



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105082106 B

(45)授权公告日 2018.06.12

(21)申请号 201510431944.9

审查员 李方芬

(22)申请日 2015.07.21

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105082106 A

(43)申请公布日 2015.11.25

(73)专利权人 中国科学院物理研究所

地址 100190 北京市海淀区中关村南三街8号

(72)发明人 刘华平 袁洁

(74)专利代理机构 北京成创同维知识产权代理

有限公司 11449

代理人 蔡纯 冯丽欣

(51)Int.Cl.

B25J 9/00(2006.01)

B25J 9/16(2006.01)

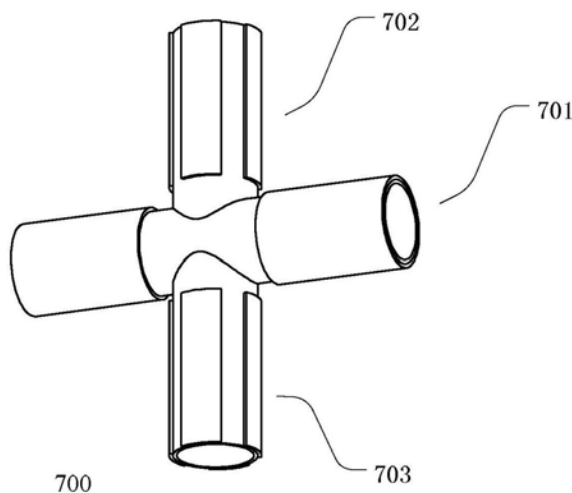
权利要求书2页 说明书5页 附图5页

(54)发明名称

可编码执行器及其控制方法和微机器人

(57)摘要

公开了可编码执行器及其控制方法和微机器人。所述可编码执行器于响应所述多个波长的光照射产生至少一个机械动作,所述可编码执行器包括:聚合物层;以及位于聚合物层的多个区域中的多组碳纳米管,其中,所述多组碳纳米管分别响应不同波长的光照射,使得所述聚合物层发生局部的变形,从而产生所述至少一个机械动作。所述可编码执行器利用不同波长的光调节聚合物层的不同区域,从而可以产生复杂形式的动作。



1. 一种可编码执行器,用于响应多个波长的光照射产生至少一个机械动作,所述可编码执行器包括:

聚合物层;以及

位于聚合物层表面上的多个区域中的多组碳纳米管,

其中,所述多组碳纳米管分别响应不同波长的光照射,使得所述聚合物层发生局部的变形,从而产生所述至少一个机械动作;

所述多组碳纳米管的不同组碳纳米管的手性彼此不同。

2. 根据权利要求1所述的可编码执行器,其中,所述聚合物层为聚碳酸酯薄膜。

3. 根据权利要求1所述的可编码执行器,其中,所述聚合物层形成中空柱体。

4. 根据权利要求3所述的可编码执行器,其中,所述多组碳纳米管包括第一组和第二组碳纳米管,并且

第一组和第二组碳纳米管沿柱体的轴向分布且彼此隔开。

5. 根据权利要求4所述的编码执行器,其中,所述多组碳纳米管包括第一组至第四组碳纳米管,并且

第一组至第四组碳纳米管沿柱体的圆周方向分布且彼此隔开。

6. 根据权利要求4所述的编码执行器,其中,所述多组碳纳米管包括第一组至第四组碳纳米管,并且

第一组碳纳米管和第三组碳纳米管沿柱体的轴向分布且彼此隔开,第二组碳纳米管和第四组碳纳米管沿柱体的轴向分布且彼此隔开,第一组碳纳米管和第三组碳纳米管沿柱体的圆周方向分布且彼此隔开,第二组碳纳米管和第四组碳纳米管沿柱体的圆周方向分布且彼此隔开。

7. 根据权利要求1所述的编码执行器,其中,所述聚合物层的热膨胀系数是所述多组碳纳米管的热膨胀系数的几倍或十倍以上。

8. 根据权利要求1所述的编码执行器,其中,

所述至少一个机械动作包括选自行走、停止、弯曲、伸直、旋转中的至少一种。

9. 根据权利要求1所述的可编码执行器,其中,所述多个碳纳米管层的厚度为0.02微米至2微米,所述聚合物层的厚度为1微米至100微米。

10. 一种微机器人,包括

运动模块,所述运动模块包括由权利要求1-9任一项的可编码执行器,用于产生所述微机器人的运动;以及

设置在所述运动模块上的至少一个操作模块,所述操作模块包括由权利要求1-9任一项的可编码执行器,用于产生所述微机器人的机械动作。

11. 一种可编码执行器的控制方法,所述可编码执行器包括:聚合物层;以及位于聚合物层表面上的多个区域中的多组碳纳米管,所述多组碳纳米管的不同组碳纳米管的手性彼此不同,所述方法包括:

