

(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 5 月 3 日 (03.05.2018)



(10) 国际公布号
WO 2018/076432 A1

(51) 国际专利分类号:
B81C 1/00 (2006.01)

南山区西丽深圳大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。

(21) 国际申请号: PCT/CN2016/107684

(22) 国际申请日: 2016 年 11 月 29 日 (29.11.2016)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201610973129.X 2016 年 10 月 28 日 (28.10.2016) CN

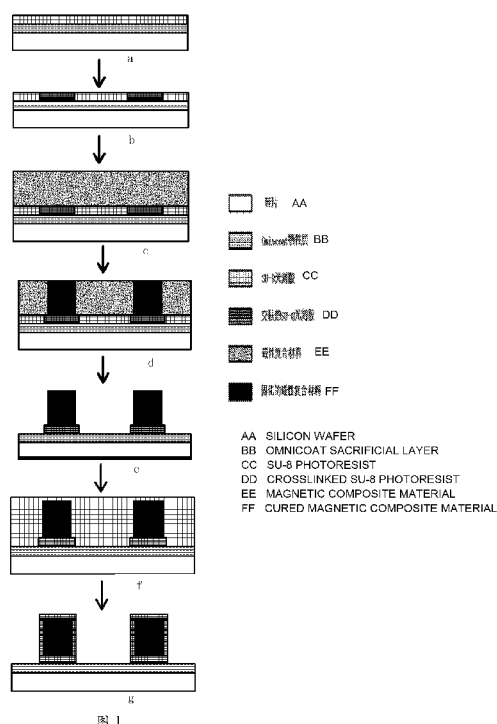
(71) 申请人: 中国科学院深圳先进技术研究院 (SHENZHEN INSTITUTES OF ADVANCED TECHNOLOGY CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) [CN/CN]; 中国广东省深圳市

(72) 发明人: 李晖 (LI, Hui); 中国广东省深圳市南山区西丽深圳大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。 陈静 (CHEN, Jing); 中国广东省深圳市南山区西丽深圳大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。 张南南 (ZHANG, Nannan); 中国广东省深圳市南山区西丽深圳大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。 王磊 (WANG, Lei); 中国广东省深圳市南山区西丽深圳大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。

(74) 代理人: 深圳市科进知识产权代理事务所 (普通合伙) (SHENZHEN KEJIN INTELLECTUAL

(54) Title: BIOCOMPATIBLE ENCAPSULATED MAGNETIC ROBOT AND PREPARATION METHOD THEREFOR

(54) 发明名称: 生物相容性封装磁性机器人及其制备方法



(57) Abstract: Provided are a biocompatible encapsulated magnetic microrobot and a method for preparing the magnetic microrobot, the method comprising: providing a silicon wafer and preparing an Omnicoat sacrificial layer on the silicon wafer; spin-coating the Omnicoat sacrificial layer with an SU-8 photoresist to form an SU-8 base layer; obtaining a first preformed layer structure; baking; performing patterning exposure; baking at 65 ° C for 2 minutes and then at 95 ° C for 2 minutes; coating the SU-8 base layer with a magnetic composite material and baking same; performing patterning exposure; baking at 65°C for 2 minutes and then at 95°C for 2 minutes; carrying out a developing operation, washing with deionized water, and air drying; coating with the SU-8 photoresist; baking; performing patterning exposure; baking at 65 ° C for 2 minutes and then at 95 ° C for 2 minutes; carrying out a developing operation, washing with deionized water, and air drying; and obtaining a biocompatible encapsulated magnetic microrobot. The biocompatibility and chemical resistance of the encapsulated magnetic microrobot are relatively good.

(57) 摘要: 一种生物相容性封装的磁性微机器人及其制备该磁性微机器人的方法, 所述方法包括: 提供硅片, 在硅片上制备Omnicoat牺牲层; 在Omnicoat牺牲层上旋涂SU-8光刻胶形成SU-8基层; 得到第一预制层结构; 进行烘烤; 进行图形化曝光; 在65℃烘烤2分钟, 然后在95℃烘烤2分钟; 在SU-8基层上涂覆磁性复合材料, 进行烘烤; 进行图形化曝光; 在65℃烘烤2分钟, 然后在95℃烘烤2分钟; 进行显影操作, 去离子水清洗, 风干; 涂覆SU-8光刻胶; 进行烘烤; 图形化曝光; 在65℃烘烤2分钟, 然后在95℃烘烤2分钟; 进行显影操作, 去离子水清洗, 风干; 得到生物相容性封装的磁性微机器人, 所述磁性封装微机器人的生物相容性和耐化学性较好。

PROPERTY OFFICE); 中国广东省深圳市南山区粤兴三道二号虚拟大学园产业化基地A701室, Guangdong 518055 (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, JP, KE, KG, 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)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

