



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105428221 A  
(43) 申请公布日 2016. 03. 23

(21) 申请号 201510977448. 3

(22) 申请日 2015. 12. 23

(71) 申请人 中国科学院高能物理研究所  
地址 100049 北京市石景山区玉泉路 19 号  
乙

(72) 发明人 刘静 伊福廷 张天冲 王波  
张新帅 孙钢杰 王雨婷

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任  
公司 11021  
代理人 任岩

(51) Int. Cl.  
H01L 21/027(2006. 01)

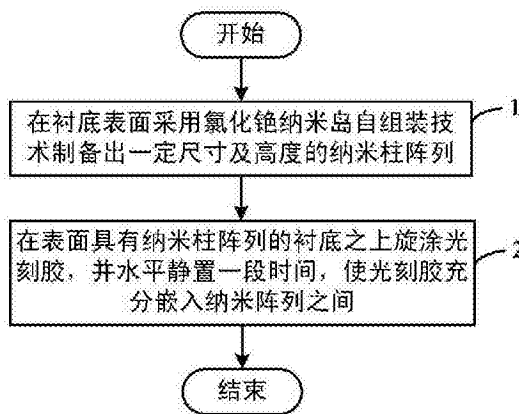
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种改善光刻胶脱落的方法

(57) 摘要

本发明公开了一种改善光刻胶脱落的方法，该方法是在衬底表面用氯化铯纳米岛自组装技术制备出合适尺寸及高度的纳米柱阵列，旋涂光刻胶后水平静置 20 分钟，让光刻胶充分嵌入纳米柱阵列之间。这种方法可以有效增加光刻胶与衬底的粘附力，适用于制备厚度较高、尺寸较小的光刻胶图形，特别是孤立光刻胶图形。



1. 一种改善光刻胶脱落的方法,其特征在于,该方法首先在衬底表面采用氯化铯纳米岛自组装技术制备出一定尺寸及高度的纳米柱阵列,然后在表面具有纳米柱阵列的衬底之上旋涂光刻胶,并水平静置一段时间,使光刻胶充分嵌入纳米阵列之间。

2. 根据权利要求1所述的改善光刻胶脱落的方法,其特征在于,所述一定尺寸及高度的纳米柱阵列,其直径为50-1500纳米,高度为0.2-3微米。

3. 根据权利要求2所述的改善光刻胶脱落的方法,其特征在于,所述纳米柱阵列的尺寸是根据所制备的光刻胶图形的具体形貌来选择的,对于宽度在1微米以下的细长结构的光栅,纳米阵列的尺寸要控制在50-200纳米之间;对于面积较小的孤立光刻胶图形,要保证该光刻胶图形覆盖下不少于50根纳米柱阵列。

4. 根据权利要求2所述的改善光刻胶脱落的方法,其特征在于,所述纳米柱阵列的高度是根据所制备的光刻胶图形的具体厚度来选择的,若所要制备的光刻胶厚度大于20微米,纳米柱阵列的高度应大于2微米;若所要制备的光刻胶厚度为10微米,纳米柱阵列的高度为1微米即可。

5. 根据权利要求1所述的改善光刻胶脱落的方法,其特征在于,所述水平静置一段时间,是水平静置20分钟。

6. 根据权利要求1所述的改善光刻胶脱落的方法,其特征在于,所述衬底采用硅片,所述在衬底表面采用氯化铯纳米岛自组装技术制备出一定尺寸及高度的纳米柱阵列,包括:

将抛光的硅片清洗干净后放入真空镀膜腔体内,蒸发氯化铯薄膜,膜厚100-7000埃;

氯化铯薄膜镀完后,向真空镀膜腔体内通入湿度为10%-70%的气体,显影氯化铯薄膜,氯化铯在湿度气体作用下发生团聚,在硅片表面形成一个个类似水滴的氯化铯纳米岛结构;

