(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107946414 A
(43)申请公布日 2018.04.20

(21)申请号 201711031066.7

(22)申请日 2017.10.29

(71)申请人 广东省半导体产业技术研究院
地址 510651 广东省广州市天河区长兴路363号

(72)发明人 潘章旭 龚政 陈志涛 刘久澄 刘晓燕 任远 曾昭烩 李叶林

(74)专利代理机构 广东世纪专利事务所 44216
代理人 刘卉

(51)Int.Cl.
H01L 33/00(2010.01)
H01L 21/78(2006.01)
B81C 1/00(2006.01)

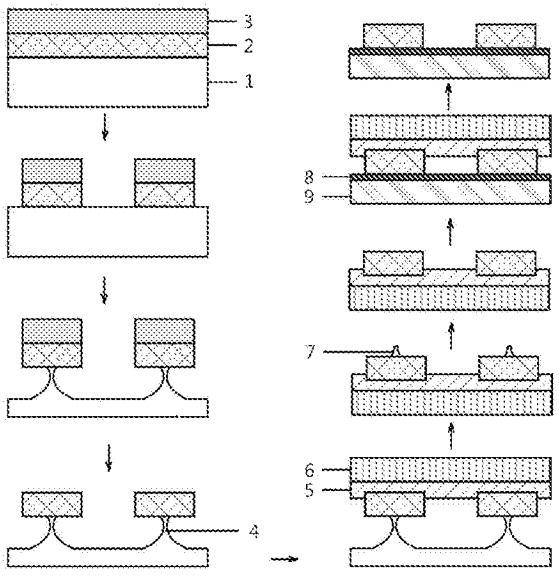
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

一种基于干法刻蚀的悬挂式微器件结构转移方法

(57)摘要

一种基于干法刻蚀的悬挂式微器件结构转移方法，首先在衬底上生长微器件所需的外延层以及沉积刻蚀掩膜层；接着通过光刻与随后的各向异性干法刻蚀形成分立的微器件阵列；然后通过各向同性干法刻蚀将露出的衬底表面继续深刻蚀，使微器件形成为悬挂式结构；最后通过粘性物质完成微器件的结构转移。本发明避免了激光剥离带来的样品烧毁现象，工艺稳定，而且省去了生长腐蚀停层或牺牲层和钝化保护器件的工艺，也省去了金属键合焊接工艺，因而工艺简便，节省了制备成本和提高了制备效率。



CN 107946414 A

1.一种基于干法刻蚀的悬挂式微器件结构转移方法，其特征在于包括以下步骤：

1)在衬底上外延生长微器件所需的外延层以及沉积刻蚀掩膜层；

2)通过光刻与随后的各向异性干法刻蚀，去除部分区域的刻蚀掩膜层、外延层和部分衬底，露出部分区域的衬底表面，完成微器件阵列的分立；

3)将单个微器件的横向尺寸设为A，利用各向同性干法刻蚀将露出的衬底表面继续深刻蚀，由于各向同性刻蚀会在微器件下出现横向刻蚀现象，因此当衬底垂直刻蚀至深度为A/3～2A时，衬底在微器件的底面形成有沙漏状结构，通过沙漏状结构而使微器件在衬底上形成为悬挂式微器件；

4)去除悬挂式微器件上的刻蚀掩膜层；

5)通过旋涂在临时衬底上的粘性物质对去除了刻蚀掩膜层的悬挂式微器件进行粘附拾取，使微器件转移至临时衬底上；

6)利用衬底腐蚀液，将微器件转移后残留的衬底凸起去除；

7)将去除了衬底凸起的微器件通过粘附物质粘附到转移衬底上；

8)采用高温氧化方法或有机溶剂溶解法，将临时衬底上的粘性物质热分解或溶解，去除临时衬底，完成将微器件转移到所需衬底的流程。

2.根据权利要求1所述基于干法刻蚀的悬挂式微器件结构转移方法，其特征在于上述步骤3)中，当衬底垂直刻蚀深度略小于A/2时，衬底的侧向刻蚀深度将略小于A，此时衬底在微器件的底面仅留有一小部分的沙漏状结构。

