



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111343902 A

(43)申请公布日 2020.06.26

(21)申请号 201880050942.7

(22)申请日 2018.06.06

(30)优先权数据

62/516,309 2017.06.07 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2020.02.05

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2018/036201 2018.06.06

(87)PCT国际申请的公布数据

W02018/226786 EN 2018.12.13

(71)申请人 得克萨斯大学体系董事会

地址 美国德克萨斯州

(72)发明人 鲁南姝 郑孝英

(74)专利代理机构 北京聿宏知识产权代理有限公司 11372

代理人 吴大建 张杰

(51)Int.Cl.

A61B 5/00(2006.01)

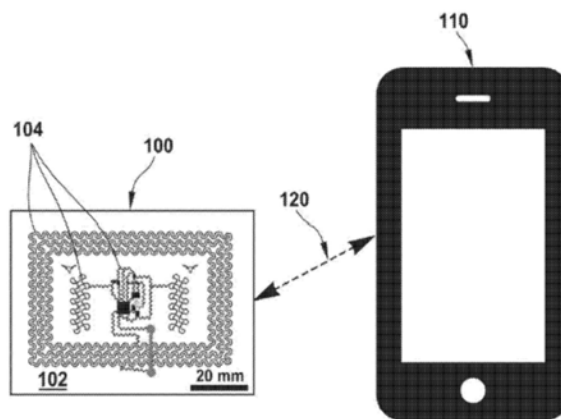
权利要求书2页 说明书5页 附图5页

(54)发明名称

无线、可穿戴且柔软的生物特征识别传感器

(57)摘要

通过采用干燥且自由的“剪切再粘贴”方法，在数分钟内制造出具有NFC功能的类似纹身的无线、可拉伸生物特征识别传感器，而无需使用任何化学药品、墨水或掩模/模板。该传感器通过可拉伸的电感线圈和集成在传感器上的NFC芯片无线地接收功率。传感器测量的数据通过同一天线和NFC芯片无线传输。该传感器完全可拉伸且适合人体皮肤，并且遵循皮肤的机械形变而不会发生机械和电气故障或分层。该传感器不易磨损，可对生理信号执行高保真感测。根据传感器的应用位置，可能的应用包括测量生理信号，例如皮肤热成像(体温)、光度(脉搏血氧饱和度、心跳)、电描记图(ECG、EEG、EMG、EOG)、电阻抗(皮肤水分、体脂)以及机械运动(心震图、呼吸频率、关节弯曲)。



1. 一种生物特征识别传感器,包括:

可以粘附在表皮上的柔性可拉伸基底,所述柔性可拉伸基底随着所述表皮的运动而适应和可弯曲;

布置在所述柔性可拉伸基底上的电路,所述电路包括:

天线,其用于无线地发送和接收射频RF信号;

电连接到所述天线的通信模块,其将接收到的RF信号转换成功率,

电连接到所述通信模块的一个或多个传感器,其中,所述一个或多个传感器和所述通信模块在操作上由所述功率供能,以感测生理信号并经由所述天线无线地发送所感测的生理信号。

2. 根据权利要求1所述的生物特征识别传感器,其中,所述柔性可拉伸基底的模量在0.1至10兆帕斯卡MPa的范围内,以匹配人皮肤的柔性。

3. 根据权利要求1或2所述的生物特征识别传感器,其中,所述柔性可拉伸基底具有约50毫米乘75毫米的尺寸。

4. 根据权利要求1-3中的任一项所述的生物特征识别传感器,其中,所述电路包括金属互连件,所述金属互连件是蛇形的,以与所述柔性可拉伸基底挠曲。

5. 根据权利要求1-4中任一项所述的生物特征识别传感器,其中,所述天线是由蛇形迹线形成的环。

6. 根据权利要求5所述的生物特征识别传感器,其中,所述天线通过与另一设备的电感耦合来无线地接收所述RF信号。

7. 根据权利要求5所述的生物特征识别传感器,其中,所述天线包括电容器,以调谐所述天线的谐振频率。

8. 根据权利要求7所述的生物特征识别传感器,其中,所述谐振频率为大约13.56兆赫兹MHz。

9. 根据权利要求1至8中任一项所述的生物特征识别传感器,其中,所述通信模块是用于近场通信NFC的集成电路芯片。

10. 根据权利要求9所述的生物特征识别传感器,其中,用于NFC的集成电路芯片包括:

模数转换器,其将来自所述一个或多个传感器的信号数字化;和

编码器,其将数字化的信号编码为通信协议;以及

发送器,其将编码的信号作为RF信号发送到询问器。

11. 根据权利要求1-10中任一项所述的生物特征识别传感器,其中,所述一个或多个传感器包括热敏电阻。

12. 根据权利要求1-11中任一项所述的生物特征识别传感器,其中,所述一个或多个传感器包括一个或多个光电检测器。

13. 根据权利要求1-12中任一项所述的生物特征识别传感器,其中,所述电路还包括一个或多个LED。

14. 一种生物特征识别系统,包括:

