



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109009106 A

(43)申请公布日 2018.12.18

(21)申请号 201811001934.1

(22)申请日 2018.08.30

(71)申请人 东北大学

地址 110169 辽宁省沈阳市浑南区创新路
195号

(72)发明人 刘纪红 胡岸 安承洋 吕嵩伟

(74)专利代理机构 沈阳优普达知识产权代理事
务所(特殊普通合伙) 21234

代理人 张志伟

(51)Int.Cl.

A61B 5/0492(2006.01)

A61B 5/00(2006.01)

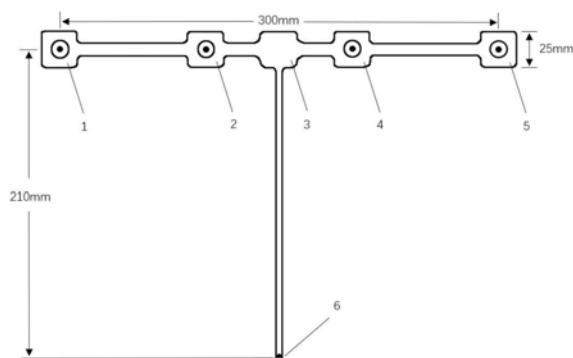
权利要求书2页 说明书4页 附图3页

(54)发明名称

一种四通道表面肌电有源同心圆电极及其
制备方法

(57)摘要

本专利涉及一种四通道表面肌电有源同心圆电极及其制备方法。电极主要由FPC柔性基板、同心圆电极、参考电极和电源变换电路构成。采用了电流噪声极小的仪表放大器设计有源电极，从而从源头上避免了放大器内部噪声和电磁噪声的引入；同心圆空间滤波能减少肌电串扰；前端阻容滤波网络避免了伪迹干扰的放大；电极的沉金处理降低了接触阻抗，并提高了电极的耐用性；合理布线和大面积铺铜进一步削弱了电磁干扰。相比目前市场上普遍使用的肌电采集电极，本电极具有较好的抗噪性能、较优异的运动单元动作电位分辨能力、较强的表面抗腐蚀性，以及更为简单的结构，易于使用者佩戴。电极适用于采集高质量表面肌电信号，可用于手势识别等研究。



1. 一种四通道表面肌电有源同心圆电极,其特征在于,

整体结构包括:基板、同心圆有源电极,参考电极;

基板顶部设有同心圆有源电极的电路部分和电源变换电路;底部设有同心圆电极和参考电极;

基板为T形结构,采用0.1mm厚度FPC制作而成,具有良好的可弯折性,易于绕成环状,使多个同心圆有源电极与手臂皮肤贴合;为了保证走线在弯折时受力均匀,在布线时采用了弧形拐角布线,FPC板采用圆角结构;

参考电极和同心圆电极置于基板底层,电路部分走线都置于基板上层,有利于减小皮肤与导线靠近产生的干扰;

同心圆有源电极的核心是仪表放大器,具有优异的低噪声性能,由于差分信号的过零特性,仪表放大器需要采用双电源供电;

电源变换电路采用三个LDO芯片将0~5V转换为 $\pm 2.5V$ 。

2. 根据权利要求1所述的一种四通道表面肌电有源同心圆电极,其特征在于,仪表放大器的增益调节端采用阻容网络,形成了一阶高通滤波器,防止伪迹干扰等低频噪声造成仪表放大器饱和,有效消除了一部分伪迹噪声;阻容网络中选用 $R_g = 1K\Omega$ 和 $C_g = 10\mu F$ 串联。

3. 根据权利要求2所述的一种四通道表面肌电有源同心圆电极,其特征在于,加上阻容滤波网络的仪表放大器的高通截止频率约为15Hz,通带增益约为34dB;肌电的有效频率范围在20Hz到500Hz之间,考虑到后级信号调理电路中一般还要再次进行无源高通滤波,此处的截止频率才设计成小于20Hz。

