



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108158582 A

(43)申请公布日 2018.06.15

(21)申请号 201810113542.8

(22)申请日 2018.02.05

(71)申请人 郭海燕

地址 266071 山东省青岛市市南区长汀路  
一号十号楼五单元402户

(72)发明人 郭海燕 吴锴

(74)专利代理机构 青岛高晓专利事务所(普通  
合伙) 37104

代理人 张世功

(51)Int.Cl.

A61B 5/0488(2006.01)

A61B 5/00(2006.01)

B33Y 80/00(2015.01)

B33Y 70/00(2015.01)

B33Y 10/00(2015.01)

权利要求书3页 说明书8页 附图3页

(54)发明名称

一种压电柔性传感器的制备方法

(57)摘要

本发明属于传感器制作技术领域,特别是一种压电柔性传感器的制备方法;其主要工艺步骤包括绘制3D图、3D打印、溶液喷涂、涂覆防水底层、涂银胶电极、3D打印传感器、传感器固化、控温退火、涂胶电极、防水封装和压电传感器电极化,应用制得的压电柔性传感器与肌电信号前处理模块、蓝牙无线发射模块、蓝牙无线接收模块、肌电信号分析处理模块和控制假肢动作模块组合成压电柔性传感装置;该设备的制备工艺科学合理,产品稳定性好,使用寿命长,采用内置式的传感器能够避开表皮组织直接用运用肌电信号,能够有效准确地采集信号去辅助操控假肢,同时采用PVDF-TrFE及其复合材料的液态原料作为3D打印材料的方式,能够节约原材料,应用环境友好。



1. 一种压电柔性传感器的制备方法,其特征在于:其基本工艺步骤包括:

(1)、绘制3D图:核磁共振做残留肢体部位肌肉的造影,按照核磁结构,参照标准人体解剖肌肉组织图,绘制相应肌肉的3D图;

(2)、3D打印:将肌肉3D模型输入3D打印机,用聚乳酸PLA原材料3D打印相应肌肉模型,打印温度控制在180~200度之间,底板的加热温度控制在50~65度之间,按照标准熔融沉积的3D打印机的流程,使用通常的丝状材料打印;将打印好的模型做表面平滑处理:在通风良好的区域,佩戴非乳胶类手套将模型放置于底部装有少量丙酮的密封容器内,静放2-7小时,或加温30-50min加速丙酮挥发过程,减少放置时间;

(3)、溶液喷涂:为了后面步骤中揭膜方便,在肌肉模型表面喷涂一层0.5-2wt%聚乙烯醇溶液;

(4)、涂覆防水底层:PDMS胶体溶液是将固化物和PDMS预聚物按质量比1:8-12的比例配置;先将上述打印的肌肉模型放入培养皿中,将PDMS胶体覆盖浇注到肌肉模型上,厚度为0.3-1mm,然后将培养皿至于真空烘箱中水平放置,控温在60-100度,烘烤30-180min使肌肉模型固化;

(5)、涂银胶电极:在固化的肌肉模型上涂银胶电极,并从边缘处连接金或银电极导线,将LY-16034Ted Pella银导电胶用刷子涂抹薄薄的一层,静置1-4小时待银胶干透;

(6)、3D打印传感器:采用液态溶液浆料和3D打印工艺实现,

先配备液态原料溶液浆:在约60度加热台上配备10-20wt%PVDF-TrFE及其复合材料的二甲基甲酰胺溶液,加入2-6%杜邦氟碳表面活性剂,经60-80度真空干燥5-24小时浓缩处理后得到的PVDF-TrFE原料浆;

再3D打印肌肉形状的压电柔性传感器,采用现有技术直接通过液态原料打印的方法,打印的压电传感器,其压电层厚度为10-100 $\mu$ m;

(7)、传感器固化:控温60度真空干燥4-8小时固化结构,静置冷却至室温,从PLA肌肉模具上揭下柔性传感器;

(8)、控温退火:控温90-150度之间真空退火,退火时间5-24小时,静置冷却至室温,切除边缘多余部分;

(9)、涂胶电极:用银胶刷沿肌肉走向涂出5-7条分离的上电极,并从边缘处连接金或银电极导线,采用LY-16034Ted Pella银导电胶,静置1-4小时待银胶干透;

(10)、防水封装:用质量比1:8-12的固化物和PDMS预聚物的胶体溶液,将上述连接有上下电极的压电柔性传感器放入培养皿中,使各个电极之间以及与下电极的引线分离开,将PDMS胶体浇覆到传感器上,厚度为1-2mm,待气泡全部排出后,再将培养皿至于烘箱中水平放置,控温在60-100度烘烤30-180min使其固化;

(11)、压电传感器电极化:根据压电材料层厚度,施加约1.5-2倍矫顽场强的极化电压7000-10000V,极化时间15-40min,得产品压电压电传感器。

2. 根据权利要求1所述的压电柔性传感器的制备方法,其特征在于:所述液态溶液浆料采用3D打印工艺用液态溶液浆料;所述3D打印工艺采用移动底板打印结构和大距离用步进电机驱动,通过调整移动扫描速度和对料浆粘度与温度等的控制,并结合精密微量注射泵最小喷嘴,实现精微结构打印;所述3D打印工艺的打印头部分包括能够拆卸微电机控制的针阀喷嘴和不锈钢料桶,在不锈钢料桶中的滑动上端能够设有化学惰性的Teflon活塞打印

推杆,Teflon活塞边缘与不锈钢料桶密封设置,打印头部分还包括加热组件和喷头温度控制器;不锈钢料桶内为经浓缩处理排除水分和空气后得到的PVDF-TrFE或其复合物原材料浆;3D打印系统还设有温度、压力、液面传感器,通过半导体制冷微调温度来精确调控打印原料浆的粘度。

3. 根据权利要求1所述的压电柔性传感器的制备方法,其特征在于:应用压电柔性传感器时,首先对残存肢体端的肌肉组织进行改造,将与缺失肢体相连的神经重新放置在残存肢体端的肌肉组织上,然后将压电柔性传感器缝合在残存肢体端的肌肉组织上。

