

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102843117 A

(43) 申请公布日 2012. 12. 26

(21) 申请号 201210209939. X

H03H 3/02 (2006. 01)

(22) 申请日 2012. 06. 20

(30) 优先权数据

2011-140618 2011. 06. 24 JP

(71) 申请人 精工爱普生株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 西泽竜太 小仓诚一郎 菊池尊行

(74) 专利代理机构 北京金信立方知识产权代理有限公司 11225

代理人 黄威 张彬

(51) Int. Cl.

H03H 9/21 (2006. 01)

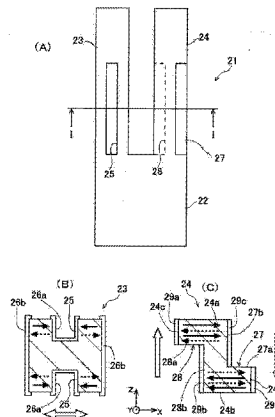
权利要求书 2 页 说明书 15 页 附图 12 页

(54) 发明名称

弯曲振动片及其制造方法以及电子设备

(57) 摘要

本发明涉及一种弯曲振动片及其制造方法以及电子设备。在弯曲振动片的振动臂的侧面上高精度地对厚度方向上分离的电极进行图案形成。弯曲振动片 (21) 的、从基部 (22) 起延伸的矩形截面的振动臂 (24) 具有第一、第二阶梯部 (27、28)，该第一、第二阶梯部 (27、28) 由在下表面 (24b) 及上表面 (24a) 和左侧面 (24c) 及右侧面 (24d) 之间，分别与左侧面及右侧面相交的阶梯面 (27a、28a)、和与上表面及下表面相交的阶梯侧面 (27b、28b) 构成，左右侧面上的第一、第四检测电极 (29a、29d) 和阶梯侧面上的第二、第三检测电极 (29b、29c) 分别通过阶梯面 (27a、28a) 中未形成电极膜的部分而在振动臂的厚度方向上分离。第一至第四检测电极利用现有的光刻技术，并使用通常的曝光机而从上下表面曝光从而被高精度地进行图案形成。



1. 一种弯曲振动片,其特征在于,具备:

基部;

截面多边形的振动臂,其从所述基部起延伸,并具有上表面、下表面及左右侧面;

电极,其分别被设置在所述振动臂的所述左右侧面上,

所述振动臂的至少一个所述侧面上的所述电极,由在该振动臂的厚度方向上分离的第一电极和第二电极构成,

各个所述电极被设置为,在所述振动臂沿着垂直于其上下表面的方向而进行弯曲振动时,所述第一电极和与其相对应的所述振动臂的另一个所述侧面上的所述电极之间所产生的电场的方向,与所述第二电极和与其相对应的所述振动臂的另一个所述侧面上的所述电极之间所产生的电场的方向互为相反方向,

所述振动臂具有,形成在所述一个侧面和所述上表面或下表面之间的阶梯部,所述阶梯部由与所述一个侧面相交的阶梯面、和与所述上表面或下表面相交的阶梯侧面构成,所述第一电极和第二电极通过所述阶梯面中未形成电极膜的部分而分离,并形成在所述一个侧面和所述阶梯侧面上。

2. 如权利要求 1 所述的弯曲振动片,其特征在于,

所述振动臂的所述另一个侧面上的所述电极,由在该振动臂的厚度方向上分离的第三电极和第四电极构成,

各个所述电极被设置为,在所述振动臂沿着垂直于其上下表面的方向而进行弯曲振动时,所述第一电极和与其相对应的所述第三电极之间所产生的电场的方向,与所述第二电极和与其相对应的所述第四电极之间所产生的电场的方向互为相反方向,

所述振动臂还具有,形成在所述另一个侧面和所述上表面或下表面之间的第二阶梯部,所述第二阶梯部由与所述另一个侧面相交的第二阶梯面、和与所述上表面或下表面相交的第二阶梯侧面构成,所述第三电极和第四电极通过所述第二阶梯面中未形成电极膜的部分而分离,并形成在所述另一个侧面和所述第二阶梯侧面上。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的弯曲振动片,其特征在于,

所述振动臂具有被下凹设置在所述上表面或下表面上的长度方向的槽,并具有被形成在所述长度方向的槽的一个内侧面上的第五电极、和被形成在另一个内侧面上的第六电极,所述第五电极和所述第六电极通过所述长度方向的槽的底面中未形成电极膜的部分而分离,

各个所述电极被设置为,在所述振动臂沿着垂直于其上下表面的方向而进行弯曲振动时,所述第五电极和与其相对应的所述振动臂的左侧面上的所述电极之间所产生的电场的方向,与所述第六电极和与其相对应的所述振动臂的右侧面上的所述电极之间所产生的电场的方向互为相同方向,而与在未设置所述长度方向的槽的所述下表面侧或上表面侧中所述左侧面上的所述电极和所述右侧面上的所述电极之间所产生的电场的方向为相反方向。

4. 如权利要求 1 或 2 所述的弯曲振动片,其特征在于,

所述阶梯部由多个阶梯构成。

5. 如权利要求 1 或 2 所述的弯曲振动片,其特征在于,

所述振动臂为,用于将沿着垂直于其上下表面的方向的所述弯曲振动,作为从设置在该振动臂上的所述电极输出的电气信号而进行检测的检测用振动臂,

所述弯曲振动片还具有：驱动用振动臂，所述驱动用振动臂从所述基部起沿着所述检测用振动臂的延伸方向而延长；驱动电极，所述驱动电极以使所述驱动用振动臂沿着平行于该驱动用振动臂的上下表面的方向而进行弯曲振动的方式，被设置在所述驱动用振动臂上。

6. 一种弯曲振动片的制造方法，其特征在于，其为制造权利要求 1 或 2 所述的弯曲振动片的方法，并包括：

从晶片来加工具有所述弯曲振动片的外形的振动元件片的过程；

在所述振动元件片的表面上覆盖电极膜且在该电极膜上形成光刻胶膜的过程；

从上表面侧及下表面侧对振动元件片的所述上表面、下表面及阶梯面的所述光刻胶膜进行曝光从而进行图案形成的过程；

利用蚀刻来去除通过所述图案形成而露出的所述电极膜的部分，从而在所述振动臂的侧面上形成在该振动臂的厚度方向上分离的所述电极的过程；

去除残留的所述光刻胶膜的过程。

7. 一种电子设备，其特征在于，具备权利要求 1 或 2 所述的弯曲振动片。

## 弯曲振动片及其制造方法以及电子设备

### 技术领域

[0001] 本发明涉及弯曲振动片及其制造方法。而且本发明涉及使用了该弯曲振动片的各种电子设备。

### 背景技术

[0002] 一直以来,在数码相机、摄像机、导航装置、车身姿态检测装置、定点设备、游戏控制器、移动电话、头戴式显示器等的各种电子设备中,为了对角速度、角加速度、加速度、力等的物理量进行检测,从而广泛地使用着利用了弯曲振动片的压电振动陀螺仪等的传感器。作为压电振动陀螺仪用的弯曲振动片,已知一种具备相互平行的驱动用振动臂和检测用振动臂的音叉型弯曲振动片(例如,参照专利文献 1、2)。

[0003] 通常在音叉型弯曲振动片中,当在驱动用振动臂的激励电极上施加交流电压时,两个振动臂将在振动片的平面内进行弯曲振动。当在这种状态下弯曲振动片绕所述振动臂的延长方向而进行旋转运动时,将产生科里奥利力,从而两个振动臂将在垂直于振动片的平面的方向上进行弯曲振动。将由此而在检测用振动臂的检测电极之间所产生的电压,作为与弯曲振动片的所述旋转运动的角加速度等对应的电气信号而进行检测。

[0004] 关于检测用振动臂,已知通过不仅在它的上下表面上设置检测电极,还在左右侧面上设置检测电极,从而能够高灵敏度地对通过弯曲振动片的所述旋转运动而产生的电压进行检测的技术(例如,参照专利文献 2、3)。图 11 图示了这种的现有的音叉型弯曲振动片的典型示例。音叉型弯曲振动片 1 具备,从矩形的基部 2 起平行地延长的驱动用振动臂 3 和检测用振动臂 4。驱动用振动臂 3 在其上下表面及左右侧面上分别具有驱动电极 5a ~ 5d,在通过施加交流电压而在相邻的所述驱动电极之间以交替反向的方式产生电场时,所述两个振动臂将在 X 轴方向上以相互反向的方式进行弯曲振动。检测用振动臂 4 在其左右侧面上分别将两个检测电极 6a、7a 及 6b、7b 以在该检测用振动臂的厚度方向上分离且互为异极的方式而进行配置。在两个振动臂 3、4 在 X 轴方向上进行弯曲振动的状态下,当弯曲振动片 1 绕 Y 轴方向进行旋转运动时,所述两个振动臂将在 Z 轴方向上以相互反向的方式进行弯曲振动。由此在检测用振动臂 4 内产生的电场,由于能够在左右侧面相对置的检测电极 6a 和 6b、7a 和 7b 之间有效地、且作为更大的电压而检测出,因此能够得到高灵敏度。

