感 测电路还包括:模数转换器,所述模数转换器耦接到被配置为将所述输出转换为数字信号的所述差分放大器的输出。另外地或另选地,在一些示例 中,所述感测电路还包括:偏置放大器,所述偏置放大器被配置为生成偏 置电压作为所述偏置放大器的输出,其中所述偏置放大器的所述输出耦接 到所述差分放大器的第一输入并且作为参考电压耦接到所述模数转换器。另外地或另选地,在一些示例中,所述感测电路安装在刚性PCB的表面上,并且所述柔性PCB的所述第一端部耦接到所述刚性PCB。另外地或另 选地,在一些示例中,所述柔性PCB的所述第一端部通过导电粘合剂来结 合到所述刚性PCB。另外地或另选地,在一些示例中,所述第一塞贝克系 数是正塞贝克系数并且所述第二塞贝克系数是负塞贝克系数。另外地或另选地,在一些示例中,所述第一导电材料是铜并且所述第二导电材料是康铜。另外地或另选地,在一些示例中,所述柔性PCB包括独立于所述热电堆的一个或多个信号迹线或一个或多个电力迹线,所述一个或多个信号迹 线或所述一个或多个电力迹线被配置为将一个或多个信号或一个或多个电 源从所述柔性PCB的所述第一端部路由到所述柔性PCB的所述第二端部。 另外地或另选地,在一些示例中,所述柔性电路包括第三导电层,所述第 三导电层包括所述第一导电材料,所述第一导电层处于所述第二导电层与所述第三导电层之间;所述一个或多个信号迹线使用所述第一导电材料在 所述第一导电层中实现,并且由所述第二导电层中的所述第二导电材料和 所述第三导电层中的所述第一导电材料屏蔽。另外地

或另选地,在一些示 例中,所述柔性电路包括第三导电层,所述第三导电层包括所述第一导电 材料,所述第二导电层处于所述第一导电层与所述第三导电层之间;所述 一个或多个信号迹线使用所述第二导电材料在所述第二导电层中实现,并且由所述第一导电层中的所述第一导电材料和所述第三导电层中的所述第 一导电材料屏蔽。

[0189] 一些示例涉及一种电子设备,所述电子设备包括:刚性印刷电路板 (PCB);绝对温度传感器,所述绝对温度传感器被配置为估计第一温度 并且耦接到所述刚性PCB;热通量传感器,所述热通量传感器包括:柔性 PCB,所述柔性PCB包括热电堆,其中所述热电堆包括串联的多个热电 偶,所述柔性PCB包括:第一导电层,所述第一导电层包括具有第一塞贝克系数的第一导电材料;第二导电层,所述第二导电层包括具有第二塞贝 克系数的第二导电材料,所述第二塞贝克系数不同于所述第一塞贝克系 数;和多个通孔,所述多个通孔处于所述第一导电层和所述第二导电层之 间;和感测电路,所述感测电路耦接到所述热电堆并且被配置为测量与耦 接到所述刚性PCB的所述柔性PCB的第一端部和所述柔性PCB的第二端 部之间的温度梯度成比例的电压;和处理电路,所述处理电路耦接到所述 感测电路和所述绝对温度传感器,所述处理电路被配置为使用所述第一温度和与所述温度梯度成比例的所述信号来估计第二温度。另外地或另选 地,在一些示例中,所述绝对温度传感器包括:使用负温度系数(NTC) 温度传感器、电阻温度检测器(RTD)或基于二极管的温度传感器。另外 地或另选地,在一些示例中,所述电子设备还包括外壳;其中所述绝对温度传感器设置在所述外壳内并且被配置为估计所述外壳内的第一位置处的 所述第一温度。另外地或另选地,在一些示例中,所述电子设备是可穿戴设备,并且所述第二温度是用户皮肤与所述可穿戴设备之间的接触点处的 皮肤温度。另外地或另选地,在一些示例中,所述第二温度是在所述电子 设备外部的环境温度。另外地或另选地,在一些示例中,所述第一温度对应于所述电子设备内的第一位置,并且所述第二温度对应于所述电子设备 内的第二位置,所述第二位置不同于所述第一位置。另外地或另选地,在一些示例中,所述第二位置是所述电子设备的后晶体。另外地或另选地, 在一些示例中,所述第二位置是所述电子设备的第二刚性PCB。另外地或 另选地,在一些示例中,所述电子设备还包括光学传感器,所述光学传感 器包括:一个或多个光电发射器;和一个或多个光电检测器;并且其中所 述柔性PCB的所述第一端部或所述柔性PCB的所述第二端部耦接到所述光 学传感器。另外地或另选地,在一些示例中,所述一个或多个光电发射器和所述一个或多个光电检测器耦接到所述刚性PCB。另外地或另选地,在 一些示例中,所述一个或多个光电发射器和所述一个或多个光电检测器耦 接到所述电子设备的第二PCB,所述柔性PCB的所述第一端部耦接到所述第二刚性PCB,并且所述柔性PCB的所述第二端部耦接到所述刚性PCB。

[0190] 一些示例涉及一种方法,所述方法包括:使用绝对温度传感器来测量 第一位置处的第一温度;估计跨柔性印刷电路板的热通量,所述柔性印刷 电路板包括具有第一导电材料的第一导电层、具有第二导电材料的第二导 电层和多个通孔,所述第一导电材料具有第一塞贝克系数,所述第二导电 材料具有与所述第一塞贝克系数不同的第二塞贝克系数,所述多个通孔将所述第一导电材料的区段和所述第二导电材料的区段互连以形成热电堆;以及估计在与所述第一位置不同的第二位置处的第二温度。另外地或另选 地,在一些示例中,估计跨所述柔性印刷电路板的所述热通量包括:测量 跨所述热电堆的差分电压;以及使用所述差分电压、所述柔性印刷电路板 的热阻和所述热电堆的热电灵敏度来估计所述

热通量。另外地或另选地，在一些示例中，所述第二温度测量用户的皮肤与包括所述柔性印刷电路板的电子设备之间的接触点处的皮肤温度。另外地或另选地，在一些示例 中，所述第二温度是包括所述柔性印刷电路板的电子设备外部的环境温 度。

[0191] 本公开的一些示例涉及：使用绝对温度传感器来测量第一位置处的第 一温度；估计跨包括热电堆的柔性印刷电路板(PCB)的温度差；估计在对应于所述第一光发射器的与所述第一位置不同的第二位置处的第二温 度；以及基于所述第二温度来估计从所述第一光发射器发射的光的波长。 另外地或另选地，在一些示例中，所述方法还包括基于从所述第一光发射 器发射的光的估计波长来调整第一光发射器的驱动参数。另外或另选地，在一些示例中，调整所述驱动参数包括调整施加到所述第一光发射器的驱 动电流。另外地或另选地，在一些示例中，所述方法包括基于从所述第一 光发射器发射的光的所述估计波长来补偿由光电检测器检测到的光的生理 特性的估计。另外地或另选地，在一些示例中，所述方法包括：估计跨包 括第二热电堆的第二柔性印刷电路板(PCB)的第二温度差；估计对应于第二光发射器的与所述第一位置和所述第二位置不同的第三位置处的第三 温度；以及基于所述第二温度来估计从所述第二光发射器发射的光的波 长。另外地或另选地，在一些示例中，所述方法包括基于从所述第一光发 射器发射的光的估计波长来调整所述第一光发射器的驱动参数和/或基于从 所述第二光发射器发射的光的估计波长来调整所述第二光发射器的驱动参数；和/或基于从所述第一光发射器发射的光的估计波长和/或基于从所述第 二光发射器发射的光的估计波长来补偿由一个或多个光电检测器检测的光 的生理特性的估计。另外地或另选地，在一些示例中，所述柔性PCB还包括第二热电堆，所述方法还包括：使用所述第二热电堆来估计跨所述柔性 PCB的第二温度差；估计对应于第二光发射器的与所述第一位置和所述第 二位置不同的第三位置处的第三温度；以及基于所述第二温度来估计从所 述第二光发射器发射的光的波长。另外地或另选地，在一些示例中，所述方法包括基于从所述第一光发射器发射的光的估计波长来调整所述第一光发射器的驱动参数和/或基于从所述第二光发射器发射的光的估计波长来调 整所述第二光发射器的驱动参数；和/或基于从所述第一光发射器发射的光 的估计波长和/或基于从所述第二光发射器发射的光的估计波长来补偿由一 个或多个光电检测器检测的光的生理特性的估计。另外地或另选地，在一 些示例中，所述柔性PCB包括具有第一导电材料的第一导电层、具有第二导电材料的第二导电层和多个通孔，所述第一导电材料具有第一塞贝克系 数，所述第二导电材料具有与所述第一塞贝克系数不同的第二塞贝克系 数，所述多个通孔将所述第一导电材料的区段和所述第二导电材料的区段 互连以形成所述热电堆。应当注意，本文公开的波长估计技术可应用于任何LED/PD(例如，位于设备中的任何位置处的发光二极管/光电检测器或 光电二极管部件)。

[0192] 本公开的一些示例涉及第一光电发射器；第一光电检测器；第一柔性 印刷电路板(PCB)，所述第一PCB包括第一热电堆；光学电路，所述光 学电路被配置为驱动所述第一光电发射器并测量所述第一光电检测器；绝 对温度传感器，所述绝对温度传感器被配置为估计第一温度；热电堆感测 电路，所述热电堆感测电路耦接到所述第一热电堆并且被配置为测量与所 述第一柔性PCB的第一端部和所述第一柔性PCB的第二端部之间的温度梯 度成比例的信号(诸如电特性，诸如电压信号，或另一种类型的信号)； 和处理电路，所述处理电路耦接到所述热电堆感测电路和所述绝对温度传感器，所述处理电路被配置为：使用所述

