



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108574038 A

(43)申请公布日 2018.09.25

(21)申请号 201810088257.5

(22)申请日 2018.01.30

(30)优先权数据

15/454,362 2017.03.09 US

(71)申请人 意美森公司

地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 V·克斯卡瓦

J·M·科鲁兹赫南德兹

(74)专利代理机构 深圳市百瑞专利商标事务所

(普通合伙) 44240

代理人 金辉

(51)Int.Cl.

H01L 41/09(2006.01)

G06F 3/01(2006.01)

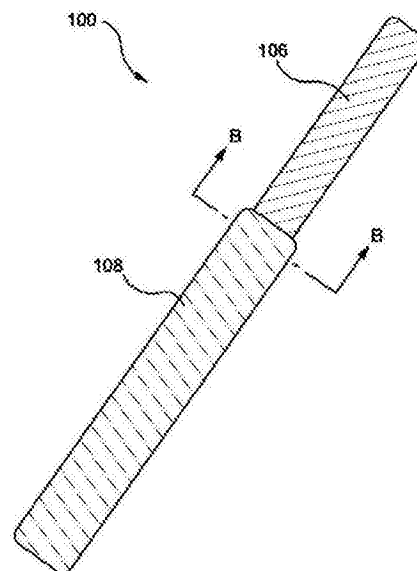
权利要求书2页 说明书9页 附图3页

(54)发明名称

用于触觉反馈的纤维致动器

(57)摘要

本公开涉及用于提供触觉反馈的纤维致动器和由与机械和/或静电(非机械)反馈造成的触觉致动。这些纤维致动器可用于结构材料,包括可用作可穿戴物或配件的元件。



1. 一种用于提供触觉反馈的纤维致动器,包括:
第一导电元件;
聚合物层,其围绕所述第一导电元件同心设置并且配置成变形,以便提供触觉反馈;以及
第二导电元件,其围绕所述聚合物层同心设置,
其中,对于纤维的大体整个长度而言,所述纤维致动器具有大体均匀的横截面。
2. 根据权利要求1所述的纤维致动器,其中,所述第一导电元件形成所述纤维致动器的实心芯,或者其中所述第一导电元件形成所述纤维致动器的中空芯。
3. 根据权利要求1所述的纤维致动器,其中,所述聚合物层包含选自包括聚偏二氟乙烯、聚吡咯、聚噻吩、聚苯胺及其混合物、共聚物和衍生物的组中的电活性聚合物。
4. 根据权利要求1所述的纤维致动器,其中,所述聚合物层包含形状记忆聚合物。
5. 根据权利要求1所述的纤维致动器,其中,所述纤维致动器与结构材料关联。
6. 根据权利要求5所述的纤维致动器,其中,所述结构材料是可穿戴物的部分。
7. 根据权利要求1所述的纤维致动器,其中,所述聚合物层响应于所述第一导电元件和所述第二导电元件之间的电场而变形,以提供触觉反馈。
8. 根据权利要求1所述的纤维致动器,所述纤维致动器还包括绝缘体层,所述绝缘体层在所述纤维致动器的至少一段长度上围绕所述第二导电元件同心设置。
9. 根据权利要求8所述的纤维致动器,其中,所述纤维致动器在包括所述绝缘体层的所述长度的至少一部分上提供静电反馈。
10. 一种用于提供触觉反馈的智能材料,包括:
结构材料;以及
纤维致动器,其与所述结构材料关联,包括:
第一导电元件;
聚合物层,其围绕所述第一导电元件同心设置并且配置成发生变形以便提供触觉反馈;以及
第二导电元件,其围绕所述聚合物层同心设置,
其中,对于纤维的大体整个长度而言,所述纤维致动器具有大体圆形的横截面。
11. 根据权利要求10所述的智能材料,其中,所述结构材料是可穿戴物的部分。
12. 根据权利要求10所述的智能材料,其中,所述第一导电元件形成所述纤维致动器的实心芯,或者其中所述第一导电元件形成所述纤维致动器的中空芯。
13. 根据权利要求10所述的智能材料,其中,所述聚合物层包含选自包括聚偏二氟乙烯、聚吡咯、聚噻吩、聚苯胺及其混合物、共聚物和衍生物的组中的电活性聚合物。
14. 根据权利要求10所述的智能材料,其中,所述聚合物层包含形状记忆聚合物。
15. 根据权利要求10所述的智能材料,所述智能材料还包括与所述纤维致动器电联接的电源。
16. 一种用于借助纤维致动器提供触觉反馈的方法,所述方法包括:
提供纤维致动器,所述纤维致动器包括:
第一导电元件;
聚合物层,其围绕所述第一导电元件同心设置并且配置成变形,以便提供触觉反馈;以

及

第二导电元件,其围绕所述聚合物层同心设置,
其中,对于纤维的大体整个长度而言,所述纤维致动器具有大体圆形的横截面,
向与所述纤维致动器电联接的电源发送致动信号;以及
借助所述纤维致动器来产生触觉反馈。

17.根据权利要求16所述的方法,其中,所述产生包括在所述第一导电元件与所述第二导电元件之间产生电场,从而导致所述聚合物层变形。

18.根据权利要求16所述的方法,其中,所述纤维致动器还包括绝缘体层,所述绝缘体层在所述纤维致动器的至少一段长度上围绕所述第二导电元件同心设置,所述产生导致在包括所述绝缘体层的至少一段长度上针对用户的静电反馈。

用于触觉反馈的纤维致动器

技术领域

[0001] 本公开涉及用于提供触觉反馈的纤维致动器和由机械和/或静电(非机械)反馈引起的触觉致动。这些纤维致动器可用于结构材料,包括可用作可穿戴物或配件的元件。

