



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109564967 B

(45) 授权公告日 2022.12.02

(21) 申请号 201780048417.7

(72) 发明人 C·查尔斯-艾尔弗雷德

(22) 申请日 2017.08.01

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 109564967 A

专利代理人 黄纶伟 李辉

(43) 申请公布日 2019.04.02

(51) Int.CI.

H01L 41/312 (2006.01)

(30) 优先权数据

1657494 2016.08.02 FR

(56) 对比文件

CN 102569640 A, 2012.07.11

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

CN 1632911 A, 2005.06.29

2019.02.01

US 2002135967 A1, 2002.09.26

(86) PCT国际申请的申请数据

KR 20160069195 A, 2016.06.16

PCT/EP2017/069470 2017.08.01

CN 105493247 A, 2016.04.13

(87) PCT国际申请的公布数据

TW 200518203 A, 2005.06.01

W02018/024743 EN 2018.02.08

CN 101620983 A, 2010.01.06

(73) 专利权人 索泰克公司

US 5737178 A, 1998.04.07

地址 法国伯尔宁

审查员 张燕

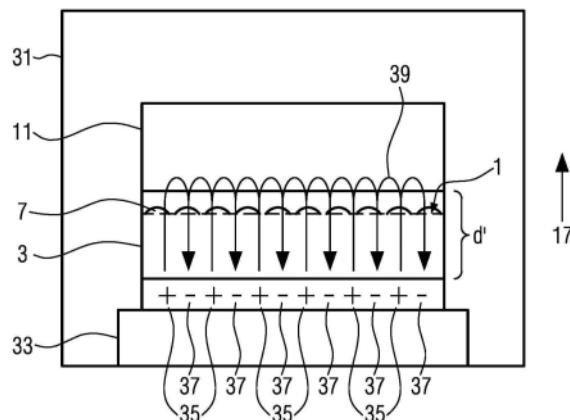
权利要求书2页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称

使用电场将压电层从供体基板分离

(57) 摘要

本发明涉及一种将压电层转移到支撑基板上的方法。还涉及一种用于执行所述方法的至少一部分的分离室。本发明的将压电层从供体基板分离到支撑基板上的方法包括以下步骤：a) 在压电供体基板中提供预定分裂区域；b) 将压电供体基板附接到支撑基板以形成复合结构；以及c) 将压电层从压电供体基板分离，包括施加电场。通过使用该电场，与现有技术相比可在较低的温度下执行分离步骤。



1. 一种将压电层转移到支撑基板上的方法,该方法包括以下步骤:
 - a) 在压电供体基板(3)中提供预定分裂区域(1),
 - b) 将所述压电供体基板(3)附接到支撑基板(11)以形成复合结构(13),以及
 - c) 将所述压电层(21)从所述压电供体基板(3)分离,包括施加直流电场(15)。
2. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述压电供体基板由体压电基板制成。
3. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述压电供体基板由设置在操控基板上的压电材料层制成。
4. 根据权利要求1至3中的一项所述的方法,其中,步骤b)包括温度至多100℃的热处理或者在介于15℃至25℃之间的室温下进行。
5. 根据权利要求4所述的方法,其中,步骤b)包括温度至多50℃的热处理。
6. 根据权利要求1至3中的一项所述的方法,其中,步骤b)在低于 10^{-2} mbar的压力下进行。
7. 根据权利要求1至3中的一项所述的方法,其中,步骤c)在低于100℃的温度下进行。
8. 根据权利要求7所述的方法,其中,步骤c)在低于50℃的温度下进行。
9. 根据权利要求8所述的方法,其中,步骤c)在介于15℃至25℃之间的室温下进行。
10. 根据权利要求1至3中的一项所述的方法,其中,使用包括至少一个电极的卡盘来施加所述电场(15)。
11. 根据权利要求10所述的方法,其中,所述复合结构的所述压电供体基板的表面被置于所述卡盘上。
12. 根据权利要求11所述的方法,其中,所述卡盘包括通过电绝缘体分隔的叉指状电极。
13. 根据权利要求12所述的方法,其中,所述电绝缘体是陶瓷。
14. 根据权利要求12所述的方法,其中,施加到所述卡盘的电压最高至10kV。
15. 根据权利要求14所述的方法,其中,施加到所述卡盘的电压在1kV和5kV之间的范围内。
16. 根据权利要求10所述的方法,其中,所述复合结构被夹在所述卡盘和第二电极之间。
17. 根据权利要求16所述的方法,其中,所述复合结构被包括在第二卡盘中。
18. 根据权利要求16所述的方法,其中,施加到所述卡盘的电压最高至5kV。
19. 根据权利要求18所述的方法,其中,施加到所述卡盘的电压在200V和1kV之间的范围内。
20. 根据权利要求1至3中的一项所述的方法,其中,所述电场(15)的方向平行于所述压电供体基板(3)的极化方向(17)。
21. 根据权利要求1至3中的一项所述的方法,其中,所述压电供体基板(3)是LiTaO₃ (LTO)、AlN、ZnO、Pb[Zr_xTi_{1-x}]O₃ (PZT) 和LiNbO₃ (LNO) 中的一种,其中,0≤x<1。
22. 根据权利要求1至3中的一项所述的方法,其中,所述支撑基板(11)是半导体基板,或者绝缘体,或者金属。
23. 根据权利要求22所述的方法,其中,所述半导体基板是Si晶圆。
24. 根据权利要求22所述的方法,其中,所述绝缘体是蓝宝石晶圆。

