



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116086660 A

(43) 申请公布日 2023. 05. 09

(21) 申请号 202310073939.X

(22) 申请日 2023.02.07

(71) 申请人 浙江理工大学

地址 310000 浙江省杭州市江干区杭州经
济开发区白杨街道

(72) 发明人 刘爱萍 吴化平 程琳 季善鹏
罗轩梓

(74) 专利代理机构 杭州敦和专利代理事务所
(普通合伙) 33296

专利代理师 姜术丹

(51) Int.Cl.

G01L 1/18 (2006.01)

G01L 5/22 (2006.01)

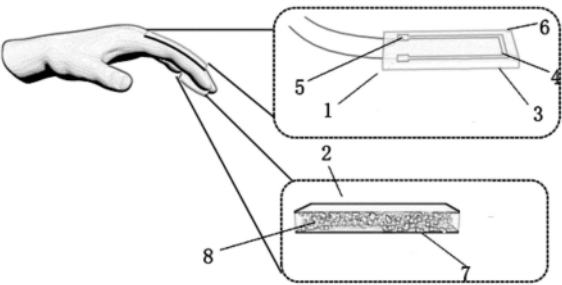
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

一种柔性自愈合多模态传感器及其制备方法

(57) 摘要

本发明公开了一种柔性自愈合多模态传感器及其制备方法,包括安装于机械手背面关节处的柔性自愈合压阻层与安装于机械手指尖内侧位置的柔性自愈合压电层,所述柔性自愈合压阻层包括H-PDMS底层,所述H-PDMS底层的上侧设置有液态金属电极层,所述液态金属电极层的两个开口端连接有导电铜箔,所述液态金属电极层与所述H-PDMS底层的上侧覆盖有H-PDMS封装层,分别制备自愈合柔性压阻层以及自愈合柔性压电层,将二者组合使传感器能够同时检测到静态信号以及动态信号,且具有自愈合能力,延长传感器使用寿命,将柔性自愈合压阻层佩戴在机械手背面关节处以及将柔性自愈合压电层佩戴在机械手指尖处的方式,实现传感器在物体检测中的应用。



1. 一种柔性自愈合多模态传感器,其特征在于:包括安装于机械手背面关节处的柔性自愈合压阻层(1)与安装于机械手指尖内侧位置的柔性自愈合压电层(2),所述柔性自愈合压阻层(1)包括H-PDMS底层(3),所述H-PDMS底层(3)的上侧设置有液态金属电极层(4),所述液态金属电极层(4)的两个开口端连接有导电铜箔(5),所述液态金属电极层(4)与所述H-PDMS底层(3)的上侧覆盖有H-PDMS封装层(6),所述H-PDMS封装层(6)与所述H-PDMS底层(3)发生自愈合形成封装,所述柔性自愈合压电层(2)包括掺杂PZT颗粒的H-PDMS的压电薄膜层(8),所述压电薄膜层(8)的上下两侧表面设置有金电极层(7)。

2. 根据权利要求1所述的一种柔性自愈合多模态传感器,其特征在于:所述液态金属电极层(4)通过将液态金属制备成液态金属油墨并涂抹在H-PDMS底层(3)而制成。

3. 一种柔性自愈合多模态传感器的制备方法,其特征在于,包括如下步骤:

①称量10g的PDMS-NH₂和0.7g的Et₃N加入100ml的乙酸乙酯中,在冰水浴中充分混合1h后加入0.21g的4,4'-methylenebis(cyclohexyl isocyanate)和0.27g的isophorone diisocyanate,在氮气氛围的冰水浴中充分混合1h后,恢复至室温,并继续反应四天,反应结束后,得到H-PDMS溶液,将溶液倒入PTEF模具中固化成型,制备出固化后的H-PDMS薄膜;

②在50ml所述H-PDMS溶液中加入5g液态金属,用细胞粉碎机在500W的功率下粉碎30min,再经过离心,取下方沉淀物得到液态金属油墨;

