



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105304467 B

(45)授权公告日 2018.12.18

(21)申请号 201510295774.6

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2015.06.02

H01L 21/02(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

(56)对比文件

申请公布号 CN 105304467 A

CN 102695914 A, 2012.09.26, 说明书第
[0126]-[0142], [0185]段、附图11-12, 25.

(43)申请公布日 2016.02.03

WO 2013/053052 A1, 2013.04.18, 说明书第

(30)优先权数据

7页第6行至第9页第2段、附图1.

62/007,624 2014.06.04 US

WO 2008/057483 A2, 2008.05.15, 全文.

(73)专利权人 迪夫泰克激光公司

审查员 刘婧

地址 加拿大安大略省

(72)发明人 道格拉斯·R·迪卡尔

(74)专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

代理人 庞东成 武肅

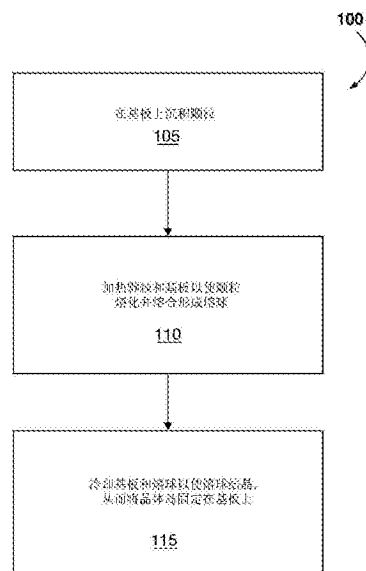
权利要求书3页 说明书9页 附图14页

(54)发明名称

制造基板上的晶体岛的方法

(57)摘要

本发明涉及制造基板上的晶体岛的方法。某些电子应用如OLED显示器背板需要在大面积上分布的高品质半导体材料的小岛。该面积可能超出了利用传统的基于晶锭的技术所能够制造的晶体半导体晶片的面积。本说明书提供了一种制造岛材料的晶体岛的方法,所述方法包括:邻接基板沉积岛材料的颗粒;加热所述基板和所述岛材料的颗粒以使所述颗粒熔化并熔合以形成熔球;和冷却所述基板和所述熔球以使所述熔球结晶,从而将所述岛材料的晶体岛固定在所述基板上。所述方法还可用于制造在大面积上分布的晶体岛阵列,所述大面积可能超出了利用基于晶锭的技术所能够制造的晶体半导体晶片的面积。



1. 一种制造岛材料的晶体岛的方法,所述方法包括:
邻接基板沉积所述岛材料的颗粒;
加热所述基板和所述岛材料的颗粒以使所述颗粒熔化并熔合在一起形成熔球;
冷却所述基板和所述熔球以使所述熔球结晶,从而将所述岛材料的晶体岛固定在所述基板上;和
使所述晶体岛的至少一部分平坦化从而暴露出所述晶体岛的截面。
2. 如权利要求1所述的方法,其中,所述晶体岛包含所述岛材料的单晶或所述岛材料的多晶形式。
3. 如权利要求1所述的方法,其中,所述固定步骤包括:使所述熔球以小于90度的润湿角润湿所述基板,并将所述晶体岛附着于所述基板上。
4. 如权利要求1所述的方法,其中,所述沉积步骤包括:
在所述基板中形成凹陷;和
将所述岛材料的颗粒转移到所述凹陷中。
5. 如权利要求4所述的方法,其中,所述固定步骤包括使所述凹陷的部分表面包封所述晶体岛的部分表面。
6. 如权利要求4所述的方法,其中,将所述凹陷成形为具有至少一个顶点。
7. 如权利要求4所述的方法,其中,所述凹陷包括:
第一凹陷;和
在所述第一凹陷中的第二凹陷,所述第二凹陷比所述第一凹陷更小并且更深。
8. 如权利要求4所述的方法,其中,所述转移步骤包括以下步骤中的一个或多个:
用刮板将所述岛材料的颗粒刮抹到所述凹陷中;和
利用带电针将所述岛材料的颗粒静电沉积到所述凹陷中。
9. 如权利要求4所述的方法,其中,
所述转移步骤包括
使悬浮液流到所述基板上并流入所述凹陷中,所述悬浮液包含所述岛材料的颗粒在载体介质中的分散体;和
刮去位于所述基板上的在所述凹陷外的所述悬浮液;并且
所述加热步骤还包括:
在使所述岛材料的颗粒熔化并熔合之前去除所述载体介质。
10. 如权利要求1所述的方法,其中,所述冷却步骤包括以下步骤中的一个或多个:
氧化所述熔球的外表面;
使所述熔球过冷却;和
对所述基板施加物理冲击。
11. 如权利要求1所述的方法,其中:
所述沉积步骤包括将所述岛材料的颗粒转移到所述基板中的通孔中。
12. 如权利要求11所述的方法,其中,在所述通孔的第二末端施加压力,以将所述熔球部分地推出所述通孔的第一末端,从而形成凸起的弯月面。
13. 如权利要求11所述的方法,其中,所述固定步骤包括:
使所述通孔的部分表面包封所述晶体岛的部分表面。

14. 如权利要求12所述的方法,所述方法还包括:

在冷却以使所述熔球结晶之后,使所述弯月面的一部分平坦化从而暴露出所述晶体岛的截面。

15. 如权利要求11所述的方法,其中,所述基板的在所述通孔外侧并且与所述通孔的第一末端相邻的部分表面与所述熔球的润湿角小于90度。

16. 如权利要求1所述的方法,其中:

所述沉积步骤包括:

将所述岛材料的颗粒分散在载体介质中以产生悬浮液;和

将所述悬浮液转移到所述基板上,并且

所述加热步骤还包括:

在使所述岛材料的颗粒熔化并熔合之前去除所述载体介质。

17. 如权利要求16所述的方法,其中,所述转移步骤包括以下步骤中的一个或多个:

将所述悬浮液压印在所述基板上;

将所述悬浮液丝网印刷在所述基板上;

将所述悬浮液喷墨印刷在所述基板上;和

将所述悬浮液旋涂在所述基板上,并以刻蚀方式将所旋涂的悬浮液图案化。

18. 如权利要求1所述的方法,其中:

所述沉积步骤包括:

将所述岛材料的颗粒分散在载体介质中以产生悬浮液;

将所述悬浮液形成为片;

使所述片固化以形成固体片;

通过去除所述片的一个或多个部分而将所述固体片图案化,以形成图案化的片;和

将所述图案化的片覆盖在所述基板上;并且

所述加热步骤还包括:

在使所述岛材料的颗粒熔化并熔合之前去除所述载体介质。

19. 如权利要求1所述的方法,其中:

所述熔球与所述基板表面的接触所述熔球的第一部分具有第一润湿角,并与所述基板表面的第二部分具有第二润湿角,所述第二部分邻接所述第一部分,并且所述第二润湿角大于所述第一润湿角。

20. 如权利要求1所述的方法,其中,所述基板的与所述熔球接触的区域包括下述中的一种或多种:

一个或多个引导凸起,

一个或多个引导凹陷,和

金属网格,

以用于在所述熔球冷却时控制结晶的初始化。

21. 如权利要求1所述的方法,其中,所述基板在所述岛材料熔点20℃以内的温度下的热膨胀系数(CTE)与所述岛材料在所述岛材料的熔点下的热膨胀系数匹配。

22. 如权利要求1所述的方法,其中,所述岛材料包含硅。

23. 如权利要求1所述的方法,其中,所述基板包含氧化铝。

24. 如权利要求1所述的方法,其中,所述固定步骤包括以包覆层包覆所述晶体岛和所述基板,从而形成叠层体,由此使所述晶体岛夹在所述基板和所述包覆层之间。

25. 如权利要求24所述的方法,所述方法还包括使所述叠层体平坦化从而暴露出所述晶体岛的截面。

制造基板上的晶体岛的方法

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2014年6月4日递交的美国临时专利申请62/007624号的优先权,通过引用将该临时申请并入本文。

技术领域

[0003] 本发明涉及邻接基板的一个或多个岛材料晶体岛的制造方法。

背景技术

[0004] 某些电子应用如OLED显示器背板需要在大面积上分布的高品质半导体材料的小岛。该面积在对角线上可以为50英寸以上,超出了利用传统的基于晶锭(boule)的技术所能够制造的晶体半导体晶片的尺寸。

[0005] WO 2013/053052 A1 (通过引用将其并入本文)公开了以下内容:制造大量的小型、松散的晶体半导体球体。随后将这些球体分布在图案化的基板上并以预定位置固定在所述基板上,从而在所述基板上形成球体的阵列。将球体平坦化,使各球体的截面暴露,由此提供高品质的晶体半导体岛阵列,以用于在整体平坦化的表面上进行器件制造。

[0006] 美国专利第4,637,855号 (通过引用将其并入本文)公开了通过以下方式在基板上制造硅球体:将冶金级硅的浆料施加在所述基板上,随后将浆料层图案化以提供均一尺寸的冶金硅区域。然后加热所述基板以熔化硅,其随后在表面上成珠,从而形成熔融的硅球,所述硅球随后冷却而结晶化。所述球体对基板具有非常弱的粘附,通过简单地将其敲松脱可容易地使其从基板上脱离。收集松脱的球体并进行进一步加工。

[0007] US 2012/0067273 A1 (通过引用将其并入本文)公开了通过以下方式制造硅晶片:使基板接触熔融硅的储库,在基板上形成固体硅层,随后使该固体层与基板脱离。所公开的方法可潜在地用于制造大面积的硅晶片。

发明内容

[0008] 本文提供了邻接基板的一个或多个岛材料晶体岛的制造方法。对于各晶体岛,使岛材料颗粒邻接基板沉积,随后加热所述基板和颗粒以使所述颗粒熔化并熔合,从而形成各个熔球。随后冷却所述基板和各熔球以使熔球结晶,从而将晶体岛固定到所述基板上。

[0009] 该方法可允许利用粒状原料制造晶体岛。另外,在一些实施方式中,固定在基板上的晶体岛可允许对岛进行进一步加工;例如,使各晶体岛的至少一部分平坦化从而暴露各岛的截面。如果晶体岛是品质足够高的晶体半导体,这些截面随后可用于制造电子器件。该方法还可用于制造晶体岛阵列,所述晶体岛阵列分布在一定区域上,此区域可能超过利用传统基于晶锭的技术能够制造的晶体半导体晶片的面积。

[0010] 根据本发明的一个方面,提供了制造岛材料的晶体岛的方法,所述方法包括:邻接基板沉积所述岛材料的颗粒;加热所述基板和所述岛材料的颗粒以使所述颗粒熔化并熔合,从而形成熔球;并且冷却所述基板和所述熔球以使所述熔球结晶,从而将所述岛材料的