生物相容性封装磁性机器人及其制备方法

技术领域

本发明涉及微纳精密加工技术领域，特别涉及一种生物相容性封装磁性机器人及其制备方法。

背景技术

随着微观活性样本的操作要求越来越高，传统的微操作系统逐渐表现出其局限性，例如不可避免地对活体样本产生机械损伤、运动空间有限以及无法适用严格无污染的流体环境等。基于磁力控制的微型机器人凭借微小的尺寸和自由无约束的运动方式使其特别适合在狭小且封闭的环境中工作。同时，由于自身的生物兼容性和耐化学性，使其最大限度地降低了对活体样本的伤害。在人体内的定向检测和靶向载药、微流体通道中微粒的运输以及芯片实验室中微观物体的搬运、分类、装配方面具有很大的应用前景。

近十几年来，新的超精密加工技术和新型功能材料推动着微机电系统技术(MEMS)快速发展。微型机器人的出现对工业甚至对我们的日常生活产生广泛影响。磁力驱动还有可控性强、动力更大、作业范围广和无伤害性的优点，特别适用于生物医学领域尤其是活体介入应用等。例如核电站的管道探伤、生物医学的诊断治疗。目前制作磁性微机器人的主要包括以下几种：熔融沉积成型法、刻蚀法、激光切割法、集成光掩膜微塑型法、微型机械加工法、双光子聚合法等。

以上几种方法制得的微型机器人使得磁性材料都暴露在外部环境中，无法保证磁性机器人具有较好的生物兼容性和耐化学性。

发明内容

基于此,有必要提供一种耐化学性较好的生物相容性封装磁性机器人及其制备方法。

一种生物相容性封装磁性机器人的制备方法,包括:

提供硅片,在所述硅片上制备 Omnicoat 牺牲层;

在所述 Omnicoat 牺牲层上旋涂 SU-8 光刻胶形成 SU-8 基层,得到第一预制层结构;

将所述第一预制层结构进行烘烤;

采用掩模对准器,在紫外线光源照射下,对所述第一预制层结构进行图形化曝光;

将图像化曝光后的所述第一预制层结构进行烘烤;

在所述第一预制层结构上涂覆磁性复合材料,得到第二预制层结构;

将所述第二预制层结构进行烘烤;

采用掩模对准器,在紫外线光源照射下,对所述第二预制层结构进行图形化曝光;

将图形化曝光后的所述第二预制层结构进行烘烤;

对所述第二预制层结构进行显影操作;

在所述第二预制层结构的外表面涂覆 SU-8 光刻胶,得到第三预制层结构;

将所述第三预制层结构进行烘烤;

采用掩模对准器,在紫外线光源照射下,对所述第三预制层结构进行图形化曝光;

将图形化曝光后的所述第三预制层结构进行烘烤;

对所述第三预制层结构进行显影操作,得到生物相容性封装磁性机器人。

在其中一个实施例中,所述磁性复合材料由汝铁硼磁粉和 SU-8 光刻胶组成。

在其中一个实施例中,所述磁性复合材料由质量分数为 60% 汝铁硼磁粉和质量分数为 40% 的 SU-8 光刻胶组成。

在其中一个实施例中,所述汝铁硼磁粉的平均直径为 2 微米。

在其中一个实施例中,所述在所述Omnicoat牺牲层上旋涂SU-8光刻胶为:先以旋涂速度为400-600rpm旋涂3-8s,再以旋涂速度为1800-2000rpm旋涂30s。

在其中一个实施例中,所述磁性复合材料的制备方法为:在微量离心管中混合质量分数为60% 汝铁硼磁粉与质量分数为40%的SU-8光刻胶。

在其中一个实施例中,在所述SU-8基层上涂覆磁性复合材料之前,将所述磁性复合材料在3000r/min的条件下涡旋30min,实现所述磁性复合材料在SU-8光刻胶中的均匀分布。

在其中一个实施例中,所述对所述第二预制层结构进行图形化曝光的曝光能量为130mJ/cm²。

在其中一个实施例中,所述对所述第二预制层结构进行显影操作为:将所述第二预制层结构置于SU-8光刻胶显影剂中浸泡,除去未交联的SU-8光刻胶,再用去离子水清洗后风干;

所述对所述第三预制层结构进行显影操作为:将所述第三预制层结构置于SU-8光刻胶显影剂中浸泡,除去未交联的SU-8光刻胶,再用去离子水清洗后风干。

在其中一个实施例中,将所述第一预制层结构进行烘烤的操作为:将所述第一预制层结构在60-70℃烘烤1.5-3min,然后在90-100℃烘烤3-5min。

在其中一个实施例中,将图像化曝光后的所述第一预制层结构进行烘烤的操作为:将图像化曝光后的所述第一预制层结构在60-70℃烘烤1.5-3min,然后在90-100℃烘烤3-5min。