4. 根据权利要求1所述的一种四通道表面肌电有源同心圆电极,其特征在于,

同心圆有源电极包括芯片、电容一、电容二、电容三、电阻、过孔一、过孔二、同心圆电极;

芯片为仪表放大器,电容一和电容二是仪表放大器的退耦电容,减小供电纹波;

电容三和电阻串联,用于无源高通滤波;过孔一和过孔二在FPC板上层通过较短较粗的走线连接至芯片的两个输入端,在FPC板下层则直接连接至同心圆电极的两极;由于肌电信号在到达仪表放大器之前还是毫伏级,甚至微伏级信号,抗干扰能力极弱,所以同心圆电极与芯片的输入端的连接较短。

5. 一种四通道表面肌电有源同心圆电极的制备方法,其特征在于,

同心圆电极应满足差分电极的基本要求,即差分电极的两极面积相等;同时,电极太小会使阻抗增加,太大又会由于积分效应而使肌电信号的高频成分丢失;综合考虑,电极尺寸为:内圆盘半径1.25mm,外圆环内径4.92mm,外径5.08mm;相比尺寸相近的普通差分电极,同心圆电极采集得到的肌电信号比较微弱,在后级调理电路应提供足够的放大倍数;电极尺寸对信号幅值也有影响,在放大倍数不够大的情况下,通过在保证两极面积相等的条件下适当增大同心圆电极的尺寸,也能提高信号的幅值;应当注意,由于信号的幅值相对工频干扰比较小,后级调理电路应当包含工频陷波电路,防止工频干扰放大造成输出饱和。

6. 根据权利要求5所述的一种四通道表面肌电有源同心圆电极的制备方法,其特征在于,

为了减小仪表放大器自身的电流噪声造成的干扰,同心圆电极与皮肤的接触阻抗应尽量小,对同心圆电极进行如下设计:在FPC板上绘出具有电极形状的裸露铜层,然后在铜层

上镀镍层,然后在镍表面利用沉金工艺均匀镀上厚度为0.1 μ m的金层;镍层作为过渡层,能防止金铜扩散从而使镀层性能下降;采用沉金工艺镀上的金纯度极高,具有很好的低阻抗与耐腐蚀特性,可增加电极的耐用性。

7.根据权利要求5所述的一种四通道表面肌电有源同心圆电极的制备方法,其特征在于,

为了减小信号传输线引入的电磁干扰,同心圆电极两端用参考地线包围,采用铺铜的方法能最大限度地在地线铺满未布线区域,从而尽可能屏蔽电磁干扰;

对于同心圆电极放置位置的选择,应该避免将电极置于任何一块肌肉的神经支配区IZ或者肌腱TZ之上;神经支配区是神经元末端和肌纤维接触的区域,即肌电信号产生的源头,肌电信号从IZ开始沿肌纤维向两端传导;肌腱上一般不会检测到明显的sEMG信号;将电极置于上述两种部位会严重影响采集质量;正确的放置方法是将电极放置于IZ与TZ之间,并且位于所测肌肉的正上方;在小臂离肘1/3小臂长度处,手部活动的主要肌肉,指浅屈肌,指深屈肌,指伸肌,都满足上述最佳测量点的条件,由于同心圆电极具有各向同性,故不必考虑电极摆放的角度问题。

8.根据权利要求5所述的一种四通道表面肌电有源同心圆电极的制备方法,其特征在于,

电极的所有结构都整合于同一块FPC之上,除了供电和信号输出端口,没有任何可拆卸连接结构,这样最大限度保证了所采信号不受外界干扰;考虑到不同人小臂臂围的差异,各电极间距留有足够的裕量,通过后期在电极片上加套环,可以用松紧带调节四个电极的间距,便于为每个测试者确定最佳的电极摆放位置。