第一温度估计以及与所述第一柔 性PCB的所述第一端部和第一柔性PCB的所述第二端部之间的所述温度梯 度成比例的所述信号来估计所述第一光电发射器处的第二温度;以及估计 由所述第一光电发射器发射的光的波长。另外地或另选地,在一些示例 中,所述处理电路被进一步被配置为:使用从所述第一光电发射器发射的 光的估计波长来调整所述第一光发射器的驱动参数。另外或另选地,在一 些示例中,调整所述驱动参数包括调整施加到所述第一光电发射器的驱动电流。另外地或另选地,在一些示例中,所述处理电路被进一步配置为: 基于从所述第一光电发射器发射的光的所述估计波长来补偿由光电检测器 检测到的光的生理特性的估计。另外地或另选地,在一些示例中,所述光 学电路、所述绝对温度传感器、所述热电堆感测电路和所述处理电路集成 在集成电路中。另外地或另选地,在一些示例中,所述第一光电发射器和 所述第一光电检测器在所述第一柔性PCB的所述第二端部处设置在所述第 一柔性PCB上。另外地或另选地,在一些示例中,第一柔性PCB包括路由迹线,所述路由迹线被配置为将所述第一光电发射器和所述第一光电检测 器路由到所述光学电路。另外地或另选地,在一些示例中,所述电子设备 还包括:第二光电发射器;第二光电检测器;第二柔性PCB,所述第二柔 性PCB包括第二热电堆;其中:所述光学电路被进一步配置为驱动所述第二光电发射器并测量所述第二光电检测器;所述热电堆感测电路耦接到所 述第二热电堆并且被配置为测量与所述第二柔性PCB的第一端部和所述第 二柔性PCB的第二端部之间的温度梯度成比例的信号(诸如电特性,诸如电压信号,或另一种类型的信号);并且所述处理电路被进一步配置为: 使用所述第一温度估计以及与所述第二柔性PCB的所述第一端部和所述第 二柔性PCB的所述第二端部之间的所述温度梯度成比例的所述信号来估计 所述第二光电发射器处的第三温度;以及估计由所述第二光电发射器发射 的光的波长。另外地或另选地,在一些示例中,所述第二光电发射器和所 述第二光电检测器在所述第二柔性PCB的所述第二端部处设置在所述第二 柔性PCB上。另外地或另选地,在一些示例中,所述电子设备还包括:第二光电发射器;第二光电检测器;其中:所述第一柔性PCB还包括第二热 电堆;所述光学电路被进一步配置为驱动所述第二光电发射器并测量所述 第二光电检测器;所述热电堆感测电路耦接到所述第二热电堆并且被配置 为测量与所述第一柔性PCB的第一端部和所述第一柔性PCB的第二端部之 间的温度梯度成比例的信号(诸如电特性,诸如电压信号,或另一种类型的信号);并且所述处理电路被进一步配置为:使用所述第一温度估计以 及与所述第一柔性PCB的所述第一端部和所述第一柔性PCB的所述第二端 部之间的所述温度梯度成比例的所述信号来估计所述第二光电发射器处的第三温度;以及估计由所述第二光电发射器发射的光的波长。另外地或另 选地,在一些示例中,所述第一热电堆包括串联的多个热电偶,所述第一 柔性PCB包括:第一导电层,所述第一导电层包括具有第一塞贝克系数的 第一导电材料;第二导电层,所述第二导电层包括具有第二塞贝克系数的第二导电材料,所述第二塞贝克系数不同于所述第一塞贝克系数;和多个 通孔,所述多个通孔处于所述第一导电层和所述第二导电层之间。另外地 或另选地,在一些示例中,所述电子设备是可穿戴设备。

[0193] 一些示例涉及一种方法,所述方法包括:监测一个或多个第一传感 器;根据确定满足一个或多个标准,估计用户的身体温度,其中估计所述 用户的所述身体温度包括:使用绝对温度传感器来测量电子设备内的第一 位置处的第一温度;估计跨包括热电堆的柔性印刷电路板(PCB)的温度差;以及估计在与所述第一位置不同的第二位置处的第二温度;

以及根据 确定不满足所述一个或多个标准,放弃估计用户的身体温度。另外地或另 选地,在一些示例中,所述一个或多个第一传感器包括触摸传感器,并且 所述一个或多个第一标准包括当对象触摸所述触摸传感器时满足的标准。 另外地或另选地,在一些示例中,所述一个或多个第一传感器包括触摸传感器,并且所述一个或多个第一标准包括当对象触摸大于所述触摸传感器 的阈值区域时满足的标准。另外地或另选地,在一些示例中,所述一个或 多个第一传感器包括运动和/或取向传感器。另外地或另选地,在一些示例 中,所述运动和/或取向传感器包括惯性测量单元、加速度计或陀螺仪。另 外地或另选地,在一些示例中,所述一个或多个第一标准包括当所述运动 和/或取向传感器指示少于阈值运动量时满足的标准。另外地或另选地,在 一些示例中,所述一个或多个第一标准包括当所述运动和/或取向传感器指 示所述用户的腕部向所述用户的前额的运动时满足的标准。另外地或另选 地,在一些示例中,所述一个或多个第一传感器包括所述绝对温度传感器和/或所述热电堆,并且其中所述一个或多个第一标准包括高于第一温度阈 值的绝对温度和/或高于第二温度阈值的温度差。

[0194] 一些示例涉及一种电子设备,所述电子设备包括:绝对温度传感器, 所述绝对温度传感器被配置为估计所述电子设备内的第一位置处的第一温 度;柔性PCB,所述柔性PCB包括热电堆;感测电路,所述感测电路耦接到所述热电堆并且被配置为测量与跨所述热电堆的温度梯度成比例的电 压;和处理电路,所述处理电路耦接到所述感测电路和所述绝对温度传感 器,所述处理电路被配置为:监测一个或多个第一传感器;根据确定满足 一个或多个标准,估计用户的身体温度,其中估计所述用户的所述身体温 度包括:使用所述绝对温度传感器来测量所述第一位置处的所述第一温 度;估计跨所述热电堆的温度差;以及估计在与所述第一位置不同的第二位置处的第二温度;以及根据确定不满足所述一个或多个标准,放弃估计 用户的身体温度。

[0195] 本公开的一些示例涉及一种方法,所述方法包括:监测一个或多个第 一传感器;根据确定满足一个或多个标准,估计用户的身体温度,其中估 计所述用户的所述身体温度包括:使用绝对温度传感器来测量电子设备内 的第一位置处的第一温度;估计跨包括热电堆的柔性印刷电路板(PCB)的温度差;以及估计在与所述第一位置不同的第二位置处的第二温度;以 及根据确定不满足所述一个或多个标准,放弃估计用户的身体温度。

[0196] 另外地或另选地,在一些示例中,所述一个或多个第一传感器包括触 摸传感器,并且所述一个或多个标准包括当对象触摸所述触摸传感器时满 足的标准。另外地或另选地,在一些示例中,所述一个或多个第一传感器包括触摸传感器,并且所述一个或多个标准包括当对象接触大于所述触摸 传感器的阈值区域时满足的标准。另外地或另选地,在一些示例中,所述 一个或多个第一传感器包括运动和/或取向传感器。另外地或另选地,在一些示例中,所述运动和/或取向传感器包括惯性测量单元、加速度计或陀螺 仪。另外地或另选地,在一些示例中,所述一个或多个标准包括当所述运 动和/或取向传感器指示少于阈值运动量时满足的标准。另外地或另选地, 在一些示例中,所述一个或多个标准包括当所述运动和/或取向传感器指示 所述用户的腕部向所述用户的前额的运动时满足的标准。另外地或另选 地,在一些示例中,所述一个或多个第一传感器包括所述绝对温度传感器和/或所述热电堆,并且其中所述一个或多个标准包括高于第一温度阈值的 绝对温度和/或高于第二温度阈值的温度差。

[0197] 本公开的一些示例涉及一种电子设备,所述电子设备包括:绝对温度 传感器,所述绝对温度传感器被配置为估计所述电子设备内的第一位置处 的第一温度;柔性PCB,所述柔性PCB包括热电堆;感测电路,所述感测 电路耦接到所述热电堆并且被配置为测量与跨所述热电堆的温度梯度成比 例的电压;和处理电路,所述处理电路耦接到所述感测电路和所述绝对温 度传感器,所述处理电路被配置用于:监测一个或多个第一传感器;根据确定满足一个或多个标准,估计用户的身体温度,其中估计所述用户的所 述身体温度包括:使用所述绝对温度传感器来测量所述第一位置处的所述 第一温度;估计跨所述热电堆的温度差;以及估计在与所述第一位置不同 的第二位置处的第二温度;以及根据确定不满足所述一个或多个标准,放 弃估计用户的身体温度。

[0198] 本公开的一些示例涉及一种方法,所述方法包括:在设备处接收发起 温度测量的请求;根据确定满足一个或多个标准,发起所述温度测量;以 及根据确定未满足所述一个或多个标准:在所述设备处实现用于满足所述 一个或多个标准的一个或多个措施,以及在实现所述一个或多个测量之 后,发起所述温度测量。

[0199] 另外地或另选地,在一些示例中,所述一个或多个标准包括基于与所 述设备相关联的操作状况的标准,所述方法还包括:根据确定满足所述一 个或多个标准:响应于发起所述温度测量,监测与所述设备相关联的所述 操作状况;以及基于所述操作状况来补偿所述温度测量。另外地或另选地,在一些示例中,基于所述操作状况来补偿所述温度测量包括:通过将 基于所述操作状况的温度补偿模型施加到所述温度测量来生成经调整的温 度测量。另外地或另选地,在一些示例中,所述温度补偿模型基于与所述 设备状况相关联的电力汲取,所述方法还包括:显示所述经调整的温度测 量。另外或另选地,在一些示例中,实现所述一个或多个措施包括:指示用户调整所述设备相对于所述用户的皮肤的取向。另外或另选地,在一些 示例中,实现所述一个或多个措施包括:指示用户减小所述设备的运动。 另外或另选地,在一些示例中,实现所述一个或多个措施包括:指示用户 修改与所述设备的交互,以最小化与散热相关联的设备部件的使用。另外 或另选地,在一些示例中,实现所述一个或多个措施包括:在所述设备处 抑制到与散热相关联的设备部件的电力递送。另外地或另选地,在一些示例中,与散热相关联的设备部件包括处理器、显示器、天线、蜂窝通信电 路、Wi-Fi电路、蓝牙电路或GPS电路。另外地或另选地,在一些示例 中,所述方法还包括:完成所述温度测量;以及响应于完成所述温度测 量,恢复到与散热相关联的设备部件的电力递送。另外或另选地,在一些 示例中,实现所述一个或多个措施包括:将所述设备的操作模式改变为与 较低散热相关联的较低功率模式。

