



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102744193 B

(45) 授权公告日 2015. 12. 02

(21) 申请号 201210114687. 2

CN 102015127 A, 2011. 04. 13,

(22) 申请日 2012. 04. 18

审查员 张娟

(30) 优先权数据

2011-093370 2011. 04. 19 JP

(73) 专利权人 佳能株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 虎岛和敏 加藤绫子

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

代理人 康建忠

(51) Int. Cl.

B06B 1/02(2006. 01)

(56) 对比文件

US 2007/0264732 A1, 2007. 11. 15,

JP 特开 2011-4280 A, 2011. 01. 06,

EP 2135685 A1, 2009. 12. 23,

CN 101883309 A, 2010. 11. 10,

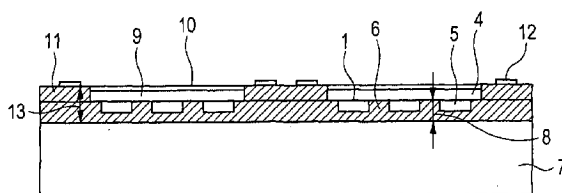
权利要求书2页 说明书7页 附图4页

(54) 发明名称

电气机械变换器及其制造方法

(57) 摘要

本申请公开了电气机械变换器及其制造方法。该电气机械变换器包括：包含基板、振动膜和被配置用于支撑振动膜使得在基板与振动膜之间形成间隙的振动膜的支撑部分的单元；和引线，该引线布置在基板上且绝缘体置于它们之间，并且该引线延伸到单元，其中绝缘体具有比支撑部分的厚度大的厚度。电气机械变换器可减小寄生电容以防止噪声的增加、带宽的减小和灵敏度的降低。



1. 一种电气机械变换器,包括:

基板;

振动膜;

所述振动膜的支撑部分,所述支撑部分被配置用于支撑所述振动膜使得在所述基板与
所述振动膜之间形成间隙;

所述基板上的绝缘体;以及

引线,所述引线被布置在所述绝缘体上,并且所述引线延伸到所述振动膜,其中,

所述绝缘体具有比所述支撑部分的厚度大的厚度。

2. 根据权利要求 1 的电气机械变换器,其中,所述基板是用作第一电极的硅基板,所述
振动膜是用作第二电极的单晶硅振动膜,并且,所述引线与所述单晶硅振动膜电连接。

3. 根据权利要求 1 或 2 的电气机械变换器,其中,所述绝缘体是热氧化物。

4. 根据权利要求 1 的电气机械变换器,其中,所述绝缘体的厚度大于或等于所述支撑
部分的厚度与所述振动膜的厚度的总和。

5. 根据权利要求 2 的电气机械变换器,还包括在均包含多个单元的多个元件中的每一
个周围的硅层中形成以使得所述多个元件中的每一个被电气隔离的沟槽,每个单元包含所
述基板、振动膜和支撑部分。

6. 一种电气机械变换器的制造方法,所述电气机械变换器包括基板、振动膜和被配置
用于支撑所述振动膜使得在所述基板与所述振动膜之间形成间隙的所述振动膜的支撑部
分,该方法包括:

在第一硅基板的一个表面上形成绝缘层并形成用于所述间隙的凹部和用于所述支撑
部分的部分;

使第二硅基板与所述绝缘层接合;

减薄第二硅基板以形成至少包含用于所述振动膜的部分的硅层;

对所述硅层的除用于所述振动膜的所述部分以外的部分进行氧化;以及

在氧化步骤中制成的氧化物上形成导电层以形成引线。

7. 根据权利要求 6 的电气机械变换器的制造方法,还包括:

在氧化步骤之前形成保护膜,使得至少所述硅层的用于所述振动膜的所述部分被所述
保护膜保护;以及

在氧化步骤之后去除所述保护膜,其中,

在氧化步骤中,所述硅层的除在其上形成所述保护膜的用于所述振动膜的所述部分以
外的部分被热氧化以形成所述氧化物。

8. 根据权利要求 6 或 7 的电气机械变换器的制造方法,其中,使用 SOI 基板作为第二硅
基板。

9. 根据权利要求 6 的电气机械变换器的制造方法,其中,形成硅氮化物膜作为所述保
护膜。

10. 根据权利要求 6 的电气机械变换器的制造方法,其中,

使用 SOI 基板作为第二硅基板,

当第二硅基板被减薄时,SOI 基板的硅氧化物层和表面硅层被留下,并且,

形成包含所述硅氧化物层和在所述硅氧化物层上形成的硅氮化物膜的二层结构作为

所述保护膜。

电气机械变换器及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及诸如用作超声变换器的电容型电气机械变换器等电气机械变换器，并涉及这种电气机械变换器的制造方法。

背景技术

[0002] 微加工 (micromachining) 技术使得微机械部件的微米级制造成为可能。通过使用这些部件，已经开发了各种非常小的功能变换器。通过利用这种技术制造的诸如电容型微加工超声变换器 (GMUT) 的电容型电气机械变换器已被研究作为压电变换器的替代品。这种电容型电气机械变换器使得能够通过利用振动膜的振动来传送和接收超声，而且尤其在液体中可容易地实现良好的宽带特性。