询问器设备,其使用询问器天线无线地发送功率信号;和

表皮传感器,其粘附至受试者的表皮,所述表皮传感器包括与所述询问器天线电感耦合以接收功率信号的表皮天线,其中,所述表皮传感器在操作上通过接收到的功率信号供

能,以

感测来自所述受试者的生理信号,

将感测到的生理信号转换为数字化信号,以及

将数字化信号发送回所述询问器设备。

15. 根据权利要求14所述的生物特征感测系统,其中,所述询问器设备是智能电话。

16. 根据权利要求14或15所述的生物特征感测系统,其中,所述功率信号和数字化信号符合近场通信NFC协议。

17. 根据权利要求14至16中任一项所述的生物特征传感系统,其中,所述询问器设备和所述表皮传感器在8厘米的范围内电感耦合。

18. 根据权利要求14至17中的任一项所述的生物特征感测系统,其中,所述表皮传感器与所述表皮相吻合,随着所述表皮弯曲及拉伸,而不会损失操作或从所述表皮脱离。

19. 根据权利要求14至18中任一项所述的生物特征传感系统,其中,生物特征参数对应于电生理测量、机械测量、热测量、光学测量或电化学测量。

20. 一种用于制造无线式供电的表皮生物特征识别传感器的方法,所述方法包括:

将金属箔层压到成片的热敏胶带TRT上;

将所述金属箔切割成包括了天线和互连件的电路;

通过加热TRT将所述电路转移到成片的水溶性胶带WST上,所述水溶性胶带由聚酰亚胺薄膜支撑;

将电子组件焊接到所述电路上;

通过润湿WST将带有焊接电子组件的电路转移到医用敷料膜上;

用第二医用敷料薄膜覆盖所述电路,以便将所述电路夹在医用敷料薄膜之间。

无线、可穿戴且柔软的生物特征识别传感器

[0001] 政府支持

[0002] 本发明是在美国国家科学基金会 (NSF) 授予的No.ECCS1509767拨款的政府支持下以及美国海军研究办公室 (ONR) 授予的No.N00014-16-1-2044拨款的政府支持下完成的。政府拥有本发明的某些权利。

[0003] 相关申请的交叉引用

[0004] 本申请要求享有于2017年6月7日提交的美国临时专利申请序列号No.62/516,309的优先权及权益,其全部内容通过引用并入本文,并构成本文的一部分。

技术领域

[0005] 本公开涉及可穿戴电子设备,并且更具体地,涉及粘附到皮肤并且无线式供电的柔软、可穿戴生物特征识别传感器。

背景技术

[0006] 曾经期望可穿戴电子设备作为解决许多医疗保健挑战的解决方案。希望可穿戴电子设备能够持续跟踪临床上有价值的生物特征并提供实时分析。然而,由于在功能、复杂性以及功耗之间取得平衡的挑战,近年来用于医学/健康感测的可穿戴电子设备的发展遇到了障碍。结果,由于其有限的灵敏度、舒适性、价格(例如,可弃置性)以及复杂性(例如,制造复杂性),当今可用的可穿戴电子设备通常限于感测低价值生物特征。因此,对于许多临床或健康应用,可穿戴设备被认为是不切实际或不可能的。

[0007] 因此,需要一种无线式供电的表皮生物特征识别传感器(即,电子纹身或电子纹身平台)来解决这些障碍。为简单起见,电子纹身应采用无线式供电,并且应使用简单、省时且经济高效的制造工艺而非光刻工艺来制造。为了舒适起见,所有电气互连(包括天线)都应具有可提供柔性且可拉伸的机械性能的形状,以便可以将电子纹身层压在表皮的任何部分(例如临时转移式纹身),并完全符合人体皮肤的微观形貌。此外,电子纹身对运动伪影应具有灵敏度和免疫力,其足以测量生理上有价值的信号。除了体温和脉搏血氧饱和度之外,电子纹身还应该能够测量光度(脉搏血氧饱和度、心跳、呼吸、血压)、电描记图(ECG、EEG、EMG、EOG)以及电阻抗(皮肤水合作用、体内脂肪)。

发明内容

[0008] 因此,在一个方面中,本公开内容包括生物特征识别传感器。该生物特征识别传感器包括柔性、可拉伸基底,该基底可以粘附到表皮上并且随着表皮的移动而适应和可弯曲。生物特征识别传感器还包括布置在柔性基底上的电路。该电路包括无线地发送和接收射频(RF)信号的天线。该电路还包括通信模块,该通信模块电连接到天线,并从天线接收RF信号并将RF信号转换为功率。该电路还包括电连接到通信模块的一个或多个传感器。一个或多个传感器和通信模块由功率可操作地供能,以感测生理信号并经由天线无线地发送感测的生理信号。

[0009] 在另一方面,本公开包含生物特征感测系统。该生物特征感测系统包括询问器设备,该询问器设备使用询问器天线无线地发送功率信号。该生物特征感测系统还包括粘附至受试者的表皮的表皮传感器。表皮传感器包括表皮天线,表皮天线与询问器天线电感耦合以接收功率信号。功率信号在操作上为表皮传感器供能,并使表皮传感器(i)感测来自受试者的生理信号,(ii)将感测到的生理信号转换为数字化信号,以及(iii)将数字化信号发送回询问器设备。