背景技术

[0002] 用于可穿戴物或配件的触觉反馈传统上是基于使用偏心旋转质量(ERM)电机和线性谐振致动器(LRA)。然而,这些类型的致动器通常体积庞大并且常常需要大量的电力,使得它们难以集成到衣服或其他可穿戴物或配件(即,首饰等)中。形状记忆合金也已经用于可穿戴物,但是同样地,功耗常常限制了它们的适用性和集成便利度。

[0003] 需要一种能够容易地在可穿戴物和配件物品中实现的简单机构来向用户提供触觉反馈。

发明内容

[0004] 本公开涉及一种提供触觉反馈的纤维致动器,其中,纤维致动器可用于诸如可穿戴物和配件物品的各种应用中。

[0005] 在示例性实施例中,本文中提供了一种用于向用户提供触觉反馈的纤维致动器。纤维致动器包括例如:第一导电元件;聚合物层,其围绕第一导电元件同心设置并且配置成发生变形以便提供触觉反馈;以及第二导电元件,其围绕聚合物层同心设置。在实施例中,对于纤维的大体整个长度而言,所述纤维致动器具有大体圆形的横截面。

[0006] 本文中还提供了一种用于提供触觉反馈的智能材料,所述智能材料包括:结构材料;以及纤维致动器,其与所述结构材料关联,包括:第一导电元件;聚合物层,其围绕所述第一导电元件同心设置并且配置成发生变形以便提供触觉反馈;以及第二导电元件,其围绕所述聚合物层同心设置。适宜地,对于纤维的大体整个长度而言,所述纤维致动器具有大体圆形的横截面。

[0007] 本文中还提供了一种用于借助纤维致动器向用户提供触觉反馈的方法。所述方法适宜地包括:提供如本文中描述的纤维致动器;向与所述纤维致动器电联接的电源发送致动信号;以及借助所述纤维致动器来产生触觉反馈。

附图说明

[0008] 根据以下对实施例的描述并且如附图中例示的,可更好地理解本技术的以上和其他特征和方面。并入本文中形成本说明书的部分的附图还用于例示本技术的原理。附图中的部件不一定按比例绘制。

[0009] 图1A示出了根据本发明的实施例的纤维致动器。

[0010] 图1B示出了根据本发明的实施例的通过线B-B截取的图1A的示例性纤维致动器的截面图。

[0011] 图1C示出了根据本发明的实施例的通过线B-B截取的图1A的替代纤维致动器的截

面图。

[0012] 图2A至图2B示出了根据本发明的实施例的用于提供触觉反馈的智能材料。

具体实施方式

[0013] 将详细描述各种实施例,一些实施例是参照了附图。对各种实施例的引用并没有限制其所附权利要求的范围。另外,本说明书中阐述的任何实施例不旨在是限制性的,仅仅阐述了所附权利要求的许多可能实施例中的一些。

[0014] 在适当的情况下,以单数使用的术语也将包括复数,反之亦然。在本文中使用“a”意指“一个或多个”,除非另有说明或者在使用“一个或多个”显然不合适的情况下。使用“或”意指“和/或”,除非另有说明。使用“包括”(“comprise, ”、“comprises, ”、“comprising, ”、“include, ”、“includes, ”、“including, ”)及其变型、“具有”(“has, ”、“having”)及其变型是可互换的,不旨在是限制性的。术语“诸如”也不旨在是限制性的。例如,术语“包括”应当意指“包括,但不限于”。

[0015] 在实施例中,本文中提供了用于提供触觉反馈的纤维致动器,该纤维致动器包括第一导电元件、围绕第一导电元件同心设置并且配置成发生变形以便提供触觉反馈的聚合物层和围绕聚合物层同心设置的第二导电元件。

[0016] 在其他实施例中,如本文中描述的,本文中提供了用于向用户提供触觉反馈的智能材料,该智能材料包括结构材料和纤维致动器。

[0017] 如本文中使用的,“纤维致动器”是指横截面是大体圆形并且长度比其横截面大至少2倍或更多倍的材料。在实施例中,纤维致动器包含内部材料或芯材料,该内部材料或芯材料被一个或更多个附加材料层同心地包围。

[0018] 如本文中使用的,“智能材料”是指能够受到控制使得材料的响应和性质在外部刺激的影响下改变的材料。

[0019] 如本文中使用的,“触觉反馈”或“触觉反馈信号”是指借助触摸的感觉从如本文中描述的纤维致动器和/或智能材料向用户传递的诸如振动、纹理和/或热等的信息。

[0020] 如本文中使用的,“结构材料”意指用于构造可穿戴物、个人配件、行李等的材料。结构材料的示例包括:织物和纺织品,诸如,棉、丝、羊毛、尼龙、人造丝、合成纤维、法兰绒、亚麻、涤纶、织造物或这些织物的共混物等;皮革;麂皮;柔韧金属,诸如,箔;Kevlar等。可穿戴物的示例包括:服装;鞋类;假体,诸如,假肢;头饰,诸如帽子和头盔;穿戴在身上的运动器材;防护装备,诸如,防弹背心、头盔和其他防弹衣。个人配件包括:眼镜;领带和围巾;腰带和吊带;首饰,诸如,手镯、项链和手表(包括表带和皮带);以及钱包、纸币、行李标签等。行李包括:手提包、钱包、旅行包、手提箱、背包和包括这些物品的手柄等。

[0021] 图1A例示了如本文中描述的示例性的纤维致动器100。图1B示出了纤维致动器100的通过线B-B的截面,在纤维致动器100中利用或采用了中空芯纤维。图1C示出了纤维致动器100的通过线B-B的横截面,在纤维致动器100中利用或采用了实心芯纤维。在实施例中,如图1B中所示,纤维致动器100包括第一导电元件102。在这些实施例中,第一导电元件102形成纤维致动器100的中空芯,从而形成纤维致动器的大体圆形的横截面。在图1C中,第一导电元件102'是纤维致动器100的实心芯,从而形成纤维致动器的大体圆形的横截面。

