

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2018 年 2 月 8 日 (08.02.2018)



(10) 国际公布号
WO 2018/024194 A1

- (51) 国际专利分类号:
F16K 99/00 (2006.01) **B01L 3/00** (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2017/095435
- (22) 国际申请日: 2017 年 8 月 1 日 (01.08.2017)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201610623513.7 2016 年 8 月 2 日 (02.08.2016) CN
- (71) 申请人: 复旦大学 (FUDAN UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国上海市杨浦区邯郸路 220 号, Shanghai 200433 (CN)。
- (72) 发明人: 俞燕蕾 (YU, Yanlei); 中国上海市杨浦区邯郸路 220 号, Shanghai 200433 (CN)。 吕久安 (LV, Jiuan); 中国上海市杨浦区邯郸路 220 号, Shanghai 200433 (CN)。 韦嘉 (WEI, Jia); 中国上海市杨浦区邯郸路 220 号, Shanghai 200433 (CN)。 刘玉云 (LIU, Yuyun); 中国上海市杨浦区邯郸路 220 号, Shanghai 200433 (CN)。
- (74) 代理人: 上海一平知识产权代理有限公司 (XU & PARTNERS, LLC); 中国上海市普陀

区真北路 958 号天地科技广场 1 号楼 106 室, Shanghai 200333 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

(54) Title: MICROFLUIDIC MOVEMENT CONTROL METHOD UTILIZING LIGHT

(54) 发明名称: 一种光控微流体运动的方法

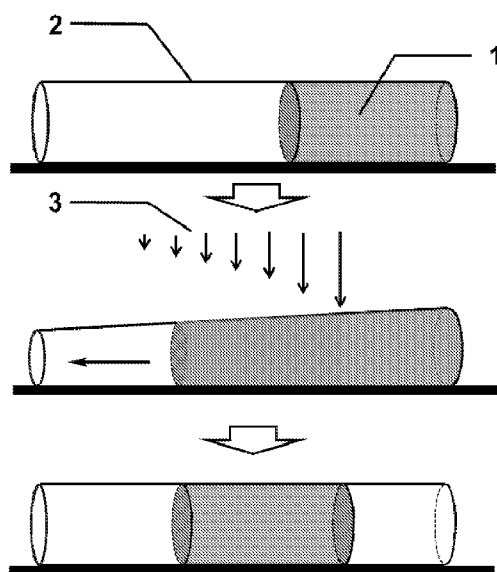


图 1

(57) Abstract: A microfluidic movement control method utilizing light, a device, and a microtubule actuator (2). The microtubule actuator (2) is prepared by utilizing a light-induced deformed smart polymer material. The smart polymer material forms, by an exciting beam, asymmetrical deformation, and is induced to produce a capillary action to drive a microfluid movement. The embodiment can drive microfluids having various polarities and compositions, and can drive creep of the microfluid, and can even drive the microfluid to generate a 3D movement trail. The embodiment has found a wide range of potential applications in controllable microfluidic transport, micro-reaction systems, micro-mechanic systems, IC laboratories, and others.

(57) 摘要: 一种光控微流体运动的方法, 装置及微管执行器 (2)。利用光致形变智能高分子材料制备了微管执行器 (2), 其在光刺激下发生不对称形变, 诱导产生毛细作用力驱动微量液体运动。不仅可以驱动各种极性和组成的微流体, 还可以驱动微量液体爬坡, 甚至可以驱动液体产生三维运动轨迹。在可控微流体传输、微反应系统、微机械系统、芯片实验室等领域具有可观的潜在应用价值。

本国际公布：

- 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

一种光控微流体运动的方法

技术领域

5 本发明属于微流体技术领域，具体地说，涉及一种光控微流体运动的微管执行器。

背景技术

精确操控微量液体运动具有广泛的工业应用前景，例如在生物医药器件、微量液体传输、微流体系统等领域。目前，光控微量液体运动，尤其是由光致毛细作用力驱动的微量液体运动，引起了科研工作者们的巨大研究兴趣，因为光控可以
10 做到无接触、瞬时、定点和精确控制。用光驱动液体运动依赖两种作用力：光学力和光致毛细作用力。光致毛细作用力在驱动微量液体运动时，无需特殊的光学装置和复杂的微组装过程，可以极大地简化液体的运动操控。

尽管如此，光致毛细作用力在驱动微量液体运动时，都要受到来自于三相接触线的阻力，这在很大程度上限制了微量液体的运动，严重的制约了其实际应用。
15 光致毛细作用力可以由光致润湿梯度或马兰戈尼效应产生，光致润湿梯度所产生的毛细作用力难于克服三相接触线的阻力，因而这种驱动方法只适用于特定的液体，并且液体运动速度慢，运动轨迹局限于线性运动。而光致马兰戈尼效应往往会导致被驱动液体温度上升或需要加入光敏的表面活性剂，这不利于生物医药领域应用或造成被驱动液体的污染。
20

因此，如何研发一种适用范围广、操作简便且不会对液体造成污染的光控微流体运动的微型装置是十分必要的。

发明内容

25 本发明的目的是提供一种光控微流体运动的微管执行器。
本发明的另一目的是提供一种光控微流体运动的装置。
本发明的另一目的是提供一种光控微流体运动的方法。

在本发明的第一方面中，提供了一种光控微流体运动的方法，包括步骤：
30 提供一微管执行器，所述微管执行器外径为 0.01-2 mm 或 0.0012-2 mm，内径

为 0.001-1.99 mm，且所述微管执行器的管壁材料为含有偶氮苯或偶氮基团的高分子材料；

在微管执行器中装入微流体；

用光源照射装有微流体的微管执行器的某一端，从而驱动微流体向微管执行器的

5 另一端运动。

在本发明的第二方面中，提供了一种光控微流体运动的方法，包括步骤：

提供一微管执行器，所述微管执行器外径为 0.01-2 mm 或 0.0012-2 mm，内径为 0.001-1.99 mm，且所述微管执行器的管壁材料为含有偶氮苯或偶氮基团的高分子材料；

10 在微管执行器中装入微流体；

用不同强度的光源照射装有微流体的微管执行器，从而驱动微流体由光强度高的一端向光强度低的方向运动。

在另一优选例中，所述的管壁材料全部或部分为含有偶氮苯基团或偶氮基团的高分子材料。

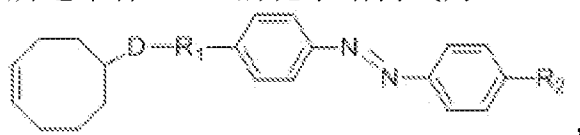
15 在另一优选例中，所述的微管执行器包括一具有凹槽的基板和一薄膜，且所述的凹槽与薄膜共同组成流体通道；其中，所述的基板和/或薄膜含有有效量的管壁材料。

在另一优选例中，所述的有效量指足以在光源照射下使所述的基板和/或薄膜产生形变的量。

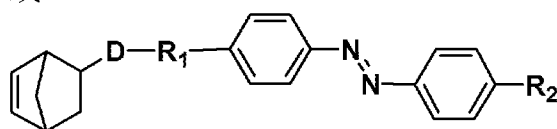
20 在另一优选例中，所述的微管执行器外径为凹槽的宽度（深度）与管壁材料薄膜的厚度之和，且所述微管执行器的内径为凹槽的宽度（深度）。

在另一优选例中，所述的微管执行器还包括包裹于管壁内外的复合材料层。

在另一优选例中，所述管壁材料由 CAB 单体进行均聚或共聚反应制备得到；其中，所述单体 CAB 的化学结构式为：



25 或

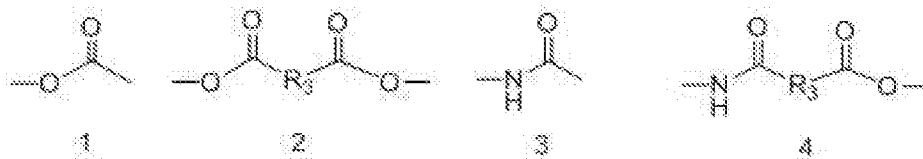


其中：R₂ 是 H，或者是选择于 C1、C2、C3、C4、C5、C6 的烃基或烷氧基，或

者是具有极性的端基, 该端基选自氰基、异氰基、羟基、卤素, 酯基, 羧基, 硝基, 氨基, 或酰胺基中的一种;

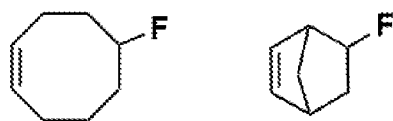
R_1 为选自于 C3、C4、C5、C6、C7、C8、C9、C10、C11、C12 的烃基或烷氧基;

D 选自如下结构式 (1) - 结构式 (4) 中的一种:

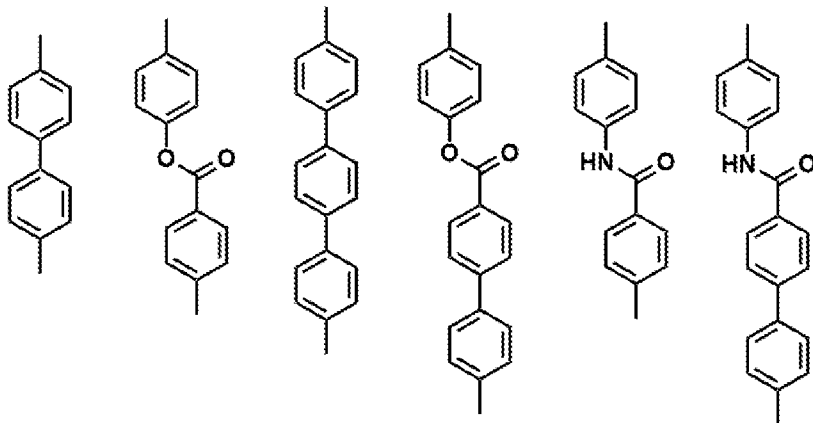


其中 R_3 是选择于 C2、C3、C4、C5、C6 的烃基或烷氧基, 或在单体中不出现。

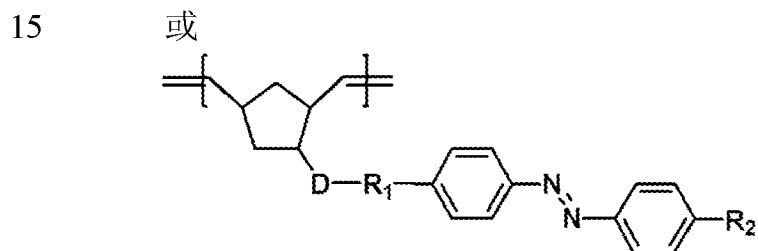
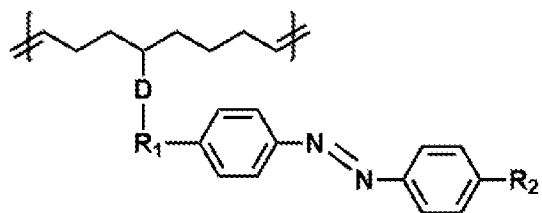
在另一优选例中, 所述的管壁材料为 CAB 单体与 CF 单体共聚制备获得, 所述单体 CF 的化学结构式选自下组:



