



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104614936 A

(43) 申请公布日 2015. 05. 13

(21) 申请号 201510083079. 3

(22) 申请日 2015. 02. 15

(71) 申请人 中国科学技术大学

地址 230026 安徽省合肥市包河区金寨路  
96 号

(72) 发明人 刘刚 熊瑛 边锐 张晓波  
田扬超

(74) 专利代理机构 北京科迪生专利代理有限责  
任公司 11251

代理人 杨学明 顾炜

(51) Int. Cl.

G03F 7/00(2006. 01)

G02B 3/00(2006. 01)

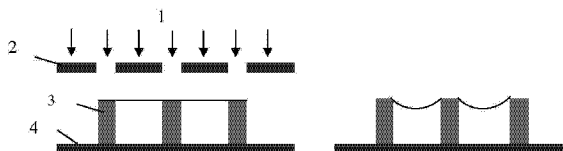
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

一种微透镜的制作方法

(57) 摘要

本发明公开了一种微透镜的制作方法, 该方法的具体步骤为: 步骤 1) 在基片上旋涂负性光刻胶层; 步骤 2) 基于设计好的图形、利用曝光工艺来实现微透镜的平面结构; 步骤 3) 加热回流, 冷却后获得预期微透镜结构。首次通过对负性光刻胶曝光并加热回流来制作微透镜。由于制作微透镜不受基片表面、光刻胶厚度的影响, 所以可以实现对微透镜形貌的有效控制, 提高微透镜制作的工艺重复性; 同时, 由于可以适应不同的基片, 所以能够实现与基片上微结构的集成, 满足不同的应用需求。本发明制作的微透镜的平面结构是通过曝光工艺来实现的, 所以可以制作无间隙的透镜阵列, 提高透镜阵列对光源的利用率; 工艺简单, 容易实现。



1. 一种微透镜的制作方法,其特征在于:该方法的步骤如下:

步骤 1)、根据微透镜实际要求的尺寸,加工出相应的光学掩模;

步骤 2)、清洗基片,在基片上旋涂负性光刻胶层,利用热台或烘箱烘若干时间,冷却后得到需要的厚度的负性光刻胶层;

步骤 3)、利用步骤 1) 加工好的光学掩模将步骤 2) 的负性光刻胶层进行紫外曝光得到微透镜平面结构;

步骤 4)、将步骤 3) 得到的微透镜平面结构利用热台或烘箱烘若干时间,室温下放置自然冷却,得到凹透镜或透镜阵列。

## 一种微透镜的制作方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及微纳加工的加工工艺,特别是涉及微透镜结构的制作工艺,具体涉及一种微透镜的制作方法。

### 背景技术

[0002] 微透镜是一类非常重要的光学元件,随着信息技术的发展,在光学、光电领域有着越来越广泛的应用。微透镜的制作方法较多,其中最常用的是热熔法。热熔法首先利用光刻、显影获得聚合物平面微结构,然后升温使微结构热熔回流。聚合物平面微结构在回流过程中受表面张力的作用形成曲面,冷却后形成微凸透镜结构。热熔法制作微透镜虽然工艺相对简单,但方法本身存在一些问题,使得其工艺重复性不佳,大大影响了其实际应用。

[0003] 聚合物微透镜在衬底上的尺寸、微透镜与衬底的夹角等决定了微透镜的形貌,利用热熔法制作微透镜,上述两方面主要受聚合物的尺寸和种类、衬底材料的表面性质等因素影响。聚合物平面微结构的平面尺寸是由光刻产生的,可以有效控制;而其厚度是由涂胶、曝光以及显影工艺共同决定的,这使得厚度的精确控制较为困难,因而聚合物微结构的体积也就很难精确控制了。聚合物的种类和衬底材料的表面性质决定了微透镜的接触角,聚合物以及衬底材料的种类可以选择并控制,但衬底的表面性质不仅与其本身材料相关,还与其表面状态相关,工艺实践中受基片处理、显影等影响,很难实现有效控制,这使得微透镜的接触角难以控制。可以看出,热熔法难以实现对微透镜的尺寸、微透镜与衬底的夹角的精确控制,这就使得利用热熔法制作微透镜工艺重复性差。

