



## (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113372502 A

(43) 申请公布日 2021.09.10

(21) 申请号 202110581806.4

B33Y 80/00 (2015.01)

(22) 申请日 2021.05.24

(71) 申请人 西安交通大学

地址 710049 陕西省西安市碑林区咸宁西路28号

(72) 发明人 牛万灏 陈小明 王春江 王硕邦  
邵金友 徐超凡 李祥明 陈小亮

(74) 专利代理机构 西安智大知识产权代理事务所 61215

代理人 弋才富

(51) Int.Cl.

C08F 271/02 (2006.01)

C08F 220/54 (2006.01)

C08F 220/14 (2006.01)

C08F 2/48 (2006.01)

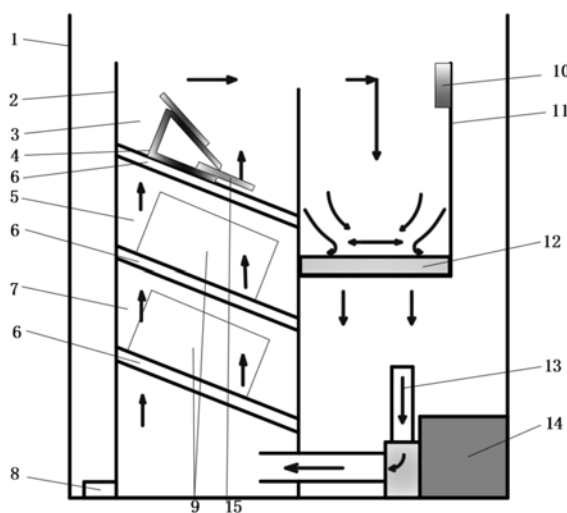
权利要求书2页 说明书6页 附图5页

### (54) 发明名称

一种微孔内材料固液换流装置及方法

### (57) 摘要

一种微孔内材料固液换流装置及方法, (1) 制备所需二维的光刻微沟道模具、三维结构的可溶性树脂模具或PDMS模具; (2) 使用模具完成微孔结构的成型; (3) 定性分析二维、三维模具表面属性及使用的溶解液属性, 进行界面及环境调控, PDMS模具不需要调控; (4) 将模具置于强制对流装置内; (5) 启动强制对流装置, 待过滤室内溶液中可溶性材料浓度下降至设置阈值时停止工作, 完成微孔内的固液换流。根据微孔内固液界面属性、固液换流环境进行调控, 设计一套高效率的强制对流装置, 以解决微孔结构内材料溶解困难、典型微纳加工结构件溶解质量受结构开敞性与溶解面制约、三维微孔结构中的可溶性光敏树脂溶解效率低、溶解速率慢等问题。



1. 一种微孔内材料固液换流装置,包括装置外壳(1),其特征在于,装置外壳(1)通过固定卡爪(8)固定有工作室(2),工作室(2)内部包含三个工作空间,分别为A工作空间(3)、B工作空间(5)和C工作空间(7),三者通过镂空的工作空间隔板(6)隔开,工作空间隔板(6)上根据需求安装固定夹(4);装置外壳(1)内另一侧上方设置有与工作室(2)相连通的过滤室(11),过滤室(11)内设置水位传感器(10),以及其底部设置滤纸层(12);过滤室(11)下方空间设置有水泵(14),水泵(14)出水口与工作室(2)进水口相连通。

2. 基于权利要求所述的一种微孔内材料固液换流装置的固液换流方法,其特征在于,包括以下步骤:

(1) 利用3D打印技术、立体光刻技术制备所需二维的光刻微沟道模具、三维结构的可溶性树脂模具或PDMS模具,并做相应后处理;

(2) 将成型的模具用待成型的液态不溶性材料包覆,待不溶性材料凝固,完成微孔结构的成型;

(3) 根据可溶的二维、三维模具表面属性和预计使用的溶解液的属性,以及相互作用的关系进行界面及环境调控,PDMS模具不需要调控;

(4) 将完成界面及环境调控的模具置于换流装置内,夹紧,准备强制固液换流;

(5) 启动换流装置,待过滤室内溶液中可溶性材料浓度下降至设置阈值时停止工作,完成微孔内的固液换流。

3. 根据权利要求2所述的一种微孔内材料固液换流方法,其特征在于,

所述的二维光刻微沟道模具为使用商用AZ4620光刻胶经光刻、显影得到的光刻微沟道模具;

所述的三维结构的可溶性树脂模具为可溶性光敏树脂,其材料配制包括,按重量分数计:选择共聚单体N,N-二甲基丙烯酰胺或丙烯酰胺40-60份,甲基丙烯酸、甲基丙烯酸甲酯或丙烯酸钠40-60份,交联裂解剂甲基丙烯酸酐或N,N-亚甲基双丙烯酰胺40-50份在40-60℃的油浴加热下混合,然后分别加入填充物90-120份、光引发剂10-20份分散均匀;填充物包括聚乙烯醇、聚乙烯吡咯烷酮或甲基纤维素;光引发剂包括酰基膦氧化物或双苯甲酰基苯基氧化膦。

4. 根据权利要求2所述的一种微孔内材料固液换流方法,其特征在于,所述的后处理为可溶性树脂模具内部未固化树脂的清除以及后续的紫外光过曝,以达到所设计的树脂模具的完全固化成型。

5. 根据权利要求2所述的一种微孔内材料固液换流方法,其特征在于,所述的液态不溶性材料包括但不限于以下之一:石蜡、PDMS、硅橡胶、环氧树脂。

6. 根据权利要求2所述的一种微孔内材料固液换流方法,其特征在于,所述的溶解液包括但不限于以下之一:1-5mol/L的NaOH溶液、1-5mol/L的KOH溶液、1-10mol/L的HCL溶液、1-3mol/L的H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>溶液、DMF或丁胺有机溶剂。

7. 根据权利要求2所述的一种微孔内材料固液换流方法,其特征在于,所述的界面调控是针对选取的溶解液浓度、粘度,以及可溶性材料表面光洁度、亲疏水性的属性进行调控,及对二者相互作用关系的平衡;选用溶解液若为无机溶液,需根据微孔结构基体的材料调整其浓度,使其接触角尽量小,使溶解液更容易进入微孔结构,与可溶性模具进行接触;选用溶解液若为有机溶液,则需根据微孔结构基体的材料选用使接触角尽量小的有机溶液,