[0200] 一些示例涉及一种电子设备,所述电子设备包括上述热通量传感器中 的任一者。

[0201] 本公开的一些示例涉及一种存储指令的非暂态计算机可读存储介质, 所述指令在由包括处理电路的电子设备执行时致使所述设备执行上述方法 中的任何方法。

[0202] 本公开设想负责收集、分析、公开、传输、存储或其他使用此类个人 数据的实体将遵守既定的隐私政策和/或隐私实践。具体地,此类实体应当 实行并坚持使用被公认为满足或超出对维护个人信息数据的隐私性和安全 性的行业或政府要求的隐私政策和实践。此类政策应该能被用户方便地访 问,并应随着数据的采集和/或使用变化而被更新。来自用户的个人信息应 当被收集用于实体的合法且合理的用途,并且不在这些合法使用之外共享或出售。此外,此类收集/共享应要求收到用户的知情同意。此外,此类实 体应考虑采

取任何必要步骤，保卫和保障对此类个人信息数据的访问，并 确保有权访问个人信息数据的其他人遵守其隐私政策和流程。另外，这种实体可使其本身经受第三方评估以证明其遵守广泛接受的隐私政策和实 践。可以根据地理区域和/或被收集和使用的个人数据的特定类型和性质来 调整这些策略和实践。

[0203] 不管前述情况如何，本公开还设想用户选择性地阻止收集、使用或访 问包括生理信息的个人数据的示例。例如，用户可能能够禁用收集生理信 息的硬件和/或软件元件。另外，本公开预期可提供硬件和/或软件元件，以防止或阻止对已收集的个人数据的访问。具体地，用户可选择移除、禁用 或限制对某些收集用户的个人健康或健身数据的健康相关应用的访问。

[0204] 虽然参照附图对公开的示例进行了全面的描述，但应注意，各种改变 和修改对于本领域内的技术人员而言将变得显而易见。应当理解，此类改 变和修改被认为包括在由所附权利要求所限定的所公开的示例的范围内。

