(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 4 月 26 日 (26.04.2018)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2018/072624 A1

(51) 国际专利分类号:
G03F 7/00 (2006.01) *B82Y 40/00* (2011.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2017/105608

(22) 国际申请日: 2017 年 10 月 11 日 (11.10.2017)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201610902369.0 2016年10月17日 (17.10.2016) CN

(71) 申请人: 山东科技大学(SHANDONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国山东省青岛市黄岛区前湾港路 579 号 王清, Shandong 266590 (CN)。

(72) 发明人: 王清(WANG, Qing); 中国山东省青岛市黄岛区前湾港路579号, Shandong 266590 (CN)。 张金涛(ZHANG, Jintao); 中国山东省青岛市黄岛区前湾港路 579 号, Shandong 266590 (CN)。 张睿(ZHANG, Rui); 中国山东省青岛市黄岛区前湾港路579号, Shandong 266590 (CN)。 郑旭(ZHENG, Xu); 中国山东省青岛市黄岛区前湾港路579号, Shandong 266590 (CN)。 马立俊(MA, Lijun); 中国山东省青岛市黄岛区前湾港路579号, Shandong 266590 (CN)。 张星远(ZHANG, Xingyuan); 中国山东省青岛市黄岛区前湾港路579号, Shandong 266590 (CN)。 杜文全(DU, Wenquan); 中国山东省青岛市黄岛区前湾港路579号, Shandong 266590 (CN)。

(74) 代理人: 青岛智地领创专利代理有限公司(QINGDAO ZHIDILINGCHUANG PATENT AGENCY CO., LTD); 中国山东省青岛市黄岛区香江路 110 号高科技创业中心 215 室, Shandong 266555 (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,

(54) **Title:** CAVITY STRUCTURE FOR NANOIMPRINT LITHOGRAPHY TEMPLATE AND IMPRINT FORMING METHOD THEREOF

(54) 发明名称: 一种腔式结构的纳米压印模板及其压印成型方法

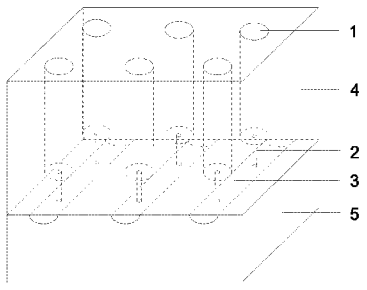


图 2

(57) **Abstract:** A cavity structure for a nanoimprint lithography template and an imprint forming method thereof are provided. The cavity structure for a nanoimprint lithography template is a one-piece structure and comprises two parts, an upper template (4) and lower template (5) welded together; and a certain number of stepped through holes are evenly disposed in the upper template (4). A number of grooves (3) are evenly disposed in the lower template (5), two ends of each of the grooves (3) are respectively connected to an external high-pressure water pump and a vacuum pump via tubes. By adding a sealed cavity in the template, the cavity creates a vacuum chamber in the template during imprinting, and negative pressure is formed. During demolding, water pressure is used to generate cracks on an interface between the template and an imprint glue and to extend the cracks to the entire bonding interface so as to achieve complete demolding. The nanoimprint lithography template has advantages of simple operation, lower required imprint pressure, good forming quality, and the like, and is not only suitable for forming a conventional imprint structure but is also suitable for forming a high aspect ratio imprint structure.

