(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 108271425 A
(43)申请公布日 2018.07.10

(21)申请号 201680065643.1

(22)申请日 2016.10.17

(30)优先权数据
1559994 2015.10.20 FR

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2018.05.10

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/FR2016/052675 2016.10.17

(87)PCT国际申请的公布数据
WO2017/068270 FR 2017.04.27

(71)申请人 索泰克公司
地址 法国伯尔宁

(72)发明人 帕斯卡·昆纳德 I·拉杜
迪迪埃·朗德吕
E·德斯邦内特斯

(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 张培源

(51)Int.Cl.
H01L 41/08(2006.01)
H01L 41/312(2006.01)
H03H 9/02(2006.01)

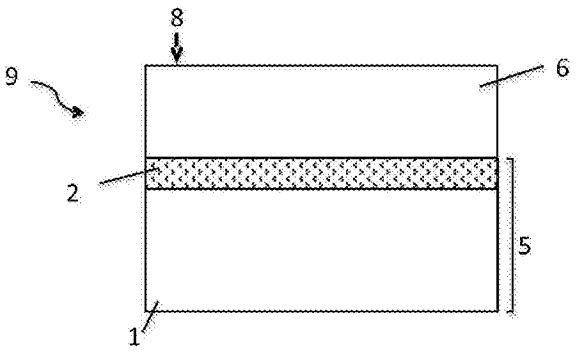
权利要求书2页 说明书8页 附图4页

(54)发明名称

复合结构及相关制造方法

(57)摘要

本发明涉及一种包括异质结构(5)的用于声波装置的复合结构(9),其包括:具有第一面和第二面的压电材料的有用层(2),第一面布置在支撑基材(1)上的第一结合界面处,所述支撑基材(1)具有比有用层(2)的热膨胀系数低的热膨胀系数,复合结构(9)的特征在于,其包括功能层(6),所述功能层(6)的整个表面布置在有用层(2)的第二面上的第二结合界面处并且具有比有用层(2)的热膨胀系数低的热膨胀系数。本发明还涉及用于制造复合结构(9)的方法。



CN 108271425 A

1.一种包括异质结构(5)的用于声波装置的复合结构(9),异质结构(5)包括:

具有第一面(3)和第二面(4)的压电材料的有用层(2),第一面(3)布置在支撑基材(1)上的第一结合界面处,所述支撑基材(1)具有比有用层(2)的热膨胀系数低的热膨胀系数,

复合结构(9)的特征在于,其包括功能层(2),所述功能层(2)的整个表面布置在有用层(2)的第二面(4)上的第二结合界面处并且具有比有用层(2)的热膨胀系数低的热膨胀系数。

2.如前述权利要求所述的用于声波装置的复合结构(9),其中,功能层(6)具有大于或等于10微米的厚度。

3.如前述权利要求中任一项所述的用于声波装置的复合结构(9),其中,有用层(2)由选自以下组中的材料组成:钽酸锂(LiTaO3)、铌酸锂(LiNbO3)、氮化铝(AlN)、氧化锌(ZnO)。

4.如前述权利要求中任一项所述的用于声波装置的复合结构(9),其中,功能层(6)由选自以下组中的材料组成:硅、III-V半导体、碳化硅、玻璃、蓝宝石。

5.如前述权利要求中任一项所述的用于声波装置的复合结构(9),其中,支撑基材(1)由选自以下组中的材料组成:硅、III-V半导体、碳化硅、玻璃、蓝宝石。

6.如前述权利要求中任一项所述的用于声波装置的复合结构(9),其中,功能层(6)由与支撑基材(1)相同的材料组成。

7.如前述权利要求中任一项所述的用于声波装置的复合结构(9),其中,异质结构(5)的有用层(2)和支撑基材(1)之间的第一结合界面的粘合能大于或等于1500mJ/m2。

8.如前述权利要求中任一项所述的用于声波装置的复合结构(9),其中,功能层(6)和异质结构(5)之间的第二结合界面的粘合能小于1000mJ/m2以使其能够拆解。

9.如权利要求1～7中任一项所述的用于声波装置的复合结构(9),其中,功能层(6)包括至少一个第一局部开口(10),使得能够到达有用层(2)的第二面(4)的至少一个第一部分(11),并且其中,所述有用层(2)的第二面(4)的第一部分(11)包含形成声波装置、特别是SAW装置的金属原件(12)。

10.如权利要求1～7中任一项所述的用于声波装置的复合结构(9),其中:

• 功能层(2)包括至少一个第一局部开口(10),使得能够到达有用层(2)的第二面(4)的至少一个第一部分(11),

• 支撑基材(1)包括至少一个第二局部开口(16),所述第二局部开口(16)至少部分地面向第一局部开口(10)并且使得能够到达有用层(2)的第一面(3)的至少一个第二部分(17),

• 所述有用层(2)的第二面(4)的第一部分(11)和第一面(3)的第二部分(17)包括形成声波装置、特别是BAW装置的金属原件(12,18)。

11.如前述两项权利要求中任一项所述的用于声波装置的复合结构(9),其中,功能层(6)和/或支撑基材(1)包括与布置在有用层上的金属元件(12,18)电连接的金属触点(13)和/或电气装置(14)。

12.一种制造用于声波装置的复合结构(9)的方法,该方法包括提供异质结构(5)的步骤,所述异质结构(5)包括具有第一面(3)和第二面(4)的由压电材料制成的有用层(2),第一面(3)布置在支撑基材(1)上的第一结合界面处,所述支撑基材(1)具有比有用层(2)的热膨胀系数低的热膨胀系数,所述方法的特征在于其包括:

• 在功能层(6)的整个表面和有用层(2)的第二面(4)之间形成第二结合界面从而形成复合结构(9)的组装步骤，功能层(6)具有比有用层(2)的热膨胀系数低的热膨胀系数，

• 在高于极限温度的温度对复合结构(9)施加热处理的步骤，在该极限温度以上，异质结构(5)在不存在功能层(6)的情况下劣化或破裂。

13.如前述权利要求所述的制造用于声波装置的复合结构(9)的方法，其中，所述组装步骤包括在热处理步骤之前进行的用于调节功能层(6)的厚度的步骤，以实现功能层(6)厚度大于或等于10微米。

14.如前述权利要求所述的制造用于声波装置的复合结构(9)的方法，其中，所述热处理步骤的温度大于或等于250℃，并且更具体而言为250℃与600℃之间。

15.如前述3项权利要求中任一项所述的制造用于声波装置的复合结构(9)的方法，该方法包括在所述热处理步骤之后，通过在功能层(9)和有用层(2)之间的第二结合界面的水平处拆解而去除功能层(6)的步骤。