[0005] 通常,弯曲振动片的所述电极通过如下方式而被形成,即,通过利用了光刻技术的湿蚀刻法来对电极膜进行图案形成,从而被形成。图 12 例示了,在图 11 中的弯曲振动片 1 上于检测用振动臂 4 的侧面上形成检测电极 6a、6b、7a、7b 的过程。首先,对水晶等晶片进行光刻而对弯曲振动片 1 的外形进行加工从而形成元件片,并在该元件片的表面上覆盖电极膜 8,且在该电极膜 8 上涂布光刻胶膜 9。以使光掩膜 10 直接接触于该元件片的上表面的接触式来进行配置(图 12 (A))。

[0006] 在光掩膜 10 上,设置有与光刻胶膜 9 的需要曝光的区域相对应的开口部 11a ~ 11c。在光刻胶膜 9 的上表面的大致整个表面的区域 9a 上,通过开口部 11a 从上方垂直地照射紫外光,在左右侧面的厚度方向中央附近的区域 9b、9c 上,通过开口部 11b、11c 而从斜

上方进行照射。接着,在所述元件片的下表面上同样地以接触式而配置光掩膜 10,且同样地对光刻胶膜 9 的下表面的大致整个表面区域 9d 和左右侧面的区域 9b、9c 进行曝光。

[0007] 接下来,对光刻胶膜 9 进行显影,并去除曝光后的所述区域从而形成抗蚀图案 12,并使电极膜 8 露出(图 12 (B))。通过湿蚀刻而去除所露出的电极膜部分,从而使水晶表面露出(图 12 (C))。最后,将所残留的抗蚀图案 12 完全去除,从而在检测用振动臂 4 的侧面上形成在厚度方向上分离的检测电极 6a、6b、7a、7b (图 12 (D))。

[0008] 另外,已知一种如下的压电振动片的制造方法,即,通过使用厚度方向上的蚀刻速率高于宽度方向上的蚀刻速率的压电材料的晶片,从而在检测用振动臂的侧面上形成于厚度方向上分割了的检测电极(例如,参照专利文献 4)。在该方法中,以在检测用振动臂的侧面中央留有长度方向的突条的方式,而通过湿法蚀对压电振动片进行外形加工并且覆盖电极膜,并从上方及下方垂直且同时地对形成在该电极膜上的光刻胶膜进行曝光并且显影,并以在检测用振动臂上下表面及突条顶端上使电极膜露出的方式而进行图案形成,且通过对所露出的电极膜部分进行蚀刻,从而在检测用振动臂的侧面上形成于厚度方向上分割了的检测电极。

[0009] 并且,已知一种如下的方法,即,在水晶板上以保留其一部分厚度的方式从两面对振子的外形进行蚀刻从而形成槽,且在其侧面上形成电极膜,之后,对该槽的蚀刻残留的部分进行机械性的折断,从而使每个振子分离,同时在此时通过残留在槽中的突起而形成于厚度方向上分离了的电极(例如,参照专利文献 5)。另外,已知一种通过对所述槽的蚀刻残留部分进行再蚀刻来进行去除,从而同样地使电极在厚度方向上分割的方法(例如,参照专利文献 6)。

[0010] 作为压电振动陀螺仪用的弯曲振动片,除了所述音叉型之外,还提出了各种结构的振动片。例如,已知一种所谓 H 型、即两侧音叉型的弯曲振动片,其具有从基部起平行地延长的一对驱动用振动臂、及从该基部起平行地且与驱动用振动臂反向地延长的一对检测用振动臂(例如,参照专利文献 2、3、7)。另外,已知一种具有从基部起平行地延长的三根或者三根以上的振动臂的多脚型弯曲振动片(例如,参照专利文献 8)。

[0011] 另外,已知一种如下的弯曲振动片,即,除了如上文所述在检测用振动臂的左右侧面上分别配置的检测电极之外,还在检测用振动臂的上下表面上沿着其长度方向而分别形成槽,并在各个槽的左右内侧面上分别配置了检测电极(例如,参照专利文献 7)。通过以此方式配置检测电极,从而在振动片的左右方向对置的检测电极之间的距离变小,因此能够更有效地对对置电极之间产生的电压进行检测,从而灵敏度进一步提高。

[0012] 对于弯曲振动片的驱动用振动臂,由于通过在其上下表面上沿着其长度方向而分别形成槽,并在该槽的内表面上配置上表面侧及下表面侧的驱动电极,从而在相对置的左右侧面的驱动电极之间以平行于上下表面的方式而产生电场,因此提高了电场效率且提高 Q 值,并将 CI 值抑制得较低(例如,参照专利文献 9)。根据专利文献 9,驱动用振动臂的长度方向槽能够在该驱动用振动臂的上表面或下表面上,作为具有阶梯部(上表面或下表面的内侧面)和中间表面部的阶梯而形成。被配置在槽内的上表面侧及下表面侧的驱动电极,以连接于阶梯的阶梯部和中间表面部的方式而形成。

[0013] 但是,关于图 12 如上文所述,在为了于检测臂的侧面上将检测电极在厚度方向上进行分割,从而向光刻胶膜倾斜地照射紫外光来进行图案形成的现有方法中,由于光掩膜

的开口部和光刻胶膜的曝光区域之间的距离变大,因此曝光的光将发生衍射。因此,存在分辨率降低、图案精度变差的可能性。其结果为,电极膜的湿蚀刻的侧向蚀刻量容易增大,不易高精度地对检测电极进行图案形成,并且制造上的不合格率将变高。由于尤其是细微的电极图案的形成较困难,因此不利于弯曲振动片的小型化。并且,由于接触式的曝光必须从上下的单侧面逐个面地对弯曲振动片进行曝光,因而制造工序变得复杂,并且光掩膜的寿命也变短。另外,为了倾斜地照射曝光的光,从而需要特殊的曝光机。这些因素所导致的结果为,存在制造成本变高的问题。

[0014] 另外,在使用厚度方向上的蚀刻速率高于宽度方向上的蚀刻速率的压电材料的晶片的、上述专利文献 4 所记载的现有方法中,由于光刻胶膜的曝光并非接触式,而是能够从振动臂的上方及下方垂直地同时进行曝光,因而制造工序更加简单,并能够使用通常的曝光机,因此较有利。但是,存在能够使用的压电材料及结晶取向受到限制的问题。

[0015] 在上述专利文献 5 记载的现有技术中,为了对槽的蚀刻残留部分进行折断,从而需要追加工序或特殊的夹具。因此,存在作业复杂化,从而使制造成本增加的问题。另外,在对蚀刻残留部分进行折断时,有可能会出现如下的问题,即,水晶的碎片附着在水晶振子上而使振动特性发生变化,或者与邻接的其他水晶振子或夹具相接触而损伤电极膜,从而导致不良品的产生及成品率的降低。而且,由于无法准确地控制折断位置,因而有可能会出现如下问题,即,残留于振动臂的侧面上的突起的大小不均匀,从而使振动臂的平衡性会受损而导致产生不需要的振动,进而使振动特性降低。

[0016] 上述专利文献 6 的现有方法中,由于为了通过再蚀刻来完全去除蚀刻残留部分从而也需要追加工序,因此同样地存在作业复杂化、从而使制造成本增加的问题。另外,在对蚀刻残留部分进行再蚀刻时,有可能会出现如下问题,即,由于水晶的结晶各相异性而会在振动臂的侧面上形成因过度蚀刻而引起的凹陷,或者,在去除被形成在蚀刻残留部分上的光刻胶膜和电极膜时所产生的电极材料会再次附着在电极上。

[0017] 专利文献 1 :日本特开平 9-14973 号公报

[0018] 专利文献 2 :日本特开 2002-340559 号公报

[0019] 专利文献 3 :日本特开 2007-93400 号公报

[0020] 专利文献 4 :日本特许第 4010218 号公报

[0021] 专利文献 5 :日本特开平 8-18371 号公报

[0022] 专利文献 6 :日本特开平 8-162874 号公报

[0023] 专利文献 7 :日本特开 2004-125458 号公报

[0024] 专利文献 8 :日本特开 2006-262289 号公报

[0025] 专利文献 9 :日本特开 2009-189039 号公报

## 发明内容

[0026] 因此,本发明是鉴于上述的现有的问题点而完成的,其以解决这些问题点中的至少一个问题点作为目的。本发明的目的在于,提供一种如下的弯曲振动片,该弯曲振动片能够在不受所使用的材料或其结晶取向性的限制的条件下,利用使用通常的曝光机而进行图案形成的现有的光刻技术,而高精度地在振动臂的侧面上形成于厚度方向上分离的电极。另外,本发明的目的在于,在以上述方式而在振动臂的侧面上具有于厚度方向上分离的电