WO 2018/072624 A1

[见续页]

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))。

(57) 摘要: 一种腔式结构的纳米压印模板及其压印成型方法，腔式结构的纳米压印模板为一体式结构，包括焊接在一起的上模板（4）和下模板（5）两部分；其中，上模板（4）均匀设置有若干数量通透阶梯孔，下模板（5）上均匀设置有若干数量沟槽（3），沟槽（3）的两端分别与外部高压水泵和真空泵通过管路连接。通过在模板内部增设一个密闭的空腔，使得其在压印过程中，对模板腔室内抽真空并形成负压；在脱模过程中，利用水压，使模板与压印胶界面产生裂纹并扩展至整个结合界面，进而完成脱模。纳米压印模板具有操作简便、压印所需压力小、成型质量好等有益效果，不仅适于常规压印结构的成型，而且适于高深宽比压印结构的成型。

一种腔式结构的纳米压印模板及其压印成型方法

技术领域

本发明涉及一种纳米压印模板及其压印成型方法使用方法，尤其涉及一种腔式结构的纳米压印模板及其压印成型方法，属于微纳米器件制作技术领域。

背景技术

纳米压印包括压印过程和脱模过程，这两个过程对于压印质量的好坏，均同样重要。

对于较低深宽比的纳米压印而言，产品质量的好坏，主要取决于纳米压印的脱模效果，压印过程的质量通常容易保证或实现。对于最终产品的质量影响程度相对较小。

但是，随着高深宽比逐步到更高宽深比的压印结构变化，压印过程对于最终产品的质量影响程度将快速上升，直至与脱模过程同样重要，甚至有过之而无不及。

也就是说，对于高深宽比结构而言，压印过程与脱模过程同样重要，共同决定着压印结果的好坏。

对于脱模而言，传统方式主要有两种：拉拔式脱模和揭开式脱模。但是，这两种脱模方式均不能用于高深宽比结构的压印脱模。原因在于：

对于拉拔式脱模而言，脱模过程中，压印胶的上下界面受到相反方向应力作用。模板与压印胶之间作用力为界面粘结力；对于竖向界面而言，其所受应力为剪切应力（界面粘结力可以认为是一种结构内力）。当竖向界面开裂之后模板与压印结构发生相对滑动，此时压印结构竖向界面受摩擦力作用。

在进行脱模时，由于模板与聚合物之间界面粘结力和摩擦力的作用，压印结构竖向界面受到极大的剪应力作用，横向界面受到极大拉应力作用，只有界面处拉应力或者剪应力大于其抗剪或者抗拉强度时，界面才会发生分离。受上部横界面的粘结力与两侧竖向界面的剪应力及粘结力的共同作用，根据应力叠加原理，压印结构凸起部分越靠近残余层其内部竖向拉应力越大，在残余层与结构凸起交界面处竖向应力达到最大值。受压印胶自身弹性变形影响，压印结构凸起中间部分会发生颈缩现象。当结构凸起内部拉应力超过压印胶自身抗拉强度时，压印结构便被拔断。同时压印胶的内部拉应力会通过残余层传至其与衬底胶结面处，当胶结面处拉应力大于胶结面抗拉强度时，压印胶便从衬底上脱离，即脱胶。

这些缺陷往往导致压印失败，并造成模板的污染。

特别是，当压印结构的深宽比大于 3 时，结构凸起被拔断问题将成为压印过程中主要缺陷之一。随着压印结构深宽比的增大，结构凸起被拔断的缺陷逐渐成为压印过程中最为致命的问题之一，并限制了高深宽比结构的进一步发展。

中国专利申请 CN101249938A 公开了一种基于气动的微纳米压印脱模结构，其在传统的模板结构的基础上，通过向模板与压印胶界面边缘处注入气体，利用气体的等压性使得模板均匀受力，防止脱模方向出现偏差，保证脱模过程平稳进行；并且通过将气体小分子渗入模板与压印胶界面，降低其界面粘结力。

不难看出，此方法的确有效降低了脱模操作的难度，并一定程度地降低了脱模过程中对于压印成型结构的损伤。但是，这种脱模结构/脱模方法，很难、甚至是根本就无法适用于较大面积高深宽比压印结构的压印成型条件。原因在于，对于较大面积高深宽比压印结构的压印成型，由于压印胶与模板之间界面面积较大，气体分子渗透速度较慢，脱模效率较低，高深宽比的压印结构仍有较大被拔断的风险。