25. 根据权利要求22所述的方法,其中,所述金属是Mo晶圆。
26. 一种用于执行根据权利要求1至25中的一项所述的步骤c)的分离室,该分离室包括一个或两个卡盘,所述卡盘包括第一电极和/或第二电极以用于对压电层施加电场。
27. 根据权利要求26所述的分离室,其中,所述卡盘中的至少一个包括保持装置。
28. 根据权利要求27所述的分离室,其中,所述保持装置是真空和/或静电保持装置。
29. 根据权利要求28所述的分离室,其中,所述第一电极和/或所述第二电极独立于所述静电保持装置。

使用电场将压电层从供体基板分离

[0001] 本发明涉及一种将压电层转移到支撑基板上的方法。还涉及一种用于执行所述方法的至少一部分的分离室。

[0002] 人们对包括附接有薄压电层的支撑基板(类似硅或蓝宝石)的复合结构越来越有兴趣。已提出使用从绝缘体上硅基板所知的SmartCutTM型工艺来获得这种复合结构。

[0003] 该工艺可利用压电供体基板,在供体基板内具有预定分裂区域。该预定分裂区域可通过向供体基板中注入离子来获得。供体基板随后被附接到支撑基板并经受热处理以加强供体与支撑基板之间的结合并使供体基板的其余部分在所述预定分裂区域处分离,从而将压电供体基板层转移到支撑基板上。

[0004] 在热处理期间的较高温度的影响下,通过注入的离子而在所述预定分裂区域中形成的缺陷生长从而导致局部应变,这在给定的热预算下导致分离并由此导致层转移到支撑基板上。

[0005] 然而,在压电供体基板的情况下,难以在不破损的情况下转移层。这是由于压电供体基板与支撑基板之间的热膨胀系数的差异较大(CTE不匹配)。因此,在热处理期间在供体与支撑基板的界面处产生应变,其在分离的那刻突然松弛并导致转移的层的破损。

[0006] 因此,本发明的目的在于提供一种替代层转移方法,其对于减少由于CTE不匹配而引起的转移的压电层的破损而言特别重要。

[0007] 该目的利用根据本发明的将压电层转移到支撑基板上的方法来实现,该方法包括以下步骤:a)在压电供体基板中提供预定分裂区域;b)将压电供体基板附接到支撑基板以形成复合结构;以及c)将压电层从压电供体基板分离,包括施加电场。通过施加电场,利用供体基板的压电性质来削弱所述预定分裂区域,因为电场将在压电供体基板内引入变形并且由于积累互补应变来进一步削弱所述预定分裂区域中的缺陷的区域。因此,待分离的压电层的完整分离所需的热预算可降低。