以氯化铯纳米岛结构为掩膜,利用等离子体刻蚀技术刻蚀硅片,从而将氯化铯纳米岛结构转移到硅片表面上;

将表面具有氯化铯纳米岛结构的硅片放入水中2分钟,将氯化铯溶解掉,从而制作出直径是50-1500纳米,高度为0.2-3微米的纳米柱阵列。

7. 根据权利要求6所述的改善光刻胶脱落的方法,其特征在于,所述以氯化铯纳米岛结构为掩膜,利用等离子体刻蚀技术刻蚀硅片的步骤中,是利用 $SF_6$ 和 $C_4F_8$ 为刻蚀气体,He为冷却气体;工作压强4Pa,激励功率400瓦,偏压功率为30瓦,刻蚀时间1-10分钟。

8. 根据权利要求6所述的改善光刻胶脱落的方法,其特征在于,所述在表面具有纳米柱阵列的衬底之上旋涂光刻胶之前,还包括:

对表面具有纳米柱阵列的硅片表面进行清洁,以增加光刻胶与硅片的粘附力,具体清洁过程是将表面具有纳米柱阵列的硅片放入反应离子刻蚀机中,通入氧气,被电离后的氧离子能够带走硅片表面附着的有机物。

## 一种改善光刻胶脱落的方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及半导体微纳加工技术,适用于一种改善光刻胶脱落的方法,特别适用于制备面积小、厚度大的孤立光刻胶结构。

### 背景技术

[0002] 光刻胶的脱落是微纳加工领域常遇到的问题,并且目前还没有有效方法能从根本上解决这一难题,主要因为光刻胶与衬底表面的粘附力是有限的,当所制备的图形面积变小,高度变大,即高宽比超过一定程度,孤立的光刻胶难以附着在衬底表面,就会发现脱落的现象。增加衬底与光刻胶的粘附力是改善光刻胶脱落现象的主要途径。常用的方法有,改善衬底表面的清洁程度,使用光刻胶的粘附剂,在衬底上制备粘附层,适度增加衬底的粗糙程度等。

### 发明内容

[0003] (一) 要解决的技术问题

[0004] 有鉴于此,本发明的主要目的在于提供一种改善光刻胶脱落的方法,以增加衬底与光刻胶的粘附力,以改善光刻胶脱落问题。

[0005] (二) 技术方案

[0006] 为达到上述目的,本发明提供了一种改善光刻胶脱落的方法,该方法首先在衬底表面采用氯化铯纳米岛自组装技术制备出一定尺寸及高度的纳米柱阵列,然后在表面具有纳米柱阵列的衬底之上旋涂光刻胶,并水平静置一段时间,使光刻胶充分嵌入纳米阵列之间。

[0007] 上述方案中,所述一定尺寸及高度的纳米柱阵列,其直径为 50-1500 纳米,高度为 0.2-3 微米。

[0008] 上述方案中,所述纳米柱阵列的尺寸是根据所制备的光刻胶图形的具体形貌来选择的,对于宽度在 1 微米以下的细长结构的光栅,纳米阵列的尺寸要控制在 50-200 纳米之间;对于面积较小的孤立光刻胶图形,要保证该光刻胶图形覆盖下不少于 50 根纳米柱阵列。

[0009] 上述方案中,所述纳米柱阵列的高度是根据所制备的光刻胶图形的具体厚度来选择的,若所要制备的光刻胶厚度大于 20 微米,纳米柱阵列的高度应大于 2 微米;若所要制备的光刻胶厚度为 10 微米,纳米柱阵列的高度为 1 微米即可。

