(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 110770893 B
(45)授权公告日 2023.12.08

(21)申请号 201880041487.4
(22)申请日 2018.06.21
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110770893 A
(43)申请公布日 2020.02.07
(30)优先权数据
1756116 2017.06.30 FR
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2019.12.20
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2018/066552 2018.06.21
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2019/002080 FR 2019.01.03
(73)专利权人 索泰克公司
地址 法国伯尔宁
(72)发明人 I•于耶 C•查尔斯-艾尔弗雷德 迪迪埃•朗德吕 亚历克西斯•德劳因
(74)专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127
专利代理师 王万影 王小东
(51)Int.Cl.
H01L 21/762(2006.01)
(56)对比文件
CN 102842538 A,2012.12.26
US 2007022940 A1,2007.02.01
US 6190998 B1,2001.02.20
FR 2914494 A1,2008.10.03
US 2006035440 A1,2006.02.16
US 2008153251 A1,2008.06.26
US 2009017602 A1,2009.01.15
US 2010178749 A1,2010.07.15
US 2010190000 A1,2010.07.29
US 2011192343 A1,2011.08.11
审查员 邢磊

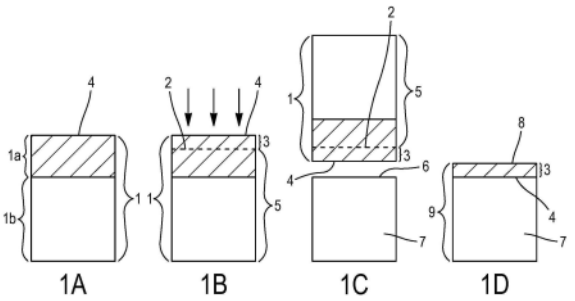
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

将薄层转移到具有不同的热膨胀系数的支撑衬底上的方法

(57)摘要

将包含第一材料的薄层(3)转移到包含第二材料的支撑衬底(7)上的方法，第一材料和第二材料具有不同的热膨胀系数。转移薄层(3)的方法包括：提供供体衬底(1)，该供体衬底由处置衬底(1b)以及通过第一材料形成的厚层(1a)的组装件构成，处置衬底(1b)的热膨胀系数与支撑衬底(7)的热膨胀系数相似，并且供体衬底(1)在厚层(1a)的一侧具有主面(4)；将轻物种引入厚层(1a)中以在里面产生脆化平面(2)，并且限定脆化平面(2)与供体衬底(1)的主面(4)之间的薄层(3)；将供体衬底的主面(4)与支撑衬底(7)的一个面(6)组装在一起；将薄层(3)从脆化平面(2)脱离，该脱离包括应用热处理。



CN 110770893 B

1.一种将包含第一材料的薄层(3)转移到包含第二材料的支撑衬底(7)上的方法,所述第一材料和所述第二材料具有不同的热膨胀系数,其特征在于,所述方法包括:

a.提供供体衬底(1),所述供体衬底由处置衬底(1b)以及通过所述第一材料形成的厚层(1a)的组装件构成,所述供体衬底(1)是通过将源衬底(10)与所述处置衬底(1b)接合而获得的,所述源衬底(10)包括所述第一材料,并且所述供体衬底(1)在所述厚层(1a)的一侧具有主面(4);

b.将轻物种引入所述厚层(1a)中以在里面产生脆化平面(2),并且限定所述脆化平面(2)与所述供体衬底(1)的所述主面(4)之间的所述薄层(3);

c.将所述供体衬底的所述主面(4)与所述支撑衬底(7)的一个面(6)通过分子粘附组装在一起;

d.将所述薄层(3)从所述脆化平面(2)脱离,所述脱离包括在所述厚层(1a)被组装到并且定位在所述处置衬底(1b)与所述支撑衬底(7)之间之后应用热处理,所述处置衬底(1b)和所述支撑衬底(7)在室温下具有相似的热膨胀系数,

其中,在室温下,构成所述厚层(1a)的所述第一材料的热膨胀系数与构成所述支撑衬底(7)的所述第二材料的热膨胀系数相差至少10%。

2.根据权利要求1所述的方法,其中,就绝对值而言,所述处置衬底(1b)的成分的热膨胀系数与所述支撑件(7)的成分的热膨胀系数的差小于所述厚层(1a)的热膨胀系数与所述支撑衬底(7)的热膨胀系数的差。

