



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106910678 B

(45)授权公告日 2019.05.21

(21)申请号 201710135335.8

(22)申请日 2017.03.09

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106910678 A

(43)申请公布日 2017.06.30

(73)专利权人 华中科技大学
地址 430074 湖北省武汉市洪山区珞喻路
1037号

(72)发明人 黄永安 卞敬 万晓东 丁亚江
肖琳

(74)专利代理机构 华中科技大学专利中心
42201
代理人 周磊 李智

(51)Int.Cl.
H01L 21/027(2006.01)

(56)对比文件

CN 103887157 A,2014.06.25,
CN 102354087 A,2012.02.15,
JP 特开平4-327993 A,1992.11.17,
CN 105665941 A,2016.06.15,

审查员 张燕楠

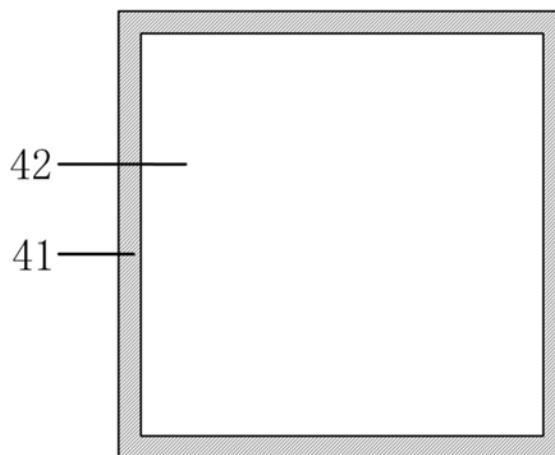
权利要求书2页 说明书7页 附图5页

(54)发明名称

图案化掩膜版、其制备方法及使用其进行激光剥离的方法

(57)摘要

本发明属于电子器件制备工艺领域,并公开了一种图案化掩膜版的制备方法,包括以下步骤:1)在透明基板的第一表面上沉积一层吸光材料层并图案化;2)在透明基板的第二表面上旋涂聚合物材料层;3)用激光照射透明基板的第一表面,该透明基板上被吸光材料覆盖的区域,激光能量未达到聚合物材料烧蚀阈值,聚合物得以保留;而透明基板上未被吸光材料覆盖的区域的聚合物会被激光烧蚀,聚合物材料层被烧蚀后实现图案化,并且图案的形状与透明基板的第一表面沉积的吸光材料的形状一致,从而形成所述图案化掩膜版。本发明可以实现对激光剥离后的界面粘附强度调控,通过控制剥离后的界面粘附强度,使大面积柔性超薄器件剥离后依然粘附在刚性衬底上。



1. 一种图案化掩膜版的制备方法,其特征在于,包括以下步骤:

1) 在透明基板的第一表面的部分区域上沉积一层吸光材料,则形成吸光材料层,该吸光材料层能让激光透过,激光穿透该吸光材料层后,会有一部分能量被吸光材料层吸收,吸收能量大小通过吸光材料层的厚度来控制;

2) 在透明基板上与第一表面相对的第二表面上旋涂并涂满能与激光发生作用的聚合物材料,则形成聚合物材料层,该聚合物材料层能被设定波长的激光烧蚀,该聚合物材料层的厚度与其烧蚀率决定了其能够阻挡激光的次数,也即其调控激光照射次数的能力;

3) 用设定波长的激光朝透明基板的第一表面照射并让透明基板与激光有相对移动,则激光会透过吸光材料和透明基板照射到聚合物材料层上,该透明基板上被吸光材料覆盖的区域,激光能量未达到聚合物材料烧蚀阈值,聚合物材料得以保留;而透明基板上未被吸光材料覆盖的区域对应的聚合物材料会被激光烧蚀;则通过对聚合物材料层的烧蚀,能使聚合物材料层实现图案化,并且图案的形状与透明基板的第一表面沉积的吸光材料的形状一致,从而形成所述图案化掩膜版。

2. 根据权利要求1所述的一种图案化掩膜版的制备方法,其特征在于,步骤1)中所述透明基板为石英玻璃、蓝宝石基板或玻璃片。

3. 根据权利要求1所述的一种图案化掩膜版的制备方法,其特征在于,步骤1)中吸光材料为氧化铟锡或铟镓锌氧化物。

4. 根据权利要求1所述的一种图案化掩膜版的制备方法,其特征在于,步骤2)中聚合物材料为光刻胶或三氮烯聚合物。

5. 一种图案化掩膜版,其特征在于,由权利要求1~4中任一权利要求所述的制备方法制备而成。

6. 一种基于权利要求5所述的图案化掩膜版来辅助完成的激光剥离方法,其特征在于,包括以下步骤:

1) 在透明承载基板的上表面沉积一层激光释放层,其中,所述激光释放层在设定波长的激光照射多次后,其界面经过多次剧烈升温后反复重结晶,形成界面微结构从而降低界面间粘附强度并实现与透明承载基板的界面分离,其界面微结构的表面形貌由激光的能量密度和照射次数决定;

2) 在所述激光释放层上制备柔性器件层;

3) 将所述图案化掩膜版放置在所述透明承载基板的下方并与透明承载基板对齐,而且使图案化掩膜版上的所述吸光材料层在下,所述聚合物材料层在上,再让设定波长的激光向上照射图案化掩膜版多次并让透明承载基板与激光有相对移动,则激光穿过图案化掩膜版后又透过透明承载基板,并且照射于激光释放层上,则激光释放层上对应于图案化掩膜版的吸光材料层的区域依然与所述透明承载基板保留部分界面强度,即依然保留部分粘附强度,而激光释放层的其他区域则经过激光多次照射后与所述透明承载基板实现界面分离;