晶体岛固定在所述基板上。

[0011] 所述晶体岛可包含所述岛材料的单晶或所述岛材料的多晶形式。

[0012] 所述方法还可包括使所述晶体岛的至少一部分平坦化从而暴露出所述晶体岛的截面。

[0013] 所述固定步骤可包括以小于约90度的润湿角使所述熔球润湿所述基板并使所述晶体岛附着于所述基板上。

[0014] 所述沉积步骤可包括在所述基板中形成凹陷和将岛材料的颗粒转移到所述凹陷中。

[0015] 当所述沉积步骤包括形成凹陷和将岛材料的颗粒转移到所述凹陷中时,所述固定步骤可包括使所述凹陷的部分表面包封所述晶体岛的部分表面。

[0016] 当所述沉积步骤包括形成凹陷和将岛材料的颗粒转移到所述凹陷中时,可将所述凹陷成形为具有至少一个顶点。

[0017] 当所述沉积步骤包括形成凹陷和将岛材料的颗粒转移到所述凹陷中时,所述凹陷可包括第一凹陷和第一凹陷中的第二凹陷,第二凹陷比第一凹陷小且更深。

[0018] 当所述沉积步骤包括形成凹陷和将岛材料的颗粒转移到所述凹陷中时,所述转移步骤可包括以下步骤中的一个或多个:将所述岛材料的颗粒用刮片刮抹到所述凹陷中;和利用带电针使所述岛材料的颗粒静电沉积到所述凹陷中。

[0019] 当所述沉积步骤包括形成凹陷和将岛材料的颗粒转移到所述凹陷中时,所述转移步骤可包括:使悬浮液流到所述基板上并流入所述凹陷中,所述悬浮液包含所述岛材料的颗粒在载体介质中的分散体,和刮去位于所述基板上的在所述凹陷外的悬浮液;并且所述加热步骤还可包括:在使所述岛材料的颗粒熔化并熔合之前去除所述载体介质。

[0020] 所述冷却步骤可包括以下步骤中的一个或多个:氧化所述熔球的外表面;使所述熔球过冷却;和对所述基板施加物理冲击。

[0021] 所述沉积步骤可包括将岛材料的颗粒转移到基板中的通孔(through hole)中。

[0022] 当沉积步骤包括将岛材料的颗粒转移到基板中的通孔中时,可在所述通孔的第二末端施加压力,以将所述熔球部分地推出所述通孔的第一末端外,从而形成凸起的弯月面。

[0023] 当沉积步骤包括将岛材料的颗粒转移到基板中的通孔中时,所述固定步骤可包括使所述通孔的部分表面包封所述晶体岛的部分表面。

[0024] 当沉积步骤包括将岛材料的颗粒转移到基板中的通孔中时,所述方法还可包括:在冷却以使所述熔球结晶之后,使所述弯月面的一部分平坦化从而暴露出所述晶体岛的截面。

[0025] 当沉积步骤包括将岛材料的颗粒转移到基板中的通孔中时,在所述通孔外侧并且与所述通孔的第一末端相邻的基板表面部分与所述熔球的润湿角可小于约90度。

[0026] 所述沉积步骤可包括将岛材料的颗粒分散在载体介质中以产生悬浮液并将所述悬浮液转移到基板上,并且所述加热步骤还可包括在使所述岛材料的颗粒熔化并熔合之前去除所述载体介质。

[0027] 当所述沉积步骤可包括将岛材料的颗粒分散在载体介质中以产生悬浮液并将所述悬浮液转移到基板上、并且所述加热步骤还可包括在使所述岛材料的颗粒熔化并熔合之前去除所述载体介质时,所述转移步骤可包括以下步骤中的一个或多个:将所述悬浮液压

印(stamping)在基板上;将所述悬浮液丝网印刷在基板上;将所述悬浮液喷墨印刷在基板上;和将所述悬浮液旋涂在基板上并以刻蚀(lithography)方式将所旋涂的悬浮液图案化。

[0028] 所述沉积步骤可包括:将岛材料的颗粒分散在载体介质中以产生悬浮液;将所述悬浮液形成片;使所述片固化形成固体片;去除所述片的一个或多个部分以将所述固体片图案化,从而形成图案化的片;和将所述图案化的片覆盖在基板上;并且所述加热步骤还可包括:在使所述岛材料的颗粒熔化并熔合之前去除所述载体介质。

[0029] 所述熔球可与基板表面的与所述熔球接触的第一部分具有第一润湿角,并可与所述基板表面的第二部分具有第二润湿角,第二部分邻接第一部分,并且第二润湿角大于第一润湿角。

[0030] 基板的与所述熔球接触的区域可包括一个或多个引导凸起、一个或多个引导凹陷和金属网格中的一种或多种,以在所述熔球冷却时控制结晶化的起始。

[0031] 所述基板的在所述岛材料熔点约20℃以内的温度下的热膨胀系数(CTE)可与所述岛材料在所述岛材料的熔点下的CTE匹配。

[0032] 所述岛材料可包含硅。

[0033] 所述基板可包含氧化铝。

[0034] 所述固定步骤可包括以包覆层包覆所述晶体岛和所述基板,从而形成叠层体,由此使所述晶体岛层夹在所述基板和所述包覆层之间。

[0035] 当所述固定步骤包括以包覆层包覆所述晶体岛和所述基板从而形成叠层体由此使所述晶体岛层夹在所述基板和所述包覆层之间时,所述方法还可包括使所述叠层体平坦化从而暴露出所述晶体岛的截面。

[0036] 根据本发明的另一方面,提供了一种制造岛材料的晶体岛的方法,所述方法包括:在第一基板上沉积所述岛材料的颗粒;通过放置与第一基板相邻的第二基板,将所述岛材料的颗粒层夹在第一基板和第二基板之间;加热第一基板、第二基板和所述岛材料的颗粒以使所述颗粒熔化并熔合以形成熔球;冷却第一基板、第二基板和所述熔球以使所述熔球结晶,从而形成所述岛材料的晶体岛。

[0037] 所述冷却步骤还可包括以下步骤中的一个或多个:对所述熔球施加压力脉冲;对所述熔球添加晶种;和使所述熔球过冷却。

[0038] 第一基板可具有第一区域,其是第一基板的与所述熔球接触的部分表面;并且第二基板可具有第二区域,其是第二基板的与所述熔球接触的部分表面;并且第一区域和第二区域中的一个或多个可包括一个或多个凸起、一个或多个凹陷和金属网格中的一种或多种,以在所述熔球冷却时控制结晶化的起始。

附图说明

[0039] 为了更好地理解本文描述的各种实施形式,并更清楚地展示出它们如何实施,现将仅以实例方式描述附图,附图中:

[0040] 图1描绘了非限制性实施形式的制造邻接基板的晶体岛的方法。

[0041] 图2描绘了非限制性实施形式的基板上的晶体岛的顶部透视图。

[0042] 图3描绘了非限制性实施形式的具有凹陷的基板的顶部透视图。

[0043] 图4描绘了非限制性实施形式的凹陷的一些可能的形状。

- [0044] 图5描绘了非限制性实施形式的在凹陷内具有凹陷的基板的顶部透视图。
- [0045] 图6a至6d描绘了非限制性实施形式的在凹陷中形成晶体岛的不同阶段的在凹陷内具有凹陷的基板的截面图。
- [0046] 图7描绘了非限制性实施形式的在凹陷内具有凹陷的基板的截面图。
- [0047] 图8描绘了非限制性实施形式的在凹陷内具有凹陷的基板的截面图。
- [0048] 图9a至9c描绘了非限制性实施形式的在通孔中形成晶体岛的不同阶段的具有通孔的基板的截面图。
- [0049] 图10描绘了非限制性实施形式的在基板上沉积岛材料颗粒的方法。
- [0050] 图11描绘了非限制性实施形式的基板上的晶体岛(二者均被包覆)的截面图。
- [0051] 图12描绘了非限制性实施形式的基板上的晶体岛(二者均被包覆)的截面图。
- [0052] 图13描绘了非限制性实施形式的在两个基板之间层夹的晶体岛的制造方法。
- [0053] 图14描绘了非限制性实施形式的在两个基板之间层夹的熔球的截面图。
- [0054] 图15描绘了非限制性实施形式的基板上的金字塔体阵列和邻接的晶粒的俯视平面图。
- [0055] 图16描绘了非限制性实施形式的在两个基板之间层夹的熔球的截面图。

具体实施方式

[0056] 图1所示的方法100反映出了本发明的实施方式。方法100可用于制造邻接基板、在基板上或基板内的晶体岛。首先,如框105所示,可邻接基板、在基板上或基板内沉积岛材料。岛材料可为粒状形式。岛材料的颗粒可沉积在相对于基板的预定位置,其可包括但不限于沉积在基板的全部或部分表面上。岛材料的颗粒可作为基本纯的粉末、具有一些添加剂或杂志的粉末或作为悬浮在载体介质中的岛材料颗粒而沉积。添加剂可用于对岛材料进行掺杂、合金化或以其他方式混配。

[0057] 接下来,如框110所示,可将所述基板和所述岛材料的颗粒加热。加热可通过传导、对流和/或辐射加热进行,并可在炉、窑或本领域技术人员已知的其他合适的加热设备中进行。加热使岛材料颗粒熔化并熔合以形成岛材料的熔球。当载体介质用于沉积岛材料时,加热可在熔化并熔合岛材料颗粒之前蒸发、烧除或以其他方式去除载体介质。可选择岛和基板材料以使基板在熔化并熔合岛材料颗粒所需的温度下不熔化。

[0058] 接下来,如框115所示,冷却所述基板和熔球以使熔球结晶,从而将所得的晶体岛固定在所述基板上。在一些实施方式中,岛固定的强度足以允许对岛的机械抛光或其他研磨加工,从而暴露出岛的截面,并且不会使岛从所述基板上脱移。

[0059] 图2显示出在基板205上形成的晶体岛210的阵列。方法100可用于制造一个或任何数量的晶体岛。当形成多个岛时,可以将它们以有序的阵列排布,或者可以以不具有可察觉的周期性次序分布在基板上。在一些实施方式中,已知各岛210相对于基板205的位置可允许对岛进行后续加工。

[0060] 岛210可以为单晶或多晶。也可以形成纳米晶体岛和非晶岛。在一些实施方式中,在形成岛210后,将它们平坦化、磨蚀或以其他方式对其进行操作,以便从其表面上去除某种材料,从而暴露各岛的截面。例如当岛由诸如硅等半导体形成时,该暴露出的截面随后可用于制造电子器件。

[0061] 当起始粒状岛材料具有杂质时,方法100所述的熔化和结晶过程可通过以下方式减少晶体岛内的杂质:随着晶格开始在熔球内形成,将杂质推向各个熔球的表面(即,被称为吸杂(gettering)的过程)。晶格于是倾向于排斥任何干扰其原子有序排布的杂质,从而将至少一部分杂质从晶体内排出。当晶体岛为多晶时,杂质被推向晶体之间的晶界。

