



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 115437067 B

(45) 授权公告日 2025. 07. 22

(21) 申请号 202211263511.3

G02B 3/00 (2006.01)

(22) 申请日 2022.10.10

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

US 8090230 B1, 2012.01.03

申请公布号 CN 115437067 A

CN 114966981 A, 2022.08.30

CN 109799553 A, 2019.05.24

(43) 申请公布日 2022.12.06

审查员 孙丽萍

(73) 专利权人 香港理工大学深圳研究院

地址 518057 广东省深圳市南山区高新园

南区粤兴一道18号香港理工大学产学

研大楼205室

(72) 发明人 张需明 姜衡 蔡智聪

(74) 专利代理机构 长沙星耀专利事务所(普通

合伙) 43205

专利代理师 宁冈

(51) Int. Cl.

G02B 6/26 (2006.01)

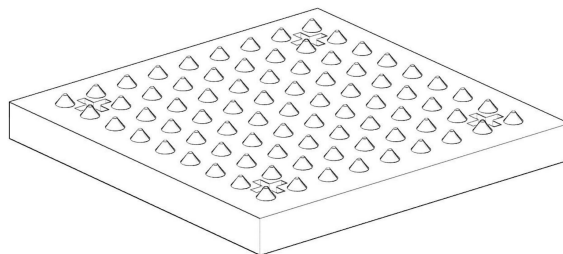
权利要求书1页 说明书4页 附图6页

(54) 发明名称

一种光纤与微透镜的连接方法

(57) 摘要

本发明公开了一种光纤与微透镜的连接方法,包括以下步骤:S100:制备圆锥形微透镜阵列阴模板;S200:第一次翻模,形成圆锥形微透镜阵列阳模板;S300:进行光滑及金属化处理,形成锥底球顶组合形阳模板;S400:第二次翻模,形成锥底球顶组合形阴模板;S500:加注透镜成型材料,获得锥底球顶组合形微透镜;S600:制备光纤集束器;S700:将光纤与所述锥底球顶组合形微透镜进行连接;S800:脱模。本发明可以快速批量地在光纤端面加工微透镜。



1. 一种光纤与微透镜的连接方法,其特征在于,包括以下步骤:

S100:制备圆锥形微透镜阵列阴模板;

S200:利用所述圆锥形微透镜阵列阴模板进行第一次翻模,形成圆锥形微透镜阵列阳模板;其中,将成型材料倒入所述微透镜阵列阴模板表面,固化,剥落固化后的成型材料完成所述第一次翻模,所述成型材料为PDMS;

S300:对所述圆锥形微透镜阵列阳模板进行光滑及金属化处理,形成锥底球顶组合形阳模板;

S400:利用所述锥底球顶组合形阳模板进行第二次翻模,形成锥底球顶组合形阴模板;

S500:向所述锥底球顶组合形阴模板中加注透镜成型材料,获得锥底球顶组合形微透镜,其中,所述微透镜成型材料为UV固化环氧树脂胶;

S600:制备与所述锥底球顶组合形阴模板相对应的光纤集束器;

S700:通过所述光纤集束器将光纤与所述锥底球顶组合形微透镜进行连接;

S800:脱模。

2. 根据权利要求1所述的连接方法,其特征在于,在步骤S100中,所述圆锥形微透镜阵列阴模板上设置有突出的定位架。

3. 根据权利要求1所述的连接方法,其特征在于,在步骤S400中,所述锥底球顶组合形阴模板由PDMS制成。

4. 根据权利要求1所述的连接方法,其特征在于,在步骤S400中,所述锥底球顶组合形阴模板上具有多个锥底球顶凹孔。

5. 根据权利要求1所述的连接方法,其特征在于,在步骤S500中,获得锥底球顶组合形微透镜为液体状态。

6. 根据权利要求1所述的连接方法,其特征在于,在步骤S600中,所述光纤集束器其上具有多个通孔,所述通孔的位置与所述锥底球顶凹孔的位置一一对应。

7. 根据权利要求6所述的连接方法,其特征在于,在步骤S700中,将光纤穿过所述光纤集束器的通孔与组合形阴模板内的液体状微透镜接触,打开UV灯,进行照射使得液体状微透镜固化,使得微透镜与光纤连接。

一种光纤与微透镜的连接方法

技术领域

[0001] 本发明属于光学成像领域,具体涉及一种光纤与微透镜的连接方法。

背景技术

[0002] 利用多根普通光纤的阵列组合或者单个成像光纤进行成像一直是微观光学成像领域的热点问题,石英光纤由于其抗弯折能力较差,容易折断,因此并不适合于复杂环境的的光学成像。对应的,尽管塑料光纤具有较好的抗弯折能力,但其数值通孔径通常为0.5,对应的视场角为较大的 60° ,因此在光纤阵列成像时会导致相邻光纤传导的光信息重复过多,有效信息量减少。而在光纤端面处增加微透镜则是降低视场角的有效方法。而对于单根成像光纤,如果其端面没有微透镜,则会导致其传导的像为离散像,最终难以识别,因此在成像光纤端面添加微透镜用于聚焦也是极其必要的。