4. 根据权利要求1所述的压电柔性传感器的制备方法,其特征在于:一种应用所述压电柔性传感器的压电柔性传感装置,其主体结构包括压电柔性传感器、肌电信号前处理模块、蓝牙无线发射模块、蓝牙无线接收模块、肌电信号分析处理模块、控制假肢动作模块、充电模块、内置电路电源模块、电极、缝合线、前置放大器、多路模拟开关、除噪声干扰的滤波器、后级放大器、单片机模数转换单元和假肢电源模块;所述压电柔性传感装置包括内置部分和外置部分,内置部分安装在残肢肌肉表层,外置部分安装于假肢内;其中内置部分的压电柔性传感器通过缝合线固定在人体的肌肉组织表层,压电柔性传感器上表面设置有一个以上的条状结构电极,电极采集肌肉组织的肌张力信号,压电柔性传感器将肌张力信号通过电信息连接的方式传递给肌电信号前处理模块;肌电信号前处理模块由前置放大器、多路模拟开关、除噪声干扰的滤波器、后级放大器和单片机模数转换单元依次电信息连接组合而成,其中内置部分的前置放大器通过多路模拟开关与外置部分的滤波器电信息连接,滤波器将肌张力电信号处理后传输给后级放大器,后级放大器将肌张力信号放大并传输给单片机模数转换单元,单片机模数转换单元将处理后的肌张力信号转换为数字信号;肌电信号前处理模块将电信号传输给蓝牙无线发射模块,肌电信号前处理模块与蓝牙无线发射模块电信息连接;蓝牙无线发射模块由蓝牙编码和蓝牙无线发送两个功能单元组合而成,蓝牙无线发射模块与外置部分的蓝牙无线接收模块无线信息通信;蓝牙无线接收模块由蓝牙无线接收和蓝牙解码两个功能单元组合而成,蓝牙无线接收模块将接收的信号传输给肌电信号分析处理模块,蓝牙无线接收模块与肌电信号分析处理模块电信息连接,肌电信号分析处理模块将处理后的电信号传输到控制假肢动作模块,控制假肢动作模块设置有ARM 9架构S3C2440为核心处理器的假肢控制端,通过软件智能行为模式进行特征识别分析,将控制残留肢的信号和缺失肢体的信号分开,运用缺失肢体信号通过ARM单片机控制假肢动作,使假肢只对残肢神经指令做出反应;本装置还设置了无线能源系统为内置电路以及外置的假肢动作电路提供能源。

5. 根据权利要求4所述的压电柔性传感器的制备方法,其特征在于:所述的无线能源系统的所有内置电路集成在一块电路板,采用PDMS水密封装安置于体内;无线能源系统包括外置的充电模块、内置电路电源模块和假肢电源模块,其中充电模块设置有与外部交流电源连接的电源管理模块和一个连接在电源管理模块输出端上的电磁波发射模块,电源管理模块还包括升压单元和电压检测单元,充电模块将电能无线传输给内置电路电源模块以及假肢电源模块用于驱动内置信号采集处理发射电路和外部的信号接收处理以及假肢机械运动;内置电路电源模块和假肢电源模块分别由一个能够接收电磁波发射模块发射的电磁波信号的电磁波接收模块、一个连接在电磁波接收模块输出端上的用于对电池进行充电的充电电路和电池组成,所述电磁波接收模块接收到电磁波发射模块发射的电磁波信号通过

充电电路对相应部位的电池进行充电；最终实现整套装置的正常运作。

6. 根据权利要求4所述的压电柔性传感器的制备方法,其特征在于:压电柔性传感器、肌电信号前处理模块和蓝牙无线发射模块组成肌张力电信号采集无线发射流程模块,其中肌电信号前处理模块中的模数转换单元由STM32单片机对信号进行模数转换;每一个压电柔性传感器对应一个肌电信号前置放大器,单片机控制的多路模拟开关让所有内置的传感器共享前置放大之后的滤波器和后级放大器;所有肌电信号前处理模块获取的肌张力电信号传输至蓝牙无线发射模块,并由蓝牙无线发射模块无线传输至外部控制电路部分。

7. 根据权利要求4所述的压电柔性传感器的制备方法,其特征在于:所述的内置直接包覆肌肉的压电柔性传感器采集控制假肢的肌张力信号相对应的电信号,压电柔性传感器针对不同肌肉形状做加工;内置部分的柔性压电肌张力传感器的安置方式:用3D打印出一个有弧度的包覆形状的压电柔性传感器,缝合包覆在肌肉组织上,能够使得压电柔性传感器更好的贴合肌肉,使肌电信号的收集更加灵敏有效;压电柔性传感器的多个电极做成沿肌肉走向的条状,当发现其中一个电极因短路等原因不工作还可以继续使用其他电极,不同电极位置上采集的信号能够做进一步的位置相关灵敏分析。

## 一种压电柔性传感器的制备方法

### 技术领域：

[0001] 本发明属于传感器制作技术领域，具体涉及一种压电柔性传感器的制备方法，使用柔性压电材料(聚偏氟乙烯-三氟乙烯)(PVDF-TrFE)及其复合材料作为传感器材料，采用液态原料浆打印，将传感器3D打印成无缝贴合残存肢体肌肉及相邻组织的形状，采集肌张力信号，传感器能够在自由无张力状态的最佳工作点附近工作，灵敏度更高，设计工艺对传感器工作性能的稳定性与可靠性非常有益，大脑发出的控制原来残肢肌肉的压电信号被放大滤波处理后无线传输到相应的假肢部位控制其动作，使假肢动作功能接近原肢体。