4) 通过机械分离或化学刻蚀的方式,将激光释放层与透明承载基板分离,从而实现柔性器件层与透明承载基板的剥离。

7. 根据权利要求6所述的一种基于图案化掩膜版来辅助完成的激光剥离方法,其特征在于,所述透明承载基板为石英玻璃、蓝宝石基板或玻璃片。

8. 根据权利要求6所述的一种基于图案化掩膜版来辅助完成的激光剥离方法, 其特征在于, 激光释放层为非晶硅层、单晶硅c-Si层、SiO₂层或SiN_x层。

9. 根据权利要求6所述的一种基于图案化掩膜版来辅助完成的激光剥离方法, 其特征在于, 步骤1) 中利用等离子体增强化学气相沉积法沉积45nm~55nm厚度的非晶硅作为激光释放层, 然后在激光释放层上用等离子体增强化学气相沉积法沉积0.8~1.2μm厚的二氧化硅层作为保护层, 以对器件层进行保护。

图案化掩膜版、其制备方法及使用其进行激光剥离的方法

技术领域

[0001] 本发明属于电子器件制备工艺领域,更具体地,涉及图案化掩膜版、其制备方法及使用其进行激光剥离的方法。

背景技术

[0002] 柔性电子制造的核心是实现不同尺寸/材质的结构、器件和系统的集成制造,包括聚合物、金属、纳米材料等机电特性迥异材料的功能集成,制造的关键步骤是将平面IC工艺为柔性电子的制造的高性能器件从无机半导体衬底上剥离,并最终转印到曲面衬底上。

[0003] 传统的顶针剥离、化学刻蚀法剥离、应力控制法等方法依然存在着制造工艺复杂,适用性不广泛,成本较高,成功率难以保证等一系列问题。同时在器件尺寸方面毫米级的面积已经达到工艺极限,面向工业制造的针对超大面积超薄器件的剥离需要新的工艺。

[0004] 激光剥离工艺可以满足上述要求。激光剥离:一种分离多层薄膜结构的新工艺,激光透过透明基板,照射界面物质,界面材料发生烧蚀/融化/分解/蒸发/淬火等,实现物质材料与基板分离。激光剥离工艺目前正广泛应用剥离柔性显示器等领域。

[0005] 现有工艺在面对超大超薄器件(微米级厚度,厘米级以上面积)时会面对一系列问题,其中比较显著的问题是:激光扫描后的大面积超薄柔性器件从玻璃载板上分离,进行后续工艺时,大面积柔性超薄器件无法利用刚性基板的物流方式进行物流,大面积柔性超薄器件由于特别柔软,在物流过程中容易损坏,一般的夹持方式会发生褶皱,或对脆弱的器件层造成损伤,进而影响工艺的良率,导致产品整体良率下降。同时,超薄的器件层刚度较低,器件在制造过程中的累积热应力会使界面释放后的超薄器件发生卷曲,极大影响后续工艺。同时,部分器件制造过程中的关键材料需要高温处理(材料掺杂、结晶、高温退火极化等),传统的基于聚合物释放层的激光剥离工艺,其聚合物衬底能够承受的最高温度有限(约300摄氏度)。

发明内容

[0006] 针对现有技术的以上缺陷或改进需求,本发明提供了图案化掩膜版、其制备方法及使用其进行激光剥离的方法,利用透明度可控的图案化掩膜版,可以调节掩膜版对应不同区域的激光照射能量与照射次数,激光释放层材料在受到不同能量与照射次数的激光照射时其界面剥离效果有较大差异。利用该技术,可以实现对不同区域界面粘附强度的调控。通过控制剥离后的不同区域的界面粘附强度,使器件剥离后依然粘附在刚性衬底上,方便其夹持转移,同时避免器件卷曲。配合该工艺使用的激光释放层兼容高温工艺,可以实现超薄(微米级厚度)、超大(厘米级面积)电子器件的制备与剥离,从而制备大面积超薄曲面柔性电子(超薄柔性显示器、飞机智能蒙皮等),实现大面积传感器/TFT阵列从平面衬底上剥离并转印到柔性衬底这一关键工序。

[0007] 为实现上述目的,按照本发明的一个方面,提供了一种图案化掩膜版的制备方法,其特征在于,包括以下步骤:

[0008] 1) 在透明基板的第一表面的部分区域上沉积一层吸光材料,则形成吸光材料层,该吸光材料层能让激光透过,激光穿透该吸光材料层后,会有一部分能量被吸光材料层吸收,吸收能量大小通过吸光材料层的厚度来控制;

[0009] 2) 在透明基板上与第一表面相对的第二表面上旋涂并涂满能与激光发生作用的聚合物材料,则形成聚合物材料层,该聚合物材料层能被设定波长的激光烧蚀,该聚合物材料层的厚度与其烧蚀率决定了其能够阻挡激光的次数,也即其调控激光照射次数的能力;

[0010] 3) 用设定波长的激光朝透明基板的第一表面照射并让透明基板与激光有相对移动,则激光会透过吸光材料和透明基板照射到聚合物材料层上,该透明基板上被吸光材料覆盖的区域,激光能量未达到聚合物材料烧蚀阈值,聚合物材料得以保留;而透明基板上未被吸光材料覆盖的区域对应的聚合物材料会被激光烧蚀;则通过对聚合物材料层的烧蚀,能使聚合物材料层实现图案化,并且图案的形状与透明基板的第一表面沉积的吸光材料的形状一致,从而形成所述图案化掩模版。