16.如前述权利要求所述的制造用于声波装置的复合结构(9)的方法，其中，通过在复合结构(9)的第二结合界面处施加机械应力来进行拆解。

17.如权利要求12～14中任一项所述的制造用于声波装置的复合结构(9)的方法，所述方法包括：局部去除功能层(9)以使得能够到达有用层(2)的第二面(4)的第一部分(11)的步骤，和在所述第一部分(11)上产生包含金属元件(12)的声波装置的步骤。

18.如前述权利要求所述的制造用于声波装置的复合结构(9)的方法，所述方法进一步包括：局部去除支撑基材(1)以使得能够到达有用层(2)的第一面(3)的第二部分(17)的步骤，和在所述第二部分(17)上制造包含金属元件(18)的声波装置的步骤。

19.如前述两项权利要求中任一项所述的制造用于声波装置的复合结构(9)的方法，所述方法进一步包括：在功能层(6)和/或在支撑基材(1)上制造组件(14)的步骤，和/或在布置在有用层(2)上的金属元件(12,18)和布置在功能层(6)和/或在支撑基材(1)上金属触点(13,20)之间电连接的步骤。

复合结构及相关制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及复合结构和异质结构领域。更具体而言，其涉及用于声波装置的复合结构。

背景技术

[0002] 在表面或本体声波装置(下文分别称为“SAW”和“BAW”)的领域中，包括布置在硅基材上的钽酸锂(LiTaO3)层的异质结构引起越来越大的兴趣：一方面是因为，由于它们的硅支撑基材，使它们与标准的微电子设备和工艺相兼容，另一方面是因为它们具有技术优势，例如SAW装置的频率响应的温度依赖性较低，如下文中所解释：K.Hashimoto,M.Kadota等，″Recent development of temperature compensated SAW devices″，IEEE Ultrason.Symp.2011，第79至86页，2011。

[0003] 例如，分别通过由LiTaO3和Si制成的两个基材的分子粘合的结合而基于组装，可以开发LiTaO3/Si异质结构。为了在这些异质结构上制造声波装置，有利的是能够达到至少250℃的温度以便能够使用材料和工艺，保证高性能装置的实现。LiTaO3 层和Si支撑基材之间的结合界面的强度是在高温下，特别是在大于或等于250℃的温度下为该结构提供适当的机械强度的基本因素之一。

[0004] 这导致在250℃左右的温度范围内，在声波装置的任何制造步骤之前，增加异质结构的结合能的问题，尽管两种材料的热膨胀系数(CTE)存在显著差异。

[0005] 此外，当需要具有非常薄的LiTaO3层的异质结构(例如用于制造本体声波装置，即BAW装置)时，一种解决方案是使用Smart Cut®工艺来转移所述层，其包括通过引入诸如氢和/或氦等轻物质形成隐埋在$LiTaO_3$供体基材中的脆弱平面，将该供体基材直接结合到硅支撑基材上，并且在隐埋的脆弱平面处分离以便将$LiTaO_3$表面层转移到硅上。已知表面层在转移后在其厚度上仍然具有缺陷和轻物质。因此，为了修复该层，有利的是在合适的温度范围内退火以允许缺陷被修复并且轻物质被释放而不会损害转移的薄层的质量或异质结构的机械强度。举例来说，对于$LiTaO_3$层选择的适合的温度范围将在400℃和600℃之间。

[0006] 此外，考虑到材料$LiTaO_3$和Si之间的热膨胀系数非常显著的差异，问题是 $LiTaO_3$/Si异质结构不能应对这些高热负载。

[0007] 本发明的目的

[0008] 因此，本发明的一个目的在于提供克服现有技术的缺点的结构和制造方法。更具体而言，本发明的一个目的在于提供一种复合结构，其包括在界面处布置在支撑件上的有用层，所述有用层能够应对足够高的热负载以加强该界面或至少部分地修复表面层上的缺陷或开发某些组件。

发明内容

[0009] 本发明涉及一种包括异质结构的用于声波装置的复合结构，所述异质结构包括：

[0010] -具有第一面和第二面的压电材料的有用层，第一面布置在支撑基材上的第一结

合界面处，该支撑基材的热膨胀系数比有用层的热膨胀系数低，

[0011] 该复合结构显著性在于，其包括功能层，该功能层的整个表面布置在有用层的第二面上的第二结合界面处并且具有小于有用层的热膨胀系数。

[0012] 因此，根据本发明的复合结构能够应对高于极限温度的温度，在该极限温度以上，异质结构在不存在功能层的情况下劣化或破裂。因此，复合结构使得可以施加所需热处理以巩固异质结构的第一结合界面或者修复有用层上的任何缺陷。由于制成有用层和支撑基材的材料的热膨胀系数有显著差异，所以不可能将这些热处理直接应用于异质结构。

[0013] 根据本发明的有利特征，可以单独或组合使用以下内容：

[0014] • 功能层的厚度大于或等于10微米。

[0015] • 有用层由选自以下组中的材料组成：钽酸锂(LiTaO3)、铌酸锂(LiNiO3)、氮化铝(AlN)、氧化锌(ZnO)。

[0016] • 功能层由选自以下组中的材料组成：硅、III-V半导体、碳化硅、玻璃、蓝宝石。

[0017] • 支撑基材由选自以下组中的材料组成：硅、III-V半导体、碳化硅、玻璃、蓝宝石。

[0018] • 功能层由与支撑基材相同的材料组成。

[0019] • 异质结构的有用层和支撑基材之间的第一结合界面的粘合能大于或等于1500mJ/m2。

[0020] • 功能层和异质结构之间的第二结合界面的粘合能小于1000mJ/m2，以使其能够拆解。

[0021] • 功能层包括至少一个第一局部开口，使得能够到达有用层的第二面的至少一个第一部分，并且所述有用层的第二面的第一部分包括形成声波装置、特别是SAW 装置的金属元件。

[0022] • 功能层包括至少一个第一局部开口，使得能够到达有用层的第二面的至少一个第一部分。

[0023] • 支撑基材包括至少一个第二局部开口，所述第二局部开口至少部分地面向第一局部开口并且使得能够到达有用层的第一面的至少一个第二部分。

[0024] • 所述有用层的第二面的第一部分和第一面的第二部分包括形成声波装置、特别是BAW装置的金属元件。

[0025] • 功能层和/或支撑基材包括与设置在有用层上的金属元件电连接的金属触点和/或电气装置。

[0026] 本发明还涉及一种制造用于声波装置的复合结构的方法，该方法包括提供异质结构的步骤，所述异质结构包括具有第一面和第二面的压电材料的有用层，第一面布置在支撑基材上的第一结合界面处，该支撑基材的热膨胀系数比有用层的热膨胀系数低，该方法的显著之处在于它包括以下内容：