### 背景技术：

[0002] 现有的传感器种类及其制备方法多种多样，用传感器控制假肢的技术也多有报道。如果能准确获得截肢病人的残存肢体中原来感觉和控制失去的肢体的肌肉、筋腱的肌张力就可以更好地控制义肢，使其更加接近原来肢体功能(Kuiken TA, Marasco PD, Lock BA, Harden RN, Dewald JPA. Redirection of cutaneous sensation from the hand to the chest skin of human amputees with targeted reinnervation. Proc Natl Acad Sci USA. 2007; 104(50):20061-6; Kevin Kit, Anisotropic muscular tissue devices with integrated electrical force readouts. United States Patent Application 20170016875, Kind Code A1, Parker; January 19, 2017; 李涛, 向旭, 王金凤, 宋全军, 孙建, 葛运建在2011年发明的一种肌肉张力传感器[P], 专利号为CN202086486U; 李涛, 向旭, 王金凤, 宋全军, 孙建, 葛运建等2011年发明的一种肌肉张力传感器及肌肉张力检测方法[P], 专利号为CN102247151A。); 人体相关应用的压电传感器需要无毒、柔软。共聚物P(VDF-TrFE)无毒柔软, 符合这一特征要求, 而且共聚物P(VDF-TrFE)是目前有机压电材料中压电性能最好的传感器材料; 另外由于残肢部位具有一定形状, 3D打印可以使打印出的传感器具有能够与残存肢体肌肉无缝贴结合的结构形状, 在体外检测肌张力时, 这样的传感器也能够更好的采集肌张力信号; 从体表获取肌张力数据的方式存在易受噪音干扰、皮肤本身或牵动变形造成的信号衰减问题, 而内置式的传感器能够避开表皮组织直接运用肌电信号, 更有效地去辅助操控假肢(Loeb GE, Peck RA, Moore WH, Hood K. BION(TM) system for distributed neural prosthetic interfaces. Med Eng Phys. 2001; 23(1):9-18。); 在内置使用时, 传感器周围的肌肉组织结构就更加复杂, 通过3D打印做出一个柔软的贴合受体部位形状的肌电传感器能够更加有效转达肌肉运动指令和更好地控制假肢; 另外尽管是柔性材料的传感器, 把它的工作点设置在其自然无张力状态下效果最佳, 而一体化的直接打印制成形状可控的PVDF-TrFE传感器能够实现这种设计理念(苏江舟, 张延, 廖励志, 王宇翔等于2017年发明的基于3D打印的仿生假肢手和装置[P], 专利号为CN106974749A; 刘利彪, 周炼等于2017年发明的复合3D打印成型系统、成型方法及血管支架[P], 专利号为CN106584836A; 夏志东, 黄培, 崔颂, 聂京凯, 雷永平等于2017年发明的一种3D打印柔性导电复合材料及其制备方法[P], 专利号为CN106751908A。)

[0003] 目前, 现有的商业3D打印原料大多是粉料或丝材, 原材料浪费严重, 而市场上售卖

的P (VDF-TrFE) 价格较高,减少制备损耗非常必要,通过对打印头进料方式改造采用液态原料作为打印材料的方式能够节约原材料;(Titterington Don[US];Wang Patricia[US];Wu Bo[US]Inks comprising gallants for 3D printing.US20171564083020170703;法国 Xavier Boddaert 研究组2016年报道了喷墨打印PVDF-TrFE传感器 (Haque RI,Vie R, Germainy M,Valbin L,Benaben P,Boddaert X.Inkjet printing of high molecular weight PVDF-TrFE for flexible electronics.Flex Print Electron.2016;1(1):12)) 等。在分析神经信号方面,王宏对全脑波做分析得到残肢控制信息(王宏,李春胜,刘冲,赵海滨于2009年发明的微功率无线通讯模式下人脑-机械手接口系统[P],专利号为CN101569569;),但这种信号成分复杂,准确率受到影响;我们拟利用明确的残肢神经的信号,借鉴Hargrove等的美国专利(Hargrove LJ,Simon AM,Young AJ,Lipschutz RD, Finucane SB,Smith DG,et al.Robotic leg control with EMG decoding in an amputee with nerve transfers.N Engl J Med.2013;369(13):1237-42),在他们的研究实践中发现肢体动作有各自的行为模式,例如膝关节的弯曲,为了找到支配义肢的信号,Hargrove等对肌电信号进行分析,去掉来自原来的肌肉信号分离出有用的信号就可以控制义肢(Hargrove LJ,Simon AM,Young AJ,Lipschutz RD,Finucane SB,Smith DG,et al.Robotic leg control with EMG decoding in an amputee with nerve transfers.N Engl J Med.2013;369(13):1237-42);截肢患者由于本身行动不便,倒伏等不确定性多,常规多条神经的多个导线连接到假肢控制端方法不适合,所以采用了蓝牙技术将体内采集的肌电信号无线传输到假肢控制端(陈鹏,刘军于2016年发明的基于无线传感网络的假肢表面肌电信号采集系统[P],专利号为CN105434088A)。

[0004] 综上所述,现有技术普遍存在制备工艺复杂,制备成本高,采用商业3D打印原料制备传感器资源浪费,产品稳定性不足,普通传感器采用从体表获取肌张力数据的方式存在易受噪音干扰、皮肤等组织造成信号衰减等问题,并且应用范围小,安全性差,使用周期短等缺点。

#### 发明内容:

[0005] 本发明的目的在于为克服现有技术存在的缺点,更加有效地获取肌张力信号,在保证能够批量生产制造和方便使用的条件下,设计一种压电柔性传感器的制备方法,采用3D打印柔性传感器,用于采集肌肉运动产生的电信号。

[0006] 为了实现上述目的,本发明涉及的压电柔性传感器的制备方法,其基本工艺包括以下步骤:

[0007] (1)、绘制3D图:核磁共振做残留肢体部位肌肉的造影,按照核磁结构,参照标准人体解剖肌肉组织图(例如ZygoteBody (<https://www.zygotebody.com>)),绘制相应肌肉的3D图;

[0008] (2)、3D打印:将肌肉3D模型输入3D打印机,用聚乳酸PLA原材料3D打印相应肌肉模型,打印温度控制在180~200度之间,底板的加热温度控制在50~65度之间,按照标准熔融沉积(FDM)的3D打印机的流程,使用通常的丝状材料打印;将打印好的模型做表面平滑处理:在通风良好的区域,佩戴非乳胶类(腈或氯丁橡胶)手套将模型放置于底部装有少量丙酮的密封容器内,静放2-7小时,或加温30-50min加速丙酮挥发过程,减少放置时间;

[0009] (3)、溶液喷涂:为了后面步骤中揭膜方便,在肌肉模型表面喷涂一层0.5-2wt%聚乙烯醇(PVA)溶液;

[0010] (4)、涂覆防水底层:PDMS胶体溶液是将固化物(道康宁184)和PDMS预聚物按质量比1:8-12的比例配置;先将上述打印的肌肉模型放入培养皿中,将PDMS胶体覆盖浇注到肌肉模型上,厚度为0.3-1mm,然后将培养皿至于真空烘箱中水平放置,控温在60-100度,烘烤30-180min使肌肉模型固化;