[0008] 根据特定实施方式,压电供体基板可由单一压电材料(所谓的体压电基板)制成。根据其它实施方式,压电供体基板可由设置在操控基板上的压电材料层制成。在第二种情况下,可选择相对于支撑基板具有相似CTE的操控基板。与CTE的较高差异相比和/或与使用相对于支撑基板具有较高CTE差异的体压电基板相比,操控基板和支撑基板之间的CTE差异相对于两个CTE中的较大者低于10%使得辅助上述方法的热处理的热预算更高。

[0009] 根据实施方式,该方法还可包括形成所述预定分裂区域的离子注入步骤以及离子注入的压电供体基板的热处理步骤,其中,热处理步骤可在0℃至200℃的温度范围内进行1h至24h之间的持续时间。热处理步骤由此可使得所述预定分裂区域中的缺陷生长。

[0010] 根据优选变型,步骤b)可包括温度至多100℃或至多50℃的热处理,或者在变型中,可在介于15℃至25℃之间的室温下进行。在仅通过热处理实现分离的制造工艺中,在分离步骤之前需要使结合界面稳定,以防止在分离时不想要的结合缺陷。在现有技术中,通过在分离之前对复合结构进行加热来获得结合的增强。如上面已经提及的,在压电供体基板的情况下这种热处理导致与热膨胀系数差异有关的问题。通过在分离期间使用电场,与仅热引起的分离所需的结合能相比,供体基板与支撑基板之间的结合能可降低。这是由于如

下事实:由于电场的存在而引起的机械扭曲的影响被极大地限制到压电供体基板,对与支撑基板的界面的影响较小。

[0011] 根据优选变型,步骤b)可在低于 10^{-2} mbar的压力下进行。.

[0012] 优选地,步骤c)可在低于100°C,更特别地低于50°C的温度,甚至更特别地在介于15°C至25°C之间的室温下进行。因此,与没有电场辅助的分离工艺相比,可在较低的温度下获得分离。

[0013] 根据优选实施方式,可使用包括至少一个电极的卡盘来施加电场。通过使用这样的卡盘,可按照简单的方式获得电场。卡盘可包括保持装置,其独立于这些电极并且通过例如真空或静电性质来实现。

[0014] 有利地,复合结构的压电供体基板的表面可被置于卡盘上。在这种布置方式中,该工艺可独立于支撑基板的电性质来进行。

[0015] 根据变型,卡盘可包括通过电绝缘体(特别是陶瓷)分隔的叉指状电极。在这种几何形状中,可仅使用一个电极来形成合适的电场。这使得处理室的设计简单。

[0016] 根据实施方式,施加到卡盘的电压可最高至10kV,特别是在1kV和5kV之间的范围内。在此电压范围内,形成足够强的电场以使压电供体基板变形,使得可在较低的热预算下发生分离。

[0017] 根据变型,供体基板-支撑基板复合结构可被夹在卡盘和第二电极之间,特别是包括在第二卡盘中。在复合结构的两侧使用电极的设计中,施加到第一电极和第二电极的电压可低于仅一个电极的情况。

[0018] 优选地,在本发明的此变型中,施加到静电卡盘的电压可最高至5kV,特别是在200V和1kV之间的范围内。

[0019] 根据实施方式,电场线可基本上平行于压电供体基板的极化方向。通过使电场与压电供体基板的极化方向对齐,所得扭曲的幅度可增强,并且方便分离步骤。

[0020] 优选地,压电供体基板可以是LiTaO₃(LTO)、AlN、ZnO、Pb[Zr_xTi_{1-x}]O₃(0≤x<1)(PZT)和LiNbO₃(LNO)中的一种。优选地,支撑基板可以是半导体基板(特别是Si晶圆)或绝缘体(特别是蓝宝石晶圆)或金属(特别是Mo晶圆)。