③将步骤一制得的所述固化后的H-PDMS薄膜切割成两片尺寸为1cm*2.5cm*0.5mm的薄片制成H-PDMS底层与H-PDMS封装层,在H-PDMS底层上方放置一层U型PI薄膜模具,根据U型PI薄膜模具的形状用棉签涂上液态金属油墨,然后揭去U型PI薄膜模具,在液态金属电极层的两端贴上导电铜箔后再用H-PDMS封装层覆盖,在室温下静置24h后,H-PDMS底层与H-PDMS封装层发生自愈合形成封装,制备出柔性自愈合压阻层;

④将3g改性后的PZT-5H加入步骤一中的所述H-PDMS溶液中充分搅拌混合,然后将混合后的溶液倒入PTEF模具中固化成型,固化完成后得到掺杂PZT颗粒的H-PDMS压电薄膜层;

⑤将掺杂PZT颗粒的H-PDMS压电薄膜层放入4kV/mm的高压电场下极化,极化完成后再经磁控溅射仪在掺杂PZT颗粒的H-PDMS压电薄膜层上下两个表面镀上金电极层,制备出柔性自愈合压电层。

4. 根据权利要求1所述的一种柔性自愈合多模态传感器,其特征在于:佩戴在机械手背面关节处的所述柔性自愈合压阻层(1)在机械手做抓握动作时被拉伸,拉伸程度随关节弯曲角度的增大而增大,阻值也随之增大,不同拉伸程度能够反映物体的大小,佩戴在机械手的指尖内侧的所述柔性自愈合压电层(2)在机械手做抓握动作时被压缩,根据抓握物体表面形貌的不同,指尖与物体间的接触力也不同,所述柔性自愈合压电层(2)的输出电压也会不同,不同的电压能够反映物体表面形貌。

5. 根据权利要求1所述的一种柔性自愈合多模态传感器,其特征在于:其特征在于:将所述柔性自愈合压阻层(1)的电阻变化信号与所述柔性自愈合压电层(2)的输出电压变化信号结合分析,将两组信号通过CMYK颜色表示法表示后相加,得到传感器物体检测信号色块图,将所述传感器物体检测信号色块图与传感器物体检测信号色块参考标准图对比,进而反映所检测物体的尺寸以及表面形貌特征。

6. 根据权利要求5所述的一种柔性自愈合多模态传感器,其特征在于:表面粗糙度越大的物体位于所述传感器物体检测信号色块参考标准图的上方,尺寸越小的物体位于所述传

感器物体检测信号色块参考标准图的右侧,所述传感器物体检测信号色块图与所述传感器物体检测信号色块参考标准图进行比对,不仅能区分不同尺寸的物体,也能区分不同表面形貌的物体。

一种柔性自愈合多模态传感器及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及柔性传感领域,具体涉及一种柔性自愈合多模态传感器及其制备方法。

背景技术

[0002] 近年来,随着人机交互技术、智能硬件、智能机器人的重大发展,触觉传感器研究也受到了广泛关注,柔性触觉传感器也在这样的背景下运用到了数字信号处理、传感器信息融合与机器人等各方面。柔性触觉传感器常用的方法是将触觉信息转换为电信号,按照不同的工作方式分类,主要分为压阻式、电容式、压电式等几种类型。柔性触觉传感器具有体积小,灵敏度高,环境适应能力强等特点,弥补了视觉传感器、光电传感器等在恶劣的环境下工作效率低的问题。在机器人技术日益成熟发展的背景下,机器人能否拥有如人类一般的触觉感知能力已经成为机器人智能化的评判标准之一。

[0003] 压阻传感器是能够感受压力信号,并且将压力信号转换为可用于进行处理的电信号的传感器。而压电传感器是能将接触信号转换为可供处理的电信号的传感器。

[0004] 通常情况下,压阻传感器被认为能够有效地检测静态力,但对动态力检测的灵敏度较低。与压阻传感器特性相反,压电传感器对动态力能够起到较好的检测效果,但是无法检测到静态信号。对于物体的检测而言,其实是一个动静结合的过程,需要有静态数据也需要有动态数据,所以仅凭单一的传感器采集的数据很难实现对物体的准确检测。且常见的刚性传感器在使用过程中容易出现不同程度的磕碰损坏,随着使用时间的推移,传感器的精度也将下降,据此,本发明提出一种能够自愈合的多模态传感器以解决上述问题。