[0011] (5)、涂银胶电极:在固化的肌肉模型上涂银胶电极,并从边缘处连接金或银电极导线,将LY-16034Ted Pella银导电胶用刷子涂抹薄薄的一层,静置1-4小时待银胶干透;

[0012] (6)、3D打印传感器:采用液态溶液浆料和3D打印工艺实现,

[0013] 先配备液态原料溶液浆:在约60度加热台上配备10-20wt%PVDF-TrFE及其复合材料的二甲基甲酰胺(DMF)溶液,加入2-6%杜邦氟碳表面活性剂(Capstone FS-66),经60-80度真空干燥5-24小时浓缩处理后得到的PVDF-TrFE原料浆;

[0014] 再3D打印肌肉形状的压电柔性传感器,采用现有技术直接通过液态原料打印的方法(张靖,金良,金杰,王迪龙,潘海军,王一江,冯祺凯.一种液态食材3D打印装置[P].浙江:CN206284362U,2017-06-30),打印的压电传感器,其压电层厚度为10-100 $\mu\text{m}$ ;

[0015] (7)、传感器固化:控温60度真空干燥4-8小时固化结构,静置冷却至室温,从PLA肌肉模具上揭下柔性传感器;

[0016] (8)、控温退火:控温90-150度之间真空退火,退火时间5-24小时,静置冷却至室温,切除边缘多余部分;

[0017] (9)、涂胶电极:用银胶刷沿肌肉走向涂出5-7条分离的上电极,并从边缘处连接金或银电极导线,采用LY-16034Ted Pella银导电胶,静置1-4小时待银胶干透;

[0018] (10)、防水封装:用质量比1:8-12的固化物(道康宁184)和PDMS预聚物的胶体溶液,将上述连接有上下电极的压电柔性传感器放入培养皿中,使各个电极之间以及与下电极的引线分离,将PDMS胶体浇覆到传感器上,厚度为1-2mm,待气泡全部排出后,再将培养皿至于烘箱中水平放置,控温在60-100度烘烤30-180min使其固化;

[0019] (11)、压电传感器电极化:根据压电材料层厚度,施加约1.5-2倍矫顽场强(50kV/mm)的极化电压7000-10000V,极化时间15-40min,得产品压电柔性传感器。

[0020] 本发明为了有效采集肌张力信号,采用3D打印适合相应肌肉形状的内置式PVDF-TrFE压电柔性传感器;所采集的多路肌张力信号通过内置的前置放大器和滤波器处理之后经过单片机模数转换单元能够应用到各种与肌张力控制相关的应用。

[0021] 本发明对3D打印压电柔性传感器的工艺做进一步说明:一般3D打印用蜡材、粉末、丝状金属或塑料原材料,本发明3D打印原材料采用3D打印工艺用液态溶液浆料;本发明的3D打印工艺采用移动底板打印结构和大距离用步进电机驱动,通过调整移动扫描速度和对料浆粘度与温度等的控制,并结合精密微量注射泵最小喷嘴,实现精微结构打印;打印头部分包括能够拆卸微电机控制的针阀喷嘴和不锈钢料桶,在不锈钢料桶中的滑动上端能够设有化学惰性的Teflon活塞打印推杆,Teflon活塞边缘与不锈钢料桶密封设置,打印头部分还包括加热组件和喷头温度控制器;不锈钢料桶内为经浓缩处理排除水分和空气后得到的PVDF-TrFE或其复合物原材料浆;3D打印系统还设有温度、压力、液面传感器,通过半导体制冷微调温度来精确调控打印原料浆的粘度。

[0022] 本发明涉及的压电柔性传感装置,其主体结构包括压电柔性传感器、肌电信号前处理模块、蓝牙无线发射模块、蓝牙无线接收模块、肌电信号分析处理模块、控制假肢动作模块、充电模块、内置电路电源模块、电极、缝合线、前置放大器、多路模拟开关、除噪声干扰的滤波器、后级放大器、单片机模数转换单元和假肢电源模块;压电柔性传感装置包括内置部分和外置部分,内置部分安装在残肢肌肉表层,外置部分安装于假肢内;其中内置部分的压电柔性传感器通过缝合线固定在人体的肌肉组织表层,压电柔性传感器上表面设置有一个以上的条状结构电极,电极采集肌肉组织的肌张力信号,压电柔性传感器将肌张力信号通过电信息连接的方式传递给肌电信号前处理模块;肌电信号前处理模块由前置放大器、多路模拟开关、除噪声干扰的滤波器、后级放大器和单片机模数转换单元依次电信息连接组合而成,其中内置部分的前置放大器通过多路模拟开关与外置部分的滤波器电信息连接,滤波器将肌张力电信号处理后传输给后级放大器,后级放大器将肌张力信号放大并传输给单片机模数转换单元,单片机模数转换单元将处理后的肌张力信号转换为数字信号;肌电信号前处理模块将电信号传输给蓝牙无线发射模块,肌电信号前处理模块与蓝牙无线发射模块电信息连接;蓝牙无线发射模块由蓝牙编码和蓝牙无线发送两个功能单元组合而成,蓝牙无线发射模块与外置部分的蓝牙无线接收模块无线信息通信;蓝牙无线接收模块由蓝牙无线接收和蓝牙解码两个功能单元组合而成,蓝牙无线接收模块将接收的信号传输给肌电信号分析处理模块,蓝牙无线接收模块与肌电信号分析处理模块电信息连接,肌电信号分析处理模块将处理后的电信号传输到控制假肢动作模块,控制假肢动作模块设置有ARM 9架构S3C2440为核心处理器的假肢控制端,通过软件智能行为模式进行特征识别分析,将控制残留肢的信号和缺失肢体的信号分开,运用缺失肢体信号通过ARM单片机控制假肢动作,使假肢只对残肢神经指令做出反应;本装置设置了无线能源系统为内置电路以及外置的假肢动作电路提供能源。