3.根据权利要求1或2所述的方法,其中,注入的轻物种是氢离子和/或氦离子。

4.根据权利要求1或2所述的方法,其中,所述第一材料是铁电材料。

5.根据权利要求4所述的方法,其中,所述铁电材料包括LiTaO3、LiNbO3、LiAlO3、BaTiO3、PbZrTiO3、KNbO3、BaZrO3、CaTiO3、PbTiO3或KTaO3。

6.根据权利要求1或2所述的方法,其中,所述支撑衬底(7)的材料是硅。

7.根据前述权利要求1或2所述的方法,其中,所述处置衬底(1b)的性质与所述支撑衬底(7)的性质相同。

8.根据权利要求1或2所述的方法,其中,所述处置衬底(1b)的厚度等于所述支撑衬底(7)的厚度。

9.根据权利要求1或2所述的方法,其中,所述厚层(1a)具有介于10微米至400微米之间的厚度,以便能够进行一个或更多个薄层的取样。

10.根据权利要求1所述的方法,其中,所述接合是通过分子粘附而获得的。

11.根据权利要求1所述的方法,所述方法包括使所述源衬底(10)薄化的步骤,以提供所述厚层(1a)。

12.根据权利要求11所述的方法,其中,薄化步骤是通过研磨和/或机械化学抛光和/或蚀刻来执行的。

将薄层转移到具有不同的热膨胀系数的支撑衬底上的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及将具有不同的热膨胀系数的两个衬底结合的异质结构的领域。更具体地，本发明涉及一种将薄层转移到支撑衬底上的方法。例如，这种制造方法用于微电子学、微机械学、光子学等领域。

背景技术

[0002] 从现有技术中已知用于在支撑衬底上形成薄层的各种方法。例如，这样的方法可以是分子束外延、等离子溅射、等离子沉积(激光脉冲沉积)或Smart Cut™技术的应用，其中，通过在借助于注入轻物种而在主体衬底中形成的易碎区域(或脆化平面)处发生破裂来从该主体衬底取得薄层。

[0003] 更具体地，本发明涉及形成由铁电材料制成的薄层，该铁电材料通过应用如在FR 2 914 492中教导的那种方法来获得。

[0004] Smart Cut工艺的应用特别适合以下情况：希望转移的薄层的材料的热膨胀系数与发生转移的支撑衬底的热膨胀系数相似。

[0005] 在相反的情况下，由支撑衬底和供体衬底形成的组装件可以经受的温度受到限制。因此，FR 2 856 192提到了高于由材料的热膨胀系数值确定的温度的热处理可能会导致衬底中的一者的不受控制的破裂和/或供体衬底或薄层的剥离。这引起了问题，因为Smart Cut工艺可能需要在足够的温度下执行至少一种热处理，以便例如增强供体衬底对支撑衬底的粘附，或者促进供体衬底在脆化平面上的破裂。

[0006] 本发明的目的

[0007] 本发明的一个目的是提出一种将包含第一材料的薄层转移到包含第二材料的支撑衬底上的方法，所述第一材料和所述第二材料具有不同的热膨胀系数，所述方法至少部分地解决了上述问题。这尤其应用于将由铁电材料制成的薄层转移到具有与构成该薄层的材料的膨胀系数不同的膨胀系数的支撑件(例如，由硅制成的支撑衬底)上。

发明内容

[0008] 为了实现这些目的中的一个目的，本发明的主题提出了一种将包含第一材料的薄层转移到包含第二材料的支撑衬底上的方法，所述第一材料和所述第二材料具有不同的热膨胀系数。根据本发明，转移所述薄层的方法包括：提供供体衬底，所述供体衬底由处置衬底(handling substrate)以及通过所述第一材料形成的厚层的组装件构成，所述处置衬底的热膨胀系数与所述支撑衬底的热膨胀系数相似，并且所述供体衬底在所述厚层的一侧具有主面；将轻物种引入所述厚层中以在里面产生脆化平面，并且限定所述脆化平面与所述供体衬底的所述主面之间的所述薄层；将所述供体衬底的所述主面与所述支撑衬底的一个面组装在一起；将所述薄层从所述脆化平面脱离，所述脱离包括应用热处理。