在其中一个实施例中,将所述第二预制层结构进行烘烤的操作为:将所述第二预制层结构在60-70℃烘烤1.5-3min,然后在90-100℃烘烤3-5min。

在其中一个实施例中,将图形化曝光后的所述第二预制层结构进行烘烤的操作为:将图形化曝光后的所述第二预制层结构在60-70℃烘烤1.5-3min,然后在90-100℃烘烤3-5min。

在其中一个实施例中,将所述第三预制层结构进行烘烤的操作为:将所述

第三预制层结构在 60-70℃烘烤 1.5-3min，然后在 90-100℃烘烤 3-5min。

在其中一个实施例中，将图形化曝光后的所述第三预制层结构进行烘烤的操作为：将图形化曝光后的所述第三预制层结构在 60-70℃烘烤 1.5-3min，然后在 90-100℃烘烤 3-5min。

在其中一个实施例中，对所述第一预制层结构进行图形化曝光的时间为 20-35s。

在其中一个实施例中，对所述第二预制层结构进行图形化曝光的时间为 25-35s。

在其中一个实施例中，对所述第三预制层结构进行图形化曝光的时间为 25-35s。

一种生物相容性封装磁性机器人，所述生物相容性封装磁性机器人为采用上述制备方法获得的所述生物相容性封装磁性机器人。

上述生物相容性封装磁性机器人及其制备方法中，由于磁性粒子完全封装在惰性的 SU-8 层里，使得该生物相容性封装磁性机器人具有生物兼容性和耐化学性。使用简单的多层光刻，可一次性实现批量生产，提高了时间和成本效益。

附图说明

图 1 为一实施方式的生物相容性封装磁性机器人的制备方法示意图；及图 2 为一实施方式的生物相容性封装磁性机器人的部分结构光学显微图。

具体实施方式

下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基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所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

值得说明的是，在本发明中，除非另有明确的规定和限定，术语“安装”、“设置”、“连接”或“固定”等术语应做广义理解，例如，可以是固定连接，也可以是可拆卸连接，或一体地连接；可以是机械连接，也可以是电加接；可以是直接连接，也可以通过中间元件间接相连，也可以是两个元件内部的连通。对于本领域的普通技术人员而言，可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

请参阅图 1，一实施方式的生物相容性封装磁性机器人的制备方法，包括：

S101、提供硅片，在硅片上制备 Omnicoat 牺牲层。

在一实施方式中，如图 1 中 a 所示，在硅片上以 2000rpm/s 旋涂涂覆 Omnicoat 牺牲层，得到 10-15 纳米厚的 Omnicoat 牺牲层。

S102、在 Omnicoat 牺牲层上旋涂 SU-8 光刻胶形成 SU-8 基层，得到第一预制层结构。

在一实施方式中，如图 1 中 a 所示，在 Omnicoat 牺牲层上旋涂 SU-8 光刻胶，得到 15 微米厚的 SU-8 光刻胶层。

在一实施方式中，在 Omnicoat 牺牲层上旋涂 SU-8 光刻胶为：先以旋涂速度为 400-600rpm 旋涂 3-8s，再以旋涂速度为 1800-2200rpm 旋涂 30s。

S103、将第一预制层结构进行烘烤。

具体的，烘烤操作为在 60-70℃ 烘烤 1.5-3min，然后在 90-100℃ 烘烤 3-5min。

S104、采用掩模对准器，在紫外线光源照射下，对第一预制层结构进行图形化曝光。

具体的，紫外线光源的光强度为 $4.33\text{mW}/\text{cm}^2$ 。曝光时间为 20-35s。

在一实施方式中，图形化曝光的曝光能量为 $130\text{mJ}/\text{cm}^2$ 。

如图 1 中 b 所示，图形化曝光后形成交联的和未交联的 SU-8 光刻胶区域。

S105、将图像化曝光后的第一预制层结构进行烘烤。

具体的，烘烤操作为在 60-70℃ 烘烤 1.5-3min，然后在 90-100℃ 烘烤

3-5min。

S106、在第一预制层结构上涂覆磁性复合材料，得到第二预制层结构。

在一实施方式中，如图 1 中的 c 所示，在 SU-8 基层上涂覆 20 微米厚的磁性复合材料，得到第二预制层结构。

在一实施方式中，所述磁性复合材料由汝铁硼磁粉和 SU-8 光刻胶组成。
在一实施方式中，磁性复合材料由质量分数为 60%汝铁硼磁粉和质量分数为 40%的 SU-8 光刻胶组成。

在一实施方式中，汝铁硼磁粉的平均直径为 2 微米。

在一实施方式中，磁性复合材料的制备方法为：采用微量离心管中混合将质量分数为 60%汝铁硼磁粉和质量分数为 40%的 SU-8 光刻胶进行混合。

在一实施方式中，为避免磁性微粒沉淀和获得均匀的离散度复合材料，在使用之前将磁性复合材料在 3000r/min 的条件下涡旋 30min。上述方法可以避免磁性复合材料沉淀，从而可以获得均匀离散度的磁性复合材料。