同样使溶解液更容易进入微孔结构,与可溶性模具进行接触。

8. 根据权利要求2所述的一种微孔内材料固液换流方法,其特征在于,所述的环境调控是针对选定溶解液的最佳工作环境选择,所选溶解液若为易挥发溶液,应选用高压低温环境,以减少其挥发,提高其利用率;所选溶解液若为高熔点有机溶液,应选用较高温环境,以保证其具有足够的流动性。

9. 根据权利要求2所述的一种微孔内材料固液换流方法,其特征在于,所述的步骤(4)的置于换流装置,具体为:针对三维结构,使用工作空间隔板(6)将其在垂直水平面方向固定;针对二维结构,使用固定夹(4)将其固定。

10. 根据权利要求2所述的一种微孔内材料固液换流方法,其特征在于,所述的步骤(5)具体为:为水泵(14)供5-12V直流电,启动整个循环,强制水流首先通过水泵增压进入工作室底部,进而在水压作用下往上流动,依次通过三个工作空间,对待处理工件进行强制固液换流,待水位超过工作室(2)与过滤室(11)之间的隔板时,换流废液进入过滤室(11),通过滤纸(12)的过滤再次进入水泵,进入下一个换流循环,水位传感器(10)实时监测过滤室(11)内水位,超过阈值时自动关闭水泵(14),待水位下降至安全值再次启动,以此避免废液未经处理就进入下一个循环。

## 一种微孔内材料固液换流装置及方法

### 技术领域

[0001] 本发明适用于微纳制造技术和微纳加工工艺领域,特别涉及一种微孔内材料固液换流装置及方法,具体为通过界面调控、环境调控及强制对流的工艺对微孔内材料进行固液换流,同时提供一种能够实现强制固液换流的装置,以实现微孔内材料的高效率、高质量固液换流。

### 背景技术

[0002] 近年来,随着微纳制造工艺的蓬勃发展,微型结构化器件的成型方法逐渐多元化,例如面曝光立体微光刻等技术不但促成了微型器件的结构可设计化也进一步提高了结构化器件的成型精度。但由于此类技术对材料及加工环境的要求过高导致绝大部分材料依然无法高精度结构化成型,因而翻模成型工艺在微尺度方向得到了较大的拓展和应用。

[0003] 翻模成型优势明显,它能大大拓展了材料的选择范围并且可以一体化成型,制得的构件较正向加工工艺缺陷少,质量大幅提升,另外,它还具有加工效率高,经济性好等特点。应用在微纳加工领域的翻模成型工艺依然存在着其传统情况下的问题,如在灌注过程中的气压作用导致液态材料无法顺利灌入微孔状模具等。因而在微纳领域的翻模加工方面,微孔灌注、微孔填充技术一直以来都是影响加工质量的重要因素。在器件翻模过程中,微孔内材料的灌注质量与灌注效率直接决定了成型结构是否带有缺陷及成型成本。例如,在灌注过程中若存在空气或者其他杂质的混入,成型结构将出现明显的缩松或断裂,严重影响成型质量。基于此,电子科技大学的Wei He等人采用多物理耦合技术研究了高密度互连印刷电路板制造中的微孔填充工艺,采用SPS(双(钠-硫丙基)-二硫化物)、EO/PO(环氧乙烷和环氧丙烯嵌段共聚物)和pepi(聚乙烯氧化物-聚酰亚胺)进行微孔填充,但其材料可选择性差依旧是制约其进一步发展的重要因素。斯坦福大学的Clementine M等人通过光刻刻蚀技术,在PU基质中构建所需图案的沟道,并嵌入导电碳纳米管构成电极,由此制得了一种柔性电子皮肤。但PU基质溶解成本高、速度慢等问题极大地影响了此类柔性电子皮肤的发展;北京大学的Yu Song等人将PDMS复合材料通过真空泵输送及毛细管力渗透,灌注至糖方的多孔结构中,并将方糖于热水中溶解,制备而得多孔的PDMS海绵,但在方糖溶解过程中存在灌注精度低,溶解速率慢等问题;除了随机三维结构中可溶性材料溶解的问题,加州大学的Kanguk Kim等人使用BT0等材料直接数字立体光刻成型三维结构,但由于BT0对紫外光的吸收导致掺杂BT0的光敏材料立体光刻精度不高,效率低下,因而选择成型包含BT0结构的反结构模具,再通过翻模的方式得到所需结构,但结构化的可溶性树脂模具在微孔型腔内与溶解液接触面小、溶解速率低、难以完全溶解等问题一直制约着这一方法的发展。总而言之,微孔结构内固液材料的换流方法依然存在着溶解成本高、溶解速率慢、溶解不完全、可溶性材料与溶解液无法充分接触等缺陷与不足,这导致微孔结构的成型质量难以保证,成本也较为昂贵,有待进一步优化改进。

## 发明内容

[0004] 为了克服上述现有技术的缺陷,本发明的目的在于提供一种微孔内材料固液换流装置及方法,根据微孔内固液界面属性、固液换流环境进行调控,设计一套高效率的强制对流装置,解决微孔结构内材料溶解困难、典型微纳加工结构件溶解质量受结构开敞性与溶解面制约、三维微孔结构中的可溶性光敏树脂溶解效率低、溶解速率慢等问题,提高基于翻模制造方法的微柱结构的质量,降低其成型成本。

[0005] 为了实现上述目的,本发明提供的具体方案为:

[0006] 一种微孔内材料固液换流装置,包括外壳1,外壳1内一侧固定有工作室2,工作室2内部包含三个工作空间,分别为A工作空间3、B工作空间5和C工作空间7,三者通过镂空的工作空间隔板6隔开,工作空间隔板6上根据需求安装固定夹4;外壳1内另一侧上方设置有与工作室2相连通的过滤室11,过滤室11内设置水位传感器10,以及其底部设置滤纸层12;过滤室11下方空间设置有水泵14,水泵14出水口与工作室2进水口相连通。