一种四通道表面肌电有源同心圆电极及其制备方法

技术领域

[0001] 本项发明专利涉及一种四通道表面肌电有源同心圆电极及其制备方法。本电极能实现高质量肌电信号的采集,适用于肌电手势控制等领域。

背景技术

[0002] 目前,常用的表面肌电信号(sEMG)的采集多采用无源电极,即每个电极本身通过屏蔽线单独连接至采集电路板。这种设计不仅体积庞大,连线多,而且信号的抗干扰能力往往不强。有源电极是一种将电极与前置放大电路紧密整合在一起的电极,通过阻抗变换和放大,信号的抗干扰能力会显著增强。目前,有源电极多用于电极分布紧密,数量众多的阵列式电极设计;同心圆差分结构是一种空间滤波结构,具有高通滤波效应,能过滤一部分低频噪声,同时,同心圆电极具有相比其他空间滤波结构更为优异的运动单元动作电位(MUAP)分辨能力,对肌电串扰具有较强的抑制作用。现已有关于同心圆差分电极的研究,但尚无采用同心圆结构设计有源电极的先例。

发明内容

[0003] 本发明目的是提出一套完整的四通道表面肌电有源同心圆电极设计和制备方案,提高肌电信号采集的质量,尽可能减小噪声干扰,并确定电极摆放的最佳位置。

[0004] 为实现本发明的目的采用的技术方案是:

[0005] 一种四通道表面肌电有源同心圆电极,整体结构包括:基板、同心圆有源电极,参考电极;

[0006] 基板顶部设有同心圆有源电极的电路部分和电源变换电路3;底部设有同心圆电极和参考电极;

[0007] 基板为T形结构,采用0.1mm厚度FPC制作而成,具有良好的可弯折性,易于绕成环状,使多个同心圆有源电极与手臂皮肤贴合;为了保证走线在弯折时受力均匀,在布线时采用了弧形拐角布线,FPC板采用圆角结构;

[0008] 参考电极和同心圆电极置于基板底层,电路部分走线都置于基板上层,有利于减小皮肤与导线靠近产生的干扰;

[0009] 同心圆有源电极的核心是仪表放大器,具有优异的低噪声性能,由于差分信号的过零特性,仪表放大器需要采用双电源供电;

[0010] 电源变换电路采用三个LDO芯片将0~5V转换为 $\pm 2.5V$ 。

[0011] 仪表放大器的增益调节端采用阻容网络,形成了一阶高通滤波器,防止伪迹干扰等低频噪声造成仪表放大器饱和,有效消除了一部分伪迹噪声;阻容网络中选用 $R_g = 1K\Omega$ 和 $C_g = 10\mu F$ 串联。

[0012] 加上阻容滤波网络的仪表放大器的高通截止频率约为15Hz,通带增益约为34dB;肌电的有效频率范围在20Hz到500Hz之间,考虑到后级信号调理电路中一般还要再次进行无源高通滤波,此处的截止频率才设计成小于20Hz。

[0013] 同心圆有源电极包括芯片、电容一、电容二、电容三、电阻、过孔一、过孔二、同心圆电极；

[0014] 芯片为仪表放大器，电容一和电容二是仪表放大器的退耦电容，减小供电纹波；

[0015] 电容三和电阻串联，用于无源高通滤波；过孔一和过孔二在FPC板上层通过较短较粗的走线连接至芯片的两个输入端，在FPC板下层则直接连接至同心圆电极的两极；由于肌电信号在到达仪表放大器之前还是毫伏级，甚至微伏级信号，抗干扰能力极弱，所以同心圆电极与芯片的输入端的连接较短。