S107、将第二预制层结构进行烘烤。

具体的，烘烤操作为在 60-70℃烘烤 1.5-3min，然后在 90-100℃烘烤 3-5min。

S108、采用掩模对准器，在紫外线光源照射下，对第二预制层结构进行图形化曝光。

具体的，紫外线光源的光强度为 $4.33\text{mW}/\text{cm}^2$ 。曝光时间为 25-35s。

在一实施方式中，图形化曝光的曝光能量为 $130\text{mJ}/\text{cm}^2$ 。

在一实施方式中，如图 1 中 d 所示，图形化曝光后形成固化磁性复合材料区域和未固化磁性复合材料区域。

S109、将图形化曝光后的第二预制层结构进行烘烤。

具体的，烘烤操作为在 60-70℃烘烤 1.5-3min，然后在 90-100℃烘烤 3-5min。

S110、对第二预制层结构进行显影操作。

在一实施方式中，对第二预制层结构进行显影操作为：将第二预制层结构

置于 SU-8 光刻胶显影剂中浸泡，除去未交联的 SU-8 光刻胶，再用去离子水清洗后风干。

在一实施方式中，如图 1 中 e 所示，除去未交联的 SU-8 光刻胶将固化的磁性复合材料显影出来。

S111、在第二预制层结构的外表面涂覆 SU-8 光刻胶，得到第三预制层结构。

在一实施方式中，如图 1 中 f 所示，在第二预制层结构的外表面涂覆 15 微米厚的 SU-8 光刻胶，得到第三预制层结构。

S112、对所述第三预制层结构进行烘烤。

具体的，烘烤操作为在 60-70℃ 烘烤 1.5-3min，然后在 90-100℃ 烘烤 3-5min。

S113、采用掩模对准器，在紫外线光源照射下，对第三预制层结构进行图形化曝光。

具体的，紫外线光源的光强度为 $4.33\text{mW}/\text{cm}^2$ 。曝光的时间为 25-35s。

在一实施方式中，图形化曝光的曝光能量为 $130\text{mJ}/\text{cm}^2$ 。

S114、将图形化曝光后的第三预制层结构进行烘烤。

具体的，烘烤操作为在 60-70℃ 烘烤 1.5-3min，然后在 90-100℃ 烘烤 3-5min。

S115、对第三预制层结构进行显影操作，得到生物相容性封装磁性机器人。

在一实施方式中，如图 g 所示，对第三预制层结构进行显影操作为：将第三预制层结构置于 SU-8 光刻胶显影剂中浸泡，除去未交联的 SU-8 光刻胶，再用去离子水清洗后风干。

上述生物相容性封装磁性机器人及其制备方法中，由于磁性粒子完全封装在惰性的 SU-8 层里，使得该生物相容性封装磁性机器人具有生物兼容性和耐化学性。使用简单的多层光刻，可一次性实现批量生产，提高了时间和成本效益。此外，通过控制金属与聚合物基的比例，可以自定义材料的属性。使得这些磁性生物相容性封装磁性机器人能在各种各样的复杂环境中作业。

请参阅图 2，在一实施方式中，一种生物相容性封装磁性机器人，生物相容性封装磁性机器人为根据上述方法的制备方法获得的生物相容性封装磁性机器人。

如图 2 所示，a-d 表示高分辨率的大型磁芯 SU-8 几何特征，e 表示 Janus 粒子表现出磁性粒子密度的可控异质性，f 表示高分辨率的不同内外部形状的 SU-8 微结构。g 表示 c 中的生物相容性封装磁性机器人的轮廓数据。尽管经过多次涂覆和图形化步骤，通过与纯的 SU-8 图形化比较，这些复合结构表现出类似的干净、垂直的侧壁几何特征。运用白光扫描干涉法(Zygo Newview 5000 轮廓扫描仪)得到顶面的表面粗糙度是 $1\text{ }\mu\text{m}$ 。

上述生物相容性封装磁性机器人是由三层感光材料制备而成的。外部两表层是 SU-8 光刻胶，内部核心层是钕铁硼磁粉与 SU-8 光刻胶的磁性复合材料。通过先后的涂覆和图形化纯的 SU-8 和 SU-8/NdFeB 层而制备。这种“三明治”的结构使得磁性粒子完全封装在 SU-8 层里面。使得该磁性生物相容性封装磁性机器人具有生物兼容性和耐化学性。

以上所述仅为本发明的实施方式，并非因此限制本发明的专利范围，凡是利用本发明说明书及附图内容所作的等效结构或等效流程变换，或直接或间接运用在其他相关的技术领域，均同理包括在本发明的专利保护范围内。