[0009] 由所述供体衬底和所述支撑件形成的组装件可以暴露于比根据现有技术的“直接”方法的上下文中应用的温度高得多的温度，根据该现有技术，供体衬底不包括任何处置

衬底，从而不会有衬底中的一者的不受控制的破裂或供体衬底或薄层剥离的风险。就该组装件的热膨胀系数而言，平衡的结构尤其使得可以通过将所述组装件暴露于相对高的温度来促进使所述薄层脱离的步骤。

[0010] 根据本发明的其它有利且非限制性特征，单独或以任何技术上可行的组合进行以下操作：

[0011] -在室温下，构成所述厚层的所述第一材料的热膨胀系数与构成所述支撑衬底的所述第二材料的热膨胀系数相差至少10％；

[0012] -就绝对值而言，所述处置衬底的成分的热膨胀系数与所述支撑件的成分的热膨胀系数的差小于所述厚层的热膨胀系数与所述支撑衬底的热膨胀系数的差；

[0013] -注入的轻物种是氢离子和/或氦离子；

[0014] -所述第一材料是铁电材料，诸如，$LiTaO_3$、$LiNbO_3$、$LiAlO_3$、$BaTiO_3$、$PbZrTiO_3$、$KNbO_3$、$BaZrO_3$、$CaTiO_3$、$PbTiO_3$或$KTaO_3$；

[0015] -所述支撑衬底的材料是硅；

[0016] -所述处置衬底的性质与所述支撑衬底的性质相同；

[0017] -所述处置衬底的厚度与所述支撑衬底的厚度相等；

[0018] -所述厚层具有介于10微米至400微米之间的厚度，以便能够进行一个或更多个薄层的取样；

[0019] -所述供体衬底是通过将源衬底与所述处置衬底接合而获得的；

[0020] -所述接合是通过分子粘附而获得的；

[0021] -包括使所述源衬底薄化的步骤，以提供所述厚层；

[0022] -薄化步骤是通过研磨和/或机械化学抛光和/或蚀刻来执行的。

附图说明

[0023] 根据本发明的以下详细描述，本发明的其它特征和优点将变得显而易见，参照附图给出该描述，其中：

[0024] -图1A至图1D示出了根据本发明的方法的一个实施方式；

[0025] -图2示意性地表示了根据本发明的用于形成供体衬底的方法。

具体实施方式

[0026] 为了使以下描述简单起见，在现有技术中或在该方法的各种呈现的实施方式中，相同的附图标记用于相同的元件或执行相同功能的元件。

[0027] 附图是示意性表示，为了清晰起见，附图不是按比例绘制的。特别地，层的厚度相对于这些层的横向尺寸不成比例。

[0028] 在本说明书的其余部分中关于层或衬底使用的术语“热膨胀系数”是指在限定该层或该衬底的主平面中沿限定方向的膨胀系数。如果材料是各向异性的，则所保留的系数值将是最大幅度的系数值。系数值是在室温下测得的值。

[0029] 本发明涉及一种将包含第一材料的薄层3转移到包含第二材料的支撑衬底7上的方法，第一材料和第二材料具有不同的热膨胀系数。用语“不同”是指这些系数相差至少10％。

[0030] 在本说明书的上下文中，将通过示例的方式考虑，薄层3由铁电材料制成并且支撑件7由硅制成(其热膨胀系数估计为$2.6\times10^{-6}K^{-1}$)。

[0031] 已提到，铁电材料是在自然状态下具有电极化的材料，该极化有可能通过施加外部电场而逆反。铁电畴(ferroelectric domain)是指材料的各个连续区域，在该各个连续区域中，极化是均匀的(所有偶极矩沿给定方向彼此平行对齐)。因此，在铁电材料包含极化是均匀的单个区域的情况下，铁电材料可以被表征为“单畴”，或者在铁电材料包括极性可能不同的多个区域的情况下，铁电材料可以被表征为“多畴”。