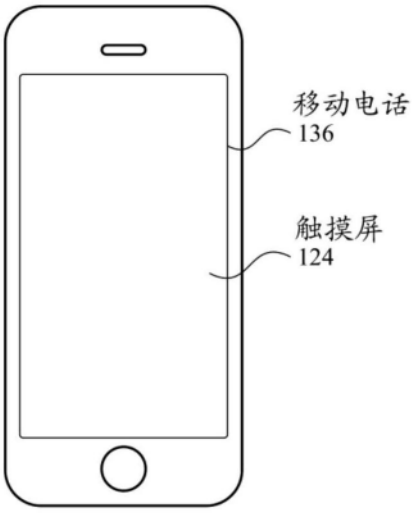


图1A

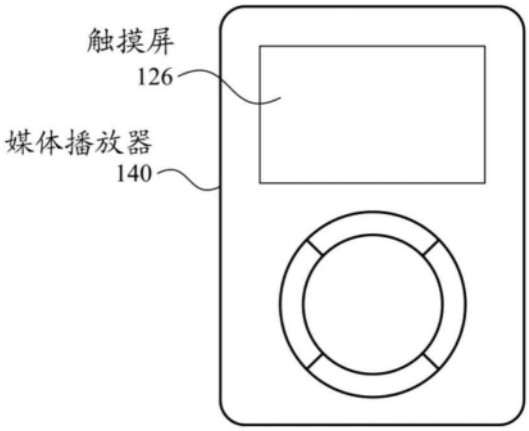


图1B

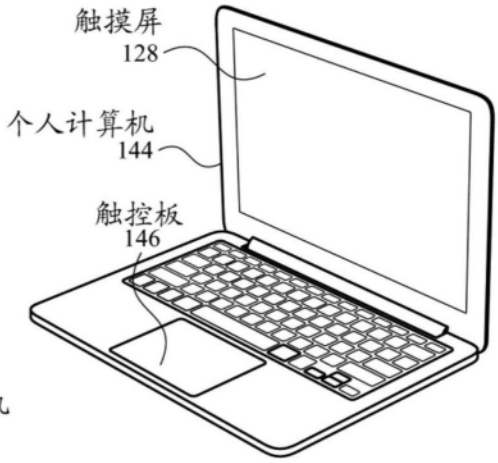


图1C

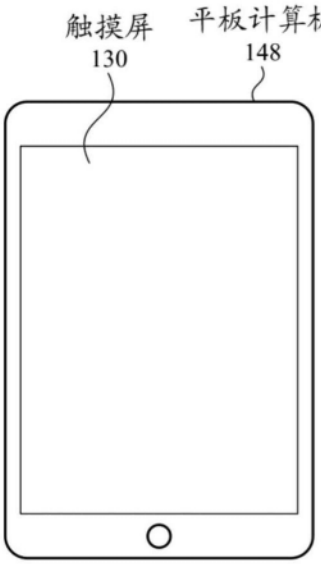


图1D

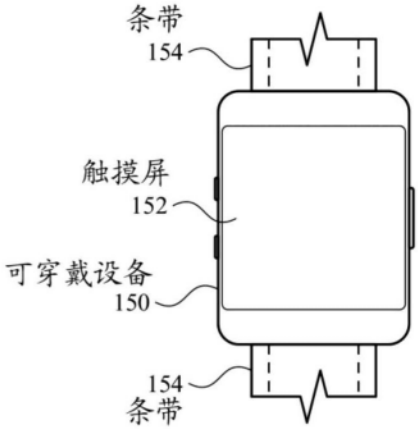


图1E

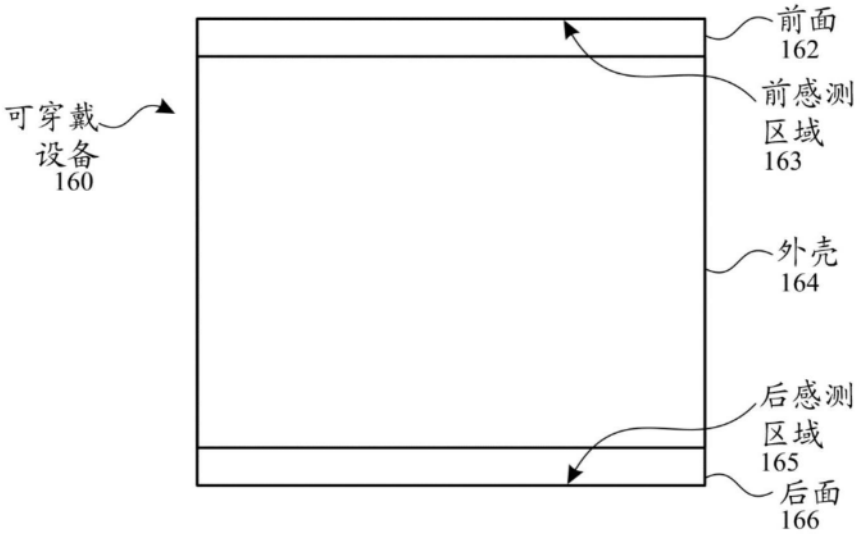


图1F

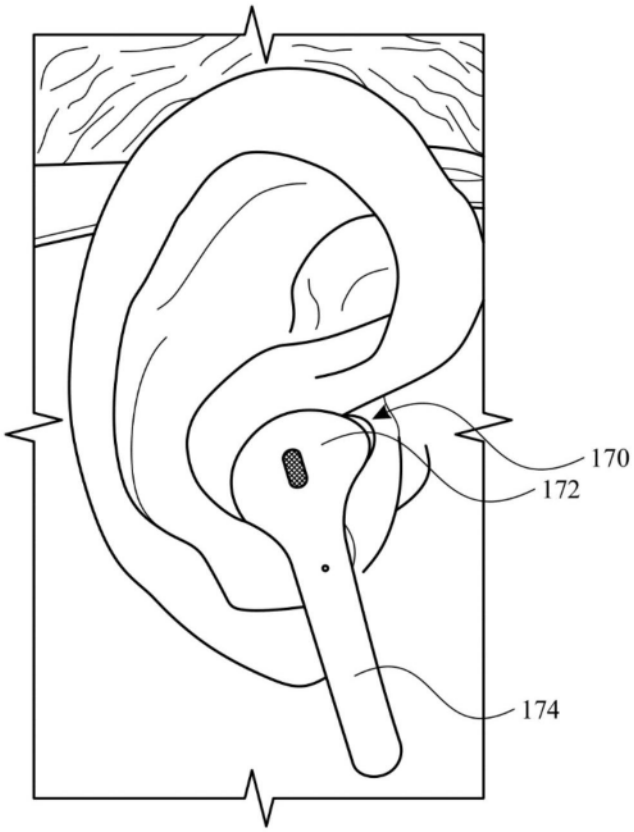


图1G

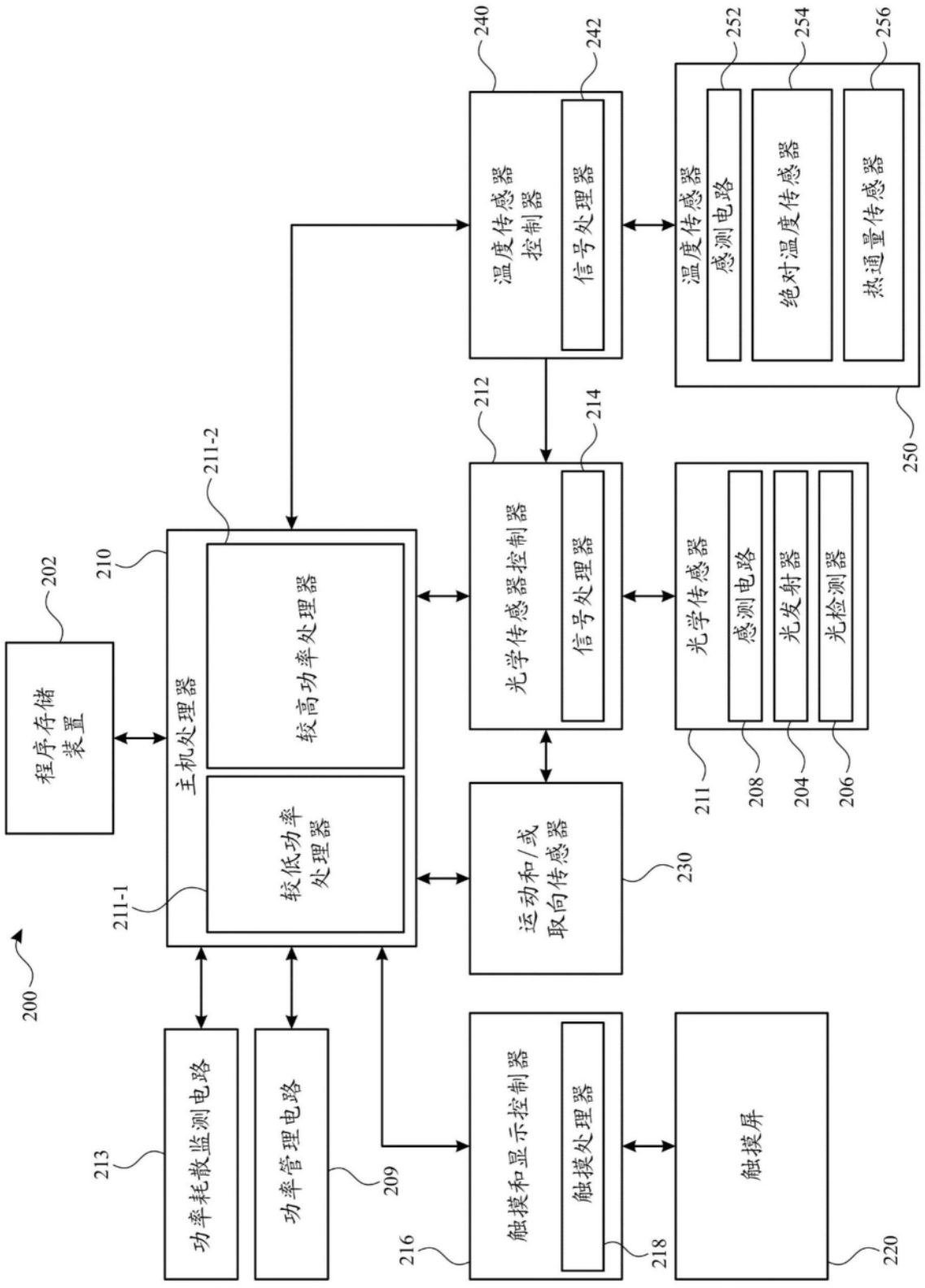

200
202
程序存储装置
210
主机处理器
211-2
较高功率处理器
211-1
较低功率处理器
240
温度传感器控制器
242
信号处理器
252
温度传感器感测电路
254
绝对温度传感器
256
热通量传感器
250
212
光学传感器控制器
214
信号处理器
光学传感器
感测电路
光发射器
光检测器
211
208
204
206
230
运动和/或取向传感器
213
功率耗散监测电路
209
功率管理电路
216
触摸和显示控制器
触摸处理器
218
触摸屏
220

图2

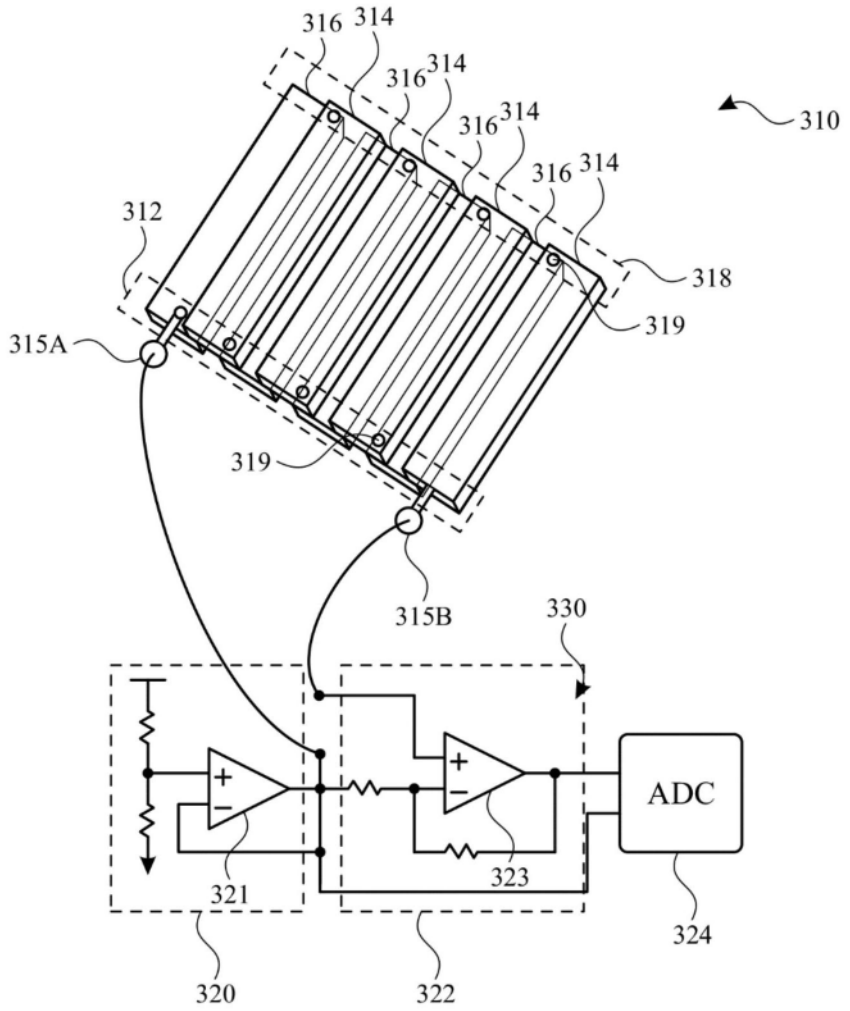

316
314
316
314
316
314
316
314
310
312
318
319
315A
319
315B
330
ADC
321
323
324
320
322

图3

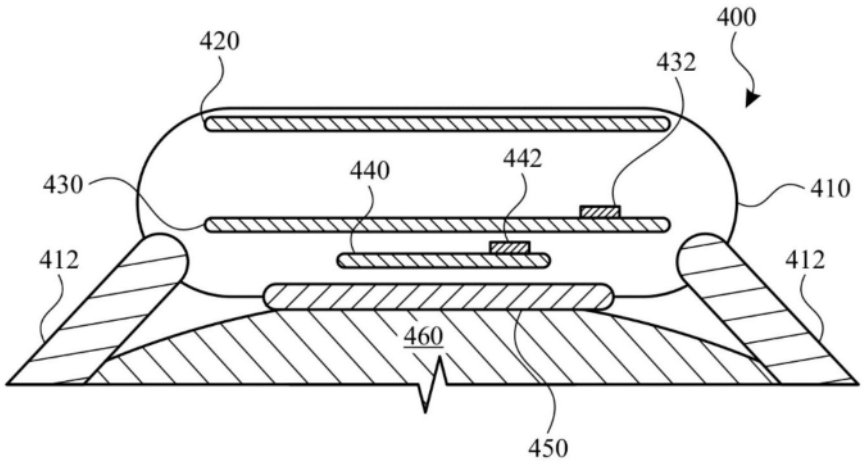

400
420
432
430
440
442
410
412
412
460
450

图4A

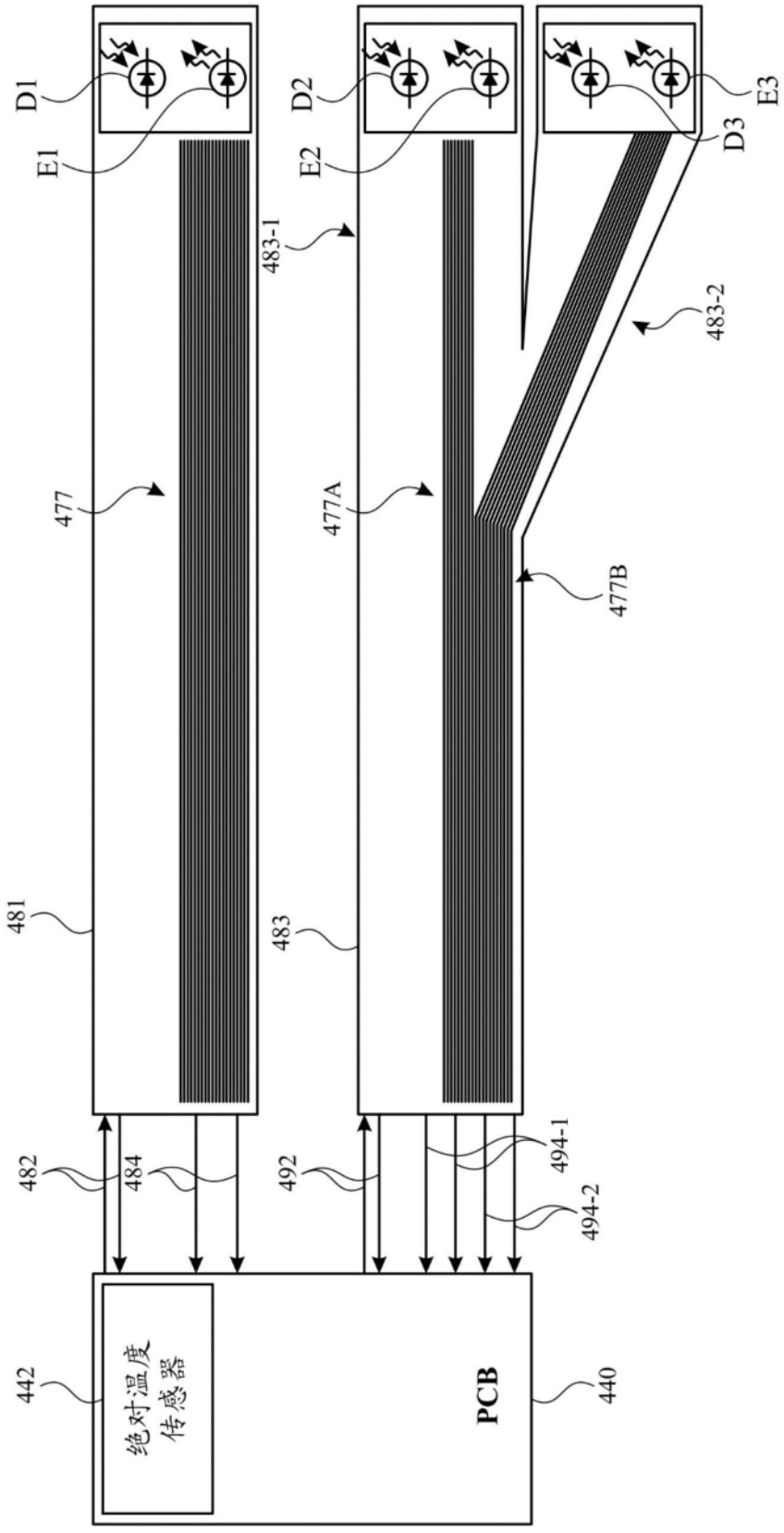

D1
E1
D2
E2
D3
E3
483-1
483-2
477
477A
477B
481
483
482
484
492
494-1
494-2
442
绝对温度传感器
PCB
440