权 利 要 求

1.一种生物相容性封装磁性机器人的制备方法，其特征在于，包括：

提供硅片，在所述硅片上制备 Omnicoat 牺牲层；

在所述 Omnicoat 牺牲层上旋涂 SU-8 光刻胶形成 SU-8 基层，得到第一预制层结构；

将所述第一预制层结构进行烘烤；

采用掩模对准器，在紫外线光源照射下，对所述第一预制层结构进行图形化曝光；

将图像化曝光后的所述第一预制层结构进行烘烤；

在所述第一预制层结构上涂覆磁性复合材料，得到第二预制层结构；

将所述第二预制层结构进行烘烤；

采用掩模对准器，在紫外线光源照射下，对所述第二预制层结构进行图形化曝光；

将图形化曝光后的所述第二预制层结构进行烘烤；

对所述第二预制层结构进行显影操作；

在所述第二预制层结构的外表面涂覆 SU-8 光刻胶，得到第三预制层结构；

将所述第三预制层结构进行烘烤；

采用掩模对准器，在紫外线光源照射下，对所述第三预制层结构进行图形化曝光；

将图形化曝光后的所述第三预制层结构进行烘烤；

对所述第三预制层结构进行显影操作，得到生物相容性封装磁性机器人。

2、根据权利要求 1 所述的生物相容性封装磁性机器人的制备方法，其特征在于，所述磁性复合材料由汝铁硼磁粉和 SU-8 光刻胶组成。

3、根据权利要求 2 所述的生物相容性封装磁性机器人的制备方法，其特征在于，所述磁性复合材料由质量分数为 60% 汝铁硼磁粉和质量分数为 40% 的 SU-8 光刻胶组成。

4、根据权利要求 2 所述的生物相容性封装磁性机器人的制备方法，其特征

在于，所述汝铁硼磁粉的平均直径为 2 微米。

5、根据权利要求 1 所述的生物相容性封装磁性机器人的制备方法，其特征在于，所述在所述 Omnicoat 牺牲层上旋涂 SU-8 光刻胶为：先以旋涂速度为 400-600rpm 旋涂 3-8s，再以旋涂速度为 1800-2000rpm 旋涂 30s。

6、根据权利要求 1 所述的生物相容性封装磁性机器人的制备方法，其特征在于，所述磁性复合材料的制备方法为：在微量离心管中混合质量分数为 60% 汝铁硼磁粉与质量分数为 40% 的 SU-8 光刻胶。

7、根据权利要求 6 所述的生物相容性封装磁性机器人的制备方法，其特征在于，在所述 SU-8 基层上涂覆磁性复合材料之前，将所述磁性复合材料在 3000r/min 的条件下涡旋 30min，实现所述磁性复合材料在 SU-8 光刻胶中的均匀分布。

8、根据权利要求 1 所述的生物相容性封装磁性机器人的制备方法，其特征在于，所述对所述第二预制层结构进行图形化曝光的曝光能量为 $130\text{mJ}/\text{cm}^2$ 。

9、根据权利要求 1 所述的生物相容性封装磁性机器人的制备方法，其特征在于：

所述对所述第二预制层结构进行显影操作为：将所述第二预制层结构置于 SU-8 光刻胶显影剂中浸泡，除去未交联的 SU-8 光刻胶，再用去离子水清洗后风干；

所述对所述第三预制层结构进行显影操作为：将所述第三预制层结构置于 SU-8 光刻胶显影剂中浸泡，除去未交联的 SU-8 光刻胶，再用去离子水清洗后风干。

10、根据权利要求 1 所述的生物相容性封装磁性机器人的制备方法，其特征在于：将所述第一预制层结构进行烘烤的操作为：将所述第一预制层结构在 $60-70^{\circ}\text{C}$ 烘烤 1.5-3min，然后在 $90-100^{\circ}\text{C}$ 烘烤 3-5min。

11、根据权利要求 1 所述的生物相容性封装磁性机器人的制备方法，其特征在于：将图像化曝光后的所述第一预制层结构进行烘烤的操作为：将图像化曝光后的所述第一预制层结构在 $60-70^{\circ}\text{C}$ 烘烤 1.5-3min，然后在 $90-100^{\circ}\text{C}$ 烘烤 3-5min。

12、根据权利要求 1 所述的生物相容性封装磁性机器人的制备方法，其特征在于：将所述第二预制层结构进行烘烤的操作为：将所述第二预制层结构在 60-70℃烘烤 1.5-3min，然后在 90-100℃烘烤 3-5min。

13、根据权利要求 1 所述的生物相容性封装磁性机器人的制备方法，其特征在于：将图形化曝光后的所述第二预制层结构进行烘烤的操作为：将图形化曝光后的所述第二预制层结构在 60-70℃烘烤 1.5-3min，然后在 90-100℃烘烤 3-5min。