[0023] 本发明配置的包括无线能源系统的所有内置电路集成在一块电路板,采用PDMS水密封装安置于体内;无线能源系统包括外置的充电模块、内置电路电源模块和假肢电源模块,其中充电模块设置有与外部交流电源连接的电源管理模块和一个连接在电源管理模块输出端上的电磁波发射模块,电源管理模块还包括升压单元和电压检测单元,充电模块将电能无线传输给内置电路电源模块以及假肢电源模块用于驱动内置信号采集处理发射电路和外部的信号接收处理以及假肢机械运动;内置电路电源模块和假肢电源模块分别由一个能够接收电磁波发射模块发射的电磁波信号的电磁波接收模块、一个连接在电磁波接收模块输出端上的用于对电池进行充电的充电电路和电池组成,所述电磁波接收模块接收到电磁波发射模块发射的电磁波信号通过充电电路对相应部位的电池进行充电;最终实现整套装置的正常运作。

[0024] 本发明涉及的内置部分的肌张力电信号采集无线发射流程模块包括压电柔性传感器、肌电信号前处理模块、蓝牙无线发射模块,其中肌电信号前处理模块中的模数转换单元由STM32单片机对信号进行模数转换;每一个压电柔性传感器对应一个肌电信号前置放大器,单片机控制的多路模拟开关让所有内置的传感器共享前置放大之后的滤波器和后级放大器,这样的设计即简化了电路,又减少了对内置空间的需求;所有肌电信号前处理模块获取的肌张力电信号传输至蓝牙无线发射模块,并由蓝牙无线发射模块无线传输至外部控制电路部分。

[0025] 本发明结合附图进一步说明压电柔性传感器的应用:首先对残存肢体端的肌肉组织进行改造,将与缺失肢体相连的神经重新放置在残存肢体端的肌肉组织上,然后将压电柔性传感器缝合在残存肢体端的肌肉组织上;以残缺小腿为例,缺失小腿的坐骨神经和腓骨神经被重新放置到大腿的二头骨肌上;二头骨肌上采集到的肌电信号就包含了大脑发出的控制原来小腿相应肌肉的信息。

[0026] 本发明所述的内置直接包覆肌肉的压电柔性传感器采集控制假肢的肌张力信号相对应的电信号,压电柔性传感器针对不同肌肉形状做加工;内置部分的柔性压电肌张力传感器的安置方式:以接近橄榄型腓肠肌上安置压电柔性传感器为例,用3D打印出一个有弧度的包覆形状的压电柔性传感器能够使得压电柔性传感器更好的贴合肌肉,使肌电信号的收集更加灵敏有效;压电柔性传感器的多个电极做成沿肌肉走向的条状,一是为了在制备极化等完成后,发现个别电极因短路等原因不工作还可以继续使用,二是为了不同电极位置上采集的信号能够做进一步的位置相关灵敏分析。

[0027] 本发明与现有技术相比,压电柔性传感器的制备工艺科学合理,原理可靠,产品稳定性好,使用寿命长,采用内置式的传感器能够避开表皮组织直接用运用肌电信号,从而更有效准确地采集信号去辅助操控假肢,同时通过对打印头进料方式做改进,采用PVDF-TrFE及其复合材料的液态原料作为3D打印材料的方式能够节约原材料,简化制备过程,应用环境友好。

#### 附图说明:

[0028] 图1为本发明涉及的压电柔性传感器的制备工艺流程示意框图。

[0029] 图2为本发明涉及的压电柔性传感装置的结构原理模块式示意框图。

[0030] 图3为本发明涉及的肌电信号前处理模块的结构原理模块式示意框图。

[0031] 图4为本发明涉及的缺失肢体神经重整结构原理示意图。

[0032] 图5为本发明涉及的内置柔性传感器包覆于肌肉上的安放结构示意图。

#### 具体实施方式:

[0033] 下面通过实施例并结合附图对本发明作进一步说明。

[0034] 实施例1:

[0035] 本实施例涉及的压电柔性传感器1的制备方法,其基本工艺包括以下步骤:

[0036] (1)、绘制3D图:核磁共振做残留肢体部位肌肉的造影,按照核磁结构,参照标准人体解剖肌肉组织图(例如ZygoteBody (<https://www.zygotebody.com>)),绘制相应肌肉的3D图;

[0037] (2)、3D打印:将肌肉3D模型输入3D打印机,用聚乳酸PLA原材料3D打印相应肌肉模型,打印温度控制在190度之间,底板的加热温度控制在60度之间,按照标准熔融沉积(FDM)的3D打印机的流程,使用通常的丝状材料打印;将打印好的模型做表面平滑处理:在通风良好的区域,佩戴非乳胶类(腈或氯丁橡胶)手套将模型放置于底部装有少量丙酮的密封容器内,静放4小时,或加温40min加速丙酮挥发过程,减少放置时间;

[0038] (3)、溶液喷涂:为了后面步骤中揭膜方便,在肌肉模型表面喷涂一层1wt%聚乙烯醇(PVA)溶液;

[0039] (4)、涂覆防水底层:PDMS胶体溶液是将固化物(道康宁184)和PDMS预聚物按质量比1:8的比例配置;先将上述打印的肌肉模型放入培养皿中,将PDMS胶体覆盖浇注到肌肉模型上,厚度为0.6mm,然后将培养皿至于真空烘箱中水平放置,控温在80度,烘烤100min使肌肉模型固化;

[0040] (5)、涂银胶电极:在固化的肌肉模型上涂银胶电极,并从边缘处连接金或银电极导线,将LY-16034Ted Pella银导电胶用刷子涂抹薄薄的一层,静置1-4小时待银胶干透;

[0041] (6)、3D打印传感器:采用液态溶液浆料和3D打印工艺实现,

[0042] 先配备液态原料溶液浆:在约60度加热台上配备15wt%PVDF-TrFE及其复合材料的二甲基甲酰胺(DMF)溶液,加入2-6%杜邦氟碳表面活性剂(Capstone FS-66),经70度真空干燥14小时浓缩处理后得到的PVDF-TrFE原料浆;

[0043] 再3D打印肌肉形状的压电柔性传感器,采用现有技术直接通过液态原料打印的方法(张靖,金良,金杰,王迪龙,潘海军,王一江,冯祺凯.一种液态食材3D打印装置[P].浙江:CN206284362U,2017-06-30),打印的压电传感器,其压电层厚度为60 $\mu$ m;

[0044] (7)、传感器固化:控温60度真空干燥6小时固化结构,静置冷却至室温,从PLA肌肉模具上揭下柔性传感器;