10 其中, F 表示: $\text{---D---R}_1\text{---G---R}_2$, 所述 D, R_1 , R_2 与 CAB 中化学式表示的基团相同, G 的结构选自以下结构中的一种或几种:



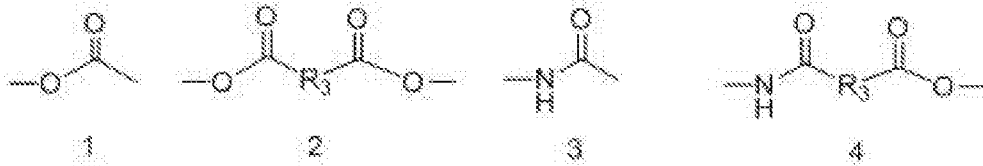
在另一优选例中, 所述的管壁材料包含如下所示结构单元:



其中： R_2 是 H，或者是选择于 C1、C2、C3、C4、C5、C6 的烃基或烷氧基，或者是具有极性的端基，该端基选自氰基、异氰基、羟基、卤素，酯基，羧基，硝基，氨基，或酰胺基中的一种；

R_1 为选自于 C3、C4、C5、C6、C7、C8、C9、C10、C11、C12 的烃基或烷氧基；

5 D 选自如下结构式 (1) - 结构式 (4) 中的一种：



其中 R_3 是 C2、C3、C4、C5、C6 的亚烷基、亚烯基、亚炔基或亚烷氧基。

在另一优选例中，所述不同强度的光源由衰减过滤片产生。

在另一优选例中，所述不同强度的光源由照射微流体产生。

10 在另一优选例中，所述微流体为亲水微流体或疏水微流体。

在另一优选例中，所述微流体为亲水微流体时，所述微管执行器的内壁涂覆有亲水涂层。

在另一优选例中，所述微流体为疏水微流体时，所述微管执行器的内壁涂覆有疏水涂层或没有涂覆疏水涂层。

15 在另一优选例中，所述的微流体选自下组：有机液体、水、水溶液、气液流体、液固流体、乳化液。

在另一优选例中，所述微流体为有机液体，较佳地为选自下组的有机液体：硅油、正己烷、石油醚、乙酸乙酯、丙酮、甲醇、乙醇、异丙醇、甲苯、戊烷、辛烷、环己酮、乙醚、环氧丙烷、甲基丁酮、甲基异丁酮、乙二醇单甲醚、乙二醇单乙醚、乙二
20 醇单丁醚、乙腈、吡啶、汽油，或其组合。

在另一优选例中，所述微流体为水相液体，优选为选自下组的水相液体：水、盐溶液。

在另一优选例中，所述微流体为生化液体，优选为选自下组的生化液体：蛋白质溶液、磷酸缓冲溶液、细胞培养液、细胞溶质，或其组合。

25 在另一优选例中，所述微流体为复杂流体，优选为选自下组的复杂流体：气液流体、乳化液、液固流体，或其组合。

在另一优选例中，所述光源为紫外光或可见光。

在另一优选例中，所述光源的照射位置是可移动的。

在另一优选例中，所述方法通过控制光的移动方向或光的衰减方向来控制微流体的运动方向。

在另一优选例中，当所述光沿着微管执行器外部往某一方向移动时，微流体会沿着微管执行器内部运动。

5 在另一优选例中，不管光的衰减方向怎么改变，微流体始终由光强度高的一端向光强度低的方向运动。

在另一优选例中，所述方法通过控制光源的强度来调节微流体的驱动速率。

在另一优选例中，所述光源的光强为 $0.01 - 10 \text{ W cm}^{-2}$ 。

在另一优选例中，所述微流体的运动速率为 $0-10 \text{ mm s}^{-1}$ 。

10 在另一优选例中，当光源照射装有微流体的微管执行器时，被照射之处的管内径和外径扩大，从而驱动微流体向微管执行器较细的一端运动。

在另一优选例中，所述微管执行器为直形、蛇形或螺旋形。

在另一优选例中，所述方法长程驱动微流体运动。

在另一优选例中，所述方法驱动微流体爬坡。

15 在另一优选例中，所述方法驱动微流体爬升的坡度为 $0-60^\circ$ 。

在另一优选例中，所述方法驱动微流体产生螺旋形三维运动轨迹。

在本发明的第三方面中，提供了一种光控微流体运动的装置，所述装置包括光源和微管执行器；其中，所述微管执行器外径为 $0.01-2 \text{ mm}$ 或 $0.0012-2 \text{ mm}$ ，内径为 $0.001-1.99 \text{ mm}$ ，且所述微管执行器的管壁材料为含有偶氮苯或偶氮基团的高分子材料。

20

在另一优选例中，当微流体为亲水微流体时，所述微管执行器的内壁涂覆有亲水涂层。

在另一优选例中，当微流体为疏水微流体时，所述微管执行器的内壁涂覆有疏水涂层或没有涂覆疏水涂层。

25 在另一优选例中，所述光源可以沿着微管执行器移动；和/或 所述光源和微管执行器之间还放置有衰减过滤片。

在另一优选例中，所述衰减过滤片用于产生衰减光。

在本发明的第四方面中，提供了一种光控微流体运动的微管执行器，外径为 $0.01-2 \text{ mm}$ 或 $0.0012-2 \text{ mm}$ ，内径为 $0.001-1.99 \text{ mm}$ ，且所述微管执行器的管壁材料

为含有偶氮苯或偶氮基团的高分子材料。

在另一优选例中，当微流体为亲水微流体时，所述微管执行器的内壁涂覆有亲水涂层。

在另一优选例中，当微流体为疏水微流体时，所述微管执行器的内壁涂覆有疏水涂层或没有涂覆疏水涂层。

在另一优选例中，所述微管执行器为直形的，蛇形的或螺旋形的。

在另一优选例中，所述微管执行器横截面为圆形、长方形、正方形、其它多边形或不规则形状，优选圆形和正方形。

在另一优选例中，所述的微管执行器通过选自下组的方法(a)或(b)制备：

10 (a) 用玻璃毛细管吸入所述的含有偶氮苯或偶氮基团的高分子材料溶液，待溶剂挥发后，蚀刻所述的玻璃毛细管，从而得到微管执行器；

(b) 提供一具有凹槽的基板，将一薄膜覆盖于所述的基板上从而形成流体通道，基板和薄膜两者中的某一方含有管壁材料，或均含有管壁材料，从而得到微管执行器。

15 应理解，在本发明范围内中，本发明的上述各技术特征和在下文(如实施例)中具体描述的各技术特征之间都可以互相组合，从而构成新的或优选的技术方案。限于篇幅，在此不再一一赘述。

附图说明

20 图 1 为微管执行器通过光致形变驱动液体运动的示意图。图中标号：1-被驱动的液体，2-微管执行器，3-衰减光。

图 2 显示了在衰减光刺激下，直形微管执行器驱动微流体运动。

图 3 显示了微管执行器在不同光强辐射下，微流体的移动距离与时间的曲线。

图 4 显示了在衰减光刺激微流体的一端时，微管执行器驱动微流体运动。

25 图 5 显示了在衰减光刺激下，微管执行器驱动液体克服重力爬坡。

图 6 显示了在衰减光刺激下，螺旋形微管执行器驱动液体产生螺旋形运动轨迹。

图 7 显示了在衰减光刺激下，微流体在蛇形微管执行器中产生 S 形运动轨迹。

图 8 显示了在衰减光刺激下，直形微管执行器驱动复杂流体，如乳化液的运

动。

图 9 显示了在移动光源刺激下，在基板与薄膜形成的凹槽内实现微流体的驱动。

5 具体实施方式

本发明人经过广泛而深入的研究，利用光致形变智能高分子材料制备了微管执行器，其管径可以在光的刺激下发生变化，发明人可以利用光来操控微管中的流体运动。这种微管执行器在光刺激下可以发生不对称形变，诱导产生毛细作用力驱动微量液体运动。本发明的技术不仅可以驱动各种极性和组成的微流体，还可以驱动微量液体爬坡，甚至可以驱动液体产生三维运动轨迹。这是一种全新的光控微流体器件或装置，在可控微流体传输、微反应系统、微机械系统、芯片实验室等领域具有可观的潜在应用价值。在此基础上，发明人完成了本发明。

本发明的微管执行器

本发明提供了一种光控微流体运动的微管执行器，发明人利用含有偶氮苯或偶氮基团的光致形变高分子材料制备了本发明的微管执行器，其管径可以在光的刺激下发生变化，从而操控微管中的流体运动。这种微管执行器在光刺激下发生不对称形变，诱导产生毛细作用力驱动微量液体运动。示意图如图 1 所示。

本发明的微管执行器，外径为 0.01-2 mm 或 0.0012-2 mm，内径为 0.001-1.99 mm，且所述微管执行器的管壁材料含有偶氮苯或偶氮基团的高分子材料。