[0016] 一种四通道表面肌电有源同心圆电极的制备方法，同心圆电极应满足差分电极的基本要求，即差分电极的两极面积相等；同时，电极太小会使阻抗增加，太大又会由于积分效应而使肌电信号的高频成分丢失；综合考虑，电极尺寸为：内圆盘半径1.25mm，外圆环内径4.92mm，外径5.08mm；相比尺寸相近的普通差分电极，同心圆电极采集得到的肌电信号比较微弱，在后级调理电路应提供足够的放大倍数；电极尺寸对信号幅值也有影响，在放大倍数不够大的情况下，通过在保证两极面积相等的条件下适当增大同心圆电极的尺寸，也能提高信号的幅值；应当注意，由于信号的幅值相对工频干扰比较小，后级调理电路应当包含工频陷波电路，防止工频干扰放大造成输出饱和。

[0017] 为了减小仪表放大器自身的电流噪声造成的干扰，同心圆电极与皮肤的接触阻抗应尽量小，对同心圆电极进行如下设计：在FPC板上绘出具有电极形状的裸露铜层，然后在铜层上镀镍层，然后在镍表面利用沉金工艺均匀镀上厚度为0.1 μ m的金层；镍层作为过渡层，能防止金铜扩散从而使镀层性能下降；采用沉金工艺镀上的金纯度极高，具有很好的低阻抗与耐腐蚀特性，可增加电极的耐用性。

[0018] 为了减小信号传输线引入的电磁干扰，同心圆电极两端用参考地线包围，采用铺铜的方法能最大限度地将地线铺满未布线区域，从而尽可能屏蔽电磁干扰；

[0019] 对于同心圆电极放置位置的选择，应该避免将电极置于任何一块肌肉的神经支配区IZ或者肌腱TZ之上；神经支配区是神经元末端和肌纤维接触的区域，即肌电信号产生的源头，肌电信号从IZ开始沿肌纤维向两端传导；肌腱上一般不会检测到明显的sEMG信号；将电极置于上述两种部位会严重影响采集质量；正确的放置方法是将电极放置于IZ与TZ之间，并且位于所测肌肉的正上方；在小臂离肘1/3小臂长度处，手部活动的主要肌肉，指浅屈肌，指深屈肌，指伸肌，都满足上述最佳测量点的条件，由于同心圆电极具有各向同性，故不必考虑电极摆放的角度问题。

[0020] 电极的所有结构都整合于同一块FPC之上，除了供电和信号输出端口，没有任何可拆卸连接结构，这样最大限度保证了所采信号不受外界干扰；考虑到不同人小臂臂围的差异，各电极间距留有足够的裕量，通过后期在电极片上加套环，可以用松紧带调节四个电极的间距，便于为每个测试者确定最佳的电极摆放位置。

[0021] 本发明的有益效果是：

[0022] 1、本发明可以有效解决肌电采集过程中的信号受干扰问题（包括串扰，电磁干扰和伪迹噪声），提高所采信号的质量；同时，该有源电极设计相比传统的无源设计，结构更加紧凑，只需要一根总线即可实现四路信号与后级调理电路的连接，利于设备的便携化；另外，四路电极采用柔性FPC基板制作，电极的相对位置还可以进行调节，保证了电极对所测肌肉的精确定位和电极与皮肤间的紧密贴合。

[0023] 2、本发明采用同心圆结构的有源电极,大幅提升了采集信号的信噪比;方案的其他部分也采取了避免噪声引入的设计(线路与电极分离、电极紧贴输入端、地线包围信号线)和从源头减小噪声的设计(沉金电极设计、阻容滤波网络)。整体系统能采集到高信噪比的四路表面肌电信号,并且结构简单,避免了复杂的连线。

[0024] 3、本发明同心圆电极与前置放大电路分别处于FPC柔性板的两面并尽量靠近,构成有源同心圆电极。四路电极位于同一块FPC上并相互保持足够距离,分别检测不同肌群的表面肌电信号。同心圆电极采用沉金工艺制作。采取一系列措施避免信号传输过程中干扰的引入。适用于前臂肌群的表面肌电信号检测,尤其是控制手部运动的手外肌,为研究肌电手势控制技术提供硬件支持。