发明内容

[0005] 为了克服上述现有技术中的缺陷,本发明提供了一种柔性自愈合多模态传感器及其制备方法,分别制备自愈合柔性压阻层以及自愈合柔性压电层,将二者组合使传感器能够同时检测到静态信号以及动态信号,且具有自愈合能力,延长传感器使用寿命。

[0006] 技术方案

[0007] 一种柔性自愈合多模态传感器,包括安装于机械手背面关节处的柔性自愈合压阻层与安装于机械手指尖内侧位置的柔性自愈合压电层,所述柔性自愈合压阻层包括H-PDMS底层,所述H-PDMS底层的上侧设置有液态金属电极层,所述液态金属电极层的两个开口端连接导电铜箔,所述液态金属电极层与所述H-PDMS底层的上侧覆盖有H-PDMS封装层,所述H-PDMS封装层与所述H-PDMS底层,发生自愈合形成封装,所述柔性自愈合压电层包括掺杂PZT颗粒的H-PDMS的压电薄膜层,所述压电薄膜层的上下两侧表面设置有金电极层。

[0008] 进一步的,所述液态金属电极层通过将液态金属制备成液态金属油墨并涂抹在H-PDMS底层而制成。

[0009] 一种柔性自愈合多模态传感器的制备方法,包括如下步骤:

[0010] 1) 称量10g的PDMS-NH₂和0.7g的Et₃N加入100ml的乙酸乙酯中,在冰水浴中充分混

合1h后加入0.21g的4,4'-methylenebis(cyclohexyl isocyanate)和0.27g的isophorone diisocyanate,在氮气氛围的冰水浴中充分混合1h后,恢复至室温,并继续反应四天,反应结束后,得到H-PDMS溶液,将溶液倒入PTEF模具中固化成型,制备出固化后的H-PDMS薄膜;

[0011] 2)在50ml所述H-PDMS溶液中加入5g液态金属,用细胞粉碎机在500W的功率下粉碎30min,再经过离心,取下方沉淀物得到液态金属油墨;

[0012] 3)将步骤一制得的所述固化后的H-PDMS薄膜切割成两片尺寸为1cm*2.5cm*0.5mm的薄片制成H-PDMS底层与H-PDMS封装层,在H-PDMS底层上方放置一层U型PI薄膜模具,根据U型PI薄膜模具的形状用棉签涂上液态金属油墨,然后揭去U型PI薄膜模具,在液态金属电极层的两端贴上导电铜箔后再用H-PDMS封装层覆盖,在室温下静置24h后,H-PDMS底层与H-PDMS封装层发生自愈合形成封装,制备出柔性自愈合压阻层;

[0013] 4)将3g改性后的PZT-5H加入步骤一中的所述H-PDMS溶液中充分搅拌混合,然后将混合后的溶液倒入PTEF模具中固化成型,固化完成后得到掺杂PZT颗粒的H-PDMS压电薄膜层;

[0014] 5)将掺杂PZT颗粒的H-PDMS压电薄膜层放入4kV/mm的高压电场下极化,极化完成后经磁控溅射仪在掺杂PZT颗粒的H-PDMS压电薄膜层上下两个表面镀上金电极层,制备出柔性自愈合压电层。

[0015] 进一步的,佩戴在机械手背面关节处的所述柔性自愈合压阻层在机械手做抓握动作时被拉伸,拉伸程度随关节弯曲角度的增大而增大,阻值也随之增大,不同拉伸程度能够反映物体的大小,佩戴在机械手的指尖内侧的所述柔性自愈合压电层在机械手做抓握动作时被压缩,根据抓握物体表面形貌的不同,指尖与物体间的接触力也不同,所述柔性自愈合压电层的输出电压也会不同,不同的电压能够反映物体表面形貌。

[0016] 进一步的,将所述柔性自愈合压阻层的电阻变化信号与所述柔性自愈合压电层的输出电压变化信号结合分析,将两组信号通过CMYK颜色表示法表示后相加,得到传感器物体检测信号色块图,将所述传感器物体检测信号色块图与传感器物体检测信号色块参考标准图对比,进而反映所检测物体的尺寸以及表面形貌特征。