采用多个波长的光照射所述多组碳纳米管,

其中,所述多组碳纳米管分别响应不同波长的光照射,使得所述聚合物层发生局部的变形,从而产生至少一个机械动作。

12. 根据权利要求11所述的方法,其中,设置所述多个波长的光的照射顺序,使得所述

聚合物层的所述多个区域依次发生变形,从而产生所述至少一个机械动作。

13.根据权利要求12所述的方法,其中,所述变形包括选自所述聚合物层的弯曲、延伸和收缩中的至少一种,所述至少一个机械动作包括选自行走、停止、弯曲、伸直、旋转中的至少一种。

可编码执行器及其控制方法和微机器人

技术领域

[0001] 本发明涉及用于执行机械动作的执行器,更具体地,涉及可编码执行器及其控制方法和微机器人。

背景技术

[0002] 执行器(actuator)是接收控制信息并且对受控对象施加控制作用的系统。执行器可以对外部的刺激(如光、热、电压、电流、流体压力、气体压力等)产生机械动作。现有的执行器一般通过电流或压力的刺激执行动作。例如,电磁阀作为电致器,在电流的控制下实现阀的开关动作。近年来,光执行器也获得了越来越多的关注。光执行器的核心元件在光照射下发生可逆的弯曲和/或伸缩,从而可以用作马达、泵、行走装置等。

[0003] 在一种现有的光执行器中,光致动器的核心元件为液晶高分子材料。在光照射下,液晶分子的取向发生改变,光致动器的变形为弯曲。在另一种现有的光执行器中,光致动器的核心元件为液晶高分子材料和碳纳米管组成的网络。在光照射下,碳纳米管吸收光并转化成热能,从而诱导热敏液晶高分子的相变,光致动器的变形为收缩。上述现有的光致动器灵敏度低且容易受到环境光的干扰误动作。

[0004] 作为进一步改进的光致动器的核心元件为聚合物和单壁碳纳米管的双层结构。该单壁碳纳米管仅仅响应特定波长,在光照射下发生快速的温升,在没有光照射时发生快速的温度降低。由于光致热效应,双层结构发生弯折。该光致动器由于响应特定波长的光而提高了抗干扰性。

[0005] 然而,上述光致动器只能提供单一形式的动作以及实现单一的功能,例如,作为阀的执行部件。为了实现微机器人的行走装置的复杂运动,期望光致动器可以根据控制光产生复杂形式的动作。

发明内容

[0006] 本发明提出一种基于选择性光机材料的可编码执行器及其控制方法和微机器人。

[0007] 根据本发明的一方面,提供一种可编码执行器,用于响应所述多个波长的光照射产生至少一个机械动作,所述可编码执行器包括:聚合物层;以及位于聚合物层的多个区域中的多组碳纳米管,其中,所述多组碳纳米管分别响应不同特定波长的光照射,使得所述聚合物层发生局部的变形,从而产生所述至少一个机械动作。

[0008] 优选地,所述多组碳纳米管分别为位于所述聚合物的表面上的多个碳纳米管层。

[0009] 优选地,所述多组碳纳米管分别分散在所述聚合物层层中的多个区域中。

[0010] 优选地,所述聚合物层为聚碳酸酯薄膜。

[0011] 优选地,所述多组碳纳米管的不同组碳纳米管的手性彼此不同。

[0012] 优选地,所述聚合物层形成中空柱体。

[0013] 优选地,所述多组碳纳米管包括第一组和第二组碳纳米管,并且第一组和第二组碳纳米管沿柱体的轴向分布且彼此隔开。

[0014] 优选地,所述多组碳纳米管包括第一组至第四组碳纳米管,并且第一组至第四组碳纳米管沿柱体的圆周方向分布且彼此隔开。

[0015] 优选地,所述多组碳纳米管包括第一组至第四组碳纳米管,并且第一组碳纳米管和第二组碳纳米管沿柱体的轴向分布且彼此隔开,第三组碳纳米管和第四组碳纳米管沿柱体的轴向分布且彼此隔开,第一组碳纳米管和第三组碳纳米管沿柱体的圆周方向分布且彼此隔开,第二组碳纳米管和第四组碳纳米管沿柱体的圆周方向分布且彼此隔开。

[0016] 优选地,所述聚合物层的热膨胀系数是所述多组碳纳米管的热膨胀系数的几倍或十倍以上。

[0017] 优选地,所述至少一个机械动作包括选自行走、停止、弯曲、伸直、旋转中的至少一种。

[0018] 优选地,所述多个碳纳米管层的厚度为0.02微米至2微米,所述聚合物层的厚度为1微米至100微米。

[0019] 根据本发明的另一方面,提供一种微机器人,包括运动模块,所述运动模块包括由上述的可编码执行器,用于产生所述微机器人的运动;以及设置在所述运动模块上的至少一个操作模块,所述操作模块包括由上述的可编码执行器,用于产生所述微机器人的机械动作。

[0020] 根据本发明的又一方面,提供一种可编码执行器的控制方法,所述可编码执行器包括:聚合物层;以及位于聚合物层的多个区域中的多组碳纳米管,所述方法包括:采用多个波长的光照射所述多组碳纳米管,其中,所述多组碳纳米管分别响应不同波长的光照射,使得所述聚合物层发生局部的变形,从而产生至少一个机械动作。