3.根据权利要求1所述基于干法刻蚀的悬挂式微器件结构转移方法，其特征在于上述步骤1)中，刻蚀掩膜层的材料为光刻胶、金属、铁电氧化物或它们的结合物。

4.根据权利要求1所述基于干法刻蚀的悬挂式微器件结构转移方法，其特征在于上述步骤5)中的粘性物质为PDMS、PMMA、SU8、polyimide或水溶性polymer。

5.根据权利要求1所述基于干法刻蚀的悬挂式微器件结构转移方法，其特征在于上述步骤5)中，粘附拾取的应力施加方式为机械拉应力、横向剪切力、超声波震动或机械自动化控制手臂。

6.根据权利要求1所述基于干法刻蚀的悬挂式微器件结构转移方法，其特征在于上述步骤6)中的衬底腐蚀液为$NH_4(OH)$、KOH、H_2O_2、H_3PO_4或HCl。

7.根据权利要求1所述基于干法刻蚀的悬挂式微器件结构转移方法，其特征在于上述步骤7)中的粘附物质不溶于步骤8)中有机溶剂溶解法采用的有机溶剂。

一种基于干法刻蚀的悬挂式微器件结构转移方法

技术领域

[0001] 本发明属于微纳加工技术领域，具体是涉及一种基于干法刻蚀的悬挂式微器件结构转移方法。

背景技术

[0002] 得益于微纳加工技术的发展，现在器件集成度越来越高，器件尺寸越来越小，如微米级发光二极管(micro-LED)，微型薄膜晶体管(TFT)，光子探测器，微腔激光器等。对于某些应用，这些微纳光电子器件需要从其外延层生长的衬底转移到另外一种衬底，从而实现微器件的高密度异质集成。例如，高分辨率micro-LED显示器，通常是通过把三色micro-LED芯片大批量转移和组装到TFT或CMOS背板的方案来实现(如申请号为JP6131374-B1的日本专利)。因此，微器件结构的批量转移至关重要。寻求一种高效可靠的微器件转移方法，对于微器件集成制备而言，可以提高产品制备效率和良率，实现规模化生产。

[0003] 微器件结构的转移主要包括两个步骤：一是器件从原衬底上剥离；二是器件转移至新衬底。目前，已存在多种器件转移方法。比如，使用湿法刻蚀牺牲层或者湿法背面刻蚀衬底将器件从原衬底剥离(参考文献Sang-lL Park, et al. Printed Assemblies of lnorganic Light-Emitting Diodes for Deformable and Semitransparent Displays, Science 2009, 325, 977)。如果是蓝宝石衬底，可以利用激光剥离将蓝宝石衬底剥离(参考文献Tae-il Kim et al. High-Efficiency, Microscale GaN Light-Emitting Diodes and Their Thermal Properties on Unusual Substrates, small 2012, 8, No.11, 1643-1649)。这些剥离方法均可有效地将微器件从衬底剥离，但同时存在一定问题：激光剥离的方法，难以精准控制激光聚焦位置和能量，容易对器件产生损伤，且产生的气压会导致样品崩裂，剥离产品良率低；湿法去除牺牲层或者湿法背面刻蚀剥离衬底将器件从原衬底剥离，需要在外延片生长时多一层腐蚀停层或者腐蚀牺牲层，成本较高。而且湿法腐蚀控制精准度差，腐蚀速率不稳定，需要对器件表面和侧壁包裹钝化层(光刻胶或二氧化硅)进行保护，工艺复杂且不稳定。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于针对上述存在问题和不足，提供一种可以精准控制腐蚀速率，且工艺简单的基于干法刻蚀的悬挂式微器件结构转移方法。