[0027] • 组装步骤，在功能层的整个表面和有用层的第二面之间形成第二结合界面从而形成复合结构，所述功能层的热膨胀系数小于有用层的热膨胀系数，

[0028] • 在高于极限温度的温度下对复合结构施加热处理的步骤，在所述极限温度以上，异质结构在不存在功能层的情况下劣化或破裂。

[0029] 根据本发明的有利特征，可以单独或组合使用以下内容：

[0030] • 组装步骤，其包括在热处理步骤之前进行的用于调节功能层厚度的步骤，以实

现大于或等于10微米的功能层厚度。

[0031] • 热处理步骤的温度大于或等于250℃,特别是在250℃和600℃之间。

[0032] • 所述制造方法包括在热处理步骤之后通过在功能层和有用层之间的第二结合界面处拆解而去除功能层的步骤。

[0033] • 通过在复合结构的第二结合界面处施加机械应力来进行拆解。

[0034] • 所述制造方法包括:局部去除功能层以使得能够到达有用层的第二面的第一部分的步骤,以及在所述第一部分上产生包括金属元件的声波装置的步骤。

[0035] • 所述制造方法还包括:局部去除支撑基材以使得能够到达有用层的第一面的第二部分的步骤,以及在所述第二部分上产生包括金属元件的声波装置的步骤。

[0036] • 所述制造方法还包括:在功能层上和/或在支撑基材上制造部件的步骤,和/ 或在布置在有用层上的金属元件与布置在功能层和/或支撑基材上的金属触点之间的电连接的步骤。

附图说明

[0037] 参照附图,根据对本发明的详细描述,本发明的其他特征和优点将变得清楚,其中:

[0038] -图1a至1c显示了根据本发明的异质结构和复合结构;

[0039] -图2a至图2c显示了复合结构的替代实施方式;

[0040] -图3显示了复合结构的另一种替代实施方式;

[0041] -图4a至4c显示了复合结构的根据本发明的制造方法的步骤。

具体实施方式

[0042] 本发明涉及一种用于声波装置的复合结构9,其包含异质结构5(如图1c所示)。异质结构5包括由压电材料制成的有用层2,有用层2如图1a所示具有第一面3和第二面4。异质结构5还包括热膨胀系数比有用层2低的支撑基材1。为了形成异质结构5,有用层2沿其第一面3布置在支撑基材1上(图1b)。异质结构5的有用层2 可以由从以下组中选择的材料组成:钽酸锂(LiTaO3)、铌酸锂(LiNiO3)、氮化铝(AlN)、氧化锌(ZnO)。异质结构5的支撑基材1可以由从以下组中选择的材料组成:硅、III-V 半导体、碳化硅、玻璃、蓝宝石。有用层2在支撑基材1上的组装例如由分子粘合通过直接结合来实现。根据一个变体,可以在组装之前,在支撑基材1上和/或有用层的第一面3上沉积附加层(未示出),例如由氧化硅制成的附加层。例如,该配置可以促进有用层2和支撑基材1之间的结合。

[0043] 在声波装置领域中,包括由压电材料制成的有用层2的异质结构5越来越受到关注,尤其用于移动电话应用和射频通信。在异质结构5上制造声波装置需要几个步骤,其中有绝缘和导电层的沉积,湿法或干法蚀刻,热处理(在150℃至250℃范围内)。申请人已经观察到,有用层2和支撑基材1之间的结合界面的适当固结有利于在装置开发步骤,特别是热处理步骤期间的异质结构5的稳定性。因此,考虑到随后的装置开发步骤,根据本发明的复合结构9的目的是使得增加异质结构5的有用层2和支撑基材1之间的界面(称为第一结合界面)的结合能成为可能。

[0044] 因此根据本发明的复合结构9包括具有两个面7和8的功能层6(图1b)。该层6 被组

装到有用层2的第二面4上，使得其面7、8中的一个(在此情况下为图1c中的面7)的整个表面布置在有用层2的第二面4上(在第二结合界面的水平上)。功能层6 也具有比有用层2低的热膨胀系数。功能层6可以由选自以下组中的材料组成：硅、III-V半导体、碳化硅、玻璃、蓝宝石。有利的是，功能层6可以由与支撑基材1相同的材料组成。根据一个变体，在功能层6和有用层2之间可以存在中间层(未示出)，所述中间层例如由氧化硅、氮化硅等制成。中间层可以在组装之前沉积在有用层2 的第二面4上和/或功能层6的面7上。

[0045] 根据本发明的复合结构9与热处理温度相容，所述热处理温度高于在不存在功能层6的情况下异质结构5就劣化或破裂的极限温度。事实上，由于形成有用层2的压电材料与形成支撑基材1的材料之间的热膨胀系数(CTE)差异很大，如果受到高于极限温度的温度，异质结构5将劣化(支撑基材1开裂或断裂，有用层2从其第一面3 分离，有用层2脱位或变形)。该极限温度与有用层2和支撑基材1之间的CTE差值以及有用层2和支撑基材1的相应厚度有关。例如，对于由10微米厚的LiTaO3制成的有用层2和625微米厚的Si制成的支撑基材1组成的异质结构，其极限温度为 150℃。根据本发明的复合结构9允许施加高于该极限温度的温度。例如，在异质结构5的上述实例中添加200微米厚的由Si制成的功能层6，使得可以施加200℃至400℃范围内的热处理。在此温度范围内的热处理有利于巩固异质结构5的有用层2与支撑基材1之间的第一结合界面，并且使得可以实现比在低于150℃的温度下的处理更高的结合能。

[0046] 包括由压电材料制成的非常薄的有用层2的异质结构5在声波装置，特别是BAW 装置领域中也可能是令人感兴趣的。制造这种异质结构的一种解决方案是使用Smart Cut® 工艺转移所述有用层2，该工艺包括通过引入诸如氢或氦等轻物质形成隐埋在由压电材料制成的供体基材中的脆弱平面，将该供体基材直接结合到硅支撑基材1上，并且在隐埋的脆弱平面处分离以便将由压电材料制成的表面层转移到Si上。已知表面层在转移后在其厚度上仍然具有缺陷和轻物质，这可能会降低其压电特性。因此，为了修复该层，重要的是在合适的温度范围内退火以允许至少部分缺陷被修复并且轻物质被释放，而不会损害转移的薄层的质量或异质结构5的机械强度。举例来说，选择用于LiTaO3层的适合的温度范围将在400℃和600℃之间，即低于材料的居里温度。