[0017] 进一步的,表面粗糙度越大的物体位于所述传感器物体检测信号色块参考标准图的上方,尺寸越小的物体位于所述传感器物体检测信号色块参考标准图的右侧,所述传感器物体检测信号色块图与所述传感器物体检测信号色块参考标准图进行比对,不仅能区分不同尺寸的物体,也能区分不同表面形貌的物体。

[0018] 有益效果

[0019] 与现有技术相比,本发明的优点在于:

[0020] 1.将柔性自愈合压阻层与柔性自愈合压电层组合在一起,实现传感器对两种不同电信号的采集;

[0021] 2.制备出具有自愈合特性的H-PDMS作为传感器材料的基底,在使传感器具有柔韧性、延展性的同时还具有类似人体皮肤的自愈合能力;

[0022] 3.制备出液态金属油墨后将其涂抹在H-PDMS基底上作为电极层,减少了压阻层的厚度,使传感器具有轻薄性;

[0023] 4.制备掺杂PZT颗粒的H-PDMS压电薄膜层时,需要经过高压电场的极化,经过高压电场极化后,压电薄膜层内PZT颗粒的偶极子排列整齐,呈现电中性,当压电层受到外部压

力时,上下极板会产生电荷,提升了压电薄膜层的灵敏性;

[0024] 5.将压阻信号与压电信号转换为CMYK色块,并将所得的色块进行颜色叠加,得到多模态传感器物体检测信号色块,以此反映所检测物体在尺寸以及表面形貌的特性。

附图说明

[0025] 图1是本发明一种柔性自愈合多模态传感器的结构示意图;

[0026] 图2是柔性自愈合压阻层在不同弯曲角度下的电阻变化率图像;

[0027] 图3是自愈合前后柔性自愈合压阻层在不同弯曲角度下的电阻变化率图像;

[0028] 图4是柔性自愈合压电层在不同载荷下的输出电压图像;

[0029] 图5是自愈合前后柔性自愈合压电层的输出电压图像;

[0030] 图6是柔性自愈合多模态传感器物体检测信号色块参考标准图;

[0031] 图7是在不同物体检测中柔性自愈合多模态传感器物体检测信号色块图。

[0032] 附图标号

[0033] 柔性自愈合压阻层1、柔性自愈合压电层2、H-PDMS底层3、液态金属电极层4、导电铜箔5、H-PDMS封装层6、金电极层7、压电薄膜层8。

具体实施方式

[0034] 为更好地说明阐述本发明内容,下面结合附图和实施实例进行展开说明:

[0035] 如图1-7所示,本发明公开了一种柔性自愈合多模态传感器,包括安装于机械手背面关节处的柔性自愈合压阻层1与安装于机械手指尖内侧位置的柔性自愈合压电层2,所述柔性自愈合压阻层1包括H-PDMS底层3,所述H-PDMS底层3的上侧设置有液态金属电极层4,所述液态金属电极层4的两个开口端连接有导电铜箔5,所述液态金属电极层4与所述H-PDMS底层3的上侧覆盖有H-PDMS封装层6,所述H-PDMS封装层6与所述H-PDMS底层3发生自愈合形成封装,所述柔性自愈合压电层2包括掺杂PZT颗粒的H-PDMS的压电薄膜层8,所述压电薄膜层8的上下两侧表面设置有金电极层7。

[0036] 进一步的,所述液态金属电极层4通过将液态金属制备成液态金属油墨并涂抹在H-PDMS底层3而制成。

[0037] 一种柔性自愈合多模态传感器的制备方法,包括如下步骤:

[0038] 1.称量10g的PDMS-NH₂和0.7g的Et₃N加入100ml的乙酸乙酯中,在冰水浴中充分混合1h后加入0.21g的4,4'-methylenebis(cyclohexyl isocyanate)和0.27g的isophorone diisocyanate,在氮气氛围的冰水浴中充分混合1h后,恢复至室温,并继续反应四天,反应结束后,得到H-PDMS溶液,将溶液倒入PTEF模具中固化成型,制备出固化后的H-PDMS薄膜;

[0039] 2.在50ml所述H-PDMS溶液中加入5g液态金属,用细胞粉碎机在500W的功率下粉碎30min,再经过离心,取下方沉淀物得到液态金属油墨;