[0003] 关于这种电容型电气机械变换器，日本专利申请公开 (JP-A)No. 2010-098454 公开了如下这样的变换器，其中使用通过接合到硅基板上或其它过程形成的单晶硅振动膜来减小连接多个上电极的布线与下电极之间的寄生电容。根据该公开，使用硅基板作为下电极，并且，在单晶硅振动膜上设置上电极。各振动膜上的上电极与布线连接，并且，设置在下电极与布线之间的振动膜的支撑部分具有空腔，使得减小在布线与下电极之间产生的寄生电容。

发明内容

[0004] 在以上的通过接合等在硅基板上形成单晶硅振动膜的电容型电气机械变换器中，可使用包含单晶硅振动膜的硅层作为电极，并且，还可使用硅基板作为另一电极。为了更有效地减小噪声、宽带特性的劣化以及灵敏度的降低，希望减小在硅基板与包含单晶硅振动膜的硅层之间出现的寄生电容。特别是当在硅层上形成引线使得可传送和接收电信号时，希望减少可容易地在引线与硅基板之间以大的量出现的寄生电容。

[0005] 从另一观点，在以上的具有单晶硅振动膜的电容型电气机械变换器中，虽然可通过在引线之下形成绝缘体来减小寄生电容，但是，更希望去除当在振动膜形成之后形成绝缘体时被沉积的并且可与单晶硅部分一起用作振动膜的振动膜上的绝缘体。这种去除可导致减小整个振动膜的厚度的变化。但是，当振动膜上的绝缘体被去除时，可能由于去除而出现振动膜的厚度的其它变化。这可能导致单晶硅振动膜的弹簧常数变化或弯曲，使得电容型电气机械变换器的均匀性会降低，这样可能增大元件性能的变化。

[0006] 鉴于以上的问题，本发明提供了一种电气机械变换器，该电气机械变换器包括：包含基板、振动膜和振动膜的支撑部分的单元，该支撑部分被配置用于支撑振动膜使得在基板与振动膜之间形成间隙；以及引线，该引线位于该基板上且绝缘体置于它们之间，并且该引线延伸到该单元，其中，绝缘体具有比支撑部分的厚度大的厚度。

[0007] 鉴于以上的问题，本发明还提供一种电气机械变换器的制造方法，该电气机械变换器包括包含基板、振动膜和振动膜的支撑部分的单元，该支撑部分被配置用于支撑振动膜使得在基板与振动膜之间形成间隙，该方法包括以下的步骤：在第一硅基板的一个表面

上形成绝缘层并形成用于该间隙的凹部和用于该支撑部分的部分；使第二硅基板与绝缘层接合；减薄第二硅基板以形成至少包含用于振动膜的部分的硅层；对硅层的除用于振动膜的部分以外的一部分进行氧化；和在该氧化步骤中制成的氧化物上形成导电层以形成引线。

[0008] 由于本发明的配备振动膜的电气机械变换器具有设置在引线之下并且比支撑部分厚的绝缘体，因此它可减小引线与基板侧电极之间的寄生电容。因而，可以防止噪声的增加、带宽的减小和灵敏度的降低。

[0009] 在本发明的电气机械变换器的制造方法中，除振动膜形成部分以外的硅层被氧化，并且，在得到的氧化物上形成引线。因此，由于热氧化物的存在，因此，引线与硅基板侧电极之间的寄生电容可减小，使得可以防止噪声的增加、带宽的减小和灵敏度的降低。

[0010] 参照附图从示例性实施例的以下描述，本发明的其它特征将变得清晰。

附图说明

[0011] 图 1A 是示出根据本发明的实施例和例子 1 的电气机械变换器的示图；

[0012] 图 1B 是沿图 1A 的线 1B-1B 切取的截面图；

[0013] 图 2A 是示出本发明的例子 2 的电气机械变换器的示图；

[0014] 图 2B 是沿图 2A 的线 2B-2B 切取的截面图；

[0015] 图 3A、图 3B、图 3C、图 3D、图 3E 和图 3F 是根据本发明的另一实施例和例子 3 的电气机械变换器的制造过程的截面图。

具体实施方式

[0016] 现在将根据附图详细描述本发明的优选实施例。

[0017] 本发明的要旨在于在诸如硅基板的基板上的单元引线布置部分处设置厚度大于振动膜的支撑部分的绝缘体，使得可减小引线与基板侧电极之间的寄生电容。

[0018] 参照示出本发明的实施例的图 1A 和图 1B，图 1A 是本实施例的电容型电气机械变换器的顶视图，而图 1B 是沿图 1A 的线 1B-1B 切取的截面图。在本实施例中，设置单元 1 和引线 12。在该结构中，单元与包含硅基板、振动膜和振动膜的支撑部分的各膜片 (membrane) 结构对应，该支撑部分被配置用于支撑振动膜使得在硅基板与振动膜之间形成诸如空气间隙的间隙。虽然图 1 所示的结构是包含均具有单元 1 的四个变换器元件的阵列结构，但是元件的数量不限于此。虽然每一元件包含 9 个单元 1，但是，单元的数量也不限于此。