[0010] 在另一方面,本公开包含一种用于制造无线式供电的表皮生物统计传感器的方法。该方法包括将金属(例如,铜)箔层压到热释放胶带(TRT)上。接下来,将包括天线和互连件的电路切割成铜箔。然后,通过加热TRT,将电路转移到一张水溶性胶带(WST)上,该胶带由聚酰亚胺(PI)膜支撑。然后,将电子组件焊接到电路上,并通过润湿WST将具有焊接电子组件的电路转移到医用敷料膜上。最后,用第二医用敷料膜覆盖电路,从而将电路夹在医用敷料膜之间。

[0011] 在示例性实施例中,互连件可以包括各种类型的可焊接金属,包括(但不限于)铜、PI上的铜、锡、PI上的锡、金、PI上的金、镍、PI上的镍、银、PI上的银、铬以及PI上的铬。

[0012] 在以下具体实施方式及其附图中进一步说明了本公开的前述示例性概述以及其他示例性目的和/或优点以及实现本公开的方式。

[0013] 通过检查以下附图和详细描述,其他系统、方法、特征和/或优点对于本领域技术人员将是或可能变得显而易见。旨在将所有这些附加系统、方法、特征和/或优点包括在本说明书中,并由所附权利要求保护。

[0014] 本领域技术人员还将认识到,在不脱离本公开的范围和精神的情况下,可以配置上述优选和备选实施例的各种改编和变型。因此,应理解的是,在所附权利要求的范围内,可以不同于本文具体描述的方式实施本公开。

附图说明

[0015] 图1以图形方式描绘了根据本公开实施例的示例性的支持NFC的可拉伸电子纹身。

[0016] 图2是根据本公开实施例的生物特征感测系统的框图。

[0017] 图3是以图形方式示出了根据本公开实施例的“切割再粘贴”的制造方法的流程图。

[0018] 图4A以图形方式描绘了在折叠的机械形变下操作的示例性电子纹身平台。

[0019] 图4B以图形方式描绘了在扭转的机械形变下操作的示例性电子纹身平台。

[0020] 图4C-图4F是描绘了在拉伸的机械形变下操作的示例性电子纹身平台的图像,其中图4C示出了0%的拉伸,图4D示出了10%的拉伸,图4E示出了15%的拉伸,以及图4F示出了20%的拉伸。

具体实施方式

[0021] 本公开内容包含使用无线式供电的可拉伸电子纹身的生物特征感测。在图1中示出了可以监视、记录和发送关于穿戴者的生理信号的实时信息的电子纹身(即生物特征识别传感器)100的实施例。电子纹身100可以通过与询问器设备110(例如,智能电话)的无线链路120(例如,近场通信,NFC)接收功率。无线链路120通常被实施为以大约13.56兆赫兹

(MHz) 运行的近场通信 (NFC) 链路,但是在本公开内容中可以设想无线通信的其他频率和形式。

[0022] 电子纹身100通常包括生物特征感测单元、能量收集单元、电互连件,和封装(或电介质)层。生物识别感应单元集成了电极、热敏电阻、不同颜色的LED、一个或多个光电探测器、运算放大器、无源RC滤波器、模拟前端(AFE) IC,以及微控制器。能量收集单元由近场通信(NFC) IC、电感耦合天线和阻抗匹配组件构成。电子纹身100的实施例之一在没有电池的情况下运行,并且可以层压在表皮的任何部分上,例如临时转移式纹身。

[0023] 电子纹身可以随着穿戴者的皮肤机械地拉伸和弯曲,而不发生机械和电气故障或分层。因此,电子纹身穿戴舒适且不受运动伪影的影响。在示例性实施例中,在具有约50毫米(mm)×75mm的尺寸的柔性可拉伸基底102上制造电子纹身。如图1所示,柔性可拉伸基底上的电路和天线可包括金属(例如,铜)迹线(即,互连件)104,其形状呈蛇形以与柔性可拉伸基底102(和皮肤)一起弯曲。这样,天线和电路也是柔性的和可拉伸的。

[0024] 电子纹身可以测量不同的生理信号,例如皮肤热成像(体温)、光度(脉搏血氧饱和度和心跳、呼吸、血压)、电描记图(ECG、EEG、EMG、EOG)以及电阻抗(皮肤补水、体内脂肪)。电子纹身可以轻松地应用于不同区域以测量不同的生理特征信号。