[0045] (8)、控温退火:控温120度之间真空退火,退火时间14小时,静置冷却至室温,切除边缘多余部分;

[0046] (9)、涂胶电极:用银胶刷沿肌肉走向涂出6条分离的上电极,并从边缘处连接金或银电极导线,采用LY-16034Ted Pella银导电胶,静置2小时待银胶干透;

[0047] (10)、防水封装:用质量比1:8的固化物(道康宁184)和PDMS预聚物的胶体溶液,将上述连接有上下电极的压电柔性传感器放入培养皿中,使各个电极之间以及与下电极的引线分离,将PDMS胶体浇覆到传感器上,厚度为1.5mm,待气泡全部排出后,再将培养皿至于烘箱中水平放置,控温在80度烘烤100min使其固化;

[0048] (11)、压电传感器电极化:根据压电材料层厚度,施加约1.5倍矫顽场强(50kV/mm)的极化电压8500V,极化时间30min,得产品压电柔性传感器。

[0049] 本实施例为了有效采集肌张力信号,采用3D打印适合相应肌肉形状的内置式PVDF-TrFE压电柔性传感器1;所采集的多路肌张力信号通过内置的前置放大器15和滤波器17处理之后经过单片机模数转换单元19能够应用到各种与肌张力控制相关的应用。

[0050] 实施例2:

[0051] 本实施例对3D打印压电柔性传感器1的工艺做进一步说明:一般3D打印用蜡材、粉末、丝状金属或塑料原材料,本实施例采用液态溶液浆料3D打印工艺用液态溶液浆料;本实施例的3D打印工艺采用移动底板打印结构和大距离用步进电机驱动,通过调整移动扫描速度和对料浆粘度与温度等的控制,并结合精密微量注射泵最小喷嘴,实现精微结构打印;打印头部分包括能够拆卸微电机控制的针阀喷嘴和不锈钢料桶,在不锈钢料桶中的滑动上端能够设有化学惰性的Teflon活塞打印推杆,Teflon活塞边缘与不锈钢料桶密封设置,打印头部分还包括加热组件和喷头温度控制器;不锈钢料桶内为经浓缩处理排除水分和空气后得到的PVDF-TrFE或其复合物原材料浆;3D打印系统还设有温度、压力、液面传感器,通过半导体制冷微调温度来精确调控打印原料浆的粘度。

[0052] 实施例3:

[0053] 本实施例涉及的压电柔性传感装置如图2所示,其主体结构包括压电柔性传感器1、肌电信号前处理模块2、蓝牙无线发射模块3、蓝牙无线接收模块4、肌电信号分析处理模块5、控制假肢动作模块6、充电模块7、内置电路电源模块8、电极9、肌肉组织10、缝合线11、前置放大器15、多路模拟开关16、除噪声干扰的滤波器17、后级放大器18、单片机模数转换单元19和假肢电源模块20;压电柔性传感装置包括内置部分和外置部分,内置部分安装在残肢肌肉表层,外置部分安装于假肢内;其中内置部分的压电柔性传感器1通过缝合线11固定在人体的肌肉组织10表层,压电柔性传感器1上表面设置有一个以上的条状结构电极9,电极9采集肌肉组织10的肌张力信号,压电柔性传感器1将肌张力信号通过电信息连接的方式传递给肌电信号前处理模块2;肌电信号前处理模块2由前置放大器15、多路模拟开关16、除噪声干扰的滤波器17、后级放大器18和单片机模数转换单元19依次电信息连接组合而成,其中内置部分的前置放大器15通过多路模拟开关16与外置部分的滤波器17电信息连接,滤波器17将肌张力电信号处理后传输给后级放大器18,后级放大器18将肌张力信号放大并传输给单片机模数转换单元19,单片机模数转换单元19将处理后的肌张力信号转换为数字信号;肌电信号前处理模块2将电信号传输给蓝牙无线发射模块3,肌电信号前处理模块2与蓝牙无线发射模块3电信息连接;蓝牙无线发射模块3由蓝牙编码和蓝牙无线发送两个功能单元组合而成,蓝牙无线发射模块3与外置部分的蓝牙无线接收模块4无线信息通信;蓝牙无线接收模块4由蓝牙无线接收和蓝牙解码两个功能单元组合而成,蓝牙无线接收模块4将接收的信号传输给肌电信号分析处理模块5,蓝牙无线接收模块4与肌电信号分析处理模块5电信息连接,肌电信号分析处理模块5将处理后的电信号传输到控制假肢动作模块6,控制假肢动作模块6设置有ARM 9架构S3C2440为核心处理器的假肢控制端,通过软件智能行为模式进行特征识别分析,将控制残留肢的信号和缺失肢体的信号分开,运用缺失肢体信号通过ARM单片机控制假肢动作,使假肢只对残肢神经指令做出反应;本实施例设置了无线能源系统为内置电路以及外置的假肢动作电路提供能源。

[0054] 本实施例配置的包括无线能源系统的所有内置电路集成在一块电路板,采用PDMS水密封装安置于体内;无线能源系统包括外置的充电模块7、内置电路电源模块8和假肢电源模块20,其中充电模块7设置有与外部交流电源连接的电源管理模块和一个连接在电源管理模块输出端上的电磁波发射模块,电源管理模块还包括升压单元和电压检测单元,充电模块7将电能无线传输给内置电路电源模块8以及假肢电源模块20用于驱动内置信号采集处理发射电路和外部的信号接收处理以及假肢机械运动;内置电路电源模块8和假肢电源模块20分别由一个能够接收电磁波发射模块发射的电磁波信号的电磁波接收模块、一个连接在电磁波接收模块输出端上的用于对电池进行充电的充电电路和电池组成,所述电磁波接收模块接收到电磁波发射模块发射的电磁波信号通过充电电路对相应部位的电池进行充电;最终实现整套装置的正常运作。

[0055] 本实施例涉及的内置部分的肌张力电信号采集无线发射流程模块包括压电柔性传感器1、肌电信号前处理模块2、蓝牙无线发射模块3,其中肌电信号前处理模块2中的模数转换单元由STM32单片机对信号进行模数转换;每一个压电柔性传感器1对应一个肌电信号前置放大器15,单片机控制的多路模拟开关16让所有内置的传感器共享前置放大之后的滤波器17和后级放大器18,这样的设计即简化了电路,又减少了对内置空间的需求;所有肌电信号前处理模块2获取的肌张力电信号传输至蓝牙无线发射模块3,并由蓝牙无线发射模块