[0022] 如图1B中所示,纤维致动器100还包括聚合物层104,聚合物层104围绕第一导电元

件102同心设置并且配置成发生变形以便提供触觉反馈。在图1B的纤维致动器100中,第一导电元件102基本上形成聚合物层104的涂层或内衬,由此提供纤维致动器100的中空芯结构。在图1C中,聚合物层104围绕第一导电元件102'的实心芯同心设置,从而形成围绕纤维致动器100的实心芯结构的涂层。

[0023] 纤维致动器100还包括围绕聚合物层104同心设置的第二导电元件106。在图1A和图1B中,第二导电元件106表示为围绕聚合物层104的涂层或层。

[0024] 如本文中描述的,无论是包括实心还是空心的芯结构,纤维致动器100都在纤维致动器的大体整个长度上具有大体均匀的横截面,在某些实施例中,纤维致动器100在纤维致动器的大体整个长度上具有大体圆形的横截面。正是该大体均匀的横截面(并且在实施例中为大体圆形的横截面)为纤维致动器100提供了允许其用于或集成在如本文中描述的结构材料(包括可穿戴物)中的特性之一。“大体均匀的横截面”意指通过纤维截取的截面具有在整个纤维致动器的“大体整个长度”内的均匀(即,在大约5%至10%内)的横截面。“大体圆形的横截面”意指通过纤维截取的截面具有在整个纤维致动器的“大体整个长度”内具有均匀(即,在大约5%至10%内)的直径。“大体整个长度”意指纤维致动器的整个长度的至少80%至90%。在实施例中,纤维致动器在纤维致动器的整个长度的至少大约90%至95%和适宜地95%或更多(例如,96%、97%、98%、99%或100%)内,具有在大约1%至5%内(适宜地在大约4%、大约3%、大约2%、大约1%或大约0.5%内)均匀的横截面和适宜地直径。在其他实施例中,还可使用如本文中描述的也大体均匀的其他横截面(即,正方形、矩形、三角形、椭圆形等)。

[0025] 用于纤维致动器100的示例性导电元件包括但不限于银、金、各种导电金属或聚合物,包括Al、Cr、聚(3,4-亚乙基二氧噻吩)、聚苯乙烯磺酸盐(PEDOT:PSS)等。在其中第一导电元件形成实心芯的实施例中,如图1C中一样,第一导电元件102'可以是导电元件(包括金或银线等)的实心导线或长丝。然后,可与实心芯关联地设置、涂覆或以其他方式布置聚合物层104,以形成同心设置的结构。如本文中使用的,“同心设置”是指施用或涂覆在结构上的材料的层,使得当在横截面上观察时,这些层具有相同的圆心。

[0026] 在其中第一导电元件形成中空芯的实施例中,如图1B中一样,可用金属或其他材料的膜或涂层来涂覆或覆盖聚合物层104的内表面,以形成第一导电元件102。类似地,第二导电元件106也可涂覆或设置在聚合物层104上,由此形成图1B中所示的结构。例如,可使用例如纤维纺丝方法来制备中空聚合物纤维或长丝,在纤维纺丝方法中,使用同心筒并且用聚合物填充筒之间的间隙,以形成诸如聚合物层104的中空纤维。然后,可将第一导电元件102施用于聚合物层104的内表面,以形成中空纤维结构。类似地,也可将第二导电元件106施用于中空纤维(聚合物层104)的外表面,以形成图1B中所示的结构。施用第一导电元件和第二导电元件的方法可包括溅射、浸涂、喷涂、电镀、涂漆等。在实施例中,可使用表面图案化来选择性蚀刻聚合物层104的表面,以增大表面积或形成随后可涂覆或覆盖导电材料薄膜以形成本文中描述的第一导电元件和/或第二导电元件的所期望结构。

[0027] 在其他实施例中,第一导电元件102和/或第二导电元件106可设置在纤维致动器的某些部分上方,使导电元件之间的部分处于无源状态(即,缺少导电元件中的一个或多个)。可用“有源”-包含电极和“无源”-没有电极的重复段来提供图案化的纤维,从而制备纤维致动器100。例如,可按照有电极时拉伸大约1-5cm、没有电极时拉伸大约1-5cm,然后进行

重复,以此类推地发生此图案化。

[0028] 聚合物层104适宜地包含电活性聚合物。电活性聚合物包括诸如但不限于聚(偏二氟乙烯)、聚(吡咯)、聚(噻吩)、聚(苯胺)及其混合物、共聚物和衍生物的聚合物。电活性聚合物的示例性类别包括电介质和离子聚合物。可使电介质聚合物(或电介质弹性体)响应于在随后挤压聚合物的两个电极之间产生的电场而改变形状。电介质聚合物能够具有非常高的应变并且基本上是在施加电场时通过允许聚合物由于电场而厚度压缩并且面积扩大来改变其电容的电容器。由于离子聚合物内的离子位移,导致离子聚合物会在形状或尺寸上发生变化。另外,一些离子聚合物需要存在水相环境来保持离子流动。

[0029] 制备电活性聚合物的方法在本领域中是已知的,并且可适宜地包括将所期望的聚合物溶解在合适的溶剂中,然后将聚合物浇铸成所期望的形状(即,纤维或长丝)。另选地,聚合物可拉延或经受纤维纺丝技术,以便如本文中描述地用所期望的长丝(芯或中空结构)尺寸进行制备。另外的方法包括熔融混合,在熔融混合中,将聚合物加热至软化点/熔点以上,然后,使用膜加工(铸造或吹塑)技术对聚合物膜进行处理。