尤其重要的是，一方面，由于模板凹槽（或称为“孔”）为不通透的结构形式，其内部必然存在残余的空气，在压印过程中，特别是对于较大面积高深宽比压印结构的压印过程中，一方面，所需施加的压力将大幅上升，并且，在较大压力下，上述“残余的空气”将进入压印胶内部，形成气泡/空穴，造成压印结构内部缺陷，降低压印质量；另一方面，其脱模过程中，压印成型后的试样，所受力主要表现为向上的“拉力”（气膜所施加的向上的“推力”仅仅之七辅助作用）。这样，压印结构凸起中间部分，在向上的拉力的作用下，不可避免地，仍然存在“颈缩现象”，进而造成压印结构被拔断的问题。

发明内容

本发明的目的之一是，提供一种腔体式结构的纳米压印模板，其压印质量好，脱模操作简便，且脱模过程中对于所成型的压印结构损伤小；其不仅适于常规压印结构的成型，而且适于高深宽比压印结构的成型。

本发明为实现上述目的所采用的技术方案是，一种腔式结构的纳米压印模板，其特征在于，为一体式结构，包括焊接在一起的上模板和下模板两部分；

所述上模板均匀设置有若干数量的阶梯孔，所述阶梯孔上粗下细，贯通上模板的上、下两个表面；

所述阶梯孔的上部分的长径比为 3~30:1；各阶梯孔的上部分的孔径分别为与其对应的那个阶梯孔的下部分的孔径的 5~10 倍；

上述阶梯孔的数量与各阶梯孔之间的相对位置，分别一一对应所需压印成型的结构凸起的数量与各结构凸起之间的相对位置；各阶梯孔的上部分的尺寸分别与所需压印成型的结构凸起的尺寸一一对应地相等；

所述下模板的上表面均匀设置有若干数量的沟槽，沟槽贯通下模板的前、后两个面；

上述沟槽的直径大于上述阶梯孔的下部分的孔径；

上述各阶梯孔的下部分分别与其所对应的那个沟槽贯通；

上述沟槽的两端分别焊接有一连接管口，其中一个连接管口用于通过第一管路与外部高压水泵连接，另一个连接管口用于通过第二管路与外部真空泵连接；

上述第一管路和第二管路上均分别安装有压力表和调压阀。

上述技术方案直接带来的技术效果是，在压印模板内部设置空腔，空腔与纳米压印（胶）结构的凸起部分（即，阶梯孔的上部分）通过阶梯孔的下部分（纳米级微孔）连通，并与外部的高压水泵和真空泵连通。从而巧妙地利用真空泵抽吸，以在空腔内形成负压，解决纳米压印过程中，压印胶不能顺利、有效地进行高深宽比的模板结构内部的技术问题，以及在压印过程中，可能在压印胶内残存“气泡/空穴”结构缺陷的技术问题；

利用高压水泵的高压水的压力，将现有技术的拉拔脱模方式，从纳米压印结构的外部施加作用力（即，向上的“拉力”、压印结构凸起受拉伸、出现“颈缩现象”，进而易被拔断），由外而内进行脱模过程，转变为对纳米压印结构的内部施加作用力（即，向上的“推力”、压印结构凸起被压缩、不会出现“颈缩现象”，进而被拔断），由内而外进行脱模。从而，从根本上解决传统拉拔脱模中出现的竖向应力集中，造成压印结构凸起中间部分出现“颈缩现象”，进而被拔断的问题。

也就是说，上述技术方案，使得脱模过程中，压印结构受力的方向性、受力大小的均匀一致性以及各部位受力的同步性，均完全相同，有效地减少甚至是消除了脱模过程中，因压印胶各部位受力大小、受力方向、受力的均匀性以及一致性无法保证或者有效控制的技术问题，保证了脱模质量，以及图案成型质量的稳定性。