[0005] 本发明的技术方案是这样实现的：

本发明所述基于干法刻蚀的悬挂式微器件结构转移方法，其特点是包括以下步骤：

1)在衬底上外延生长微器件所需的外延层以及沉积刻蚀掩膜层；

2)通过光刻与随后的各向异性干法刻蚀，去除部分区域的刻蚀掩膜层、外延层和部分衬底，露出部分区域的衬底表面，完成微器件阵列的分立；

3)将单个微器件的横向尺寸设为A，利用各向同性干法刻蚀将露出的衬底表面继续深刻蚀，由于各向同性刻蚀会在微器件下出现横向刻蚀现象，因此当衬底垂直刻蚀至深度为

A/3～2A时，衬底在微器件的底面形成有沙漏状结构，通过沙漏状结构而使微器件在衬底上形成为悬挂式微器件；

4)去除悬挂式微器件上的刻蚀掩膜层；

5)通过旋涂在临时衬底上的粘性物质对去除了刻蚀掩膜层的悬挂式微器件进行粘附拾取，使微器件转移至临时衬底上；

6)利用衬底腐蚀液，将微器件转移后残留的衬底凸起去除；

7)将去除了衬底凸起的微器件通过粘附物质粘附到转移衬底上；

8)采用高温氧化方法或有机溶剂溶解法，将临时衬底上的粘性物质热分解或溶解，去除临时衬底，完成将微器件转移到所需衬底的流程。

[0006] 进一步地，上述步骤3)中，当衬底垂直刻蚀深度略小于A/2时，衬底的侧向刻蚀深度将略小于A，此时衬底在微器件的底面仅留有一小部分的沙漏状结构，从而使衬底更容易掰断去除。

[0007] 进一步地，上述步骤1)中，刻蚀掩膜层的材料为光刻胶、金属、铁电氧化物或它们的结合物。

[0008] 进一步地，上述步骤5)中的粘性物质为PDMS、PMMA、SU8、polyimide或水溶性polymer。

[0009] 进一步地，上述步骤5)中，粘附拾取的应力施加方式为机械拉应力、横向剪切力、超声波震动或机械自动化控制手臂。

[0010] 进一步地，上述步骤6)中的衬底腐蚀液为$NH_4(OH)$、KOH、H_2O_2、H_3PO_4或HCl。

[0011] 进一步地，上述步骤7)中的粘附物质不溶于步骤8)中有机溶剂溶解法采用的有机溶剂。

[0012] 本发明与现有技术相比，具有以下优点：

a.与激光剥离法相比，本发明提出的干法刻蚀剥离方法，避免背面激光照射剥离，从而避免出现因激光剥离造成的样品损毁，提高产品良率；

b.与湿法剥离衬底相比，本发明提出的干法刻蚀剥离方法，避免外延层中腐蚀停层或者牺牲层的引入，减少成本以及降低工艺复杂度。而且，干法刻蚀的控制精度比湿法刻蚀的精确，刻蚀速率较为稳定。另外，湿法腐蚀剥离衬底，会对外延层有一定的破坏，需要对器件外延层表面和侧面进行钝化保护，增加工艺难度和制备成本，而干法刻蚀对器件外延层不会有明显的破坏，则省去了钝化保护的工艺；

c.与金属键合的技术相比，本发明利用粘性物质对微器件进行粘附拾取和转移，无需采用金属键合工艺，工艺简便且对仪器要求较低，不需专门的金属键合仪器，降低制备成本和提高制备效率；

综上所述，本发明提供了一种基于干法刻蚀的悬挂式微器件转移方法，避免了激光剥离带来的样品烧毁现象，工艺稳定，而且省去了生长腐蚀停层或牺牲层和钝化保护器件的工艺，也省去了金属键合焊接工艺，因而工艺简便，节省了制备成本和提高了制备效率。

[0013] 下面结合附图对本发明作进一步的说明。

附图说明

[0014] 图1为本发明的工艺流程图。

具体实施方式

[0015] 如图1所示，本发明所述基于干法刻蚀的悬挂式微器件结构转移方法，包括以下步骤：

1)在衬底1上外延生长微器件所需的外延层2以及沉积刻蚀掩膜层3；其中，衬底1包括所有易于干法刻蚀的常见半导体器件衬底；外延层2的结构根据微器件种类的不同来对应设置，如激光器、LED、探测器、HEMT等的外延结构；

2)通过光刻与随后的各向异性干法刻蚀，去除部分区域的刻蚀掩膜层、外延层和部分衬底，露出部分区域的衬底表面，完成微器件阵列的分立；其中，干法刻蚀的工艺根据不同种类的外延层而有所不同；