[0021] 优选地,设置所述多个波长的光的照射顺序,使得所述聚合物层的所述多个区域依次发生变形,从而产生所述至少一个机械动作。

[0022] 优选地,所述变形包括选自所述聚合物层的弯曲、延伸和收缩中的至少一种,所述至少一个机械动作包括选自行走、停止、弯曲、伸直、旋转中的至少一种。

[0023] 根据本发明的实施例的可编码执行器利用不同波长的光调节聚合物层的不同区域,从而可以产生复杂形式的动作。

[0024] 与已有的光机执行器相比,本发明提出的基于选择性光机材料的可编码执行器具有以下的优势:不受光波长限制可以实现亚光波长尺度上的复杂微小机械动作;可完成复杂动作,基本动作通过入射不同波长的光,复杂动作通过入射不同的波长光组合;不需要考虑入射光的朝向;各个执行模块可以任意组合,完成多种复杂动作功能的集成。

附图说明

[0025] 通过以下参照附图对本发明实施例的描述,本发明的上述以及其它目的、特征和优点将更为清楚,在附图中:

[0026] 图1示出单一手性碳纳米管的光吸收谱;

[0027] 图2示出本发明的第一实施例的可编码执行器的结构图;

[0028] 图3a和3b示出本发明的第一实施例的可编码执行器的工作示意图;

[0029] 图4示出本发明的第二实施例的可编码执行器的结构图;

[0030] 图5a和5b示出本发明的第二实施例的可编码执行器的工作示意图;

[0031] 图6a-6c示出本发明的第三实施例的可编码执行器的结构图和工作示意图；

[0032] 图7示出本发明的第四实施例的微机器人的结构图。

具体实施方式

[0033] 在下文对本发明的细节描述中，详尽描述了一些特定的细节部分。对本领域技术人员来说没有这些细节部分的描述也可以完全理解本发明。为了避免混淆本发明的实质，公知的方法、过程、流程、元件和电路并没有详细叙述。本领域普通技术人员应当理解，在此提供的附图都是为了说明的目的，并且附图不一定是按比例绘制的。除非上下文明确要求，否则整个说明书和权利要求书中的“包括”、“包含”等类似词语应当解释为包含的含义而不是排他或穷举的含义；也就是说，是“包括但不限于”的含义。

[0034] 在本发明的描述中，需要理解的是，术语“第一”、“第二”等仅用于描述目的，而不能理解为指示或暗示相对重要性。此外，在本发明的描述中，除非另有说明，“多个”的含义是两个或两个以上。

[0035] 碳纳米管具有优异的机械和电学性能，而且在红外区域具有很好的吸收特性。图1示出了单一手性碳纳米管的光吸收谱。如图1所示，不同手性结构的碳纳米管只对特定波长的光具有吸收性。手性结构为(6,4)的碳纳米管在近红外区域的吸收峰对应的波长为877纳米。手性结构为(6,5)的碳纳米管在近红外区域的吸收峰对应的波长为983纳米，手性结构为(7,5)的碳纳米管在近红外区域的吸收峰对应的波长为1020纳米，手性结构为(7,6)的碳纳米管在近红外区域的吸收峰对应的波长为1122纳米。

[0036] 将碳纳米管层设置在聚碳酸酯薄膜上组成双层薄膜，在红外光的照射下，碳纳米管可以吸收红外光并将其转化为热能，碳纳米管的热膨胀系数小于4ppm/K，聚碳酸酯薄膜的热膨胀系数约为65ppm/K，从而诱导聚碳酸酯薄膜产生可逆的形变。当去除红外光后，聚碳酸酯薄膜可以恢复到照射前状态。

[0037] 本发明提出的可编码执行器和微机器人利用聚碳酸酯薄膜的形变可以转变为各种复杂的机械动作。输入光信号的光源可以是激光器、发光二极管等。

[0038] 以下基于实施例对本发明进行描述，但是本发明并不仅仅限于这些实施例。

[0039] 第一实施例

[0040] 图2示出本发明的第一实施例的可编码执行器的结构图，其中在左侧示出没有光照射时的结构，右侧示出光照射时的结构。第一实施例的可编码执行器100包括聚合物层101，第一碳纳米管层201、第二碳纳米管层202、第三碳纳米管层203以及第四碳纳米管层204。

[0041] 聚合物层101例如为10微米厚的聚碳酸酯薄膜围成的中空圆柱。第一碳纳米管层201、第二碳纳米管层202、第三碳纳米管层203以及第四碳纳米管层204平行等间距设置在聚合物层101的外表面。第一碳纳米管层201、第二碳纳米管层202、第三碳纳米管层203以及第四碳纳米管层204的厚度分别为1微米。

[0042] 选择不同手性的碳纳米管，使得第一碳纳米管层201、第二碳纳米管层202、第三碳纳米管层203以及第四碳纳米管层204的光吸收波长分别为 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 、 λ_4 ，其中 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 、 λ_4 彼此不同。