说明：上述技术方案中，之所以采用“沟槽的直径大于阶梯孔的下部分的孔径”这样的结构形式，其目的仅仅只是便于将上、下模板焊接成一体的操作：防止因为焊接成型时的误差，导致 “盲孔”的出现。

优选为，上述连接管口均呈喇叭口形状，靠近模板的一侧为喇叭口的细端，远离模板的一侧为喇叭口的粗端。

该优选技术方案直接带来的技术效果是，便于外接管路的选配和密封连接。原因在于，连接管口的细端尺寸很小（受模板总高度的制约），外接高压水管/高压气管的密封连接将相对较困难。将“上述连接管口设置成呈喇叭口形状，靠近模板的一侧为喇叭口的细端，远离模板的一侧为喇叭口的粗端”，将使得管路密封与连接的难度大幅降低，从而大幅提高模板使用上的便利性。

进一步优选，上述阶梯孔是采用电子束光刻技术或激光全息光刻技术制作成的。

该优选技术方案直接带来的技术效果是，采用常规技术即可加工成型，并且可以保证阶

梯孔，特别是阶梯孔的下部分（纳米级尺寸的微孔）的加工精度。

进一步优选，上述沟槽的截面呈半圆形或矩形。

该优选技术方案直接带来的技术效果是，半圆形或矩形截面的沟槽相对易于加工，实际上，沟槽的截面形状可以是任意形状，只要其尺寸大小可以“完整覆盖住”阶梯孔的下部分的“投影”即可（即，大于阶梯孔下段的直径）。

本发明的目的之二是，提供一种上述的腔式结构的纳米压印模板的压印成型方法，其压印效果好、脱模操作简便且脱模过程中对压印成型的试样损伤小。

本发明为实现上述目的所采用的技术方案是，一种上述的腔式结构的纳米压印模板的压印成型方法，其特征在于，包括以下步骤：

第一步，将压印胶通过匀胶机均匀旋涂在石英衬底的表面上；

第二步，将所述沟槽两端的连接管口分别通过第一管路和第二管路与外部高压水泵和真空泵连接到位；

第三步，启动压印机，将石英衬底上旋涂有压印胶的那个面朝下，以中心对齐的方式，放置在腔式结构的纳米压印模板的上表面上；然后，整体置于压印平台上，并通过真空气垫进行固定；

第四步，通过压印机对压印胶加热，直至压印胶的温度达到玻璃态温度以上；

第五步，关闭与高压水泵连接管路上的水阀，打开与真空泵连接管路上的气阀；然后，启动真空泵，将腔式结构的纳米压印模板内部的空气全部抽吸干净后，操控压印机对腔式结构的纳米压印模板施加压印力，以将压印胶压送至阶梯孔内，直至压印完成；

在压印过程中，保持真空泵开启，持续对腔式结构的纳米压印模板内部进行抽真空，以使腔式结构的纳米压印模板内部的真空度始终保持在-100 KPa～-300KPa；

第六步，停止对压印胶加热，并通过降温设备对压印胶进行降温，待压印胶的温度降至室温后，卸载压印力，停真空泵后关闭与真空泵连接管路上的气阀；

第七步，开启与高压水阀连接管路上的水阀、开启高压水泵，高压水经沟槽内进入上模板的阶梯孔下段，以使压印胶与阶梯孔孔壁之间的界面处以张拉裂缝形式产生裂纹、裂纹不断扩大至整个界面，即完成压印脱模；

随后，迅速停高压水泵、关闭与高压水阀连接管路上的水阀；

取出试样、关闭压印机即可。

上述技术方案直接带来的技术效果是，在压印过程中，模板腔室内始终保持负压状态，可以有效保证高弹态的压印胶有效进入到上模板的阶梯孔内，从而有效解决高深宽比结构压印过程所面临的压印胶很难甚至是根本就无法实现完全填充的技术问题；