附图说明

[0025] 图1是本发明的整体结构图。

[0026] 图2是本发明的仪表放大器内部结构图和外围连接图。

[0027] 图3(a)是图1中同心圆有源电极一1的电极放大图。

[0028] 图3(b)是同心圆电极的两极连接示意图。

[0029] 图4是本发明有源同心圆电极的涂层结构图。

具体实施方式

[0030] 下面结合说明书附图及对本发明进一步详细说明。

[0031] 一种四通道表面肌电有源同心圆电极及其制备方法,电极的整体结构包括:基板、同心圆有源电极包括同心圆有源电极一1、同心圆有源电极二2、同心圆有源电极三4、同心圆有源电极四5、电源变换电路3、参考电极6;

[0032] 参考电极6和同心圆有源电极处于底层,所有的电路走线都处于上层,有利于减小皮肤与导线靠近产生的干扰;采用0.1mm厚度FPC作为基板,具有良好的可弯折性,易于绕成环状,使电极与手臂皮肤贴合;为了保证走线在弯折时受力均匀,在布线时采用了弧形拐角布线,FPC板采用了圆角设计;

[0033] 同心圆有源电极的核心之一是仪表放大器,采用的市场购买的仪表放大器AD8220内部结构如图2方框7所示。仪表放大器AD8220具有相当优异的低噪声性能,其电流噪声在1KHz内仅为 $1\text{fA}/\sqrt{\text{Hz}}$,电压噪声也仅为 $14\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$,非常适合进行生物电等小信号的采集。由于差分信号的过零特性,仪表放大器需要采用双电源供电,在本设计中仪表放大器AD8220采用 $\pm 2.5\text{V}$ 供电,故电源变换电路3采用三个LD0芯片(TPS71501、TPS72301和TPS60401)将0~5V转换为 $\pm 2.5\text{V}$,这样外接一个电源即可供电。为了防止伪迹干扰等低频噪声造成仪表放大器饱和,在仪表放大器AD8220的增益调节端采用了阻容网络8,如图2中虚框8所示,形成了一阶高通滤波器,有效消除了一部分伪迹噪声。阻容网络8中选用 $R_g=1\text{K}\Omega$, $C_g=10\mu\text{F}$,参考数据手册,根据公式可求得其截止频率约为15Hz,通带增益约为34dB。肌电的有效频率范围在20Hz到500Hz之间,考虑到后级信号调理电路一般还要进行有源高通滤波,此处的截止频率才设计成小于20Hz。

[0034] 图3为图1同心圆有源电极一1的有源电极放大图(画出走线)(已画出,见新的图3(a)),其中图3(a)为有源电极的上层,芯片10为仪表放大器AD8220,电容一9和电容二11(都

是0.1 μ F)是仪表放大器的退耦电容,能减小供电纹波;电容三12(10 μ F)和电阻13(1K Ω)串联,用于高通滤波和信号放大;过孔14和过孔15在FPC上层通过较短较粗的走线连接至芯片10仪表放大器AD8220的两个输入端,在下层则直接连接至同心圆电极的两极,如图3(a)和3(b)所示。由于肌电信号在到达仪表放大器之前还是毫伏级,甚至微伏级信号,抗干扰能力极弱,所以电极应该与仪表放大器AD8220的输入端保持较短的连接。

[0035] 对于同心圆电极的设计,应该满足差分电极的基本要求,即差分电极的两极面积应相等;同时,电极太小会使阻抗增加,太大又会由于积分效应而使肌电信号的高频成分丢失。综合考虑,设计的电极尺寸为:内圆盘半径1.25mm,外圆环内径4.92mm,外径5.08mm。相比尺寸相近的普通差分电极,同心圆电极采集得到的肌电信号比较微弱,在后级调理电路应提供足够的放大倍数。电极尺寸对信号幅值也有影响,在放大倍数不够大的情况下,通过在保证两极面积相等的条件下适当增大同心圆电极的尺寸,也能提高信号的幅值。应当注意,由于信号的幅值相对工频干扰比较小,后级调理电路应当包含工频陷波电路,防止工频干扰放大造成输出饱和。