[0040] 3.将步骤一制得的所述固化后的H-PDMS薄膜切割成两片尺寸为1cm*2.5cm*0.5mm的薄片制成H-PDMS底层与H-PDMS封装层,在H-PDMS底层上方放置一层U型PI薄膜模具,根据U型PI薄膜模具的形状用棉签涂上液态金属油墨,然后揭去U型PI薄膜模具,在液态金属电极层的两端贴上导电铜箔后再用H-PDMS封装层覆盖,在室温下静置24h后,H-PDMS底层与H-PDMS封装层发生自愈合形成封装,制备出柔性自愈合压阻层;

[0041] 4.将3g改性后的PZT-5H加入步骤一中的所述H-PDMS溶液中充分搅拌混合,然后将混合后的溶液倒入PTEF模具中固化成型,固化完成后得到掺杂PZT颗粒的H-PDMS压电薄膜层;

[0042] 5.将掺杂PZT颗粒的H-PDMS压电薄膜层放入4kV/mm的高压电场下极化,极化完成后再经磁控溅射仪在掺杂PZT颗粒的H-PDMS压电薄膜层上下两个表面镀上金电极层,制备出柔性自愈合压电层。

[0043] 进一步的,佩戴在机械手背面关节处的所述柔性自愈合压阻层1在机械手做抓握动作时被拉伸,拉伸程度随关节弯曲角度的增大而增大,阻值也随之增大,不同拉伸程度能够反映物体的大小,佩戴在机械手的指尖内侧的所述柔性自愈合压电层2在机械手做抓握动作时被压缩,根据抓握物体表面形貌的不同,指尖与物体间的接触力也不同,所述柔性自愈合压电层2的输出电压也会不同,不同的电压能够反映物体表面形貌。

[0044] 进一步的,将所述柔性自愈合压阻层1的电阻变化信号与所述柔性自愈合压电层2的输出电压变化信号结合分析,将两组信号通过CMYK颜色表示法表示后相加,得到传感器物体检测信号色块图,将所述传感器物体检测信号色块图与传感器物体检测信号色块参考标准图对比,进而反映所检测物体的尺寸以及表面形貌特征。

[0045] 进一步的,表面粗糙度越大的物体位于所述传感器物体检测信号色块参考标准图的上方,尺寸越小的物体位于所述传感器物体检测信号色块参考标准图的右侧,所述传感器物体检测信号色块图与所述传感器物体检测信号色块参考标准图进行比对,不仅能区分不同尺寸的物体,也能区分不同表面形貌的物体。

[0046] 如图2所示,使用吉时利2400对柔性自愈合压阻层1的压阻信号输出进行测量,柔性自愈合压阻层1弯曲角度的变化对应着柔性自愈合压阻层1电阻的变化,弯曲角度越大,对应的电阻值变化也越大。

[0047] 如图3所示,使用吉时利2400对柔性自愈合压阻层1自愈合前后的压阻信号输出进行测量,将柔性自愈合压阻层1切断后自愈合12h,可以发现电阻值随弯曲角度的变化与原始数据相比几乎没有变化,体现出柔性自愈合压阻层1良好的自愈合特性。

[0048] 如图4所示,使用万用试验机的压缩功能、电荷放大器以及数据采集卡对柔性自愈合压电层2的压电信号输出进行测量,柔性自愈合压电层2受压时,随着载荷的增大,输出电压也增大,且柔性自愈合压电层2具有良好的线性度。

[0049] 如图5所示,使用万用试验机的压缩功能、电荷放大器以及数据采集卡对柔性自愈合压电层2自愈合前后的压电信号输出进行测量,自愈合后的输出电压信号相较于原始输出电压信号仅下降了3%,由于柔性自愈合压电层2表面的金电极层7无法发生自愈合,因此柔性自愈合压电层2的自愈合行为发生在掺杂PZT颗粒的H-PDMS的压电薄膜层8,当压电薄膜层8完成自愈合后,表面金电极层7也会发生接触,从而恢复原本的电极功能,这也导致了输出信号的下降。