[0062] 在一些实施方式中,通过将岛材料转移到基板表面中形成的一个或多个凹陷中而将所述岛材料的颗粒沉积在所述基板上。图3显示出了基板305中的凹陷310。在一些实施方式中,可形成多个凹陷,所述多个凹陷可排布为有序阵列。凹陷可以通过刻蚀形成,或利用本领域技术人员已知的其他方式形成,所述方式包括但不限于激光烧蚀或利用光刻限定的掩膜的局部蚀刻。

[0063] 凹陷310含有熔球,并可用于使熔球和所得晶体岛相对于基板305更精确地定位。另外,通过提供结晶起始用的成核位点,凹陷的形状可引导结晶过程。在一些实施方式中,如图4所示,凹陷可具有相对于凹陷405、410、415和420的一个或多个顶点425。顶点425例如在凹陷420的情况下可位于锥体的末端,或如凹陷405和415中所示位于部分倒锥体的末端。凹陷可具有如凹陷410和415所示的多个顶点。具有顶点425形式的多个成核位点增加了岛为多晶型的可能性,并降低了形成单晶岛的可能性。成核位点还可以是陷入或突出凹陷310的表面的更小的三维凹陷或凸起。这种更小的凹陷可具有一个或多个顶点(未示出)。这些顶点可进而作为熔球结晶的成核位点。

[0064] 如图5所示,在一些实施方式中,基板505可具有较大并且较浅的凹陷510,其中可存在较小并且较深的凹陷515。

[0065] 图6a至6d显示出基板605的截面,其具有较大的凹陷610和凹陷610内的较小并且较深的凹陷615。如图6b所示,可沉积岛材料的颗粒620以填充较大凹陷610和较小凹陷615。如图6c所示,当颗粒620熔化时,其熔合形成熔球625。熔球的表面张力可将其牵拉为近似球形,其随后冷却并结晶形成晶体岛。如图6d所示,可将晶体岛和/或基板605平坦化从而在基板605中产生晶体岛630。凹陷610可充当最终形成熔球625的岛材料颗粒的储库。凹陷615进而用于使熔球625定位,并利用以上参考图5所述的顶点启动其结晶。

[0066] 凹陷610和615的相对体积可决定熔球的尺寸。该相对体积与凹陷610和615的深度一起可决定基板605的不同深度处的晶体岛630的截面尺寸。当岛材料的颗粒620熔合形成熔球625使凹陷610的至少一部分体积变空时,可在熔球625结晶后将该空白空间回填。该回填可有助于形成平坦表面。

[0067] 图7显示了具有大凹陷710和大凹陷710内的小凹陷715的基板705的侧视截面。如该截面所示,小凹陷715的表面包封超过一半的熔球725(以虚线显示),从而将结晶的熔球725物理固定在基板上。即使在小凹陷715的表面包封小于一半的熔球725的实施方式中,该包封可依然有助于将晶体岛物理固定在基板上。凹陷715的形状不限于球形的一部分。可以使用任何适合形状。当期望将晶体岛物理固定在基板上时,可采用这样形状的凹陷715:熔球可流入该形状,但固体晶体岛不能从凹陷715中物理移出。凹陷715的这种形状的实例可以为任何以下形状:凹陷715的开口小于晶体岛的必须通过该开口以将晶体岛移出凹陷715的最大尺寸。

[0068] 图8显示了具有大凹陷810和大凹陷810内的小凹陷815的基板805的侧视截面。小凹陷815具有伸入将被熔球840占据的空间的凸起820。凸起820可具有至少一个顶点825。作

为凸起820的替代或补充,小凹陷815可具有在小凹陷815表面中的另外的凹陷830。另外的凹陷830可具有至少一个顶点835。还可以将另外的凹陷830描述为从将被熔球840占据的空间向小凹陷815内的凸起。凹陷815可具有任意数量或组合的凸起820和另外的凹陷830。顶点825和835可形成用于启动熔球840结晶的成核位点。一旦熔球840结晶,凸起820和另外的凹陷830可有助于将结晶的岛物理固定在凹陷815中,并进而将晶体岛固定在基板805上。

[0069] 参考图7和8讨论的固定手段还可用在单级凹陷中,如图3所示的凹陷310。除了这些将晶体岛物理固定在基板上的手段外,还可以使用表面粘附来将晶体岛固定在基板上。例如,如果熔球与基板的润湿角小于约 90° ,则熔球充分润湿基板表面并有助于将结晶的岛固定至基板表面。

[0070] 当粒状岛材料为松散粉末形式时,可利用以下方式将其转移到基板中的凹陷内,所述方式包括但不限于:1)用刮板将粉末刮抹到凹陷中;和2)利用带电针拾取粉末并随后将粉末沉积在凹陷中,从而将粉末静电沉积到凹陷中。

[0071] 当粒状岛材料为颗粒在载体介质中的悬浮液的形式时,可以使悬浮液流到基板上以填充凹陷,并随后从基板表面上刮去在凹陷外的过量悬浮液。当使用所述载体介质时,在加热步骤中,在使岛材料颗粒熔化并熔合之前可将所述载体介质蒸发、烧除或以其他方式去除。

[0072] 在冷却阶段,仅凭冷却便可足以启动熔球的结晶。可使用其他技术以促进或更精细地控制结晶的启动和进程。例如,可以将熔球过冷却至其熔点以下。过冷却可表现为以下形式:在结晶开始之前将熔球冷却至低于其熔点约 300°C 。对承载熔球的基板施加物理冲击或震动也可引发结晶。这也可以在熔球过冷却时使用。另外,可以将熔球的表面暴露于不同化学反应物,如氧,以进一步引导结晶过程。氧可在熔球的表面上形成薄层或“外皮”,其用于将熔融硅与基板隔开并可用于增加该球的表面张力。

[0073] 在图9a显示的实施方式中,基板905具有填充有粒状岛材料915的通孔910。孔910具有第一末端940和第二末端945。可用刮板刮抹的方式使孔910填充有粒状岛材料915。孔910还可以填充有包含分散在载体介质中的粒状岛材料的液体悬浮液。可使悬浮液流到基板上并流入孔910中,随后可将位于孔910外的过量悬浮液从基板表面上刮除。在填充孔910后,可加热基板905和岛材料915以使岛材料熔化并熔合为熔球935。当使用此种载体介质时,在粒状岛材料熔化并熔合之前可将其在加热步骤中蒸发、烧除或以其他方式去除。可选的是,可在加热之前翻转基板905。例如,当孔910具有闭合末端时,可采用翻转以使孔910的开放末端指向地球重力方向。

[0074] 图9b显示了熔球935,其形成延伸到孔910的第一末端940外的凸起的弯月面920。弯月面920可在重力下形成。另外,如果基板905的与孔910的第一末端940相邻的表面925与熔球935具有小的润湿角,这可以促使熔球935润湿基板905的表面925,并使弯月面920形成并延伸到孔910的第一末端940外。另外,如果通过孔910的第二末端945对熔球920施加压力以将熔球920推出孔910的第一末端940,可促使熔球930伸出孔910外并形成弯月面920。如图9c所示,一旦熔球935结晶,可将弯月面920抛光和/或平坦化,从而暴露晶体岛950的截面并形成基板905中的晶体岛950。

[0075] 图9a至9c显示了一个孔910,但可以采用多个孔。这些孔可以以有序阵列排布。晶体岛可通过将各岛950包封并物理固定的各个孔(例如孔910)和/或通过晶体岛950与孔910

的表面的表面粘附而固定在基板905上。当熔球935与孔910的表面之间的润湿角小于约90°时,粘附可更强。

[0076] 在另一实施形式(未示出)中,可将岛材料的颗粒分散在载体介质中形成悬浮液。随后可将悬浮液转移到基板上。随后,可加热基板和悬浮液,所述加热可将载体介质蒸发、烧除或以其他方式去除。加热步骤还可熔化并熔合岛材料的颗粒从而形成熔球。可以如上文所述进行冷却和固定。熔球和基板之间小于约90°的润湿角可有助于使基板和晶体岛之间具有更强粘合,并将晶体岛固定至基板上。

[0077] 可利用以下技术按照本领域已知的程序将悬浮液转移到基板上,所述技术包括但不限于将悬浮液压印、丝网印刷或喷墨印刷在基板上。还可以将悬浮液旋涂在基板上并形成层。随后可以以刻蚀方式将该层图案化以限定基板上的存在岛材料颗粒的一个或多个区域和不存在岛材料颗粒的其他区域。

[0078] 该实施方式中可以不存在任何凹陷。然而,可以对基板表面进行图案化以形成与熔球的润湿角较大的区域和与熔球的润湿角较小的区域。熔球将倾向于在具有较小润湿角的区域形成。具有小润湿角的区域的图案化可充当使熔球在基板上进一步定位并因此使晶体岛在基板上进一步定位的手段。这可适用于一个晶体岛或多个晶体岛。对基板进行图案化以获得大、小润湿角区域的方法是本领域公知的,并且可包括在表面上施用图案化的掩模、随后对未掩盖的区域进行化学改性或在未掩盖的区域上沉积其他材料(例如SiO₂)。

[0079] 图10显示了本发明的另一实施方式,其体现在用于在基板上沉积岛材料的颗粒的方法1000。首先,如框1005所示,可将颗粒分散在载体介质中以产生悬浮液。随后,如框1010所示,可通过将悬浮液涂布或旋涂或利用本领域已知的其他方法将悬浮液形成片。随后,如框1015所示,可将悬浮液的片转化为固体片。这可通过将悬浮液干燥、烘焙、交联或以其他方式使悬浮液固化来完成。随后,如框1020所示,可通过将片的一个或多个部分切掉或移出以形成图案化的片,从而将固体片图案化。可利用机械冲压、刻蚀或利用本领域已知的其他手段施加图案。随后,如框1025所示,可将图案化的片覆盖在基板上。

[0080] 在此阶段,可如上文所述进行余下的加热和冷却-固定步骤。在加热过程中,在岛材料的颗粒熔化并熔合之前,载体介质可被蒸发、烧除或以其他方式去除。熔球和基板之间小于90°的润湿角可有助于晶体岛与基板的粘附。该实施方式可用于在基板上制成单个岛或多个晶体岛,所述多个晶体岛可以以有序阵列排布。

[0081] 在不存在凹陷的实施方式中,仍然可以引导和控制熔球的结晶化的起始。陷入或突出与熔球接触的基板表面的一个或多个引导凹陷和/或引导凸起可启动结晶化。这些引导凹陷和凸起可具有至少一个顶点,以提供结晶化过程的启动位点。

[0082] 作为另一选择,可控制熔球与基板的接触区域的形状,以提供结晶化过程的启动位点。通过将基板上润湿角相对小和相对大的区域图案化,可使熔球沿图案化的较小润湿角形状润湿或接触基板,同时避免基板上润湿角较大的区域。小润湿角区域的形状可以为上文中参考图4所述的任何形状。该形状可具有至少一个顶点,以提供结晶化的启动位点。