[0047] 根据本发明的复合结构9的另一个目的是允许对异质结构5的有用层2进行修复退火，以恢复其压电特性。举例来说，对于由0.5微米厚的LiTaO3制成的有用层2 和625微米厚的Si制成的支撑基材1组成的异质结构，其极限温度约为400℃。根据本发明的复合结构9允许施加高于该极限温度的温度。例如，在上述异质结构5上添加由50微米至100微米厚的Si制成的功能层6使得可以施加500℃至600℃范围内的热处理。

[0048] 有利的是，并且考虑到有用层2和支撑基材1(和功能层6)之间的CTE的显著差异，功能层6将具有大于或等于10微米的厚度。优选的是，功能层6甚至具有大于或等于50微米的厚度。

[0049] 根据本发明的复合结构9的第一变型实施方式，功能层6在对复合结构9施加热处理之后被移除，所述热处理旨在巩固异质结构5的第一结合界面和/或修复有用层2 中的全部或部分缺陷。异质结构5的功能层6和有用层2的第二面4之间的第二结合界面的所选择的结合能将小于1000mJ/m2，以允许功能层6的拆解。术语拆解在此用于表达功能层6和异质结构5之间在第二结合界面处的分离。

[0050] 因此，本发明使得可以获得机械强度(巩固的结合界面)和电特性(有用层的缺陷完全或部分修复)与随后在有用层2上开发声波装置相容的异质结构5。特别是，异质结构5的有用层2和支撑基材1之间的粘合能大于或等于1500mJ/m2。

[0051] 根据本发明的复合结构9的第二实施方式变体，并且如图2a所示，在复合结构 9的功能层6中布置一个或多个第一局部开口10，使得能够到达有用层2的第二面4 的至少一个第一部分11。因此，可以在有用层2上在至少一个第一部分11的水平上开发部件。有用层的第二面4的第一部分11包括形成声波装置(特别是SAW装置)的金属元件12(图2b)。金属元件12可以例如由叉指式电极和相关联的接触垫组成。

[0052] 根据该第二变体的复合结构9可以提供比单独的异质结构5更有利的机械强度。更具体而言，当制造声波装置时，复合结构9可以与温度比没有任何功能层6的异质结构9更高的热处理相容。

[0053] 根据该第二变体的可选实施方式，功能层6包括与布置在有用层2上的某些金属元件12电连接的金属触点13和/或电气装置14。在该实施方式中，复合结构9使得有用层2上的SAW装置的接触垫能够移位到功能层6的面8上。这种配置可以特别有利于垂直互连和盖15的组装(“晶片级封装”，如图2c所示)。此外，复合结构9 使得能够共同集成部件，一些是在压电材料(有用层2)上开发的部件12，另一些是在功能层6上开发的部件14(例如硅型半导体层)。

[0054] 根据本发明的复合结构9的实施方式的第三变体，并且如图3所示，支撑基材1 还包括一个(或几个)第二局部开口16，使得能够到达有用层2的第一面3的至少一个第二部分17。第二局部开口16将至少部分面向布置在功能层6中的第一局部开口10；第一局部开口10使得能够到达有用层2的第二面4的至少一个第一部分11。有用层2 的第二面4的第一部分11和第一面3的第二部分17分别包括形成声波装置、例如 BAW装置的金属元件。功能层6和/或支撑基材1包括与布置在有用层2的第一部分 11和第二部分17上的某些金属元件12、18电连接的金属触点13、20和/或电气装置 14。如图3所示，布置在有用层2的第二部分17上的金属元件18可以通过通孔19 连接到功能层6上的接触垫20上。

[0055] 本发明还涉及制造用于声波装置的复合结构9的方法。该方法包括提供异质结构5(图4a)的步骤，异质结构5包括具有第一面3和第二面4的压电材料的有用层2。第一面3被布置在热膨胀系数比有用层2低的支撑基材1上。该方法还包括将功能层6 的面7的整个表面(图4a)组装在有用层2的第二面4上以形成复合结构9的步骤(图 4b)，功能层6具有比有用层2更低的热膨胀系数。该组装步骤可以包括通过分子粘合而直接结合。功能层6和有用层2各自的待组装的表面可以有利地经历清洁序列，以使它们准备用于直接结合。例如，可以应用基于臭氧和RCA的化学清洗以及用于表面活化的O2或N2等离子体处理。可选地，可以在功能层6的面7上和/或在有用层2的面4上沉积中间层，例如，氧化硅或氮化硅层。

[0056] 根据本发明的方法还包括以下步骤：在高于极限温度的温度下对复合结构9施加热处理，在该极限温度以上，异质结构5在不存在功能层6的情况下劣化或破裂。事实上，由于形成有用层2的压电材料与形成支撑基材1的材料之间的热膨胀系数(CTE) 差异大，当它受到高于极限温度的温度时，异质结构5将劣化(支撑基材1开裂或破裂，有用层2从其第一面3分离，有用层2脱位或变形)。该极限温度与有用层2和支撑基材1之间的CTE差异以及与有用层2和支撑基材1的相应厚度有关。

[0057] 重要的是，功能层6的面7的整个表面被组装到有用层2的第二面4上，以便均匀地控制功能层6和有用层2之间的差异膨胀并且在后续热处理过程中提供具有最佳机械强度的复合结构。在高于异质结构5所承担的极限温度的温度下，功能层6与有用层2的局部结合将不利于复合结构9的机械强度。因此，在热处理步骤中，根据功能层6和有用层2以及支撑基材1的材料和相应厚度，复合结构9可以与大于或等于250℃，更具体而言在250℃和600℃之间的温度相容。

[0058] 根据一个变体，根据本发明的方法包括在热处理步骤之前进行的用于调节功能层6的厚度的步骤(图4c)，以实现大于或等于阈值厚度的功能层6的厚度。有利的是，该阈值厚度将被选择为大于或等于10微米。优选的是，功能层6甚至具有大于或等于50微米的厚度。

[0059] 厚度调整步骤可以包括机械、化学机械和/或化学减薄。

[0060] 根据第一实施方式变体，根据本发明的方法可以包括以下步骤：在热处理步骤之后，通过在功能层6和有用层2之间的结合界面(称为第二结合界面)处拆解复合结构 9，去除功能层6。功能层6和有用层2之间的组装步骤的方法必须以使得第二结合界面稍后可以拆解的方式进行。更具体而言，它必须以这样的方式进行，即该界面处的结合能小于1000mJ/m2。举例来说，组装步骤可以包括氧化物/氧化物结合，功能层6的面7和有用层2的面4设置有氧化硅层。氧化层的表面粗糙度必须选择在0.1nm 至0.5nm RMS的范围内，以便获得小于1000mJ/m2的结合能，例如，500mJ/m2的量级。