[0003] 已有的文献大多仍然聚焦于石英光纤的端面微透镜加工方法(如:王田虎.一种特殊球形输出光纤的研制[D].河南大学,2006;江蓉芝,柴雄良,张晓东.一种球面透镜光纤的制作方法:,CN101872037A[P].2010.等)。这些加工方法大多采用的是热熔法,但因为石英光纤的熔点(约 1800°C)远远高于塑料光纤的熔点(约 120°C),所以如果利用光纤熔接机对应的热熔法处理塑料光纤,极其容易直接将塑料光纤完全融化。尽管Liu等人探索了一种新的通过热熔连接塑料光纤与微透镜的方法(Liu F,Yang Q,Bian H,et al.Artificial compound eye-tipped optical fiber for wide field illumination[J].Optics Letters,2019,44(24):5961-5964.),但是该方法对温度、压力的控制要求较高,且只能单根加工,加工效率一般。

发明内容

[0004] 针对现有技术的缺陷,本发明提供了一种光纤与微透镜的连接方法。

[0005] 一种光纤与微透镜的连接方法,包括以下步骤:S100:制备圆锥形微透镜阵列阴模板;S200:利用所述圆锥形微透镜阵列阴模板进行第一次翻模,形成圆锥形微透镜阵列阳模板;S300:对所述圆锥形微透镜阵列阳模板进行光滑及金属化处理,形成锥底球顶组合形阳模板;S400:利用所述锥底球顶组合形阳模板进行第二次翻模,形成锥底球顶组合形阴模板;S500:向所述锥底球顶组合形阴模板中加注透镜成型材料,获得锥底球顶组合形微透镜;S600:制备与所述锥底球顶组合形阴模板相对应的光纤集束器;S700:通过所述光纤集束器将光纤与所述锥底球顶组合形微透镜进行连接;S800:脱模。

[0006] 可选的,在步骤S100中,所述圆锥形微透镜阵列阴模板上设置有突出的定位架;在步骤S200中,将成型材料倒入所述微透镜阵列阳模板表面,固化,剥落固化后的成型材料完成所述第一次翻模;所述成型材料为PDMS;在步骤S400中,所述锥底球顶组合形阴模板由PDMS制成;在步骤S400中,所述锥底球顶组合形阴模板上具有多个锥底球顶凹孔;在步骤S500中,所述微透镜成型材料为UV固化环氧树脂胶;在步骤S500中,获得锥底球顶组合形微透镜为液体状态;在步骤S600中,所述光纤集束器其上具有多个通孔,所述通孔的位置与所

述锥底球顶凹孔的位置一一对应；在步骤S700中，将光纤穿过所述光纤集束器的通孔与组合形阴模板内的液体状微透镜接触，打开UV灯，进行照射使得液体状微透镜固化，使得微透镜与光纤连接。

[0007] 本发明的有益效果：本发明将摆脱传统的热熔法，可在任意光纤端面加工多种形状微透镜，该加工方法对压力及温度并无特殊要求，可以快速批量地在光纤端面加工微透镜，可加工多种微透镜形状，且该方法在石英、塑料、特殊成像光纤领域均可应用。该方法的提出为光纤成像及微观成像技术的提升具有重要意义。

附图说明

[0008] 图1为不同形状透镜与光纤连接示意图；

[0009] 图2为圆锥形微透镜阵列阴模板；

[0010] 图3为第一次翻模过程；

[0011] 图4为圆锥形微透镜阵列阳模板；

[0012] 图5为表面光滑及金属化处理后的圆锥形微透镜阵列阳模板；

[0013] 图6为表面光滑及金属化处理后圆锥形微透镜阵列阳模板的局部侧视图；

[0014] 图7为第二次翻模过程；

[0015] 图8为锥底球顶组合形阴模板；

[0016] 图9为锥底球顶组合形阴模板的局部截面图；

[0017] 图10为利用微量进样器加注透镜成型材料示意图；

[0018] 图11为光纤集束器；

[0019] 图12为光纤与微透镜连接示意图；

[0020] 对于图中标号的说明：锥形凹孔1、透镜阵列模板的定位架2、锥形突出3、定位架4、锥底球顶凹孔5、定位架6、微量进样器7、微透镜8、通孔9、光纤集束器的十字定位孔10、光纤11；图12中的虚线箭头代表UV光。

具体实施方式

[0021] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂，下面结合附图对本发明的具体实施方式做详细的说明，使本发明的上述及其它目的、特征和优势将更加清晰。在全部附图中相同的附图标记指示相同的部分。并未刻意按比例绘制附图，重点在于示出本发明的主旨。

[0022] 在本发明中微透镜可以具有多种不同形状，如图1所示，其可以是半球形、圆锥形等简单的单一形状的透镜，也可以是例如锥底球顶的组合形等不同形状，这些具有不同形状的透镜均可参考本发明所介绍的方法与光纤连接在一起。

[0023] 相对于单一形状透镜，组合形透镜具有更加优异的光学性，其能降低光纤的接收角，提高单位面积内的有效光信息量；提高单根光纤有效光信息量，最终提高了光纤阵列成像时的成像分辨率；保证了光纤微透镜不同位置处的接收角大小相同。由于锥底球顶的组合形透镜相对于单一形状透镜更难加工成型，因此本发明重点对组合形透镜的加工过程做详细介绍。