[0007] 基于上述一种微孔内材料固液换流装置的固液换流方法,包括以下步骤:

[0008] (1) 利用3D打印技术、立体光刻技术制备所需的二维光刻微沟道模具、三维结构的可溶性树脂模具或PDMS模具,并做相应后处理;

[0009] (2) 将步骤(1)制备的模具用待成型的液态不溶性材料包覆,待不溶性材料凝固,完成微孔结构的成型;

[0010] (3) 根据可溶的二维、三维模具表面属性和预计使用的溶解液的属性,以及相互作用的关系进行界面及环境调控,PDMS模具不需要调控;

[0011] (4) 将步骤(3)完成界面及环境调控的模具置于换流装置内夹紧;

[0012] (5) 启动换流装置,待过滤室内溶液中可溶性材料浓度下降至设置阈值时停止工作,完成微孔内的固液换流。

[0013] 所述的二维光刻微沟道模具为使用商用AZ4620光刻胶经光刻、显影得到的光刻微沟道模具。

[0014] 所述的三维结构的可溶性树脂模具的材料为可溶性光敏树脂,其材料配制包括,按重量分数计:选择共聚单体N,N-二甲基丙烯酰胺或丙烯酰胺40-60份,甲基丙烯酸、甲基丙烯酸甲酯或丙烯酸钠40-60份,交联裂解剂甲基丙烯酸酐或N,N-亚甲基双丙烯酰胺40-50份,在40-60℃的油浴加热下混合,然后分别加入填充物90-120份、光引发剂10-20份分散均匀;填充物包括聚乙烯醇、聚乙烯吡咯烷酮或甲基纤维素;光引发剂包括酰基膦氧化物或双苯甲酰基苯基氧化膦。

[0015] 所述的后处理为可溶性树脂模具内部未固化树脂的清除以及后续的紫外光过曝,以达到所设计的树脂模具的完全固化成型。

[0016] 所述的液态不溶性材料包括但不限于以下之一:石蜡、PDMS、硅橡胶、环氧树脂。

[0017] 所述的溶解液包括但不限于以下之一:1-5mol/L的NaOH溶液、1-5mol/L的KOH溶液、1-10mol/L的HCL溶液、1-3mol/L的H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>溶液、DMF或丁胺有机溶剂。

[0018] 所述的界面调控是针对选取的溶解液浓度、粘度,以及可溶性材料表面光洁度、亲疏水性的属性进行调控,及对二者相互作用关系的平衡;选用溶解液若为无机溶液,需根据微孔结构基体的材料调整其浓度,使其接触角尽量小,使溶解液更容易进入微孔结构,与可溶性模具进行接触;选用溶解液若为有机溶液,则需根据微孔结构基体的材料选用使接触

角尽量小的有机溶液,同样使溶解液更容易进入微孔结构,与可溶性模具进行接触。

[0019] 所述的环境调控是针对选定溶解液的最佳工作环境选择,所选溶解液若为易挥发溶液,应选用高压低温环境,以减少其挥发,提高其利用率;所选溶解液若为高熔点有机溶液,应选用较高温环境,以保证其具有足够的流动性。

[0020] 所述的步骤(4)的置于换流装置,具体为:针对三维结构,使用工作空间隔板6将其在垂直水平面方向固定;针对二维结构,使用固定夹4将其固定。

[0021] 所述的步骤(5)具体为:为水泵14供5-12V直流电,启动整个循环,强制水流首先通过水泵增压进入工作室底部,进而在水压作用下往上流动,依次通过三个工作空间,对待处理工件进行强制固液换流,待水位超过工作室2与过滤室11之间的隔板时,换流废液进入过滤室11,通过滤纸12的过滤再次进入水泵,进入下一个换流循环,水位传感器10实时监测过滤室11内水位,超过阈值时自动关闭水泵14,待水位下降至安全值再次启动,以此避免废液未经处理就进入下一个循环。

[0022] 本发明的有益效果:

[0023] (1) 本发明所述界面调控及环境调控的方法,实现了溶解液、可溶性模具材料及难溶性结构材料三者之间性质的稳定配合,解决了微孔内固液换流时固液难接触、换流不充分、换流过程对微孔结构有损伤等问题,为后续强制固液换流提供了可靠的保障。

[0024] (2) 本发明所设计的强制换流方法,在界面调控及环境调控的基础上为微孔内的固液换流提供了高质量、高效率的处理手段,极大地提升了微纳加工的质量,相较于传统的直接成型法,微孔内强制固液换流保证了孔内可溶物质的完全溶解去除,为翻模制备微孔状结构提供了可行的方案。

[0025] (3) 本发明所述的为微孔内固液换流提供动力的强制对流装置是强制对流方法的实施手段,此装置以3D打印技术制备,结构简单易造,成本低廉;可同时为多个二维或三维工件进行强制固液换流,效率高,兼容性好;其过滤操作可保证溶解液的充分利用,环境友好;其水位监测等装置对过滤室进行实时监测,自动化程度高,安全系数高。

## 附图说明

[0026] 图1是本发明所提供的微孔内材料固液换流方法的技术路线图。

[0027] 图2是本发明所述可溶性光敏树脂光固化3D打印示意图。

[0028] 图3是本发明所提供的可溶性树脂模具示意图。

[0029] 图4是本发明所提供的可溶性树脂模具的石蜡灌注示意图。

[0030] 图5是本发明所提供的界面调控示意图。

[0031] 图6是本发明所提供的装置结构及内部工作示意图。

[0032] 图7是本发明所提供的强制对流装置内微孔内强制换流示意图。

[0033] 图8是本发明所提供的海绵状PDMS的制备示意图。

[0034] 图9是本发明所提供的二维沟道状平面的制备及强制固液换流示意图,图中:1为光刻胶或其他光固化材料,2为待成型结构液态材料。

[0035] 图10是本发明所提供的用以固定二维结构材料的固定夹示意图。

## 具体实施方式

[0036] 下面结合本发明优选的实施例,对本发明进行进一步详细说明。

[0037] 参照图6,本发明所涉及的一种微孔内材料固液换流装置,应用于下面所有的实施例,包括装置外壳1,装置外壳1通过固定卡爪8固定有工作室2,工作室2内部包含三个工作空间,分别为A工作空间3、B工作空间5和C工作空间7,三者通过镂空的工作空间隔板6隔开,工作空间隔板6上根据需求安装固定夹4;装置外壳1内另一侧上方设置有与工作室2相连通的过滤室11,过滤室11内设置水位传感器10,以及其底部设置滤纸层12;过滤室11下方空间设置有水泵14,水泵14出水口与工作室2进水口相连通。