图4B

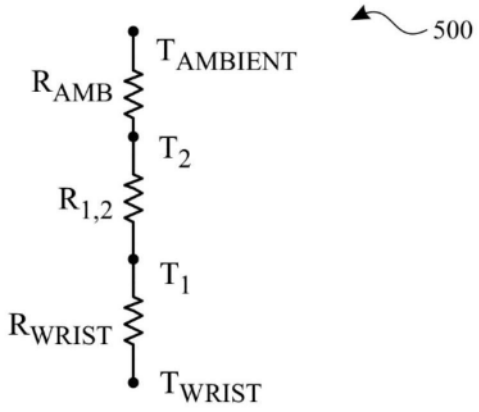

500
$T_{AMBIENT}$
R_{AMB}
T_2
$R_{1,2}$
T_1
R_{WRIST}
T_{WRIST}

图5A

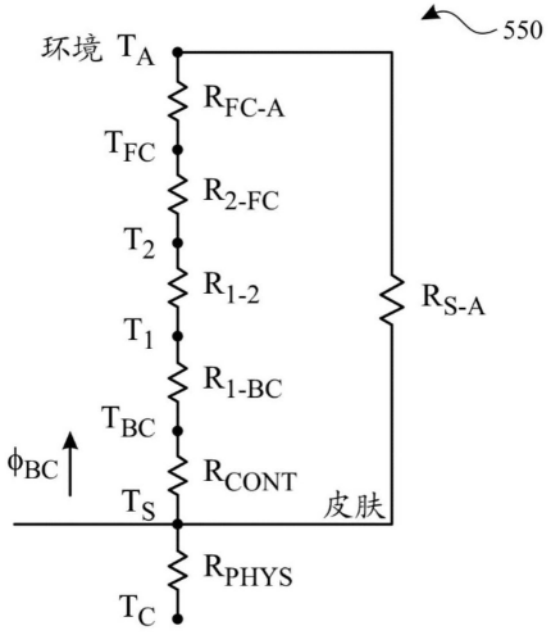

550
环境 T_A
R_{FC-A}
T_{FC}
R_{2-FC}
T_2
R_{1-2}
R_{S-A}
T_1
R_{1-BC}
T_{BC}
ϕ_{BC}
R_{CONT}
T_S
皮肤
R_{PHYS}
T_C

图5B

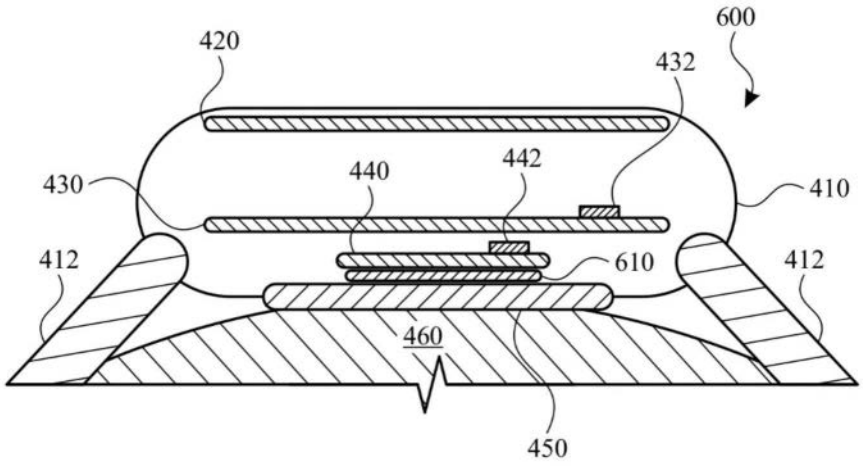


图6A

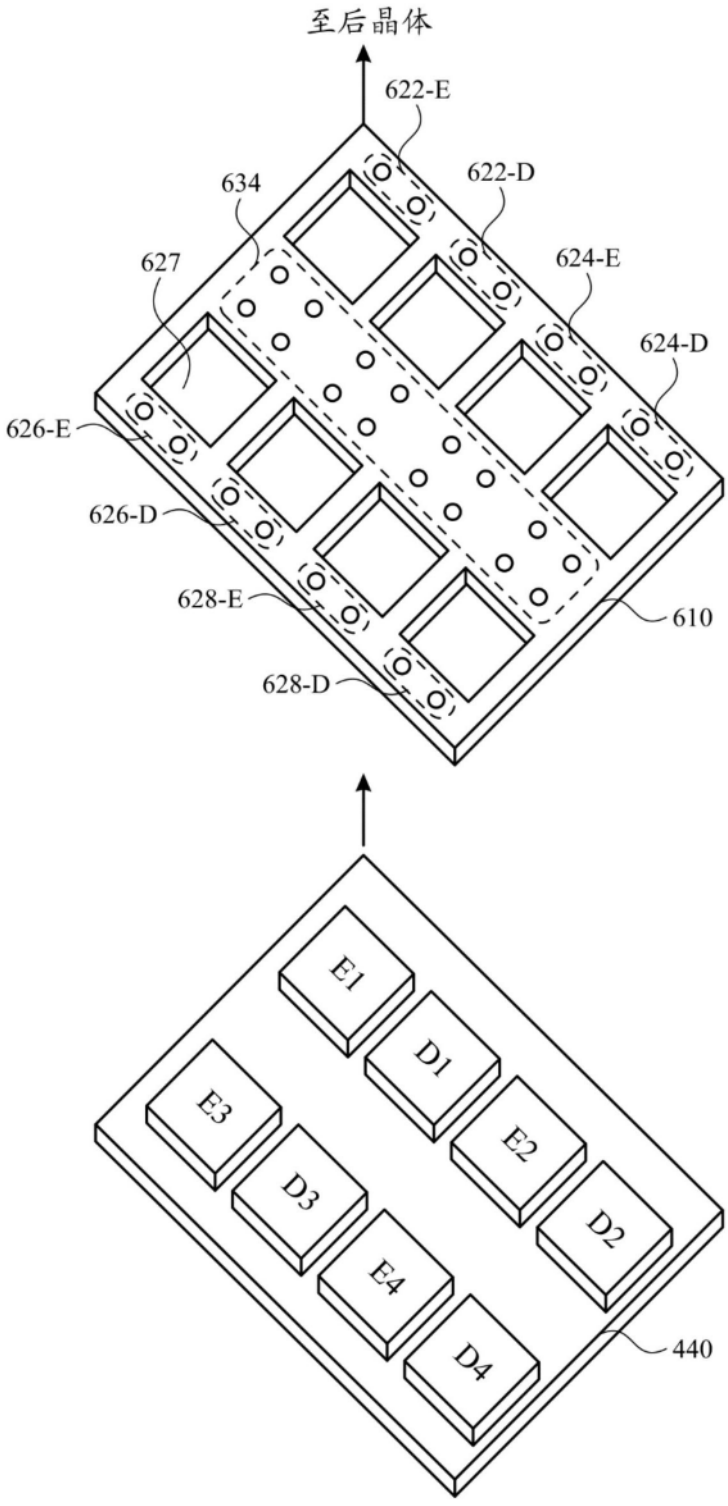

至后晶体
622-E
622-D
634
627
624-E
624-D
626-E
626-D
628-E
610
628-D
E1
D1
E3
E2
D3
D2
E4
D4
440