[0043] 图3a和3b示出本发明的第一实施例的可编码执行器100的工作示意图。

[0044] 如图3a所示,当波长为 λ_4 的光照射可编码执行器100时,第四碳纳米管层204吸收入射光,第一至第三碳纳米管层不吸收入射光。第四碳纳米管层204产生热量,引起聚合物层101的形变。聚合物层101向着第二碳纳米管层202一侧弯曲。

[0045] 如图3b中所示,当波长为 λ_2 的光照射可编码执行器100时,第二碳纳米管层202吸收入射光,第一、第三和第四碳纳米管层不吸收入射光。第二碳纳米管层202产生热量,引起聚合物层101的形变。聚合物层101向着第四碳纳米管204一侧弯曲。

[0046] 类似地,聚合物层101可以向其他两个方向弯曲,实现万向轴的功能。

[0047] 第二实施例

[0048] 图4示出本发明的第二实施例的可编码执行器200的结构图,其中在左侧示出没有光照射时的结构,右侧示出光照射时的结构。第二实施例的可编码执行器200包括聚合物层101,第一碳纳米管层201、第二碳纳米管层202、第三碳纳米管层203以及第四碳纳米管层204。

[0049] 聚合物层101例如为10微米厚的聚碳酸酯薄膜围成的中空圆柱。第一碳纳米管层201和第二碳纳米管层202设置在聚合物层101的上部外表面,第三碳纳米管层203和第四碳纳米管层204设置在聚合物层101的下部外表面。第一碳纳米管层201、第二碳纳米管层202、第三碳纳米管层203以及第四碳纳米管层204的厚度分别为1微米。

[0050] 选择不同手性的碳纳米管,使得第一碳纳米管层201、第二碳纳米管层202、第三碳纳米管层203以及第四碳纳米管层204的光吸收波长分别为 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 、 λ_4 ,其中 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 、 λ_4 彼此不同。

[0051] 图5a和5b示出本发明的第二实施例的可编码执行器200的工作示意图。

[0052] 如图5a所示,在第一阶段,使用波长为 λ_1 和 λ_3 的混合光照射编码执行器,第一碳纳米管层201和第三碳纳米管层203吸收入射光,第二和第四碳纳米管层不吸收入射光。第一碳纳米管层201和第三碳纳米管层203产生热量,引起聚合物层101的形变,聚合物层101的上部向着第二碳纳米管层202一侧弯曲。聚合物层101的下部向着第四碳纳米管层204一侧弯曲。

[0053] 接下来如图5b所示,在第二阶段使用波长为 λ_2 和 λ_4 的混合光照射可编码执行器200,第一碳纳米管层201和第三碳纳米管层203不吸收入射光,第二和第四碳纳米管层吸收入射光。第二碳纳米管层202和第四碳纳米管层204产生热量,引起聚合物层101的形变,聚合物层101的上部向着第一碳纳米管层201一侧弯曲。聚合物层101的下部向着第三碳纳米管层203一侧弯曲。

[0054] 交替重复第一阶段和第二阶段,聚合物层101可以实现蛇形前进。

[0055] 第三实施例

[0056] 图6a-6c示出本发明的第三实施例的可编码执行器300的结构图和工作示意图,其中在左侧示出没有光照射时的结构,右侧示出光照射时的结构。如图6a所示,第三实施例的可编码执行器300包括聚合物层101,第一碳纳米管层201和第三碳纳米管层203。

[0057] 聚合物层101例如为10微米厚的聚碳酸酯薄膜围成的中空圆柱。第一碳纳米管层201设置在聚合物层101的上部外表面,第三碳纳米管层203设置在聚合物层101的下部外表面。第一碳纳米管层201以及第三碳纳米管层203的厚度分别为1微米。

[0058] 选择不同手性的碳纳米管,使得第一碳纳米管层201的光吸收波长为 λ_1 ,第三碳纳

米管层203的光吸收波长为 λ_3 ,其中 $\lambda_1 \neq \lambda_3$ 。输入信号包括交替的第一阶段和第二阶段,在第一阶段输入信号为波长为 λ_1 的光信号,在第二阶段为波长为 λ_3 的光信号。

[0059] 图6b示出了第三实施例的可编码执行器300在输入信号的第一阶段的工作示意图,在第一阶段,波长为 λ_1 的光照射下,第一碳纳米管层201吸收入射光,第三碳纳米管层203不吸收入射光。第一碳纳米管层201产生热量,引起聚合物层101的形变。聚合物层101的上部被拉长,聚合物层101的下部保持不变。

[0060] 图6c示出了第三实施例的可编码执行器300在输入信号的第二阶段的工作示意图,在第二阶段,波长为 λ_3 的光照射下,第三碳纳米管层203吸收入射光,第一碳纳米管层201不吸收入射光。第三碳纳米管层203产生热量,引起聚合物层101的形变。聚合物层101的下部被拉长,聚合物层101的上部恢复到原始状态。

[0061] 交替重复第一阶段和第二阶段,聚合物层101可以实现蚯蚓式前进。

[0062] 第四实施例

[0063] 图7示出本发明的第四实施例的微机器人700的结构图,第四实施例的微机器人700包括:运动模块701以及设置在运动模块701上的第一操作模块702和第二操作模块703。