[0025] 电子纹身平台可以由在电子纹身附近(例如,在8厘米内)的近场通信(NFC)和/或射频识别(RFID)询问器(例如,智能手机)无线式供电。

[0026] 图2是根据本公开的实施例的生物特征感测系统的框图。电子纹身100包括通信模块201(例如,NFC集成电路(IC))。通信模块201可以将测量的数据存储在各自的非易失性FRAM上,但是还可以经由天线204将数据无线地发送到询问器110。可以实时地或者周期性地传输数据。除了通信模块201之外,电子纹身还可以包括有源组件202,例如一个或多个发光二极管(LED),和/或传感器203,例如热敏电阻和光电检测器。组件之间的所有电互连件(包括用于与询问器设备110传输功率和数据的电感耦合天线204)都应以这样的方式设计成:即,可以通过应用蛇形形状来获得柔性且可拉伸的机械性能。柔性有助于层压到表皮的任何部分,从而产生低的电极-皮肤界面阻抗并实现高信噪比(SNR)测量。

[0027] 在实施例之一中,NFC IC包括对来自传感器的信号进行数字化的模数转换器。NFC还可包括编码器和发送器,编码器将数字化的信号编码为NFC通信协议,发送器将编码的信号作为RF信号发送至询问器设备(例如,智能电话或RFID读取器)。

[0028] 时间/成本有效的“剪切再粘贴”制造方法可以用于将可拉伸的金属电路集成在并将电子组件连接在柔性可拉伸基底(例如,胶粘片)上。图3以图形方式示出了根据本公开的实施例的“剪切再粘贴”制造方法的流程图。

[0029] 如图3所示,电子纹身在制造方法上与现有技术有很大不同。该制造工艺比现有制造工艺(例如光刻、金属沉积、干/湿蚀刻以及转移印刷)更具时间/成本效益。一方面,台式可编程切割机用于切割(即雕刻)出形成了电子纹身的电路图案。

[0030] 用于制造无线式供电的表皮生物特征识别传感器300的方法包括将301铜箔层压到热释放胶带(TRT)上。铜箔被切割302成包括了天线和互连件的电路,每个都具有蛇形形状以具备柔性。加热TRT,以便可以将电路转移303到水溶性胶带(WST)上,该胶带由聚酰亚胺膜(例如,KAPTON™胶带)支撑。聚酰亚胺膜为电路提供了稳定的支撑,使得可以将组件焊接到电路上。因此,该工艺包括将组件焊接304到电路。然后,通过润湿WST将具有焊接的电

子组件的电路转移305到医疗敷料膜(例如,TEGADERM™)。电路被第二医用敷料膜覆盖306,使得电路(和组件)被夹在膜之间。这使电路与皮肤电绝缘。

[0031] 在切割302操作中使用的台式可编程切割机绘图仪允许简单地在聚合物薄片、金属涂层聚合物薄片,或者甚至是如石墨烯的原子片薄片上切割出图案或形状。此外,“剪切再粘贴”方法是一种无晶圆厂工艺,使其比涉及光刻图案化和化学蚀刻的无尘室工艺更具成本效益和时间效率。

[0032] 在示例性制造中,将18 μ m厚的铜(Cu)箔层压在热释放胶带(TRT)上。机械切割机绘图仪会在几分钟内将设计好的电路图案切割到铜箔上。除去多余的铜箔后,将铜电路转移到由KAPTON™胶带支撑的水溶性胶带(WST)上,该KAPTON™胶带可作为焊接的稳定支撑。施加焊膏以将NFC芯片和其他独立电子组件附着到Cu电路上。用水滴溶解WST,整个电路可以转移到柔软的可拉伸目标基底TEGADERM™(47 μ m厚)上。最后,在另一面上使用另一个TEGADERM™作为封装层,以使电路与直接接触的皮肤隔离。

[0033] 就效率而言,自由形式的“剪切再粘贴”方法优于涉及光刻、金属沉积以及化学蚀刻的常规微细加工方法,因为电子纹身可以在周围环境中、在30分钟之内并且仅使用简单的切割机来制备。

[0034] 曾试图将无线供电式电子器件引入到临时纹身形状因素的其他可穿戴设备仅能够测量基本的生理信号,例如体温和脉搏血氧饱和度。除了这些信号之外,电子纹身平台还可以感应光度信号(例如,用于脉搏血氧饱和度、心跳、呼吸、血压)、电描记图(例如,用于ECG、EEG、EMG、EOG)以及电阻抗(例如,用于皮肤补水、体内脂肪)。

[0035] 电子纹身平台解决了当前技术存在的各种挑战。例如,一个问题在于无线通信的高功率需求。为了解决这一挑战,所公开的电子纹身的实施例通过使用电感环形天线从外部设备(例如询问器设备)的电磁场中收集能量并使用近场通信(NFC)集成电路(IC)进行调节来获得工作功率。电感耦合通常需要将电子纹身和询问器设备放置在彼此相邻的位置(例如,在8厘米之内),以便电子纹身的天线(例如,环行)被电感耦合到询问器设备的天线。