[0024] 该实施例对具有组合形透镜与光纤连接过程做以介绍。参阅图2至图12，本发明以

塑料光纤(例如直径为0.25mm的塑料光纤)与组合形微透镜为例进行阐述。

[0025] S100:制备圆锥形微透镜阵列阴模板。

[0026] 具体而言,可以利用3D设计软件设计出如图2所示的微透镜阵列阴模板,其中锥形部分1凹进模板平面内,单个锥形部分尺寸为微米量级。四个角落处的十字型结构为定位架2,该部分突出平面。利用超高精度3D打印技术加工该微透镜阵列模板。

[0027] S200:利用圆锥形微透镜阵列阴模板进行第一次翻模,形成圆锥形微透镜阵列阳模板。

[0028] 例如可以将步骤S100所得的阴模板放置于盒体中,向盒体中注入成型材料,例如树脂等,优选的注入聚二甲基硅氧烷(Polydimethylsiloxane,PDMS),成型材料灌满锥形部分1并覆盖定位架2,覆盖厚度至少高于定位架2顶部1mm。固化处理后,去除盒体,获得如图3所示的整体,之后将成型部分与阴模板进行分离(第一次翻模),从而得到如图4所示的与圆锥形微透镜阵列阴模板匹配的阳模板。其中锥形部分3突出模板平面,四角的定位架4凹进模板平面。

[0029] 具体而言,可以将PDMS固化剂与预聚物以1:10的比例进行混合,充分搅拌后,将混合物放入离心机中以1400rpm离心2分钟去除气泡;之后将混合物倒入微透镜阵列阴模板表面,将PDMS混合物与微透镜阵列阴模板一起放于真空泵中抽气3h;之后,在85°C下加热45分钟以固化混合物;剥落固化后的混合物完成第一次翻模。

[0030] S300:对圆锥形微透镜阵列阳模板光滑及金属化处理,形成锥底球顶组合形阳模板。

[0031] 对步骤S200中获得的阳模板表面进行光滑及金属化处理,处理后的PDMS模具如图5所示,其中局部侧视图如图6所示,需要说明的是在图6中锥底球顶组合中间横线仅示意锥底与球顶的连接,在实际加工结果中无此线且锥底到球顶变化曲率连续。此时原本的锥形部分3已经变为锥底球顶的组合形状。

[0032] S400:利用锥底球顶组合形阳模板进行第二次翻模,形成锥底球顶组合形阴模板。

[0033] 在该步骤中,与第一次翻模相反,将步骤S300获得的锥底球顶组合形阳模板置于盒体中,向盒体中注入成型材料,例如树脂等,优选的注入聚二甲基硅氧烷(Polydimethylsiloxane,PDMS),固化处理后,去除盒体,获得如图7所示的整体,之后将成型部分与锥底球顶组合形阳模板进行分离(第二次翻模),从而得到如图8所示的PDMS模具,其中锥底球顶部分凹进平面形成锥底球顶凹孔5,即锥底球顶组合形阴模板,定位架6突出平面,其中局部侧视图如图9所示,与图6类似在图9中锥底球顶组合中间横线仅示意锥底与球顶的连接,在实际加工结果中无此线且锥底到球顶变化曲率连续。

[0034] S500:向锥底球顶组合形阴模板加注透镜成型材料,获得锥底球顶组合形微透镜。

[0035] 具体而言,微透镜所用材料可以为NOA系列的UV固化环氧树脂胶,该系列胶水在未接受UV光照射时呈液体状,接受UV光照射后会迅速固化,且呈透明状。该系列胶水的折射率范围较广,可以选择与对应光纤折射率匹配的具体胶水型号。

[0036] 如图10所示,利用微量进样器7(例如可以选用规格为0.5u1的进样器)在阴模板的每个凹孔内滴入相同体积的NOA胶水。静置一段时间后,翻模的每个凹孔内都会有相同体积的NOA胶水,且形状由锥底球顶凹孔5决定,从而获得锥底球顶组合形微透镜。需要特别说明的是,为了保证后续微透镜与光纤能良好的连接在一起,此时由NOA胶水组成的微透镜8仍

是液体状态。

[0037] S600:制备与锥底球顶组合形阴模板相对应的光纤集束器。

[0038] 利用3D设计软件设计出如图11所示的光纤集束器,例如光纤集束器可以整体由树脂制成,其上具有若干通孔9,其中通孔9的位置与锥底球顶凹孔5位置一一对应。通孔9的设计尺寸为0.28mm,该尺寸在考虑超高精度3D打印技术的加工误差后($\pm 0.025\text{mm}$)会略大于光纤直径。因此如果不加外力,光纤11插入通孔9后会保持不动,稍加外力则会慢慢移动,适合在光纤11与NOA胶水粘连过程中对光纤进行控制。同时,由于该通孔9直径与光纤直径极为接近,因此光纤11通过通孔9后,由于通孔直径的限制,会保持较高的准直度,进而保证了光纤11与微透镜8连接的同轴度。四个角落则有打通的十字定位孔10,其位置及尺寸与定位架6相同。