[0030] 聚合物层104的厚度将适宜地是大约 $5\mu\text{m}$ 至数毫米的数量级,例如,大约 $1\mu\text{m}$ 至 5mm 、大约 $1\mu\text{m}$ 至 1mm 、大约 $1\mu\text{m}$ 至 $500\mu\text{m}$ 或大约 $5\mu\text{m}$ 至大约 $500\mu\text{m}$ 或大约 $10\mu\text{m}$ 至 $500\mu\text{m}$ 或大约 $1\mu\text{m}$ 至大约 $100\mu\text{m}$,尽管也可利用更厚或更薄的聚合物层。

[0031] 实心芯结构形式的第一导电元件102'的直径可以是 $5\mu\text{m}$ 至数毫米的数量级,例如,大约 $1\mu\text{m}$ 至 10mm 、大约 $1\mu\text{m}$ 至 5mm 、大于 $1\mu\text{m}$ 至 1mm 、大约 $1\mu\text{m}$ 至 $500\mu\text{m}$ 或大约 $5\mu\text{m}$ 至大约 $500\mu\text{m}$ 或大约 $10\mu\text{m}$ 至 $500\mu\text{m}$ 或大约 $1\mu\text{m}$ 至大约 $100\mu\text{m}$ 。当第一导电元件采用涂层或层的形式时,如图1B中一样,导电元件的厚度将总体上是数微米的数量级,适宜地大约 $0.5\mu\text{m}$ 至大约 $500\mu\text{m}$ 、更适宜地大约 $0.5\mu\text{m}$ 至大约 $100\mu\text{m}$ 或大约 $0.5\mu\text{m}$ 至大约 $50\mu\text{m}$ 。

[0032] 总的来说,本文中描述的纤维致动器100的直径适宜地是在数十至数百微米或高达数毫米的数量级,例如,大约 $1\mu\text{m}$ 至 10mm 、大约 $1\mu\text{m}$ 至 5mm 、大约 $1\mu\text{m}$ 至 1mm 、大约 $1\mu\text{m}$ 至 $500\mu\text{m}$ 或大约 $5\mu\text{m}$ 至大约 $500\mu\text{m}$ 或大约 $10\mu\text{m}$ 至 $500\mu\text{m}$ 或大约 $1\mu\text{m}$ 至 $100\mu\text{m}$ 的数量级。根据纤维致动器的最终应用和使用,纤维致动器100的长度可以是数微米至数毫米至数厘米至数米的数量级。

[0033] 可用作聚合物层104的组合物的另外示例包括压电聚合物和形状记忆聚合物。示例性的压电材料包括但不限于钛酸钡、羟磷灰石、磷灰石、一水合硫酸锂、铈酸钾钠、石英、锆钛酸铅(PZT)、酒石酸和聚偏二氟乙烯纤维。本领域中已知的其他压电材料也可用于本文中描述的实施例中。

[0034] 形状记忆聚合物(SMP)允许对聚合物进行编程,以为其提供从第一形状到第二形状的改变形状能力。形状记忆效果不是固有特性,这意味着聚合物本身并没有展示出这种效果。形状记忆是由聚合物形态和特定处理的结合而产生的,可理解为聚合物功能化。通过常规处理(例如,挤出或注射成型),将聚合物形成为其初始的永久形状B。此后,在称为编程的处理中,使聚合物样本变形并且固定成暂时形状A。在施加外部刺激(例如,热或电场)时,聚合物恢复其初始的永久形状B。可将这个编程和恢复的周期重复多次,在后续周期中呈现不同的临时形状。形状记忆聚合物可以是配备有合适的刺激敏感开关的弹性聚合物网络。聚合物网络由分子开关和网点组成。网点确定聚合物网络的永久形状,可以是化学(共价键)或物理(分子间相互作用)性质。物理交联是在其形态由至少两个分离区域组成的聚合

物中获得的,如例如在嵌段共聚物中发现的。SMP的附加信息和实例可见于其公开的全部内容以引用方式并入本文中的形状记忆聚合物(Materials Today,第10卷,第20-28页(2007年4月))。

[0035] 适宜地,通过控制SMP相对于其玻璃化转变温度(T_g)的温度来控制SMP从一个或第一个配置转变成另一个或第二个配置的转变。通过将SMP加热至其T_g以上来升高SMP的温度,将致使SMP致动器转变成其第二(记忆或原始)配置,从而导致多稳定材料的活化或致动以及从第一稳定配置移动或转变成第二稳定配置,适宜地第三(以及第四和第五等(如有需要))稳定配置。示例性的形状记忆聚合物包括已编程为具有所需形状记忆特性的诸如各种聚(氨酯)、聚(异戊二烯)和聚(醚酯)的各种嵌段共聚物。

[0036] 在本文中描述的纤维致动器中,聚合物层104适宜地是软聚合物,包括例如配置成发生变形以便提供触觉反馈的活性聚合物或形状记忆聚合物。如本文中使用的,“配置成发生变形”意指聚合物在纤维致动器中成形、形成、取向或以其他方式构造,以便能够移动、改变形状、振动、伸长、收缩等,从而随着纤维致动器移动、改变形状、振动、伸长、收缩等而提供触觉反馈。聚合物层的延展性或柔韧性允许它响应于施加在第一导电元件和第二导电元件之间的电场(以及加热(如有需要))而变形或改变形状。例如,聚合物层104可收缩,从而致使纤维致动器的形状收缩或变形或者可膨胀,从而致使纤维致动器的形状伸展、收缩或以其他方式变形。通常,纤维致动器响应于电场的移动或变形量将是纤维致动器的总直径和/或长度的大约百分之几(0.5%至5%)。

[0037] 在示例性实施例中,如图2A中所示,纤维致动器100可与结构材料210关联,以便形成智能材料200。在示例性实施例中,结构材料210可以是如本文中描述的包括可穿戴物的部分的纺织品。