[0038] 实施例1

[0039] 本实施案例在于实现可溶性树脂模具的3D打印成型及其石蜡微孔中的固液换流溶解,参照图1,具体工艺包括以下步骤:

[0040] (1) 利用3D打印技术、立体光刻技术制备所需二维的光刻微沟道模具、三维结构的可溶性树脂模具,并做相应后处理;

[0041] 树脂模具的制备:

[0042] 通过电子秤称量60g共聚单体N,N-二甲基丙烯酰胺,将其倒入烧杯中备用,接着称量60g共聚单体甲基丙烯酸甲酯并将其倒入烧杯中与N,N-二甲基丙烯酰胺混合,再称量45g交联裂解剂甲基丙烯酸酐并将其倒入烧杯中使三者混合充分。将盛有混合溶液的烧杯放入磁力搅拌水浴锅中,在50℃条件下油浴搅拌30分钟;随后逐步加入120g填充剂聚乙烯吡咯烷酮和15g光敏剂芳酰基膦氧化物;继续在50℃的条件下持续搅拌3小时即可得到可溶性光敏树脂。参照图2,利用面投影微立体光刻技术,将树脂材料4置于树脂槽1中,成形平台3每下降一个层厚,紫外光发射器2即曝光该层对应的形状,重复操作直至完成所需三维形状。参照图3,打印出树脂模具。树脂模具经去离子水清洗干燥后,待使用。

[0043] (2) 将成型的模具用待成型的液态不溶性材料包覆,待不溶性材料凝固,完成微孔结构的成型。

[0044] 通过电子秤称量100g商用固态石蜡,将其置于小烧杯内,放入烘箱,设定温度为100℃,1h,得到熔融态的石蜡。

[0045] 石蜡微孔基体的制备:参照图4,将第一步制备的可溶性树脂模具放置于小培养皿内,注意小培养皿壁高需高于树脂模具顶部。将熔融态液态石蜡在较高温度下注入小培养皿内直至漫过树脂模具顶部,微微晃动,使树脂模具内部空气完全排除,待石蜡冷却后,即得到待去除可溶性树脂模具的石蜡微孔结构基体。

[0046] (3) 定性分析可溶的二维、三维模具表面属性及预计使用的溶解液的属性,根据各自属性及相互作用的关系进行界面及环境调控。

[0047] 所述的溶解液为1mol/L的KOH溶液,通过界面调控的方法,最终选定1mol/L的KOH溶液作为此次的溶解液。界面调控示意图参照图5。

[0048] 通过电子秤称量56.1gKOH固体,放置于烧杯待用。通过量筒量取1L去离子水,将称好的KOH缓慢加入去离子水中,边加边搅拌直至其完全溶解。待溶液冷却,即制得1mol/L的KOH溶解液。

[0049] (4) 将完成界面及环境调控的模具置于强制换流装置内,夹紧,准备强制固液换流。

[0050] (5) 启动换流装置,待过滤室内溶液中可溶性材料浓度下降至设置阈值时停止工作,完成微孔内的固液换流。

[0051] 参照图6、图7,将第二步制得的待处理三维工件9用本发明所述的强制对流装置的隔板固定于工作室的任一工作空间内,再将工作室、过滤室、水泵等全部固定于装置外壳并装好水位传感器。将第三步制得的KOH溶解液缓慢沿过滤室内沿注入装置内,直至水位靠近工作室出水口。最后给水泵连通5-12v直流电,启动强制对流装置。每8个小时更换一次溶解液,24小时后换流完成,即可得到可溶性树脂完全溶解的微孔石蜡基体。

[0052] 实施例2

[0053] 本实施案例在于实现以PDMS为材料的三维海绵结构固液换流方法,参照图8,包括以下步骤:

[0054] (1) 制备所需PDMS模具,并做相应后处理;

[0055] PDMS材料制备:

[0056] 通过电子秤称量60g polydimethylsiloxane (PDMS, 184silicone elastomer base), 将其倒入烧杯中备用,接着按质量分数10:1取固化剂10g,将PDMS与固化剂混合得到基体,在混合物中放入磁力搅拌子,使用磁力搅拌仪以60rad/s速度搅拌10分钟,充分搅匀后放入真空泵中抽到绝对真空保证PDMS中没有气泡。

[0057] (2) 将成型的模具用待成型的液态不溶性材料包覆,待不溶性材料凝固,完成微孔结构的成型;具体为:

[0058] 2.1、准备球磨工作:使用乙醇冲洗球磨球、球磨罐,并在氮气环境中吹干。通过电子秤称量食用方糖50g,将其加入上述清洗完成的球磨罐中,再加入球磨球约30颗,盖好球磨罐并将其放入球磨仪中研磨半小时得到200um大小的方糖颗粒。

[0059] 2.2、方糖与PDMS的混合。

[0060] 将第二步制得的方糖颗粒全部加入第一步制得的PDMS中,继续使用磁力搅拌仪以60rad/s的速度搅拌30min,使得方糖均匀分散在PDMS中。将PDMS与方糖的混合物放入到烘箱中,调温80℃放置3h;

[0061] (3) PDMS模具不需要调控。

[0062] (4) 将完成界面及环境调控的模具置于换流装置内,夹紧,准备强制固液换流。

[0063] (5) 启动换流装置,待过滤室内溶液中可溶性材料浓度下降至设置阈值时停止工作,完成微孔内的固液换流。

[0064] 将第三步制得的固化的样品切割成需要的形状放置到强制对流装置中,按实施例一方式进行固液换流,每隔8小时更换一次水溶液,连续溶解24小时可以得到微孔结构的PDMS海绵结构。

