



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117091492 A

(43) 申请公布日 2023. 11. 21

(21) 申请号 202311044398.4

(22) 申请日 2023.08.18

(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 程琳 姜兆辉 刘爱萍 陈冠政

(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.

G01B 7/16 (2006.01)

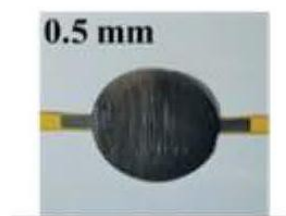
权利要求书1页 说明书4页 附图4页

(54) 发明名称

一种3D立体结构关节传感器

(57) 摘要

本发明公开了一种3D立体结构关节传感器及其制备方法,包括激光诱导石墨烯敏感元件,所述激光诱导石墨烯敏感元件为圆形离散化的切割单元,导线经由银胶与石墨烯敏感元件两端相连,传感器柔性和生物相容性极佳,可以用于人体手指生理信号测量,具有可穿戴性强,跟随性高,制作工艺简单等优点。



1. 一种3D立体结构关节传感器的制备方法,其特征在于:在基底膜上制备图案化激光诱导石墨烯,然后进行激光的二次剪切,所述二次剪切垂直于激光诱导方向的方向,采用一次标刻切割的方式将圆形划分为多个平行的离散单位,从而得到3D立体结构关节传感器。

2. 根据权利要求1所述的一种3D立体结构关节传感器,其特征在于:所述基底膜的材料选自聚酰亚胺(Polyimide,PI)、酚醛树脂(Phenolic Resin,PR)、聚二甲基硅氧烷(Polydimethylsiloxane,PDMS)、聚醚醚酮(Poly-Ether-Ether-Ketone,PEEK)、聚醚酰亚胺(Polyetherimide,PEI)、聚醚砜(Polyethersulfone,PES)中的一种。

3. 根据权利要求1所述的一种3D立体结构关节传感器,其特征在于:在PI膜上制备图案化激光诱导石墨烯选用紫外激光器,图案化激光诱导石墨烯的形状为直径大小15~25mm的圆形。

4. 根据权利要求1所述的一种3D立体结构关节传感器的制备方法,其特征在于:所述制备图案化激光诱导石墨烯的激光参数为:脉冲波频率为100~140kHz,脉冲宽度为1~4 μ s,扫描速度设置为15~45mm/s,扫描间距为0.005~0.02mm。

5. 根据权利要求4所述的一种3D立体结构关节传感器的制备方法,其特征在于:所述二次剪切的切割间距为0.1~10mm。

6. 根据权利要求4所述的一种3D立体结构关节传感器的制备方法,其特征在于:所选二次剪切的参数为:脉冲波频率为15~25kHz,脉冲宽度为0.3~0.7 μ s,扫描速度设置为10~30mm/s。

7. 一种3D立体结构关节传感器,其特征在于该3D立体结构关节传感器根据权利要求1-6所述制备方法制备得到。

8. 一种根据权利要求7所述3D立体结构关节传感器的应用,其特征在于:该3D立体结构关节传感器用于检测人体手指活动信息。

9. 一种根据权利要求8所述3D立体结构关节传感器的应用,其特征在于:该3D立体结构关节传感器用于智能可穿戴或仿生假肢。

一种3D立体结构关节传感器

技术领域

[0001] 本发明涉及传感器领域,尤其涉及到一种3D立体结构关节传感器。

背景技术

[0002] 人们为了从外界获取信息,必须借助于感觉器官。为加强研究自然现象和规律以及生产活动时的感知活动,创造了传感器。随着智能终端的发展,人们对智能环境的要求不断提升,高性能柔性传感器逐渐成为较受欢迎的电子传感器之一。柔性传感器除了具有连续映射功能外,还具有灵敏度高、柔韧性好、制造工艺简单等特点,在温度和脉搏检测、面部表情识别和运动监测等方面也有实际和潜在的应用,被广泛应用于可穿戴设备、医疗保健、软式机器人、人机交互等新兴领域。