[0021] 本发明的目的还利用一种用于执行如上所述的步骤c)的分离室来实现,该分离室包括用于向压电层施加电场的一个或两个卡盘。根据变型,分离室还可用于执行步骤b)。使用卡盘允许形成电场,其导致压电基板中的变形,从而削弱所述预定分裂区域。因此,与针对分离步骤仅使用热能的工艺相比,执行压电层从供体基板的其余部分分离所需的热预算可降低。因此,可减小供体基板与支撑基板之间的热膨胀系数的较大差异的负面影响。

[0022] 本发明的目的还利用一种卡盘来实现,该卡盘包括:用于保持复合结构的保持装置,特别是真空和/或静电保持装置;以及电极,其用于施加电场以削弱复合结构内的预定分裂区域。根据变型,静电保持装置与用于施加电场的电极可彼此独立。这样,如上面关于所述方法描述的保持动作和削弱动作可相对于彼此优化。

[0023] 以下将结合附图使用有利的示例性实施方式更详细地说明本发明,附图中:

[0024] 图1a至图1e示意性地示出将压电层转移到支撑基板上的方法的实施方式,

[0025] 图2示意性地示出根据本发明的第二实施方式的设置,

[0026] 图3示意性地示出根据本发明的第三实施方式的设置。

[0027] 图1a至图1e示出将压电层转移到支撑基板上的方法的实施方式。

[0028] 在图1a所示的工艺步骤中,与根据本发明的方法的步骤a) 对应,在压电供体基板3中通过注入离子5来形成预定分裂区域1。

[0029] 压电供体基板3可以是例如LiTaO₃ (LTO)、AlN、ZnO、Pb[Zr_xTi_{1-x}]O₃ (0≤x<1) (PZT) 和LiNbO₃ (LNO)。在下文中,仅作为根据本发明的示例,压电供体基板是由LTO制成的体压电基板。根据变型,供体基板可包括顶部具有压电层的操控基板。

[0030] 为了在压电供体基板3内获得预定分裂区域1,根据预定分裂区域1的期望的深度d以约10keV至1MeV的能量注入5*10¹⁶至2*10¹⁷离子/cm²的H⁺或He⁺或者H⁺/He⁺的混合。在上述注入条件下,深度d约为60nm至6μm。

[0031] 图1b所示的下一步骤是第一热处理步骤使形成通过离子注入产生的预定分裂区域1的缺陷7生长。表面9的粗糙度低于5nm RMS。根据本发明,该第一热处理步骤在0℃和200℃之间的温度下进行约1至24h的持续时间。

[0032] 根据本发明的步骤b) 示出于图1c中。其包括将压电供体基板3(特别是通过结合)附接到支撑基板11,从而形成复合结构13。支撑基板11可以是半导体基板(类似Si晶圆)或绝缘体(类似蓝宝石)或金属(类似Mo)。

[0033] 结合步骤在环境压力下或在真空(通常低于10⁻²mbar,特别是约10⁻³至10⁻⁴mbar的基本真空)下进行。为了加强两个基板3和11之间的结合,在最高至100℃的温度下进行结合。

[0034] 图1d示出制造工艺中的下一步骤。此步骤对应于根据本发明的步骤c)。对复合结构13施加电场,电场线15基本上垂直于预定分裂区域1。根据本发明的一方面,电场线15基本上平行于压电供体基板3的极化轴17(或极轴)以优化压电效应。由于压电性质,电场15的存在将导致压电支撑基板3内的方向z上的机械变形。该变形进一步削弱预定分裂区域1。为了获得期望的电场,施加最高至10kV的电压(参见下面关于图2和图3的进一步描述)。

[0035] 根据电场的强度,如图1e所示,可在预定分裂区域处发生压电供体基板的其余部分19从包括支撑基板11和转移的压电层21的改性的复合结构13'的完整分离。

[0036] 根据变型,如图1e所示的分离也可通过在施加电场15期间或之后加热复合结构13来获得。在此第二热处理步骤中,使用最高至100℃的温度以进行最终分离。温度的选择取决于第一热处理步骤的条件和电场15的强度。