在另一优选例中，所述微管执行器外径为 0.05-2 mm；较佳地为 0.1-1.9 mm；更佳地为 0.5-1.5mm。

在另一优选例中，所述微管执行器外径为 0.0012-2 mm；较佳地为 0.005-1.9 mm；更佳地为 0.11-1.5mm。

在另一优选例中，所述微管执行器内径为 0.001-1.99mm；较佳地为 0.01-1.8 mm；更佳地为 0.1-1.3mm。

所述微管执行器可以是直形的，蛇形的或螺旋形的。

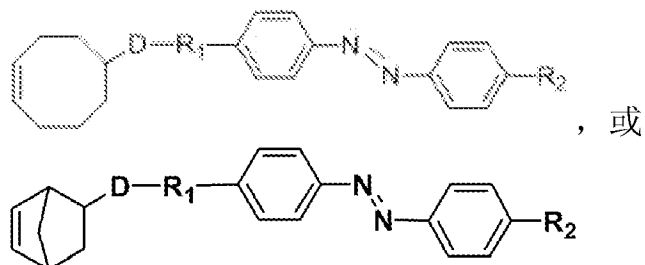
所述微管执行器横截面为圆形、长方形、正方形或其它多边形。

本发明的微管执行器可以光控微流体运动。当微流体为亲水微流体时，所述微管

执行器的内壁涂覆有亲水涂层。当微流体为疏水微流体时，所述微管执行器的内壁涂覆有疏水涂层或没有涂覆疏水涂层。

所述微管执行器的管壁材料以丁二烯-乙烯-功能基取代乙烯三元交替高分子为主链，或以降冰片烯为主链，且侧链包含偶氮苯或偶氮基团。

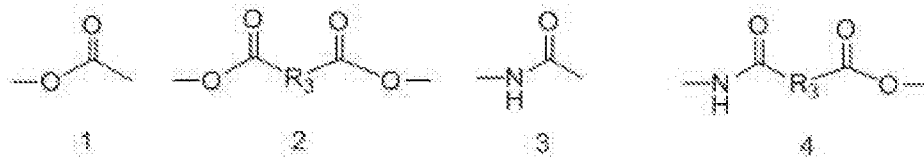
- 5 所述微管执行器的管壁材料由 CAB 单体或者 CAB 单体与 CF 单体通过开环易位聚合反应均聚或者共聚制备获得，所述 CAB 单体的化学结构式为：



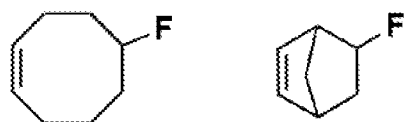
- 10 其中：R₂ 是 H，或者是选择于 C1、C2、C3、C4、C5、C6 的烃基或烷氧基，或者是具有极性的端基，该端基选自氰基、异氰基、羟基、卤素，酯基，羧基，硝基，氨基，或酰胺基中的一种；

R₁ 为选自于 C3、C4、C5、C6、C7、C8、C9、C10、C11、C12 的烃基或烷氧基；

D 选自如下结构式 (1) - 结构式 (4) 中的一种：



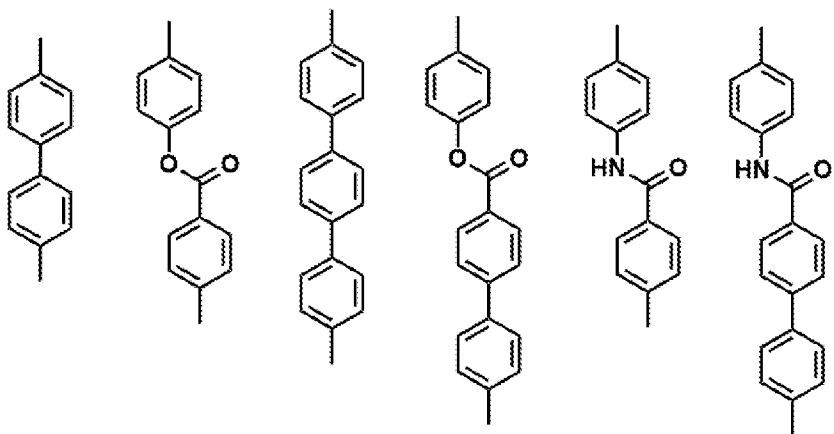
- 15 其中 R₃ 是选择于 C2、C3、C4、C5、C6 的烃基或烷氧基，或在单体中不出现。
所述单体 CF 的化学结构式为：



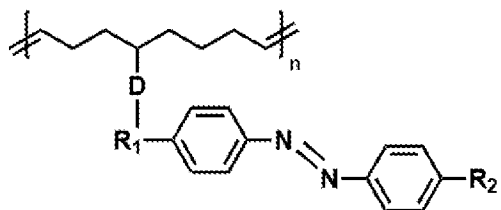
其中，F 表示：

—D—R₁—G—R₂，所述 D，R₁，R₂ 与 CAB 中化学式表示的基团相同，G

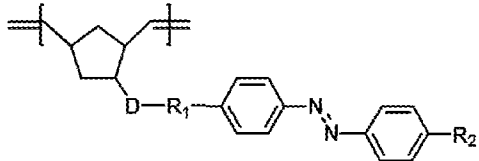
- 20 的结构选自以下结构中的一种或几种：



在本发明的一个优选例中, 所述的管壁材料优选如下所示结构:

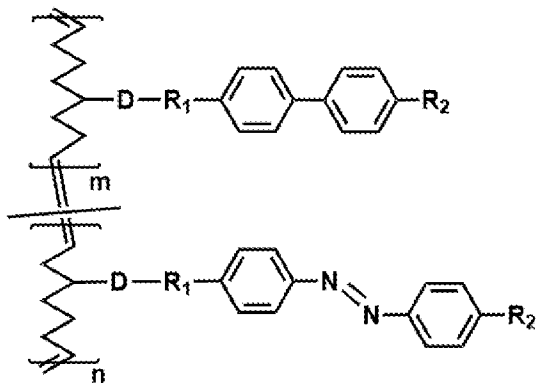


在本发明的一个优选例中, 所述的管壁材料优选如下所示结构:

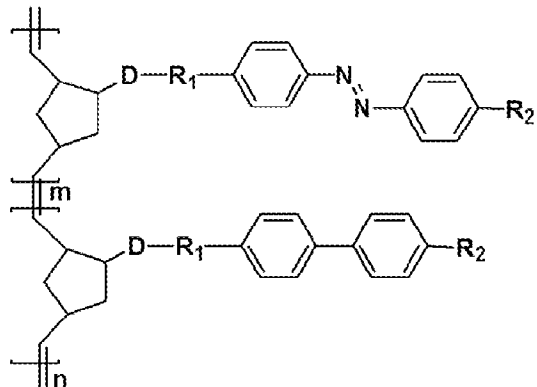


5

在本发明的一个优选例中, 所述的管壁材料优选如下所示结构:



在本发明的一个优选例中, 所述的管壁材料优选如下所示结构:



10

其中, 各基团的定义如上文中所述。

所述微管执行器的管壁材料的制备方法参照 CN103087296 A。

光控微流体运动的装置

5 本发明还提供了一种光控微流体运动的装置，所述装置包括光源和本发明的微管执行器；所述微管执行器外径为 0.01-2 mm 或 0.0012-2 mm，内径为 0.001-1.99 mm，且所述微管执行器的管壁材料为含有偶氮苯或偶氮基团的高分子材料。

当微流体为亲水微流体时，所述微管执行器的内壁涂覆有亲水涂层。

当微流体为疏水微流体时，所述微管执行器的内壁涂覆有疏水涂层或没有涂覆疏水涂层。

10 所述光源的照射位置可以沿着微管执行器移动。

所述光源和微管执行器之间还可以放置有衰减过滤片，用于产生衰减光。

本发明中，用 “” 类似的图示表示光的衰减方向，均表示光强度由强至弱。同样地，“” 表示光强度由弱至强。

15 光控微流体运动的方法

本发明提供了一种光控微流体运动的方法，包括步骤：

提供一本发明的微管执行器，所述微管执行器外径为 0.01-2 mm 或 0.0012-2 mm，内径为 0.001-1.99 mm，且所述微管执行器的管壁材料为含有偶氮苯或偶氮基团的高分子材料；

20 在微管执行器中装入微流体；

用光源照射装有微流体的微管执行器的某一端，从而驱动微流体向微管执行器的另一端运动。

本发明提供了一种光控微流体运动的方法，包括步骤：

25 提供一本发明的微管执行器，所述微管执行器外径为 0.01-2 mm 或 0.0012-2 mm，内径为 0.001-1.99 mm，且所述微管执行器的管壁材料为含有偶氮苯或偶氮基团的高分子材料；

在微管执行器中装入微流体；

用不同强度的光源照射装有微流体的微管执行器，从而驱动微流体由光强度高的一端向光强度低的方向运动。

所述不同强度的光可以通过本领域常用的方法产生，在本发明的一个优选实施方式中，所述的光由衰减过滤片产生。在另一个优选实施方式中，所述的不同强度的光可以通过照射液体的一端产生。

5 所述微流体为亲水微流体或疏水微流体。当所述微流体为亲水微流体时，所述微管执行器的内壁涂覆有亲水涂层。当所述微流体为疏水微流体时，所述微管执行器的内壁涂覆有疏水涂层或没有涂覆疏水涂层。

10 所述微流体为硅油、正己烷、石油醚、乙酸乙酯、丙酮、甲醇、乙醇、水、异丙醇、甲苯、戊烷、辛烷、环己酮、乙醚、环氧丙烷、甲基丁酮、甲基异丁酮、乙二醇单甲醚、乙二醇单乙醚、乙二醇单丁醚、乙腈、吡啶、气液流体、乳化液、液固流体、汽油、生化液体、水溶液以及以上液体的混合液体。较佳地，所述微流体为硅油、正己烷、乙酸乙酯、丙酮、甲醇、乙醇、水、异丙醇、气液流体、乳化液、液固流体、汽油、生化液体中的任意一种。

所述光源为紫外光、可见光和近红外光中的任意一种，或者其组合。所述光源的照射位置是可移动的。

15 所述方法通过控制光的移动方向或光的衰减方向来控制微流体的运动方向。

当所述光沿着微管执行器外部往某一方向移动时，微流体会沿着微管执行器内部运动。采用衰减器时，不管光的衰减方向怎么改变，微流体始终由光强度高的一端向光强度低的方向运动。