[0039] S700:通过光纤集束器将光纤与锥底球顶组合形微透镜进行连接。

[0040] 具体而言,将光纤集束器放置于组合形阴模板上,使得光纤集束器上打通的十字定位孔10与锥底球顶组合形阴模板上凸出的定位架6对准,从而将光纤集束器与PDMS组合形阴模板进行对准,对准后可利用显微镜检查对准效果,并微调,此时光纤集束器的通孔9应与锥底球顶凹孔5一一对应。在该过程中应避免光纤集束器表面与PDMS翻模表面的接触以防止NOA胶水堵塞通孔9。

[0041] 如图12所示,之后将光纤11一根根通过光纤集束器的通孔9插入组合形阴模板的凹孔5内使之与液体状微透镜8(NOAA胶水)接触。打开UV灯,从侧面照射NOAA胶水2分钟即可固化,此时NOAA胶水已与光纤连接,且固化后NOAA胶水形状仍为锥底球顶形。

[0042] S800:脱模。

[0043] 将光纤集束器从光纤另一头取出,此时光纤仍然一根根插入组合形阴模板的凹孔5内。由于PDMS对气体存在可渗透性,而氧气又抑制了液态NOAA胶水的自由基聚合,因此当NOAA胶水中心已经固化后,接近PDMS表面的部分仍然有一层极薄的胶水未固化(Lei L,Wang N,Zhang X M,et al.Optofluidic planar reactors for photocatalytic water treatment using solar energy[J].Biomicrofluidics,2010,4(4):043004.)。未固化的这层胶水确保了微透镜与光纤的结合体可以从PDMS翻模直接拔下,此时特定形状的微透镜与光纤已经连接到了一起。

[0044] 进一步的,若所需微透镜形状及尺寸不同于本发明例,只需改变微透镜阵列模板的凹孔形状及尺寸,其他步骤保持不变即可。

[0045] 利用本发明,可以在所有光纤表面加工微透镜,如:石英光纤、塑料光纤、特殊成像光纤等;对微透镜形状无特殊要求,可满足多种微透镜的加工,如:球形、锥形等;可以批量加工,大大减少了加工时间;无需昂贵的加工设备,成本低。

[0046] 在以上的描述中阐述了很多具体细节以便于充分理解本发明。但是以上描述仅是本发明的较佳实施例而已,本发明能够以很多不同于在此描述的其它方式来实施,因此本发明不受上面公开的具体实施的限制。同时任何熟悉本领域技术人员在不脱离本发明技术方案范围情况下,都可利用上述揭示的方法和技术内容对本发明技术方案做出许多可能的变动和修饰,或修改为等同变化的等效实施例。凡是未脱离本发明技术方案的内容,依据本发明的技术实质对以上实施例所做的任何简单修改、等同变化及修饰,均仍属于本发明技术方案保护的范围内。