极的弯曲振动片中,还能够容易地对应于小型化的要求。特别是,本发明的弯曲振动片的目的在于,在应用于压电振动陀螺仪等的传感器元件中的情况下,即使进行了小型化也能够有效地对检测用振动臂上产生的电荷进行检测从而实现高灵敏度。

[0027] 本发明的另一个目的在于,提供一种能够以简单且低成本的方式实现这种的弯曲振动片的弯曲振动片的制造方法。

[0028] 本发明的另一个目的在于,提供一种电子设备,其通过搭载具备了如上述这样的弯曲振动片的传感器元件等装置、尤其是搭载这种高灵敏度的传感器元件,从而能够实现高性能、制造成本的降低及小型化。

[0029] 为了实现上述目的,本发明的弯曲振动片的特征在于,具有:基部;截面多边形的振动臂,其从该基部起延伸,并具有上表面、下表面及左右侧面;电极,其分别被设置在该振动臂的左右侧面,并且,振动臂的至少一个侧面上的电极,由在该振动臂的厚度方向上分离的第一电极和第二电极构成,各个所述电极被设置为,在振动臂沿着垂直于其上下表面的方向而进行弯曲振动时,第一电极和与其相对应的该振动臂的另一个侧面上的电极之间所产生的电场的方向,与第二电极和与其相对应的该另一个侧面上的电极之间所产生的电场的方向互为相反方向,振动臂具有,形成在一个侧面和上表面或下表面之间的阶梯部,该阶梯部由与一个侧面相交的阶梯面、和与上表面或下表面相交的阶梯侧面构成,第一电极和第二电极通过阶梯面中未形成电极膜的部分而分离,并形成在一个侧面和阶梯侧面上。

[0030] 通过以此方式形成振动臂的阶梯部且设置至少一部分无电极膜的阶梯面这种比较简单的结构,从而能够在振动臂的侧面上容易地形成在其厚度方向上分离的电极。在整体或者局部上不具有电极膜的阶梯面上,通过利用现有的光刻技术、并使用通常的曝光机而进行曝光,从而能够简单、且高精度地进行图案形成。

[0031] 另外,由于阶梯侧面上的电极和与其对应的侧面上的电极之间的距离比现有技术中的左右侧面之间的距离相比更小,因此电极间的静电电容与现有技术相比增大。因此,在将本发明的弯曲振动片应用于例如压电振动陀螺仪等的传感器元件中时,由于能够有效地对电极之间所产生的电荷进行检测,因此可获得较高的灵敏度。另外,在将本发明的振动臂应用于驱动用振动臂时,能够获得机电转换效率良好、高Q值且低CI值的优秀的弯曲振动片。因此,可实现高性能、高品质、且能够小型化的弯曲振动片。

[0032] 在一个实施例中,振动臂的另一个侧面上的电极,由在其厚度方向上分离的第三电极和第四电极构成,各个所述电极被设置为,在振动臂沿着垂直于其上下表面的方向而进行弯曲振动时,第一电极和与其对应的第三电极之间所产生的电场的方向,与第二电极和与其对应的第四电极之间所产生的电场的方向互为相反方向,振动臂还具有形成在另一个侧面和上表面或下表面之间的第二阶梯部,第二阶梯部由与另一个侧面相交的第二阶梯面、和与上表面或下表面相交的第二阶梯侧面构成,第三电极和第四电极通过阶梯面中未形成电极膜的部分而分离,并被形成在另一个侧面和第二阶梯侧面上。

[0033] 通过以此方式在振动臂的左右两个侧面上设置阶梯部,从而振动臂能够在面外方向上平衡性良好地进行弯曲振动。而且,第一电极和与其相对应的第三电极之间的距离、以及第二电极和与其相对应的第四电极之间的距离、与现有技术中的左右侧面之间的距离相比变小,因此电极之间的静电电容与现有技术相比进一步增大。因此,将本发明的弯曲振动片应用于例如压电振动陀螺仪等的传感器元件时,由于能够更有效地对通过振动臂的弯曲

振动而产生的电荷进行检测,因而获得了更高的灵敏度。

[0034] 在另一个实施例中,振动臂具有被下凹设置在其上表面或下表面上的长度方向的槽,并具有被形成在该长度方向的槽的一个内侧面上的第五电极和被形成在另一个内侧面上的第六电极,第五电极和第六电极通过长度方向的槽的底面中未形成电极膜的部分而分离,各个所述电极被设置为,在振动臂沿着垂直于其上下表面的方向而进行弯曲振动时,第五电极和与其相对应的振动臂的左侧面上的电极之间所产生的电场的方向,与第六电极和与其相对应的振动臂的右侧面上的电极之间所产生的电场的方向互为相同方向,而与在未设置长度方向的槽的下表面侧或上表面侧中左侧面上的电极和右侧面上的电极之间所产生的电场的方向为相反方向。

[0035] 通过以此方式在左右侧面的长度方向的槽的各个内侧面上追加电极,从而能够使相对应的电极之间的距离均变小,因而电极之间的静电电容与现有技术相比将进一步增大。因此,能够更有效地对通过振动臂的弯曲振动而产生的电荷进行检测,从而能够获得更高灵敏度的传感器元件。

[0036] 而且,根据另一个实施例,由于振动臂的阶梯部由多个阶梯构成,因此通过对该多个阶梯的阶梯侧面进行选择而形成电极,从而能够根据使用条件来调整与其相对应的侧面上的电极之间的距离以及静电电容。而且,能够对其截面形状进行设计,以使振动臂能够更平衡地进行弯曲振动。

[0037] 此外,在另外的实施例中,通过使振动臂为,用于将沿着垂直于其上下表面的方向的弯曲振动,作为从被通设置在该振动臂上的电极输出的电气信号而进行检测的检测用振动臂,并还具备从基部起沿着检测用振动臂的延伸方向而延长的驱动用振动臂、和以使该驱动用振动臂沿着平行于其上下表面的方向而进行弯曲振动的方式被设置在驱动用振动臂上的驱动电极,从而获得了音叉型的弯曲振动片。

[0038] 根据本发明的另一个方面,提供了一种制造上述的本发明的弯曲振动片的方法,该方法包括:从晶片来加工具有弯曲振动片的外形的振动元件片的过程;在振动元件片的表面上覆盖电极膜,且在该电极膜上形成光刻胶膜的过程;从上表面侧及下表面侧对振动元件片的上表面、下表面及阶梯面的光刻胶膜进行曝光从而进行图案形成的过程;利用蚀刻来去除通过该图案形成而露出的电极膜的部分,从而在振动臂的侧面上形成在该振动臂的厚度方向上分离的电极的过程;去除残留的光刻胶膜的过程。

[0039] 通过以此方式利用现有的光刻技术,并使用通常的曝光机而从上表面及下表面进行的曝光来高精度地进行图案形成,从而能够在检测用振动臂的侧面上形成在厚度方向上分离的电极。由于无需如现有技术那样通过斜向曝光而进行的电极膜的图案形成,因此能够简单且低成本地制造本发明的弯曲振动片。

[0040] 根据本发明的另一个方面,通过具备上述的本发明的弯曲振动片,从而能够提供低成本、高性能且能够小型化的电子设备。

## 附图说明

[0041] 图 1 (A) 为本发明的第 1 实施例所涉及的弯曲振动片的概要俯视图,图 1 (B) 为沿其 I-I 线的驱动用振动臂的剖视图,图 1 (C) 同样为检测用振动臂的剖视图。

[0042] 图 2 (A) 为本发明的第 2 实施例所涉及的弯曲振动片的概要俯视图,图 2 (B) 为



沿其 II-II 线的检测用振动臂的剖视图。

[0043] 图 3 (A) 为本发明的第 3 实施例所涉及的弯曲振动片的概要俯视图,图 3 (B) 为沿其 III-III 线的检测用振动臂的剖视图。

[0044] 图 4 (A) 为本发明的第 4 实施例所涉及的弯曲振动片的概要俯视图,图 4 (B) 为沿其 IV-IV 线的检测用振动臂的剖视图。

[0045] 图 5 (A) 为本发明的第 5 实施例所涉及的弯曲振动片的概要俯视图,图 5 (B) 为沿其 V-V 线的检测用振动臂的剖视图。

[0046] 图 6 (A) 为本发明的第 6 实施例所涉及的弯曲振动片的概要俯视图,图 6 (B) 为沿其 VI-VI 线的检测用振动臂的剖视图。

[0047] 图 7 (A)~(D) 为依次图示在第 3 实施例的弯曲振动片的检测用振动臂上对检测电极进行图案形成的过程的工序图。

[0048] 图 8 为表示应用了本发明的另一种音叉型弯曲振动片的概要俯视图。

[0049] 图 9 为表示应用了本发明的两侧音叉型弯曲振动片的概要俯视图。

[0050] 图 10 为表示应用了本发明的三脚型音叉型弯曲振动片的概要俯视图。

[0051] 图 11 (A) 为现有的音叉型弯曲振动片的概要俯视图,图 11 (B) 为沿其 XI-XI 线的驱动用振动臂的剖视图,(C) 同样为检测用振动臂的剖视图。