[0036] 电子纹身平台还具有优于当前技术的优势。电子平台可以在机械、电气以及高效方面提供多种功能。电子纹身具有柔性和可拉伸性的机械优势。在某种程度上,柔性一部分是由于蛇形的机理。在示例性实施例中,双股蛇形可以用于天线线圈和互连件。双股蛇形节省了空间,同时保持了可拉伸性和适应性。由于蛇形不会增加太多的硬度,因此电子纹身的模量将以TEGADERM™的模量(例如7.4MPa)为主,TEGADERM™的模量与人类皮肤的模量(例如0.32-4MPa)接近。在示例性实施例中,柔性的可拉伸基底具有在0.1至10兆帕斯卡(MPa)范围内的模量(例如,杨氏模量)以匹配人皮肤的柔性。因此,电子纹身可以层压在表皮上,如不易察觉的第二皮肤那样,而不会限制皮肤的自然皮肤形变。

[0037] 图4A-图4F是示出示例性电子纹身在操作期间的柔性和可拉伸性的各种测试的结果的图像。

[0038] 图4A以图形方式描绘了在折叠的机械形变下操作的示例性电子纹身平台。

[0039] 图4B以图形方式描绘了在扭转的机械形变下操作的示例性电子纹身平台。

[0040] 图4C-图4F以图形方式描绘了在拉伸的机械形变下操作的示例性电子纹身平台,其中图4C示出了0%的拉伸,图4D示出了10%的拉伸,图4E示出了15%的拉伸,以及图4F示出了20%的拉伸。

[0041] 测试表明,即使在以小于10毫米的曲率半径或扭曲半径来完全弯绕电子纹身或将其拉伸至20%之后,LED仍保持点亮状态,这表明天线和互连件对机械形变不敏感。

[0042] 电子纹身有助于在人体或动物体的任何皮肤表面上测量生理信号。电子纹身平台的实施例可以在一系列应用中使用。电子纹身可以应用于许多方面,例如用于临床/生物医学应用(例如,医疗保健可穿戴设备)的生理信号监视、健身/娱乐产品(例如,活动跟踪器)和/或用于动物医学和健康跟踪。特别地,电子纹身平台可以应用于需要监测剂量或暴露量(例如,紫外线、辐射、压力、体温过高/高热)的身体或器官的任何部分。电子纹身平台可以监视生理信号的变化(例如,心跳、呼吸、体温、皮肤阻抗、汗液水平、ECG、EEG、EMG以及EOG)。

[0043] 电子纹身平台的一些示例性和非限制性应用如下:

[0044] 1. 体温可以通过在电路上集成热敏电阻来测量。热敏电阻的输出为电压,根据输出电压计算温度。

[0045] 2. 皮肤含水量/身体脂肪可通过在电路上集成运算放大器来测量。放大器的输出是电压,并且根据输出电压计算皮肤电导。皮肤电导可通过皮肤含水量/人体脂肪进行校准。

[0046] 3. 脉搏血氧饱和度/心跳/呼吸可以通过在电路上集成绿色(或IR)LED、红色LED、一个或多个光电探测器、用于放大来自光电探测器的信号的放大器以及无源(或有源)低/高/带通滤波器来测量。放大器的输出是电压,并且根据绿色(或IR)LED和红色LED之间的输出信号差来计算外围毛细血管血氧饱和度(SpO₂)。另外,可以使用测得的脉搏血氧饱和度信号获取心跳和呼吸。

[0047] 4. 电描记图(ECG、EEG、EMG以及EOG)可以通过AFE IC来测量,通过在电路上集成仪表放大器、运算放大器和低/高/带通滤波器来测量。放大器的输出是电压,并且根据输出电压测量ECG/EEG/EMG/EOG。可以通过ECG和光电探测器的输出信号来估算血压(BP)。

[0048] 在说明书和/或附图中,术语“和/或”的使用包括一个或多个相关联的所列项目的任一个和所有组合。附图是示意图,因此不一定按比例绘制。除非另有说明,否则已在一般性和描述性意义上使用了特定术语,而不是出于限制的目的。

[0049] 尽管在本公开中已经提供了几个实施例,但是应当理解的是,在不脱离本公开的精神或范围的情况下,可以以许多其他特定形式来实现所公开的系统和方法。本示例被认为是说明性的而不是限制性的,并且本发明的意图不限于在本文给出的细节。例如,各种元件或组件可以组合或集成在另一个系统中,或者某些特征可以省略或不应用。

[0050] 此外,在不脱离本公开的范围的情况下,在各种实施例中以离散或分开的方式描述和示出的技术、系统、子系统以及方法可以与其他系统、模块、技术或方法组合或集成。示出或讨论为彼此直接耦接或通信的其他项目可以通过某种接口、设备或中间组件以电气、机械或其他方式间接耦接或通信。在不脱离本文公开的精神和范围的情况下,改变、替换和变更的其他示例可以由本领域技术人员确定并做出。