[0010] 上述方案中,所述水平静置一段时间,是水平静置 20 分钟。

[0011] 上述方案中,所述衬底采用硅片,所述在衬底表面采用氯化铯纳米岛自组装技术制备出一定尺寸及高度的纳米柱阵列,包括:将抛光的硅片清洗干净后放入真空镀膜腔体内,蒸发氯化铯薄膜,膜厚 100-7000 埃;氯化铯薄膜镀完后,向真空镀膜腔体内通入湿度为 10%-70% 的气体,显影氯化铯薄膜,氯化铯在湿度气体作用下发生团聚,在硅片表面形成一个个类似水滴的氯化铯纳米岛结构;以氯化铯纳米岛结构为掩膜,利用等离子体刻蚀技

术刻蚀硅片,从而将氯化铯纳米岛结构转移到硅片表面上;将表面具有氯化铯纳米岛结构的硅片放入水中 2 分钟,将氯化铯溶解掉,从而制作出直径是 50-1500 纳米,高度为 0.2-3 微米的纳米柱阵列。

[0012] 上述方案中,所述以氯化铯纳米岛结构为掩膜,利用等离子体刻蚀技术刻蚀硅片的步骤中,是利用  $\text{SF}_6$  和  $\text{C}_4\text{F}_8$  为刻蚀气体,He 为冷却气体;工作压强 4Pa,激励功率 400 瓦,偏压功率为 30 瓦,刻蚀时间 1-10 分钟。

[0013] 上述方案中,所述在表面具有纳米柱阵列的衬底之上旋涂光刻胶之前,还包括:对表面具有纳米柱阵列的硅片表面进行清洁,以增加光刻胶与硅片的粘附力,具体清洁过程是将表面具有纳米柱阵列的硅片放入反应离子刻蚀机中,通入氧气,被电离后的氧离子能够带走硅片表面附着的有机物。

[0014] (三) 有益效果

[0015] 本发明提供的这种改善光刻胶脱落的方法,是在衬底表面用氯化铯纳米岛自组装技术制备出合适尺寸及高度的纳米柱阵列,旋涂光刻胶后水平静置 20 分钟,让光刻胶充分嵌入纳米柱阵列之间。这种方法可以有效增加光刻胶与衬底的粘附力,适用于制备厚度较高、尺寸较小的光刻胶图形,特别是孤立光刻胶图形。例如,对于边长为 10 微米的三角形孤立光刻胶图形,在抛光硅片表面,当厚度超过 5 微米,就会出现明显的光刻胶脱落现象,若采用氯化铯纳米岛自组装技术制备的纳米柱阵列作为衬底,光刻胶厚度可以达到 15 微米甚至更高。

## 附图说明

[0016] 图 1 是本发明提供的改善光刻胶脱落的方法流程图。

[0017] 图 2 是依照本发明实施例的在清洗干净的硅片表面蒸发氯化铯薄膜的示意图。

[0018] 图 3 是依照本发明实施例的氯化铯在硅片表面形成氯化铯纳米岛结构的示意图。

[0019] 图 4 是依照本发明实施例的将氯化铯纳米岛结构转移到硅片表面上的示意图。

[0020] 图 5 是依照本发明实施例的将氯化铯溶解掉后得到纳米柱阵列的示意图。

[0021] 图 6 是依照本发明实施例的在硅片表面旋涂光刻胶的示意图。

## 具体实施方式

[0022] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚明白,以下结合具体实施例,并参照附图,对本发明进一步详细说明。

[0023] 如图 1 所示,图 1 是本发明提供的改善光刻胶脱落的方法流程图。该方法包括以下步骤:

[0024] 步骤 1:在衬底表面采用氯化铯纳米岛自组装技术制备出一定尺寸及高度的纳米柱阵列;

[0025] 步骤 2:在表面具有纳米柱阵列的衬底之上旋涂光刻胶,并水平静置一段时间,使光刻胶充分嵌入纳米阵列之间。

[0026] 步骤 1 中,一定尺寸及高度的纳米柱阵列,其直径为 50-1500 纳米,高度为 0.2-3 微米。纳米柱阵列的尺寸是根据所制备的光刻胶图形的具体形貌来选择的,对于宽度在 1 微米以下的细长结构的光栅,纳米阵列的尺寸要控制在 50-200 纳米之间;对于面积较小的