[0061] 在热处理步骤之后，可以例如通过在复合结构9的第二结合界面处，即在功能层 9和有用层2之间的界面处施加机械应力进行拆解。

[0062] 在去除功能层9的这一步骤之后，用与制造声波装置的随后步骤相容的巩固的结合界面获得异质结构5。

[0063] 作为另一种选择，功能层6的完全去除可以通过机械、化学机械或化学减薄技术来实现。

[0064] 根据实施方式的第二变体，根据本发明的方法包括局部去除功能层6的步骤，使得能够到达有用层2的第二面4的至少一个第一部分11。该局部去除步骤可以包括在限定的区域中进行湿式或干式化学蚀刻，例如使用光刻技术。举例来说，可以在多个区域上实现局部去除，使得能够到达有用层2的一定百分比(开口率)的第二面4。取决于待开发的装置，开口率的范围从几％到<100％。然后，该方法包括在多个第一部分11上产生包括金属元件12的声波装置的步骤(图2b)。该制造装置的步骤可以包括功能层6上的接触垫13的开发，其与有用层2上的声波装置电连接。

[0065] 根据第三实施方式变体(其可以或不可以与第二实施方式组合)，根据本发明的方法可以进一步包括局部去除支撑基材1的步骤，以使得能够到达有用层2的第一面3 的至少一个第二部分17。该局部去除步骤可以在限定的区域中进行湿式或干式化学蚀刻，例如使用光刻技术。

[0066] 举例来说，局部去除可以以1％至50％的开口率在多个区域中实现。有利的是，为了能够制造本体声波装置，多个第二部分17和多个第一部分11将至少部分地彼此面对，从而可以获得局部自承载的有用层2膜。然后，该方法包括在有用层2的多个第二部分17上产生包括金属元件18的声波装置的步骤，如图3所示。

[0067] 可选地，该方法可以包括在功能层6上和/或在支撑基材1上制造部件14的步骤，

和/或在布置在有用层2上的金属元件12、18与布置在功能层6上和/或支撑基材1 上的金属触点13、20之间的电连接的步骤。

[0068] 实施例1：

[0069] 包括由20微米厚的铌酸锂(LiNbO3)制成的有用层2和由625微米厚的硅(Si)制成的支撑基材1且直径为150mm的异质结构5具有远低于1J/m2的结合能。在这种异质结构上制造声波装置之前，重要的是加强其结合界面。为了达到这个目的，必须在250℃的温度下对其进行热处理2小时。

[0070] 功能层6是在其前表面7上包括400nm厚的氧化硅中间层的硅基材(直径150mm 和厚度625微米)。氧化硅层具有0.2nm RMS量级的表面粗糙度。然后在将功能层6 组装到异质结构5的有用层2的第二面4上之前，对功能层6进行清洁(通常用臭氧和RCA)。然后对复合结构9进行2小时的250℃的热处理。该复合结构能够承受250℃/2小时的热负载而不被损坏，并且不会使异质结构5产生任何劣化。如果单独使用异质结构5，假设在加强其结合界面之前经历了该热负载，或者甚至在200℃量级的较低热负载下，则异质结构5将劣化(支撑基材1的破裂或断裂和/或有用层2 的部分或完全分离)。

[0071] 一旦进行了热处理，通过在功能层6和有用层2之间的结合界面的水平处插入斜切工具来拆解功能层6。异质结构5具有增强的结合界面，量级为1.5J/m2，这在随后的声波装置开发步骤中提供了合适的机械强度。

[0072] 实施例2：

[0073] 异质结构9由0.3微米厚的钽酸锂(LiTaO3)制成的有用层2和625微米厚且直径为150mm的硅(Si)制成的支撑基材1形成。使用Smart Cut®工艺转移有用层2，并且在分离之后，有用层2在其厚度上具有缺陷，由于缺陷影响有用层2的压电性质，因此妨碍声波装置的产生。因此在这种异质结构5上制造声波装置之前，必须修复所有或部分这些缺陷。为此，必须在550℃的温度下进行2小时的热处理。

[0074] 功能层6是在其前表面7上包括由400nm厚的氧化硅制成的中间层的硅基材(直径150mm和厚度625微米)。在组装到异质结构5的有用层2的第二面4上之前，对功能层6进行清洗(通常是臭氧和RCA)和O2等离子体处理。然后使用机械减薄(研磨) 在功能层6上进行厚度调节步骤，然后进行化学机械抛光以获得200微米的最终厚度。

[0075] 由此形成的复合结构9能够承受550℃/2h的热负载，而不会被损坏并且不会使异质结构5产生任何劣化。如果单独使用异质结构5，假设在没有任何功能层6的情况下经历热负载，则异质结构5将劣化(支撑基材1的破裂或断裂和/或有用层2的部分或完全分离)。

[0076] 对复合结构体9施加热处理，通过对功能层6和有用层2之间的第二结合界面施加局部应力，功能层6被拆解。作为另一种选择，通过机械和然后的化学减薄顺序除去功能层6。

[0077] 由于施加了热负载，异质结构5具有大于或等于1.5J/m2的增强的结合界面，并且有用层2已经修复大部分与注入诸如氢或氦等轻物质(Smart Cut®工艺)有关的缺陷，使其与声波装置的制造相容。举例来说，有用层2中的缺陷已经修复的程度可以通过制造电气装置并测试其性能水平来评估，使得有可能验证所述有用层2的电气质量。

[0078] 实施例3：

[0079] 异质结构9由0.3微米厚的钽酸锂(LiTaO3)制成的有用层2和625微米厚且直径为

150mm的硅(Si)制成的支撑基材1形成。使用Smart Cut®工艺转移有用层2，并且在分离之后，有用层2在其厚度上具有缺陷，由于缺陷影响有用层2的压电性质，因此妨碍声波装置的产生。因此在这种异质结构5上制造声波装置之前，必须修复这些缺陷。为此，必须在500℃的温度下进行2小时的热处理。

[0080] 功能层6是在其前表面7上包括由400nm厚的氧化硅制成的中间层的硅基材(直径150mm和厚度625微米)。在组装到异质结构9的有用层2的第二面4上之前，对功能层6进行清洗(通常是臭氧和RCA)和O2等离子体处理。然后使用机械减薄(研磨)在功能层6上进行厚度调节步骤，然后进行化学机械抛光以获得10微米的最终厚度。

[0081] 由此形成的复合结构9能够承受500℃/2h的热负载，而不会被损坏并且不会使异质结构5产生任何劣化。如果单独使用异质结构5，假设它在没有任何功能层6的情况下经受这种热负载，则异质结构5将劣化(支撑基材1的破裂或断裂和/或有用层2 的部分或完全分离)。