[0083] 控制结晶化启动的另一手段可以为将金属网格沉积在基板上,至少沉积在基板上与熔球接触的区域上。所沉积的金属可充当熔球结晶化的启动位点。网格可以由其他材料制成,例如耐火材料或Ni。所沉积的材料可具有其他形状,例如可能不构成网格的沉积材料的点或其他图案。

[0084] 在其他实施方式中,在晶体岛形成后,可以对岛和基板进行包覆。图11显示了包覆有层1115的基板1105和晶体岛1110的截面。该组装物形成了叠层体,其中晶体岛1110层夹在基板1105和包覆层1115之间。随后可对叠层体进行平坦化以去除构成层叠体的一些材料,并暴露晶体岛的截面。

[0085] 可利用任何适当的物理或化学沉积方法来沉积包覆层1115,所述方法包括但不限于旋涂或静电施加粉末涂布。所述层可以为薄层,例如图11中的层1115,或者可以为更厚的层,例如图12中以截面显示的层1215。当使用包覆层时,如图11和12所示,其可通过将晶体岛层夹在基板和包覆层之间来将晶体岛物理固定至基板上。包覆层的这种固定作用可有助于将具有大润湿角(因此与基板的接触面积较小)的晶体岛固定至基板上。大润湿角可以是例如大于约90°的角。可以对基板上的多个岛施加包覆。

[0086] 本发明的另一实施形式反映在图13所示的方法1300中。框1305显示出在第一基板上沉积岛材料的颗粒。可以如上文所述将颗粒作为松散粉末沉积或在悬浮液中沉积。沉积可以图案化和/或可以在相对于基板的特定位置上进行。随后,如框1310所示,岛材料的颗粒可以层夹在第一基板和与第一基板相邻放置的第二基板之间。接下来,如框1315所示,可以加热基板和颗粒以将颗粒熔化并熔合为熔球,而不使第一基板或第二基板熔化。

[0087] 当将颗粒作为在载体介质中的悬浮液沉积时,加热步骤在熔化并熔合颗粒之前可以将载体介质蒸发、烧除或以其他方式消除。随后,如框1320所示,可冷却基板和熔球以使熔球结晶,从而形成晶体岛。

[0088] 框1310描述的层夹和框1315描述的加热可以以相反的次序进行,即,熔球可以在其层夹在第一和第二基板之间之前形成。图14显示出层夹在第一基板1405和第二基板1410之间的熔球1415。

[0089] 当熔球1410与第一基板1405和第二基板1410之间的润湿角都较大时,结晶岛对基板的粘附可能更弱。弱粘附可促进将晶体岛从基板上去除,从而形成自支撑晶片(free-standing wafer)。

[0090] 第一和/或第二基板的表面上的特征可用于启动熔球的结晶化。图15显示出可在基板上与熔球接触的区域上形成的金字塔体1505的阵列。金字塔体1505可从基板表面上突出或形成陷入基板表面的凹陷。可以采用其他形状替代金字塔体,例如锥体。这些形状可如金字塔体1505那样具有顶点,以作为熔球的结晶化的启动位点。

[0091] 各金字塔体1505启动结晶化从而形成晶粒1510,晶粒1510最终在晶界1515处与相邻的晶粒相接。利用此方法,可以将熔球图案化为多晶型。如上所述,在结晶化过程中,熔球中的至少一些杂质可被推向晶界区域。该过程可使晶粒1510的中心区域具有相对较少的杂质,从而产生较高品质的晶体以用于后加工,例如在晶粒1510上进行器件制造。该过程可将晶界分离至不会在后续加工中制造器件的区域。虽然图15显示了四个均一尺寸的晶粒1510,但晶粒1510也可以具有不同尺寸。

[0092] 图16显示出层夹在2个基板1605和1610之间的熔球1615的截面。如上所述,所述基板中的一个或全部两个可包括凹陷或凸起以引导结晶过程。基板1605可具有与熔球1615接触的凸起1620。基板1610进而可具有与熔球1615接触的凹陷1625。凸起1620和凹陷1625可具有不同形状,并且可以在第一基板1605和/或第二基板1610上/内使用任意数量的凸起1620和凹陷1625。作为凸起和凹陷的补充或替代,还可以使用沉积在第一和/或第二基板上

的金属或其他材料的网格或阵列(所述基板在此接触熔球),以启动和引导结晶过程。

[0093] 图13的框1320所示的冷却步骤还可以包括使熔球过冷却。过冷却可包括在结晶化开始之前将熔球冷却至低于其熔点约300℃的温度。还可以对过冷却状态或其他状态下的熔球施加压力脉冲或机械冲击。还可以向过冷却状态或其他状态下的熔球添加晶种。

[0094] 在一些实施方式中,基板在岛材料熔点约20℃以内的温度下的热膨胀系数(CTE)可以与所述岛材料在所述岛材料的熔点下的CTE匹配。这种CTE的匹配可降低在岛材料和基板各自冷却和收缩时二者之间的应力。更低的应力可利于制得具有更少缺陷的更高品质的晶体,并可提高晶体岛对基板的粘附。

[0095] 岛材料可包括但不限于半导体。所述半导体可包括但不限于硅。基板材料可包括但不限于氧化硅、氧化铝、蓝宝石、铌、钼、钽、钨、铪、钛、钒、铬、锆、钨、钽、铪以及这些材料的组合和合金。

[0096] 基板还可以为具有足够高的熔点或软化点的陶瓷或玻璃。基板还可以为高温共烧陶瓷(HTCC)。HTCC可以在其生坯阶段(green phase)进行加工和以机械方式进行图案化。当岛材料为硅时,氧化铝可以为具有相对较大的润湿角的材料,并且氧化硅为具有相对较小的润湿角的材料。