孤立光刻胶图形,要保证该光刻胶图形覆盖下不少于 50 根纳米柱阵列。纳米柱阵列的高度是根据所制备的光刻胶图形的具体厚度来选择的,若所要制备的光刻胶厚度大于 20 微米,纳米柱阵列的高度应大于 2 微米;若所要制备的光刻胶厚度为 10 微米,纳米柱阵列的高度为 1 微米即可。

[0027] 步骤 2 中,水平静置一段时间,一般是水平静置 20 分钟,让光刻胶充分嵌入纳米柱阵列之间。

[0028] 在本发明提供的改善光刻胶脱落的方法中,对纳米柱阵列的尺寸及高度控制需要掌握:1、通过选择合适的纳米阵列的尺寸,保证光刻胶图形下有足够多的纳米柱阵列。对于宽度在 1 个微米以下的光栅这种细长的结构,纳米阵列的尺寸要尽量小,要控制在 50-200 纳米之间,若纳米阵列尺度太大,光刻胶所嵌入的纳米结构个数会过少,影响粘附力。对于面积较小的孤立图形,要保证图形覆盖下不少于 50 根纳米柱阵列。2、保证纳米阵列合适的高度。若所要制备的光刻胶厚度大于 20 微米,纳米柱阵列的高度也应该尽量增高一些(大于 2 微米),因为光刻胶厚度越高,越容易脱胶,若选择的纳米柱阵列过浅,则不足以克服光刻胶脱落的问题。若所要制备的光刻胶厚度为 10 微米,纳米柱阵列的高度为 1 微米即可克服光刻胶脱落的问题。

[0029] 在本发明提供的改善光刻胶脱落的方法中,用氯化铯自组装技术制备的纳米柱阵列适合作为衬底结构主要原因有:1、所制备的纳米柱阵列的尺寸、高度合适。用氯化铯自组装技术制备的纳米柱阵列的尺寸直径是 50-1500 纳米,这个尺寸适合光栅等细窄图形、孤立且面积较小的光刻胶图形的制备。用氯化铯自组装技术制备的纳米柱阵列的高度为 0.2-3 微米,这个高度可以根据所需光刻胶的厚度调节,可有效改善 20 微米以下细小光刻胶图形的脱落问题。2、由于氯化铯纳米岛结构是通过自组装获得,生长出的氯化铯岛直径不相同,直径尺寸大致符合高斯分布,所制备的纳米柱阵列位置呈无规则分布,这种位置、直径随机分布比大小统一、分布整齐的纳米柱阵列更有利于改善光刻胶的脱落问题。3、用氯化铯自组装技术制备的纳米柱阵列占空比大约为 25%-30%,这种占空比更有利于光刻胶的嵌入,防止光刻胶脱落。4、氯化铯自组装技术制备的纳米柱阵列,在整个制备过程中在硅片表面只引入了氯化铯,并用去离子水就可以完全去除,相对于其他纳米柱阵列的制备方法,这种方法对样品表面的污染较少,有利于光刻胶与衬底的粘附。

[0030] 在本发明的实施例中,衬底一般采用硅片,则在衬底表面采用氯化铯纳米岛自组装技术制备出一定尺寸及高度的纳米柱阵列,包括:将抛光的硅片清洗干净后放入真空镀膜腔体内,蒸发氯化铯薄膜,膜厚 100-7000 埃;氯化铯薄膜镀完后,向真空镀膜腔体内通入湿度为 10%-70%的气体,显影氯化铯薄膜,氯化铯在湿度气体作用下发生团聚,在硅片表面形成一个个类似水滴的氯化铯纳米岛结构;以氯化铯纳米岛结构为掩膜,利用等离子体刻蚀技术刻蚀硅片,从而将氯化铯纳米岛结构转移到硅片表面上;将表面具有氯化铯纳米岛结构的硅片放入水中 2 分钟,将氯化铯溶解掉,从而制作出直径是 50-1500 纳米,高度为 0.2-3 微米的纳米柱阵列。