3无线传输至外部控制电路部分。

[0056] 实施例4:

[0057] 本实施例结合附图进一步说明压电柔性传感器的应用及效果如图4所示:以残缺小腿为例,缺失小腿的坐骨神经13和腓骨神经14被重新放置到大腿的二头骨肌12上;二头骨肌12上采集到的肌电信号就包含了大脑发出的控制原来小腿相应肌肉的信息。

[0058] 本实施例涉及的内置直接包覆肌肉的压电柔性传感器采集控制假肢的肌张力信号相对应的电信号,压电柔性传感器针对不同肌肉形状做加工;内置部分的柔性压电肌张力传感器的安置方式如图5所示:以接近橄榄型腓肠肌上安置压电柔性传感器为例,用3D打印出一个有弧度的包覆形状的压电柔性传感器能够使得压电柔性传感器更好的贴合肌肉,使肌电信号的收集更加灵敏有效;压电柔性传感器做成沿肌肉走向的条状,一是为了在制备极化等完成后,发现个别电极因短路等原因不工作还可以继续使用,二是为了不同电极位置上采集的信号能够做进一步的位置相关灵敏分析。



图1

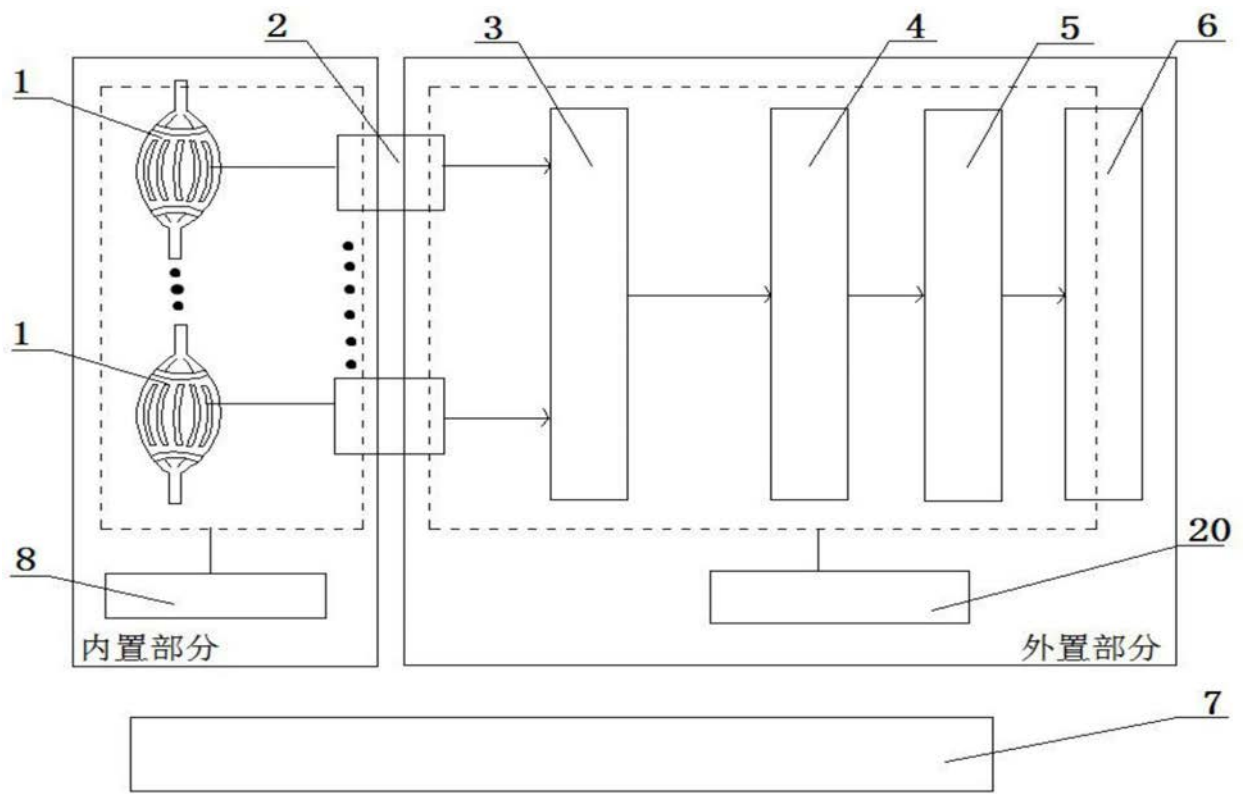


图2

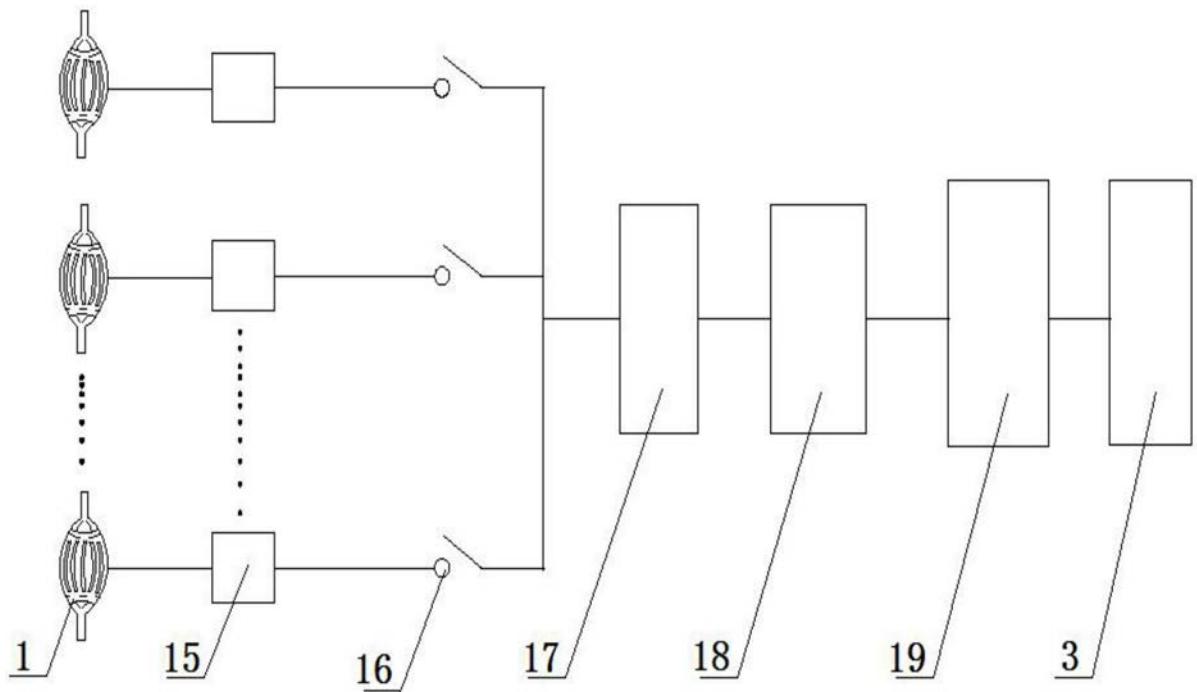


图3

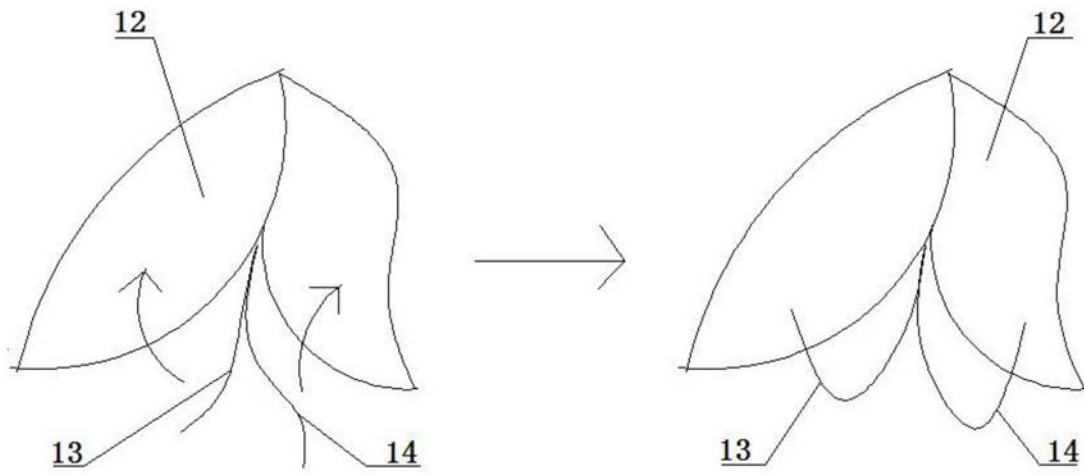


图4

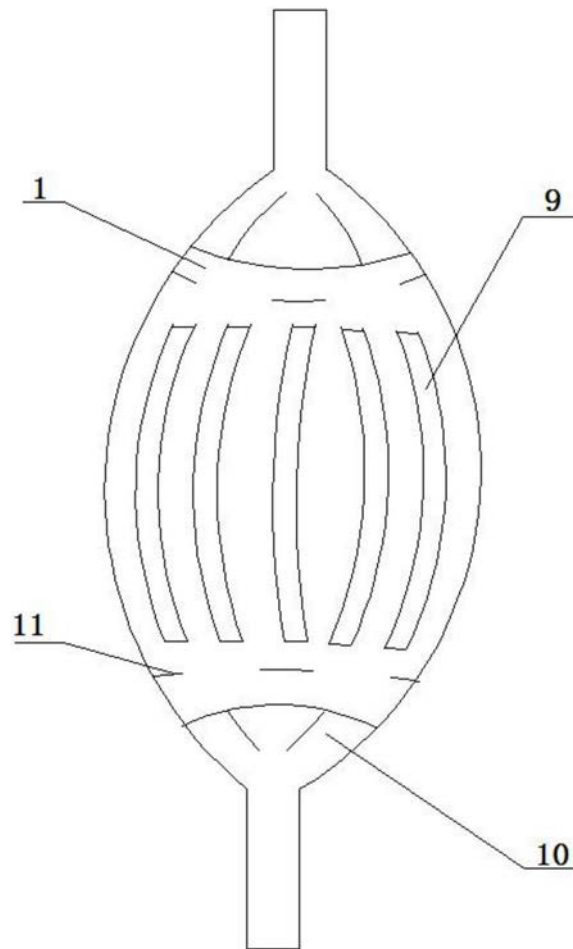


图5

专利名称(译)	一种压电柔性传感器的制备方法		
公开(公告)号	<a href="#">CN108158582A</a>	公开(公告)日	2018-06-15