[0032] 通常希望具有单畴性质的铁电薄层。

[0033] 参照图1A，供体衬底1由铁电材料(例如，LiTaO3($2\times10^{-6}K^{-1}$(z)、$16\times10^{-6}K^{-1}$(x，y))、LiNbO3、LiAlO3、BaTiO3、PbZrTiO3、KNbO3、BaZrO3、CaTiO3、PbTiO3或KTaO3)的厚层1a以及处置衬底1b。供体衬底1可以采取标准尺寸(例如，直径为150mm或200mm)的圆形晶圆的形式。然而，本发明绝不限于这些尺寸或这种形式。已经从铁电材料锭中取样了材料的厚层1a，该取样已被执行成使得厚层1a具有预定的晶体取向。根据预期应用选择取向。因此，在希望利用薄层的性能来形成SAW过滤器的情况下，按惯例选择取向42°RY。然而，本发明绝不限于特定的晶体取向。

[0034] 处置衬底1b有利地包含一种材料(或多种材料)，该材料的热膨胀系数接近构成支撑衬底7的材料的热膨胀系数。用语“接近”是指就绝对值而言，处置衬底1b的热膨胀系数与支撑件7的热膨胀系数的差小于厚层1a的热膨胀系数与支撑衬底7的热膨胀系数的差。

[0035] 优选地，处置衬底1b和支撑衬底具有相同的热膨胀系数。在组装供体衬底和支撑件期间，形成了能够承受较高温度下的热处理的结构。为了便于实施起见，这可以通过将处置衬底1b选择成使其包含与支撑衬底7的材料相同的材料来实现。

[0036] 为了形成供体衬底1，例如借助于分子粘附接合技术将大块铁电材料与处置衬底1b预组装。接下来，通过薄化(例如，通过研磨和/或机械化学抛光和/或蚀刻)来形成铁电材料层1a。图2示意性地呈现了该方法。在组装之前，可能已经设想了在接触设置的面中的一个面和/或另一个面上形成粘附层(例如，通过沉积硅氧化物和/或硅氮化物)。组装可以包括应用低温热处理(例如，介于50℃至300℃之间，通常为100℃)，从而使得可以充分增强接合能力以允许随后的薄化步骤。

[0037] 可以将处置衬底1b选择成使其具有基本与支撑衬底7的厚度相等的厚度。执行薄化步骤，以使厚层1a具有足够小的厚度，以使得在其余处理中应用的热处理期间产生的应力的强度降低。同时，该厚度足够大，以能够从中取样薄层3或多个这样的层。例如，该厚度可以介于5微米至400微米之间。

[0038] 该方法包括将至少一种轻物种引入供体衬底1中。该引入可以与利用诸如氢离子和/或氦离子之类的轻物种对供体衬底1的主面4进行离子轰击的注入相对应。

[0039] 以众所周知的方式并且如图1B所示，注入的离子具有形成脆化平面2的作用，该脆化平面2限定了要转移的铁电材料的薄层3，该薄层位于主面4侧上并且另一部分5构成了衬底的其余部分。

[0040] 根据希望转移的层的厚度以及供体衬底的物理化学性能来选择注入物种的性质、剂量和注入能量。在由LiTaO3制成的供体衬底1的情况下，因此可以选择利用介于30keV至300keV之间的能量注入介于$1^{E}16$ at/cm^2至$5^{E}17at/cm^2$之间的氢剂量，以界定200nm至

2000nm的量级的薄层3。

[0041] 在如图1C所示的接下来的步骤中，将供体衬底1的主面4与支撑衬底7的一个面6组装在一起。支撑衬底7可以具有与供体衬底的尺寸和形状相同的尺寸和形状。出于可用性和成本的原因，支撑衬底7是单晶硅晶圆或多晶硅晶圆。然而，更一般地，支撑衬底7可以包含任何材料(例如，硅、蓝宝石或玻璃)并且可以具有任何形状。