14、根据权利要求 1 所述的生物相容性封装磁性机器人的制备方法，其特征在于：将所述第三预制层结构进行烘烤的操作为：将所述第三预制层结构在 60-70℃烘烤 1.5-3min，然后在 90-100℃烘烤 3-5min。

15、根据权利要求 1 所述的生物相容性封装磁性机器人的制备方法，其特征在于：将图形化曝光后的所述第三预制层结构进行烘烤的操作为：将图形化曝光后的所述第三预制层结构在 60-70℃烘烤 1.5-3min，然后在 90-100℃烘烤 3-5min。

16、根据权利要求 1 所述的生物相容性封装磁性机器人的制备方法，其特征在于：对所述第一预制层结构进行图形化曝光的时间为 20-35s。

17、根据权利要求 1 所述的生物相容性封装磁性机器人的制备方法，其特征在于：对所述第二预制层结构进行图形化曝光的时间为 25-35s。

18、根据权利要求 1 所述的生物相容性封装磁性机器人的制备方法，其特征在于：对所述第三预制层结构进行图形化曝光的时间为 25-35s。

19、一种生物相容性封装磁性机器人，其特征在于，所述生物相容性封装磁性机器人为根据权利要求 1-18 任意一项权利要求所述的制备方法获得的所述生物相容性封装磁性机器人。