[0052] 图 12 (A)~(D) 为依次图示在图 11 中的现有的弯曲振动片的检测用振动臂上对检测电极进行图案形成的过程的工序图。

## 具体实施方式

[0053] 以下,参照附图,对本发明的优选的实施例进行详细说明。并且,在附图中,对相同或者类似的结构要素标记相同或者类似的参照符号来进行表示。

[0054] 图 1 概要性地图示了,例如角速度传感器中所使用的压电振动陀螺仪用的、本发明的第 1 实施例所涉及的音叉型弯曲振动片。音叉型弯曲振动片 21 具有:矩形的基部 22;驱动用振动臂 23,其从该基部起延长;检测用振动臂 24,其从所述基部起沿着该驱动用振动臂 23 延长。驱动用振动臂 23 及检测用振动臂 24 形成为分别具有上表面、下表面、及左右侧面的截面多边形,并以相互平行的方式被配置。音叉型弯曲振动片 21 由水晶或其他的压电材料一体地加工而成。

[0055] 如图 1 (B) 所示,驱动用振动臂 23 具有,被形成在其上下各个表面上的长度方向的槽 25。在各个长度方向的槽 25 的内表面上分别设置有第一驱动电极 26a,在驱动用振动臂 23 的左右各个侧面上分别设置有第二驱动电极 26b,这些电极被互相电连接从而构成了使驱动用振动臂 23 进行弯曲振动的驱动电极。

[0056] 如图 1 (C) 所示,在检测用振动臂 24 中,朝上的第一阶梯部 27 被设置于上表面 24a 和右侧面 24d 之间,并且朝下的第二阶梯部 28 被设置于下表面 24b 和左侧面 24c 之间。第一阶梯部 27 具有:与右侧面 24d 相交的朝上的阶梯面 27a、和与所述上表面相交的朝右的阶梯侧面 27b。第二阶梯部 28 具有:与左侧面 24c 相交的朝下的阶梯面 28a、和与所述下表面相交的朝左的阶梯侧面 28b。第一阶梯部 27 及第二阶梯部 28 以在振动臂截面中关于其中心轴对称的方式被形成为相同的尺寸。

[0057] 在检测用振动臂 24 的左右侧面 24c、24d 及阶梯侧面 27b、28b 上,设置有第一至第

四检测电极 29a ~ 29d, 从而构成了用于对其面外方向上的弯曲振动进行检测的检测电极。左侧面 24c 上的第一检测电极 29a 和阶梯侧面 28b 上的第二检测电极 29b 被配置为, 通过未形成电极膜的阶梯面 28a 而在振动臂的厚度方向上分离, 并互为异极。同样地, 阶梯侧面 27b 上的第三检测电极 29c 和右侧面 24d 上的第四检测电极 29d 被配置为, 通过未形成电极膜的阶梯面 27a 而在振动臂的厚度方向上分离, 并互为异极。并且, 虽然在图中阶梯面 27a、28a 的整个表面上均未形成电极膜, 但是在仅局部未形成电极膜的情况下, 也同样能够使所述第一检测电极和第二检测电极、以及第三检测电极和第四检测电极分离。

[0058] 由于所述第一及第二阶梯部的未形成电极膜的阶梯面 27a、28a, 在通过光刻技术而对被形成在振动臂表面上的电极膜进行图案形成时, 能够垂直地照射曝光的光, 因此能够在不使用特殊的装置和方法的条件下, 实现使用了通常的曝光机的双面曝光。因此, 即使是细微的图案也能够比较容易且高精度地进行转印。因此, 能够在制造上减小不合格率而提高成品率, 以降低制造成本, 同时还能够充分地应对弯曲振动片的小型化。

[0059] 当在所述驱动电极上施加预定的交流电压时, 在相邻的第一、第二驱动电极 26a、26b 之间, 将以图 1 (B) 中用实线及虚线的箭头所示的方式而在 X 轴方向上交替反向地产生电场。由此, 驱动用振动臂 23 将与上下表面相同地在 XY 面内进行弯曲振动。检测用振动臂 24 同样地在 XY 面内与驱动用振动臂 23 互为反向地进行弯曲振动, 以取得与驱动用振动臂 23 之间的平衡。

[0060] 在该种状态下, 当弯曲振动片 21 绕 Y 轴、即绕所述振动臂的延长方向而进行旋转时, 在与驱动用振动臂 23 的振动方向正交的方向上、即垂直于上下表面的 Z 轴方向上, 作用有科里奥利力。由此, 驱动用振动臂 23 和检测用振动臂 24 在 Z 轴方向上互为反向地进行弯曲振动。此时, 在检测用振动臂 24 中, 如图 1 (C) 中用实线及虚线的箭头所示, X 轴方向上的电场在左侧面 24c 的第一检测电极 29a 和所对应的阶梯侧面 27b 的第三检测电极 29c 之间, 以及在阶梯侧面 28b 的第二检测电极 29b 和所对应的右侧面 24d 的第四检测电极 29d 之间, 分别以交替反向且互为反向的方式而产生。通过将由此而在 X 轴方向上产生的电荷由所述检测电极中作为电压信号而取出, 从而检测出弯曲振动片 21 的所述旋转的角速度。

[0061] 由于通过以此方式将与一个侧面的检测电极相对应的检测电极设置在所述阶梯侧面上, 从而在左右、即 X 轴方向上相对应的所述检测电极之间的距离与现有技术相比而变小, 因此其静电电容增大。因此, 能够高效地对通过检测用振动臂 24 的面外方向 (out-of-plane direction) 的弯曲振动而在所述检测电极之间产生的电荷进行检测, 从而获得高灵敏度。

[0062] 在本实施例中, 由于第一及第二阶梯部 27、28 以相同的尺寸而对称地形成, 因此弯曲振动片 21 能够在面外方向上平衡性良好地进行弯曲振动。而且, 在 X 轴方向上对应的两组所述检测电极彼此的间隔一致。即, 上表面侧的第一检测电极 29a 和第三检测电极 29c 之间的间隔、和下表面侧的第二检测电极 29b 和第四检测电极 29d 之间的间隔相同。因此, 在弯曲振动片 21 的上表面侧和下表面侧检测出的电压信号能够被平衡地输出。

[0063] 另外, 通过取得弯曲振动片 21 的上表面侧的第一、第三检测电极 29a、29c 之间的输出和下表面侧的第二、第四检测电极 29b、29d 之间的输出的差动, 从而能够消除不需要的干扰。例如, 当检测用振动臂 24 在轴线方向、即 Y 轴方向上进行伸缩时, 能够去除由此而产生的不需要的信号。由此, 能够更高精度地检测产生的电荷。

[0064] 在另一个实施例中,能够将一个侧面侧、例如左侧面侧的第一检测电极 29a 和第二检测电极 29b 设定为接地电极。此时,由相反侧的第三检测电极 29c 和第四检测电极 29d 输出互为异极的电压信号。通过以此方式来进行构成,从而能够在检测用振动臂 24 的上表面侧和下表面侧之间容易地取得输出的差动,并且能够使从所述检测电极引出的配线结构简单化。

[0065] 图 2 概要性地图示了本发明的第 2 实施例所涉及的音叉型弯曲振动片。与第 1 实施例同样,第 2 实施例的音叉型弯曲振动片 31 具备:矩形的基部 32;截面多边形的驱动用振动臂 33 及检测用振动臂 34,其从该基部起以互相平行的方式而延长,且分别具有上表面、下表面及左右侧面。由于驱动用振动臂 33 具有与第 1 实施例的驱动用振动臂 23 相同的结构,因此省略其说明。

[0066] 如图 2(B)所示,在检测用振动臂 34 中,朝上的第一阶梯部 35 被设置于上表面 34a 和左侧面 34c 之间,而朝下的第二阶梯部 36 被设置于下表面 34b 和右侧面 34d 之间。第一阶梯部 35 具有:与左侧面 34c 相交的朝上的阶梯面 35a、和与上表面 34a 相交的朝左的阶梯侧面 35b。第二阶梯部 36 具有:与右侧面 34d 相交的朝下的阶梯面 36a,和与下表面 34b 相交的朝右的阶梯侧面 36b。

[0067] 与第 1 实施例相同,第一及第二阶梯部 35、36 以在振动臂截面中关于其中心轴而对称的方式被形成为相同的尺寸。在本实施例中,与第 1 实施例相比第一及第二阶梯部 35、36 被形成得较浅且宽度较宽。因此,各个阶梯侧面 35b、36b 和分别对置的左右侧面 34c、34d 之间的距离与第 1 实施例相比较小,并且各个阶梯侧面 35b、36b 的高度与第 1 实施例相比较低。