[0004] 微透镜的制作方法虽然较多,但加工所得形貌也都受材料的尺寸和表面性质影响,所以其工艺重复性差是普遍现象,难以实现对微透镜形貌的精确控制,这大大影响了其光学性能。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的是针对微透镜制作过程中所遇到的工艺重复性差问题,提出一种制作微透镜的新方法,通过对负性光刻胶曝光并加热回流来实现对微透镜形貌的有效控制,提高微透镜制作的工艺重复性。

[0006] 本发明采用的技术方案为:一种微透镜的制作方法,该方法的步骤如下:

[0007] 步骤 1)、根据微透镜实际要求的尺寸,加工出相应的光学掩模;

[0008] 步骤 2)、清洗基片,在基片上旋涂负性光刻胶层,利用热台或烘箱烘若干时间,冷却后得到需要的厚度的负性光刻胶层;

[0009] 步骤 3)、利用步骤 1) 加工好的光学掩模将步骤 2) 的负性光刻胶层进行紫外曝光得到微透镜平面结构;

[0010] 步骤 4)、将步骤 3) 得到的微透镜平面结构利用热台或烘箱烘若干时间,室温下放置自然冷却,得到凹透镜或透镜阵列。

[0011] 本发明的原理在于:

[0012] 本发明的特征是通过负性光刻胶曝光并加热回流来实现对微透镜形貌的有效控制。负性光刻胶通常为低分子量聚合物，曝光部分通过化学反应形成高分子量的交联聚合物。在后续的加热回流过程中，曝光交联的聚合物不会熔融，形状不会发生变化，而未曝光的部分会受热熔融，在回流过程中受表面张力的作用形成曲面，冷却后形成微凹透镜结构，其原理如图 1 所示。

[0013] 由图 1 可以看出，本发明中首先通过曝光来形成微结构，然后通过加热使微结构内的聚合物受热回流，在表面张力的作用下形成曲面，冷却后形成微凹透镜结构。本发明制作的微透镜其形貌同样取决于微透镜的平面尺寸、微透镜与微结构的夹角。微透镜是在微结构内形成的，其平面尺寸就是微结构的平面尺寸。微结构的平面尺寸可以通过光刻工艺来精确控制，同时这个尺寸在后续工艺中也不会改变，那么，微透镜的平面尺寸也就可以精确控制了。微透镜与微结构的夹角就是微透镜与微结构侧壁的夹角，这个夹角也是由微结构与微透镜的材料以及微结构表面性能决定的。微透镜的材料是负性光刻胶，微结构的材料是曝光交联的负性光刻胶，光刻胶选定后，相同的工艺条件下曝光交联的负性光刻胶也是确定的；同时，交联与非交联区域之间的界面是在工艺过程中形成的，相同的工艺条件得到的表面性质也是一定的，这样，微透镜与微结构的夹角在同一种光刻胶、相同的工艺条件下是确定的，通过选择光刻胶以及工艺参数可以实现对微透镜夹角的精确控制。综上所述可以看出，本发明制作的微透镜其形貌是可以有效控制的，这可以大大提高微透镜制作的工艺重复性。

[0014] 本发明通过对负性光刻胶曝光来形成微透镜的平面结构，再通过对未曝光的负性光刻胶受热回流来形成微透镜的曲面，这就要求曝光前后的负性光刻胶在热性能上有较大不同，以确保在加热回流过程中，曝光的负性光刻胶不会发生形变，而未曝光的负性光刻胶可以受热形变形成曲面。所以，工艺中通常选择主要成份为低分子量聚合物的负性光刻胶，这种光刻胶未曝光时玻璃化转变温度较低，受热容易形变，曝光后其玻璃化转变温度会提高很多，受热不易形变，能够满足加热回流的需要。

[0015] 加热回流工艺中，温度的选择取决于光刻胶的热性能，通常的工艺范围是高于负性光刻胶的玻璃化转变温度，低于曝光交联负性光刻胶的玻璃化转变温度。光刻胶选定后，其玻璃化转变温度是一定的，但曝光后负性光刻胶的玻璃化转变温度是与曝光工艺相关的，可以通过调节曝光工艺参数来调节负性光刻胶的交联程度，从而改变其玻璃化转变温度，提供可调节的加热回流温度区间。