[0065] 实施例3

[0066] 本实施案例在于实现二维沟道状表面的固液高效率换流,参照图9,具体制备工艺包括以下步骤:

[0067] (1) 利用3D打印技术、立体光刻技术制备所需二维的光刻微沟道模具、三维结构的可溶性树脂模具或PDMS模具,并做相应后处理。

[0068] 光刻微沟道模具的制备:

[0069] 选取PC板(或者硅片)一片作为光刻胶基底,将PC板在酒精中超声10s,然后置于烘



箱中设置温度不高于60℃烘干,再过匀胶机在PC板上旋涂光刻胶AZ4620,旋涂转速低速600,高速900,光刻胶厚度在15-17 $\mu\text{m}$ 。将旋涂好的光刻胶放置在95摄氏度烘台上烘干,接着通过光刻机光刻35s,最后使用0.5%的氢氧化钠做显影液,显影90s。完成整个工序后冲洗掉显影液,晾干得到光刻胶模具。

[0070] (2) 将成型的模具用待成型的液态不溶性材料包覆,待不溶性材料凝固,完成微孔结构的成型。

[0071] 石蜡微沟道基体的制备,通过电子秤称量100g商用固态石蜡,将其置于小烧杯内,放入烘箱,设定温度为100℃,1h,得到熔融态的石蜡。将熔融态的石蜡倾倒入光刻胶模具之上,微微摇动光刻胶模具,使液态石蜡充分填充光刻胶模具,待石蜡冷却后得到与光刻胶模具相连的石蜡微沟道基体。

[0072] (3) 定性分析可溶的二维、三维模具表面属性及预计使用的溶解液的属性,根据各自属性及相互作用的关系进行界面及环境调控。

[0073] 经过对石蜡、光刻胶的性质分析,选择可溶解光刻胶且不与石蜡反应的酒精作为溶解液。

[0074] (4) 将完成界面及环境调控的模具置于换流装置内,夹紧,准备强制固液换流。

[0075] (5) 启动换流装置,待过滤室内溶液中可溶性材料浓度下降至设置阈值时停止工作,完成微孔内的固液换流。

[0076] 参照图10,将第三步制得的待处理二维工件15用本发明所述的强制对流装置的固定夹固定于工作室的任一工作空间内,再将工作室、过滤室、水泵等全部固定于装置外壳并装好水位传感器。将上述选取的酒精缓慢沿过滤室内沿注入装置内,直至水位靠近工作室出水口。最后给水泵连通5-12v直流电,启动强制对流装置。每8个小时更换一次溶解液,24小时后换流完成,即可得到光刻胶完全溶解的微沟道石蜡基体。完成整个固液强制换流溶解工作。