[0019] 在本实施例中，单元 1 包含单晶硅振动膜 4、间隙 5、被配置用于支撑单晶硅振动膜 4 的振动膜的支撑部分 6、以及硅基板 7。与通过沉积形成的振动膜（诸如硅氮化物膜）形成对比，单晶硅振动膜 4 具有很少的残余应力以及小的厚度和振动膜弹簧常数的变化。因此，元件之间或单元之间的性能的变化小。支撑部分 6 优选由诸如硅氧化物或硅氮化物的绝缘体制成。如果它不由绝缘体制成，那么，绝缘层应在硅基板 7 上形成以使硅基板 7 与单晶硅振动膜 4 绝缘。如下文描述的那样，硅基板 7 被用作多个元件之间的共用电极，因此，它优选为具有 $0.1 \Omega \text{ cm}$ 或更小的电阻率的低电阻基板，使得可以容易地形成欧姆接触。术语“欧姆”指的是不管电流方向和电压电平如何，电阻都是恒定的。

[0020] 引线 12 之下的部分由从硅基板 7 的表面延伸到引线的下侧的绝缘体 11 制成，并

且,引线之下的绝缘体 11 的厚度 13 比支撑部分 6 的厚度 8 大。绝缘体 11 优选为热氧化物膜。在变换器包含多个元件的情况下,绝缘体 11 也可被布置在各元件周围,使得元件中的每一个可被电气隔离。图 1 表示绝缘体 11 的厚度 13 几乎等于支撑部分 6 的厚度 8 与振动膜 4(包含下文描述的铝薄膜 10) 的厚度的总和。作为替代方案,绝缘体的厚度可大于或等于支撑部分的厚度与振动膜的厚度的总和。

[0021] 该结构使得能够在不形成沿元件的厚度方向贯穿元件的贯通布线的情况下通过引线传送和接收电信号。该结构还增大了引线 12 与用作共用电极(第一电极)的硅基板 7 之间的距离,从而它可减小寄生电容。因此,它可防止否则将由寄生电容导致的噪声的增加、灵敏度的降低和带宽的减小。特别是在阵列结构的情况下,各元件的引线的长度可不同,并且,在这种情况下,各元件的寄生电容和电阻可不同,使得各元件的灵敏度、带宽和噪声量可不同。相反,在根据本实施例的电容型电气机械变换器中,可增加引线 12 与用作共用电极的硅基板 7 之间的距离,使得即使在阵列结构中,也可防止噪声的增加、灵敏度的降低和带宽的减小。

[0022] 本实施例中的驱动原理如下。在可用作共用电极(第一电极)的同一硅基板 7 上形成各元件。单晶硅振动膜 4 还用作各单个元件的电极(第二电极)。单晶硅振动膜 4 与引线 12 电连接,使得可通过引线 12 传送用于各单个元件的电信号。当电容型电气机械变换器接收到超声时,从电压施加装置(未示出)向硅基板 7 施加 DC 电压(例如,100V 或更小的 DC 电压)。当它接收到超声时,单晶硅振动膜 4 变形,使得振动膜 4 与硅基板 7 之间的间隙 5 的距离改变,并且电容因此也改变。电容改变导致电流在引线 12 中流动。通过电流-电压变换器(未示出),电流被检测为电压,使得超声可以被接收到。作为替代方案,也可向硅基板 7 或单晶硅振动膜 4 施加 DC 电压和 AC 电压,并且,单晶硅振动膜 4 可由于静电力而振动,并由此传送超声。

[0023] 如上所述,在本实施例中,引线 12 之下的硅层被绝缘体 11 替代,使得可减小在引线 12 与硅基板 7 之间产生的寄生电容。这可防止否则将由寄生电容导致的噪声的增加、灵敏度的减小、带宽的减小。与诸如硅氮化物膜振动膜的通过沉积形成的振动膜的使用相对比地,单晶硅振动膜的使用还使得容易控制膜厚并且减少残余应力。另外,不在单晶硅振动膜上沉积高残余应力材料,并且振动膜主要由具有低残余应力的单晶硅制成。因此,振动膜的弹簧常数的变化和振动膜的变曲的变化可减少,使得单元或元件之间的性能的变化可减小到非常低的水平,这使得能够稳定化传送和接收特性。

[0024] 可在第一基板上形成支撑部分和间隙,并且第二基板可与其接合以形成振动膜,使得单晶硅振动膜与硅基板之间的距离的变化可减少。因此,单元或元件之间的接收/传送的灵敏度的变化可减少。绝缘体优选为热氧化物。当形成这种热氧化物时,硅也被消耗。因此,例如,当 $1\ \mu\text{m}$ 厚的硅层被热氧化时,可以形成约 $2\ \mu\text{m}$ 厚的热氧化物。这使得能够进一步减少引线 12 与硅基板 7 之间的寄生电容。

[0025] 可进一步在包含多个单元的元件周围的硅层中形成沟槽,使得可以形成用于多个元件之间的电气隔离的结构。当要位于引线之下的硅层通过热氧化等被转换成氧化物时,会出现应力,但是,元件隔离结构可抑制由该应力导致的硅振动膜 4 的弯曲。

[0026] 参照示出根据本实施例的制造过程的例子的图 3A~3F,图 3A~3F 是具有与图 1 所示的结构几乎相同的结构的电容型电气机械变换器的截面图。如图 3A 所示,在第一硅基