图6B

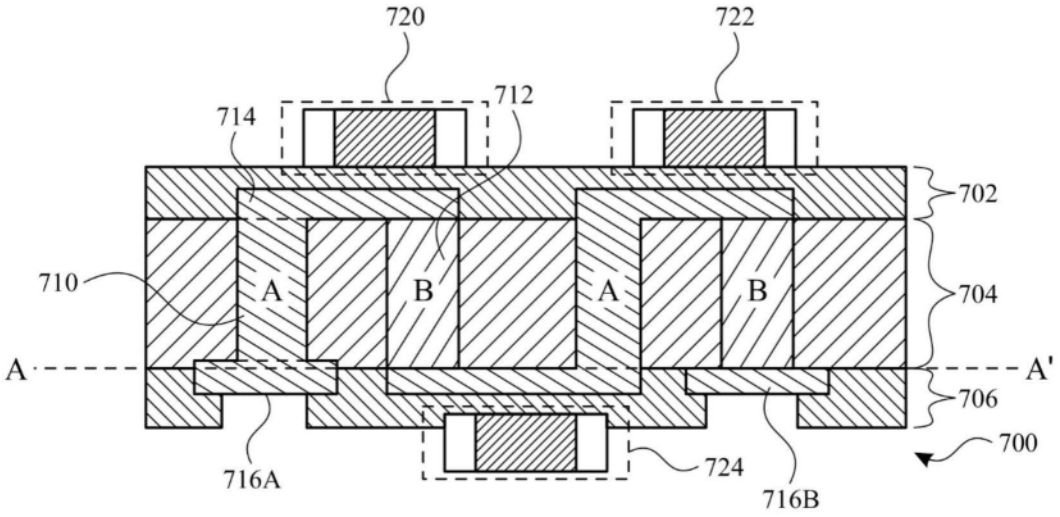

720
722
712
714
702
710
A
B
A
B
704
A
A'
706
700
716A
724
716B

图7A

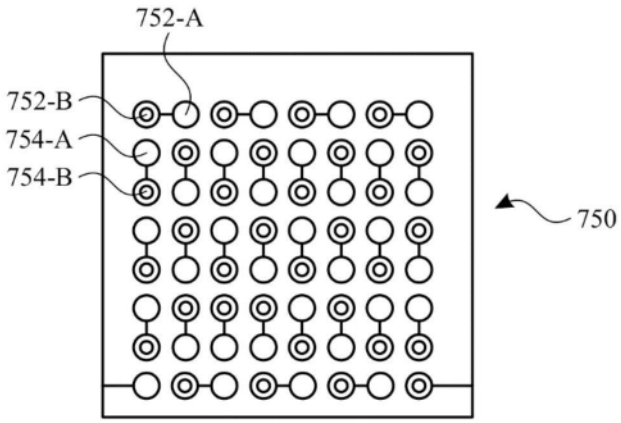

752-A
752-B
754-A
754-B
750

图7B

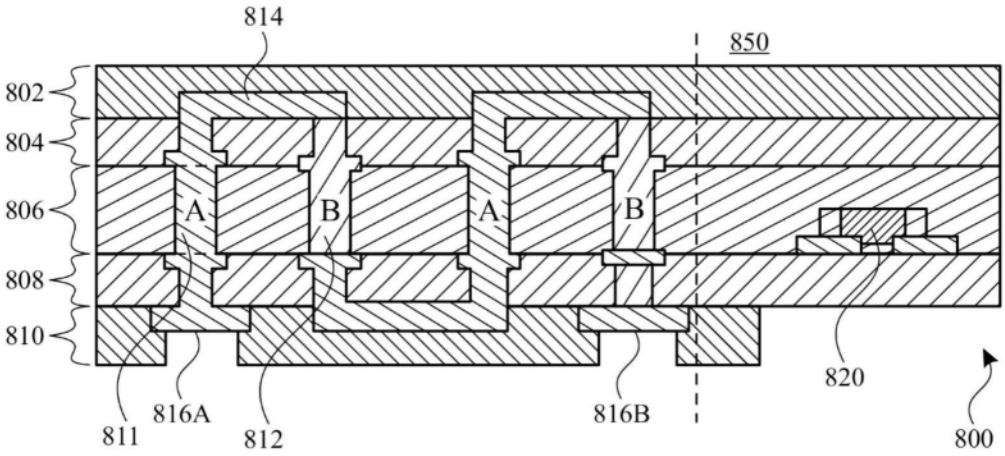

814
850
802
804
806
808
810
A
B
A
B
820
811
816A
812
816B
800

图8

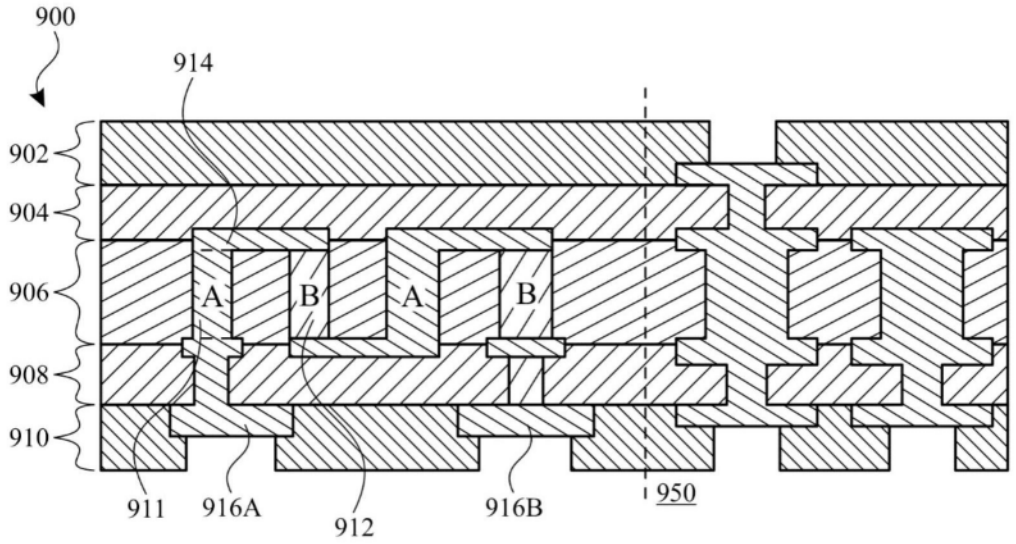

900
914
902
904
906
908
910
A
B
A
B
911
916A
912
916B
950

图9

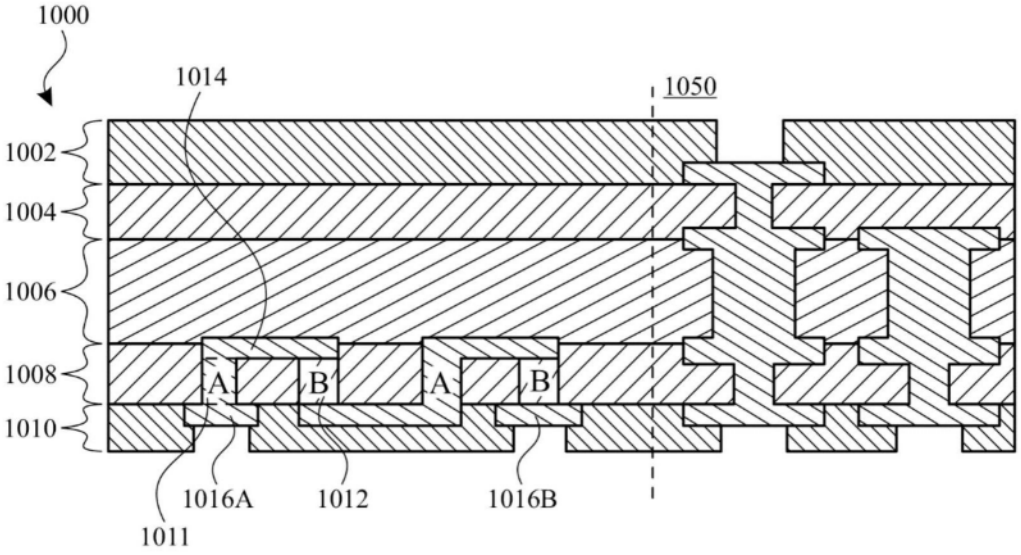

1000
1014
1050
1002
1004
1006
1008
1010
A
B
A
B
1011
1016A
1012
1016B

图10

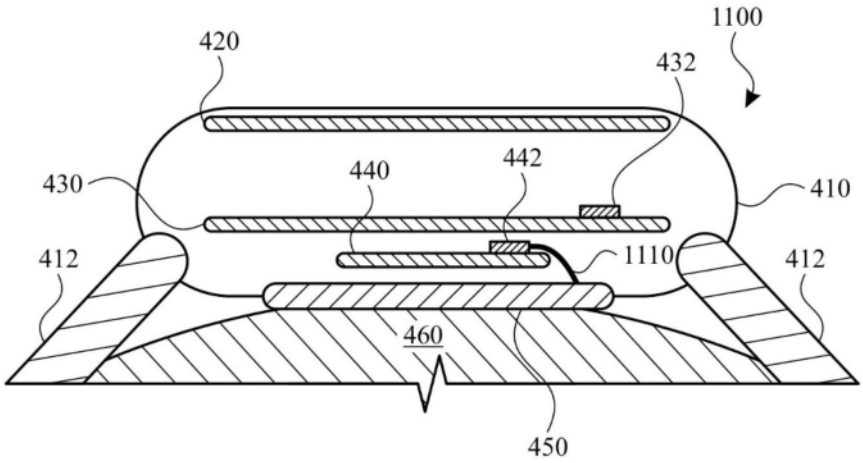


图11

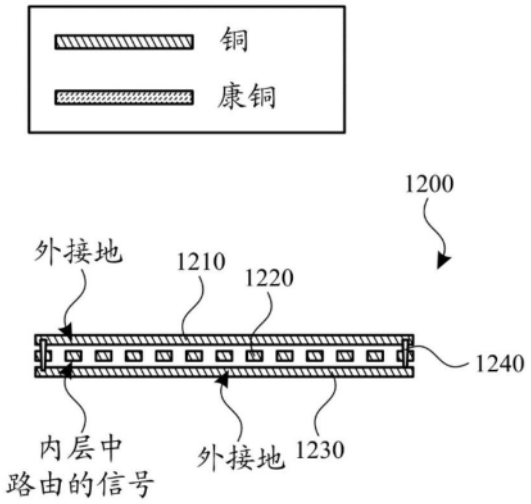


图12A

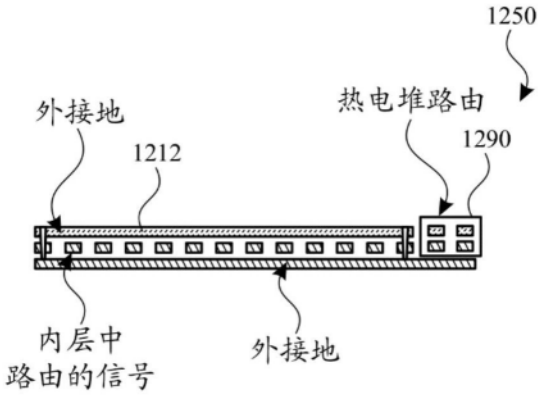


图12B

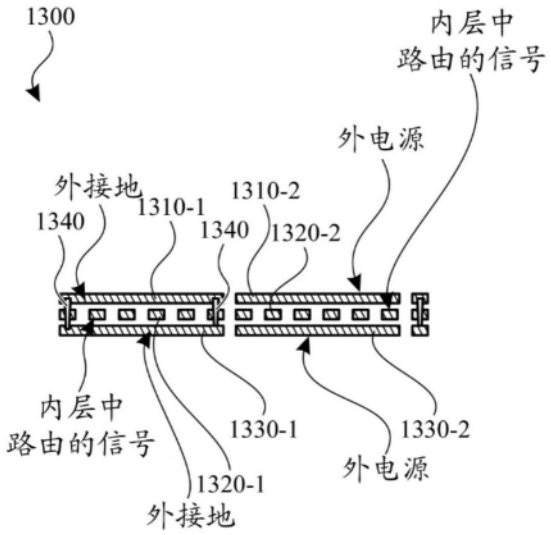

1300
内层中
路由的信号
外电源
外接地
1340
1310-1
1340
1310-2
1320-2
内层中
路由的信号
1330-1
1330-2
外电源
1320-1
外接地