[0077] 本发明包括但不限于以上所述实施例,凡在本发明精神原则保护之下所进行的任何等同替换或局部改进,都被视为在本发明所保护的范围之内。

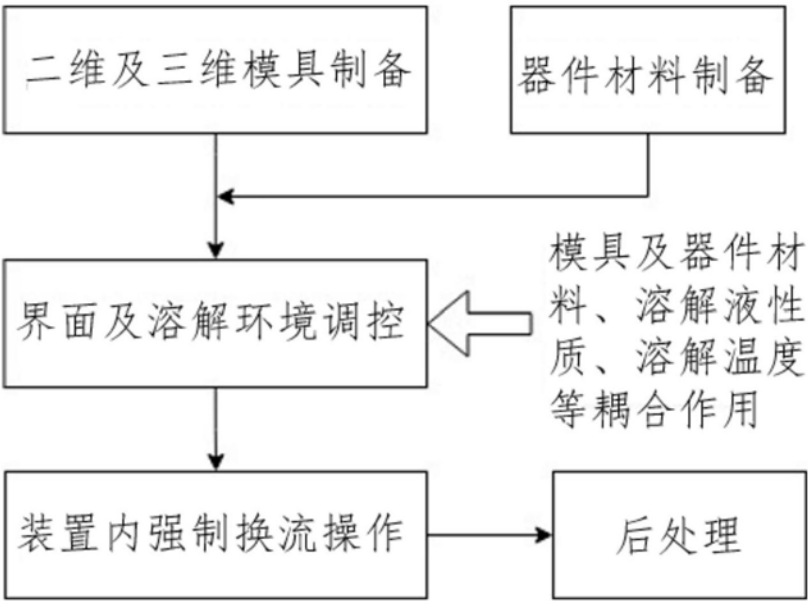


图1

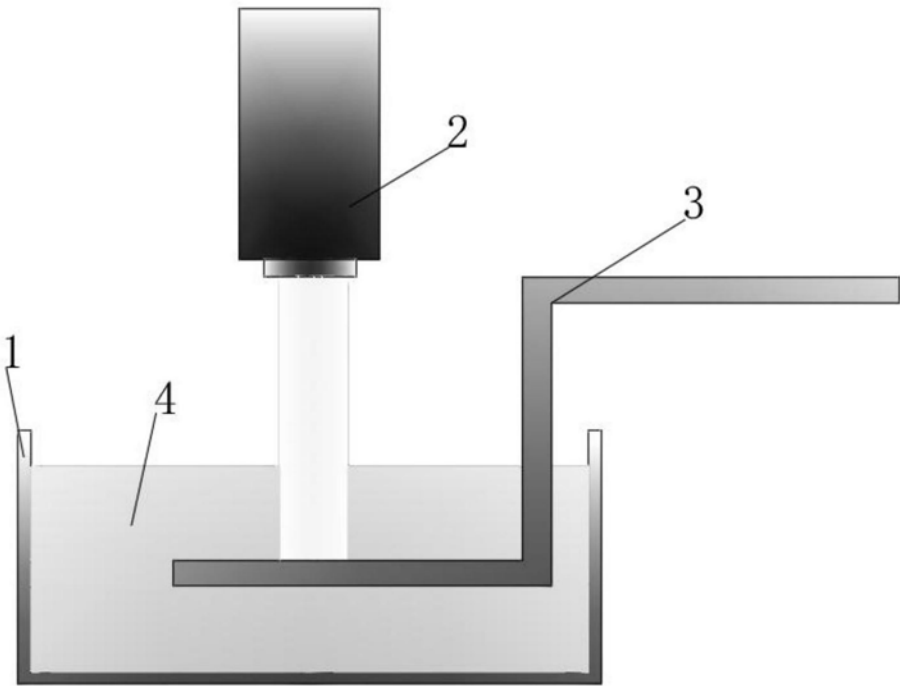


图2