[0050] 一种自愈合柔性多模态传感器可以捕捉柔性自愈合压阻层1以及柔性自愈合压电层2的信号,通过制备具备拥有自愈合特性的H-PDMS作为传感器材料的基底,在保证传感器具有柔性的同时还具备如同人体皮肤的自愈合功能,提升了传感器的耐磨性与使用寿命,通过在H-PDMS上涂抹液态金属油墨再与一层H-PDMS自愈合形成柔性自愈合压阻层1,使其具有轻薄性与耐磨性,通过在H-PDMS溶液中掺杂PZT颗粒,在高压电场下极化后再通过磁控

衍射仪在掺杂PZT颗粒的H-PDMS的压电薄膜层8表面镀上金电极层7制成柔性自愈合压电层2,应用于物体检测时,将柔性自愈合压阻层1佩戴在机械手关节背面的同时将柔性自愈合压电层2佩戴在机械手指尖内侧位置,然后把采集到的压阻以及压电信号通过CMYK颜色法表示后相加,得到传感器物体检测信号色块图,将其与传感器物体检测信号色块参考标准图进行对比,进而反映出所检测物体在尺寸以及表面形貌的特性。

[0051] 最后应说明的是:以上实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述实施例对本发明技术方案进行了详细的说明,本领域的技术人员应当理解,其依然可以对前述实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行同等替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的精神与范围。