3)将单个微器件的横向尺寸设为A，利用各向同性干法刻蚀将露出的衬底表面继续深刻蚀，干法刻蚀的工艺包括了不同种类衬底的干法刻蚀工艺，由于各向同性刻蚀会在微器件下出现横向刻蚀现象，因此当衬底垂直刻蚀至深度为A/3～2A时，衬底1在微器件的底面形成有沙漏状结构4，通过沙漏状结构4而使微器件在衬底上形成为悬挂式微器件；优选的，当衬底垂直刻蚀深度略小于A/2时，衬底的侧向刻蚀深度将略小于A，此时衬底在微器件的底面仅留有一小部分的沙漏状结构，从而更利于后续工艺将衬底去除；

4)去除悬挂式微器件上的刻蚀掩膜层；

5)通过旋涂在临时衬底6上的粘性物质5对去除了刻蚀掩膜层的悬挂式微器件进行粘附拾取，由于微器件下方仅悬挂少部分衬底，当微器件和粘性物质间的黏附力大于悬挂部分衬底材料与体衬底的结合力，微器件容易被粘性物质剥离，从而使微器件转移至临时衬底上；其中，粘附拾取的应力施加方式为机械拉应力、横向剪切力、超声波震动或机械自动化控制手臂；粘性物质5为PDMS、PMMA、SU8、polyimide或水溶性polymer或其它粘性物质；临时衬底6根据不同需求可以是不同的衬底，如柔性衬底、玻璃衬底等等；

6)利用衬底腐蚀液，将微器件转移后残留的衬底凸起7去除；其中，衬底腐蚀液根据衬底1的种类不同而不同，可以是$NH_4(OH)$、KOH、H_2O_2、H_3PO_4、HCl等等；

7)将去除了衬底凸起7的微器件通过粘附物质8粘附到转移衬底9(即所需衬底)上；其中，粘附物质8为光敏导电粘结剂；

8)采用高温氧化方法或有机溶剂溶解法，将临时衬底6上的粘性物质5热分解或溶解，去除临时衬底6，完成将微器件转移到所需衬底的流程；其中，当采用高温氧化方法时，可以将粘性物质5高温分解，形成二氧化碳和水蒸汽等产物，达到有效去除粘性物质的目的；当采用有机溶剂溶解法时，采用的有机溶剂根据粘性物质5的不同而不同，其包括丙酮、THF、DMF、氯苯等等，而且转移衬底9上的粘附物质8不溶于该有机溶剂。

[0016] 下面通过具体实施例对本发明作进一步的说明。

[0017] 实施例一：

本发明提出的基于干法刻蚀的悬挂式微器件转移方法，其具体实施步骤如下：

1)在衬底上外延生长微器件所需的外延层：衬底包括Si、Ge、SiC、GaAs等常见半导体衬底；外延层分布则如微器件结构的外延层结构；

2)在外延层上沉积一层刻蚀掩膜层，该刻蚀掩膜层可以为光刻胶、金属、铁电氧化物如SiO2等耐刻蚀物质或这些物质的组合物；

3)通过光刻与干法刻蚀,去除部分区域的刻蚀掩膜层、外延层和部分衬底,露出部分区域的衬底表面,从而在衬底上形成分立的微器件阵列,具体器件个数视微器件尺寸需求和晶元大小而定;

4)通过干法刻蚀,继续刻蚀裸露部分的衬底表面,利用各向同性刻蚀特性,在微器件下形成钻刻,随着刻蚀时间进行,钻刻现象越来越严重(即横向刻蚀深度越来越宽),衬底在微器件的下方形成有沙漏状结构,直至刻蚀到沙漏状结构瓶颈处直径足够小(200nm左右),使微器件形成悬挂式结构,便可以轻易机械剥离;上述步骤3)和该步骤的衬底干法刻蚀工艺,根据衬底种类不同而不同,比如GaAs和GaN衬底用BCl_3和Cl_2工艺气体,Si衬底用SF_6作为工艺气体;

5)完全去除刻蚀掩膜层,去除掩膜的溶液,根据掩膜层材料的不同而不同,如氧化硅用HF或BOE溶液,金属Cr用硝酸铈铵溶液等等;