图13A

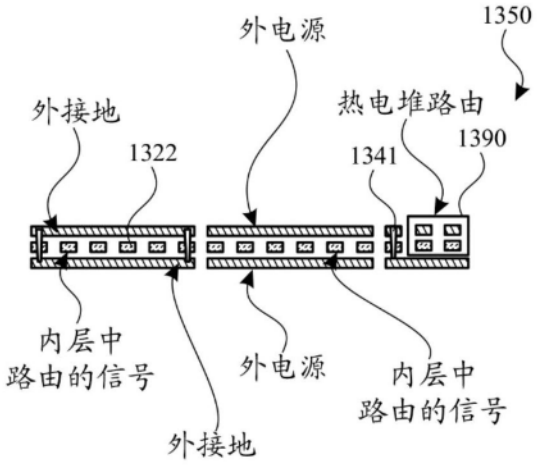

外电源
1350
外接地
热电堆路由
1322
1341
1390
内层中
路由的信号
外电源
内层中
路由的信号
外接地

图13B

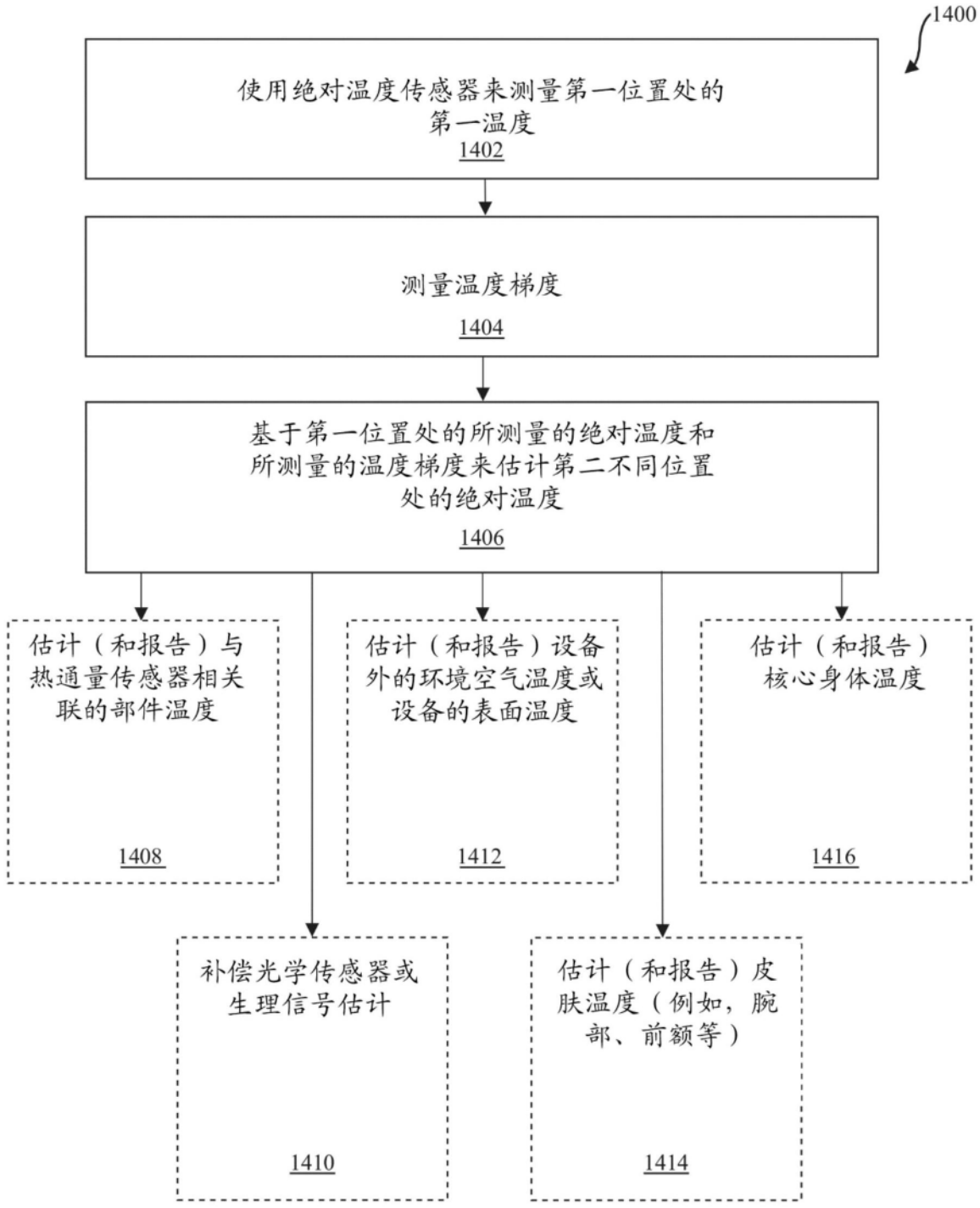

1400
使用绝对温度传感器来测量第一位置处的第一温度
1402
测量温度梯度
1404
基于第一位置处的所测量的绝对温度和所测量的温度梯度来估计第二不同位置处的绝对温度
1406
估计（和报告）与热通量传感器相关联的部件温度
1408
估计（和报告）设备外的环境空气温度或设备的表面温度
1412
估计（和报告）核心身体温度
1416
补偿光学传感器或生理信号估计
1410
估计（和报告）皮肤温度（例如，腕部、前额等）
1414

图14

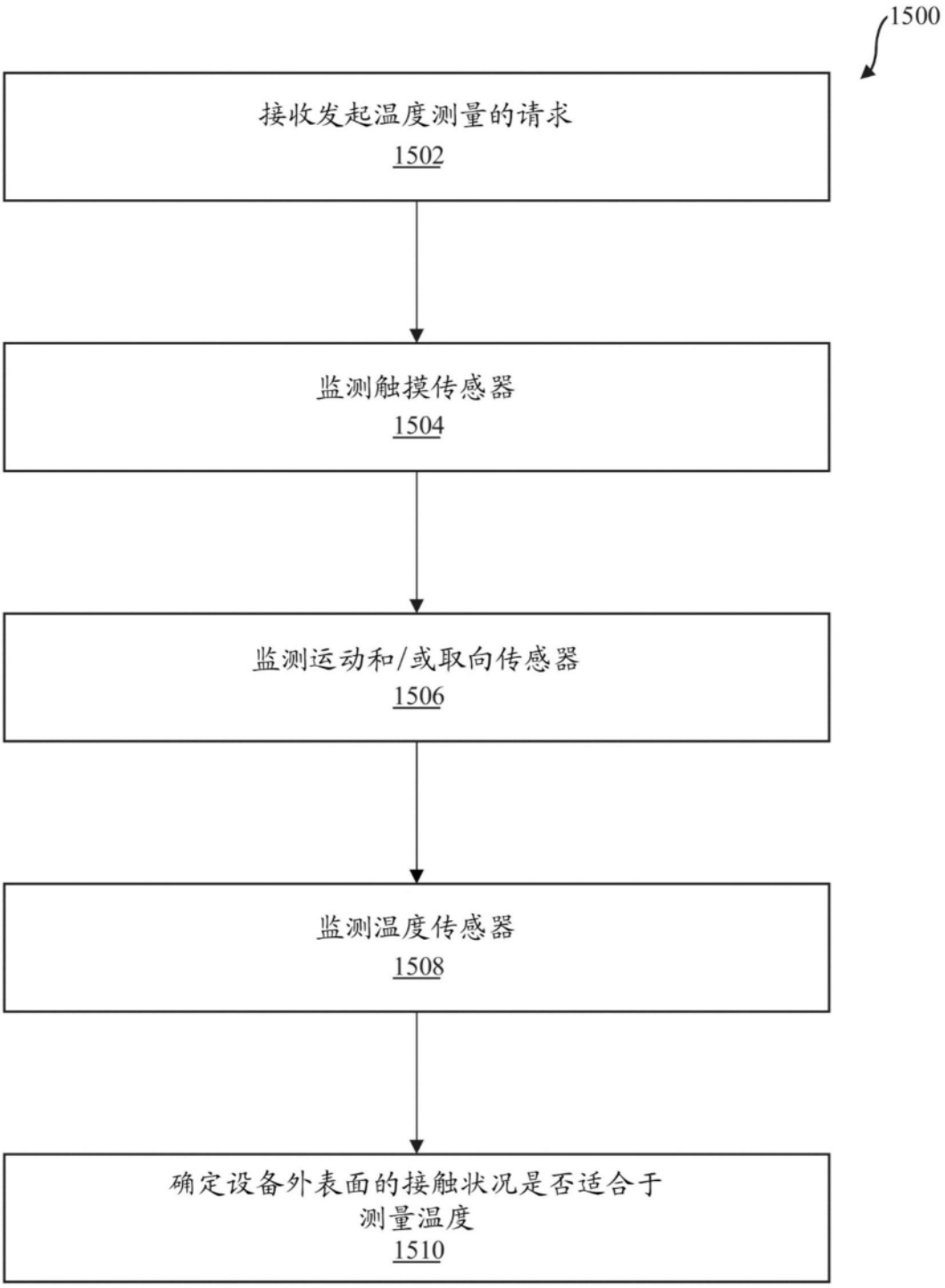

1500
接收发起温度测量的请求
1502
监测触摸传感器
1504
监测运动和/或取向传感器
1506
监测温度传感器
1508
确定设备外表面的接触状况是否适合于测量温度
1510