[0038] 因此,在实施例中,本文中提供了用于向用户提供触觉反馈的智能材料。示例性的智能材料200包括例如结构材料210和与结构材料关联的纤维致动器100。如本文中描述的,纤维致动器100可包括围绕第一导电元件同心设置并且配置成发生变形以便提供触觉反馈的第一导电元件(如果是中空纤维,则102;如果是实芯纤维,则102')即聚合物层104和围绕聚合物层同心设置的第二导电元件106。如上所述,对于纤维的大体整个长度而言,纤维致动器具有大体均匀的横截面,在实施例中,具有大体圆形的横截面。本文中描述了用作导电元件和聚合物层的示例性材料。

[0039] 可使用用于将纤维致动器100与结构材料210关联或附接的各种机构。例如,纤维致动器100可集成到结构材料210中。纤维致动器100可在形成结构材料210期间(诸如,在制造或缝制纺织品等期间)部分由结构材料210制成。也就是说,纤维致动器100可直接缝制或织造在纺织品或织物中,例如,在两件纺织品之间或者作为包括纺织品的结构材料的部分,由此将纤维致动器集成在结构材料中。

[0040] 在另外的实施例中,纤维致动器100可固定附接于结构材料210。在这些实施例中,纤维致动器100可胶粘、捆扎、缝合、粘附、钉合、钉到或以其他方式附接于结构材料210。纤维致动器100还可按随后可附接(例如,粘合或缝制)于结构材料210的贴片、带状物或条带的形式集成到各种基质(例如,诸如橡胶、硅树脂、硅树脂弹性体、特氟龙(Teflon)或聚对苯二甲酸乙二醇酯等聚合物)的里面或上面。

[0041] 在将纤维致动器集成到结构材料210中时,通常期望将纤维致动器定向成平行或

其他取向,使得当活化时,它们的一致移动导致结构材料移动,而非抵消其形状或尺寸的改变。在其他实施例中,可制备两组二维纤维段,然而,这些纤维段是以垂直方式取向的。在这些实施例中,可致动第一组纤维(或纤维网),以在所期望方向上提供致动,之后将纤维在第二方向(包括垂直方向)上致动,并且仍然提供所期望的致动。

[0042] 纤维致动器100在结构材料210中的数量和密度将根据结构材料210或智能材料200的应用和类型而变化,但是通常大约是每平方厘米一个纤维致动器或每平方英寸一个纤维致动器,但是可按更高密度(例如,大约每平方厘米或者平方英寸10根纤维)包括纤维致动器。

[0043] 如本文中描述的,电源208可与纤维致动器100连接并且适宜地与第一导电元件和第二导电元件中的一者或二者连接。在实施例中,电源208可与纤维致动器100永久地连接或者在其他实施例中,可与纤维致动器分离并且随后进行连接。在其中纤维致动器是结构材料(即,可穿戴物)的部分的实施例中,电源可与可穿戴物物理关联并且根据期望或需要与纤维致动器100附接。

[0044] 电源208提供的电力量适宜地为大约0.1瓦(W)至大约10W或更适宜地大约0.5W至大约5W或大约1W至大约5W或大约0.5W、大约1W、大约2W、大约3W、大约4W或大约5W。示例性的电源208包括各种电池组以及太阳能源。电源208还可包括可再充电系统,例如,能够通过使用压电材料进行再充电的系统。

[0045] 如本文中描述的,在实施例中,聚合物层104响应于第一导电元件102/102'和第二导电元件106之间的电场而变形。这可导致聚合物层104根据所选择的聚合物类型而压缩或膨胀,由此提供纤维致动器的运动或变形。例如,如图2A中所示,纤维致动器100可在横向方向204上(即,跨纤维致动器的宽度或直径)和/或纵向方向202(即,沿着纤维致动器的长度)上移动或变形。当结构材料改变形状、移动或以其他方式变形时,纤维致动器100的变形可导致例如如图2B中所示地结构材料210移动或变形,由此向用户提供触觉反馈(机械触觉反馈)。

[0046] 如图1B和图1C中所示,纤维致动器100还可包括围绕第二导电元件106同心设置的绝缘层108。如图1A中所示,绝缘体层108可覆盖纤维致动器100的至少一段长度。因此,如图1A中所示,纤维致动器100可包括纤维中的最外层是绝缘体层108的部分和最外层是第二导电元件106的其他部分。

[0047] 可用于形成绝缘层108的材料的示例包括例如聚合物材料、橡胶、塑料、陶瓷等。在实施例中,选择用于绝缘体层108的材料适宜地是薄的材料,厚度是大约0.5 μm 至10mm,更适宜地是大约0.5 μm 至1mm、大约0.5 μm 至100 μm 或大约0.5 μm 至10 μm ,选择为具有柔性,使得当纤维致动器100是纺织品或织物的部分(包括作为可穿戴物)时,材料发生弯曲并且适形于在用户穿戴期间必需的各种形状,同时仍然提供所期望的触觉反馈。

[0048] 在其中纤维致动器100包括绝缘体108的实施例中,纤维致动器可在包括绝缘体的纤维致动器的一段或一定长度内,向用户提供静电反馈或静电相互作用(即,非机械触觉反馈)。

[0049] 在例如借助用户触摸与包括绝缘体108的纤维致动器100和/或含有包括绝缘体108的纤维致动器100的智能材料200相互作用时,可借助静电相互作用或静电反馈向用户提供触觉反馈。静电反馈可以是短振动或脉冲的形式或者是针对用户的扩展振动。静电反