[0003] 然而大部分基于柔性应变传感器的可穿戴设备佩戴在人体时自由度仍局限在二维平面内,缺乏可编程性,同时仍然是通过胶带固定的方式,这进一步束缚了其在可穿戴和人机交互领域的应用。通过对柔性应变传感器的进一步结构设计是改进其传感、可穿戴和交互性能的重要途径。例如将二维平面形状材料通过合适的方式(折叠、弯曲和剪裁)将其拓展为3D形状,构建形状可编程的材料将赋予其特殊的性能,因而在智能可穿戴传感、可编程机器、人工智能以及功能性生物学设备等领域具有更广泛的吸引力。

[0004] 研制改进可穿戴和人机交互领域的触觉传感器是当下亟需解决的问题。

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3D立体结构关节传感器,通过简单的激光切割工艺将2D平面结构LIG材料灵动的拓展到3D,在人体手指检测提供全方位多功能智能可穿戴应用,具有可穿戴性强,跟随性高,制作工艺简单等优点。

[0006] 技术方案

[0007] 一种3D立体结构关节传感器及其制备方法,其特征在于:将PI膜上激光诱导图案化的石墨烯,然后进行激光的二次剪切,即可得到3D立体结构关节传感器。

[0008] 包括以下步骤:

[0009] 步骤一、圆形激光诱导石墨烯的制备:选用紫外激光器在基底膜上制备图案化激光诱导石墨烯,制得圆形激光诱导石墨烯。

[0010] 步骤二、圆形激光诱导石墨烯再次切割:将圆形激光诱导石墨烯通过激光的二次剪切,采用一次标刻切割的方式进行剪切,将圆形划分为多个平行的离散单位,获得3D立体结构关节传感器。

[0011] 作为优选,步骤一中图案化激光诱导石墨烯的形状为直径大小15~25mm的圆形;

[0012] 作为优选,所述基底膜的材料选自聚酰亚胺(Polyimide,PI)、酚醛树脂(Phenolic Resin,PR)、聚二甲基硅氧烷(Polydimethylsiloxane,PDMS)、聚醚醚酮(Poly-Ether-Ether-Ketone,PEEK)、聚醚酰亚胺(Polyetherimide,PEI)、聚醚砜(Polyethersulfone,PES)中的一种。

[0013] 作为优选,步骤一中紫外激光器的参数为:脉冲波频率为100~140kHz,脉冲宽度为1~4 μ s,扫描速度设置为15~45mm/s,扫描间距为0.005~0.02mm;

[0014] 作为优选,步骤二中剪切方式为垂直于激光诱导方向的方向,切割间距为0.1~10mm。同时,激光切割参数为脉冲波频率为15~25kHz,Q脉冲宽度为0.3~0.7 μ s,扫描速度设置为10~30mm/s。

[0015] 进一步的,本发明还提供了一种3D立体结构关节传感器,该3D立体结构关节传感器通过上述制备方法制备得到。

[0016] 进一步的,本发明还提供一种上述3D立体结构关节传感器的应用,将平面内二维激光诱导石墨烯经激光一步剪切可实现三维的展开,可以理想贴合到身体的各个部位,用来检测肢体的运动;上述3D立体结构关节传感器用于检测人体手指活动信息,用于智能可穿戴或仿生假肢。

[0017] 有益效果

[0018] 本发明与现有技术相比,具有以下有益效果:

[0019] 1、进行剪切结构设计,制作工艺简单,可以将二维平面结构LIG材料灵动的拓展到三维,以适应复杂曲面;

[0020] 2、现有的关节传感器在运动时与皮肤贴合情况不足,本发明可完全切合皮肤做出相关动作,跟随性强,适应性高;经剪切后具有良好的皮肤切合效果和跟随效果,有益于人工智能、运动检测、人机交互等领域;

附图说明

[0021] 图1为实施例1中制备的3D立体结构关节传感器的光学图;

[0022] 图2为实施例1中制备的3D立体结构关节传感器的扫描电镜图;

[0023] 图3为实施例1中制备的3D立体结构关节传感器拉伸应变的电信号响应;

[0024] 图4为实施例1中制备的3D立体结构关节传感器在不同拉伸应变下的相对电阻变化;

[0025] 图5为实施例1中制备的3D立体结构关节传感器不同频率应变下的循环稳定性;