[0037] 利用根据本发明的方法,可将薄压电层21转移到支撑基板11上,而不会受害于压电层21的材料与支撑基板11之间的热膨胀系数的现有较大差异。

[0038] 然后,可将压电供体基板的其余部分19重新用作供体基板3,以重新开始关于图1a至图1e所描述的工艺。

[0039] 图2示意性地示出根据本发明的第二实施方式的设置。图2示出用于至少执行如图1d所示的根据本发明的方法的步骤c)的分离室31。

[0040] 分离室包括卡盘33,其包括正电极35和负电极37以能够对关于第一实施方式详细描述的包括压电供体基板3和支撑基板11的复合结构13施加电场39。第一实施方式的特征的描述将不再重复,而是通过引用并入本文。卡盘还可包括用于保持复合结构13的装置,例如真空或静电装置。在此实施方式中,那些独立于电极35和37。

[0041] 复合结构13被定位在卡盘33上,使得复合结构13的压电供体基板3被置于卡盘33

上。

[0042] 正电极35和负电极37被布置为使得至少在压电供体基板3的厚度d'内电场39基本上垂直于卡盘33的表面。通过压电供体基板的极化轴17也垂直于卡盘33,可优化压电效应,从而在预定分裂区域1中形成机械应变,从而进一步导致削弱。

[0043] 根据变型,也可以是支撑基板被定位在卡盘33上,特别是在电场足够强的情况下。然而,对于绝缘支撑基板11,优选将压电供体基板3定位在卡盘33上。

[0044] 在一个变型中,正电极35和负电极37为叉指状,电绝缘体(未示出)(例如,薄陶瓷层)设置在二者间。

[0045] 分裂室31的控制单元被配置为使得可对电极施加最高至10kV(优选地,1kV至5kV)的电压。在此实施方式中,仅需要一个静电卡盘,这简化了分离室31的设计。

[0046] 图3示意性地示出根据本发明的第三实施方式的设置。图3示出用于至少执行如图1d所示的根据本发明的方法的步骤c)的分离室51的第二实施方式。第一和第二实施方式的特征的描述将不再重复,而是通过引用并入本文。

[0047] 在此实施方式中,使用两个卡盘53和55。下卡盘53包括正电极57;上卡盘55包括负电极59。根据变型,极化可交换。复合结构13被夹在两个卡盘53、55之间。

[0048] 另外在此配置中,电场线61平行于压电供体基板的极化方向17以优化压电效应,从而导致预定分裂区域1中的优化削弱。

[0049] 在此电极配置中,可对电极53、55施加最高至5kV,特别是200V至1kV的电压,以在预定分裂区域1中获得期望的效果,而不会观察到压电供体基板3与支撑基板11之间的界面处的分离。

[0050] 根据另外的变型,第二和第三实施方式的分离室31、51可用于根据本发明的方法的步骤b),因此实现如图1c所示的附接步骤。此外,根据另外的变型,还可包括加热装置和/或真空泵以能够执行热处理和/或在真空下执行工艺步骤。