板 50 上形成绝缘层 51, 并且, 形成用于形成间隙 52 的凹部和用于形成振动膜的支撑部分的部分。第一硅基板 50 优选具有约 $0.1 \Omega \text{ cm}$ 或更小的电阻率。如果绝缘层 51 在以下的步骤中与用于形成单晶硅振动膜的第二硅基板 53 直接接合, 那么它优选由通过热氧化形成的硅氧化物膜制成。这是由于直接接合要求要被接合的基板应具有高的平坦性和低的表面粗糙度, 并且另一方面, 通过热氧化形成的硅氧化物膜具有高的平坦性, 并且它不增加基板的表面粗糙度, 并因此可容易进行直接接合。通过光刻或蚀刻形成间隙 52。

[0027] 随后, 如图 3B 所示, 用于形成单晶硅振动膜的第二硅基板 53 通过直接接合与其接合。直接接合可以是包括活化基板表面并且接合它的方法或包括在水分子居间的情况下接合基板然后对它们进行加热以增加接合强度的方法。如图 3B 所示, 可通过使用绝缘体上硅 (SOI) 基板作为用于形成单晶硅振动膜的第二硅基板 53 执行该步骤。SOI 基板具有包含硅基板 (操作层 (handle layer)) 56、表面硅层 (活性层) 54、被置于基板 56 与层 54 之间的硅氧化物层 (BOX 层) 55 的结构。当使用 SOI 结构时, 由于可以使用 SOI 基板的活性层 54 作为包含单晶硅振动膜的硅层, 因此活性层侧被接合。

[0028] 随后, 如图 3C 所示, 第二硅基板 53 被减薄, 并且, 在具有单晶硅振动膜的硅层上形成保护膜 58。由于用于形成单晶硅振动膜的硅层优选具有数 μm 或更小的厚度, 因此, 通过蚀刻、磨削或化学机械抛光 (CMP) 来减薄第二硅基板 53。

[0029] 如图 3C 所示, 当使用 SOI 基板作为第二基板时, 通过去除操作层 56 和 BOX 层 55 减薄 SOI 基板。可通过磨削、CMP 或蚀刻去除操作层 56。可通过氧化物膜蚀刻 (干蚀刻或利用氢氟酸的蚀刻) 执行 BOX 层 55 的去除。由于利用氢氟酸等的湿蚀刻可防止硅的蚀刻, 因此, 可更优选使用它, 使得可减少通过蚀刻形成的单晶硅振动膜 57 的厚度的变化。用于形成单晶硅振动膜的 SOI 基板的活性层可被制备为具有减小的厚度变化, 使得可以减少单晶硅振动膜 57 的厚度的变化。因此, 可减少电容型电气机械变换器的振动膜的弹簧常数的变化, 使得可减少传送和接收中的频率的变化。当不使用 SOI 基板作为用于形成单晶硅振动膜的第二硅基板时, 可以使用后磨削或 CMP 以将厚度减小到约 $2 \mu\text{m}$ 。

[0030] 在以下的步骤中在引线之下形成绝缘体, 在该步骤中, 保护膜 58 防止绝缘体与单晶硅振动膜直接接触。当使用通过热氧化形成的硅氧化物膜作为绝缘体时, 单晶硅振动膜也可被氧化, 使得其厚度可变化。硅氧化物膜可通过热氧化以如下这样的方式形成, 即通过硅表面的氧化获得希望的膜形成量的约 50%。因此, 保护膜优选为硅氮化物膜或不经受热氧化的任何其它材料。

[0031] 如图 3C 所示, SOI 基板的 BOX 层 55 可被使用而不被去除, 使得保护膜可具有包含 BOX 层 55 和在其上形成的硅氮化物膜的二层结构。如果不使用 SOI 基板, 那么可通过利用化学气相沉积 (CVD) 形成氧化物膜并在其上形成硅氮化物膜来提供二层结构。如果在单晶硅振动膜上形成的膜的去除期间蚀刻单晶硅振动膜, 那么将出现厚度变化, 使得可出现振动膜的弹簧常数的变化或振动膜的弯曲的变化。因此, 优选通过利用氢氟酸或不侵蚀单晶硅振动膜的任何其它蚀刻剂的湿蚀刻来去除保护膜。因此, 优选直接在单晶硅振动膜上形成硅氧化物膜, 并且优选在其上形成硅氮化物膜。这使得能够在没有单晶硅振动膜 57 的厚度的变化的情况下形成振动膜。

[0032] 随后, 如图 3D 所示, 在要被氧化的硅层的部分处去除保护膜, 并且, 如图 3E 所示, 从硅层的一个表面到另一表面执行热氧化, 使得形成绝缘体 59。随后, 如图 3F 所示, 去除硅

振动膜上的保护膜 58, 并且, 在绝缘体 59 上形成引线 60。可在振动膜 57 上形成铝薄膜 61 等。

[0033] 通过该制造方法, 可以容易地形成单晶硅振动膜的厚度和弹簧常数的变化减小并且性能的变化减小的电容型电气机械变换器。另外, 也可减少引线 60 与用作共用电极的第一硅基板 50 之间的寄生电容, 使得可以防止否则将由寄生电容导致的灵敏度的减小、带宽的减小和噪声的增加。虽然以上的体微加工 (bulk micromachining) 过程优选地制造具有图 1B 所示的结构元件, 但是, 应当理解, 也可通过其它过程 (诸如使用牺牲层蚀刻的表面微加工过程) 制造这种元件。但是, 应当理解, 在通过保护膜保护振动膜并且形成包含将位于引线之下的部分的绝缘体之后, 应适当地执行去除不必要的绝缘体和保护膜的步骤。