[0036] 为了减小仪表放大器自身的电流噪声造成的干扰,电极与皮肤的接触阻抗应尽量小,这里对电极进行了特殊的处理:如图4所示,在FPC板上绘出具有电极形状的裸露铜层16,然后在铜盘上镀镍层17,然后在镍表面利用沉金工艺均匀镀上厚度为0.1 μ m的金层18。镍层作为过渡层,能防止金铜扩散从而使镀层性能下降。采用沉金工艺镀上的金纯度极高,具有很好的低阻抗与耐腐蚀特性,可增加电极的耐用性。

[0037] 为了减小信号传输线引入的电磁干扰,其两端用参考地线包围。采用铺铜的方法能最大限度地将地线铺满未布线区域,从而尽可能屏蔽电磁干扰。

[0038] 对于电极放置位置的选择,应该避免将电极置于任何一块肌肉的神经支配区(innervation zone,IZ)或者肌腱(tendon zone,TZ)之上。神经支配区是神经元末端和肌纤维接触的区域,即肌电信号产生的源头,肌电信号从IZ开始沿肌纤维向两端传导;肌腱上一般不会检测到明显的sEMG信号。已经证明将电极置于上述两种部位会严重影响采集质量。正确的放置方法是将电极放置于IZ与TZ之间,并且位于所测肌肉的正上方。在小臂离肘1/3小臂长度处,手部活动的主要肌肉,如指浅屈肌,指深屈肌,指伸肌等,都满足上述最佳测量点的条件,应优先考虑。由于同心圆电极具有各向同性,故不必考虑电极摆放的角度问题。

[0039] 电极的所有结构都整合于同一块FPC之上,除了供电和信号输出端口,没有任何可拆卸连接结构,这样最大限度保证了所采信号不受外界干扰。考虑到不同人小臂臂围的差异,各电极间距留有足够的裕量,通过后期在电极片上加套环,可以用松紧带调节四个电极的间距,便于为每个测试者确定最佳的电极摆放位置。