[0051] 第一至第三实施方式中的任一个的特征可单独地组合或与其它实施方式中的任一个分组,以形成根据本发明的方法和/或分裂室的另外的变型。

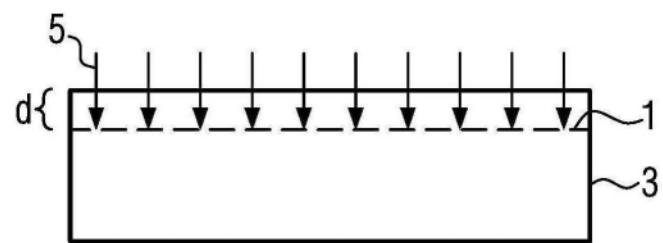


图1a

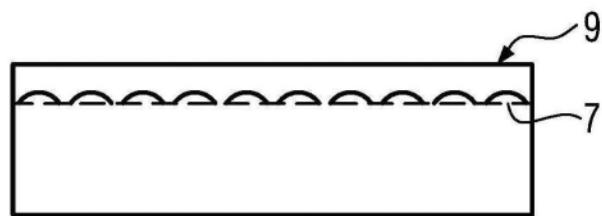


图1b

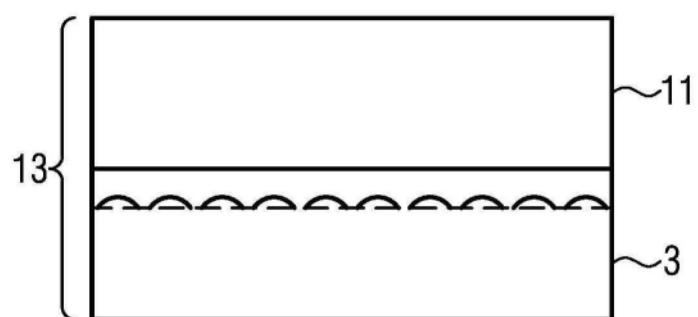