[0082] 由于对复合结构9施加了热处理，异质结构5由于施加的热负载而具有大于 1.5J/m2的增强的结合界面，并且有用层2已经修复大部分与注入诸如氢或氦等轻物质(Smart Cut®工艺)有关的缺陷，使其与声波装置的制造相容。

[0083] 然后进行包括功能层6的局部去除的步骤，使得能够到达有用层2的第二面4 的至少一个第一部分11。该局部去除步骤可以包括在限定的区域水平处使用光刻技术的湿式或干式化学蚀刻。局部去除可以在多个区域中进行，从而使得能够到达多个第一部分11并且表示50％量级的开口率。然后可以在有用层2的多个第一部分11 上开发声波装置。这些装置包括金属元件12，通常是指状电极。在有用层2上的功能层6的存在，即使是部分存在，也可以在比单独使用异质结构5的情况更高的温度下进行处理。这有利于使用更高效的材料或技术来生产声波装置。

[0084] 功能层6上的接触垫13可以电连接到有用层2上的声波装置上。部件也可以在功能层6上开发。因此复合结构9促进了部件在压电材料(有用层)上和半导体材料(功能层)上的共集成。

[0085] 当然，本发明不仅限于所描述的实施方式，并且可以提供不超出如权利要求所限定的本发明范围的各种实施方式。

[0086] 根据本发明的复合结构对于制造声波装置非常有意义，例如在用于射频应用的SAW和BAW滤波器领域中，并且也在压电传感器领域中。事实上，由于压电传感器能够将机械运动转换为电信号，并且这具有非常高的灵敏度，所以几个应用领域在温度传感器、能量收集等领域中开放或可能开放。