[0064] 运动模块701用于产生微机器人700的运动。运动模块701可以采用第二实施例的形式也可以采用第三实施例的形式。第一操作模块702和第二操作模块703用于根据输入信号产生所述微机器人700的机械动作,如弯曲、伸直、夹取、释放等。

[0065] 第四实施例的微机器人700的输入信号为不同波长的光的编码信号。可以使得微机器人700运动到预定位置,然后执行预定的机械动作。

[0066] 本发明提出的基于选择性光机材料的可编码执行器与已有的光机执行器比较具有以下优势:不受入射光的波长限制,可以实现复杂微小机械动作;可完成复杂动作,基本动作通过入射不同的波长的光,复杂动作通过入射不同的波长光的组合;不需要考虑入射光的朝向;各个执行模块可以任意组合,完成多种复杂动作功能的集成。

[0067] 进一步地,本发明的微机器人以非接触的方式接收编码信号,并且可以实现复杂的机械运动。该微机器人可以应用于新型光学器件、微泵、微流体、医疗等领域。例如,该微机器人可注射进入人体内,然后采用近红外光可以穿透人体,将编码信号提供至微机器人,使得微机器人运动到病灶附近,以及进行病灶的清除等治疗操作。

[0068] 在上述的实施例中,描述了可编码执行器包括聚合物层和碳纳米管层组成的双层结构,其中,聚合物层形成中空圆柱,碳纳米管设置在聚合物层的外表面上。然而,该双层结构不限于中空圆柱,可以是任意的平面或空间形状。此外,可编码执行器可以为单层结构,例如为由聚合物和多组碳纳米管组成的复合结构,其中碳纳米管分散在聚合物中。为了实现复杂动作,在单层结构的不同区域,将不同手性的碳纳米管分散在聚合物中。

[0069] 以上所述仅为本发明的优选实施例,并不用于限制本发明,对于本领域技术人员而言,本发明可以有各种改动和变化。凡在本发明的精神和原理之内所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