20 所述方法通过控制光源的强度来调节微流体的驱动速率。所述光源的光强为 $0.01-10 \text{ W cm}^{-2}$ （较佳地为 $0.02-5 \text{ W cm}^{-2}$ ；更佳地为 $0.03-1$ 或 $0.03-0.5 \text{ W cm}^{-2}$ ）。所述微流体的运动速率为 $0-10 \text{ mm s}^{-1}$ （较佳地为 $0.001-8 \text{ mm s}^{-1}$ ；更佳地为 $0.01-6$ 或 $0.01-1 \text{ mm s}^{-1}$ ）。

当光源照射装有微流体的微管执行器时，被照射之处的微管截面积会改变，从而驱动微流体向微管执行器较细的一端运动。

25 所述微型执行器为直形、蛇形或螺旋形。

所述微管执行器横截面为圆形、长方形、正方形、其它多边形或不规则形状。

所述方法能够长程驱动微流体运动、驱动微流体爬坡（可驱动微流体爬升的坡度为 $0-60$ 度）、还可以驱动微流体产生螺旋形三维运动轨迹。

所述亲水涂层或疏水涂层可以用市面上常用的材料（如聚乙烯醇、聚丙烯酰胺、

二氧化硅溶胶凝胶等) 进行涂覆。

本发明的优点主要包括:

本发明提供了一种光控微流体运动的方法。利用偶氮液晶高分子材料成功制

5 得的光控微管执行器，利用光诱导微管执行器截面积的变化来产生毛细作用力，进而驱动微流体运动。这是一种全新的光致驱动液体运动的方法。

该方法适用于光控各种类型微流体的运动。不仅能够操控各种非极性和极性的液体，例如硅油、正己烷、石油醚、乙酸乙酯、丙酮、甲醇、乙醇、水等，还能操控复杂流体，例如气液流体、乳化液、液固流体、汽油、生化液体。

10 该方法能够精确控制液体的运动方向和速率，并能长程操控，还可以驱动液体爬坡及产生三维运动轨迹。

该方法在微流体系统、微光机械系统等领域有着巨大的应用潜力。

该光控微管执行器不仅可以是直型微管执行器，还可以是形状复杂的蛇形、螺旋形微管执行器，或其组合。

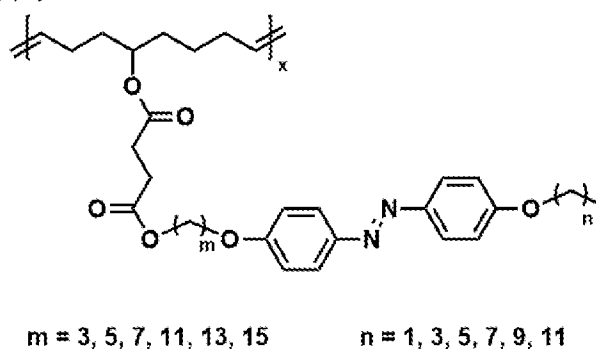
下面结合具体实施例，进一步阐述本发明。应理解，这些实施例仅用于说明本发明而不适用于限制本发明的范围。下列实施例中未注明具体条件的实验方法，通常按照常规条件，或按照制造厂商所建议的条件。除非另外说明，否则百分比和份数按重量计算。

20

制备例 1 制备微管执行器

1. 制备微管执行器的管壁材料:

该材料的结构如下所示。



PCmABn

具体制备方法参照 CN103087296 A 的实施例 1 的步骤。

2. 采用上述管壁材料制备直形、蛇形、螺旋微管执行器：

制备步骤：

5 2.1 直形微管执行器：

使用直形玻璃毛细管吸入 PCmABn 的二氯甲烷溶液（0.1-20wt%），然后将吸满溶液的毛细管放入烘箱中，待溶剂挥发，毛细管内壁被 PCmABn 均匀覆盖。将内壁涂覆有 PCmABn 的直形毛细管放入氢氟酸中刻蚀掉玻璃，就得到直形微管执行器。

10 2.2 蛇形微管执行器：

使用蛇形玻璃毛细管吸入 PCmABn 的二氯甲烷溶液（0.1-20wt%），然后将吸满溶液的毛细管放入烘箱中，待溶剂挥发，毛细管内壁被 PCmABn 均匀覆盖。将内壁涂覆有 PCmABn 的蛇形毛细管放入氢氟酸中刻蚀掉玻璃，就得到蛇形微管执行器。

15 2.3 螺旋微管执行器：

使用螺旋玻璃毛细管吸入 PCmABn 的二氯甲烷溶液（0.1-20wt%），然后将吸满溶液的毛细管放入烘箱中，待溶剂挥发，毛细管内壁被 PCmABn 均匀覆盖。将内壁涂覆有 PCmABn 的螺旋毛细管放入氢氟酸中刻蚀掉玻璃，就得到螺旋微管执行器。

20 2.4 复合材料微管执行器：

将 PCmABn 的二氯甲烷溶液（0.1-20wt%）灌入 EVA（乙烯-醋酸乙烯共聚物）软管，内径 0.01-1.99 mm，壁厚 0.001-0.2 mm，然后将灌满溶液的 EVA 管放入烘箱中，待溶剂挥发，EVA 管壁均匀覆盖了 PCmABn，得到 PCmABn-EVA 复合管执行器。

25 结果：

2.1 制得的直形微管执行器，内径为 0.001-1.99 mm，外径为 0.01-2 mm。

2.2 制得的蛇形微管执行器，内径为 0.001-1.99 mm，外径为 0.01-2 mm。

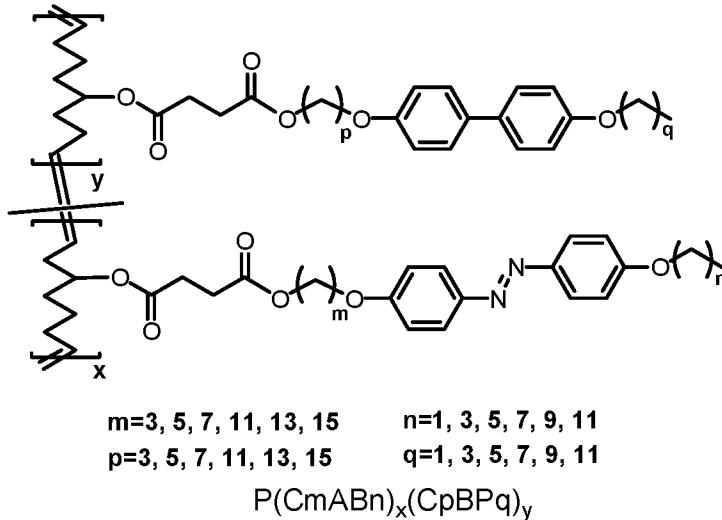
2.3 制得的螺旋微管执行器，内径为 0.001-1.99 mm，外径为 0.01-2 mm。

2.4 制得的复合微管执行器，内径为 0.001-1.99 mm，外径为 0.01-2 mm。

制备例 2 制备微管执行器

1. 制备微管执行器的管壁材料:

该材料的结构如下所示。



具体制备方法参照 CN103087296 A 的实施例 1 的步骤。

将 m 摩尔的 CF 单体与 n 摩尔的 CAB 单体在希丁克瓶中混合, 加入足量二氯甲烷使之溶解, 在 40°C 下, 加入一定量的 Grubbs 二代催化剂引发聚合反应, 10 小时后使用乙烯基乙醚终止聚合, 即得到 $P(CmABn)_x(CpBPq)_y$ 。

2. 采用上述管壁材料制备直形、蛇形、Y 形微管执行器、复合微管执行器: 制备步骤:

2.1 直形微管执行器:

使用直形玻璃毛细管吸入 $P(CmABn)_x(CpBPq)_y$ 的二氯甲烷溶液

(0.1-30wt%), 然后将吸满溶液的毛细管放入烘箱中, 待溶剂挥发, 毛细管内壁被 $P(CmABn)_x(CpBPq)_y$ 均匀覆盖。将内壁涂覆有 $P(CmABn)_x(CpBPq)_y$ 的直形毛细管放入氢氟酸中刻蚀掉玻璃, 就得到直形微管执行器。

2.2 蛇形微管执行器:

使用蛇形玻璃毛细管吸入 $P(CmABn)_x(CpBPq)_y$ 的二氯甲烷溶液

(0.1-30wt%), 然后将吸满溶液的毛细管放入烘箱中, 待溶剂挥发, 毛细管内壁被 $P(CmABn)_x(CpBPq)_y$ 均匀覆盖。将内壁涂覆有 $P(CmABn)_x(CpBPq)_y$ 的蛇形毛细管放入氢氟酸中刻蚀掉玻璃, 就得到蛇形微管执行器。

2.3 Y 形微管执行器:

使用 Y 形璃毛细管吸入 $P(\text{CmABn})_x(\text{CpBPq})_y$ 的二氯甲烷溶液 (0.1-30wt%)，然后将吸满溶液的毛细管放入烘箱中，待溶剂挥发，毛细管内壁被 $P(\text{CmABn})_x(\text{CpBPq})_y$ 均匀覆盖。将内壁涂覆有 $PP(\text{CmABn})_x(\text{CpBPq})_y$ 的 Y 形毛细管放入氢氟酸中刻蚀掉玻璃，就得到 Y 形微管执行器。

5 2.4 复合微管执行器：

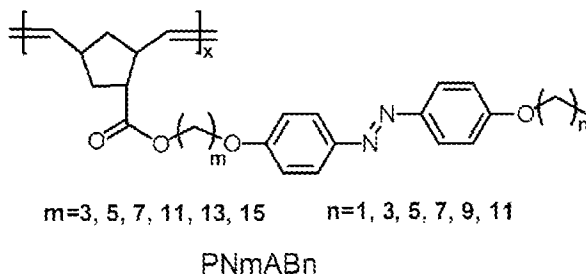
将制备例 2 得到的 $P(\text{CmABn})_x(\text{CpBPq})_y$ 的二氯甲烷溶液 (0.1-20wt%) 灌入 EVA (乙烯-醋酸乙烯共聚物) 软管，内径 0.01-1.99 mm，壁厚 0.001-0.2 mm，然后将灌满溶液的 EVA 管放入烘箱中，待溶剂挥发，EVA 管壁均匀覆盖了 $P(\text{CmABn})_x(\text{CpBPq})_y$ ，得到 $P(\text{CmABn})_x(\text{CpBPq})_y$ -EVA 复合管执行器。