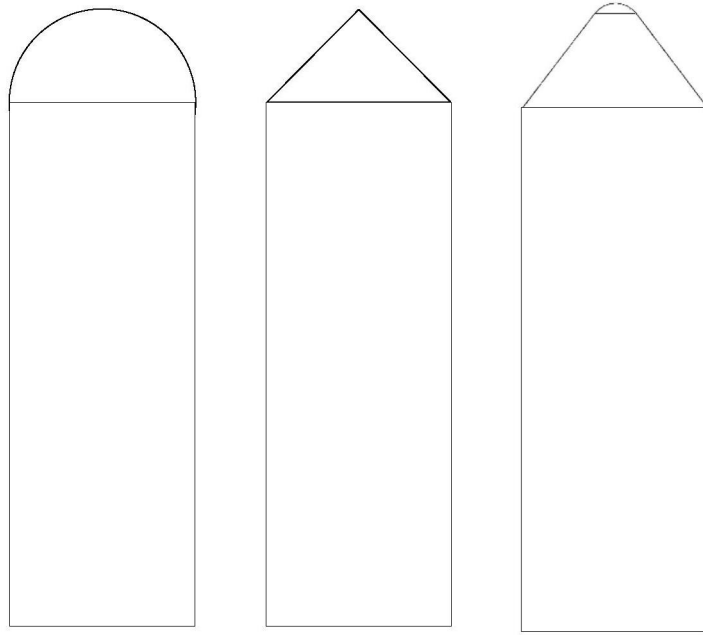


图1

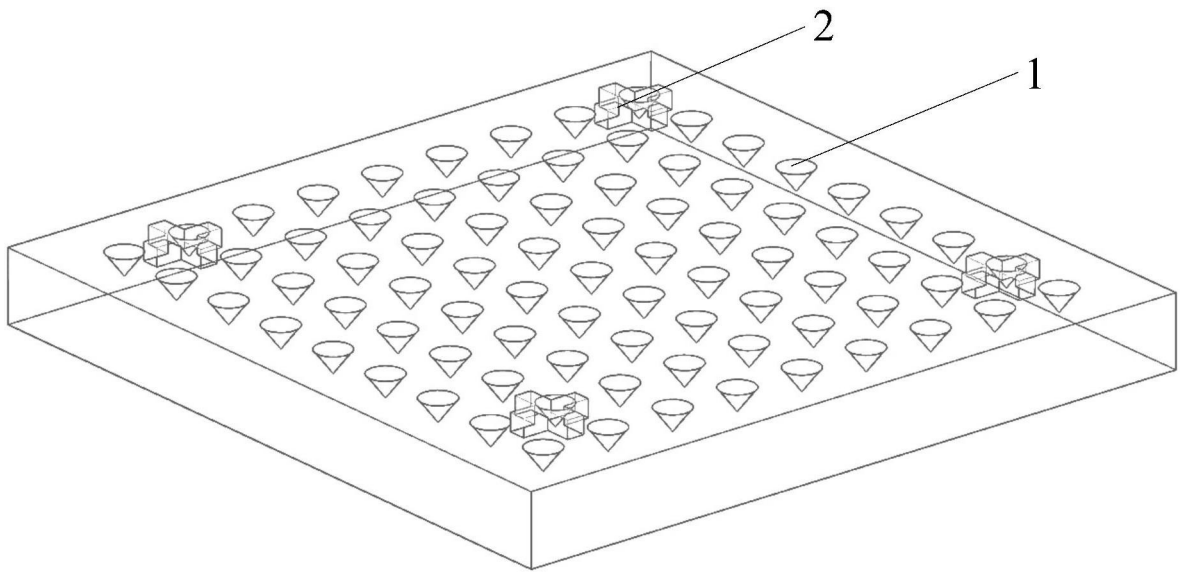


图2

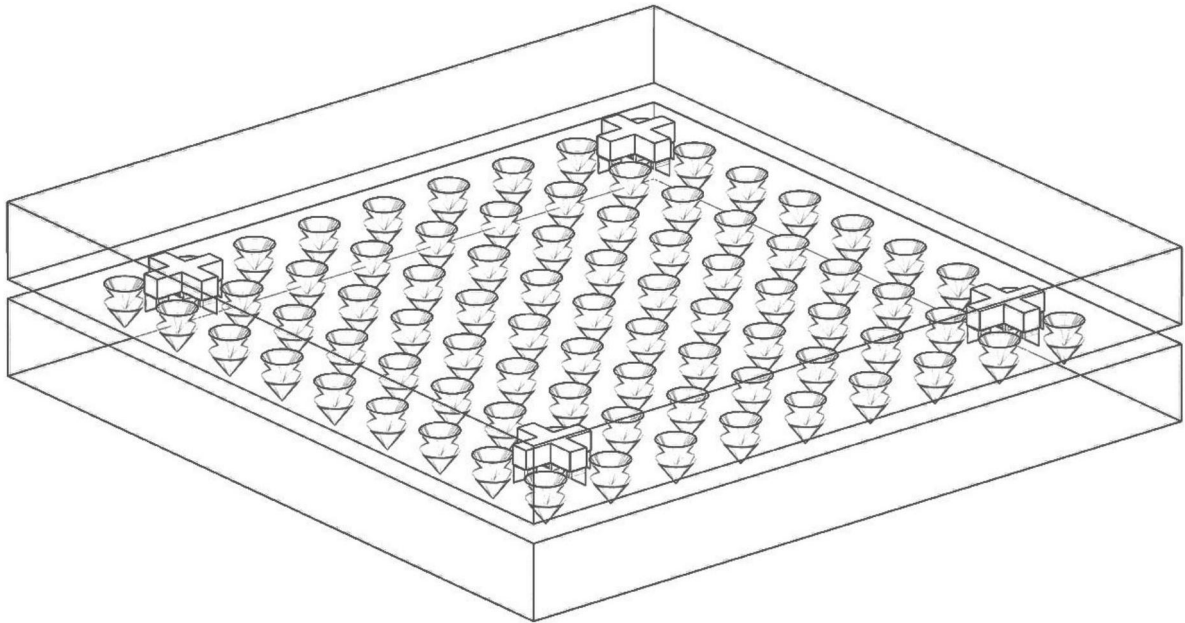


图3