并且，在压印过程中，模板腔室内始终保持负压状态，可最大限度地减少或者消除压印胶内部溶解/吸附的空气，保证压印胶内部的密实度，达到理想的成型质量；

在脱模过程中，利用高压水（压力）对压印胶的每一个凸起部（阶梯孔的上部分）自下向上同步均匀施加向上的压力（即，采用由压印结构的上部，对成型后的压印胶施加外力），利用水力压裂原理使模板与压印胶界面产生裂纹并扩展（因为，模板与压印胶界面处的抗拉强度，低于模板与压印胶各自自身的抗拉强度），待裂缝扩展至整个界面时，最终完成脱模过程。这样，从根本上解决传统拉拔脱模中出现的竖向应力集中现象。

压印胶脱模过程中，受力的方向性、受力大小的均匀一致性以及各部位受力的同步性，均完全相同，有效地减少甚至是消除了脱模过程中，因压印胶各部位受力大小、受力方向、受力的均匀性以及一致性无法保证或者有效控制的技术问题，保证了脱模质量，以及图案成型质量的稳定性。

补充说明，上述压印成型方法中，在压印成型过程中，理论上，将有或多或少的压印胶进入“阶梯孔的下部分”，形成多余的凸起部分。但是，由于“阶梯孔的下部分”直径远小于“阶梯孔的上部分”的直径（五分之一到十分之一）。因此，即便由于有少量的压印胶进入“阶梯孔的下部分”（实际上，量非常小，且进入深度也很小）导致压印成型后的试样存在一定的“误差”，但这种“误差”在允许的数值范围之内，无需额外去除。

综上所述，本发明相对于现有技术，具有操作简便、所需压印力小、成型质量好，不仅适于常规压印结构的成型，而且适于高深宽比压印结构的成型等有益效果。

附图说明

图 1 为本发明的主视结构示意图；

图 2 为本发明的立体透视结构示意图（主要示出模板内部的结构与形状特征）；

图 3 为本发明的下模板的轴测结构示意图。

具体实施方式

下面结合附图和实施例，对本发明进行详细说明。

实施例 1

如图 1 至 3 所示，本发明的腔式结构的纳米压印模板，其为一体式结构，包括焊接在一起的上模板 4 和下模板 5 两部分；

上述上模板均匀设置有若干数量的阶梯孔，上述阶梯孔上粗下细，贯通上模板的上、下两个表面；阶梯孔的上部分 1 直径为 10 微米、孔深 100 微米，阶梯孔的下部分 2 直径为 100nm；

上述阶梯孔的数量与各阶梯孔之间的相对位置，分别一一对应所需压印成型的结构凸起的数量与各结构凸起之间的相对位置；各阶梯孔的上部分的尺寸分别与所需压印成型的结构

凸起的尺寸一一对应的相等；

所述下模板的上表面均匀设置有若干数量的沟槽 3，沟槽贯通下模板的前、后两个面；

上述沟槽的直径大于 100nm；

上述各阶梯孔的下部分分别与其所对应的那个沟槽贯通；

上述沟槽的两端分别焊接有一连接管口，其中一个连接管口用于通过管路与外部高压水泵连接，另一个连接管口用于通过管路与外部真空泵连接。

上述连接管口均呈喇叭口形状，靠近模板的一侧为喇叭口的细端，远离模板的一侧为喇叭口的粗端。

上述阶梯孔是采用电子束光刻技术或激光全息光刻技术制作成的。

上述沟槽的截面呈半圆形或矩形。

上述的腔式结构的纳米压印模板的使用方法，包括以下步骤：

第一步，将压印胶通过匀胶机均匀旋涂在石英衬底的表面上；

第二步，将所述沟槽两端的连接管口分别通过第一管路和第二管路与外部高压水泵和真空泵连接到位；

第三步，启动压印机，将石英衬底上旋涂有压印胶的那个面朝下，以中心对齐的方式，放置在腔式结构的纳米压印模板的上表面上；然后，整体置于压印平台上，并通过真空气垫进行固定；