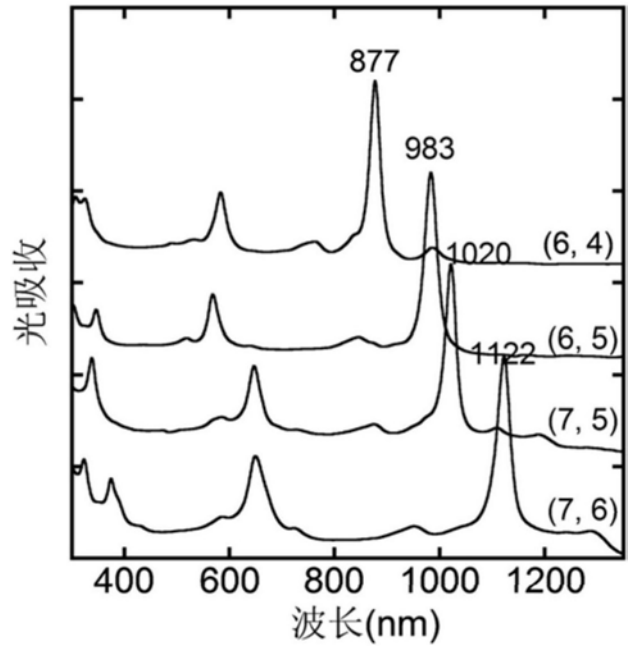


图1

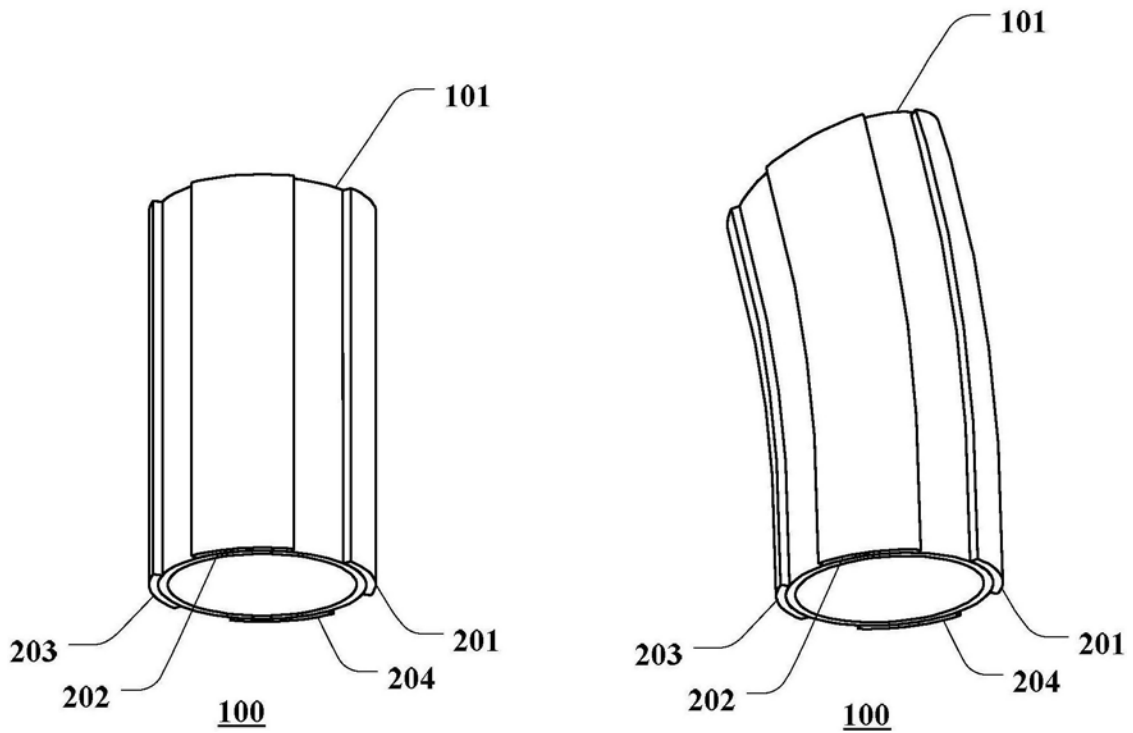


图2

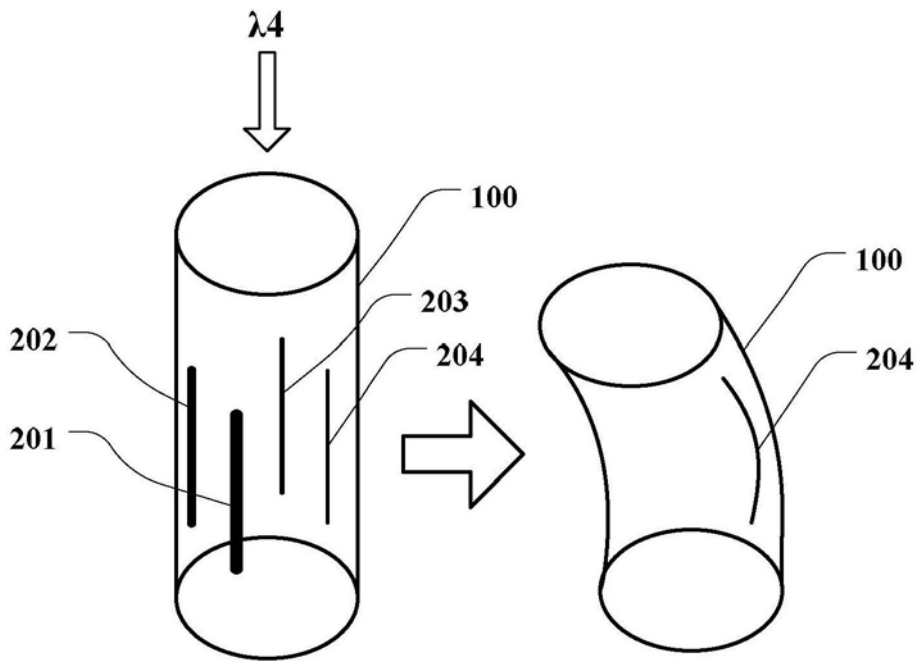


图3a

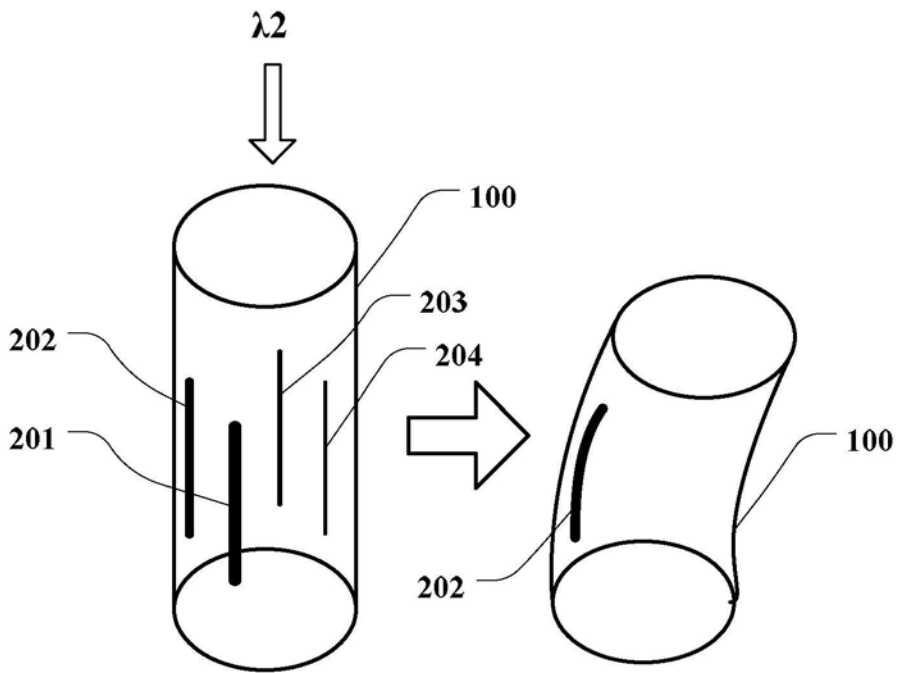