[0068] 在检测用振动臂 34 的左右侧面 34c、34d 及阶梯侧面 35b、36b 上,设置有第一至第四检测电极 37a ~ 37d,从而构成了用于对其面外方向上的弯曲振动进行检测的检测电极。阶梯侧面 35b 的第一检测电极 37a 和左侧面 34c 的第二检测电极 37b 被配置为,通过未形成电极膜的阶梯面 35a 而在振动臂的厚度方向上分离并互为异极。同样地,右侧面 34d 的第三检测电极 37c 和阶梯侧面 36b 的第四检测电极 37d 被配置为,通过未形成电极膜的阶梯面 36a 而在振动臂的厚度方向上分离,并互为异极。并且,虽然在图中阶梯面 35a、36a 的整个表面上均未形成电极膜,但是即使在仅局部未形成电极膜的情况下,也同样能够使所述第一、第二检测电极以及第三、第四检测电极分离。

[0069] 在通过施加预定的交流电压而使驱动用振动臂 33 和检测用振动臂 34 在 XY 面内以相互反向的方式进行弯曲振动的状态下,在弯曲振动片 31 绕 Y 轴旋转时,由于科里奥利力的作用,从而所述两个振动臂将在 Z 轴方向上相互反向地进行弯曲振动。此时,在检测用振动臂 34 中,如图 2 (B) 中用实线及虚线的箭头所示,在阶梯侧面 35b 上的第一检测电极 37a 和所对应的右侧面 34d 上的第三检测电极 37c 之间,并在阶梯侧面 36b 上的第四检测电极 37d 和所对应的左侧面 34c 上的第二检测电极 37b 之间,分别以交替反向且互为反向的方式而产生 X 轴方向上的电场。由此在 X 轴方向上产生的电荷将从所述检测电极作为电压信号而被取出。

[0070] 在另一个实施例中,能够将一个侧面侧、例如左侧面侧的第一检测电极 37a 和第二检测电极 37b 设定为接地电极。此时,从相反侧的第三检测电极 37c 和第四检测电极 37d 输出互为异极的电压信号。通过以此方式来进行构成,从而能够在检测用振动臂 34 的上表

面侧和下表面侧之间容易地取得输出的差动,并且能够使从所述检测电极引出的配线结构简单化。

[0071] 由于与第 1 实施例相比,在本实施例中,左右、即 X 轴方向上相对应的所述检测电极之间的距离变得更小,因此其静电电容进一步增大。因此,能够更高效地对通过检测用振动臂 34 的面外方向上的弯曲振动而在所述检测电极之间产生的电荷进行检测,从而获得高灵敏度。关于其他的优点,由于与第 1 实施例相同,因此省略其说明。

[0072] 图 3 概要性地图示了本发明的第 3 实施例所涉及的音叉型弯曲振动片。与第 1 实施例相同,第 3 实施例的音叉型弯曲振动片 41 具备:矩形的基部 42;截面多边形的驱动用振动臂 43 及检测用振动臂 44,其从该基部起互相平行地延长,且分别具有上表面、下表面及左右侧面。由于驱动用振动臂 43 具有与第 1 实施例的驱动用振动臂 23 相同的结构,因此省略其说明。

[0073] 如图 3 (B) 所示,在检测用振动臂 44 中,在下表面 44b 和左侧面 44c 之间设置有朝下的第一阶梯部 45,并在所述下表面和右侧面 44d 之间设置有朝下的第二阶梯部 46。第一阶梯部 45 具有:与左侧面 44c 相交的朝下的阶梯面 45a、和与下表面 44b 相交的朝左的阶梯侧面 45b。第二阶梯部 46 具有:与右侧面 44d 相交的朝下的阶梯面 46a、和与所述下表面相交的朝右的阶梯侧面 46b。检测用振动臂 44 还具有被形成在上表面 44a 上的长度方向的槽 47。长度方向的槽 47 具有:分别与所述上表面相交的左右的槽内侧面 47a、47b,和所述槽内侧面之间的底面 47c。

[0074] 第一、第二阶梯部 45、46 及长度方向的槽 47 被配置成,在振动臂截面中关于上下方向的中心轴而对称。因此,弯曲振动片 41 具有能够平衡性良好地在面外方向上进行弯曲振动、并且不易产生不需要的振动的优点。

[0075] 在检测用振动臂 44 的左右侧面 44c、44d 及阶梯侧面 45b、46b 之间,设置有第一至第四检测电极 48a ~ 48d,并在长度方向的槽 47 的槽内侧面 47a、47b 上设置有第五、第六检测电极 48e、48f,从而构成了用于对其面外方向的弯曲振动进行检测的检测电极。左侧面 44c 的第一检测电极 48a 和阶梯侧面 45b 的第二检测电极 48b 被配置为,通过未形成电极膜的阶梯面 45a 而在振动臂的厚度方向上分离,并互为异极。同样地,右侧面 44d 的第三检测电极 48c 和阶梯侧面 46b 的第四检测电极 48d 被配置为,通过未形成电极膜的阶梯面 46a 而在振动臂的厚度方向上分离,并互为异极。长度方向的槽 47 内的第五检测电极 48e 和第六检测电极 48f 被配置为,通过未形成电极膜的所述槽的底面 47c 而在振动臂的宽度方向上分离,并互为异极。并且,虽然在图中阶梯面 45a、46a 的整个表面上均未形成电极膜,但是即使在仅局部未形成电极膜的情况下,也同样能够使所述第一、第二检测电极以及第三、第四检测电极分离。

[0076] 在通过施加预定的交流电压而使驱动用振动臂 43 和检测用振动臂 44 在 XY 面内以相互反向的方式进行弯曲振动的状态下,当弯曲振动片 41 绕 Y 轴进行旋转时,由于科里奥利力的作用,从而所述两个振动臂将在 Z 轴方向上相互反向地进行弯曲振动。此时,在检测用振动臂 44 的上表面侧,如图 3 (B) 中用实线及虚线的箭头所示,在左侧面 44c 的第一检测电极 48a 和所对应的左内侧面 47a 的第五检测电极 48e 之间,并在右内侧面 47b 的第六检测电极 48f 和所对应的右侧面 44d 的第三检测电极 48c 之间,分别以交替反向且互为同向的方式而产生 X 轴方向上的电场。在检测用振动臂 44 的下表面侧,在阶梯侧面 45b 的

第二检测电极 48b 和所对应的阶梯侧面 46b 的第四检测电极 48d 之间,分别以交替反向且与所述上表面侧的 X 轴方向上的电场反向的方式而产生 X 轴方向上的电场。由此在 X 轴方向上产生的电荷将从所述检测电极作为电压信号而被取出。

[0077] 在另一个实施例中,能够将一个侧面侧、例如左侧面侧的第一检测电极 48a 和第二检测电极 48b 以及所述长度方向的槽的右内侧面 47b 上的第六检测电极 48f 设定为接地电极。此时,从第三检测电极 48c、第五检测电极 48e、和第四检测电极 48d 输出互为异极的电压信号。通过以此方式来进行构成,从而能够在检测用振动臂 44 的上表面侧和下表面侧之间容易地取得输出的差动。

[0078] 由于本实施例中,在检测用振动臂 44 的上表面侧上,所述检测电极之间的静电电容成为第 2 实施例的大致两倍,因此能够更高效地对所产生的电荷进行检测,从而能够获得更高的灵敏度。由于其他的优点与第 1 实施例相同,因此省略其说明。

[0079] 图 4 概要性地图示了本发明的第 4 实施例所涉及的音叉型弯曲振动片。与第 1 实施例相同,第 4 实施例的音叉型弯曲振动片 51 具备:矩形的基部 52;截面多边形的驱动用振动臂 53 及检测用振动臂 54,其从该基部起互相平行地延长,且分别具有上表面、下表面及左右侧面。由于驱动用振动臂 53 具有与第 1 实施例的驱动用振动臂 23 相同的结构,因此省略其说明。

[0080] 如图 4 (B) 所示,在检测用振动臂 54 中,在上表面 54a 和左侧面 54c 之间设置有朝上的第一阶梯部 55,并在下表面 54b 和右侧面 54d 之间设置有朝下的第二阶梯部 56。第一阶梯部 55 由上下连续的两个阶梯构成。所述两个阶梯分别具有朝上的阶梯面 55a1、55a2 和朝右的阶梯侧面 55b1、55b2。上侧的阶梯侧面 55b1 与上表面 54a 相交,而下侧的阶梯面 55a2 与右侧面 54d 相交,并且上侧的阶梯面 55a1 与下侧的阶梯侧面 55b2 相交。第二阶梯部 56 具有:与左侧面 54c 相交的朝下的阶梯面 56a、和与所述下表面相交的朝左的阶梯侧面 56b。由此,能够对其截面形状进行设计,以使所述检测用振动臂能够更加平衡地进行弯曲振动。

[0081] 在检测用振动臂 54 的左右侧面 54c、54d 及阶梯侧面 55b1、56b 上,设置有第一至第四检测电极 57a ~ 57d,从而构成了对其面外方向的弯曲振动进行检测的检测电极。左侧面 54c 的第一检测电极 57a 和阶梯侧面 56b 的第二检测电极 57b 被配置为,通过未形成电极膜的阶梯面 56a 而在振动臂的厚度方向上分离,并互为异极。同样地,阶梯侧面 55b1 的第三检测电极 57c 和右侧面 54d 的第四检测电极 57d 被配置为,通过未形成电极膜的阶梯面 55a1、55a2 而在振动臂的厚度方向上分离,并互为异极。并且,虽然在图中阶梯面 55a1、55a2、56a 的整个表面上均未形成电极膜,但是即使在仅局部未形成电极膜的情况下,也同样能够使所述第一、第二检测电极以及第三、第四检测电极分离。