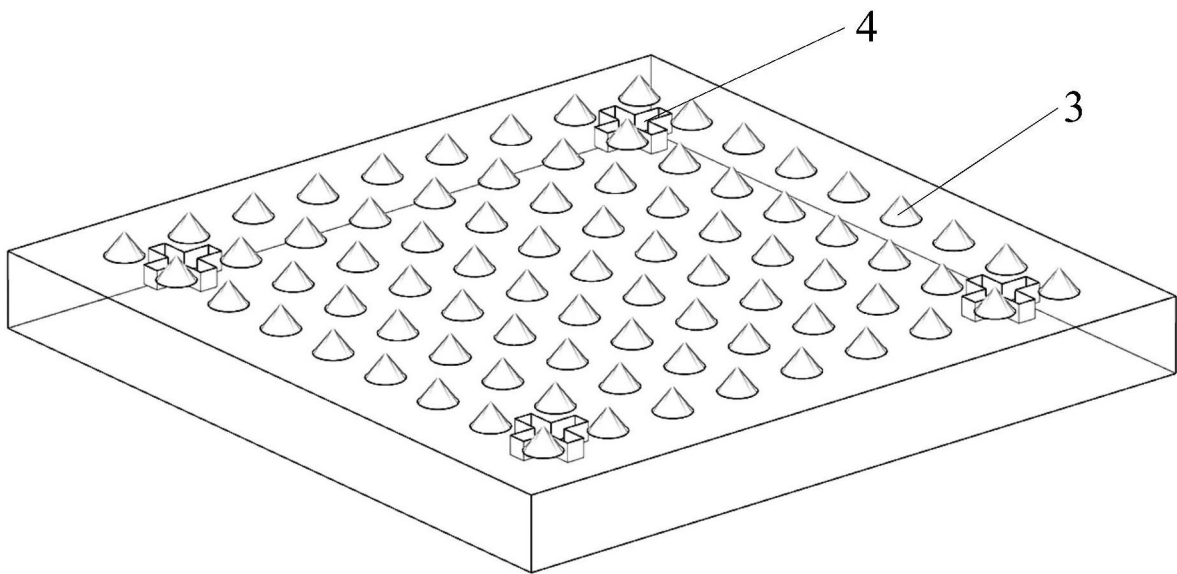


图4

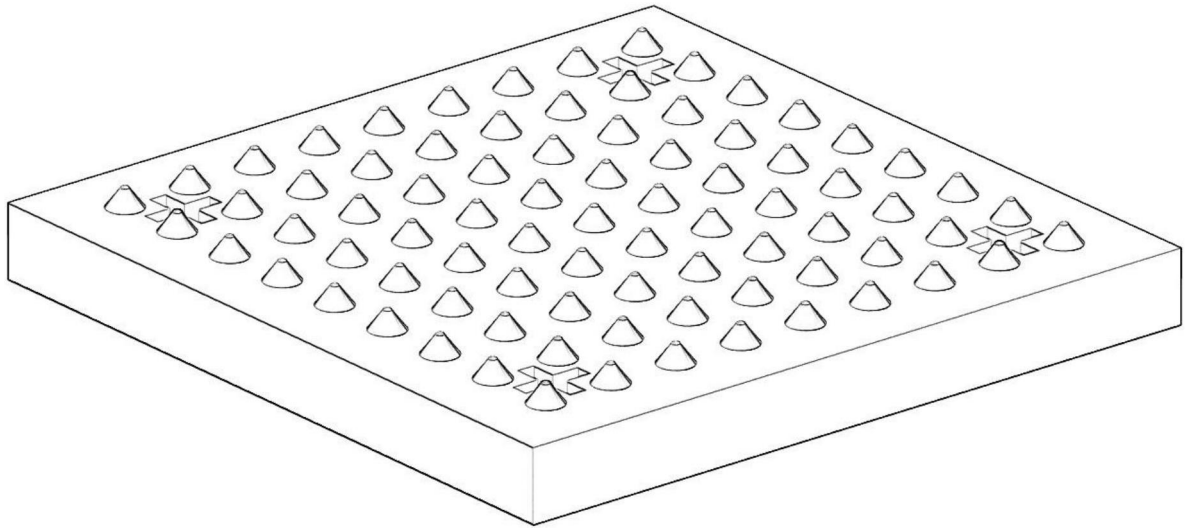


图5

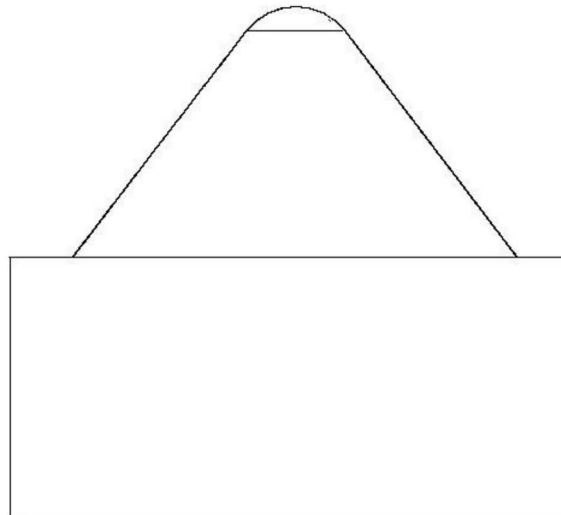


图6