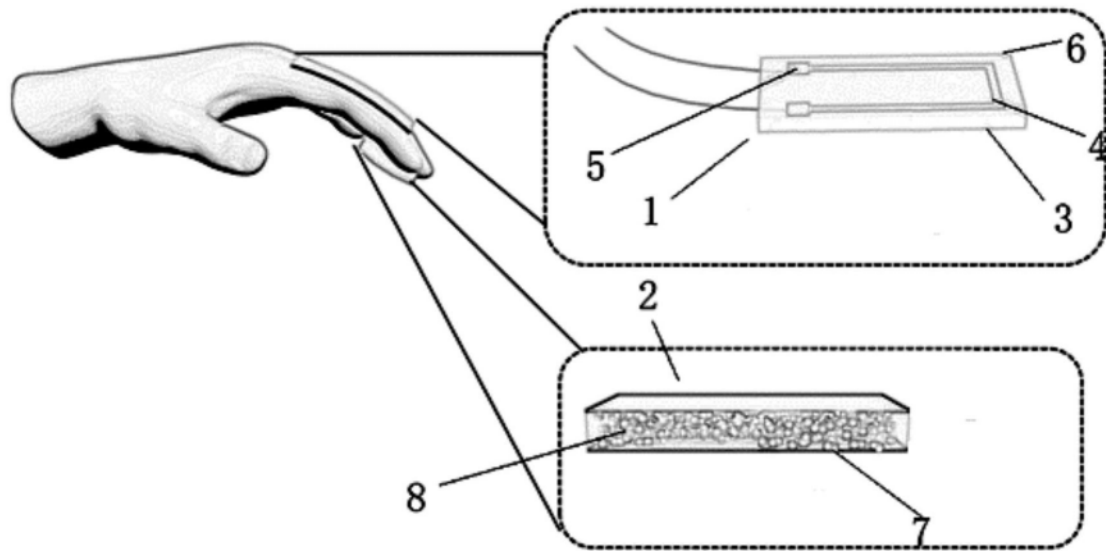


图1

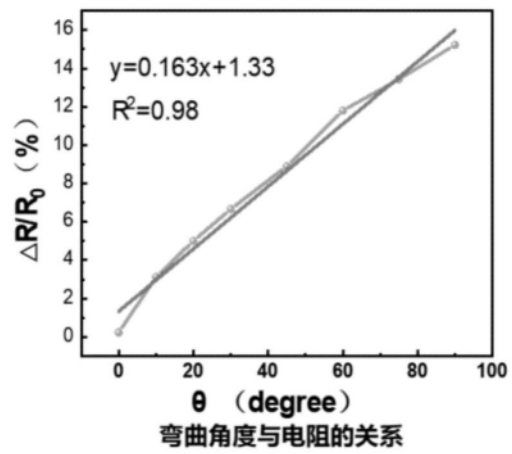


图2

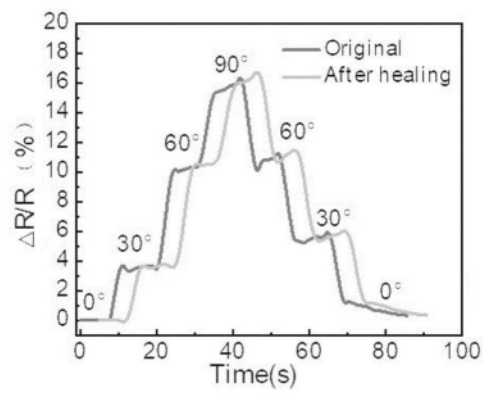


图3

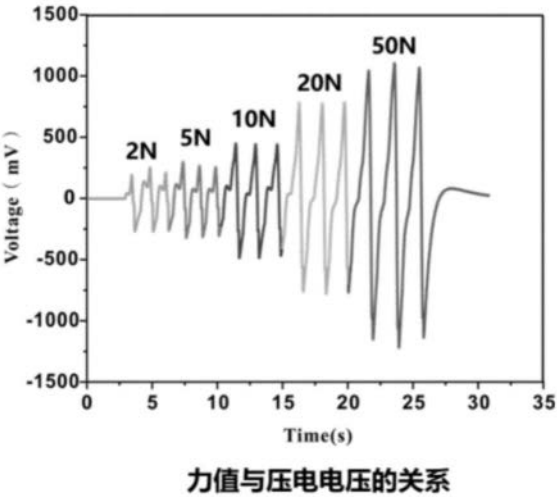


图4

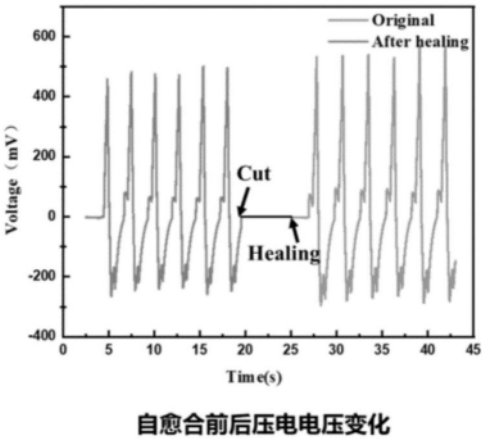


图5

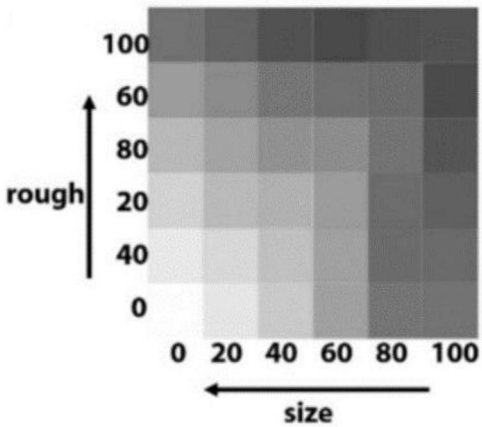


图6

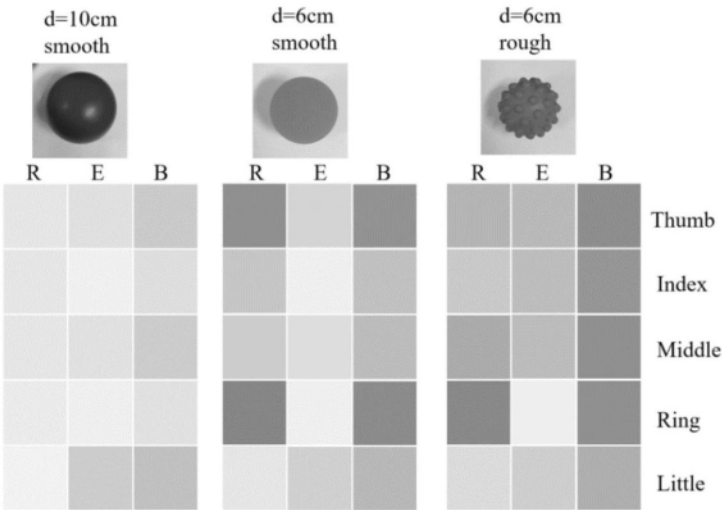


图7