[0016] 本发明制作的微透镜是由光刻胶形成的，但其形貌与光刻胶厚度无关，所以工艺中只要使光刻胶的厚度大于曲面的高度就可以了，光刻胶的厚度不需要精确的控制，这就解决了常用的热熔法中的光刻胶厚度控制问题，可以提高微透镜制作的工艺重复性。

[0017] 本发明制作的微透镜，其形貌是受微结构尺寸、光刻胶种类以及工艺条件控制的。由于光刻胶的种类繁多，物理、化学性质各不相同，很难给出通用的微结构尺寸与微透镜形貌的关系。要获得所需形貌的微透镜，通常需要在确定光刻胶种类后，通过实验来给出微结构尺寸与微透镜形貌的关系，然后按照需要的微透镜形貌给出微结构尺寸。这个设计过程和常用的热熔法是一样的，但由于本发明的工艺重复性高，所以基于设计的微结构尺寸可以很好地制作出所需的微透镜，有利于微透镜的实际应用。

[0018] 本发明制作的微透镜适合于直接使用。工艺中选用光学透明的光刻胶，制作的微

透镜就可以直接作为凹透镜使用；选用光学不透明的光刻胶，制作的微透镜可以通过添加一层反射膜作为凹面反射镜使用。本发明制作的微透镜也可以通过其他工艺进行图形转移，获得不同材料的微透镜来满足不同的应用需求。

[0019] 基于本发明制作微透镜不受衬底表面的影响，所以可以采用包含微结构的衬底来制作微透镜，通过对准曝光可以实现微透镜与微结构的准确定位。这样，当基片包含光源、光栅、透镜等光学相关结构时，就可以实现光学集成；同时，微透镜的制作与光刻胶厚度无关，我们可以通过对光刻胶厚度的选择来调节微透镜与微结构的距离，满足光路的要求。而常用的热熔法制作微透镜是受基片的表面影响的，难以实现上述功能。

[0020] 本发明的具体工艺如下：

[0021] 1) 在基片上旋涂负性光刻胶层；

[0022] 2) 基于设计好的图形、利用曝光工艺来实现微透镜的平面结构；

[0023] 3) 加热回流，冷却后获得预期微透镜结构。

[0024] 与现有技术相比，本发明首次通过对负性光刻胶曝光并加热回流来制作微透镜。由于本发明制作微透镜不受基片表面、光刻胶厚度的影响，所以可以实现对微透镜形貌的有效控制，提高微透镜制作的工艺重复性；同时，由于本发明可以适应不同的基片，所以能够实现与基片上微结构的集成，满足不同的应用需求。本发明制作的微透镜的平面结构是通过曝光工艺来实现的，所以可以制作无间隙的透镜阵列，提高透镜阵列对光源的利用率；本发明工艺简单，容易实现。

## 附图说明

[0025] 图 1 为负性光刻胶制作微透镜原理示意图，其中 (a) 负性光刻胶曝光形成微结构，(b) 受热回流形成微透镜结构，其中 1 为曝光，2 为掩膜，3 为负性光刻胶，4 为基片。

## 具体实施方式

[0026] 下面结合实例对微透镜制作工艺的具体过程进一步加以说明：

[0027] 实例 1、凹柱面镜阵列的制作

[0028] 凹柱面镜阵列的平面结构为光栅结构，可以通过光栅结构参数的选择、光刻胶的选择以及相应的工艺条件的选择来实现对微透镜形貌的有效控制。以阵列周期为 110 微米为例，选择 SU8 负性光刻胶来制作凹柱面镜阵列。

[0029] 首先给出平面结构的尺寸：周期为 110 微米的光栅结构，占空比为 1:10，线条长度为 1 厘米。

[0030] 具体制作如下：

[0031] 1) 根据上述给出的尺寸，加工出相应的光学掩模；

[0032] 2) 清洗玻璃基片，旋涂 SU8 光刻胶，96 度热台烘 30 分钟，冷却后得到厚度为 50 微米的 SU8 光刻胶层；

[0033] 3) 利用加工好的光学掩模进行紫外曝光，i 线，曝光剂量  $100\text{mJ}/\text{cm}^2$ ；

[0034] 4) 样品 96 度热台烘 30 分钟，室温下放置自然冷却，得到凹柱面镜阵列。

[0035] 利用轮廓仪对凹柱面镜阵列进行测量：凹柱面镜的曲率半径为 202 微米，不同凹柱面镜的曲率半径相差小于 5%，说明基于本发明制作微透镜具有很高的工艺重复性。