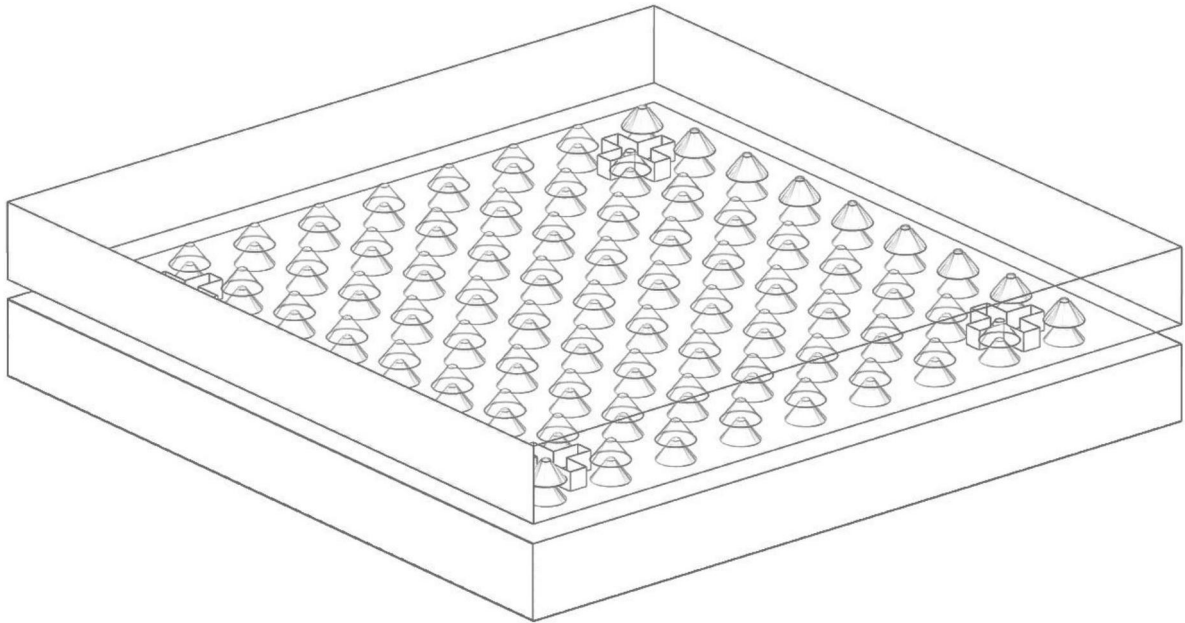


图7

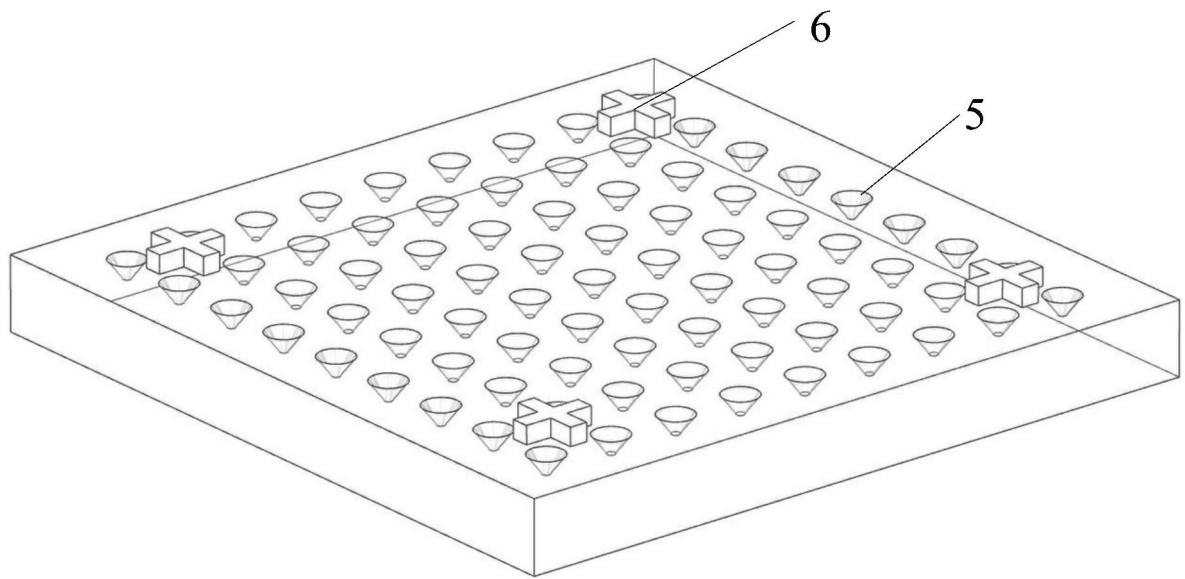


图8

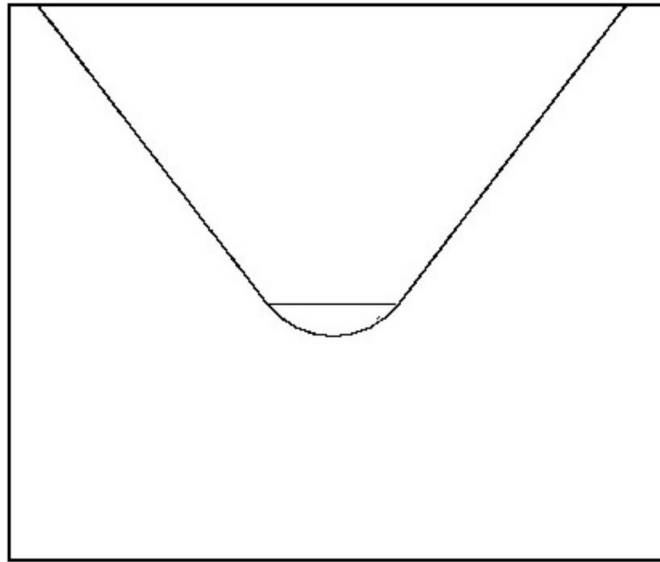


图9