10

制备例 3 制备微管执行器

1. 制备微管执行器的管壁材料：

该材料的结构如下所示。



15 具体制备方法参照 CN103087296 A 的实施例 1 的步骤。

将一定摩尔的带偶氮基团的降冰片烯单体 CAB 加入希丁克瓶中，加入足量二氯甲烷使之溶解，在 40℃ 下，加入一定量的 Grubbs 二代催化剂引发聚合反应，10 小时后使用乙烯基乙醚终止聚合，即得到 PNmABn。

2. 采用上述管壁材料制备直形、蛇形、Y 形微管执行器：

20 制备步骤：

2.1 直形微管执行器：

使用直形玻璃毛细管吸入 PNmABn 的二氯甲烷溶液 (0.1-30wt%)，然后将吸满溶液的毛细管放入烘箱中，待溶剂挥发，毛细管内壁被 PNmABn 均匀覆盖。将内壁涂覆有 PNmABn 的直形毛细管放入氢氟酸中刻蚀掉玻璃，就得到直形微管执行器。

25

2.2 蛇形微管执行器：

使用蛇形玻璃毛细管吸入 PNmABn 的二氯甲烷溶液（0.1-30wt%），然后将吸满溶液的毛细管放入烘箱中，待溶剂挥发，毛细管内壁被 PNmABn 均匀覆盖。将内壁涂覆有 PNmABn 的蛇形毛细管放入氢氟酸中刻蚀掉玻璃，就得到蛇形微管执行器。

5 2.3 Y 形微管执行器：

使用 Y 形玻璃毛细管吸入 PNmABn 的二氯甲烷溶液（0.1-30wt%），然后将吸满溶液的毛细管放入烘箱中，待溶剂挥发，毛细管内壁被 PNmABn 均匀覆盖。将内壁涂覆有 PNmABn 的 Y 形毛细管放入氢氟酸中刻蚀掉玻璃，就得到 Y 形微管执行器。

10

实施例 1 微管执行器通过光致不对称形变驱动微流体运动

将制备例 1，2，3 制得的直形微管执行器(内径为 0.5mm，外径为 0.51mm)固定在水平桌面上。通过毛细作用，将微量硅油、乙酸乙酯、乙二醇单丁醚或乳化液等流体吸入微管执行器中。在微管执行器的上方放置光源，中间放置衰减过滤片用于产生衰减光。打开光源，光源强度为 $125-140 \text{ mW cm}^{-2}$ ；

结果：直形微管执行器产生不对称形变，驱动液体沿光衰减方向运动，运动过程如图 2 所示，见 0 秒至 3 秒至 6 秒的运动过程。

驱动乳化液的过程如图 8 所示。

整个过程的示意图如图 1 所示。

20

实施例 2 微管执行器控制微流体运动方向

重复实施例 1 的实验，不同的是，当用光辐射微管执行器时，改变衰减片的放置方向，即可调节光的衰减方向。

结果发现，微管执行器中的液体改变运动方向，运动过程如图 2 所示，见 6 秒至 9 秒至 12 秒的运动过程。

实施例 3 微管执行器控制微流体的运动速度

重复实施例 1 的实验，不同的是分别采用光强 $I_1 = 125 \text{ mW cm}^{-2}$ ； $I_2 = 100 \text{ mW cm}^{-2}$ ； $I_3 = 60 \text{ mW cm}^{-2}$ 的光源辐射微管执行器。

结果发现：当光源强度逐渐变强时候，运动速度也逐渐变快，结果如图 3 所示。

而且，实验发现当调节光源的强度在 $0.01 - 10 \text{ W cm}^{-2}$ 范围内变化时，微管执行器中的液体的运动速度发生改变，光强越大，运动速度越大。

5

实施例 4 微管执行器驱动微流体长程运动

重复实施例 1 的实验，控制液体始终在光源的辐射区域内。结果发现，液体会一直运动，且运动距离无限制。

10 实施例 5 光源照射液体局部位置驱动微流体运动

重复实施例 1 的实验，将液体换为一段较长的硅油，控制衰减光照射液体一端的局部位置。结果发现，衰减光不需要辐射整段液体也能驱动液体运动，如图 4 所示。

15 实施例 6 微管执行器驱动液体爬坡

将制备例 1, 2, 3 制得的直形微管执行器(内径为 0.5mm，外径为 0.51mm)固定于坡度为 17 度的斜面上。通过毛细作用，将少量硅油、正己烷、乙酸乙酯、丙酮吸入微管执行器中。如实施例 1 中一样，使用衰减的光源辐射微管执行器。

结果发现，微管执行器驱动微量液体沿斜面爬升，如图 5 所示。

20

实施例 7 微管执行器驱动微流体产生螺旋形运动轨迹

将制备例 1 制得的螺旋形微管执行器(内径为 0.6mm，外径为 0.61mm)固定在圆柱体上。将少量硅油，通过毛细作用，吸入螺旋形微管执行器中。使用衰减的光源沿垂直于微管管壁的方向辐射微流体。

25 结果发现，微流体就会在螺旋形微管执行器中运动，产生螺旋形运动轨迹，如图 6 所示。

实施例 8

将制备例 1, 2, 3 制得的蛇形微管执行器(内径为 0.6mm，外径为 0.61mm)固

定在水平桌面上。将硅油、正己烷、乙酸乙酯、丙酮通过毛细作用，吸入蛇形微管执行器中。使用衰减的光源沿垂直于微管管壁的方向辐射微流体。

结果发现，微流体就会在蛇形微管执行器中运动，产生 S 形运动轨迹，如图 7 所示。

5

实施例 9

在基板上通过化学或物理方法刻蚀出凹槽，然后将偶氮高分子薄膜粘贴在基板上，这样在基板和薄膜间就形成了流体通道。使用点光源辐射微流体的一端。

结果发现，微流体就会在通道中背向光源运动，并且可以通过 U 形弯道，实现长程运动。如图 9 所示。

实施例 10

使用聚乙烯醇水溶液（0.01-9 wt%）涂覆制备例 1 制得的直形微管执行器(内径为 0.5mm，外径为 0.51mm)内壁，待溶剂蒸发完毕，将微管执行器固定在水平桌面上。通过毛细作用，将微量乙醇吸入微管执行器中。在微管执行器的上方放置光源，中间放置衰减过滤片用于产生衰减光。打开光源，光源强度为 125-140 mW cm⁻²。

结果：直形微管执行器产生不对称形变，驱动微量乙醇沿光衰减方向运动。

使用聚丙烯酰胺水溶液或二氧化硅溶胶凝胶代替聚乙烯醇水溶液，结果与实施例 8 一样，直形微管执行器产生不对称形变，且驱动微量乙醇沿光衰减方向运动。

实施例 11

将制备例 2 制得的复合微管执行器(内径为 0.5mm，外径为 0.51mm)固定在水平桌面上。通过毛细作用，将微量硅油、乙酸乙酯、乙二醇单丁醚或乳化液等流体吸入微管执行器中。在微管执行器的上方放置光源，中间放置衰减过滤片用于产生衰减光。打开光源，光源强度为 125-140 mW cm⁻²；

结果：直形微管执行器产生不对称形变，驱动液体沿光衰减方向运动，

另外，发明人经过多次实验证明，采用以下尺寸的微管执行器同样可以得到相似的结果。

	内径	外径
直形	0.001-1.99 mm	0.0012-2 mm
蛇形	0.001-1.99 mm	0.0012-2 mm
螺旋形	0.001-1.99 mm	0.0012-2 mm
复合微管执行器	0.001-1.99 mm	0.0012-2 mm
直形	0.001-1.99 mm	0.01-2 mm
蛇形	0.001-1.99 mm	0.01-2 mm
螺旋形	0.001-1.99 mm	0.01-2 mm
复合微管执行器	0.001-1.99 mm	0.01-2 mm

在本发明提及的所有文献都在本申请中引用作为参考，就如同每一篇文献被单独引用作为参考那样。此外应理解，在阅读了本发明的上述讲授内容之后，本领域技术人员可以对本发明作各种改动或修改，这些等价形式同样落于本申请所

5 附权利要求书所限定的范围。

权 利 要 求

1. 一种光控微流体运动的方法，其特征在于，包括步骤：

提供一微管执行器，所述微管执行器外径为 0.01-2 或 0.0012-2 mm，内径为 0.001-1.99 mm，且所述微管执行器的管壁材料为含有偶氮苯基团或偶氮基团的高分子材料；

在微管执行器中装入微流体；

用光源照射装有微流体的微管执行器的某一端，从而驱动微流体向微管执行器的另一端运动。

2. 一种光控微流体运动的方法，其特征在于，包括步骤：

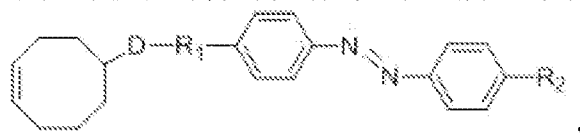
提供一微管执行器，所述微管执行器外径为 0.01-2 mm 或 0.0012-2 mm，内径为 0.001-1.99 mm，且所述微管执行器的管壁材料为含有偶氮苯基团或偶氮基团的高分子材料；

在微管执行器中装入微流体；

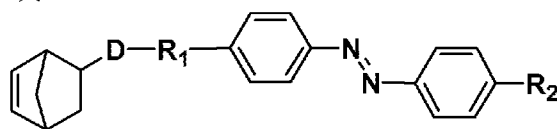
用不同强度的光源照射装有微流体的微管执行器，从而驱动微流体由光强度高的一端向光强度低的方向运动。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的方法，其特征在于，所述的微管执行器包括一具有凹槽的基板和一薄膜，且所述的凹槽与薄膜共同组成流体通道；其中，所述的基板和/或薄膜含有有效量的管壁材料。