[0036] 如需对微透镜进行集成,可以选择包含需集成单元的基片,在上述步骤 3) 中利用对准曝光来精确控制集成单元之间的相对位置。如需要制作凸柱面镜阵列,可以以上述凹柱面镜阵列为模板,采用浇铸工艺来获得 PDMS 或其它聚合物凸柱面镜阵列;如需快速复制柱面镜阵列,可以以上述凹柱面镜阵列为模板,采用电镀工艺来获得金属模具,再通过塑铸工艺实现柱面镜阵列的快速复制。

[0037] 实例 2、凹蜂窝透镜阵列的制作

[0038] 凹蜂窝透镜阵列的平面结构为蜂窝结构,可以通过蜂窝结构参数的选择、光刻胶的选择以及相应的工艺条件的选择来实现对微透镜形貌的有效控制。以阵列周期为 155 微米为例,选择 KMPR 负性光刻胶来制作凹蜂窝透镜阵列。

[0039] 首先给出平面结构的尺寸:周期为 155 微米的蜂窝结构,为了提高透镜阵列对光源的利用率,蜂窝结构的边宽度为 5 微米。

[0040] 具体制作如下:

[0041] 1) 根据上述给出的尺寸,加工出相应的光学掩模;

[0042] 2) 清洗玻璃基片,旋涂 KMPR 光刻胶,100 度热台烘 15 分钟,冷却后得到厚度为 40 微米的 KMPR 光刻胶层;

[0043] 3) 利用加工好的光学掩模进行紫外曝光, i 线,曝光剂量  $700\text{mJ}/\text{cm}^2$ ;

[0044] 4) 样品 100 度热台烘 20 分钟,室温下放置自然冷却,得到凹蜂窝透镜阵列。

[0045] 利用轮廓仪对凹蜂窝透镜阵列进行测量:凹透镜的曲率半径为 640 微米,不同凹透镜的曲率半径相差小于 5%,说明基于本发明制作微透镜具有很高的工艺重复性。

[0046] 如需对微透镜进行集成,可以选择包含需集成单元的基片,在上述步骤 3) 中利用对准曝光来精确控制集成单元之间的相对位置。如需要制作凸蜂窝透镜阵列,可以以上述凹蜂窝透镜阵列为模板,采用浇铸工艺来获得 PDMS 或其它聚合物凸蜂窝透镜阵列;如需快速复制蜂窝透镜阵列,可以以上述凹蜂窝透镜阵列为模板,采用电镀工艺来获得金属模具,再通过塑铸工艺实现蜂窝透镜阵列的快速复制。

[0047] 本发明未详细阐述部分属于本领域技术人员的公知技术。

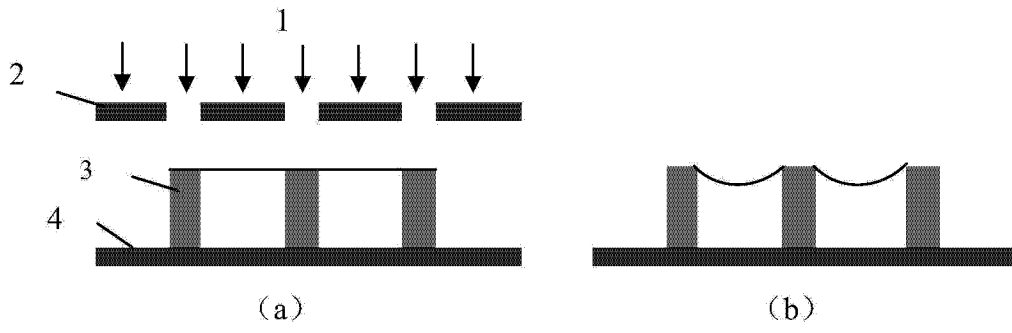


图 1