图15

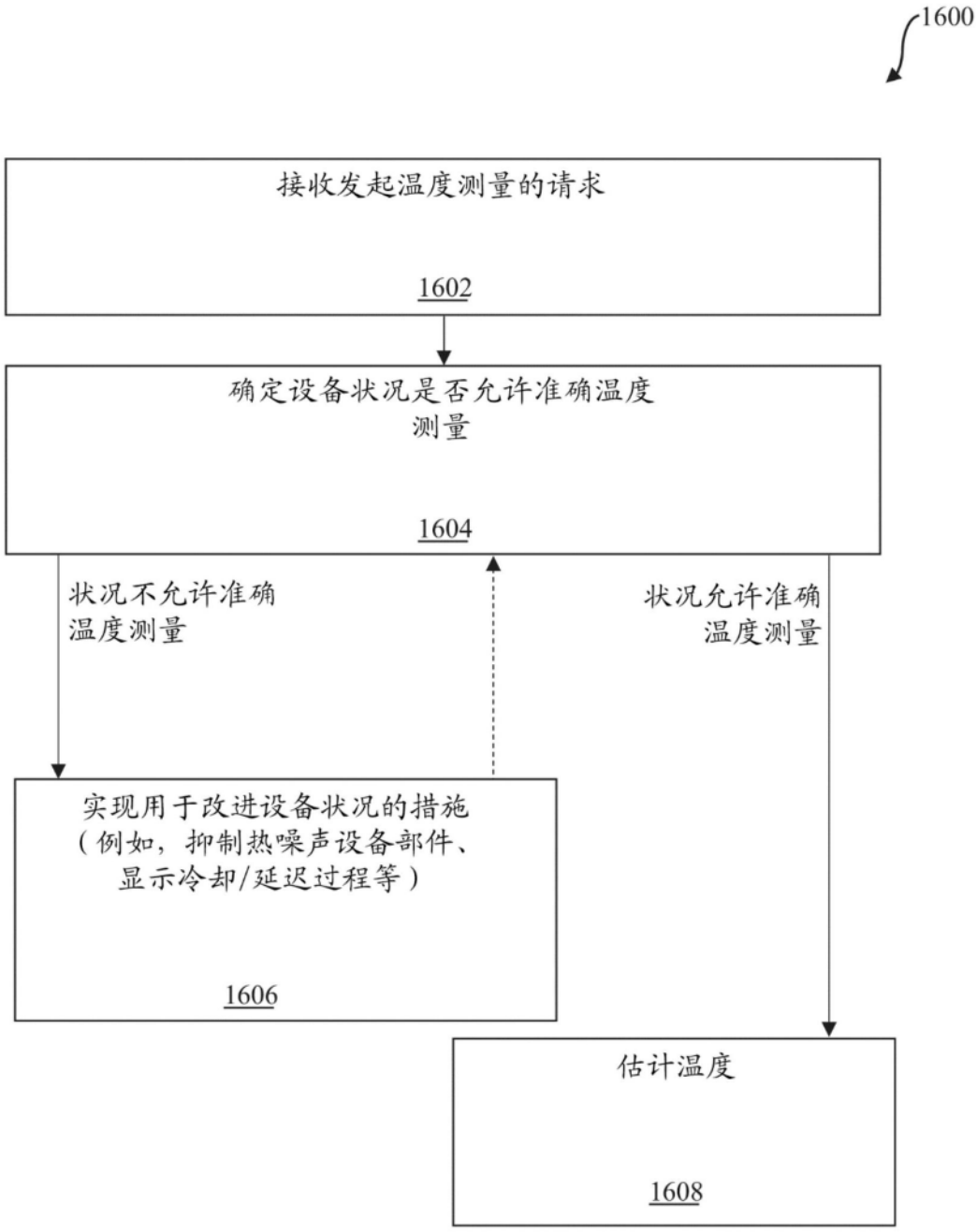

1600
接收发起温度测量的请求
1602
确定设备状况是否允许准确温度测量
1604
状况不允许准确温度测量
状况允许准确温度测量
实现用于改进设备状况的措施（例如，抑制热噪声设备部件、显示冷却/延迟过程等）
1606
估计温度
1608

图16

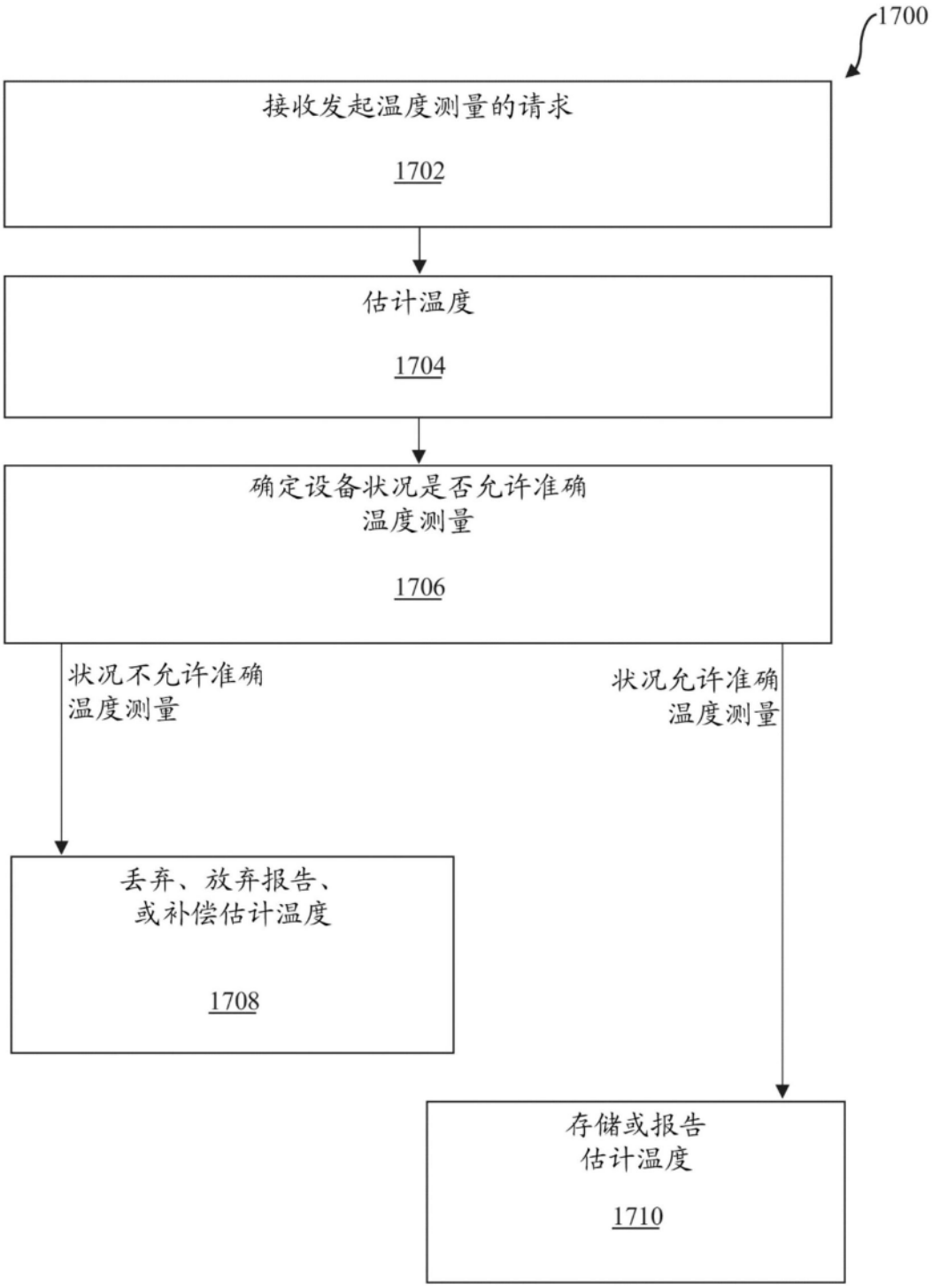

1700
接收发起温度测量的请求
1702
估计温度
1704
确定设备状况是否允许准确温度测量
1706
状况不允许准确温度测量
状况允许准确温度测量
丢弃、放弃报告、或补偿估计温度
1708
存储或报告估计温度
1710

图17

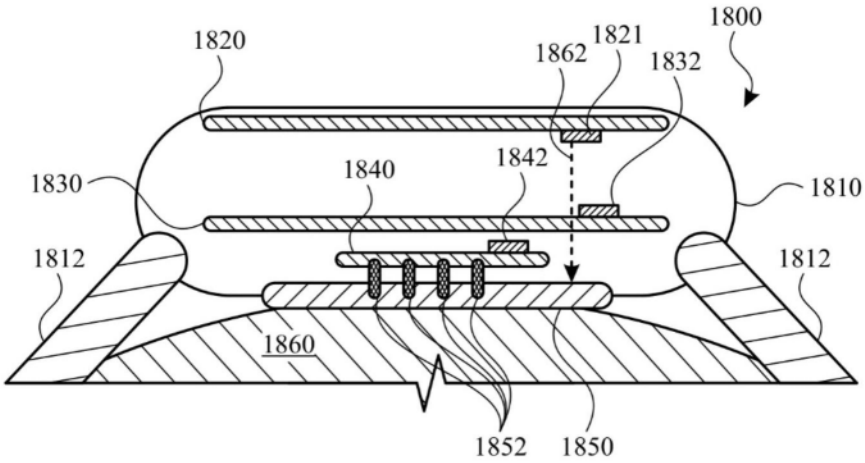

1800
1820
1862
1821
1832
1842
1840
1830
1810
1812
1812
1860
1852
1850

图18

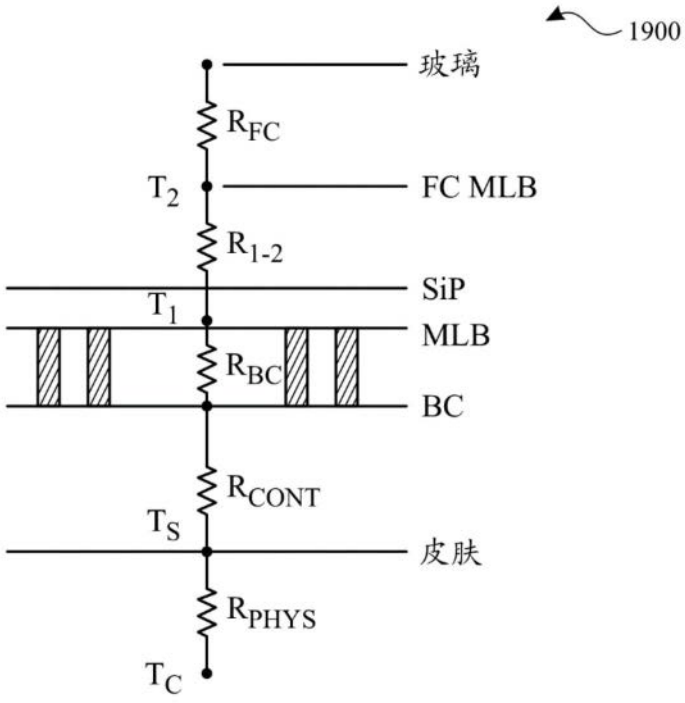

1900
玻璃
R_{FC}
T_2
FC MLB
R_{1-2}
SiP
T_1
MLB
R_{BC}
BC
R_{CONT}
T_S
皮肤
R_{PHYS}
T_C

图19