4. 如权利要求 1 或 2 所述的方法，其特征在于，所述管壁材料由 CAB 单体进行均聚或共聚反应制备得到；其中，所述单体 CAB 的化学结构式为：



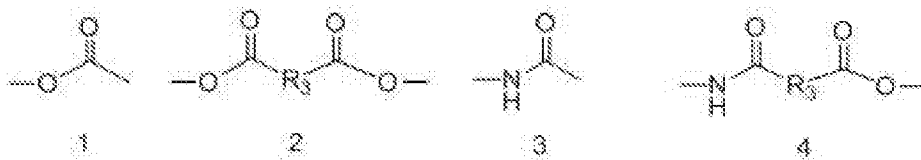
或



其中：R₂ 是 H，或者是选择于 C1、C2、C3、C4、C5、C6 的烃基或烷氧基，或者是具有极性的端基，该端基选自氰基、异氰基、羟基、卤素，酯基，羧基，硝基，氨基，或酰胺基中的一种；

R₁ 为选自于 C3、C4、C5、C6、C7、C8、C9、C10、C11、C12 的烃基或烷氧基；

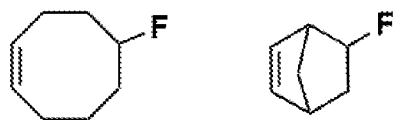
D 选自如下结构式 (1) - 结构式 (4) 中的一种:



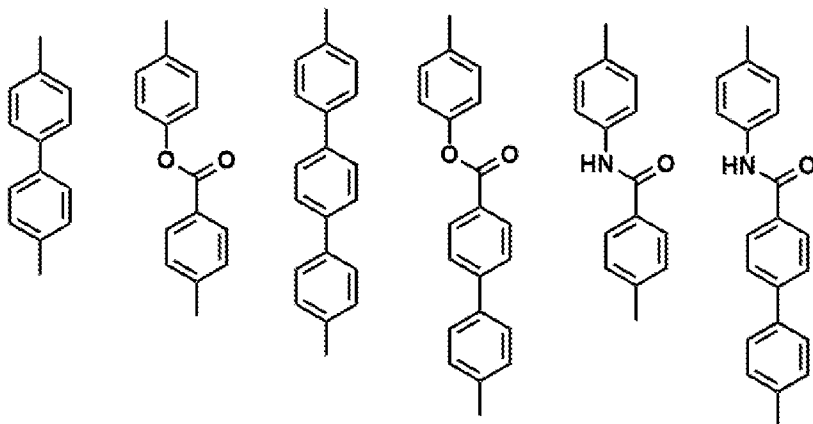
其中 R_3 是选择于 C2、C3、C4、C5、C6 的烃基或烷氧基;

或 D 为无(在单体中不出现)。

5. 如权利要求 4 所述的方法, 其特征在于, 所述的管壁材料为 CAB 单体与 CF 单体共聚制备获得, 所述单体 CF 的化学结构式选自下组:

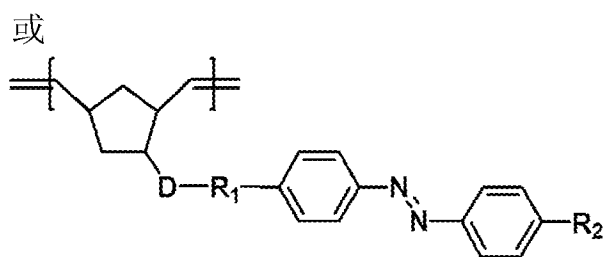
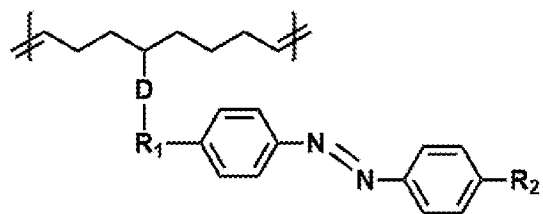


其中, F 表示: $\text{---D---R}_1\text{---G---R}_2$, 所述 D, R_1 , R_2 与 CAB 中化学式表示的基团相同, G 的结构选自以下结构中的一种或几种:



10

6. 如权利要求 4 所述的方法, 其特征在于, 所述的管壁材料包含如下所示结构单元:



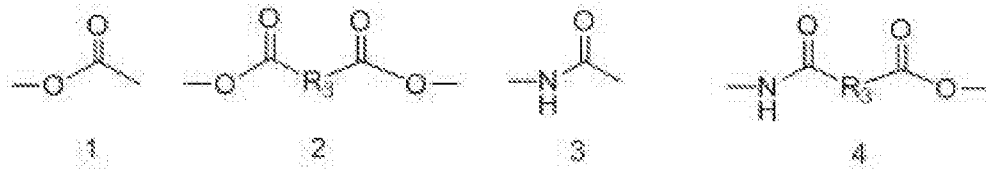
15

其中: R_2 是 H, 或者是选择于 C1、C2、C3、C4、C5、C6 的烃基或烷氧基, 或

者是具有极性的端基，该端基选自氰基、异氰基、羟基、卤素，酯基，羧基，硝基，氨基，或酰胺基中的一种；

R_1 为选自于 C3、C4、C5、C6、C7、C8、C9、C10、C11、C12 的烃基或烷氧基；

D 选自如下结构式 (1) - 结构式 (4) 中的一种：



其中 R_3 是 C2、C3、C4、C5、C6 的亚烷基、亚烯基、亚炔基或亚烷氧基。

7. 如权利要求 1 或 2 所述的方法，其特征在于，所述微流体为亲水微流体或疏水微流体。

8. 如权利要求 1 或 2 所述的方法，其特征在于，所述的微流体选自下组：有机液体、水、水溶液、气液流体、液固流体、乳化液。

9. 如权利要求 1 或 2 所述的方法，其特征在于，所述光源选自下组：紫外光、可见光、近红外光，或其组合。

10. 如权利要求 1 或 2 所述的方法，其特征在于，所述方法通过控制光的移动方向或光的衰减方向来控制微流体的运动方向。

11. 如权利要求 1 或 2 所述的方法，其特征在于，所述方法通过控制光源的强度来调节微流体的驱动速率。

12. 一种光控微流体运动的装置，其特征在于，所述装置包括光源和微管执行器；其中，所述微管执行器外径为 0.01-2 mm 或 0.0012-2 mm，内径为 0.001-1.99 mm，且所述微管执行器的管壁材料含有偶氮苯基团或偶氮基团的高分子材料。

13. 如权利要求 12 所述的装置，其特征在于，
所述光源的照射位置可以沿着微管执行器移动；和/或
所述光源和微管执行器之间还放置有衰减过滤片。

14. 一种光控微流体运动的微管执行器，其特征在于，外径为 0.01-2 mm 或 0.0012-2 mm，内径为 0.001-1.99 mm，且所述微管执行器的管壁材料为含有偶氮苯基团或偶氮基团的高分子材料。