[0026] 图6为实施例1中制备的3D立体结构关节传感器不同拉伸应变下的循环稳定性;

[0027] 图7为实施例1中制备的3D立体结构关节传感器循环拉伸-恢复测试性能图;

[0028] 图8为实施例1中制备的3D立体结构关节传感器佩戴于木制手指模型关节处及其电信号变化;

[0029] 图9为普通的LIG柔性传感器的弯曲光学图;

[0030] 图10为实施例1中制备的3D立体结构关节传感器贴在人的手指关节处进行手指运动信号的检测;

[0031] 图11为实施例1中制备的3D立体结构关节传感器贴在人的膝关节处进行手指运动信号的检测;

[0032] 图12为实施例2中所制备的3D立体结构关节传感器的光学图和对应的拉伸应变的电信号响应;

[0033] 图13为实施例3中所制备的3D立体结构关节传感器的光学图和对应的拉伸应变的电信号响应。

具体实施方式

[0034] 下面结合附图对本发明的内容进行清楚、完整的描述,显然,所描述的实施例是本发明的一部分实施例,而不是全部的实施例。居于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的其他实施例,都属于本发明保护的范围。另外,本领域人员可以理解的,本发明所述的3D立体结构关节传感器可应用于人体的不同关节以实现其检测功能,其中的关节包括但不限于指关节、膝关节、踝关节等。

[0035] 实施例1

[0036] 一种3D立体结构关节传感器及其制备方法,其特征在于,包括以下步骤:

[0037] 步骤一、圆形激光诱导石墨烯的制备:在PI膜上制备图案化激光诱导石墨烯选用紫外激光器,制得圆形激光诱导石墨烯。

[0038] 步骤二、圆形激光诱导石墨烯再次切割:将圆形激光诱导石墨烯通过激光的二次剪切,将圆形划分为多个平行的离散单位。采用一次标刻切割的方式进行剪切,获得3D立体结构关节传感器。

[0039] 以上为本发明的核心步骤,本发明通过将PI膜上的图案化的激光诱导石墨烯进行激光的二次剪切,即可得到3D立体结构关节传感器。

[0040] 具体为,步骤一,PI膜上制备图案化激光诱导石墨烯选用紫外激光器,图案化激光诱导石墨烯的形状为直径大小15~25mm的圆形,紫外激光器的参数为:脉冲波频率为120kHz,脉冲宽度为2 μ s,扫描速度设置为30mm/s,扫描间距为0.01mm;

[0041] 步骤二,将圆形激光诱导石墨烯通过激光的二次剪切,将圆形划分为多个平行的离散单位。剪切方式为垂直于激光诱导方向的方向(切向),切割间距为0.5mm。同时,选激光切割参数为脉冲波频率为20kHz,Q脉冲宽度为0.5 μ s,扫描速度设置为20mm/s。

[0042] 图1为该传感器的光学图,图2为切割后的石墨烯材料的扫描电镜图,图3为拉伸应变的电信号响应,传感器在被拉伸时表现出超过15%的电信号的响应,传感器在拉伸和恢复过程中均表现出灵敏和对称的电信号变化,线性度良好。图4展示了传感器在不同拉伸应变下的相对电阻变化,图中可以看到在20%的拉伸应变下,传感器表现出较为线性的相对电阻的变化,灵敏因子为0.84。图5和图6分别展示了该传感器在不同频率和不同拉伸应变下的循环稳定性,图中可以观察到传感器在相同拉伸应变下具有稳定的电信号的响应,并且传感器不受拉伸频率的影响,具有优异的频率独立性。该制备工艺下的传感器的耐久性也是衡量传感器实际应用价值的重要参数。如图7所示,在万能试验机上对线宽为0.5mm的3D立体结构关节传感器进行循环拉伸-恢复测试,实验结果表明,在1000s的循环测试中,传感器的相对电阻变化基本没有发生变化,观察循环测试前期、中期和后期,即在170s、500s和825s左右放大的电学响应曲线,可以很清楚地发现传感器具有稳定和优异的电信号响应,验证了经剪切可拉伸3D立体结构关节传感器实际应用的耐久性。