[0034] 以下参照更具体的例子详细描述本发明。应当理解, 这些例子不是要限制本发明, 并且, 可以在本发明的要旨内提出各种修改和变型。

[0035] (例子 1)

[0036] 参照图 1A 和图 1B 描述根据例子 1 的电容型电气机械变换器的结构。本例子的电容型电气机械变换器是包括均具有单元 1 和引线 12 的多个变换器元件的阵列结构。虽然图 1A 仅示出 4 个元件, 但是, 元件的数量不限于此。

[0037] 每一单元 1 包含 $1\ \mu\text{m}$ 厚的单晶硅振动膜 4、间隙 5、被配置用于支撑单晶硅振动膜 4 并具有 $0.01\ \Omega\text{cm}$ 的电阻率的振动膜的支撑部分 6、以及硅基板 7。硅基板 7 具有 $300\ \mu\text{m}$ 的厚度和 $0.01\ \Omega\text{cm}$ 的电阻率。虽然单元 1 在本例子中为圆形, 但是, 它可以为诸如四边形或六边形的任何其它形状。单晶硅振动膜 4 主要由单晶硅制成。由于没有在单晶硅振动膜 4 上形成高残余应力层, 因此, 元件之间的均匀性高, 并且可以减少传送 / 接收性能的变化。也可形成约 200nm 厚的铝薄膜 10 等以提高单晶硅振动膜的导电性能。当在单晶硅振动膜上形成铝薄膜时, 单元 1 之间的硅层也可被转换成绝缘体。该结构可减少电极之间的寄生电容。在该结构中, 单元 1 均为具有 $30\ \mu\text{m}$ 的直径的圆, 支撑部分 6 由硅氧化物制成并且具有 300nm 的高度, 并且, 间隙 5 的距离为 200nm 。

[0038] 在绝缘体 11 上形成引线 12。在该结构中, 引线 12 之下的绝缘体的厚度 13 比被配置用于支撑单晶硅振动膜 4 的支撑部分 6 的厚度 8 大。引线 12 由铝制成, 并且, 它具有 $10\ \mu\text{m}$ 的宽度和 $0.2\ \mu\text{m}$ 的高度。绝缘体 11 为热氧化物, 其是通过从硅层 9 的一个表面到另一表面的热氧化而形成的约 $2\ \mu\text{m}$ 厚的氧化物。因此, 使得引线 12 与用作共用电极的硅基板 7 之间的距离比硅层不被热氧化的情况下的距离大。当硅层不被热氧化时, 引线与硅基板之间的寄生电容为约 10pF 。作为对比, 当在引线 12 之下设置绝缘体 11 时, 寄生电容可减小到约 1pF 。在该结构中, 与引线下的硅层不被热氧化的情况相比, 灵敏度和带宽可分别增加 4% 和 13%, 并且, 噪声可减少 35%。如上所述, 寄生电容可减小, 使得可以防止灵敏度的降低、带宽的减小和噪声的增加。

[0039] 本例子的驱动原理是如以上在实施例部分中描述的那样。当在具有与液体类似的声学阻抗的材料中使用本例子的变换器时, 变换器具有约 7MHz 的中心频率和从约 2.5MHz 到 11.5MHz 的 3dB 频率带宽, 因此, 它具有宽带特性。在本例子的电气机械变换器中, 引线之下的硅层从一个表面到另一个表面被热氧化, 使得可减小引线与用作共用电极的硅基板之间的寄生电容。因此, 在本结构中, 可以防止否则将由寄生电容导致的噪声的增加、灵敏度的降低和带宽的减小。

[0040] (例子 2)

[0041] 参照图 2A 和图 2B 描述根据例子 2 的电容型电气机械变换器的结构。图 2A 是顶视图,并且,图 2B 是沿图 2A 的线 2B-2B 切取的截面图。例子 2 的电容型电气机械变换器的结构与例子 1 几乎相同。在例子 2 中,在具有多个单元 21 的各元件周围的硅层 29 中形成沟槽,使得形成隔离结构 31 以使各元件电气绝缘。另外,引线 22 之下的硅层被热氧化,使得减小引线 22 与用作共用电极的硅基板 27 之间的寄生电容。在各单元 21 中,在被振动膜的支撑部分 26 支撑的振动膜 24 下形成间隙 25。也可在振动膜 24 上形成铝薄膜 30 等。

[0042] 在该结构中,引线 22 与硅基板 7 之间的寄生电容减小,使得它可防止否则将由寄生电容导致的噪声的增加、灵敏度的降低和带宽的减小。另外,要被热氧化的部分仅是引线 22 之下的硅层,并且,元件周围的硅层 29 被去除,使得形成隔离结构 31。因此,在该结构中,在氧化引线 22 之下的硅层的过程中产生的应力对于各元件没有影响。虽然各元件周围的硅层在本例子中被去除,但是,可替代地,可去除引线 22 周围的硅层。当形成这种结构时,各元件不遭受由硅层的氧化产生的应力所导致的硅振动膜等的变形,使得可以减小单元或元件之间的变化。

[0043] (例子 3)

[0044] 参照图 3A ~ 3F 描述根据例子 3 的电容型电气机械变换器的制造方法。如图 3A 所示,通过热氧化在 300 μm 厚的第一硅基板 50 上形成硅氧化物的绝缘层 51,并且,通过光刻或蚀刻形成间隙 52。第一硅基板 50 具有约 0.01 Ωcm 的电阻率。