[0011] 优选地,步骤1)中所述透明基板为石英玻璃、蓝宝石基板或玻璃片。

[0012] 优选地,步骤1)中吸光材料为氧化铟锡或铟镓锌氧化物。

[0013] 优选地,步骤2)中聚合物材料为光刻胶或三氮烯聚合物。

[0014] 按照本发明的另一个方面,还提供了一种图案化掩模版,其特征在于,由所述的制备方法制备而成。

[0015] 按照本发明的另一个方面,还提供了一种基于所述的图案化掩模版来辅助完成的激光剥离方法,其特征在于,包括以下步骤:

[0016] 1) 在透明承载基板的上表面沉积一层激光释放层,其中,所述激光释放层在设定波长的激光照射多次后,其界面经过多次剧烈升温后反复重结晶,形成界面微结构从而降低界面间粘附强度并实现与透明承载基板的界面分离,其界面微结构的表面形貌由激光的能量密度和照射次数决定;

[0017] 2) 在所述激光吸收层上制备柔性器件层;

[0018] 3) 将所述图案化掩模版放置在所述透明承载基板的下方并与透明承载基板对齐,而且使图案化掩模版上的所述吸光材料层在下,所述聚合物材料层在上,再让设定波长的激光向上照射图案化掩模版多次并让透明承载基板与激光有相对移动,则激光穿过图案化掩模版后又透过透明承载基板,并且照射于激光释放层上,则激光释放层上对应于图案化掩模版的吸光材料层的区域依然与所述透明承载基板保留部分界面强度,即依然保留部分粘附强度,而激光释放层的其他区域则经过激光多次照射后与所述透明承载基板实现界面分离;

[0019] 4) 通过机械分离或化学刻蚀的方式,将激光释放层与透明承载基板分离,从而实现柔性器件层与透明承载基板的剥离。

[0020] 优选地,所述透明承载基板为石英玻璃、蓝宝石基板或玻璃片。

[0021] 优选地,激光释放层为非晶硅层、单晶硅c-Si层、SiO₂层或SiN_x层。

[0022] 优选地,步骤1)中利用等离子体增强化学气相沉积法沉积约45nm~55nm厚度的非晶硅作为激光吸收层,然后在激光吸收层上用等离子体增强化学气相沉积法沉积0.8~1.2 μm厚的二氧化硅层作为保护层,以对器件层进行保护。

[0023] 总体而言,通过本发明所构思的以上技术方案与现有技术相比,能够取得下列有

益效果：

[0024] 本发明可以实现对激光剥离后的界面粘附强度调控,通过控制剥离后的界面粘附强度,使大面积柔性超薄器件剥离后依然粘附在刚性衬底上,从而在后续工艺中,实现大面积柔性超薄器件以刚性基板的物流方式进行物流,避免在物流过程中造成损伤,提高工艺良率。同时,器件剥离后依然粘附刚性基板,避免了由于器件在制造过程中累积的热应力会引起界面释放后超薄器件发生卷曲。同时,此工艺兼容高温工艺(700摄氏度以上),可以满足高性能器件制备过程中部分器件的关键材料需要高温工艺处理的需求。

附图说明

[0025] 图1(a)~图1(f)为本发明涉及到的激光剥离工艺的过程示意图；

[0026] 图2(a)~图2(e)为本发明中图案化掩膜版的制备过程示意图；

[0027] 图3(a)~图3(c)为本发明中图案化掩膜版调控激光照射次数与照射光强过程示意图；

[0028] 图4(a)、图4(b)分别为激光照射对剥离界面物质的影响形成的表面形貌示意图；

[0029] 图5为本发明的图案化调控界面粘附强度的应用；

[0030] 图6为本发明实现过程的三维示意图。

具体实施方式

[0031] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。此外,下面所描述的本发明各个实施方式中所涉及到的技术特征只要彼此之间未构成冲突就可以相互组合。

[0032] 参照各附图,作为本发明的一个方面,提供一种光学掩膜板。其中,该光学掩膜板包括全透区42和透明度可控的半透区41,全透区42允许设定波长的激光完全透过,半透区41允许所述设定波长的激光部分透过,降低透过激光的能量,同时减少激光透过的次数。具有设定波长的激光穿过掩膜版照射作用区域时,相较于全透区42对应区域,半透区对应区域受到的激光的照射次数和照射能量会相应减少和降低,其减少和降低的程度可以通过掩膜版的参数来调控,即透明度可控的图案化掩膜版技术。

[0033] 图1所示为该激光剥离工艺过程示意图,包括如下步骤:

[0034] 步骤1:清洗透明承载基板10,该基板需要对设定波长具备透过性,如针对308nm波长准分子激光,可以选用石英玻璃或者蓝宝石玻璃,其对308nm波长的紫外激光具备高透过性。透明承载基板10可以为石英玻璃,蓝宝石基板或玻璃片等;

[0035] 步骤2:沉积激光释放层20。该释放层需要对设定波长的激光具有高吸率,避免激光透过释放层对器件层造成损伤。激光可以由紫外波长准分子激光器发出(KrF:248nm;XeCl:308nm;或者固体激光器:355nm);同时,在一定强度激光照射界面一定次数后,激光释放层20与透明承载基板10之间的粘附强度会显著下降,从而可以将器件层从透明承载基板10上剥离。该释放层与透明承载基板10间的界面粘附强度应具备可调控性质,界面粘附强度可以通过改变激光照射参数控制。如在高能量密度激光多次照射后会与基板分离,而在较低能量、较少照射次数下,界面粘附强度仅有所降低但依然保持部分界面粘附性。有多种