[0082] 在通过施加预定的交流电压而使驱动用振动臂 53 和检测用振动臂 54 在 XY 面内相互反向地进行弯曲振动的状态下,在弯曲振动片 51 绕 Y 轴旋转时,由于科里奥利力的作用,所述两个振动臂将在 Z 轴方向上相互反向地进行弯曲振动。此时,在检测用振动臂 54 中,如图 4 (B) 中用实线及虚线的箭头所示那样,在左侧面 54c 上的第一检测电极 57a 和所对应的阶梯侧面 55b1 上的第三检测电极 57c 之间,并在阶梯侧面 56b 上的第二检测电极 57b 和所对应的右侧面 54d 上的第四检测电极 57d 之间,分别以交替反向且互为反向的方式而产生 X 轴方向上的电场。由此在 X 轴方向上产生的电荷将从所述检测电极作为电压信号

而被取出。

[0083] 在另一个实施例中,能够将第三检测电极 57c 不设置在上侧的阶梯侧面 55b1 上,而是设置在下侧的阶梯侧面 55b2 上。此外,能够在第一阶梯部 55 的上侧及下侧的阶梯侧面 55b1、55b2 的双方上均设置检测电极。以此方式,能够根据使用条件而对左侧面上的第一检测电极 57a 和所对应的检测电极之间的距离及静电电容进行调节。

[0084] 此外,在另一个实施例中,能够将一个侧面侧、例如左侧面侧的第一检测电极 57a 和第二检测电极 57b 设定为接地电极。此时,从相反侧的第三检测电极 57c 和第四检测电极 57d 输出互为异极的电压信号。通过以此方式来进行构成,从而能够在检测用振动臂 54 的上表面侧和下表面侧之间容易地取得输出的差动,并且能够使从所述检测电极引出的配线结构简单化。

[0085] 所述第一阶梯部的上侧的阶梯和下侧的阶梯并不必须连续地设置。例如,在另一个实施例中,能够通过倾斜面来连接上侧的阶梯和下侧的阶梯。而且,在另一个实施例中,所述第一阶梯部能够由三个以上的阶梯而构成。

[0086] 由于本实施例中,在上表面侧上,在左右、即 X 轴方向上相对应的所述检测电极之间的距离与第 1 实施例相比变小,因此其静电电容将进一步增大。因此,能够更高效地对通过检测用振动臂 54 的面外方向的弯曲振动而在所述检测电极之间产生的电荷进行检测,从而能够获得更高的灵敏度。由于其他的优点与第 1 实施例相同,因此省略对其说明。

[0087] 图 5 概要性地图示了本发明的第 5 实施例所涉及的音叉型弯曲振动片。与第 1 实施例同样,第 5 实施例的音叉型弯曲振动片 61 具备:矩形的基部 62;截面多边形的驱动用振动臂 63 及检测用振动臂 64,其从该基部起互相平行地延长,并且分别具有上表面、下表面及左右侧面。由于驱动用振动臂 63 具有与第 1 实施例的驱动用振动臂 23 相同的结构,因此省略其说明。

[0088] 如图 5 (B) 所示,在检测用振动臂 64 中,朝上的第一阶梯部 65 及第二阶梯部 66 分别被设置于上表面 64a 和左侧面 64c 之间及上表面 64a 和右侧面 64d 之间。第一和第二阶梯部 65、66 具有:分别与左右侧面 64c、64d 相交的朝上的阶梯面 65a、66a,和与所述上表面分别相交的左右的阶梯侧面 65b、66b。所述第一、第二阶梯部被配置为,在振动臂截面中关于上下方向的中心轴而对称。因此,弯曲振动片 61 具有,能够平衡性良好地向面外方向进行弯曲振动、并不易产生不需要的振动的优点。

[0089] 在检测用振动臂 64 的左右侧面 64c、64d 及阶梯侧面 65b、66b 上,设置有第一至第四检测电极 67a ~ 67d,从而构成了用于对其面外方向的弯曲振动进行检测的检测电极。阶梯侧面 65b 上的第一检测电极 67a 和左侧面 64c 上的第二检测电极 67b 被配置为,通过未形成电极膜的阶梯面 65a 而在振动臂的厚度方向上分离,并互为异极。同样地,阶梯侧面 66b 上的第三检测电极 67c 和右侧面 64d 上的第四检测电极 67d 被配置为,通过未形成电极膜的阶梯面 66a 而在振动臂的厚度方向上分离,并互为异极。并且,虽然在图中阶梯面 65a、66a 的整个表面上均未形成电极膜,但即使在仅局部未形成电极膜的情况下,也同样能够使所述第一、第二检测电极以及第三、第四检测电极分离。

[0090] 在通过施加预定的交流电压而使驱动用振动臂 63 和检测用振动臂 64 在 XY 面内相互反向地进行弯曲振动的状态下,在弯曲振动片 61 绕 Y 轴旋转时,由于科里奥利力的作用,所述两个振动臂将在 Z 轴方向上相互反向地进行弯曲振动。此时,在检测用振动臂 64

中,如图 5 (B)中用实线及虚线的箭头所示,在阶梯侧面 65b 上的第一检测电极 67a 和所对应的阶梯侧面 66b 上的第三检测电极 67c 之间,并在左侧面 64c 上的第二检测电极 67b 和所对应的右侧面 64d 上的第四检测电极 67d 之间,分别以交替反向且互为反向的方式而产生 X 轴方向上的电场。由此在 X 轴方向上产生的电荷,将从所述检测电极作为电压信号而被取出。

[0091] 另一个实施例中,能够将一个侧面侧、例如左侧面侧的第一检测电极 67a 和第二检测电极 67b 设定为接地电极。此时,从相反侧的第三检测电极 67c 和第四检测电极 67d 输出互为异极的电压信号。通过以此方式来进行构成,从而能够在检测用振动臂 64 的上表面侧和下表面侧之间容易地取得输出的差动,并且能够使从所述检测电极引出的配线结构简化。

[0092] 本实施例中,除了具有上述第 1 实施例的优点之外,还由于第一及第二阶梯部 65、66 仅形成在检测用振动臂的上表面,因此在弯曲振动片 61 的外形加工中能够减少工时,从而变得更加容易。而且,在将厚度方向上分离的所述检测电极在检测用振动臂 64 上进行图案形成时,由于仅通过从上表面侧的曝光即可完成,因此在制造上更加有利。

[0093] 图 6 概要性地图示了本发明的第 6 实施例所涉及的音叉型弯曲振动片。与第 1 实施例同样,第 6 实施例的音叉型弯曲振动片 71 具有:矩形的基部 72;截面多边形的驱动用振动臂 73 及检测用振动臂 74,其从该基部起互相平行地延长,并且分别具有上表面、下表面及左右侧面。由于驱动用振动臂 73 具有与第 1 实施例的驱动用振动臂 23 相同的结构,因此省略其说明。

[0094] 如图 6 (B)所示,在检测用振动臂 74 中,朝上的阶梯部 75 被设置于上表面 74a 和右侧面 74d 之间。阶梯部 75 具有:与右侧面 74d 相交的朝上的阶梯面 75a、和与所述上表面相交的朝右的阶梯侧面 75b。

[0095] 在所述检测用振动臂的左右侧面 74c、74d 及阶梯侧面 75b 上,设置有第一至第三检测电极 76a ~ 76c,从而构成了用于对其面外方向的弯曲振动进行检测的检测电极。阶梯侧面 75b 上的第二检测电极 76b 和右侧面 74d 上的第三检测电极 76c 被配置为,通过未形成电极膜的阶梯面 75a 而在振动臂的厚度方向上分离,并互为异极。并且,虽然在图中阶梯面 75a 的整个表面上均未形成电极膜,但即使在仅局部未形成电极膜的情况下,也同样能够使所述第二、第三检测电极分离。

[0096] 在通过施加预定的交流电压而使驱动用振动臂 73 和检测用振动臂 74 在 XY 面内相互反向地进行弯曲振动的状态下,在弯曲振动片 71 绕 Y 轴旋转时,由于科里奥利力的作用,所述两个振动臂将在 Z 轴方向上相互反向地进行弯曲振动。此时,在检测用振动臂 74 中,如图 6 (B)中用实线及虚线的箭头所示,在左侧面 74c 上的第一检测电极 76a 和所对应的阶梯侧面 75b 上的第二检测电极 76b 之间,并在所述第一检测电极和所对应的右侧面 74d 上的第三检测电极 76c 之间,分别以交替反向且互为反向的方式而产生 X 轴方向上的电场。由此在 X 轴方向上产生的电荷,将从所述检测电极作为电压信号而被取出。