[0043] 经激光剪切的LIG不仅具有原PI膜上LIG禁锢的可拉伸特性,在弯曲性能上也表现出明显优势。如图8所示,将剪切后的圆形LIG通过两端简单的固定在木制手指模型的关节处。将关节从初始的平行的0°开始逐渐弯曲到30°、45°、60°和90°,对应的传感器的电信号变化也随弯曲角度呈现阶梯型逐渐递增,当手指弯曲到90°时,传感器的电信号变化约为3.5%。光学图中可以观察到尽管对传感器仅仅在两端简单固定,传感器仍然能够很好的贴合在关节处,并且在手指弯曲的过程中,被剪切的圆形LIG柔性应变传感器从原来的平面2D

的结构向3D立体结构展开,关节处被剪切的传感器小单元之间呈现从密到逐渐稀疏的结构,且圆形结构LIG传感器的圆周位置能够在不借助外部粘合剂的作用下保持与手关节紧密的贴合,这也是传统的2D平面传感器所不能比拟的,图9为未剪切的LIG柔性传感器的光学图,可以看出当弯曲时PI膜上LIG由于不可拉伸性,当弯曲时表现出传感器的左右两侧完全不贴合皮肤的情况,在激光剪切技术的加持下,制备的平面LIG很好的解决了和人体皮肤贴合的问题,这为柔性应变传感器应用于智能可穿戴设备提供了新的可能。

[0044] 图10为3D立体结构关节传感器贴在人的关节处进行手指运动信号的检测,插图为主手指运动的光学图,图中的电学响应曲线表明该传感器能准确捕捉到手指弯曲的信号,手指弯曲时传感器检测到约4%的相对电阻的变化,且弯曲相同角度时,每次的电信号相应的峰值基本保持一致,证明将该传感器佩戴在手指上进行传感及其人机交互具有可行性。

[0045] 实施例2

[0046] 一种3D立体结构关节传感器及其制备方法,其特征在于,包括以下步骤:

[0047] 步骤一,PI膜上制备图案化激光诱导石墨烯选用紫外激光器,图案化激光诱导石墨烯的形状为直径大小15~25mm的圆形,紫外激光器的参数为:脉冲波频率为120kHz,脉冲宽度为2 μ s,扫描速度设置为30mm/s,扫描间距为1mm;

[0048] 步骤二,将圆形激光诱导石墨烯通过激光的二次剪切,将圆形划分为多个平行的离散单位。剪切方式为垂直于激光诱导方向的方向(切向),切割间距为0.1~10mm。同时,选激光切割参数为脉冲波频率为20kHz,Q脉冲宽度为0.5 μ s,扫描速度设置为20mm/s。

[0049] 图12为实施例2中所制备的3D立体结构关节传感器的光学图和对应的拉伸应变的电信号响应,传感器在拉伸和恢复过程中均表现出灵敏和对称的电信号变化,线性度良好,电信号变化程度较实施例1有所下降。

[0050] 实施例3

[0051] 一种3D立体结构关节传感器及其制备方法,其特征在于,包括以下步骤:

[0052] 步骤一,PI膜上制备图案化激光诱导石墨烯选用紫外激光器,图案化激光诱导石墨烯的形状为直径大小15~25mm的圆形,紫外激光器的参数为:脉冲波频率为120kHz,脉冲宽度为2 μ s,扫描速度设置为30mm/s,扫描间距为0.01mm;

[0053] 步骤二,将圆形激光诱导石墨烯通过激光的二次剪切,将圆形划分为多个平行的离散单位。剪切方式为垂直于激光诱导方向的方向(切向),切割间距为2mm。同时,选激光切割参数为脉冲波频率为20kHz,Q脉冲宽度为0.5 μ s,扫描速度设置为20mm/s。

[0054] 图13为实施例3中所制备的3D立体结构关节传感器的光学图和对应的拉伸应变的电信号响应,传感器在拉伸和恢复过程中均表现出灵敏和对称的电信号变化,线性度良好,与其他实施例相比响应时间有所增大。