材料具备以上性质,可以用于该种激光剥离方法的激光释放层。如含氢非晶硅(a-Si:H),利用308nm波长的准分子激光照射后,吸收界面温度会上升至数千摄氏度,界面a-Si:H层会融化,氢气溢出,驱使融化后的液态硅向上翻腾,液态硅迅速冷却结晶,形成锥状的由多晶硅组成的表面微结构,该结构会使界面强度显著降低。上述非晶硅重结晶过程是实现界面释放的机理,其表面微结构控制的界面粘附强度与激光照射参数有关。高能激光多次照射后的界面强度会显著低于低能激光较少次照射的界面。对于a-Si(非晶硅层)释放层,该种现象更为明显。a-Si只有在高能激光多次重复照射下,非晶硅层会经历多次重结晶过程,结晶界面会通过形成硅纳米颗粒(SiNPs),降低了其由于与高能准分子激光作用而升高的吉布斯自由能。这些纳米颗粒将会显著降低界面间的接触面积从而实现界面剥离。其硅纳米颗粒形貌可以通过激光参数调控(能量、照射次数)。单晶硅c-Si也存在上述现象。多种材料存在在激光多次照射后重结晶形成纳米尺度微结构的现象来降低其界面粘附强度,其过程可以被激光辐照参数控制,进而实现界面粘附强度调控。具体沉积方式,可以利用PECVD工艺沉积约50nm厚度的释放层,如a-Si。为了对器件层形成保护,在沉积激光释放层后,可以进一步沉积1 μ m厚的隔离层用来隔离激光产生的高温和应力,隔离层可选用二氧化硅材料,同样利用PECVD工艺进行沉积。

[0036] 步骤3:在激光释放层上方,利用传统MEMS工艺制备器件层30,采用该工艺的激光吸收层应具有高度的温度兼容性,如非晶硅可以承受足够高的温度,以满足器件层制作过程中的部分高温工艺,如材料掺杂、退火等。本领域的技术人员应当理解的是,所述柔性器件层可以是柔性显示器、柔性传感阵列、柔性存储器等其他柔性电子器件。另外,激光释放层还可以选SiO₂或SiN_x;非结晶状的离型层,该离型层由受热后可形成片状结晶的材料,离型层转变为容易剥离的层状结构,形成离型层的具有受热后可形成片状结晶特性的材料为过渡金属硫族化合物,例如可以是WS₂、WSe₂、MoS₂、MoSe₂、TiS₂、TiSe₂、SnS₂、Bi₂Te₃、Sb₂Te₃、TaS₂、TaSe₂中的一种或任意组合。

[0037] 步骤4:将光学掩模版40与待剥离基板对齐,设定波长的激光穿过掩模版后,透过透明承载基板10,照射于激光吸收层。该光学掩模版具备如下特性,全透区42和透明度可控的半透区41,两个区域的面积和形状可任意图案化。全透区42允许具有设定波长的激光完全透过,半透区41允许所述具有设定波长的激光部分透过(同时控制激光透过的能量与透过的次数)。激光穿过半透区41对应区域时,相较于全透区42对应区域,半透区对应的区域受到的激光照射次数和照射能量会相应减少和降低,其减少和降低的程度可以通过控制掩模版的参数来调控,即透明度可控的图案化掩模版技术。相较于其他掩模版,该掩模版可以在控制透射激光照射强度的同时,同时控制激光穿透掩模版的次数,这是本发明控制界面粘附强度的关键。一种可以实现该功能的掩模版制备过程会在下文中详细介绍。

[0038] 步骤5:激光透过掩模版照射后,半透区对应界面21的照射次数和照射能量强度明显少于全透区对应区域22。界面22经过高强度激光多次照射,实现界面分离。而界面21照射的强度较低,次数较少,依然保留部分界面强度。界面22与透明承载基板10的界面强度可以通过透明度可控的掩模版来控制,其区域大小可以通过掩模版的图案化工艺来改变。典型的应用可以将半透区分布在基板四周,从而使柔性器件边缘与透明承载基板10之间的粘结强度降低但依然保持粘附。经过激光扫描后,柔性器件尚未从基板分离,方便对柔性器件进行一些后续加工。

[0039] 步骤6: 后续加工完成后, 通过机械分离等手段将柔性器件与透明承载基板10分离, 从而完成剥离步骤。

[0040] 如图2所示, 为该实现发明效果的一种透明度可控的光学掩模版制备过程。准分子激光器难以实时改变激光出射能量和照射频率, 通过控制准分子激光器来实现对不同区域的照射强度和次数的控制较为困难。利用一种光学掩模版, 在不改变激光器照射参数的条件下, 可以实现对不同区域照射次数和照射强度的控制。可以在掩模版四周布置半透区41, 而其大部分区域布置全透区42, 其边长比可以为1:20, 适当比例的半透区既保证了足够大粘附力, 使激光扫描后器件不会提前脱离基底, 又方便了后续的剥离过程, 可以通过适当加载手段就可以轻易剥离器件。本发明提供的一种图案化的可以控制激光透射次数与透射强度的光学掩模版制造步骤如下:

[0041] 步骤1: 清洗透明基板70, 该透明基板70需要对设定波长具备透过性, 如针对308nm的准分子激光, 其对308nm紫外波长的激光具备高透过性。透明基板70可以为石英玻璃, 蓝宝石基板或玻璃片等; 激光可以由紫外波长准分子激光器发出 (KrF:248nm; XeCl:308nm; 或者固体激光器:355nm);