[0031] 其中,以氯化铯纳米岛结构为掩膜,利用等离子体刻蚀技术刻蚀硅片的步骤中,是利用  $\text{SF}_6$  和  $\text{C}_4\text{F}_8$  为刻蚀气体,He 为冷却气体;工作压强 4Pa,激励功率 400 瓦,偏压功率为 30 瓦,刻蚀时间 1-10 分钟。

[0032] 在表面具有纳米柱阵列的衬底之上旋涂光刻胶之前,还包括:对表面具有纳米柱

阵列的硅片表面进行清洁,以增加光刻胶与硅片的粘附力,具体清洁过程是将表面具有纳米柱阵列的硅片放入反应离子刻蚀机中,通入氧气,被电离后的氧离子能够带走硅片表面附着的有机物。

[0033] 本发明提供这种改善光刻胶脱落的方法,关键是制备一种适合所制备光刻胶图形的纳米柱阵列作为衬底,在这种衬底表面旋涂光刻胶后需要水平静置 20 分钟,让光刻胶充分嵌入纳米阵列之间,以增加光刻胶与衬底的附着力,改善光刻胶的脱落。这种改善光刻胶脱落的具体方法是将抛光的硅片清洗干净后放入真空镀膜腔体内,蒸发氯化铯薄膜,膜厚 100-7000 埃,如图 2 所示。氯化铯薄膜镀完后,向腔体内通入一定湿度的气体,相对湿度为 10% -70%,显影氯化铯薄膜,氯化铯在湿度气体作用下发生团聚,在硅片表面形成一个类似水滴的纳米氯化铯半岛结构如图 3 所示。由于氯化铯纳米岛结构是通过自组装获得,生长出的氯化铯岛直径不相同,具有较宽的直径尺寸分布,直径尺寸大致符合高斯分布。以团聚的氯化铯岛结构为掩膜,利用等离子体刻蚀技术刻蚀硅,从而将氯化铯结构转移到硅表面上,刻蚀转移结构结果如图 4 所示。等离子体刻蚀工艺是通过 F 离子与硅反应而将硅刻蚀掉,同时不会与氯化铯反应,使氯化铯结构下的硅得到保护,而没有氯化铯结构覆盖的部分硅将被刻蚀掉一定厚度,实现氯化铯结构的图形转移。等离子体刻蚀利用 SF<sub>6</sub>和 C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>为刻蚀气体,He 为冷却气体。工作压强 4Pa,激励功率 400 瓦,偏压功率为 30 瓦,刻蚀时间 1-10 分钟,刻蚀结果如图 4 所示。硅表面刻蚀完成后,样品放入水中 2 分钟,即可将氯化铯溶解掉,从而制作出直径是 50-1500 纳米,高度为 0.2-3 微米的纳米柱结构,其结构如图 5 所示。在旋涂光刻胶之前,需要对样品表面清洁,以增加光刻胶与衬底的粘附力,将样品放入反应离子刻蚀机中,通入氧气,被电离后的氧离子可以带走硅片表面的有机物。在硅片表面旋涂所需厚度的光刻胶,水平静置 20 分钟,使光刻胶液体充分嵌入纳米柱阵列的缝隙内,以增加光刻胶与衬底的粘附力,改善光刻胶的脱落问题,如图 6 所示。此时,可以按光刻工艺完成烘胶、曝光、显影等光刻环节。

[0034] 上述实施例的具体实现工艺如下:

[0035] 步骤 1:在抛光硅片上以热蒸发方法形成氯化铯薄膜,薄膜厚度 200 纳米。

[0036] 步骤 2:将具有氯化铯薄膜的硅片放入湿度为 40%的通气腔体内,湿度由通入腔体的潮湿气体流量控制,在这一湿度条件下显影 30 分钟,使氯化铯薄膜团聚成纳米岛结构,在硅片表面形成氯化铯纳米岛结构。氯化铯纳米岛平均直径 400 纳米。