第四步，通过压印机对压印胶加热，直至压印胶的温度达到玻璃态温度以上；

第五步，关闭与高压水泵连接管路上的水阀，打开与真空泵连接管路上的气阀；然后，启动真空泵，将腔式结构的纳米压印模板内部的空气全部抽吸干净后，操控压印机对腔式结构的纳米压印模板施加压印力，以将压印胶压送至阶梯孔内，直至压印完成；

在压印过程中，保持真空泵开启，持续对腔式结构的纳米压印模板内部进行抽真空，以使腔式结构的纳米压印模板内部的真空度始终保持在-100 KPa～-300KPa；

第六步，停止对压印胶加热，并通过降温设备对压印胶进行降温，待压印胶的温度降至室温后，卸载压印力，停真空泵后关闭与真空泵连接管路上的气阀；

第七步，开启与高压水阀连接管路上的水阀、开启高压水泵，高压水经沟槽内进入上模板的阶梯孔下段，以使压印胶与阶梯孔孔壁之间的界面处以张拉裂缝形式产生裂纹、裂纹不断扩大至整个界面，即完成压印脱模；

随后，迅速停高压水泵、关闭与高压水阀连接管路上的水阀；

取出试样、关闭压印机即可。

不难看出，本发明的腔式结构的纳米压印模板的脱模方式与传统脱模方式所采用的拉拔

脱模方式，在原理上存在本质性的区别或不同：前者原理为对纳米压印结构的内部施加作用力，脱模由内而外进行；后者为从纳米压印结构的外部施加作用力，脱模过程由外而内进行。

需要特别指出的是：

1、上述实施例中，阶梯孔为圆孔，这仅仅只是为了举例的简便。

实际上，阶梯孔的形状可以是任意形状（即，根据所需压印成型的结构凸起的形状而定）。

2、上述实施例中，各阶梯孔的上部分的长度与孔径尺寸均分别相同，这仅仅只是为了举例的简便。

实际上，各阶梯孔的上部分的长度与孔径尺寸也可以相互各异（即，根据所需压印成型的结构凸起的形状而定）。

1、一种腔式结构的纳米压印模板，其特征在于，为一体式结构，包括焊接在一起的上模板和下模板两部分；

所述上模板均匀设置有若干数量的阶梯孔，所述阶梯孔上粗下细，贯通上模板的上、下两个表面；

所述阶梯孔的上部分的长径比为 3~30:1；各阶梯孔的上部分的孔径分别为与其对应的那个阶梯孔的下部分的孔径的 5~10 倍；

上述阶梯孔的数量与各阶梯孔之间的相对位置，分别一一对应所需压印成型的结构凸起的数量与各结构凸起之间的相对位置；各阶梯孔的上部分的尺寸分别与所需压印成型的结构凸起的尺寸一一对应地相等；

所述下模板的上表面均匀设置有若干数量的沟槽，沟槽贯通下模板的前、后两个面；

上述沟槽的直径大于上述阶梯孔的下部分的孔径；

上述各阶梯孔的下部分分别与其所对应的那个沟槽贯通；

上述沟槽的两端分别焊接有一连接管口，其中一个连接管口用于通过第一管路与外部高压水泵连接，另一个连接管口用于通过第二管路与外部真空泵连接；

上述第一管路和第二管路上均分别安装有压力表和调压阀。

2、根据权利要求 1 所述的纳米压印模板，其特征在于，所述连接管口均呈喇叭口形状，靠近模板的一侧为喇叭口的细端，远离模板的一侧为喇叭口的粗端。

3、根据权利要求 1 所述的纳米压印模板，其特征在于，所述阶梯孔是采用电子束光刻技术或激光全息光刻技术制作成的。

4、根据权利要求 1 所述的纳米压印模板，其特征在于，所述沟槽的截面呈半圆形或矩形。

5、权利要求 1 所述的腔式结构的纳米压印模板的使用方法，其特征在于，包括以下步骤：

第一步，将压印胶通过匀胶机均匀旋涂在石英衬底的表面上；

第二步，将所述沟槽两端的连接管口分别通过第一管路和第二管路与外部高压水泵和真空泵连接到位；

第三步，启动压印机，将石英衬底上旋涂有压印胶的那个面朝下，以中心对齐的方式，放置在腔式结构的纳米压印模板的上表面上；然后，整体置于压印平台上，并通过真空气垫进行固定；