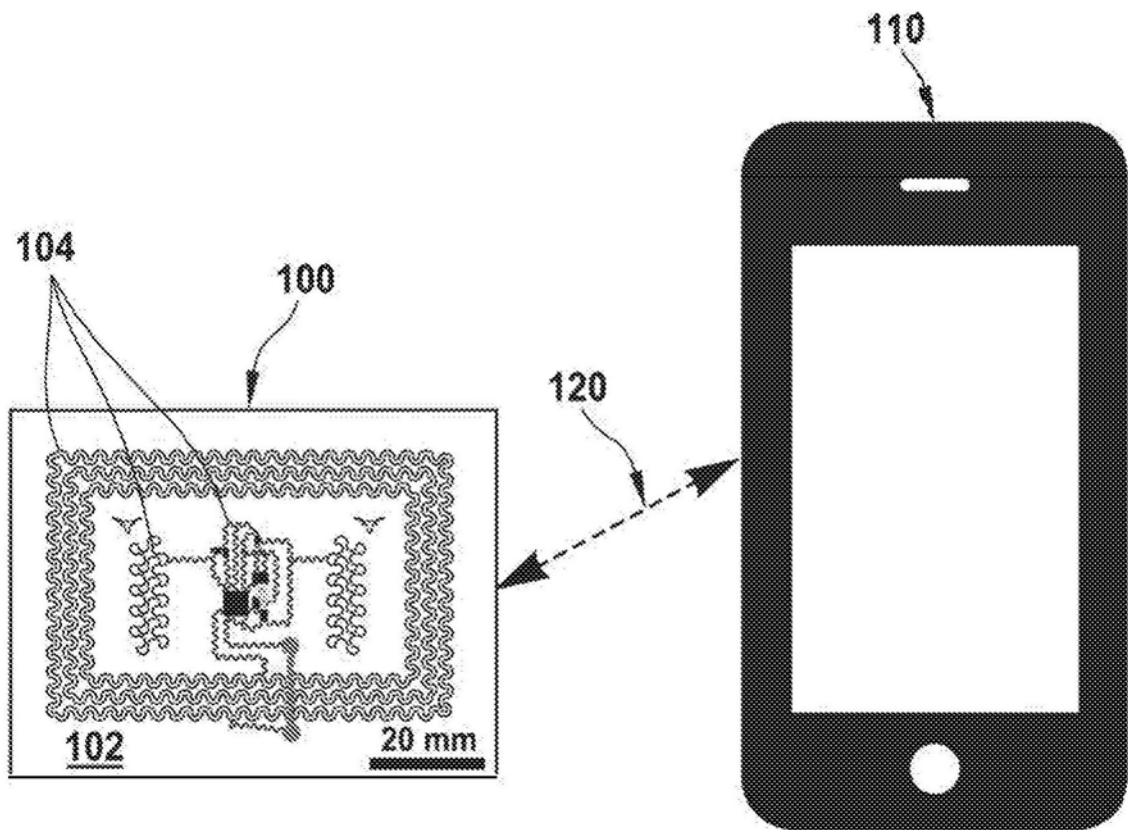


图1

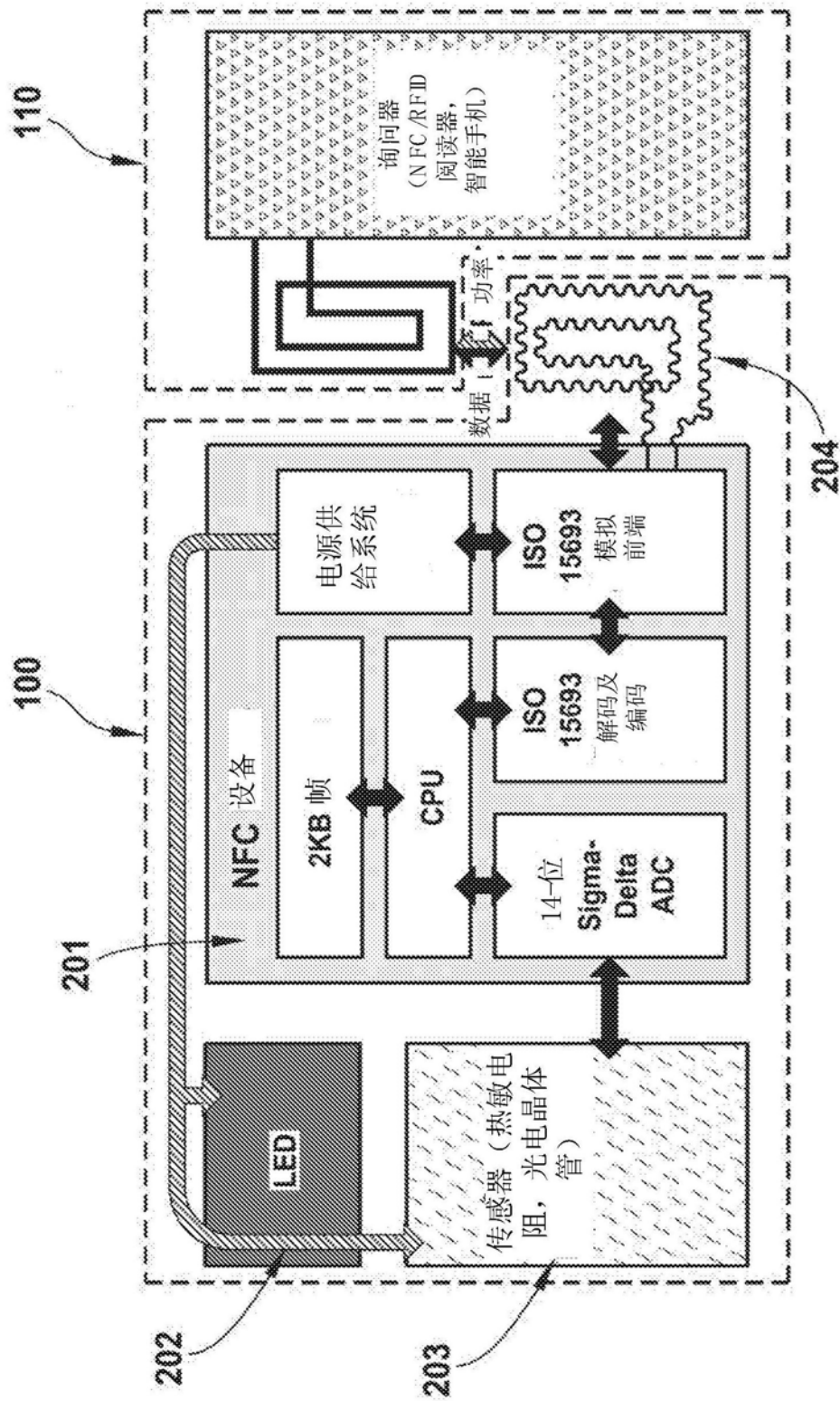


图2

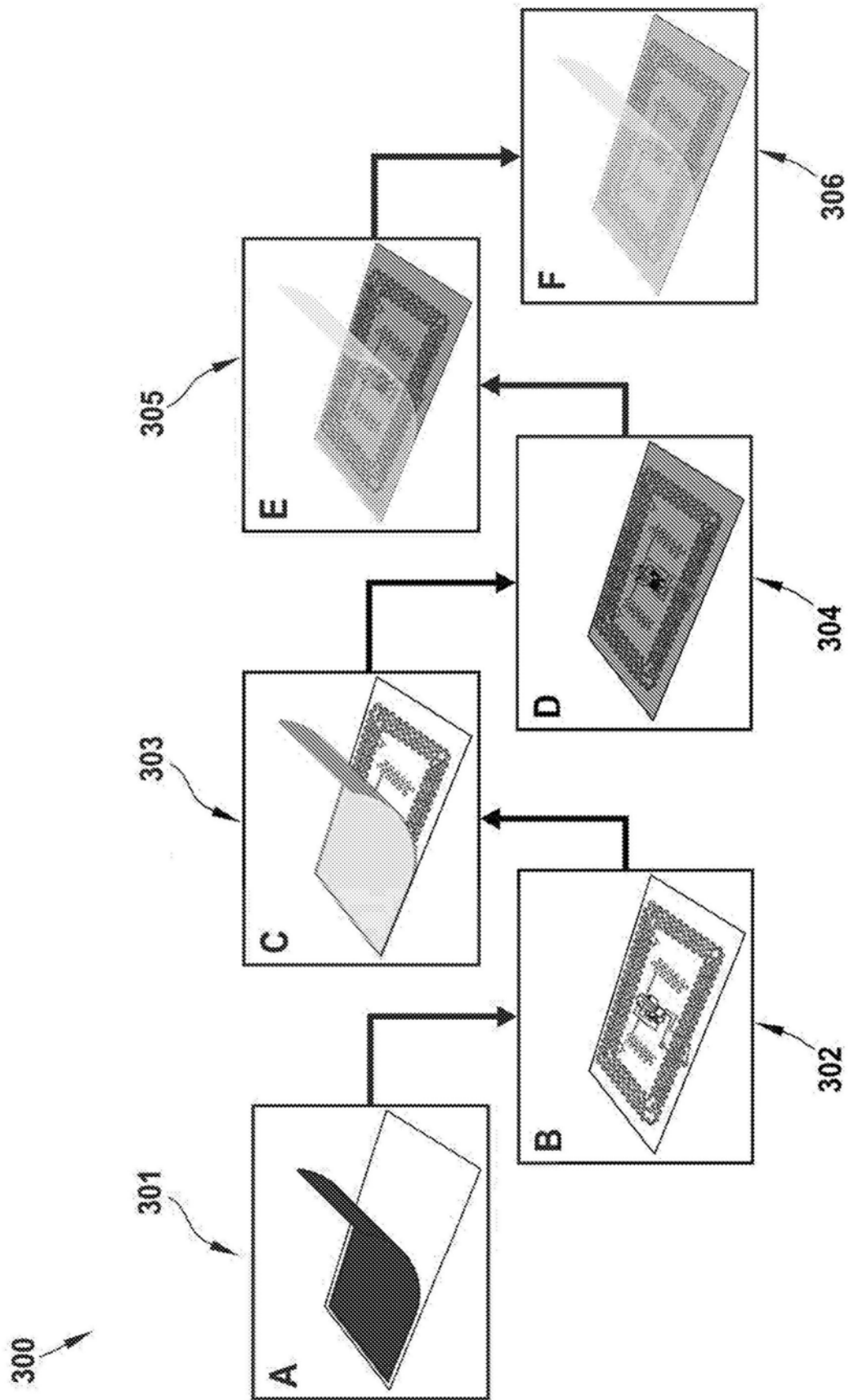


图3



图4A

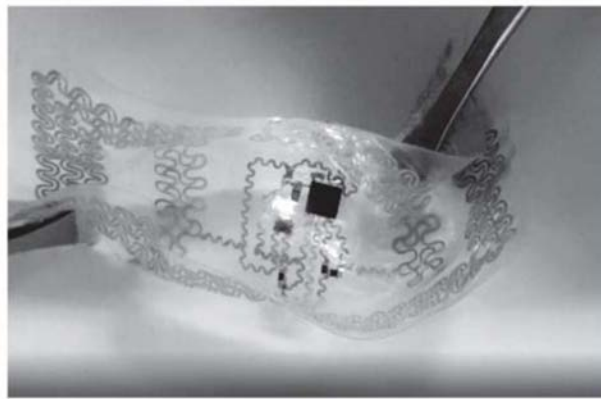


图4B

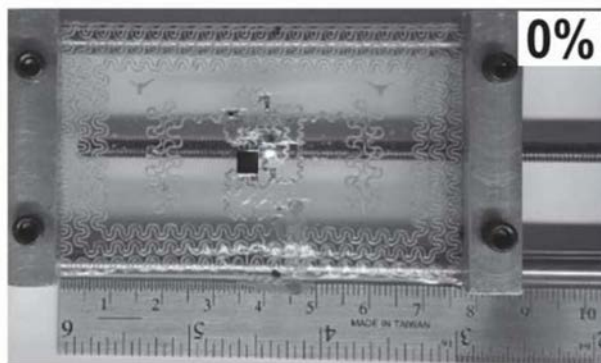


图4C

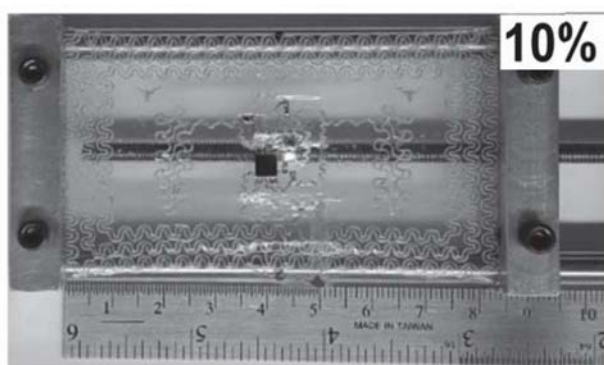


图4D