[0055] 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

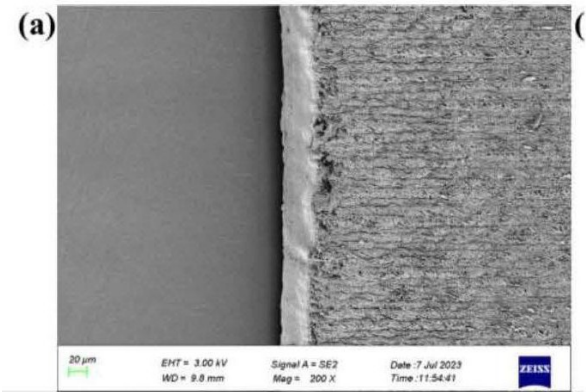


图2

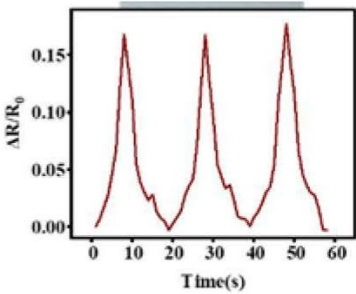


图3

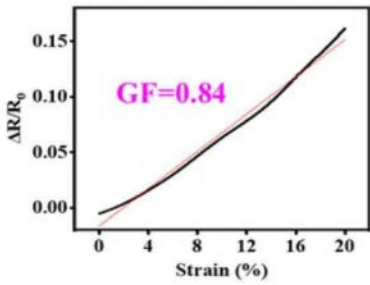


图4

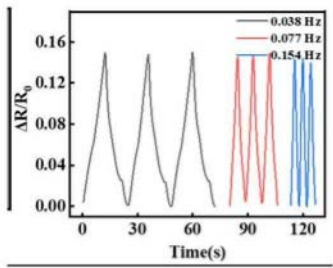


图5

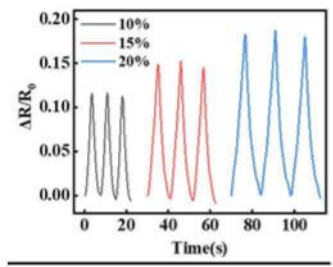


图6