馈或相互作用的频率可以是大约1Hz至大约1000Hz,更适宜地大约1Hz至大约500Hz、大约1Hz至大约200Hz、大约10Hz至大约200Hz、大约10Hz至大约100Hz或大约10Hz、大约20Hz、大约30Hz、大约40Hz、大约50Hz、大约60Hz、大约70Hz、大约80Hz、大约90Hz或大约100Hz。如果用户仅仅是靠近或者接近智能材料或纤维驱动器,则还可通过静电相互作用来提供触觉反馈,从而用信号通知紧密靠近智能材料,这会导致静电相互作用和由此引起的触觉反馈。

[0050] 在实施例中,例如如图1A中所示,纤维致动器100可包括含有绝缘体108的部分和不含有绝缘体108的部分。具有这两个部分的纤维致动器因此可提供静电相互作用或静电反馈(非机械)以及由纤维致动器100的形状(机械)的变形、移动或变化引起的触觉反馈二者。

[0051] 在另外的实施例中,智能材料200可在同一智能材料中包括含有绝缘体108的纤维致动器和没有绝缘体108的纤维致动器。在这些实施例中,智能材料可借助静电相互作用或静电反馈二者以及由纤维致动器100的形状的变形、移动或变化引起的触觉反馈二者来提供反馈。智能材料200可包括主要包括一种类型的纤维致动器(例如,没有绝缘体108)的部分和主要包括另一种类型的纤维致动器(例如,含有绝缘体108)的部分,由此提供智能材料200中的提供不同类型的触觉反馈的不同部分。在其他实施例中,纤维致动器可遍布在整个智能材料中,使得可在智能材料的同一区域中,提供基于移动/变形的触觉反馈和基于静电的触觉反馈二者。

[0052] 在其中产生或提供静电相互作用的实施例中,与第一导电元件(102或102')和/或第二导电元件106连接的电源208也适宜地与地连接。在实施例中,第一导电元件102/102'可充当接地,使第二导电元件与电源208连接,以在用户接触绝缘体层108时,向用户提供静电反馈。在另外的实施例中,用户的身体(例如,手臂、腿、躯干、头部、颈部等)可充当静电相互作用的基础,由此借助用户的触摸(或接近方法)提供或感觉触觉反馈。在其他实施例中,用户的触摸可充当静电相互作用的基础,由此借助用户的身体而非通过用户的触摸(或接近方法)提供或感觉触觉反馈。在其他实施例中,静电相互作用形式的触觉反馈可被用户的身体和/或用户的触摸中的任一者或两者感觉到。

[0053] 如本文中描述的,在实施例中,智能材料200进而结构材料210可掺入可穿戴制品(诸如,纺织品,包括衬衣、女衬衫、帽子、夹克、大衣和裤子/短裤)中或作为其部分,从而得到可穿戴的智能材料。结构材料也可集成于配件,包括各种皮革物品(包括钱夹)、手提包(包括其提手)、背包和珠宝等。

[0054] 在另外的实施例中,本文中提供了借助纤维致动器100向用户提供触觉反馈的方法。示例性的方法包括提供纤维致动器100,提供纤维致动器100包括提供智能材料200作为可穿戴物、配件物品等的部分,例如,智能材料200包括与结构材料210关联或集成到结构材料210中的纤维致动器100。如本文中描述的,纤维致动器100可包括围绕第一导电元件同心设置的第一导电元件(如果是中空纤维,则102;如果是实芯纤维,则102')即聚合物层104和围绕聚合物层同心设置的第二导电元件106。如上所述,对于纤维的大体整个长度而言,纤维致动器具有大体圆形的横截面。本文中描述了用作导电元件和聚合物层的示例性材料。

[0055] 这些方法还包括向与纤维致动器100电联接的电源208发送例如如图2A中例示的致动信号206。这些方法还包括借助纤维致动器来产生触觉反馈。

[0056] 如本文中描述的,在实施例中,产生触觉反馈包括在第一导电元件(102或102')和

第二导电元件106之间产生电场,从而导致聚合物层104变形。在示例性实施例中,可以是电活性聚合物或智能聚合物的聚合物层104变形、移动、改变形状或以其他方式对电场作出反应,从而致使纤维致动器(在实施例中,结构材料210)移动,由此向用户提供触觉反馈。聚合物层104也可响应于由产生电场而引起的温度变化而变形或改变形状。此移动和触觉反馈本质上是“机械的”,因为用户感觉到它是纤维致动器进而智能材料/结构材料的移动、振动或变形。

[0057] 在纤维致动器100包括在纤维致动器的至少一段长度上围绕第二导电元件106设置的绝缘体层108的其他实施例中,产生触觉反馈包括产生针对用户的静电反馈。当用户与纤维致动器或结构材料相互作用(包括与纤维致动器或结构材料直接接触和紧密接触二者)时,会发生这种静电反馈。该静电反馈本质上是非机械的,因为它是静电力而不是物理移动或变形引起的。

[0058] 示例性致动信号206可来自蜂窝电话、平板、计算机、汽车接口、智能装置、游戏控制台等,可指示例如接收到文本消息或电子邮件、电话、约会等。

[0059] 在其他实施例中,如本文中描述的,还适宜地包括控制器,以提供包括外部装置的装置与智能材料200和/或纤维致动器100之间的接口。控制器的组件在本领域中是熟知的,并且适宜地包括例如总线、处理器、输入/输出(I/O)控制器和存储器。总线将控制器的各种组件(包括I/O控制器和存储器)与处理器联接。总线通常包括控制总线、地址总线和数据总线。然而,总线可以是适于在控制器中的组件之间传递数据的任何总线或总线的组合。

[0060] 处理器可包括配置成处理信息的任何电路并且可包括任何合适的模拟或数字电路。处理器还可包括执行指令的可编程电路。可编程电路的示例包括微处理器、微控制器、专用集成电路(ASIC)、可编程门阵列(PGA)、现场可编程门阵列(FPGA)或适于执行指令的任何其他处理器或硬件。在各种实施例中,处理器可包括单个单元或两个或更多个单元的组合,其中,这些单元物理地位于单个控制器中或单独的装置中。