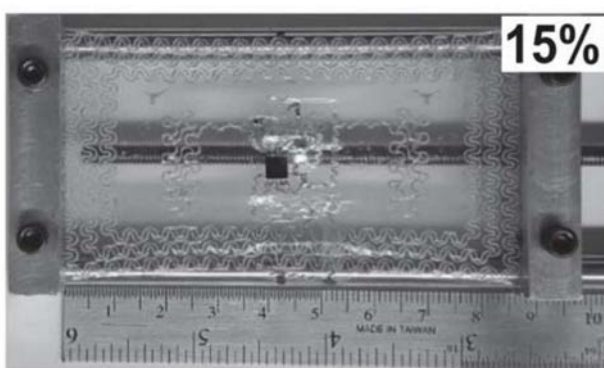


图4E



图4F

专利名称(译)	无线、可穿戴且柔软的生物特征识别传感器		
公开(公告)号	CN111343902A	公开(公告)日	2020-06-26
申请号	CN201880050942.7	申请日	2018-06-06
申请(专利权)人(译)	得克萨斯大学体系董事会		
当前申请(专利权)人(译)	得克萨斯大学体系董事会		
[标]发明人	鲁南姝 郑孝英		
发明人	鲁南姝 郑孝英		
IPC分类号	A61B5/00		
代理人(译)	张杰		
优先权	62/516309 2017-06-07 US		
外部链接	SIPO		

摘要(译)

通过采用干燥且自由的“剪切再粘贴”方法，在数分钟内制造出具有NFC功能的类似纹身的无线、可拉伸生物特征识别传感器，而无需使用任何化学药品、墨水或掩模/模板。该传感器通过可拉伸的电感线圈和集成在传感器上的NFC芯片无线地接收功率。传感器测量的数据通过同一天线和NFC芯片无线传输。该传感器完全可拉伸且适合人体皮肤，并且遵循皮肤的机械形变而不会发生机械和电气故障或分层。该传感器不易磨损，可对生理信号执行高保真感测。根据传感器的应用位置，可能的应用包括测量生理信号，例如皮肤热成像(体温)、光度(脉搏血氧饱和度、心跳)、电描记图(ECG、EEG、EMG、EOG)、电阻抗(皮肤水分、体脂)以及机械运动(心震图、呼吸频率、关节弯曲)。