[0042] 步骤2: 在透明基板70上利用图案化工艺沉积吸光材料80, 该材料需要对激光有一定透过性, 激光穿透该材料后, 会有一部分能量被吸收, 穿透后的能量大小可以通过调整沉积材料的厚度来控制。吸光材料可以为铟锡氧化物 (ITO) 或铟镓锌氧化物 (IGZO); 具体的图案化工艺, 可以使用正胶翻转光刻工艺。对需要沉积吸光材料的区域预先曝光。沉积完成后, 将未曝光的光刻胶洗去, 即可留下预先曝光的区域, 实现沉积材料的图案化。理想的吸光材料可以选用ITO材料。该材料为透明材料, 但对设定波长的激光有一定的吸收性, 如针对308nm的准分子激光, 通过磁控溅射工艺沉积的200nm厚的ITO材料, 其对激光的吸收率为54%, 通过沉积约200nm后的ITO层, 可以将透过的激光能量降低约50%, 通过控制ITO沉积的厚度, 可以实现对半透区域透射能量的控制。

[0043] 步骤3: 在沉积半透明吸收层反面旋涂与激光发生作用的聚合物材料90, 该种材料需要与设定波长激光发生烧蚀作用, 同时需要有较强的烧蚀率和吸收率。且烧蚀作用需要为光化学反应, 产生气体而非固体碎片, 避免对掩模版造成污染。针对308nm波长的准分子激光, 该聚合物可以选用含三氮烯 (triazene) 的聚合物, 该种材料可以与激光发生光化学反应, 产生气体, 烧蚀界面光滑, 且烧蚀率较高 (在0.2J/cm²的能量密度下, 其单次烧蚀深度为400nm), 当然其他针对该波长的光刻胶材料也能满足要求。旋涂一定厚度的该种材料, 该种材料的厚度与其烧蚀率决定了其阻挡激光的次数, 也决定了其调控激光照射次数的能力。如4μm厚的三氮烯, 在0.2J/cm²的能量密度下, 可以阻挡约10次左右的激光。将该厚度聚合物图案化后, 透过该聚合物对应区域的照射次数将比无聚合物区域少约10次, 因为最初照射的10次激光脉冲被聚合物完全吸收。

[0044] 步骤4, 可以通过步骤2图案化沉积的吸光材料80来图案化聚合物材料层。将设定波长的激光50透过吸光材料, 穿透透明基板70照射聚合物材料层。该激光的能量刚刚高于聚合物发生烧蚀的所需要的能量阈值, 被吸光材料减弱的区域, 激光能量未能达到聚合物发生烧蚀所需要的能量阈值, 聚合物得以保留91。透光区域的聚合物则被烧蚀92。烧蚀后的聚合物材料层实现图案化, 且图案的形状与透明基板70上方沉积的吸光材料一致。实现聚合物与吸光材料图案化后, 聚合物材料层实现对入射激光的阻挡, 一定次数的照射被聚合

层吸收,可以减少一定次数的激光照射。聚合物材料层被烧蚀后,激光透过透明基板70,其部分能量被透明基板70反面的吸光材料吸收,激光强度明显减弱。进而实现同时降低半透区对应区域的照射次数与透射激光强度的目的。

[0045] 如图3所示,为该掩膜版调控激光照射次数与照射光强过程示意图。将图案化后的聚合物材料层朝上,激光50先照射聚合物90的一面。全透区的透明基板70对入射激光影响可以忽略。对于半透区,激光先照射聚合物,聚合物被高能激光烧蚀92,烧蚀深度与激光入射能量有关。特殊的,选用三氮烯材料作为聚合物材料层,其厚度可以为 $10\mu\text{m}$,选用 200nm 厚的ITO材料作为吸光材料。利用 308nm 波长的准分子激光,在 $0.6\text{J}/\text{cm}^2$ 的能量密度下,按照单位面积照射20次的扫描参数透过该掩膜版照射。聚合物材料层在该能量密度的激光照射下,其单次照射被烧蚀深度为 800nm , $10\mu\text{m}$ 厚度的聚合物可以阻挡激光照射约12次,聚合物被烧蚀后,激光继续透过透明基板70与吸光材料,部分能量被吸光材料吸收,透射部分的激光53的能量密度降低为 $0.3\text{J}/\text{cm}^2$ 。利用该掩膜版,半透区对应区域界面在被照射次数减少一半以上的同时,被照射激光能量也减少一半,从而实现对半透区对应界面粘附强度的调控。可以通过改变激光照射参数、掩膜版聚合物的材料与厚度,吸光层的材料与厚度,调节半透区与全透区的对应界面区域的激光照射能量与照射次数的差异,利用不同激光辐照参数,实现对不同区域界面粘附强度的调控。

[0046] 如图4所示,通过改变对不同区域照射激光的强度与照射次数,可以调节激光释放层与透明承载基板10间接触界面的形貌,其形貌会极大地影响其界面的粘附强度,进而实现对界面粘附强度的控制。当利用较低能量的激光51,且照射次数较少时,其接触界面形成的纳米尺度的微结构61(山丘状),此时接触面积依然较大,其界面粘附强度虽然有所降低但依然保留部分界面粘附性。当采用高能激光52,重复多次照射时,其接触界面形成的更加尖锐的纳米尺度微结构62(尖峰状),其接触面积显著减少,界面强度显著降低,从而实现界面释放。特殊的如对于含氢非晶硅,采用不同的照射参数会对其界面微结构形貌有显著影响。利用 $0.4\text{J}/\text{cm}^2$ 能量密度的准分子激光照射其表面,照射50次后其界面表面微结构形貌较照射1次相比:其微结构平均间距变化不大,但其表面钉状微结构的高度变为后者三倍以上,其表面形貌有显著变化;同时,在固定照射次数的情况下,利用 $0.5\text{J}/\text{cm}^2$ 与 $0.2\text{J}/\text{cm}^2$ 能量密度的准分子激光照射分别照射含氢非晶硅表面100次,前者界面的钉状微结构的高度为后者的三倍以上。界面凸起越高,钉状微结构越尖锐,界面间的接触面积越小,界面强度越低。脱氢后的非晶硅其界面可调控性较含氢非晶硅更优,需要利用能量密度更高的激光($0.8\text{J}/\text{cm}^2$)多次照射才能使界面分离,但同时其能承受更高的工艺温度(700°C 以上),界面粘附强度的可调控范围更大,因此可以用作本发明的理想的激光剥离释放层材料,实现界面调控的目的。