[0097] 在另一个实施例中,能够将所述左侧面上的第一检测电极 76a 设定为接地电极。此时,从相反侧的第二检测电极 76b 和第三检测电极 76c 输出互为异极的电压信号。通过以此方式来进行构成,从而能够在检测用振动臂 74 的上表面侧和下表面侧之间容易地取得输出的差动。

[0098] 本实施例中,除了具有上述第 5 实施例的优点之外,还由于所形成的阶梯部只有一个,因此在弯曲振动片 71 的外形加工中能够减少工时,从而变得更加容易。而且,由于检测电极的数量仅有 3 个,因此能够使其配线结构简单化。

[0099] 上述各个实施例的弯曲振动片能够通过利用现有的光刻技术,并使用通常的曝光机而从上表面及下表面同时曝光而高精度地进行图案形成,从而在检测用振动臂的侧面上形成在厚度方向上分离的电极。图 7 图示了,利用所涉及的现有的光刻技术,而在第 3 实施例的音叉型弯曲振动片 41 的检测用振动臂 43 上对所述检测电极进行图案形成的工序的优选实施例。

[0100] 首先,对水晶等晶片进行光刻,从而形成具有弯曲振动片 41 的外形的振动元件片。如图 7 (A) 所示,在加工有第一、第二阶梯部 45、46 及长度方向的槽 47 的所述振动元件片的检测用振动臂 81 的整个表面上覆盖电极膜 82,且在该电极膜 82 上涂布光刻胶膜 83。在检测用振动臂 81 的上方及下方分别配置投影透镜 84a、84b,并在其更上方及下方分别配置光掩膜 85a、85b。在各个光掩膜 85a、85b 上设置有,与光刻胶膜 83 的需要曝光的区域 83a ~ 83f 相对应的开口部 86a ~ 86f。接下来,使用通常的曝光机,从上表面侧及下表面侧同时使紫外光穿过所述投影透镜并垂直地进行照射。在另外的实施例中,能够不同时照射紫外光,而是从上表面侧及下表面侧的单侧逐一进行照射,从而实施所述曝光。

[0101] 接下来,对光刻胶膜 83 进行显影,并去除曝光了的区域 83a ~ 83f 而形成抗蚀图案 87,从而使电极膜 82 露出(图 7 (B))。通过湿蚀刻而去除电极膜 82 的露出部分,从而使水晶表面露出(图 7 (C))。最后,在完全去除残留的抗蚀图案 87 后,形成了通过无电极膜的阶梯面 45a 而在厚度方向上分离的左侧面 44c 上的第一检测电极 48a 和阶梯侧面 45b 上的第二检测电极 48b,通过无电极膜的阶梯面 46a 而在厚度方向上分离的右侧面 44d 上的第三检测电极 48c 和阶梯侧面 46b 上的第四检测电极 48d,以及,在长度方向的槽 47 内通过无电极膜的底面 47c 而在宽度方向上分离的第五检测电极 48e 和第六检测电极 48f (图 7 (D))。

[0102] 并且,在附图中图示为,上述各个实施例的所述阶梯面及阶梯侧面分别平行或垂直于所述上下表面或者左右侧面。但是,应当注意的是,在如本实施例这样由水晶等单晶材料而形成弯曲振动片的情况下,由于其结晶的各向异性、或者由于其他的理由,因而所述阶梯面及阶梯侧面并不一定会形成成为平行或者垂直于所述上下表面或者左右侧面。

[0103] 本发明的弯曲振动片对于上述各个实施例的音叉型之外的各种结构的弯曲振动片也同样能够适用。图 8 概要性地图示了应用本发明的其他音叉型弯曲振动片。该音叉型弯曲振动片 91 具备:矩形的基部 92;截面多边形的一对振动臂 93、94,其从该基部起平行地延长,且具有上表面、下表面及左右侧面。

[0104] 各个振动臂 93、94 具有在其延长方向上被分割的、顶端侧的驱动部 93a、94a 和基端侧的检测部 93b、94b。所述各个驱动部以与第 1 实施例的弯曲振动片 21 的驱动用振动臂 23 同样的方式而构成,并具有同样的驱动电极。所述各个检测部以与上述的第 1 至第 6 实施例的检测用振动臂中的任意一个同样的方式而构成,并具有同样的检测电极。

[0105] 通过对驱动部 93a、94a 的驱动电极施加预定的交流电压,从而两个振动臂 93、94 将在与其上下表面相同的 XY 面内以相互接近背离的朝向而进行弯曲振动。当在该状态下弯曲振动片 91 绕 Y 轴旋转时,由于科里奥利力的作用,所述两个振动臂将在与其上下表面



垂直的 Z 轴方向上相互反向地进行弯曲振动。此时,通过对从两个检测部 93b、94b 的检测电极输出的电压信号进行检测,从而能够高灵敏度地得到弯曲振动片 91 的所述旋转的角速度。

[0106] 图 9 概要性地图示了应用本发明的双音叉型弯曲振动片。双音叉型弯曲振动片 101 具有:矩形的基部 102;截面多边形的一对驱动用振动臂 103、103,其从该基部起平行地延长,且具有上表面、下表面及左右侧面;截面多边形的一对检测用振动臂 104、104,其从所述基部起以与所述驱动用振动臂相反的朝向而平行地延长,并且具有上表面、下表面、及左右侧面。

[0107] 驱动用振动臂 103、103 以与第 1 实施例的弯曲振动片 21 的驱动用振动臂 23 同样的方式而构成,并且具有同样的驱动电极。检测用振动臂 104、104 以与上述的第 1 至第 6 实施例的检测用振动臂中的任意一个同样的方式而构成,并且具有同样的检测电极。

[0108] 驱动用振动臂 103、103 通过对其驱动电极施加预定的交流电压,从而在与其上下表面相同的 XY 面内以相互接近背离的朝向而进行弯曲振动。当在该状态下弯曲振动片 101 绕 Y 轴旋转时,由于科里奥利力的作用,驱动用振动臂 103、103 及检测用振动臂 104、104 将分别在与其上下表面垂直的 Z 轴方向上相互反向地进行弯曲振动。此时,通过对从所述两个检测用振动臂的检测电极输出的电压信号进行检测,从而能够高灵敏度地得到弯曲振动片 101 的所述旋转的角速度。

[0109] 图 10 概要性地图示了应用本发明的三脚型弯曲振动片。三脚型弯曲振动片 111 具备:矩形的基部 112;截面多边形的三根振动臂 113 ~ 115,其从该基部起以平行的方式延伸,且具有上表面、下表面及左右侧面。

[0110] 本实施例中,左右两端的振动臂 113、115 为驱动用振动臂,并以与上述的第 1 至第 6 实施例的驱动用振动臂中的任意一个同样的方式构成,并且具有同样的驱动电极。中央的振动臂 114 为检测用振动臂,并以与上述的第 1 至第 6 实施例的检测用振动臂中的任意一个同样的方式构成,并且具有同样的检测电极。在另外的实施例中,能够将左右的某一个振动臂 113、115 设为检测用振动臂,而将剩余的两根振动臂设为驱动用振动臂。

[0111] 驱动用振动臂 113、115 通过对其驱动电极施加预定的交流电压,从而在与其上下表面相同的 XY 面内以相互接近背离的朝向而进行弯曲振动。当在该状态下弯曲振动片 111 绕 Y 轴旋转时,由于科里奥利力的作用,全部的振动臂 113 ~ 115 将分别在与其上下表面垂直的 Z 轴方向上相互反向地进行弯曲振动。此时,通过对从检测用振动臂 114 的检测电极输出的电压信号进行检测,从而能够高灵敏度地取得弯曲振动片 111 的所述旋转的角速度。

[0112] 另外,本实施例同样能够应用于具有四根以上的振动臂的多脚型弯曲振动片。

[0113] 另外,根据本发明,能够将上述各个实施例中的检测用振动臂的截面形状及电极结构应用于驱动用振动臂。此时,能够获得如下优异的弯曲振动片,即,机电转换效率良好、高 Q 值且低 CI 值的优秀的弯曲振动片。

[0114] 本发明并不限于上述实施例,在其技术范围内能够进行各种变形或变更来实施。例如,除了角速度之外,本发明的弯曲振动片还能够适用于,用于对角加速度、加速度、力等物理量进行检测的传感器元件。并且,除了水晶以外,本发明的弯曲振动片还能够由钽酸锂、铌酸锂等压电单晶,或锆钛酸铅等的压电陶瓷等压电材料,或硅半导体材料来形成。而且,本发明的弯曲振动片通过将其作为传感器元件而进行搭载,从而能够广泛地适用于