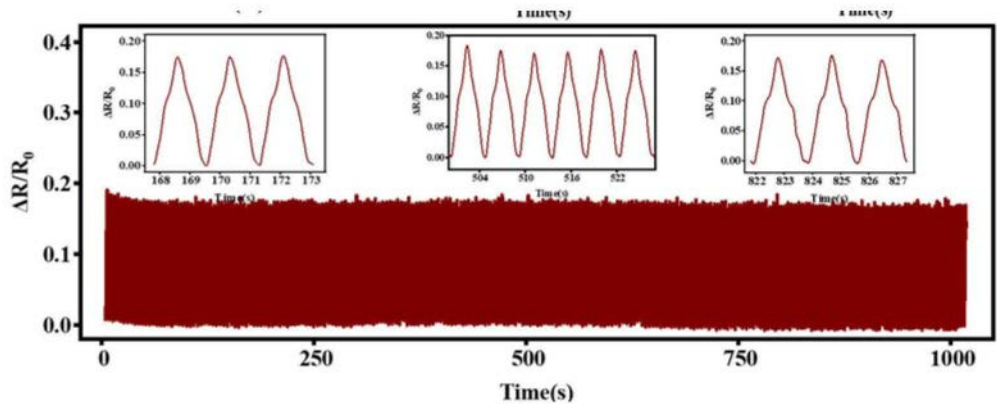


图7

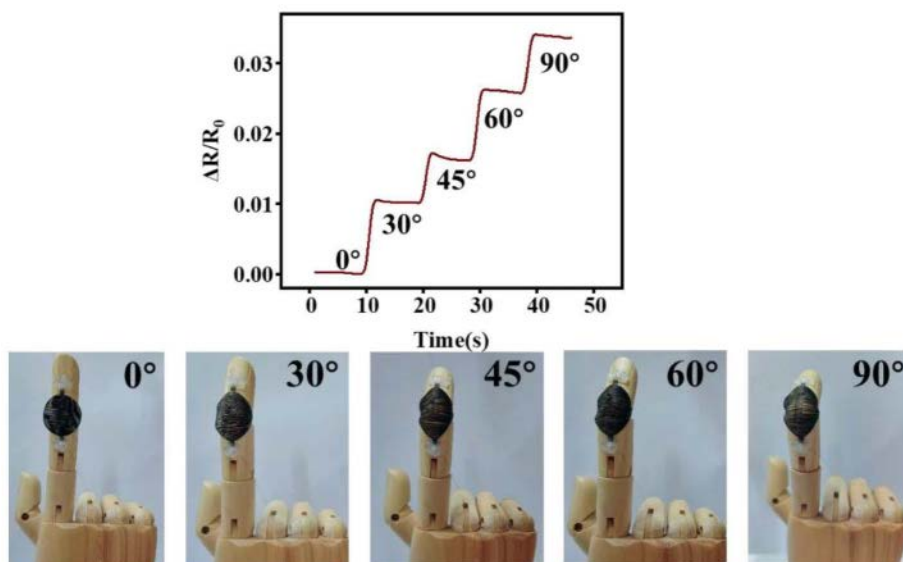


图8

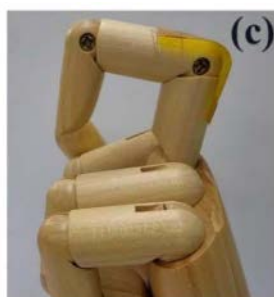


图9

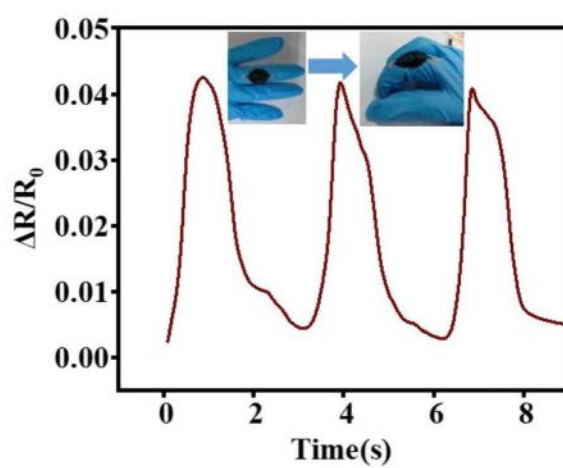


图10

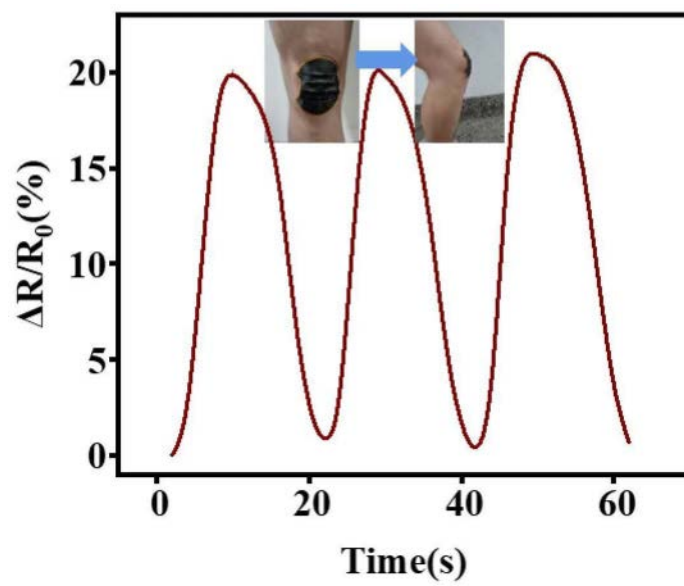


图11

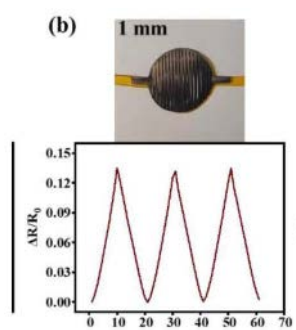


图12

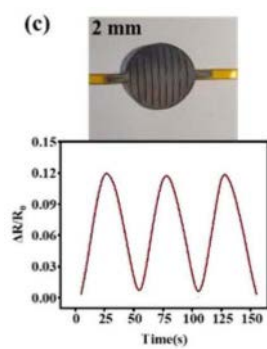


图13