[0047] 如图5所示,为该发明的图案化调控界面粘附强度的典型应用,典型的应用可以将半透区41分布在掩膜版四周,经过激光照射后,全透区42对应区域实现界面分离,而半透区域使柔性器件边缘与透明基板70之间的粘结强度降低,但依然保持界面粘附,从而使器件在经过激光扫描后依然粘附与透明基板70。经过激光扫描后,柔性器件若尚未从基板完全分离,可以对柔性器件进行一些后续加工,方便其采用刚性基板方式进行物流等操作。后续加工完成后,较少的粘附区域面积与较低的粘附强度方便其通过机械分离等手段将柔性器件边缘与透明基板70分离,从而完成剥离步骤,该方法有助于提高工艺良率与效率。

[0048] 图6为该发明实现过程的三维示意图。利用该三维视图可以更清楚的理解该技术的实现过程。将透明度可控的图案化掩膜版40与待剥离基板边缘对齐,待剥离基板由透明承载基板10、激光释放层20与器件层30组成。激光50穿过掩膜版40后透过透明承载基板10照射于激光释放层20。经过掩膜版半透区的激光50,其强度被减弱且照射次数被减少,激光释放层界面经过较低能量的激光照射,且照射次数较少时,其接触界面形成的纳米尺度的微结构(山丘状)61,其界面间依然存在部分粘附强度。经过掩膜版全透区的激光50未受影响,激光释放层界面经过较高能量的激光照射,且照射次数较多时,其接触界面形成的纳米尺度的微结构(尖峰状),该微结构显著降低界面间接触面积,实现界面释放。激光扫描完毕后,全透区对应的释放层界面22实现界面分离,半透区对应的释放层界面21粘结强度虽然降低但依然保持界面粘附,使剥离后的器件层30和激光释放层并未完全与透明承载基板10分离,激光释放层20依然有部分粘附于透明承载基板10上,以方便后续运输与加工步骤。后续工艺完成后,通过机械分离等手段将柔性器件边缘半透区对应的释放层界面21与透明承载基板10分离,从而完成剥离步骤。

[0049] 本领域的技术人员容易理解,以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。



图1 (a)



图1 (b)

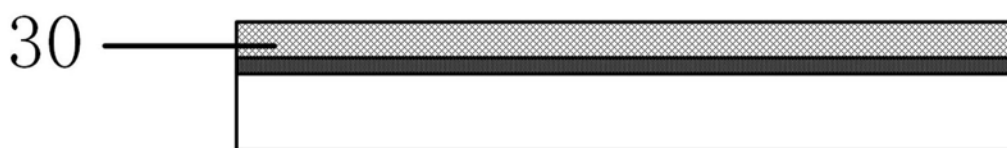


图1 (c)

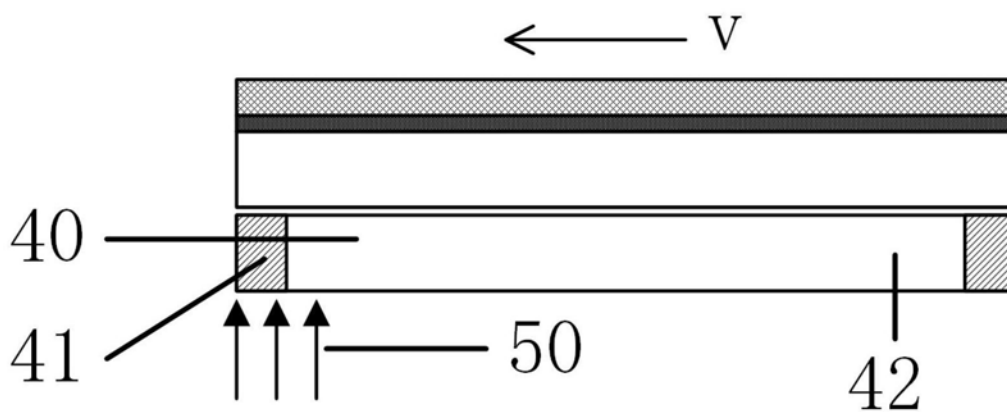


图1 (d)

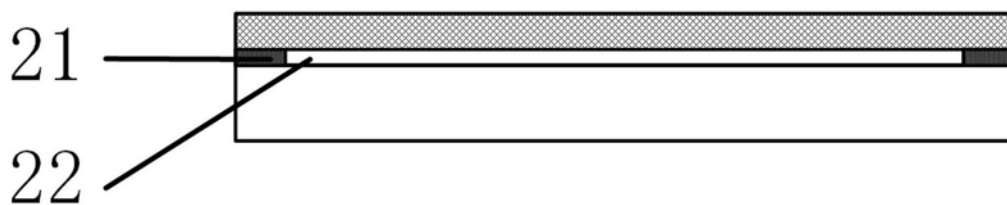


图1 (e)