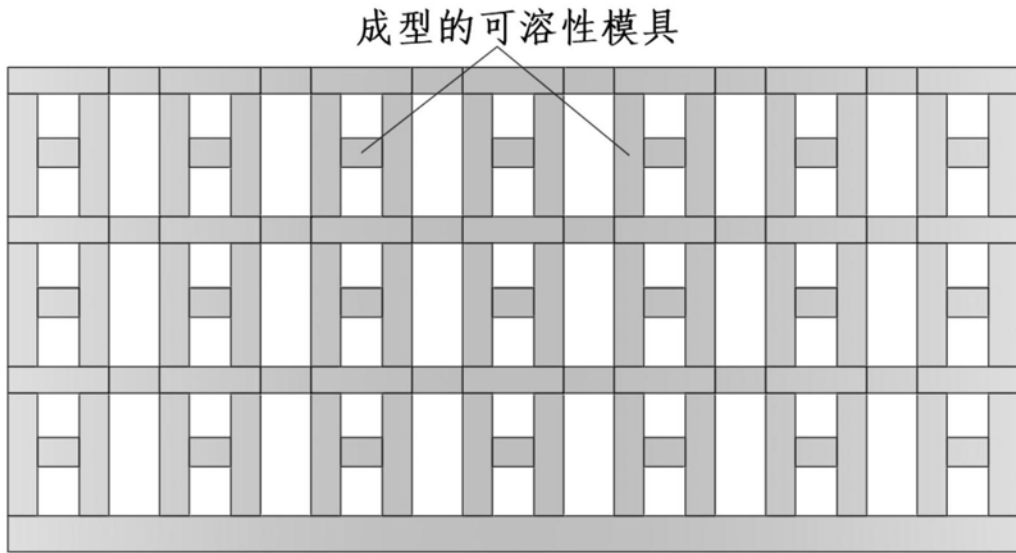


图3

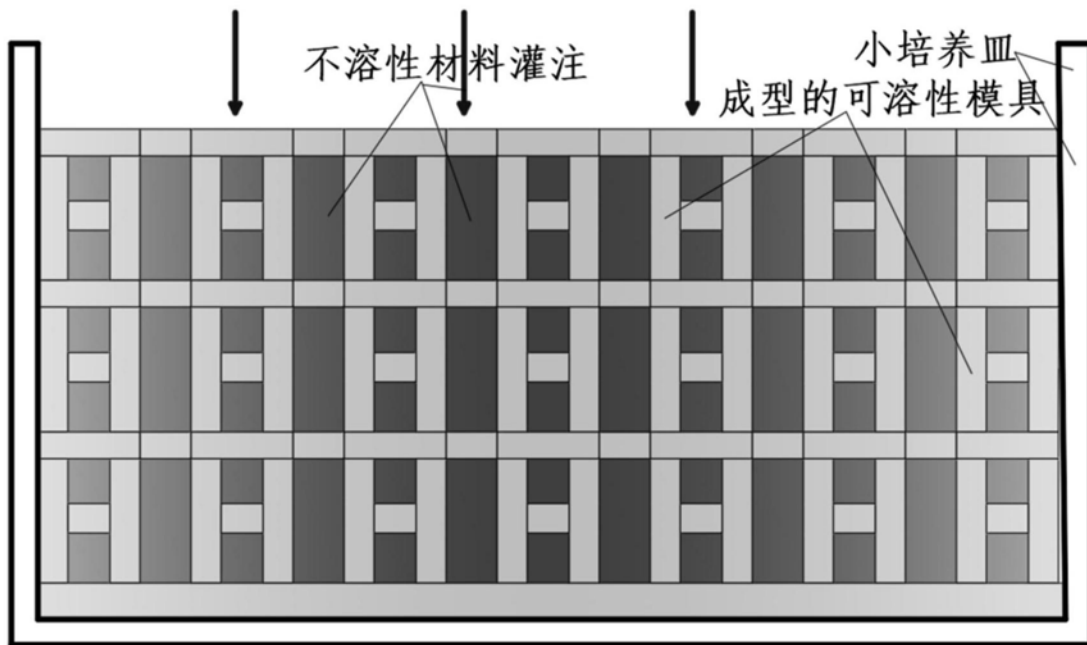


图4

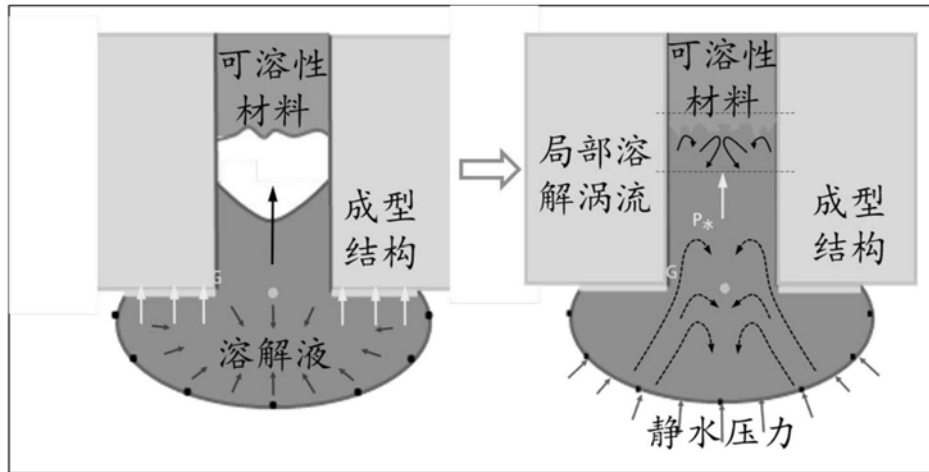


图5

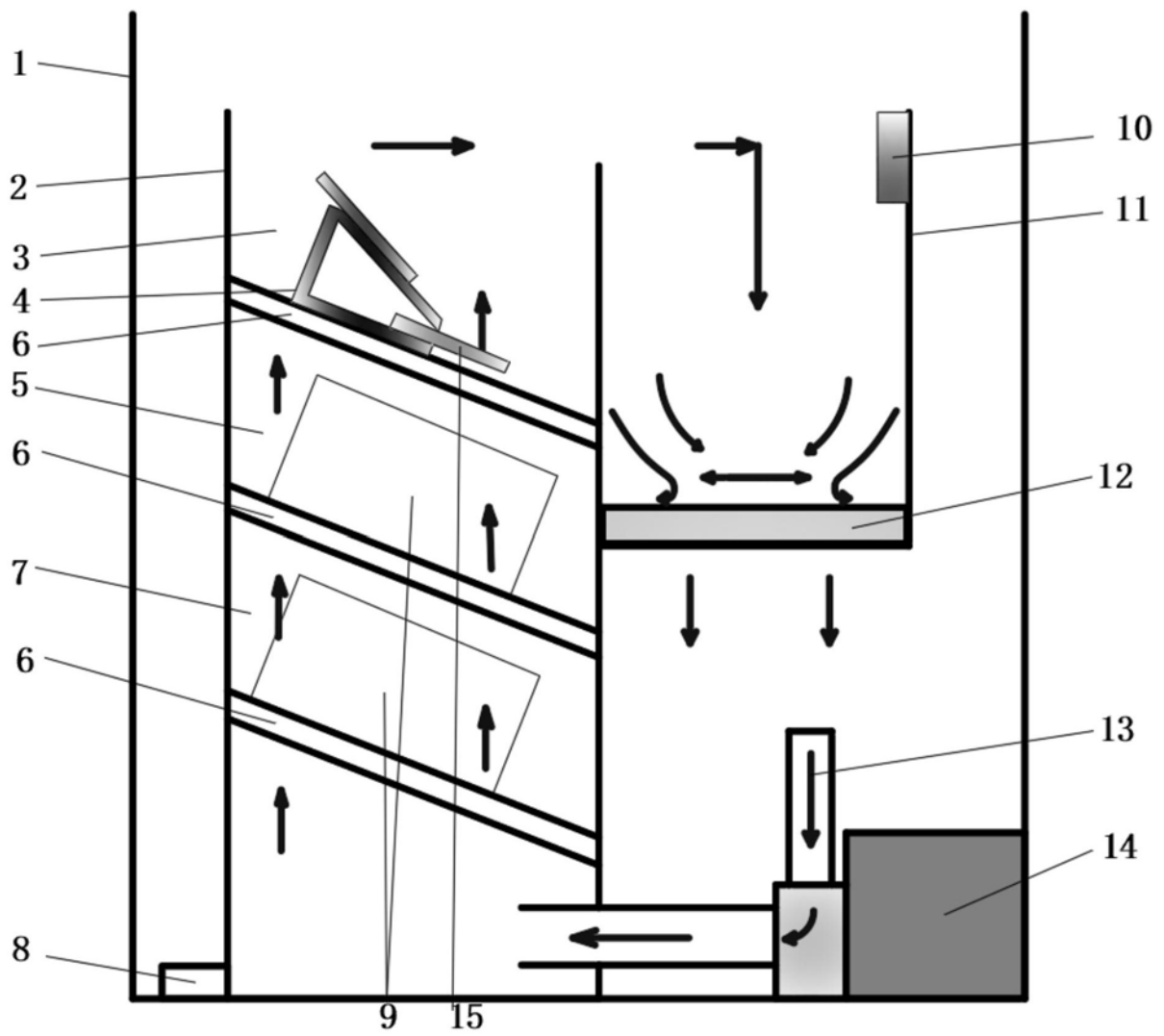


图6