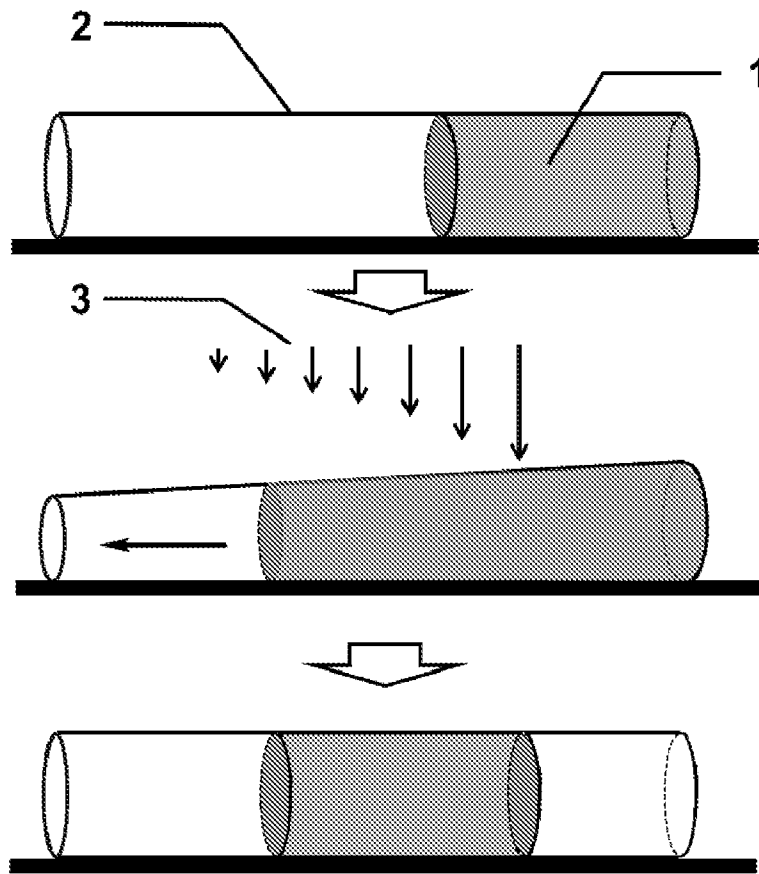


图 1

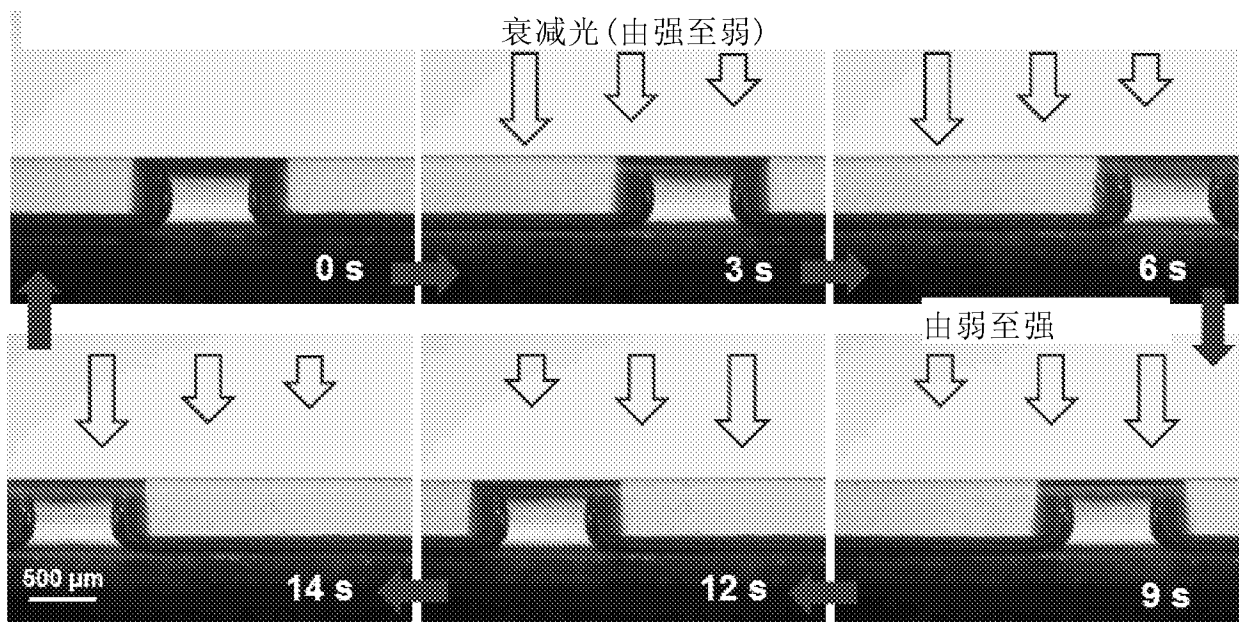


图 2

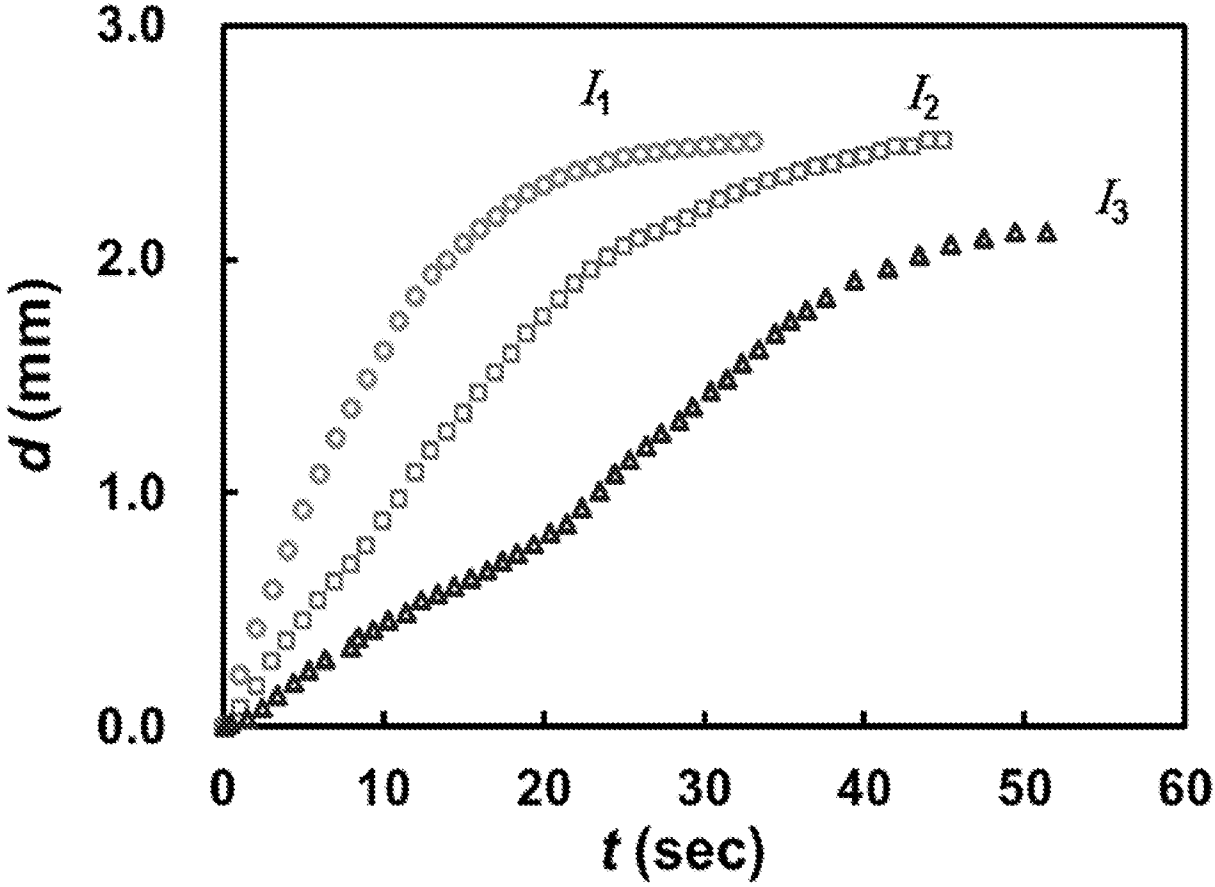


图 3

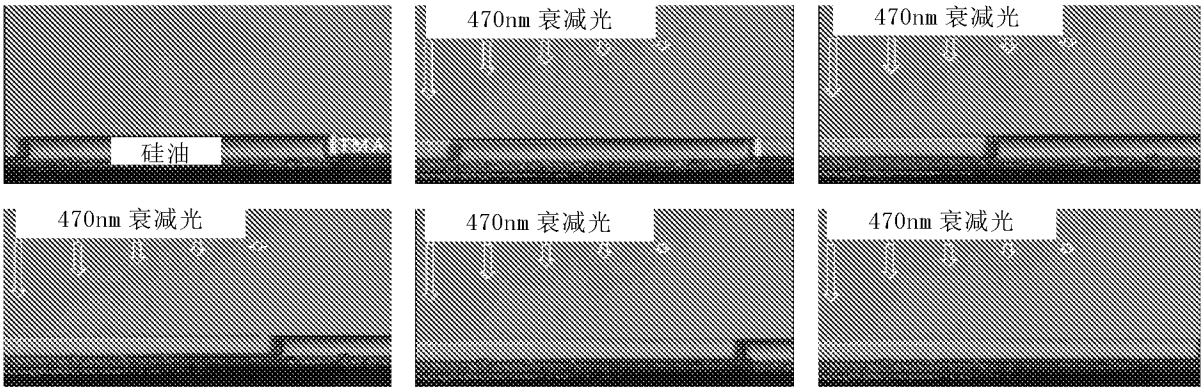


图 4

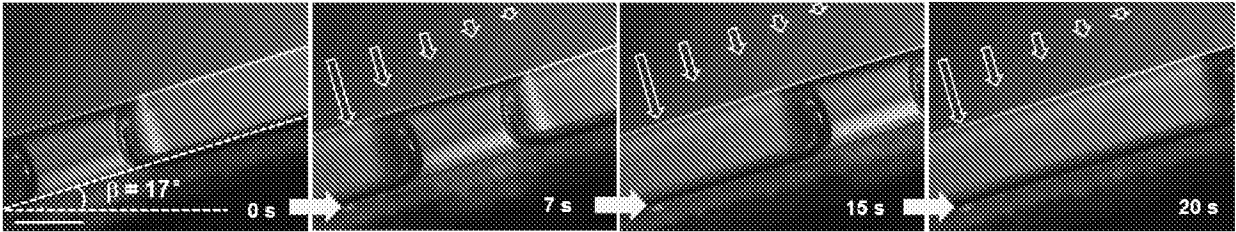


图 5

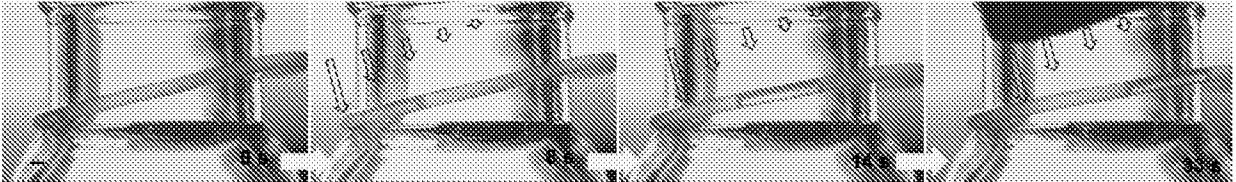


图 6

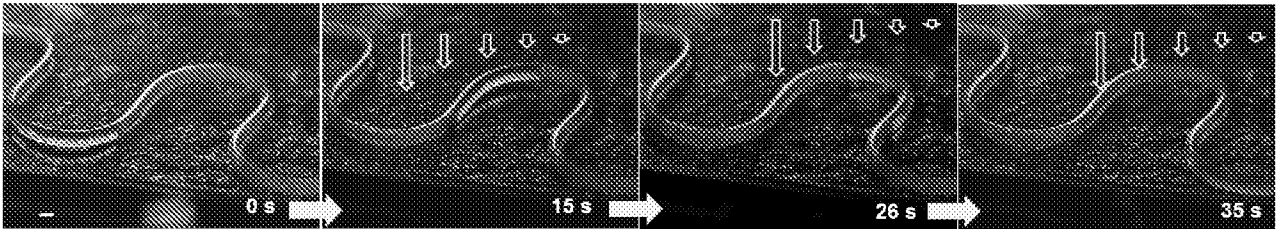


图 7

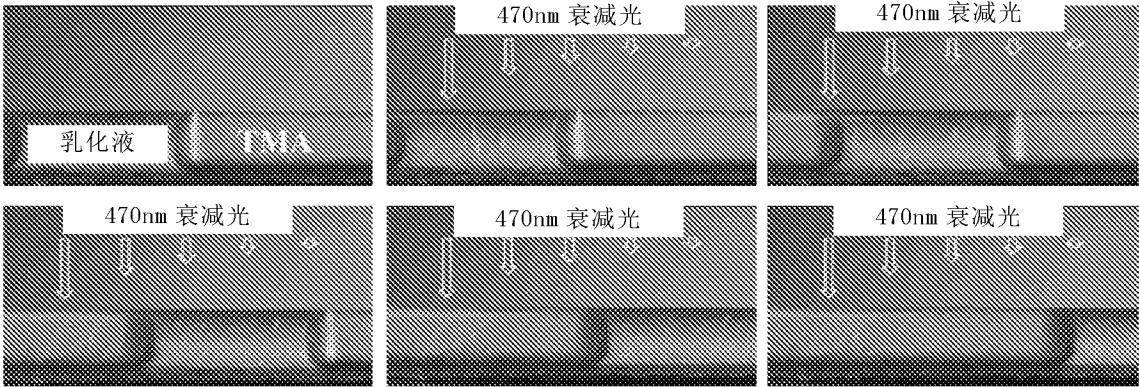


图 8

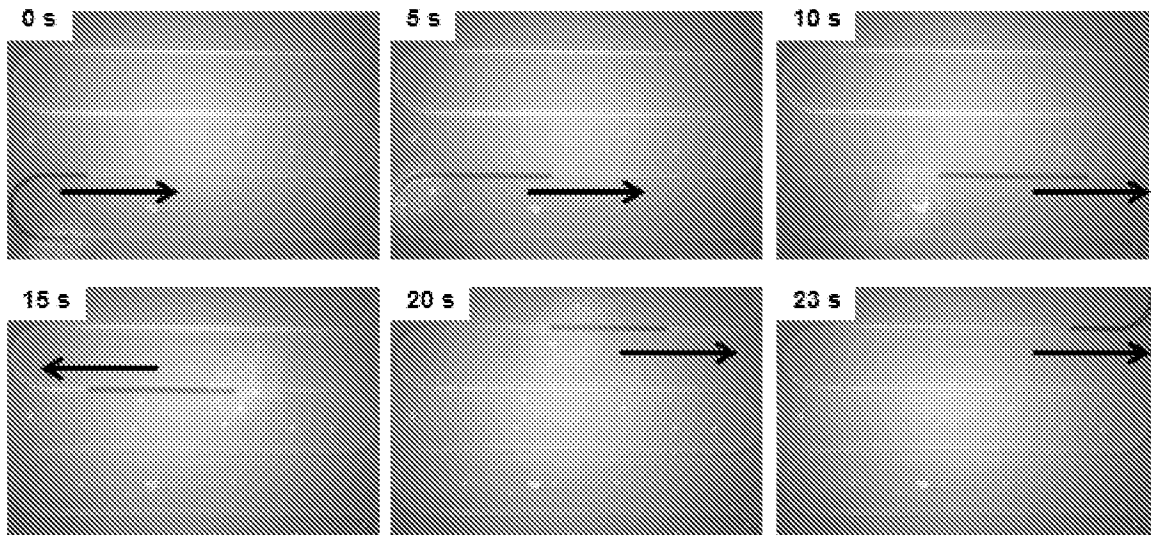


图 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2017/095435

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F16K 99/00 (2006.01) i; B01L 3/00 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F16K 99/-; B01L 3/-

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNPAT, CNKI, WPI, EPODOC, STN, WEB OF SCIENCE: FUDAN UNIVERSITY; YU, Yanlei; LV, Jiuan; WEI, Jia; LIU, Yuyun; optical control microflow, actuator, azo, inner diameter, outer diameter, light intensity, microfluid+, microflow+, microtub+, photocontrol, microactuator+, azobenzene, diameter, monomer, copolymeriz+, 1435910-19-2, 1435910-17-2

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	LV, Jiuan et al., "Photocontrol of Fluid Slugs in Liquid Crystal Polymer Microactuators", NATURE, volume 537, number 7619, 07 September 2016 (07.09.2016), ISSN: 0028-0836, pages 179-184	1-3, 7-14
PY	LV, Jiuan et al., "Photocontrol of Fluid Slugs in Liquid Crystal Polymer Microactuators", NATURE, volume 537, number 7619, 07 September 2016 (07.09.2016), ISSN: 0028-0836, pages 179-184	4, 6
Y	CN 103087296 A (FUDAN UNIVERSITY), 08 May 2013 (08.05.2013), description, paragraphs [0005]-[0035]	4, 6
X	WANG, Wei et al., "Light-Driven Soft Actuators Based on Photoresponsive Polymer Materials", PROGRESS IN CHEMISTRY, volume 23, number 6, 24 June 2011 (24.06.2011), ISSN: 1005-281X, page 1166, paragraphs 2-3 and page 1171, paragraph 2, and figures 12	1-3, 7-14

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 29 September 2017 (29.09.2017)	Date of mailing of the international search report 09 November 2017 (09.11.2017)
Name and mailing address of the ISA/CN: State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No.: (86-10) 62019451	Authorized officer HE, Yandong Telephone No.: (86-10) 62413510

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2017/095435**C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WANG, Wei et al., "Light-Driven Soft Actuators Based on Photoresponsive Polymer Materials", PROGRESS IN CHEMISTRY, volume 23, number 6, 24 June 2011 (24.06.2011), ISSN: 1005-281X, page 1166, paragraphs 2-3 and page 1171, paragraph 2, and figures 12	4, 6
Y	CN 103087296 A (FUDAN UNIVERSITY), 08 May 2013 (08.05.2013), description, paragraphs [0005]-[0035]	4, 6
A	CN 104481850 A (CHANGZHOU UNIVERSITY), 01 April 2015 (01.04.2015), the whole document	1-14
A	CN 101481440 A (FUDAN UNIVERSITY), 15 July 2009 (15.07.2009), the whole document	1-14
A	US 2011272644 A1 (STATE OF OREGON ACTING BY AND THROUGH THE STATE BOARD OF HIGHER EDUCATION ON BEHALF OF O.S.U.), 10 November 2011 (10.11.2011), the whole document	1-14