第四步，通过压印机对压印胶加热，直至压印胶的温度达到玻璃态温度以上；

第五步，关闭与高压水泵连接管路上的水阀，打开与真空泵连接管路上的气阀；然后，启动真空泵，将腔式结构的纳米压印模板内部的空气全部抽吸干净后，操控压印机对腔式结构的纳米压印模板施加压印力，以将压印胶压送至阶梯孔内，直至压印完成；

在压印过程中，保持真空泵开启，持续对腔式结构的纳米压印模板内部进行抽真空，以使腔式结构的纳米压印模板内部的真空度始终保持在-100 KPa～-300KPa；

第六步，停止对压印胶加热，并通过降温设备对压印胶进行降温，待压印胶的温度降至室温后，卸载压印力，停真空泵后关闭与真空泵连接管路上的气阀；

第七步，开启与高压水阀连接管路上的水阀、开启高压水泵，高压水经沟槽内进入上模板的阶梯孔下段，以使压印胶与阶梯孔孔壁之间的界面处以张拉裂缝形式产生裂纹、裂纹不断扩大至整个界面，即完成压印脱模；

随后，迅速停高压水泵、关闭与高压水阀连接管路上的水阀；

取出试样、关闭压印机即可。

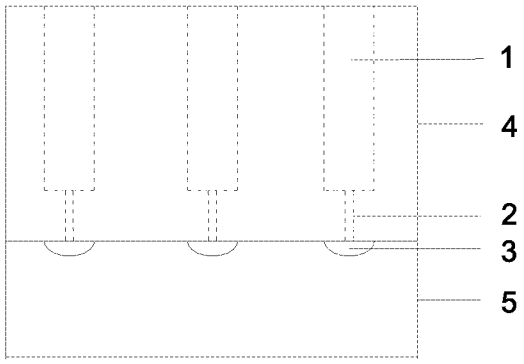


图 1

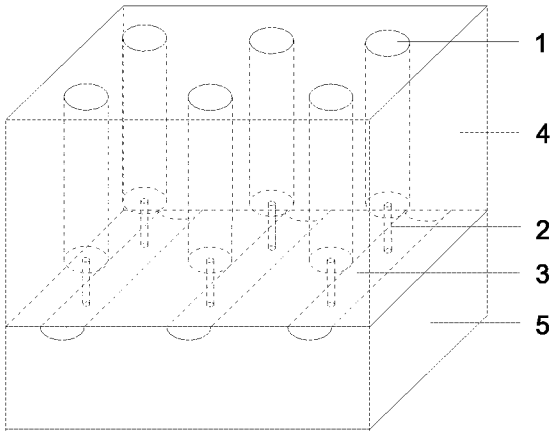


图 2

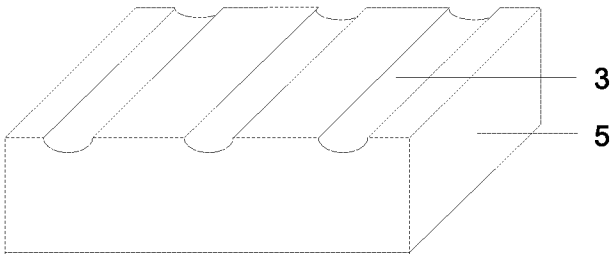


图 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2017/105608

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G03F 7/00 (2006.01) i; B82Y 40/00 (2011.01) 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)