[0097] 本发明的上述实施方式用作本发明的示例,在不背离仅由所附权利要求限定的本发明范围的情况下,本领域技术人员可以对这些实施方式进行修改。

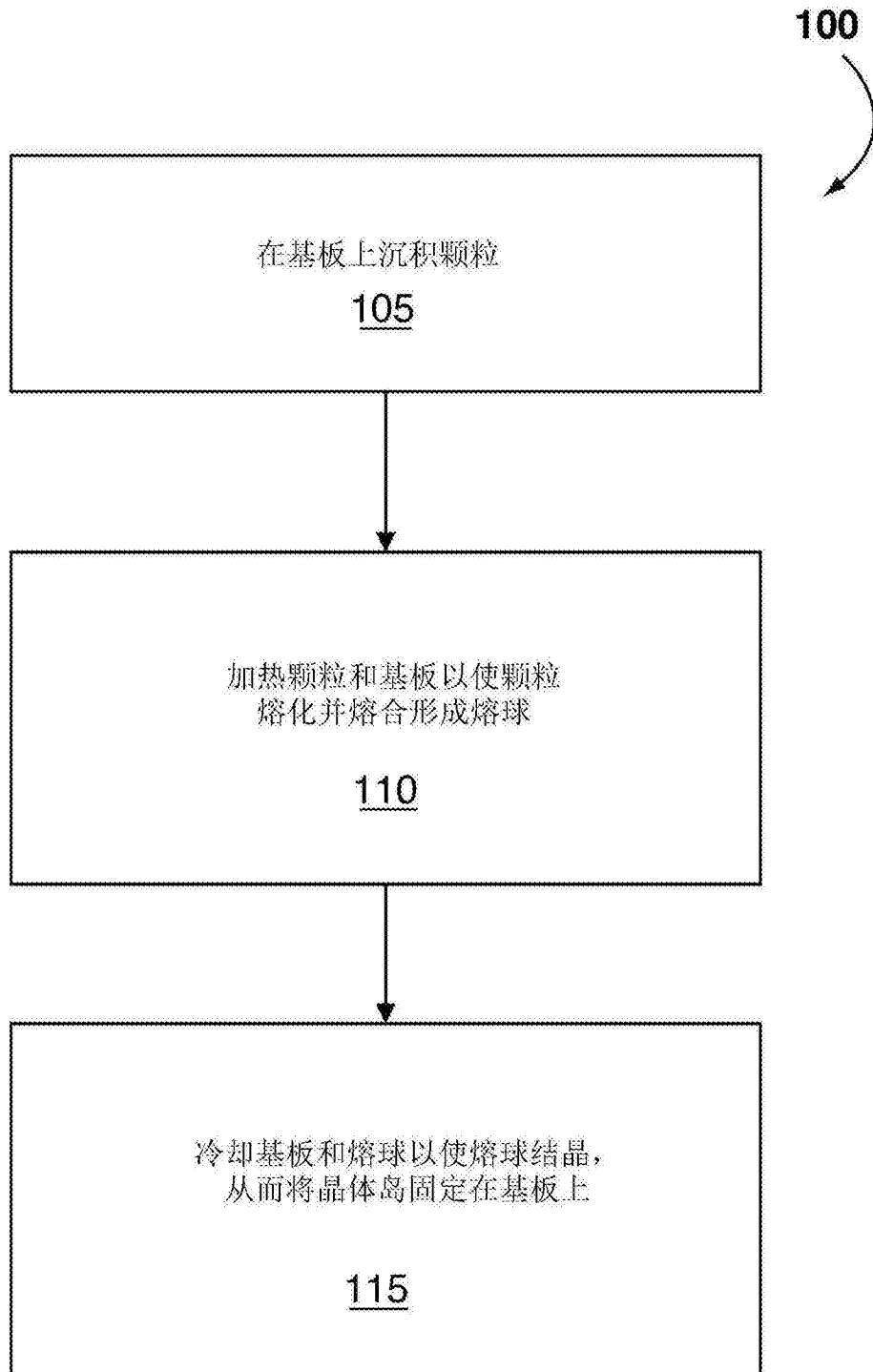


图1

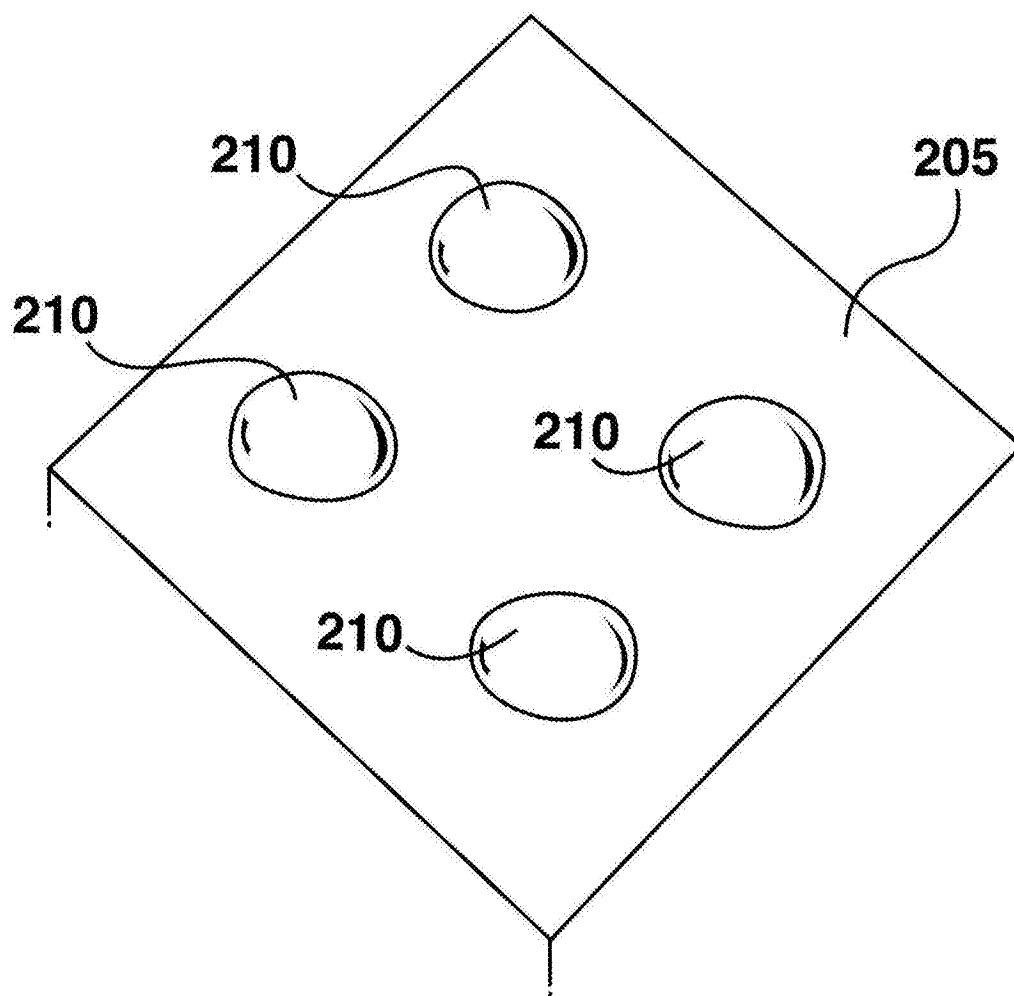


图2

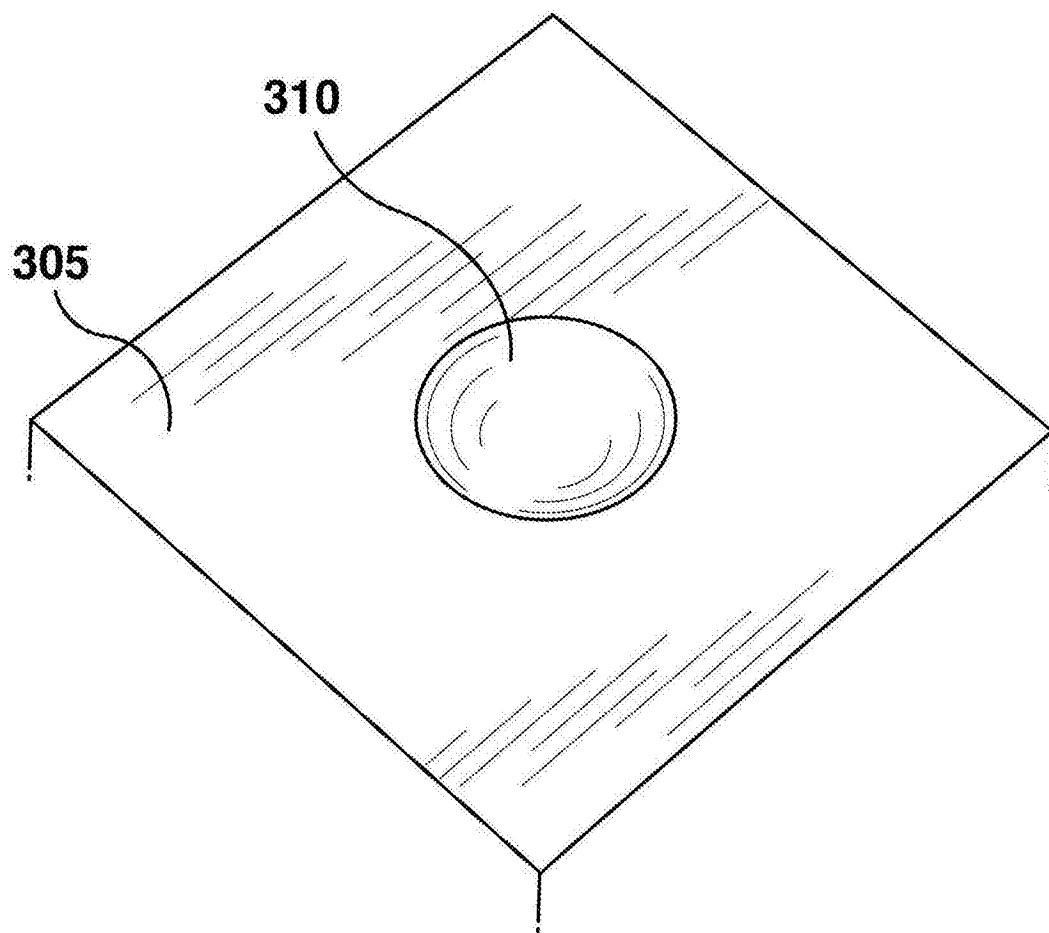


图3

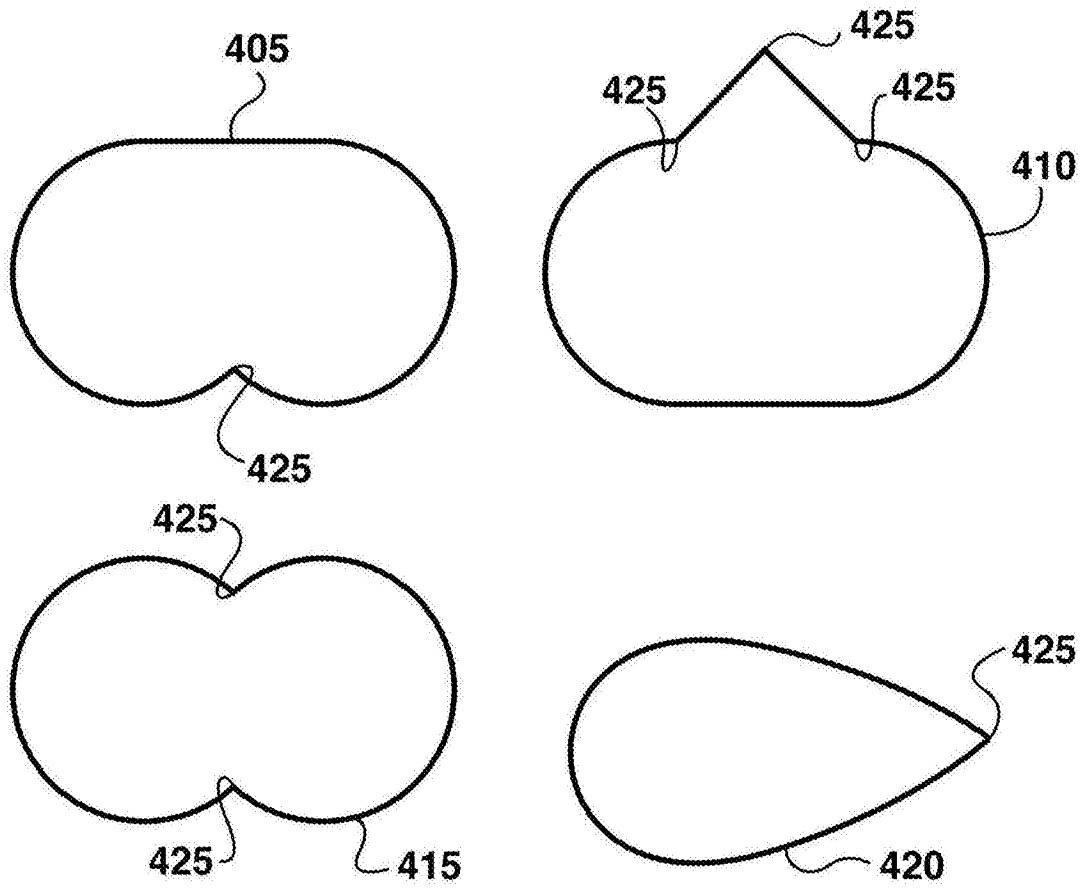


图4