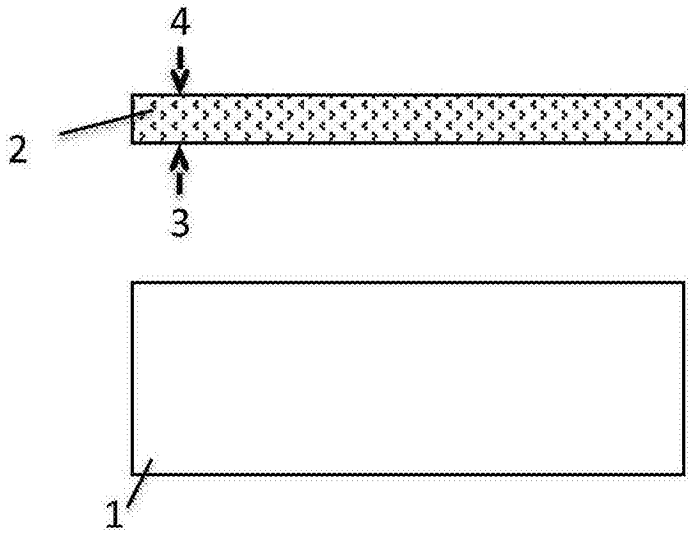


图1a

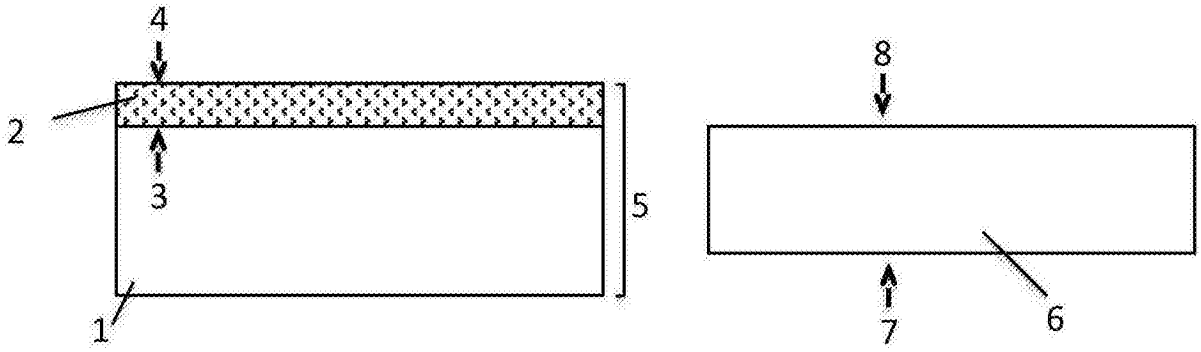


图1b

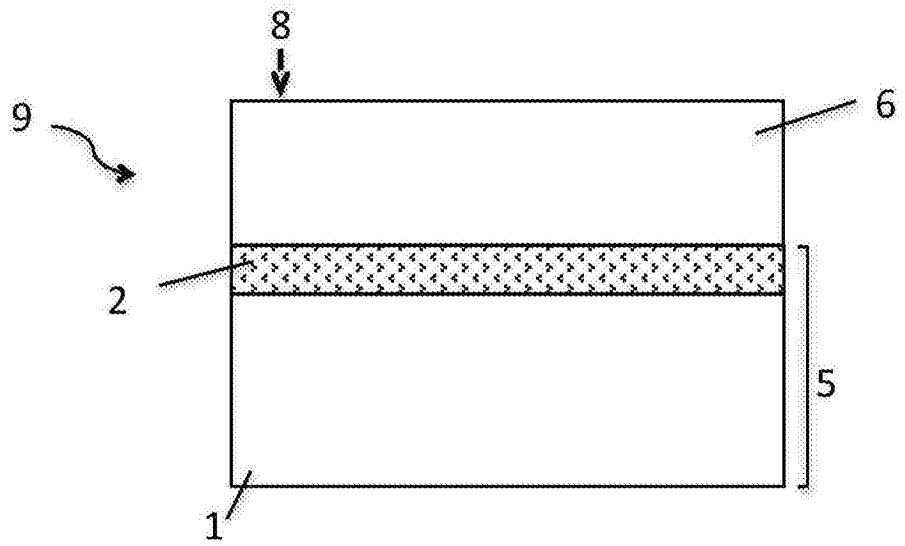


图1c

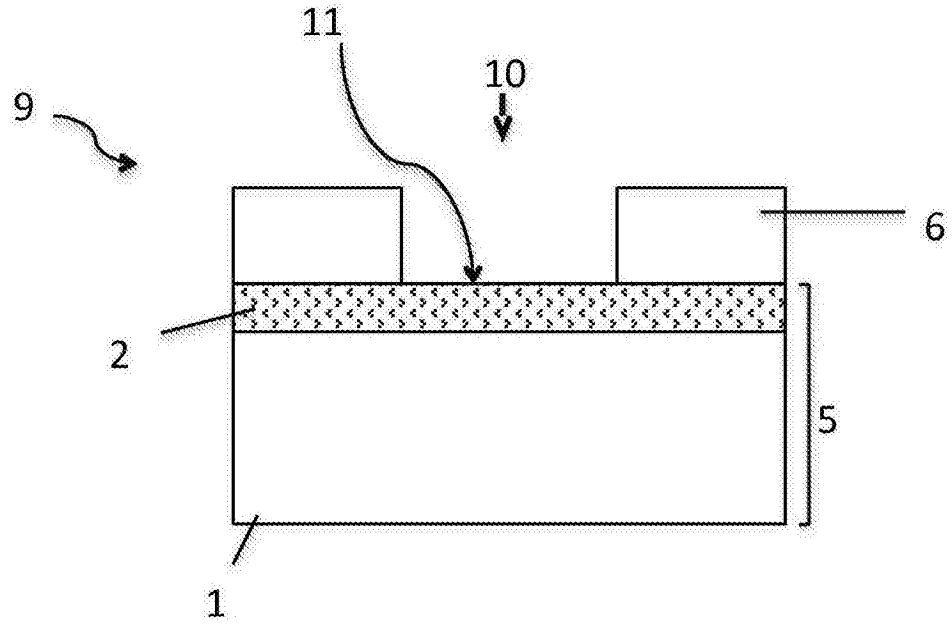


图2a

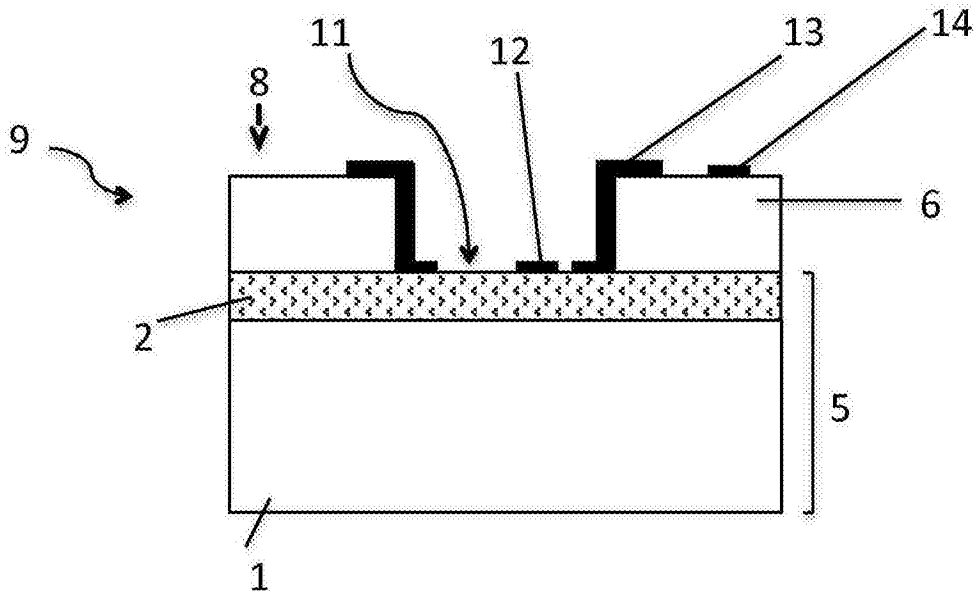


图2b