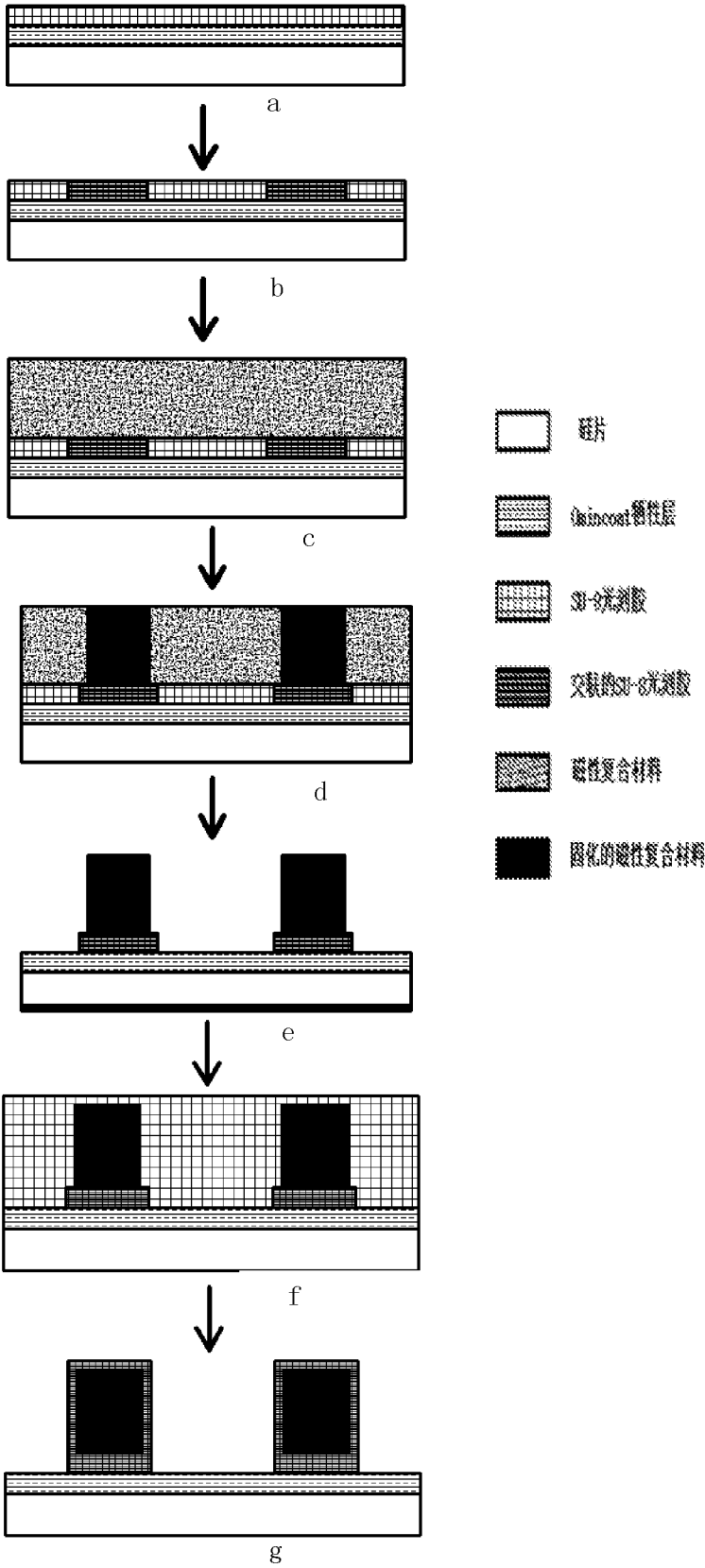


图 1

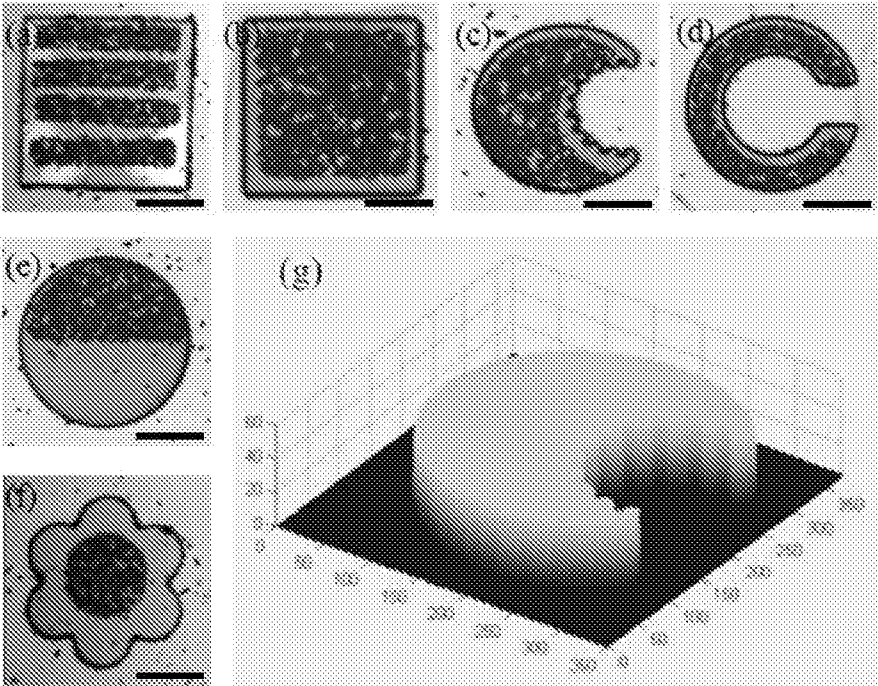


图 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2016/107684

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B81C 1/00 (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)

B81C 1; B81B 1

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)

CNXTX; CNABS; CNXTX; DWPI; SIPOABS; VEN: 封装, 磁性, 牺牲层, 机器人, SU-8, 磁粉, 硅, 光刻, 烘烤, 对准, 曝光, 紫外线, 浸泡, seal+, omnicoat, magnet+, micro, robot, layer, encapsulate, sacrifice, powder, silicon, roast, align, exposal, ultraviolet, dip

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 101554987 A (HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE & TECHNOLOGY) 14 October 2009 (14.10.2009), description, page 2, paragraph 3 to page 5, the third paragraph from the bottom, and figures 1-9	1-19
A	CN 101274736 A (ROHM AND HAAS ELECTRONIC MATERIALS, L.L.C.) 01 October 2008 (01.10.2008), entire document	1-19
A	CN 101200281 A (SHANGHAI JIAOTONG UNIVERSITY) 18 June 2008 (18.06.2008), entire document	1-19
A	CN 101279713 A (TSINGHUA UNIVERSITY, CHINA ELECTRONICS TECHNOLOGY GROUP CORPORATION NO. 13 RESEARCH INSTITUTE) 08 October 2008 (08.10.2008), entire document	1-19
A	JP 2011244425 A (CANON K.K.) 01 December 2011 (01.12.2011), entire document	1-19
A	JP 2009202261 A (KYOCERA CORP.) 10 September 2009 (10.09.2009), entire document	1-19

☒ 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 11 May 2017	Date of mailing of the international search report 26 May 2017
Name and mailing address of the ISA 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 LI, Fuchang Telephone No. (86-10) 62085524

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2016/107684

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2014162393 A1 (MCUBE INC.) 12 June 2014 (12.06.2014), entire document	1-19

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2016/107684

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 101554987 A	14 October 2009	CN 101554987 B	20 April 2011
CN 101274736 A	01 October 2008	TW I445242 B	11 July 2014
		KR 101491851 B1	09 February 2015
		US 2008191817 A1	14 August 2008
		US 7649432 B2	19 January 2010
		JP 2008188754 A	21 August 2008
		TW 200843191 A	01 November 2008
		KR 20080063215 A	03 July 2008
		EP 1939974 A1	02 July 2008
CN 101200281 A	18 June 2008	None	
CN 101279713 A	08 October 2008	CN 101279713 B	14 September 2011
JP 2011244425 A	01 December 2011	US 2011260576 A1	27 October 2011
		US 2015001987 A1	01 January 2015
		US 8857041 B2	14 October 2014
JP 2009202261 A	10 September 2009	JP 5473235 B2	16 April 2014
US 2014162393 A1	12 June 2014	US 9150406 B2	06 October 2015
		US 8637943 B1	28 January 2014