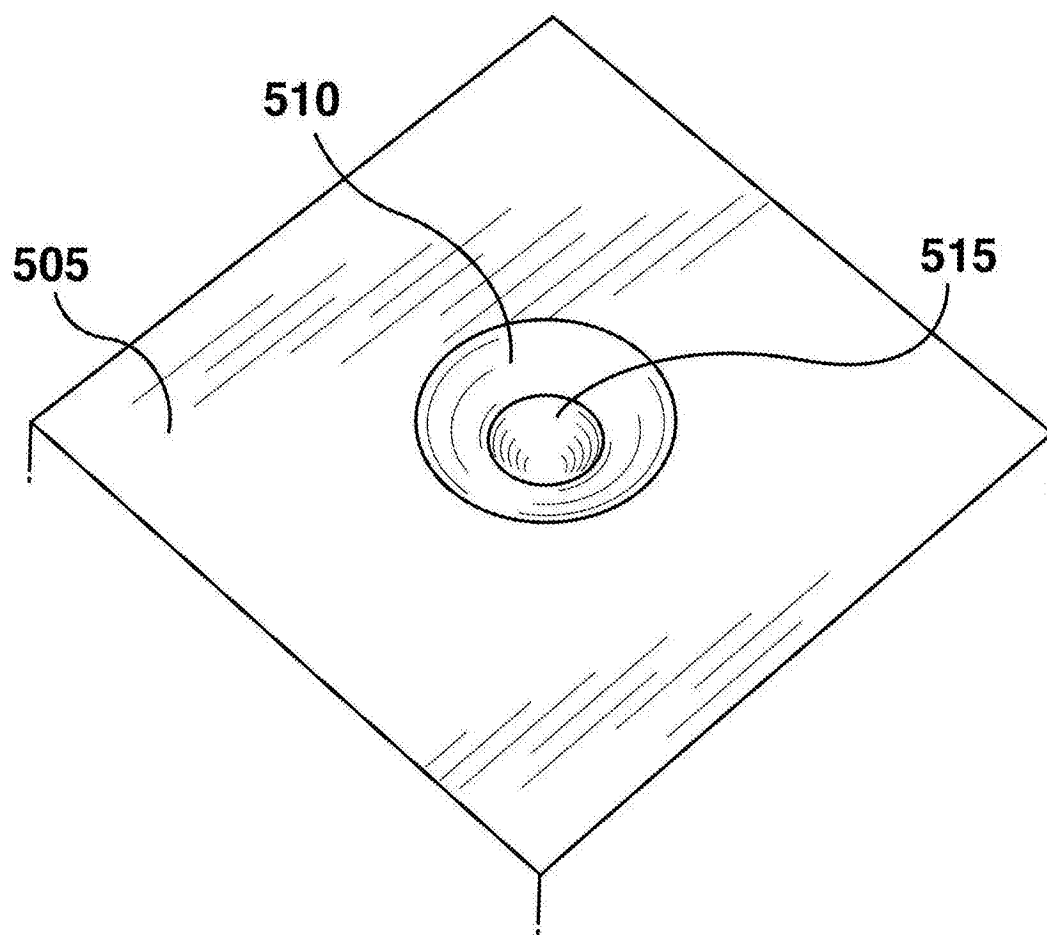


图5

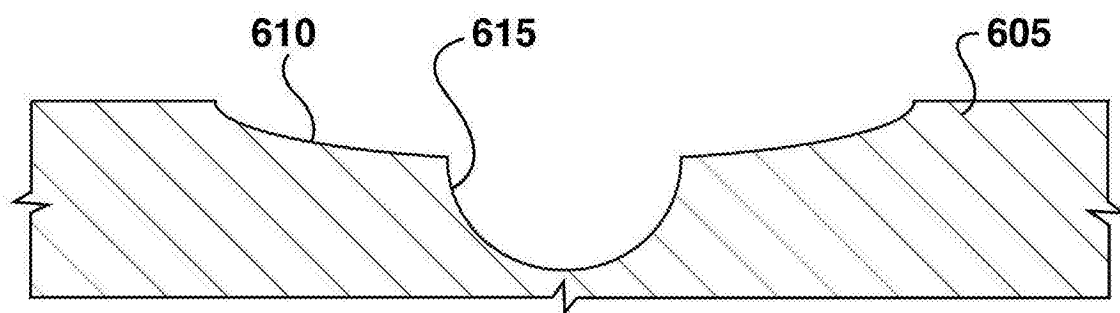


图6a

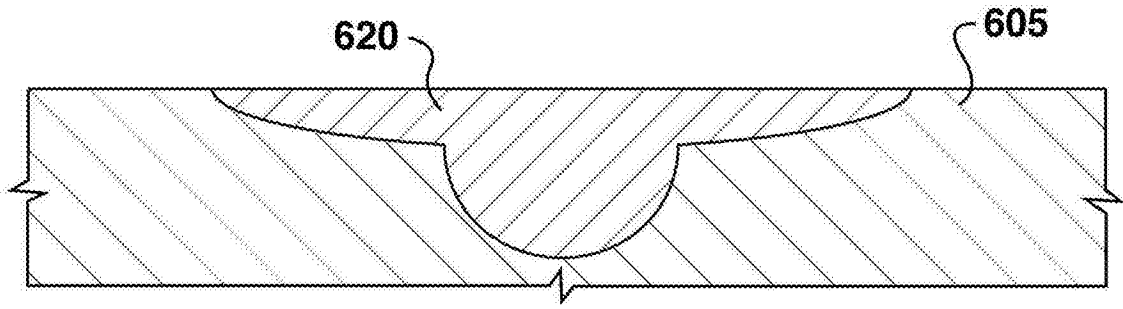


图6b

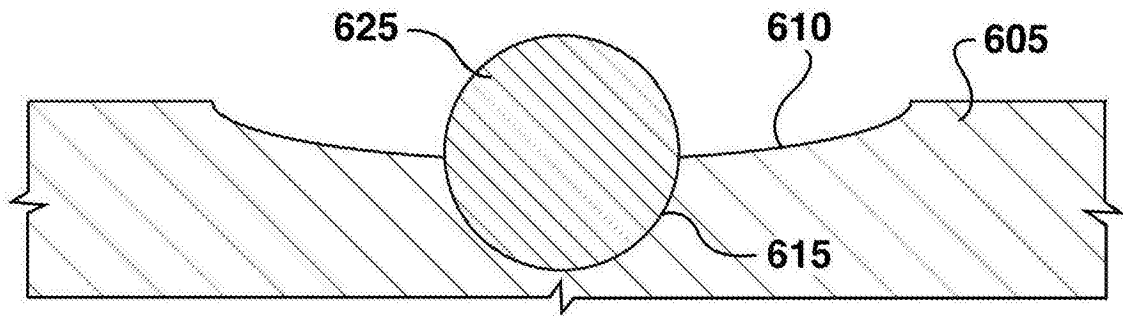


图6c

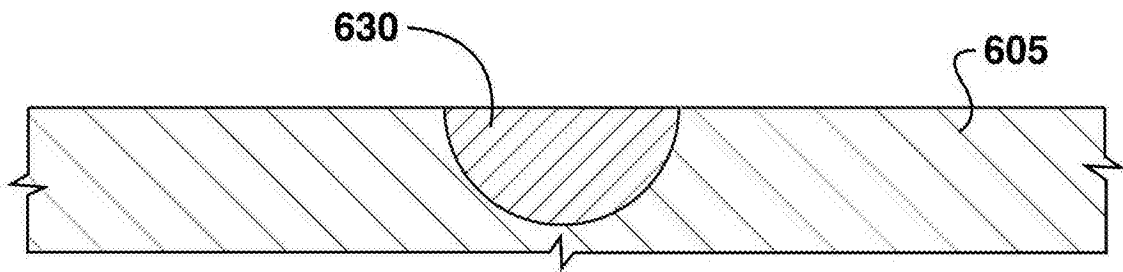


图6d

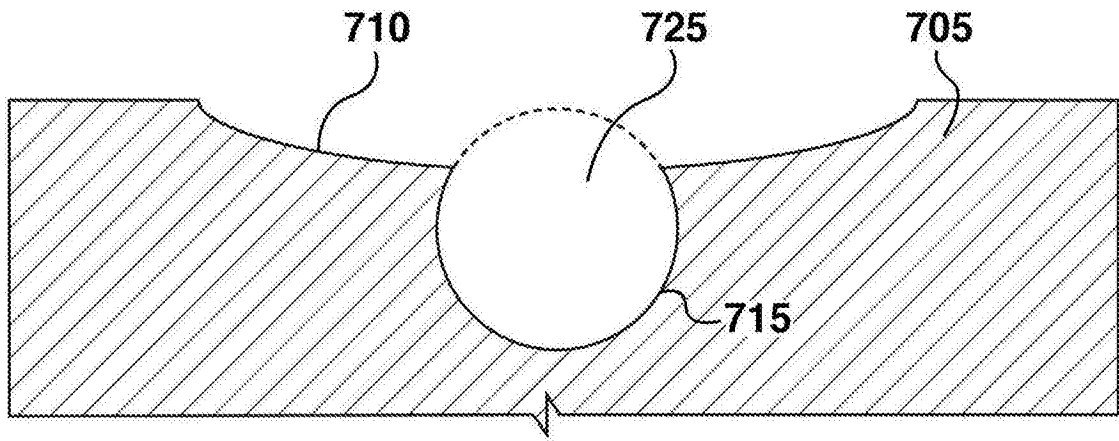