[0042] 在该步骤之前，可以设想经由清洁、刷涂、干燥、抛光或等离子激活的步骤来制备衬底的待组装的面。

[0043] 组装步骤可以与通过分子粘附和/或静电接合将供体衬底1与支撑衬底7亲密接触相对应。可选地，为了尤其在通过直接接合来组装两个衬底1、7时促进该两个衬底的组装，在组装之前，可以在供体衬底1的主面4上或在支撑衬底7的待组装的平坦面6上或在这两者上形成至少一个中间层。例如，该中间层包含硅氧化物、硅氮化物或多晶硅，并且具有介于几纳米至几微米之间的厚度。中间层可以根据现有技术中已知的各种技术(诸如，氧化热处理或氮化热处理、化学沉积(PECVD、LPCVD等)等)来生产。

[0044] 在该组装步骤结束时，获得图1C所示的组装件，该组装件包括两个相关联的衬底，支撑衬底7的平坦面6粘附至供体衬底1的主面4。

[0045] 然后，例如通过在脆化平面2上裂开，对该组装件进行处理，以使铁电材料的薄层3从供体衬底1脱离。

[0046] 因此，该脱离步骤可以包括将80℃至500℃量级的温度范围下的热处理应用于组装件，以允许将薄层3转移到支撑衬底7上。除了热处理之外，该步骤还可以包括将气态或液态流体的叶片或射流应用于脆化平面2。在铁电材料的情况下，应注意不要超过其居里温度，以免使薄层的特性劣化。

[0047] 在该脱离步骤之后，获得图1D所示的结构9。该结构9包括铁电材料的薄层3，该薄层包括第一自由面8以及布置在支撑衬底7上的主面4。

[0048] 由供体衬底1和支撑件7形成的组装件可以暴露于比根据现有技术在“直接”方法的上下文中应用的温度高得多的温度，根据该现有技术，供体衬底不包括任何处置衬底，从而不会有衬底中的一者的不受控制的破裂或供体衬底1或薄层3剥离的风险。就该组装件的热膨胀系数而言，平衡的结构因此使得可以通过将组装件暴露于相对高的温度(例如，介于80℃至500℃之间)来促进使薄层3脱离的步骤。

[0049] 然后，可以执行对薄层3并且尤其是其自由面8进行精加工的步骤，以恢复和/或改善该薄层的所需性能。众所周知，该精加工可以包括在中性或还原性或氧化性气氛下进行抛光、蚀刻、牺牲氧化或退火。

[0050] 在刚刚呈现并且其中薄层3由铁电材料制成的示例的上下文中，该精加工步骤可以与薄层3的热处理然后抛光相对应，该顺序使得可以在转移后在薄层3上恢复厚层1a具有的初始单畴性能(例如，遵循42°RY的取向)。然而，本发明绝不限于特定的精加工顺序。

[0051] 热处理可以纠正薄层3中存在的晶体缺陷。此外，它有助于巩固薄层3与支撑件7之间的接合。热处理使结构处于介于300℃至铁电材料的居里温度之间的温度长达介于10秒至10小时之间的时长。该热处理优选通过使薄层3的自由面暴露于氧化或中性气态气氛来进行。

[0052] 制备方法还包括在热处理之后薄化薄层3。该薄化可以与例如借助于机械、机械化

学和/或化学蚀刻薄化技术对薄层3的第一自由面8进行的抛光相对应。可以将自由面8制备成使其具有很小的粗糙度，例如通过原子力测量(AFM)小于0.5nm RMS5×5μm，并且可以去除薄层3的第一自由面8的易于包含残留缺陷的表面部分。