G03F, B82Y

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, EPODOC, WPI, CNKI: 山东科技大学, 模板, 模子, 模具, 上模板, 下模板, 一 s (模板 or 模具 or 模子), 二 s (模板 or 模具 or 模子), 槽, 沟, 孔, 水, 真空, 负压, 真空, 泵, pore, groove, imprint+, (up or top or 1 or first) s (mold or mould), (down or low or 2 or second) s (mold or mould), water, vacuum, pump

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 106371286 A (SHANDONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY), 01 February 2017 (01.02.2017), claims 1-5	1-5
A	CN 103624992 A (BEIJING UNIVERSITY OF CHEMICAL TECHNOLOGY), 12 March 2014 (12.03.2014), description, paragraphs [0009]-[0014] and [0018], and figure 1	1-5
A	US 2004017020 A1 (DAVID, L.), 29 January 2004 (29.01.2004), entire document	1-5
A	US 8747092 B2 (NANONEX CORP.), 10 June 2014 (10.06.2014), entire document	1-5
A	CN 101403855 A (NANJING UNIVERSITY), 08 April 2009 (08.04.2009), entire document	1-5
A	JP 5007091 B2 (TOSHIBA MACHINE CO., LTD.), 22 August 2012 (22.08.2012), entire document	1-5

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"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)

"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

"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

"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

"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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
15 December 2017	12 January 2018
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 WANG, Xiaoyan Telephone No. (86-10) 62413386

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2017/105608

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 103624992 A	12 March 2014	CN 103624992 B	25 May 2016
US 2004017020 A1	29 January 2004	None	
US 8747092 B2	10 June 2014	US 9533445 B2	03 January 2017
		US 2011180965 A1	28 July 2011
		US 2015069672 A1	12 March 2015
CN 101403855 A	08 April 2009	None	
JP 5007091 B2	22 August 2012	JP 2008073949 A	03 April 2008

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2017/105608

A. 主题的分类

G03F 7/00(2006.01)i; B82Y 40/00(2011.01)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)

G03F, B82Y

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, EPODOC, WPI, CNKI: 山东科技大学，模板，模子，模具，上模板，下模板，一 s (模板 or 模具 or 模子)，二 s (模板 or 模具 or 模子)，槽，沟，孔，水，真空，负压，真空，泵，pore, groove, imprint+, (up or top or 1 or first) s (mold or mould), (down or low or 2 or second) s (mold or mould), water, vacuum, pump

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	CN 106371286 A (山东科技大学) 2017年 2月 1日 (2017-02-01) 权利要求1-5	1-5
A	CN 103624992 A (北京化工大学) 2014年 3月 12日 (2014-03-12) 说明书第[0009]-[0014]，[0018]段、图1	1-5
A	US 2004017020 A1 (DAVID, LOVING) 2004年 1月 29日 (2004-01-29) 全文	1-5
A	US 8747092 B2 (NANONEX CORP.) 2014年 6月 10日 (2014-06-10) 全文	1-5
A	CN 101403855 A (南京大学) 2009年 4月 8日 (2009-04-08) 全文	1-5
A	JP 5007091 B2 (TOSHIBA MACHINE CO., LTD.) 2012年 8月 22日 (2012-08-22) 全文	1-5

☐ 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	国际检索报告邮寄日期
2017年 12月 15日	2018年 1月 12日

ISA/CN的名称和邮寄地址	受权官员
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	王小燕
传真号 (86-10)62019451	电话号码 (86-10)62413386

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2017/105608

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	103624992	A	2014年 3月 12日	CN	103624992	B	2016年 5月 25日
US	2004017020	A1	2004年 1月 29日		无		
US	8747092	B2	2014年 6月 10日	US	9533445	B2	2017年 1月 3日
				US	2011180965	A1	2011年 7月 28日
				US	2015069672	A1	2015年 3月 12日
CN	101403855	A	2009年 4月 8日		无		
JP	5007091	B2	2012年 8月 22日	JP	2008073949	A	2008年 4月 3日