图3b

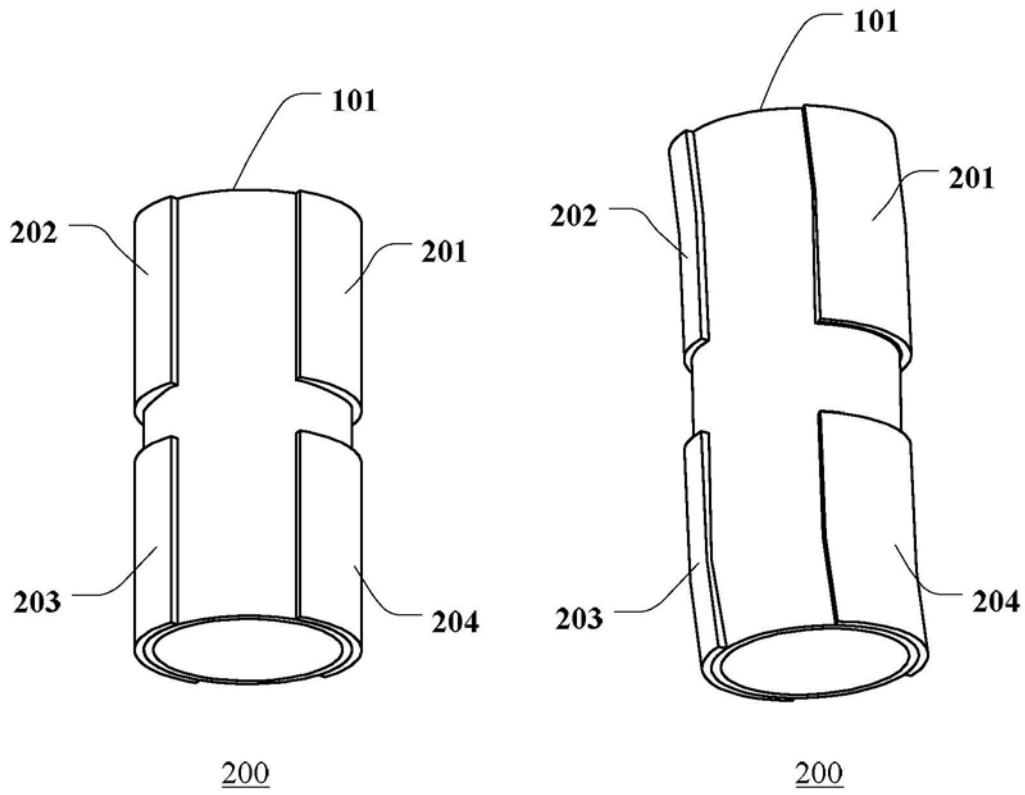


图4

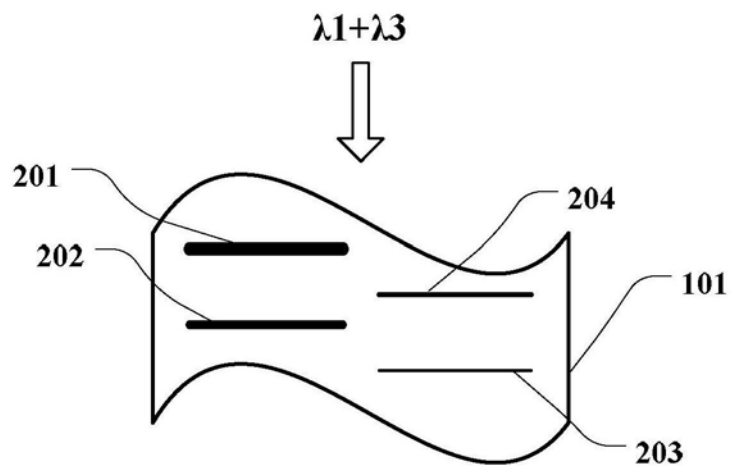


图5a

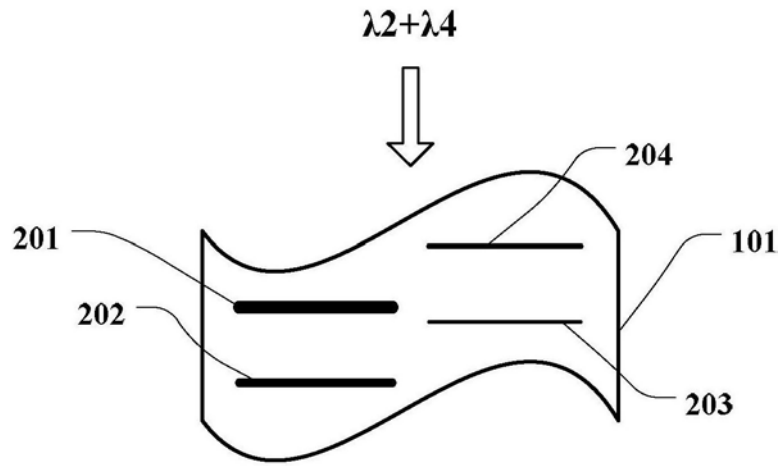


图5b