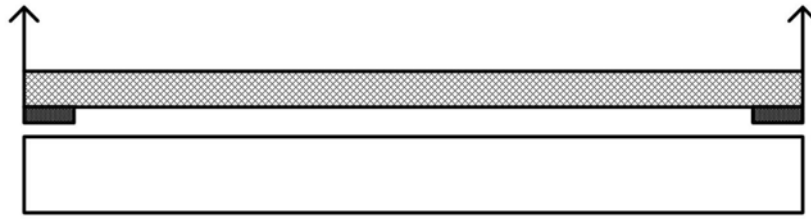


图1 (f)



图2 (a)



图2 (b)



图2 (c)

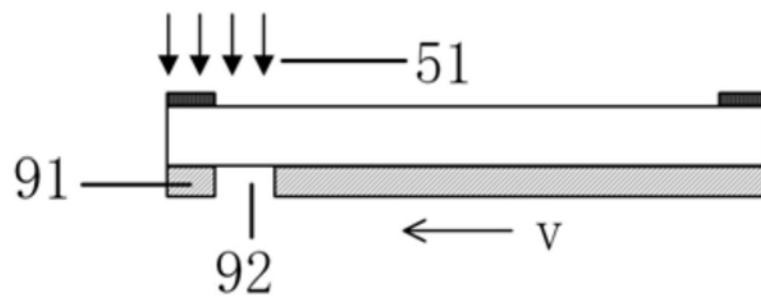


图2 (d)

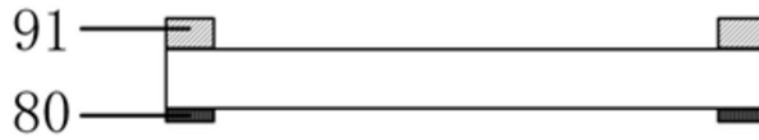


图2(e)

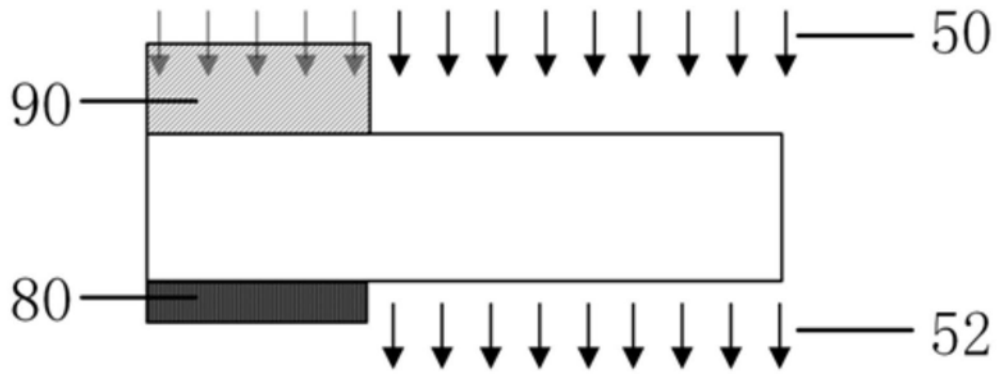


图3(a)

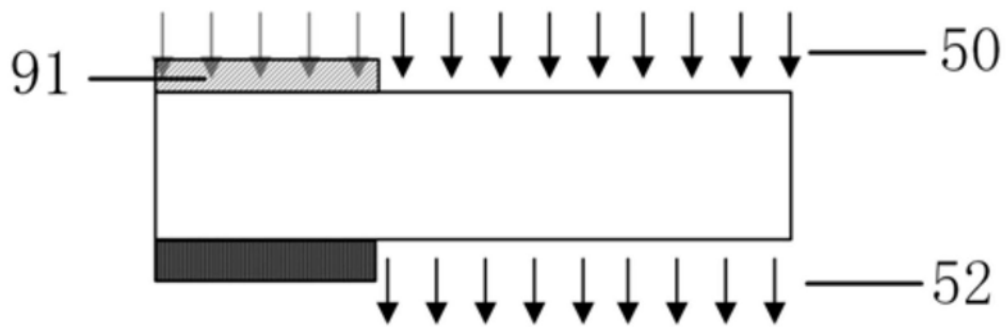


图3(b)

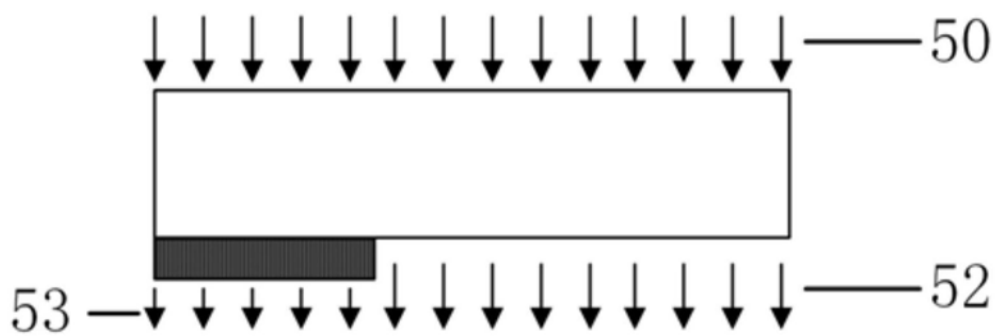


图3(c)