[0061] I/O控制器包括监视控制器和外围或外部装置的操作的电路。I/O控制器还管理控制器和外围或外部装置之间的数据流。I/O控制器可与其通过接口连接的外围或外部装置的示例可包括开关、传感器、外部存储装置、监视器、输入装置(诸如,键盘、鼠标或按钮)、外部计算装置、移动装置和发送器/接收器。

[0062] 存储器可包括易失性存储器(诸如,随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、电可擦除可编程只读存储器(EEPROM)、闪存存储器、磁存储器、光学存储器或任何其他合适的存储器技术)。存储器还可包括易失性和非易失性存储器的组合。

[0063] 存储器配置成存储供处理器执行的多个程序模块。这些模块可例如包括事件检测模块、效果确定模块和效果控制模块。每个程序模块是执行一个或多个特定任务的数据、例程、对象、调用和其他指令的集合。虽然本文中公开了某些程序模块,但是在各种实施例中,可由单个程序模块、不同模块组合、除了本文中公开的模块外的模块或与控制器通信的远程装置所执行的模块来执行针对各模块描述的各种指令和任务。

[0064] 在本文中描述的实施例中,可包括无线收发器(包括Bluetooth或红外收发器)的控制器可集成到结构材料210中或者可与结构材料分开。在其他实施例中,控制器可在与结构材料分离的装置上,但是借助有线或更适宜地无线信号进行适宜连接,以便向本文中描述的纤维致动器、电源和智能材料提供致动信号206。

[0065] 例如,控制器可向本文中描述的智能材料的进而与电源208通信的致动器驱动电路提供致动信号206,以便向如本文中描述的智能材料或系统的用户提供触觉反馈。例如,当借助无线连接与控制器配对的移动电话或其他装置接收到消息或电子邮件时,例如,会出现所期望的触觉反馈。另外的示例包括与诸如游戏控制器、系统或控制台、计算机、平板、汽车或卡车接口或计算机、健康监测装置、自动支付机器或售货亭(kiosk)、各种键盘装置、电视、各种机器等装置关联的控制器。在这些实施例中,控制器适宜地向致动器驱动电路提供激活信号,以响应于从外部装置发起的或来自外部装置的信号而向用户提供触觉反馈。该装置还可以是上面包含本文中所述的触觉反馈系统的各种组件的可穿戴物的部分。例如,本文中描述的纤维致动器可由表带的部分制成,其中,手表的表面是智能手表,例如,用户将手表设置成借助集成到表带中的纤维致动器提供触觉反馈(即,基于接收到的电子邮件、警报、其他通知的振动、运动、收缩等)。可由装置提供的示例性反馈或信号包括例如来自第三方的输入消息或通信的指示、警告信号、健康状态更新(例如,血压或心悸)、游戏交互、驾驶员感知信号、计算机提示等。

[0066] 在其他实施例中,本文中描述的智能材料和组件可与虚拟现实或增强现实系统集成或者是其部分。在这些实施例中,当用户与虚拟或增强现实系统交互时,智能材料可向他或她提供触觉反馈,从而提供由虚拟现实或增强现实组件和装置所发起的响应或反馈。

[0067] 在其他实施例中,用户、纤维致动器100和外部装置之间的相互作用可借助用户和进而向外部装置提供信号纤维致动器100或智能材料200之间的直接相互作用发生。例如,用户可通过触摸、擦拭、按压或以其他方式触摸适宜地包括本文中描述的纤维致动器的可穿戴物的结构材料,以可穿戴在用户身体上的形式与智能材料相互作用。此相互作用可导致信号传递到外部装置,从而展示或确认已经发生了用户交互。

[0068] 在本文中描述的方法的实施例中,本文中描述的致动信号发送到电源。然后,在纤维致动器中产生移动,从而导致结构材料被致动。另外,在其中纤维致动器被设计成提供静电反馈的实施例中,也可在用户交互时产生静电相互作用。通过结合纤维致动器的移动和/或静电相互作用,向用户提供触觉反馈。在各种实施例中,纤维致动器的移动和静电相互作用二者的次序、顺序、频率和强度可根据相互作用的类型或所期望反馈的类型而变化。

[0069] 例如,在实施例中,用户可体验来自纤维致动器的移动(用户借此可与纤维致动器相互作用)或智能材料中的其他纤维致动器的触觉反馈,从而形成提供附加的其他触觉反馈的静电相互作用。在其他实施例中,用户可与结构材料相互作用,结构材料进而提供静电相互作用,结构材料还可提供来自纤维致动器的移动,以提供触觉反馈。在其他实施例中,用户可与第一纤维致动器相互作用,第一纤维致动器提供基于运动的或机械的指示相互作用已经成功的触觉反馈,之后是指例如已经完成所期望任务的来自第二纤维致动器的静电相互作用(非机械反馈)。

[0070] 在本文中提供了各种触觉反馈的强度、频率和定时的示例,这些示例可由用户或正与用户相互作用的装置根据需要来定制。本文中描述了用于活化或致动组合的智能材料的装置和方法的示例,这些示例包括各种计算机、移动装置、游戏系统、汽车等。

[0071] 上述各种实施例仅经通过例示的方式提供,不应该解释为限制所附权利要求。本领域的技术人员将容易地认识到,可在不背离本文中例示和描述的示例性实施例和应用并且不脱离所附权利要求的真实精神和范围的情况下,进行各种修改和变化。