[0045] 随后,如图 3B 所示,第二硅基板 53 被接合并被减薄。在该步骤中,第二硅基板 53 是 SOI 基板。SOI 基板包含具有 1 μm 的厚度的活性层 54、具有 0.4 μm 的厚度的 BOX 层 55 和具有 525 μm 的厚度的操作层 56。SOI 基板的活性层 54 具有 0.1 Ωcm 的电阻率。这里使用的活性层 54 具有 $\pm 5\%$ 或更小的厚度变化,并且,活性层侧被直接接合。由于 SOI 基板 53 的活性层的厚度的变化小,因此,可以减小单晶硅振动膜的厚度的变化。因此,在该电容型电气机械变换器中可减小振动膜的弹簧常数的变化。通过去除操作层 56 减薄 SOI 基板。通过后磨削或碱蚀刻执行操作层的去除。

[0046] 随后,如图 3C 所示,在用于形成振动膜 57 的活性层 54 上形成保护膜 58。保护膜 58 是硅氮化物膜。在本例子中,使用 SOI 基板的 BOX 层 55 与在其上形成的硅氮化物膜组合地来形成保护膜。设置保护膜是为了防止在本步骤之后执行的热氧化该硅层的步骤中单晶硅振动膜 57 的上部热氧化。

[0047] 随后,如图 3D 所示,保护膜 58 经受光刻和蚀刻,使得保护膜 58 可部分地留在各元件上,并且,如图 3E 所示,不被保护膜覆盖的部分(除用于形成振动膜的硅层部分以外的硅层部分)被氧化。在本例子中,执行热氧化。由于保护膜 58 包含不被热氧化的硅氮化物膜,因此,被保护膜保护的包含振动膜 57 的硅层不被热氧化。

[0048] 随后,如图 3F 所示,保护膜被去除,并且,在制成的用作绝缘体 59 的热氧化物上形成 Al 布线 60。通过如下这样的过程执行保护膜的去除,该过程包括通过干蚀刻去除硅氮化物膜并利用包含氟化氢的蚀刻剂通过湿蚀刻去除 BOX 层 55。通过不能蚀刻硅层的湿蚀刻去除 BOX 层 55,并由此露出单晶硅振动膜。因此,不出现诸如振动膜厚度的变化的机械特性的变化。通过如下这样的过程形成 Al 布线 60,该过程包含执行 Al 的溅射或气相沉积以形成导电层并执行光刻和蚀刻。因此,使得能够实现向各元件传送电信号以及从各元件接收电

信号。

[0049] 通过该制造方法可容易地形成单晶硅振动膜的厚度和弹簧常数的变化减小以及性能的变化减小的电容型电气机械变换器。另外,引线与用作共用电极的硅基板的寄生电容也可减小,使得可防止否则将由寄生电容导致的灵敏度的减小、带宽的减小和噪声的增加。

[0050] 虽然已参照示例性实施例描述了本发明,但应理解,本发明不限于公开的示例性实施例。以下的权利要求的范围应被赋予最宽的解释以包含所有的这样变更方式、等同的结构和功能。