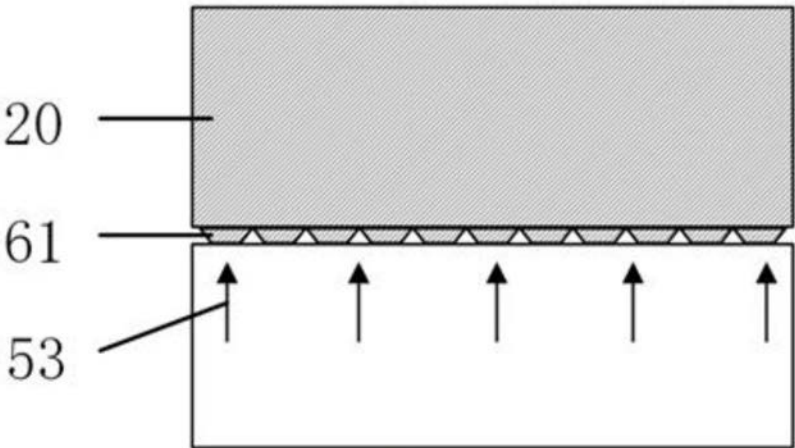


图4 (a)

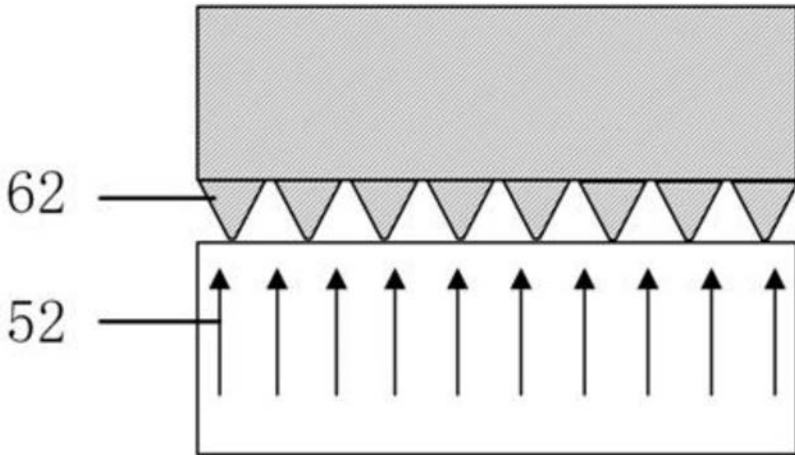


图4 (b)

图4

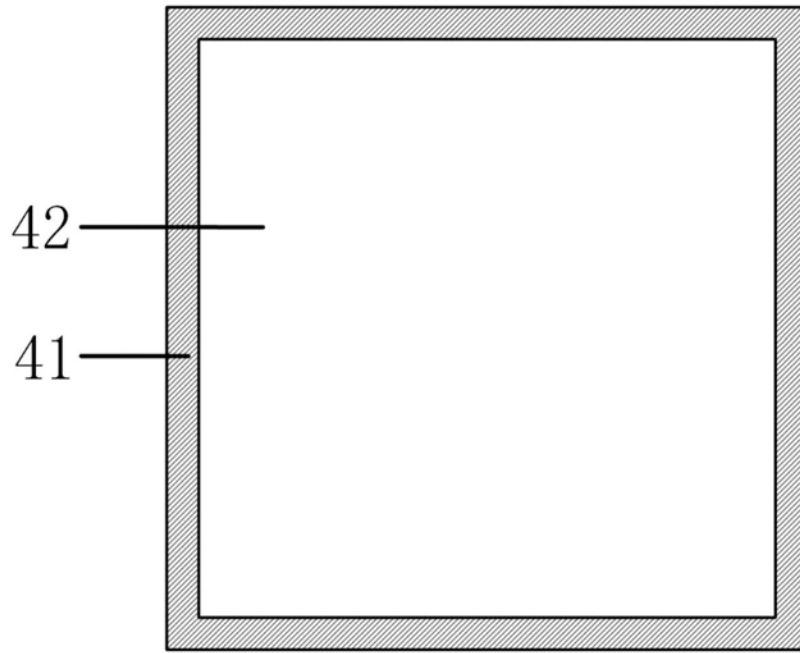


图5

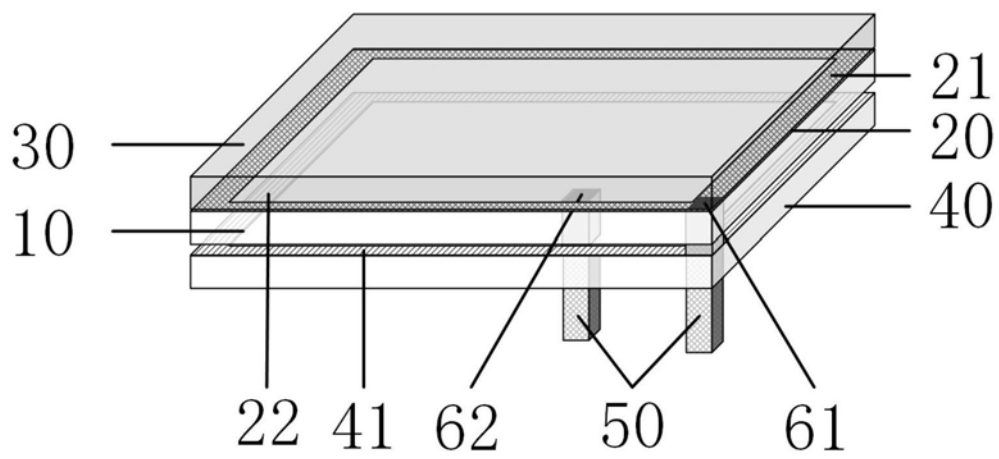


图6