6)在临时衬底上旋涂一层粘性物质,比如在PET衬底上旋涂一层光刻胶或PMMA,并烘烤挥发大部分溶剂,不宜用过高温度烘烤过长时间,使其保持一定的柔软度,然后将带有粘性物质的一面压印在微器件上,再进行烘烤固定,对衬底施加拉应力或侧向剪切力或者浸泡在水溶液里超声,将其上的沙漏状结构掰断,微器件则转移到粘性物质上;

7)由于连接微器件的沙漏状结构被机械掰断,留下部分衬底凸起,因此利用衬底腐蚀溶液,将衬底凸起腐蚀,使微器件的表面恢复平整;

8)将平整的微器件阵列黏附至涂敷有粘附物质的转移衬底上,粘附物质可以是光敏导电粘结剂;

9)将样品浸入有机溶液中浸泡去除粘性物质,但保留粘附物质,去除粘性物质后,完成悬挂式微器件结构的转移。

[0018] 实施例二:

该实施例与实施例一的不同之处在于:

上述步骤9)中,不采用湿法去除粘性物质。而是将样品放入快速退火炉或者高温管式炉中,真空状态下,通入氧气1～2 SLM,加热至300 ～600℃(根据粘性有机物种类不同而有所差别),粘性物质会被高温炭化分解,主要分解产物为水和二氧化碳,然后被真空泵抽取。去除粘性物质后,微器件通过粘附物质粘附在转移衬底的表面,完成微器件结构的转移。这种方法可以有效避免微器件位置发生移动,但是对温度条件比较苛刻,需要避免对器件造成破坏。

[0019] 本发明是通过实施例来描述的,但并不对本发明构成限制,参照本发明的描述,所公开的实施例的其他变化,如对于本领域的专业人士是容易想到的,这样的变化应该属于本发明权利要求限定的范围之内。