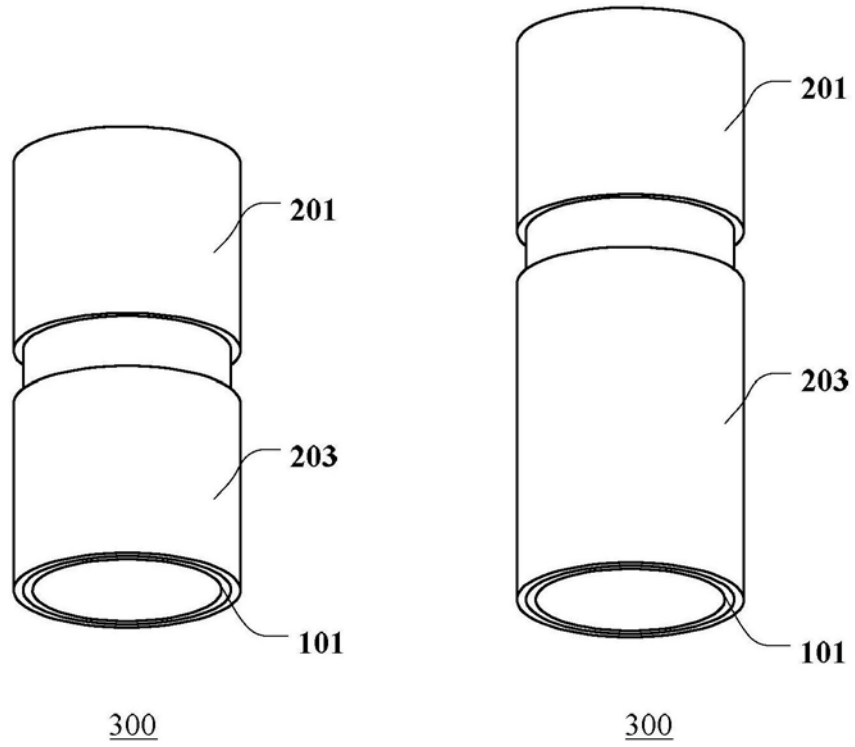


图6a

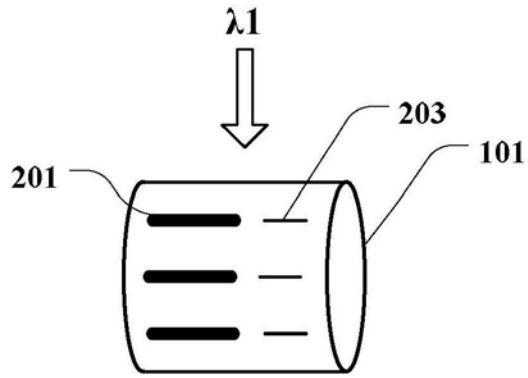


图6b

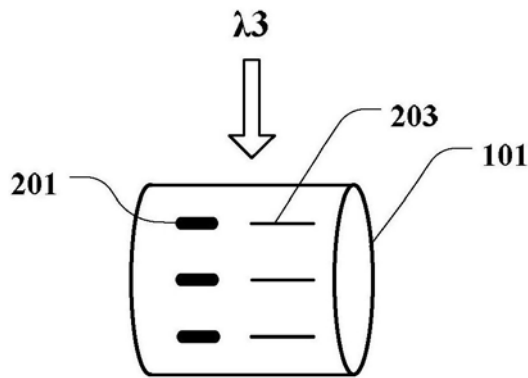


图6c

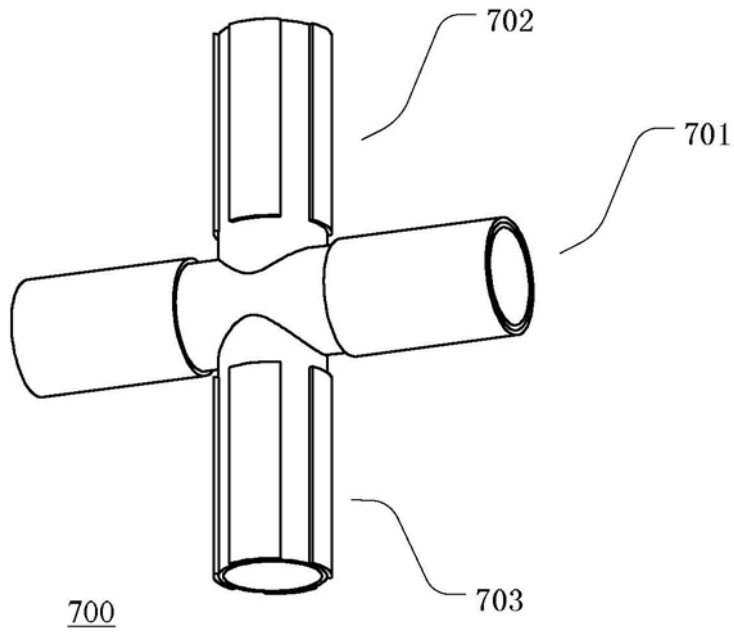


图7