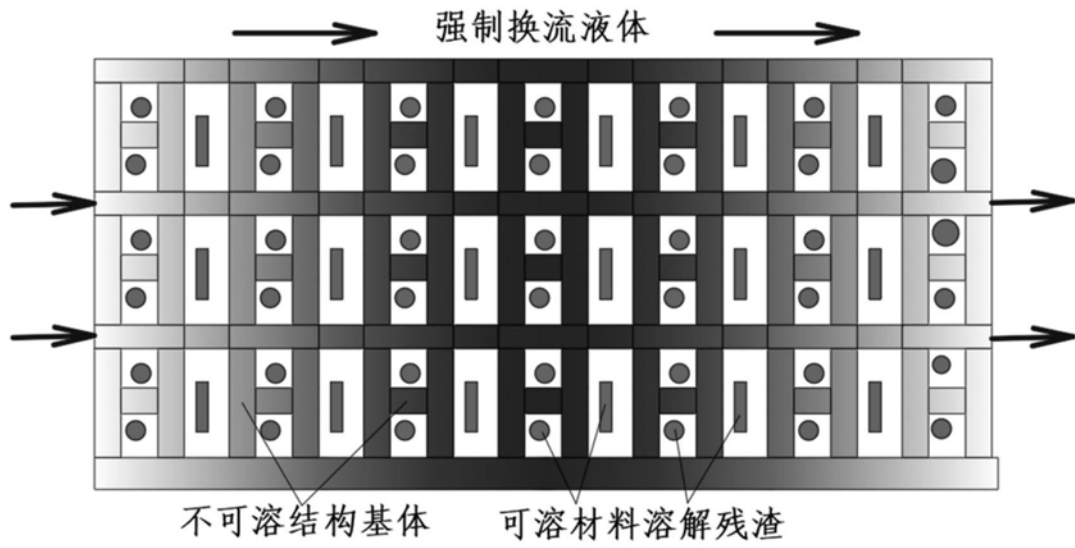


图7

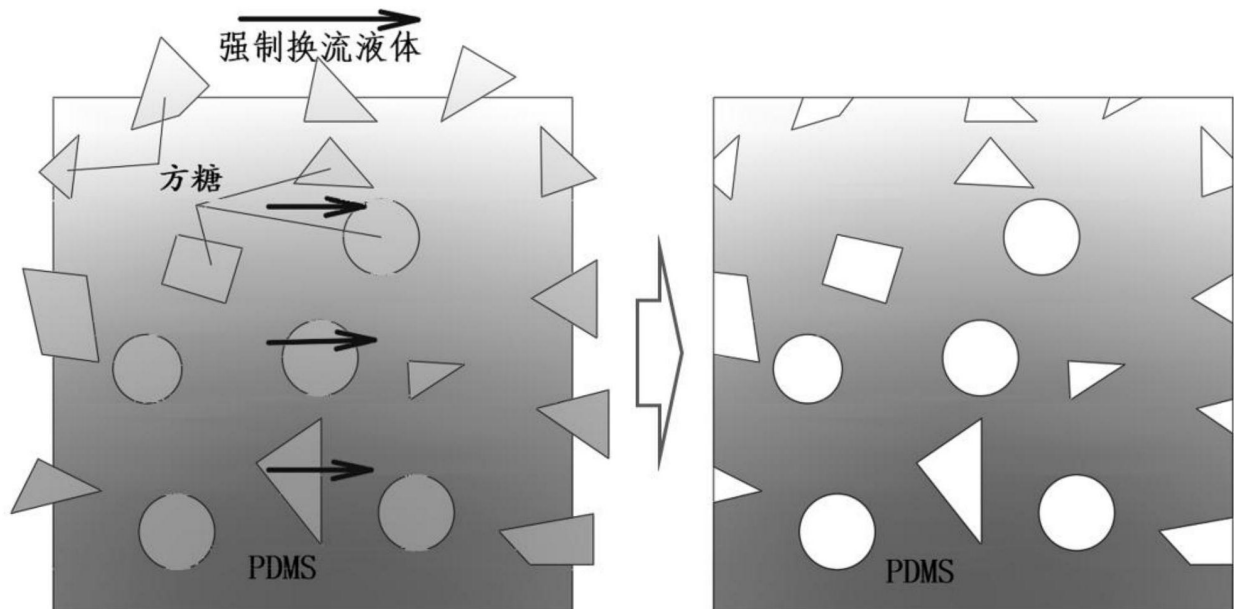


图8

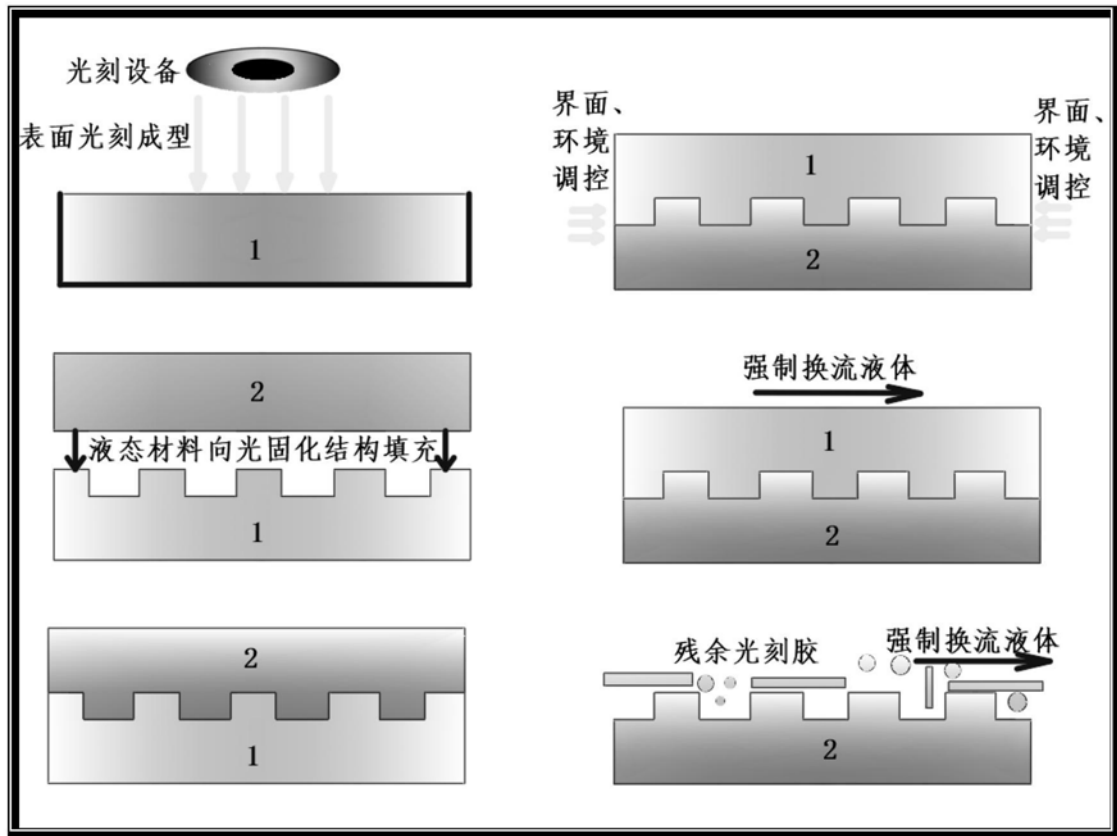


图9

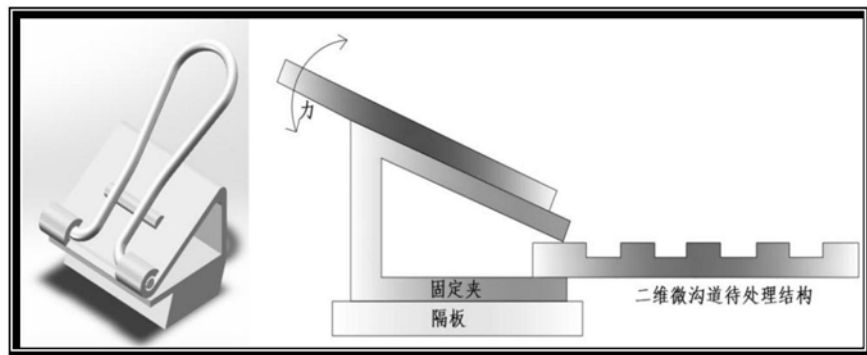


图10