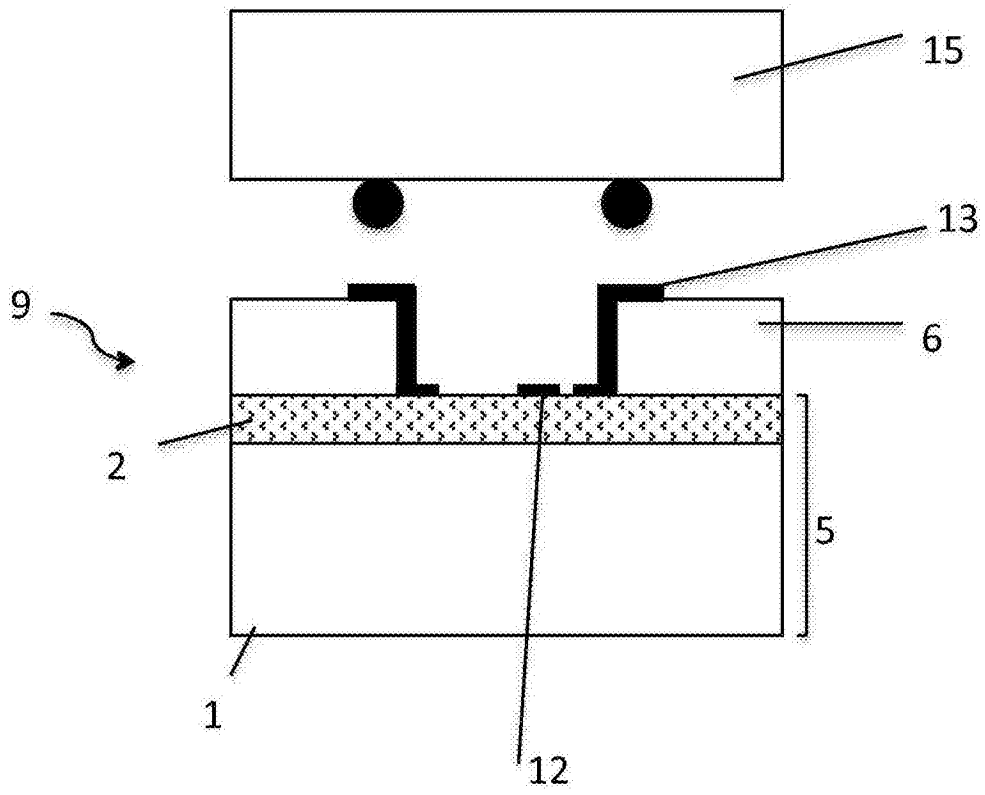


图2c

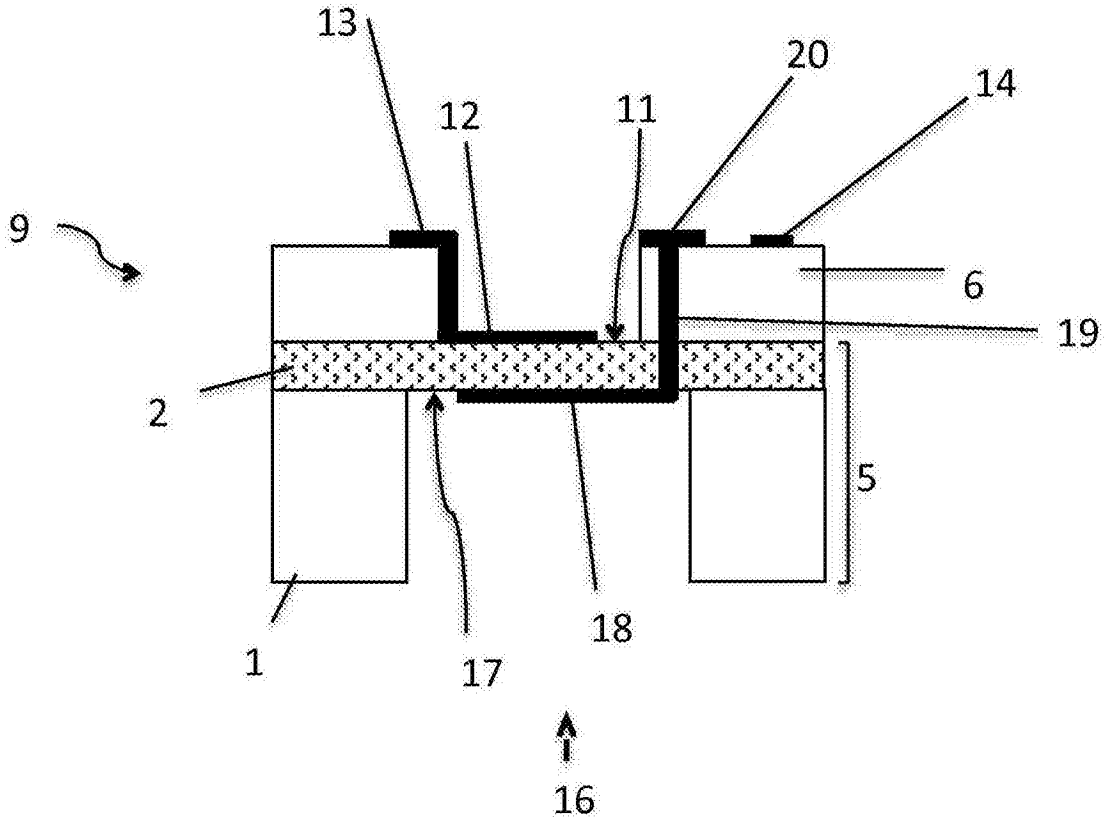


图3

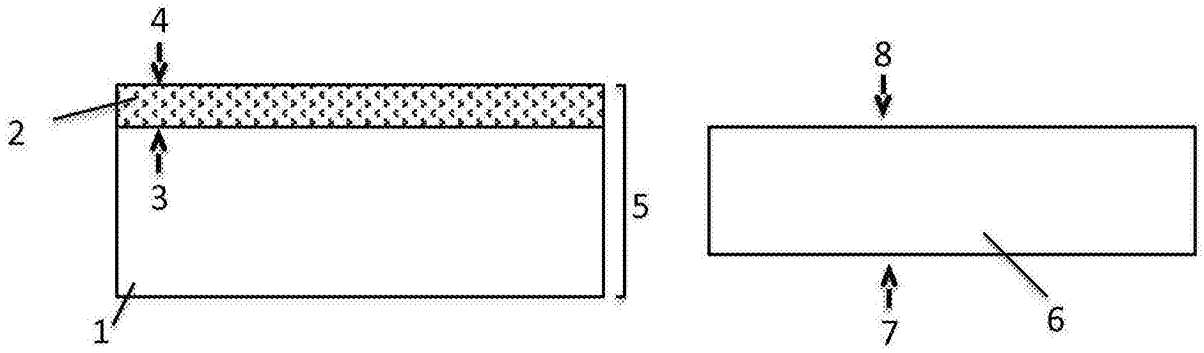


图4a

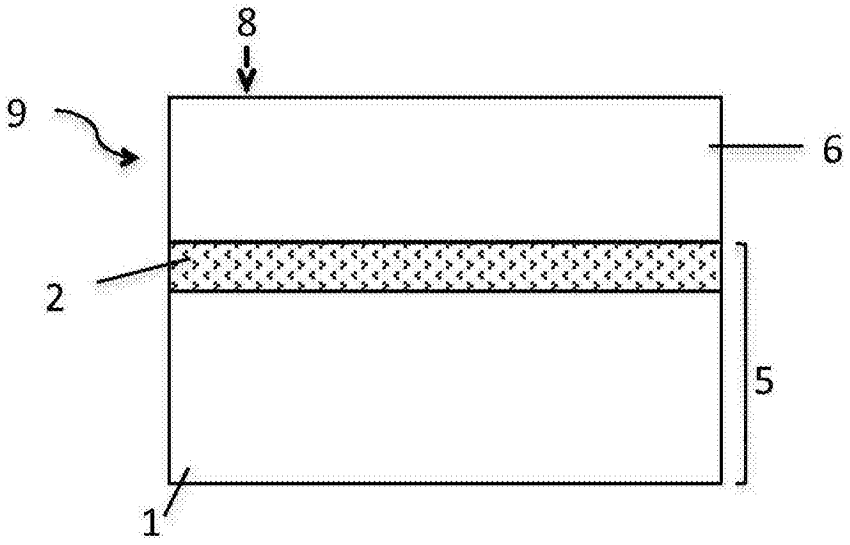


图4b

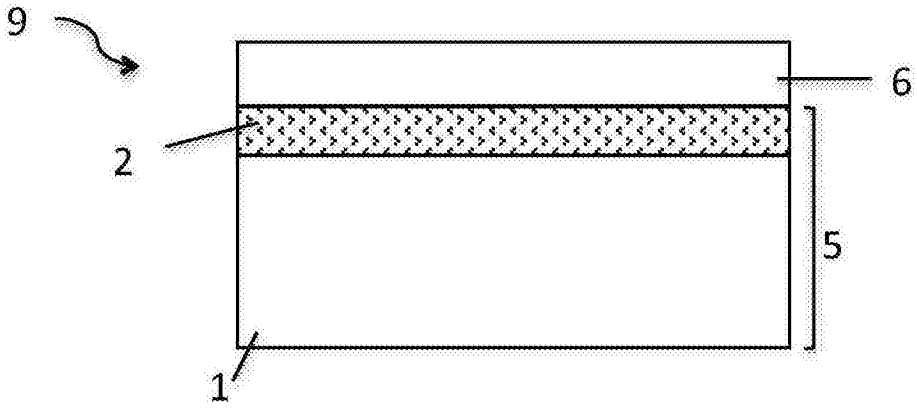


图4c