[0037] 步骤 3:将表面有氯化铯岛结构的硅片放入等离子体刻蚀机的刻蚀腔体内,刻蚀工艺参数为压强 4 帕,刻蚀气体 SF<sub>6</sub>: C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>: He = 60 : 160 : 10sccm,激励功率 400 瓦,偏压功率为 30 瓦,刻蚀时间 5 分钟。

[0038] 步骤 4:将硅片取出后放入水中,时间 2 分钟,使硅片上的氯化铯岛结构溶解,从而在表面获得平均直径约 400 纳米,高度 1.5 微米纳米柱阵列的硅片。

[0039] 步骤 5:在表面有纳米柱阵列的硅片放入反应离子刻蚀机腔体内刻蚀, O<sub>2</sub>20sccm,激励功率 60 瓦,压强 5 帕,刻蚀时间 5 分钟。

[0040] 步骤 6:在硅片表面旋涂 PMMA6510,旋涂 3000 转 60 秒,厚度为 15 微米,水平静置 20 分钟,热板加温 90 摄氏度保持 40 分钟。

[0041] 步骤 7:将涂有 6510 光刻胶的硅片,用带有最小尺寸为 10 微米的孤立图形的软 X 射线掩膜,在软 X 射线下曝光 50 分钟。

[0042] 步骤 8 :将曝过光的硅片放入 6510 光刻胶显影液中,10 分钟后,用清水浸泡 10 分钟,在衬底表面可以得到最小尺寸为 10 微米,厚度为 15 微米的独立结构的光刻胶图形。

[0043] 以上所述的具体实施例,对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明,所应理解的是,以上所述仅为本发明的具体实施例而已,并不用于限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