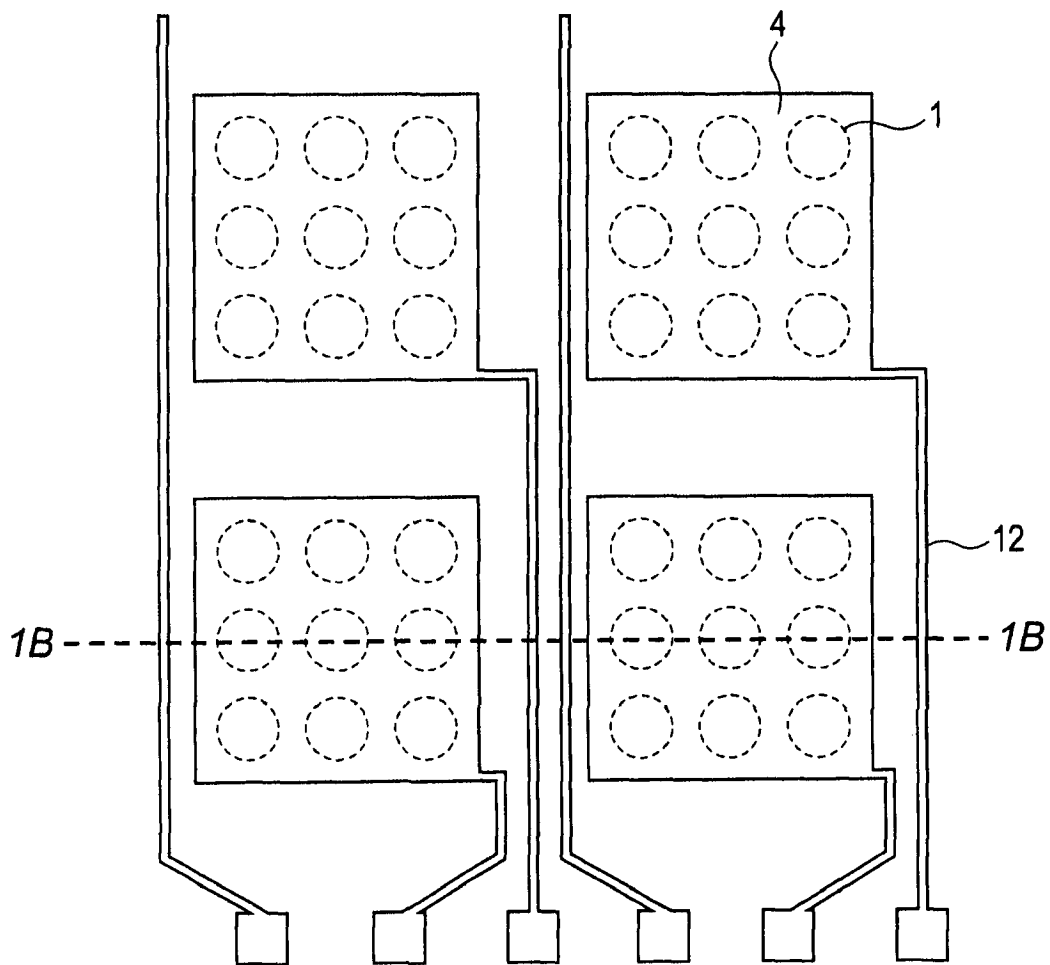


图 1A

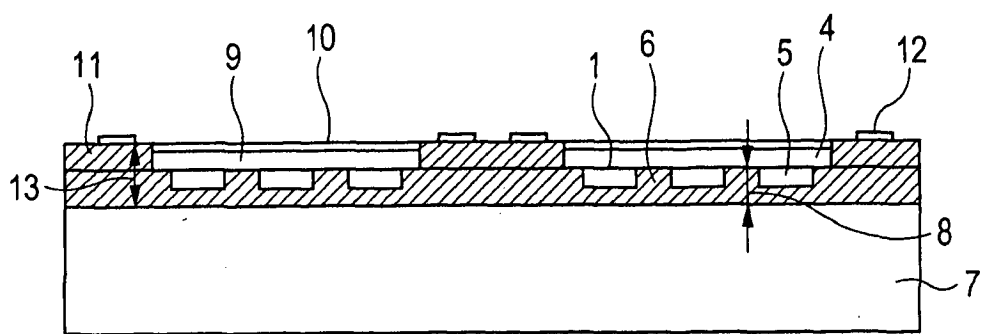


图 1B

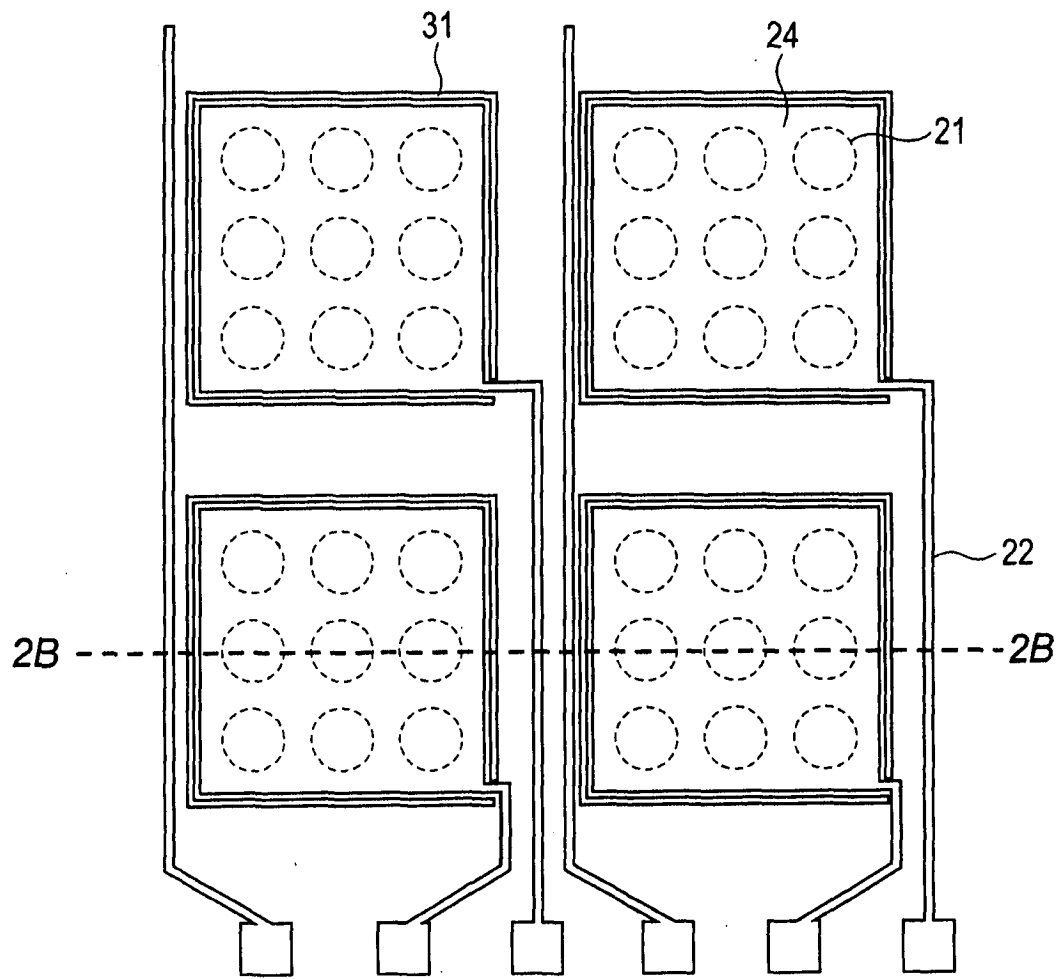


图 2A

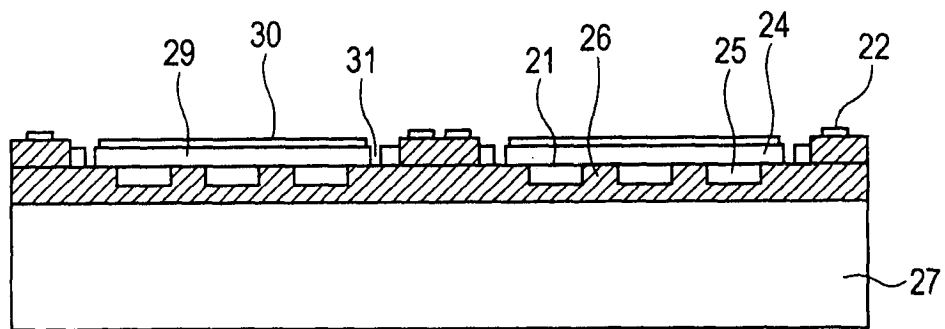


图 2B

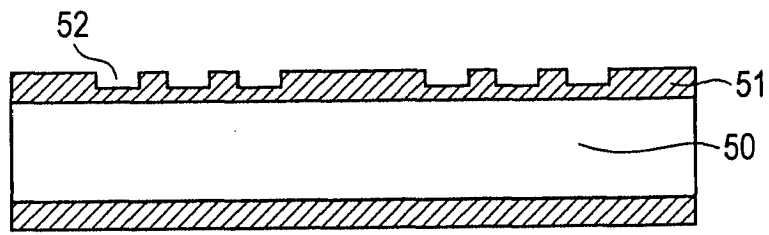


图 3A