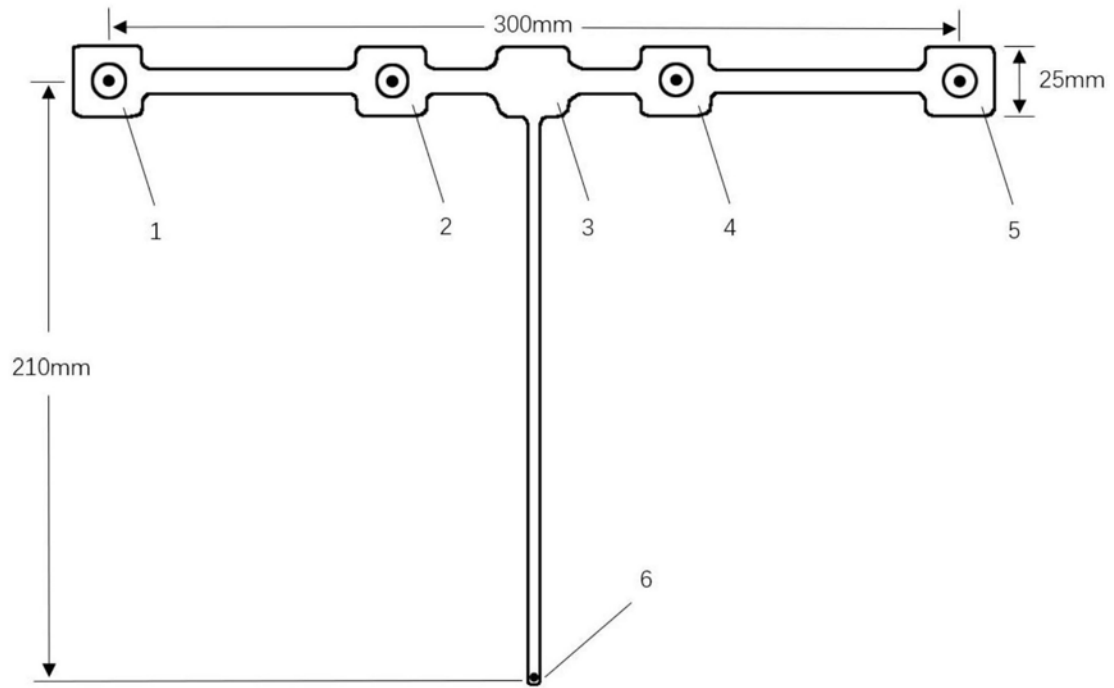


图1

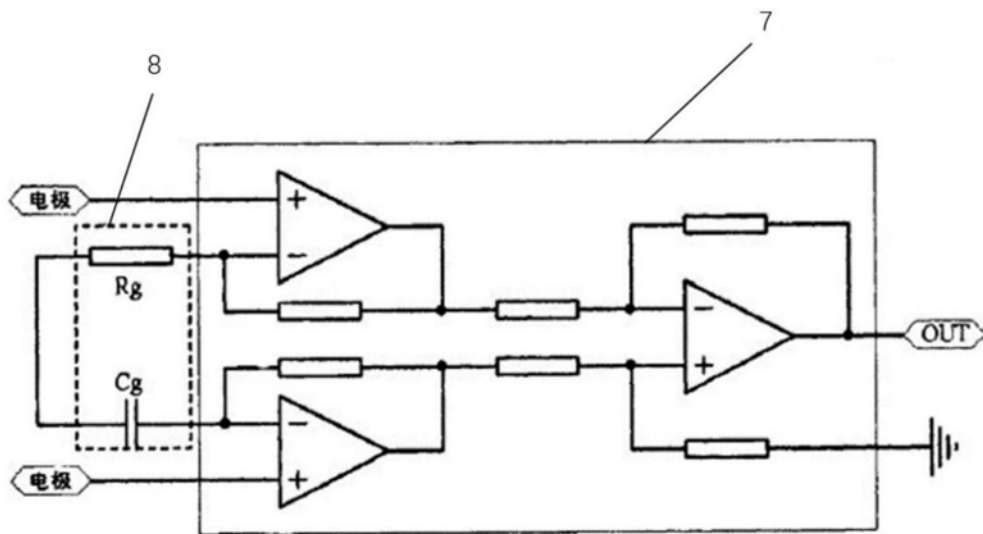


图2

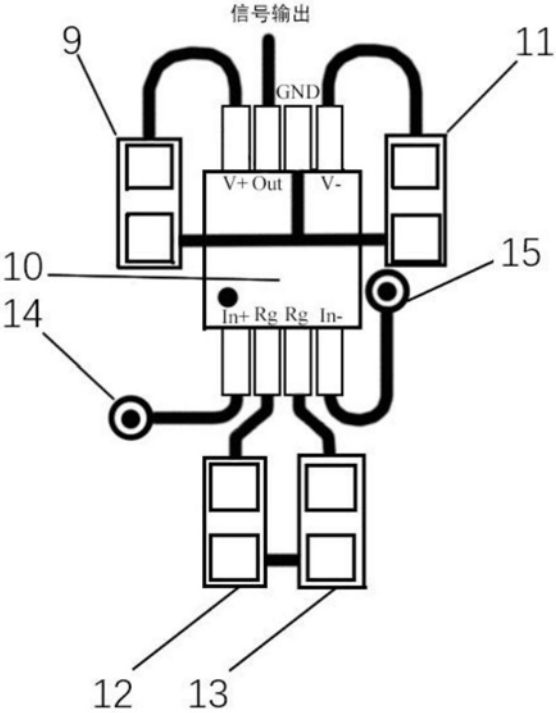


图3a

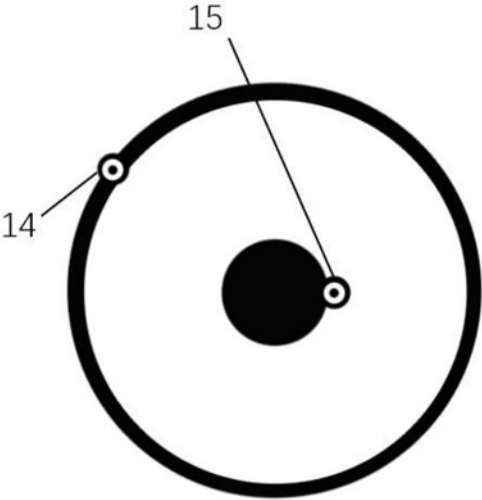


图3b

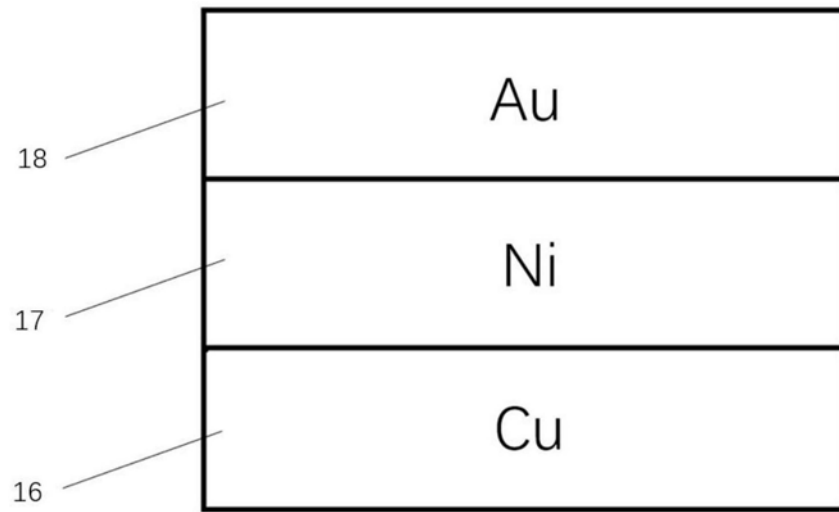


图4

专利名称(译)	一种四通道表面肌电有源同心圆电极及其制备方法		
公开(公告)号	CN109009106A	公开(公告)日	2018-12-18
申请号	CN201811001934.1	申请日	2018-08-30
[标]申请(专利权)人(译)	东北大学		
申请(专利权)人(译)	东北大学		
当前申请(专利权)人(译)	东北大学		
[标]发明人	刘纪红 胡岸 安承洋 吕嵩伟		
发明人	刘纪红 胡岸 安承洋 吕嵩伟		
IPC分类号	A61B5/0492 A61B5/00		
CPC分类号	A61B5/0492 A61B5/7203 A61B5/725		
代理人(译)	张志伟		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本专利涉及一种四通道表面肌电有源同心圆电极及其制备方法。电极主要由FPC柔性基板、同心圆电极、参考电极和电源变换电路构成。采用了电流噪声极小的仪表放大器设计有源电极，从而从源头上避免了放大器内部噪声和电磁噪声的引入；同心圆空间滤波能减少肌电串扰；前端阻容滤波网络避免了伪迹干扰的放大；电极的沉金处理降低了接触阻抗，并提高了电极的耐用性；合理布线和大面积铺铜进一步削弱了电磁干扰。相比目前市场上普遍使用的肌电采集电极，本电极具有较好的抗噪性能、较优异的运动单元动作电位分辨能力、较强的表面抗腐蚀性，以及更为简单的结构，易于使用者佩戴。电极适用于采集高质量表面肌电信号，可用于手势识别等研究。