图7

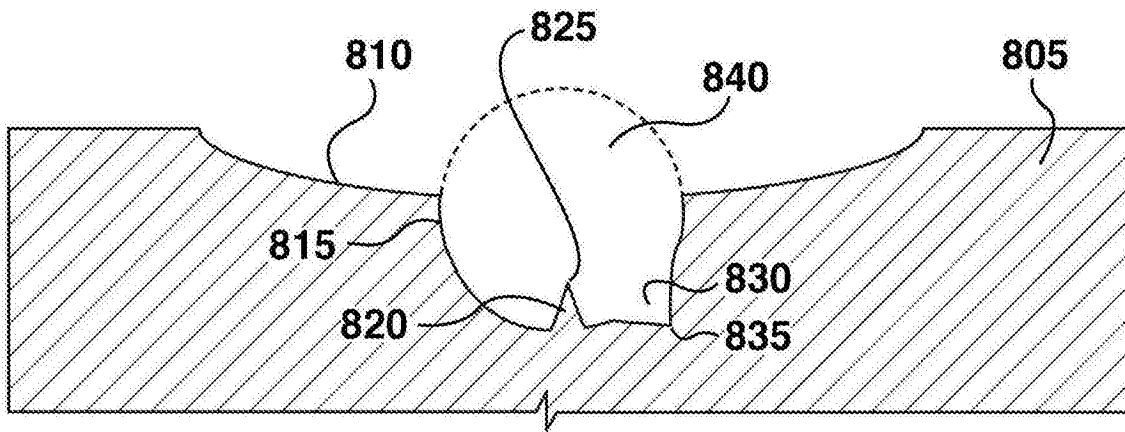


图8

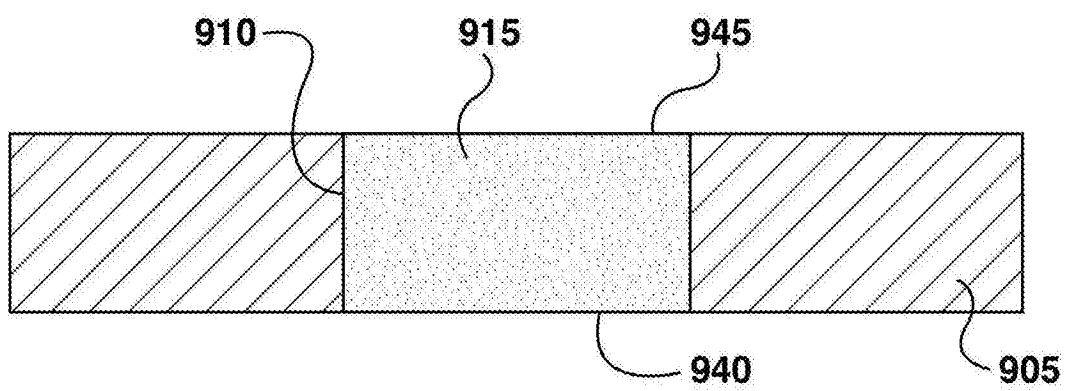


图9a

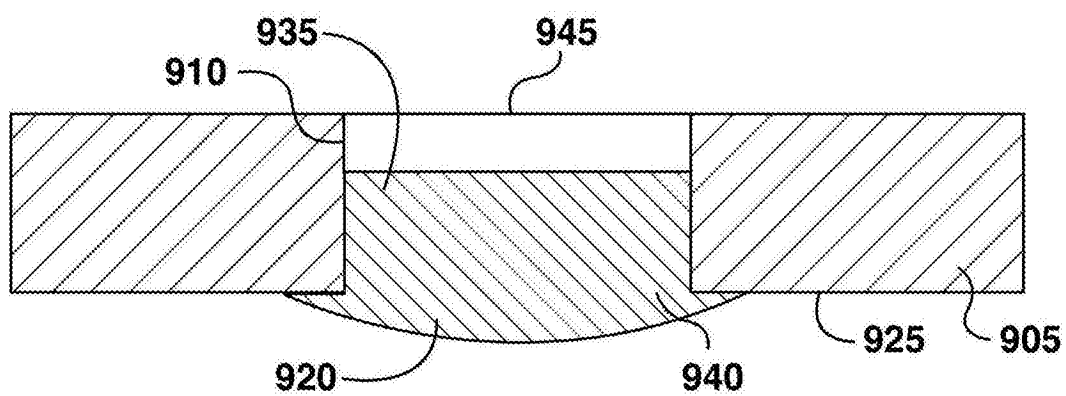


图9b

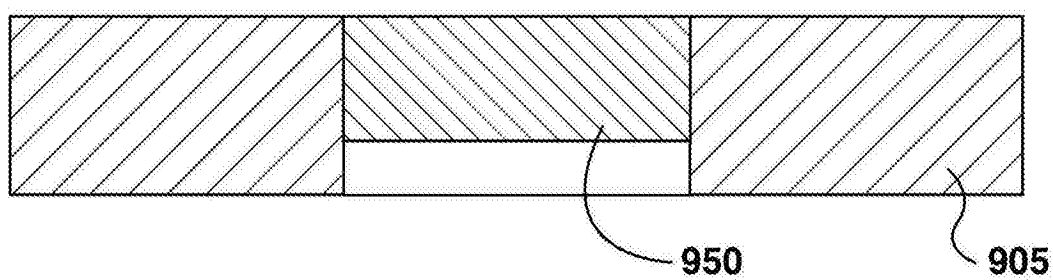


图9c

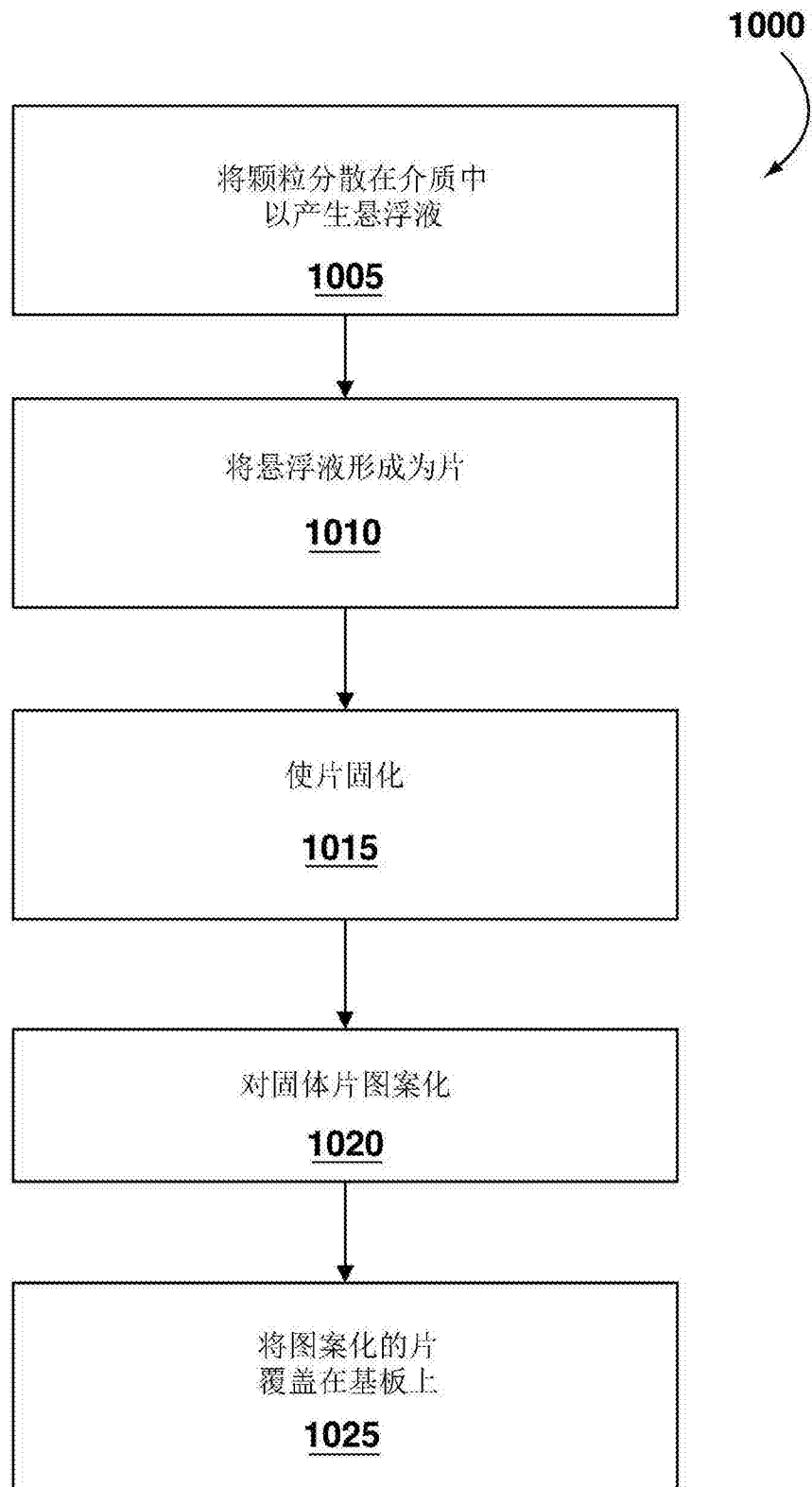


图10