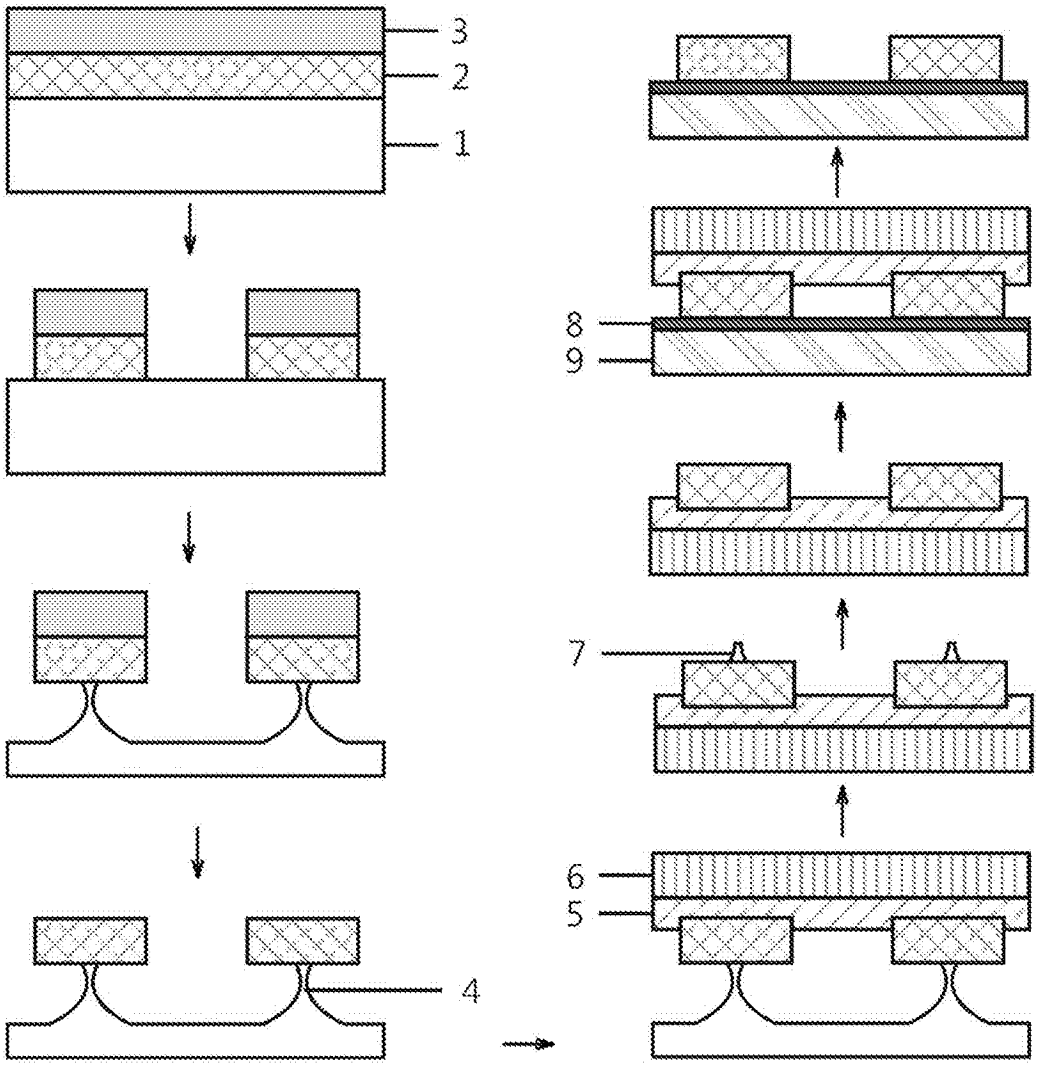
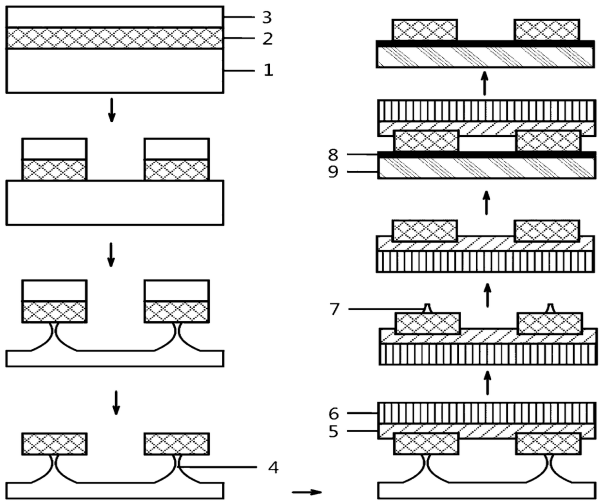


图1

专利名称(译)	一种基于干法刻蚀的悬挂式微器件结构转移方法		
公开(公告)号	CN107946414A	公开(公告)日	2018-04-20
申请号	CN201711031066.7	申请日	2017-10-29
[标]申请(专利权)人(译)	广东省半导体产业技术研究院		
申请(专利权)人(译)	广东省半导体产业技术研究院		
当前申请(专利权)人(译)	广东省半导体产业技术研究院		
[标]发明人	潘章旭 龚政 陈志涛 刘久澄 刘晓燕 任远 曾昭烩 李叶林		
发明人	潘章旭 龚政 陈志涛 刘久澄 刘晓燕 任远 曾昭烩 李叶林		
IPC分类号	H01L33/00 H01L21/78 B81C1/00		
CPC分类号	B81C1/00357 H01L21/7806 H01L33/0093		
代理人(译)	刘卉		
其他公开文献	CN107946414B		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

一种基于干法刻蚀的悬挂式微器件结构转移方法，首先在衬底上生长微器件所需的外延层以及沉积刻蚀掩膜层；接着通过光刻与随后的各向异性干法刻蚀形成分立的微器件阵列；然后通过各向同性干法刻蚀将露出的衬底表面继续深刻蚀，使微器件形成为悬挂式结构；最后通过粘性物质完成微器件的结构转移。本发明避免了激光剥离带来的样品烧毁现象，工艺稳定，而且省去了生长腐蚀停层或牺牲层和钝化保护器件的工艺，也省去了金属键合焊接工艺，因而工艺简便，节省了制备成本和提高了制备效率。