申请号	CN201810113542.8	申请日	2018-02-05
[标]申请(专利权)人(译)	郭海燕		
申请(专利权)人(译)	郭海燕		
当前申请(专利权)人(译)	郭海燕		
[标]发明人	郭海燕 吴琦		
发明人	郭海燕 吴琦		
IPC分类号	A61B5/0488 A61B5/00 B33Y80/00 B33Y70/00 B33Y10/00		
CPC分类号	A61B5/04888 A61B5/6867 A61B5/6885 A61B2562/0247 A61B2562/12 B33Y10/00 B33Y70/00 B33Y80/00		
代理人(译)	张世功		
其他公开文献	CN108158582B		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>		

摘要(译)

本发明属于传感器制作技术领域，特别是一种压电柔性传感器的制备方法；其主要工艺步骤包括绘制3D图、3D打印、溶液喷涂、涂覆防水底层、涂银胶电极、3D打印传感器、传感器固化、控温退火、涂胶电极、防水封装和压电传感器电极化，应用制得的压电柔性传感器与肌电信号前处理模块、蓝牙无线发射模块、蓝牙无线接收模块、肌电信号分析处理模块和控制假肢动作模块组合成压电柔性传感装置；该设备的制备工艺科学合理，产品稳定性好，使用寿命长，采用内置式的传感器能够避开表皮组织直接运用肌电信号，能够有效准确地采集信号去辅助操控假肢，同时采用PVDF-TrFE及其复合材料的液态原料作为3D打印材料的方式，能够节约原材料，应用环境友好。