[0053] 不用说，本发明不限于所描述的示例，并且可以在不脱离本发明的由权利要求书限定的范围的情况下对其进行实施方式变型。

[0054] 此外，本发明适用于在薄层3与支撑衬底7之间存在热膨胀系数的差的任何“异质”结构，例如，在石英上硅或蓝宝石上硅的结构的情况下。

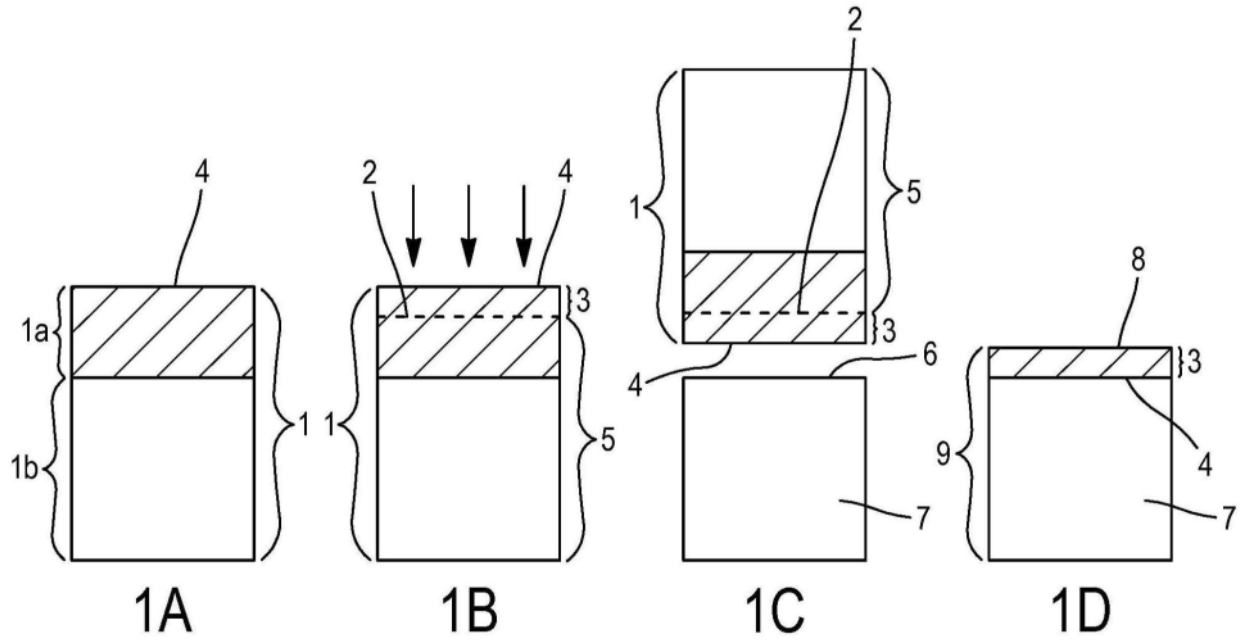


图1

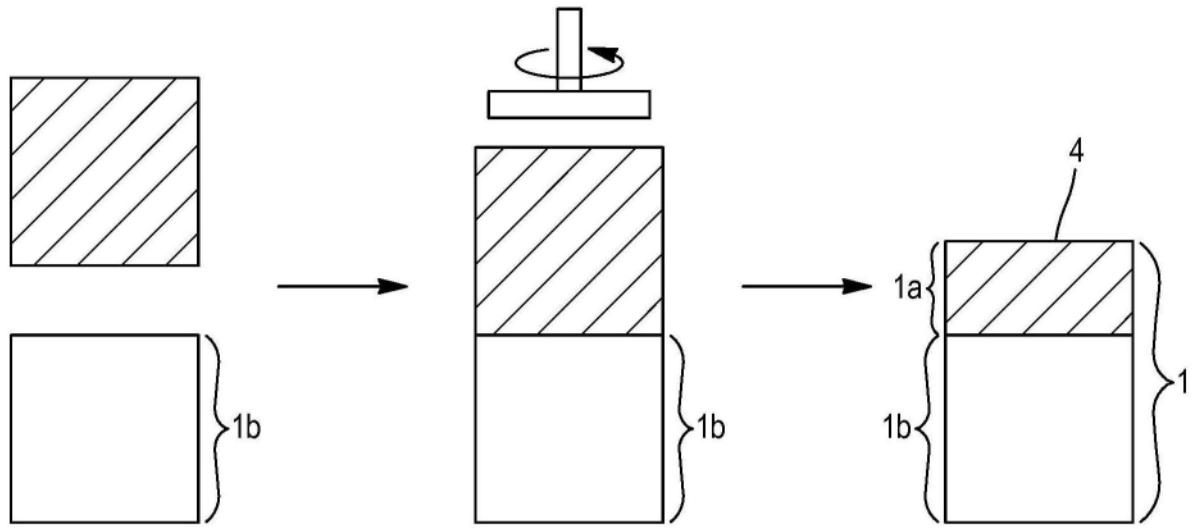


图2