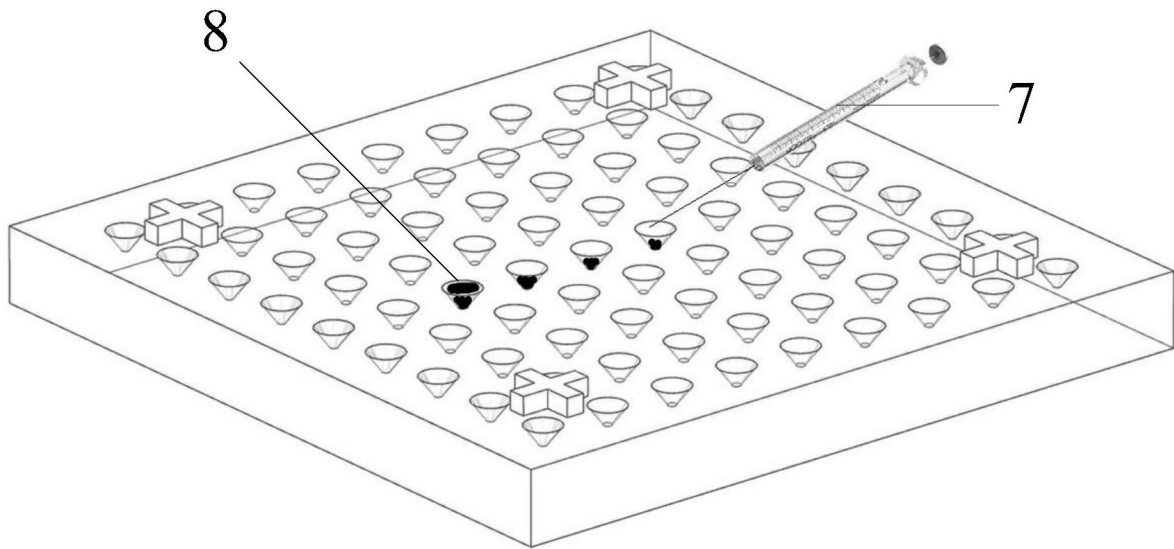


图10

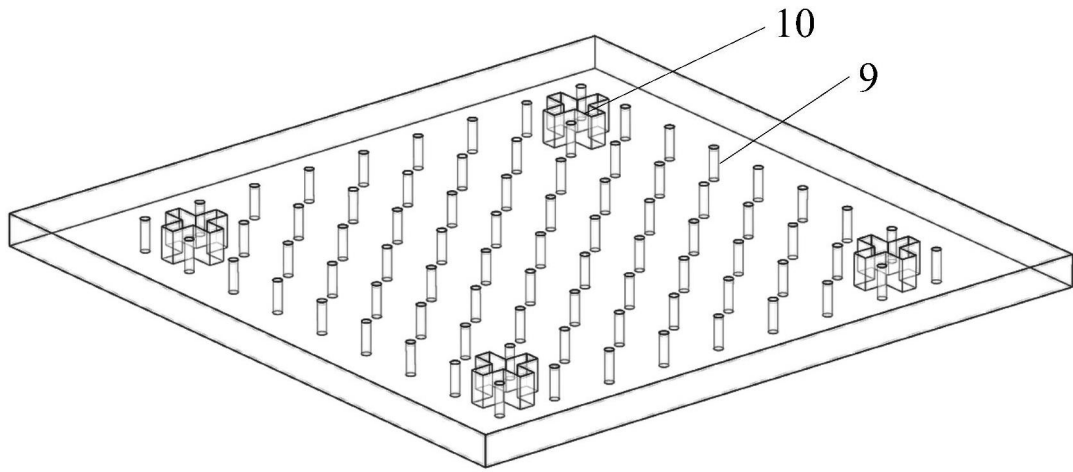


图11

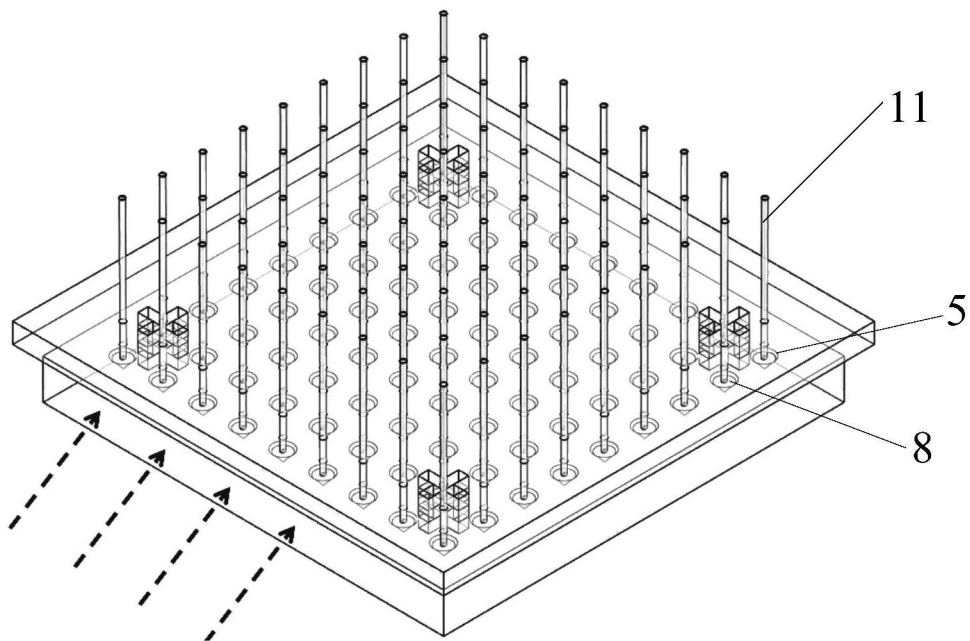


图12