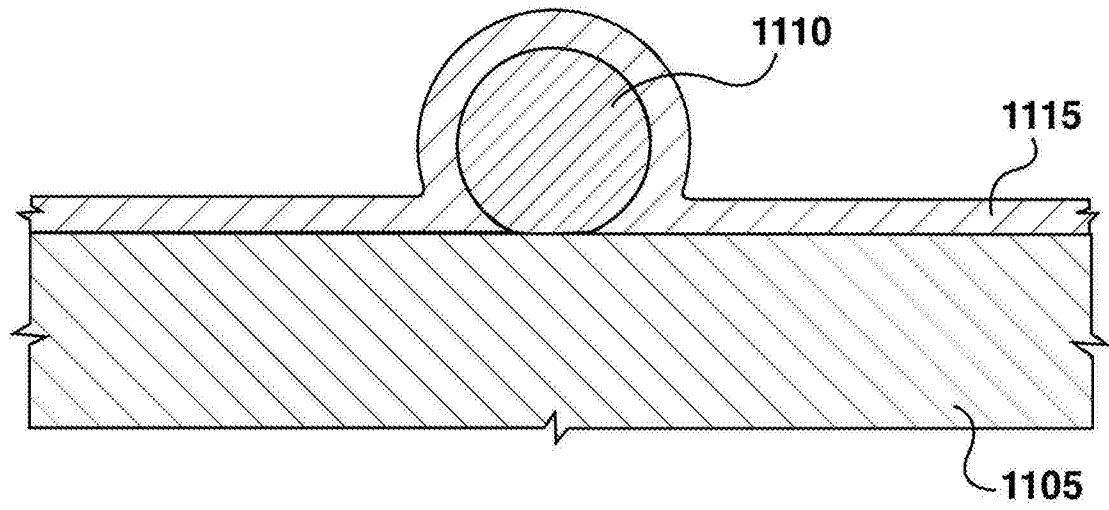


图11

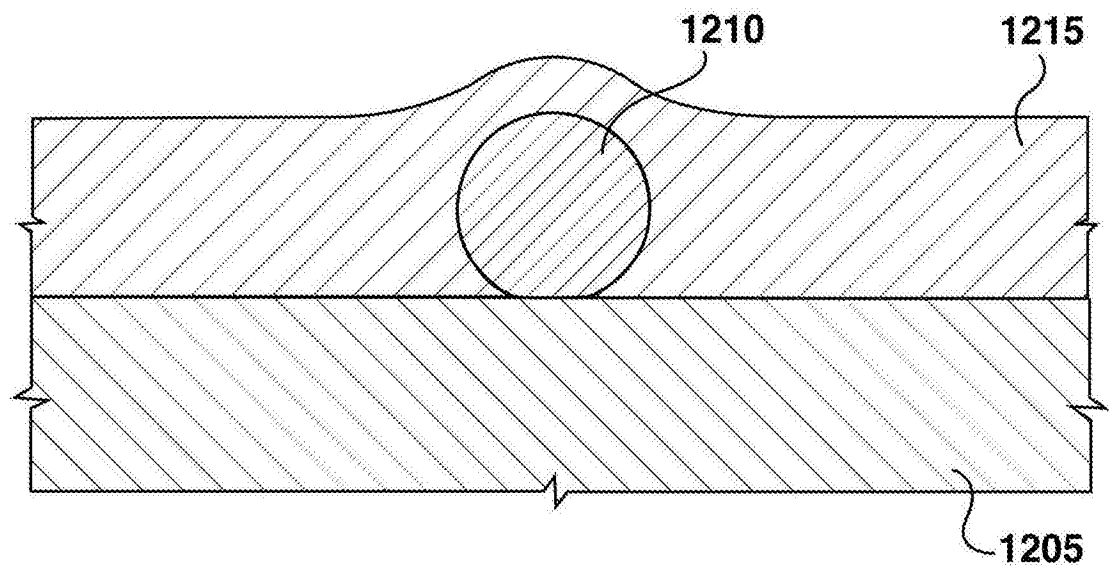


图12

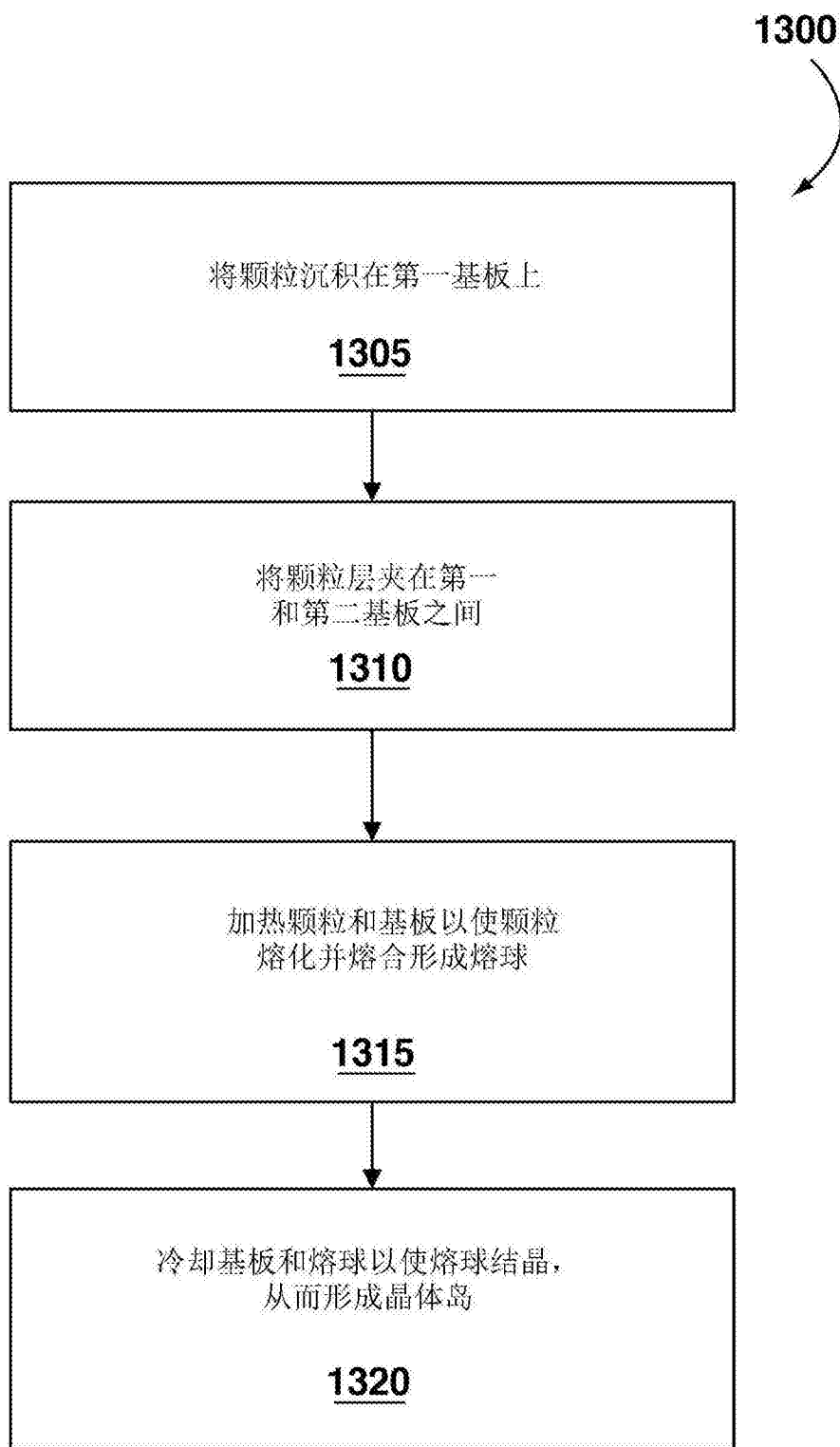


图13

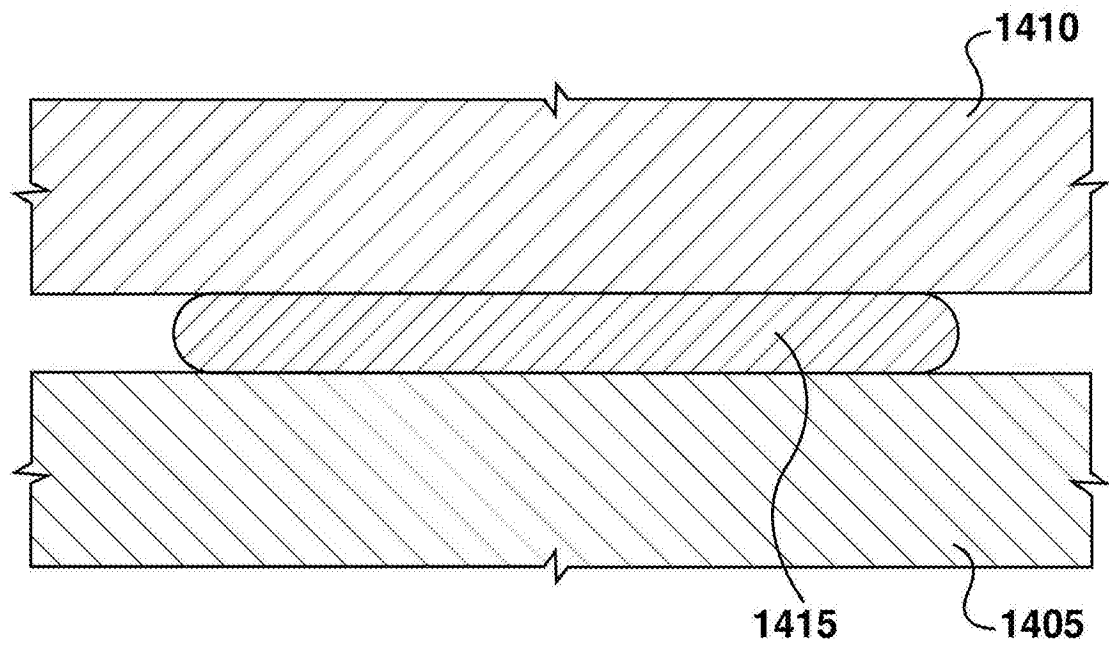


图14

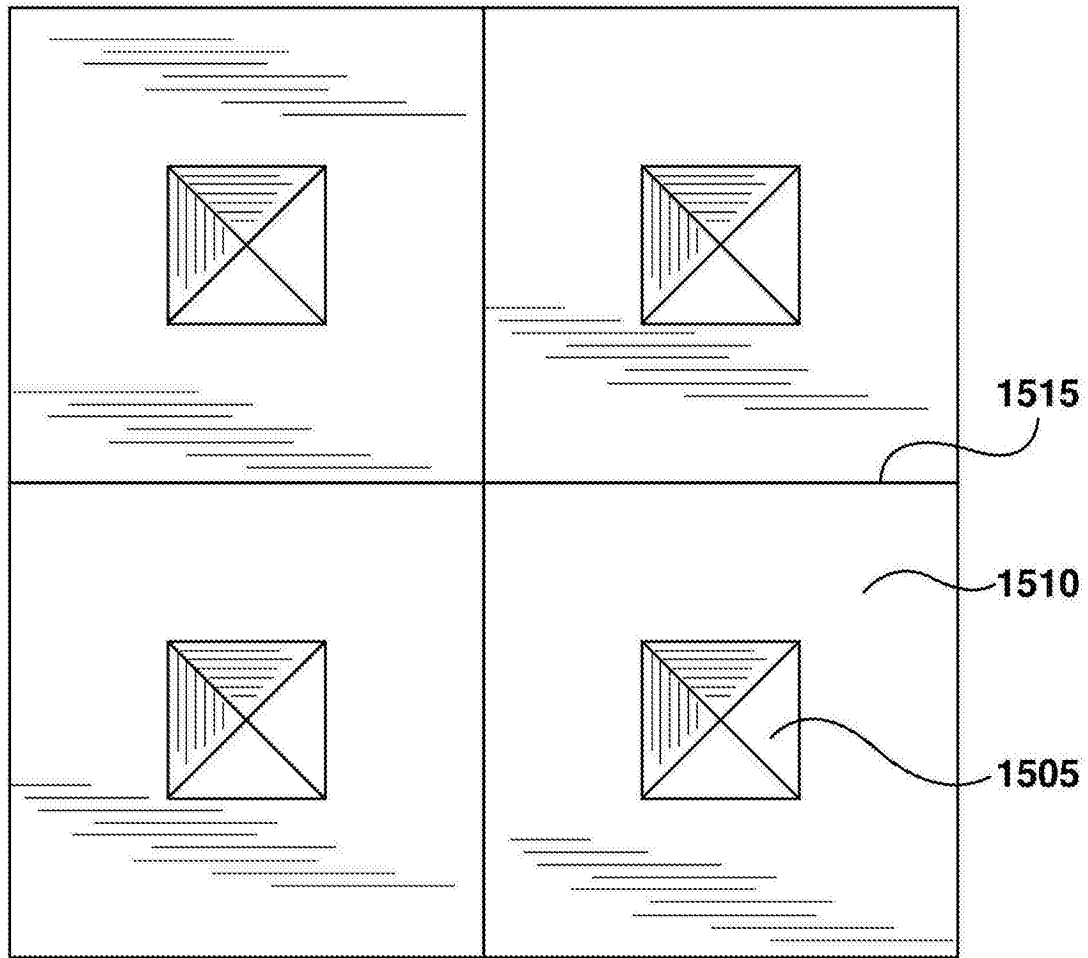


图15

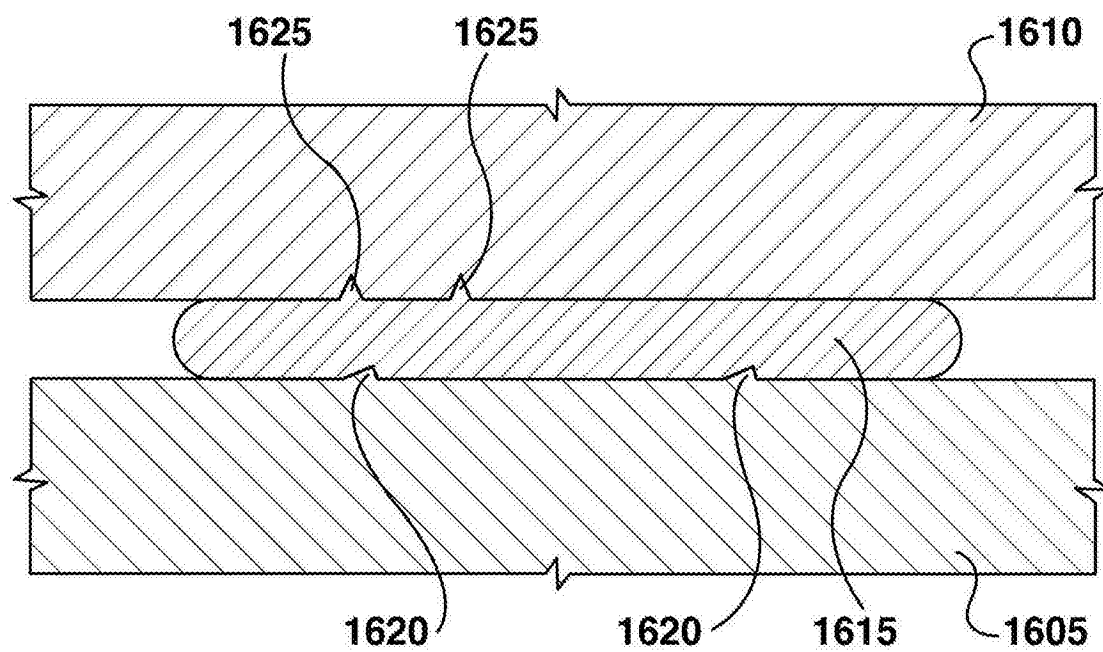


图16