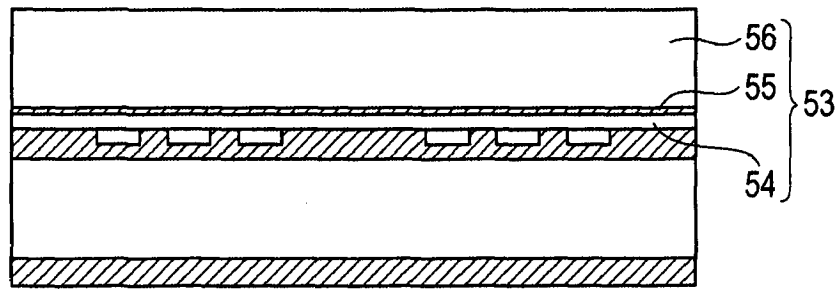


图 3B

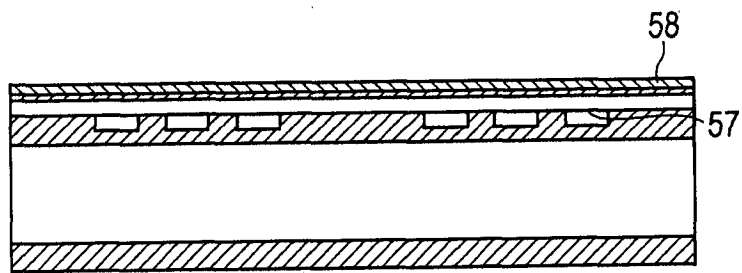


图 3C

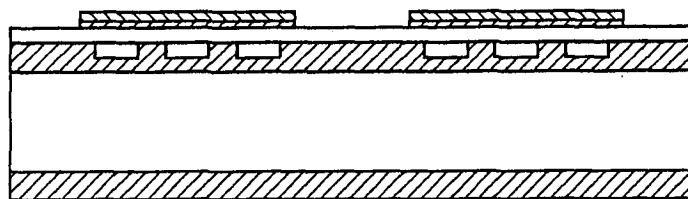


图 3D

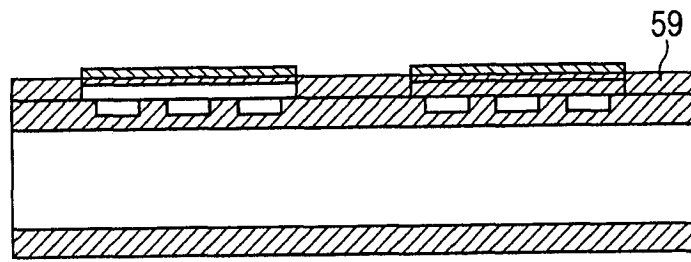


图 3E

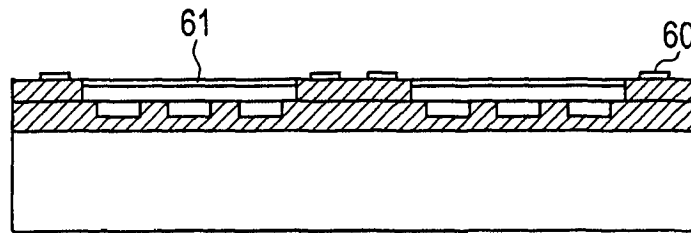


图 3F