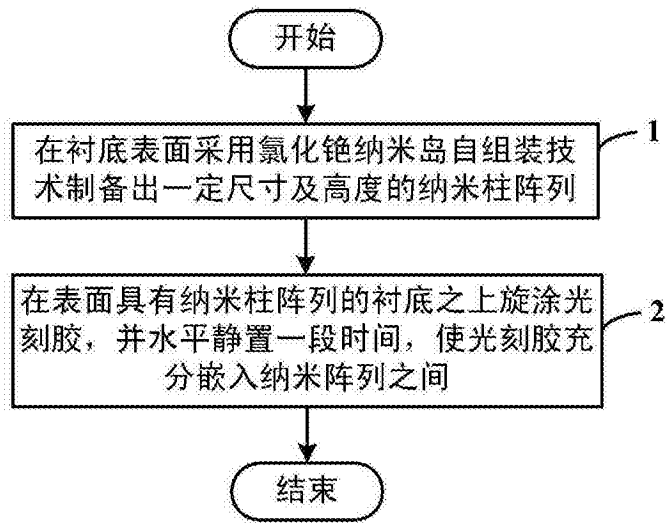


图 1

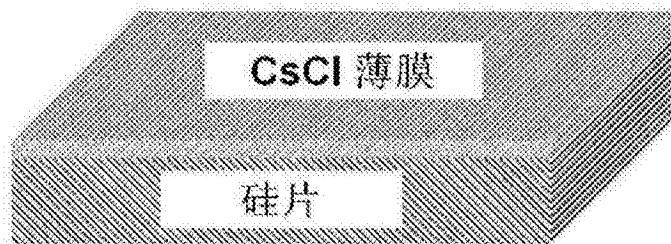


图 2



图 3



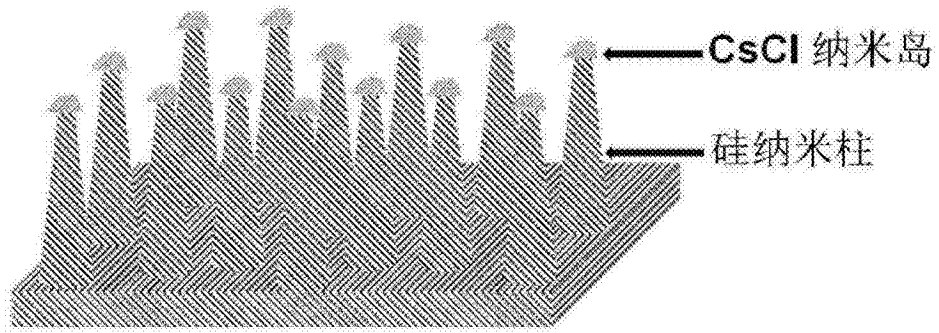


图 4

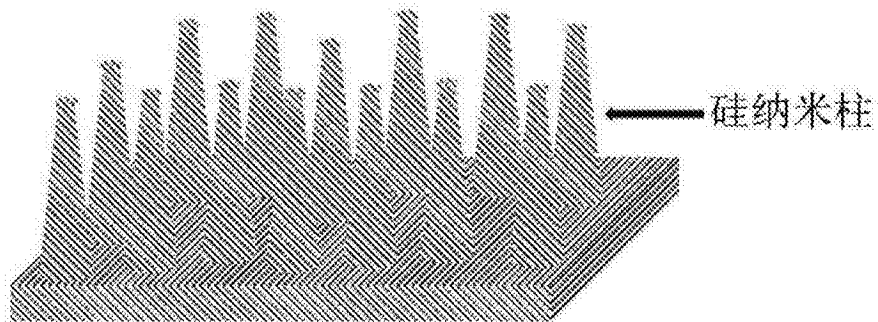


图 5

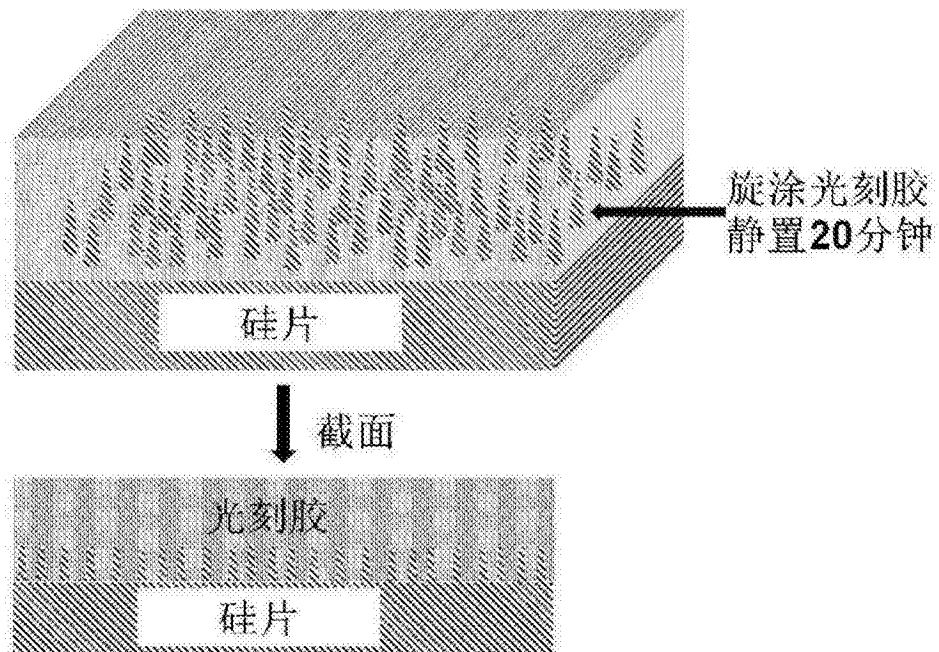


图 6