图1c

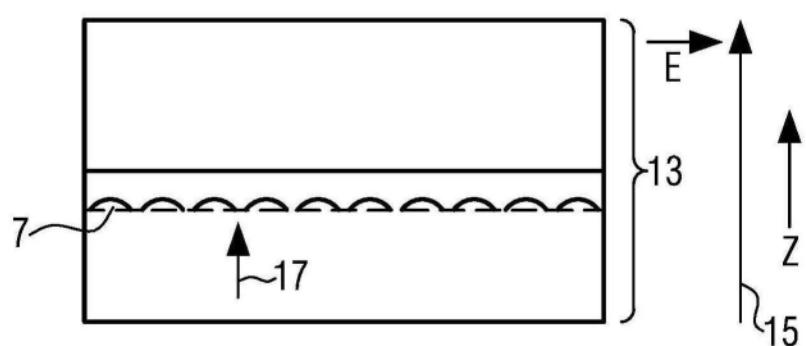


图1d

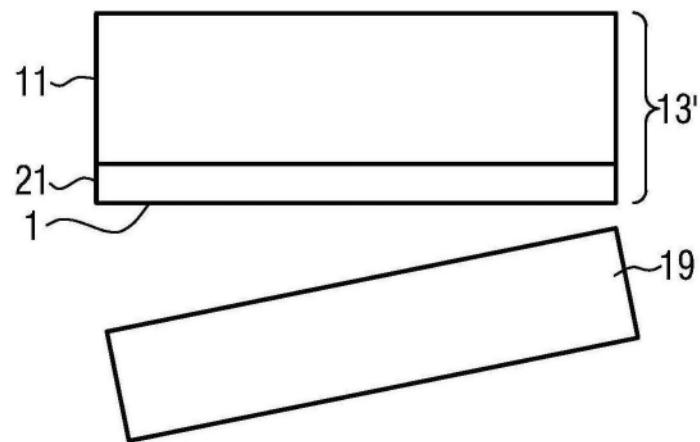


图1e

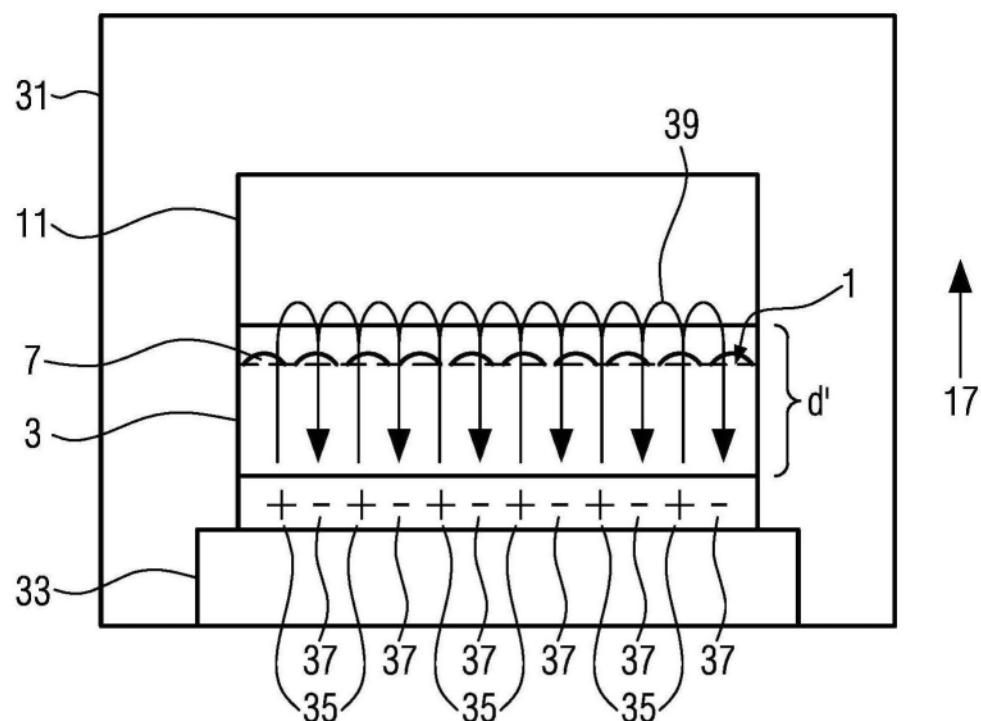


图2

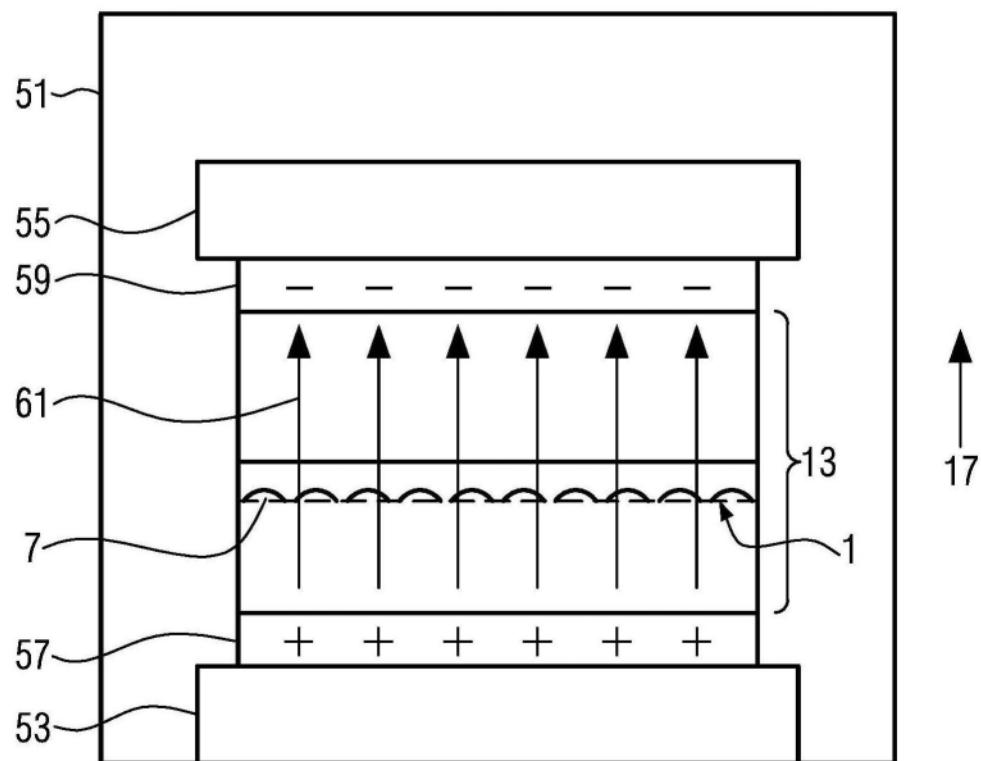


图3