A. 主题的分类 B81C 1/00 (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) B81C 1; B81B 1 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)) CNTXT; CNABS; CNTXT; DWPI; SIPOABS; VEN: 封装, 磁性, 牺牲层, 机器人, SU-8, 磁粉, 硅, 光刻, 烘烤, 对准, 曝光, 紫外线, 浸泡, seal+, omnicoat, magnet+, micro, robot, layer, encapsulate, sacrifice, powder, silicon, roast, align, exposal, ultraviolet, dip																							
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>CN 101554987 A (华中科技大学) 2009年 10月 14日 (2009 - 10 - 14) 说明书第2页第3段至第5页倒数第3段, 附图1-9</td> <td>1-19</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 101274736 A (罗门哈斯电子材料有限公司) 2008年 10月 1日 (2008 - 10 - 01) 全文</td> <td>1-19</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 101200281 A (上海交通大学) 2008年 6月 18日 (2008 - 06 - 18) 全文</td> <td>1-19</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 101279713 A (清华大学, 中国电子科技集团公司第十三研究所) 2008年 10月 8日 (2008 - 10 - 08) 全文</td> <td>1-19</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2011244425 A (CANON KK) 2011年 12月 1日 (2011 - 12 - 01) 全文</td> <td>1-19</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2009202261 A (KYOCERA CORP) 2009年 9月 10日 (2009 - 09 - 10) 全文</td> <td>1-19</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	A	CN 101554987 A (华中科技大学) 2009年 10月 14日 (2009 - 10 - 14) 说明书第2页第3段至第5页倒数第3段, 附图1-9	1-19	A	CN 101274736 A (罗门哈斯电子材料有限公司) 2008年 10月 1日 (2008 - 10 - 01) 全文	1-19	A	CN 101200281 A (上海交通大学) 2008年 6月 18日 (2008 - 06 - 18) 全文	1-19	A	CN 101279713 A (清华大学, 中国电子科技集团公司第十三研究所) 2008年 10月 8日 (2008 - 10 - 08) 全文	1-19	A	JP 2011244425 A (CANON KK) 2011年 12月 1日 (2011 - 12 - 01) 全文	1-19	A	JP 2009202261 A (KYOCERA CORP) 2009年 9月 10日 (2009 - 09 - 10) 全文	1-19
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																					
A	CN 101554987 A (华中科技大学) 2009年 10月 14日 (2009 - 10 - 14) 说明书第2页第3段至第5页倒数第3段, 附图1-9	1-19																					
A	CN 101274736 A (罗门哈斯电子材料有限公司) 2008年 10月 1日 (2008 - 10 - 01) 全文	1-19																					
A	CN 101200281 A (上海交通大学) 2008年 6月 18日 (2008 - 06 - 18) 全文	1-19																					
A	CN 101279713 A (清华大学, 中国电子科技集团公司第十三研究所) 2008年 10月 8日 (2008 - 10 - 08) 全文	1-19																					
A	JP 2011244425 A (CANON KK) 2011年 12月 1日 (2011 - 12 - 01) 全文	1-19																					
A	JP 2009202261 A (KYOCERA CORP) 2009年 9月 10日 (2009 - 09 - 10) 全文	1-19																					
☒ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																							
<table border="0"> <tr> <td style="vertical-align: top;"> * 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 </td> <td style="vertical-align: top;"> “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 </td> </tr> </table>			* 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																			
* 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 5月 11日		国际检索报告邮寄日期 2017年 5月 26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 李富昌 电话号码 (86-10) 62085524																					

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
A	US 2014162393 A1 (MCUBE INC) 2014年 6月 12日 (2014 - 06 - 12) 全文	1-19

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2016/107684

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	101554987	A	2009年 10月 14日	CN 101554987 B	2011年 4月 20日
CN	101274736	A	2008年 10月 1日	TW I445242 B	2014年 7月 11日
				KR 101491851 B1	2015年 2月 9日
				US 2008191817 A1	2008年 8月 14日
				US 7649432 B2	2010年 1月 19日
				JP 2008188754 A	2008年 8月 21日
				TW 200843191 A	2008年 11月 1日
				KR 20080063215 A	2008年 7月 3日
				EP 1939974 A1	2008年 7月 2日
CN	101200281	A	2008年 6月 18日	无	
CN	101279713	A	2008年 10月 8日	CN 101279713 B	2011年 9月 14日
JP	2011244425	A	2011年 12月 1日	US 2011260576 A1	2011年 10月 27日
				US 2015001987 A1	2015年 1月 1日
				US 8857041 B2	2014年 10月 14日
JP	2009202261	A	2009年 9月 10日	JP 5473235 B2	2014年 4月 16日
US	2014162393	A1	2014年 6月 12日	US 9150406 B2	2015年 10月 6日
				US 8637943 B1	2014年 1月 28日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)