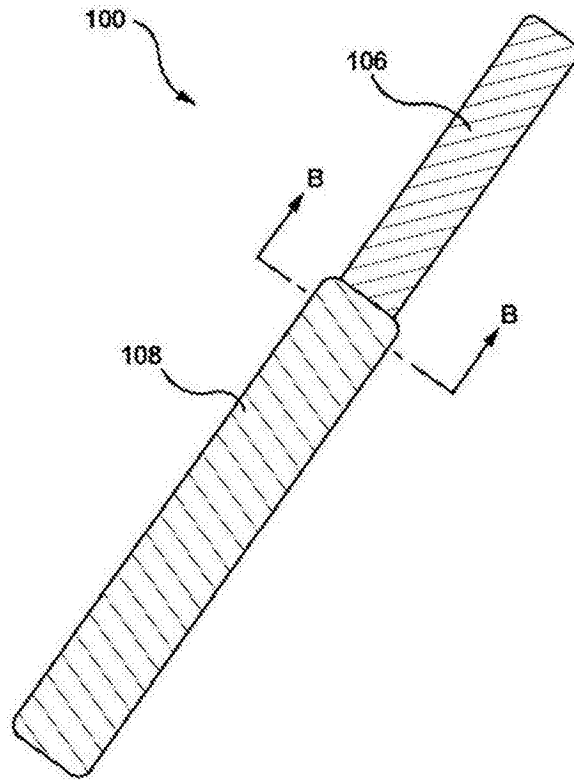


图1A

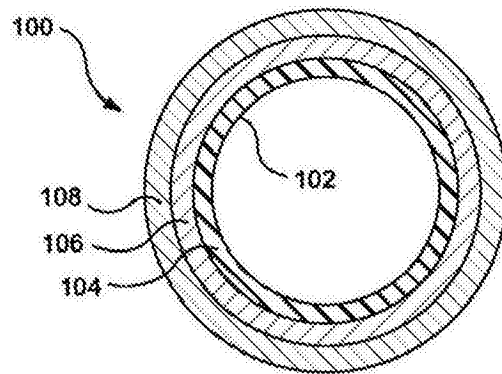


图1B

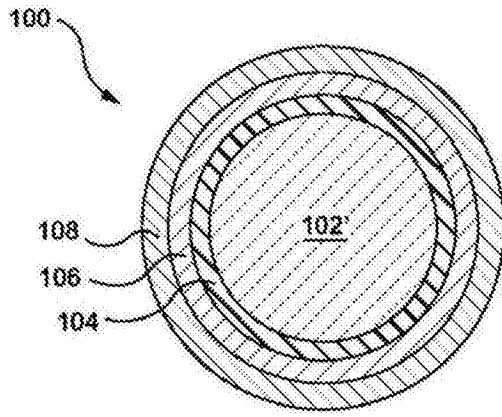


图1C

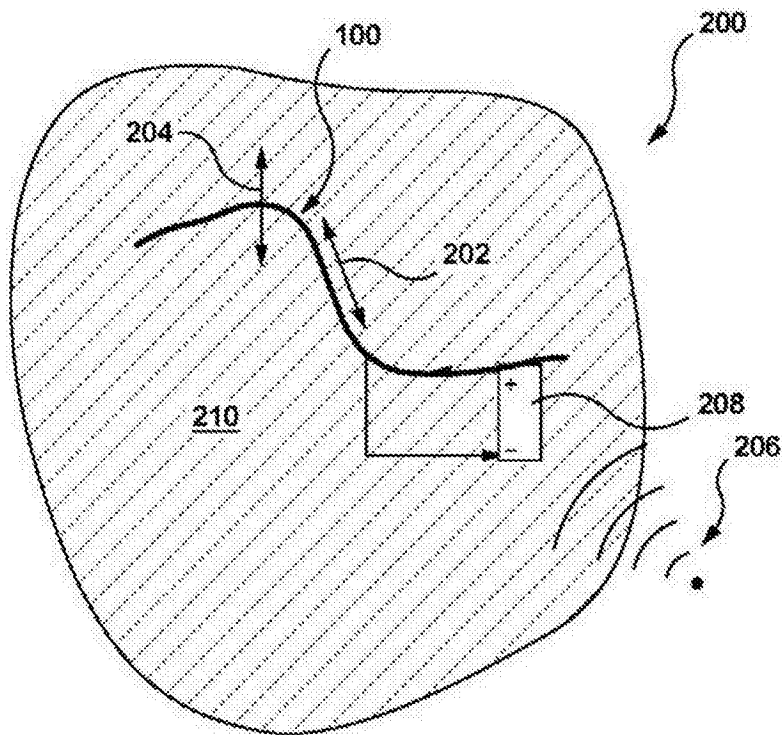


图2A

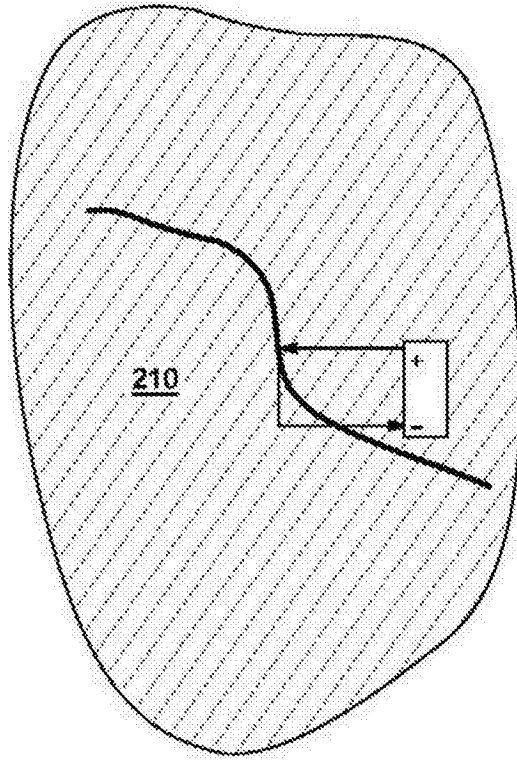


图2B