A	US 2005221281 A1 (HO, W.Z.), 06 October 2005 (06.10.2005), the whole document	1-14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2017/095435

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 103087296 A	08 May 2013	CN 103087296 B	29 July 2015
CN 104481850 A	01 April 2015	CN 104481850 B	03 August 2016
CN 101481440 A	15 July 2009	None	
US 2011272644 A1	10 November 2011	US 8580161 B2	12 November 2013
US 2005221281 A1	06 October 2005	US 2004132218 A1	08 July 2004
		US 7122153 B2	17 October 2006
		WO 2004062804 A1	29 July 2004
		US 2005196779 A1	08 September 2005
		JP 2006518449 A	10 August 2006

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2017/095435

A. 主题的分类

F16K 99/00(2006.01)i; B01L 3/00(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

F16K99/-; B01L3/-

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNPAT, CNKI, WPI, EPODOC, STN, WEB OF SCIENCE: 复旦大学, 俞燕蕾, 吕久安, 韦嘉, 刘玉云, 微流, 光控微流, 微管, 执行器, 偶氮苯, 偶氮, 内径, 外径, 光强, 单体, 共聚, microfluid+, microflow+, microtub+, photocontrol, microactuator+, azobenzene, diameter, monomer, copolymeriz+, 1435910-19-2, 1435910-17-2

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	LV, Jiu An 等. "Photocontrol of Fluid Slugs in Liquid Crystal Polymer Microactuators" Nature, 第537卷, 第7619期, 2016年 9月 7日 (2016 - 09 - 07), ISSN: 0028-0836, 第179-184页	1-3, 7-14
PY	LV, Jiu An 等. "Photocontrol of Fluid Slugs in Liquid Crystal Polymer Microactuators" Nature, 第537卷, 第7619期, 2016年 9月 7日 (2016 - 09 - 07), ISSN: 0028-0836, 第179-184页	4, 6
Y	CN 103087296 A (复旦大学) 2013年 5月 8日 (2013 - 05 - 08) 说明书第[0005]-[0035]段	4, 6
X	王威 等. "基于光响应高分子材料的柔性执行器件" 化学进展, 第23卷, 第6期, 2011年 6月 24日 (2011 - 06 - 24), ISSN: 1005-281X, 第1166页第2-3段、第1171页第2段、附图12	1-3, 7-14

☒ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2017年 9月 29日

国际检索报告邮寄日期

2017年 11月 9日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN)
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

受权官员

何彦东

电话号码 (86-10)62413510

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
Y	王威 等. “基于光响应高分子材料的柔性执行器件” 化学进展, 第23卷, 第6期, 2011年 6月 24日 (2011 - 06 - 24), ISSN: 1005-281X, 第1166页第2-3段、第1171页第2段、附图12	4, 6
Y	CN 103087296 A (复旦大学) 2013年 5月 8日 (2013 - 05 - 08) 说明书第[0005]-[0035]段	4, 6
A	CN 104481850 A (常州大学) 2015年 4月 1日 (2015 - 04 - 01) 全文	1-14
A	CN 101481440 A (复旦大学) 2009年 7月 15日 (2009 - 07 - 15) 全文	1-14
A	US 2011272644 A1 (STATE OF OREGON ACTING BY AND THROUGH THE STATE BOARD OF HIGHER EDUCATION ON BEHALF OF O.S.U.) 2011年 11月 10日 (2011 - 11 - 10) 全文	1-14
A	US 2005221281 A1 (HO, WINSTON Z.) 2005年 10月 6日 (2005 - 10 - 06) 全文	1-14

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2017/095435

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	103087296	A	2013年 5月 8日	CN	103087296	B	2015年 7月 29日
CN	104481850	A	2015年 4月 1日	CN	104481850	B	2016年 8月 3日
CN	101481440	A	2009年 7月 15日	无			
US	2011272644	A1	2011年 11月 10日	US	8580161	B2	2013年 11月 12日
US	2005221281	A1	2005年 10月 6日	US	2004132218	A1	2004年 7月 8日
				US	7122153	B2	2006年 10月 17日
				WO	2004062804	A1	2004年 7月 29日
				US	2005196779	A1	2005年 9月 8日
				JP	2006518449	A	2006年 8月 10日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)