数码相机、摄像机、导航装置、车身姿态检测装置、定点设备、游戏控制器、移动电话、头戴式显示器等电子设备。

[0115] 符号说明

[0116] 1、21、31、41、51、61、71、91…音叉型弯曲振动片；

[0117] 2、22、32、42、52、62、72、92、102、112…基部；

[0118] 3、23、33、43、53、63、73、103、113、115…驱动用振动臂；

[0119] 4、24、34、44、54、64、74、81、104、114…检测用振动臂；

[0120] 5a ~ 5d…驱动电极；

[0121] 6a、6b、7a、7b…检测电极；

[0122] 8、82…电极膜；

[0123] 9、83…光刻胶膜；

[0124] 9a ~ 9d、83a ~ 83f…区域；

[0125] 10、85a、85b…光掩膜；

[0126] 11a ~ 11c、86a ~ 86f…开口部；

[0127] 12…抗蚀图案；

[0128] 24a、34a、44a、54a、64a、74a…上表面；

[0129] 24b、34b、44b、54b、64b、74b…下表面；

[0130] 24c、34c、44c、54c、64c、74c…左侧面；

[0131] 24d、34d、44d、54d、64d、74d…右侧面；

[0132] 25…长度方向的槽；

[0133] 26a…第一驱动电极；

[0134] 26b…第二驱动电极；

[0135] 27、35、45、55、65、75…第一阶梯部；

[0136] 28、36、46、56、66、76…第二阶梯部；

[0137] 27a、28a、35a、36a、45a、46a、55a1、55a2、65a、66a、75a…阶梯面；

[0138] 27b、28b、35b、36b、45b、46b、55b1、55b2、65b、66b、75b…阶梯侧面；

[0139] 29a ~ 29d、37a ~ 37d、57a ~ 57d、67a ~ 67d…第一至第四检测电极；

[0140] 47…长度方向的槽；

[0141] 47a、47b…槽内侧面；

[0142] 48a ~ 48f…第一至第六检测电极；

[0143] 75…阶梯部；

[0144] 76a ~ 76c…第一至第三检测电极；

[0145] 84a、84b…投影透镜；

[0146] 93、94…振动臂；

[0147] 93a、94a…驱动部；

[0148] 93b、94b…检测部；

[0149] 101…双音叉型弯曲振动片；

[0150] 111…三脚型弯曲振动片。

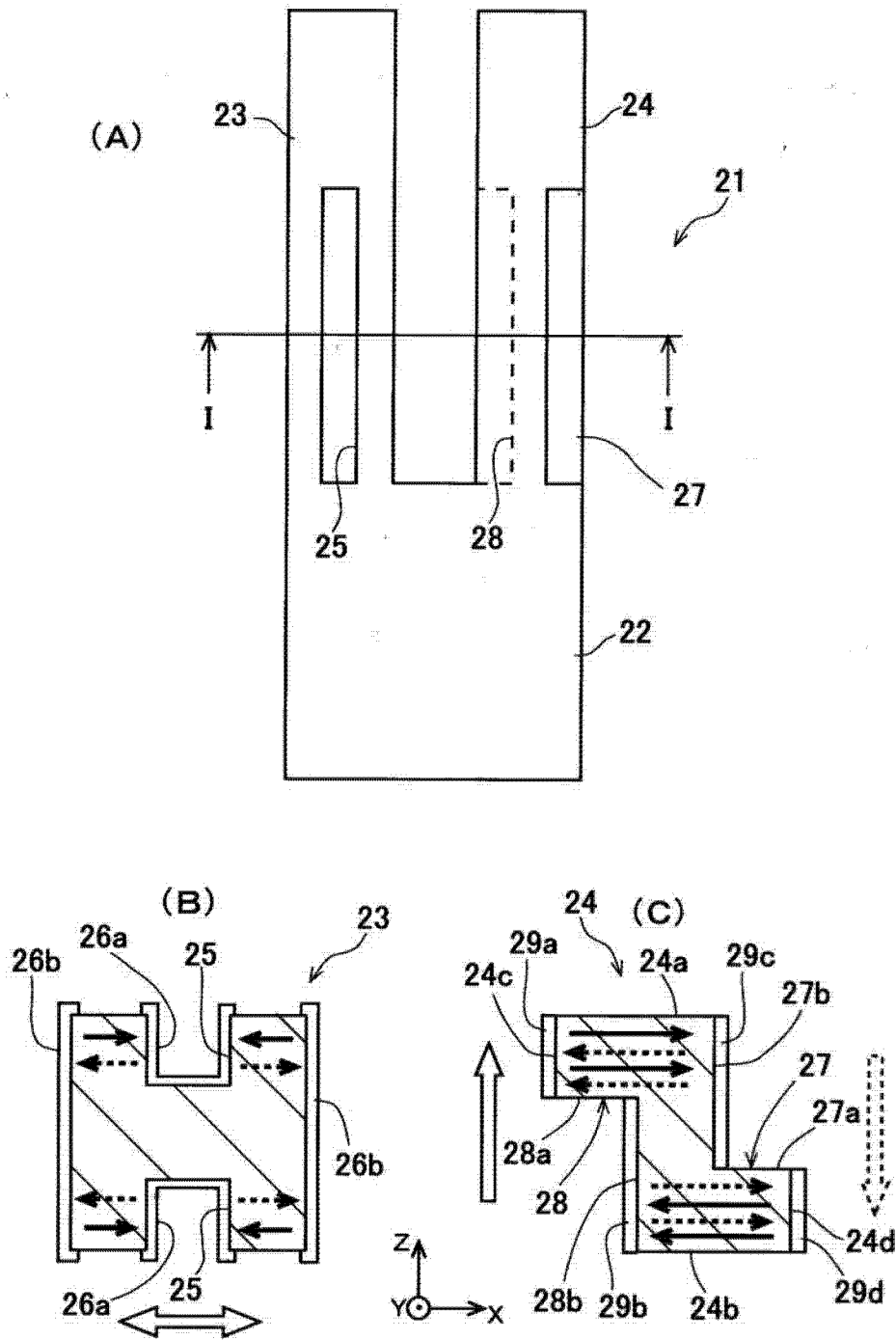


图 1

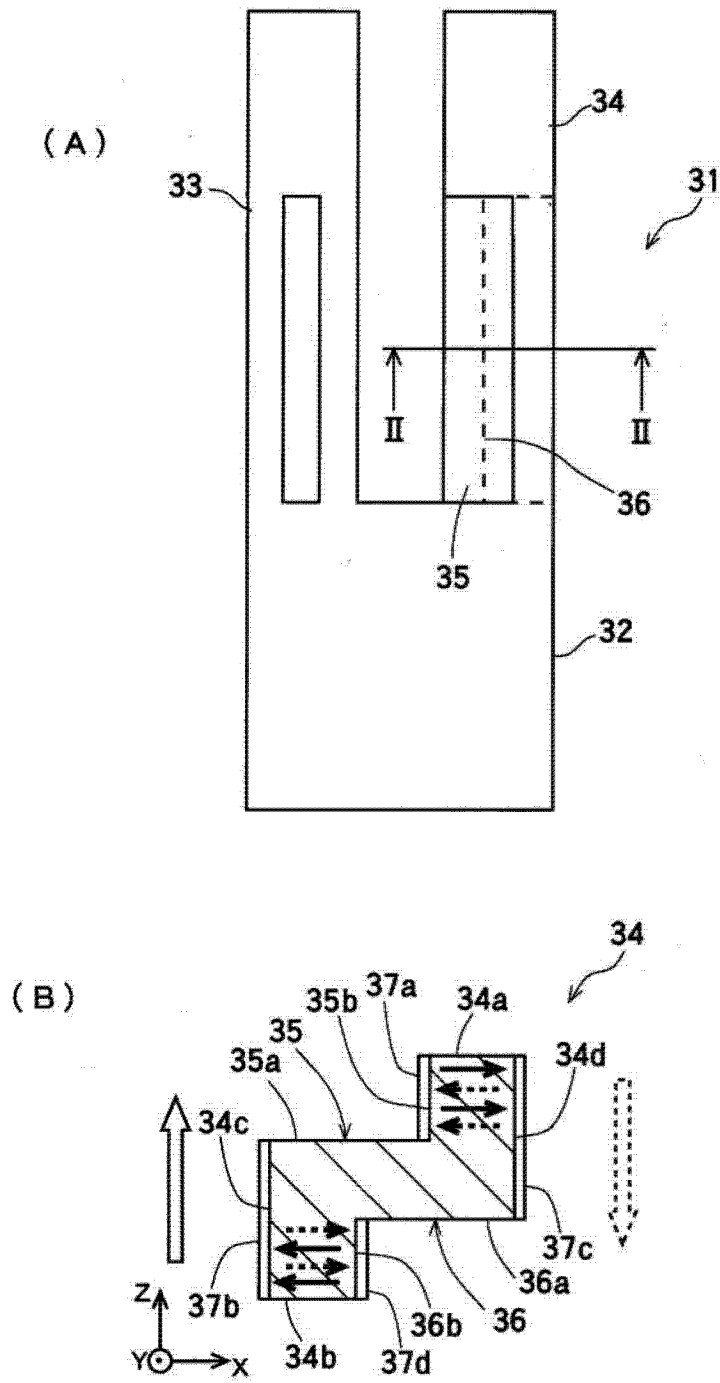


图 2

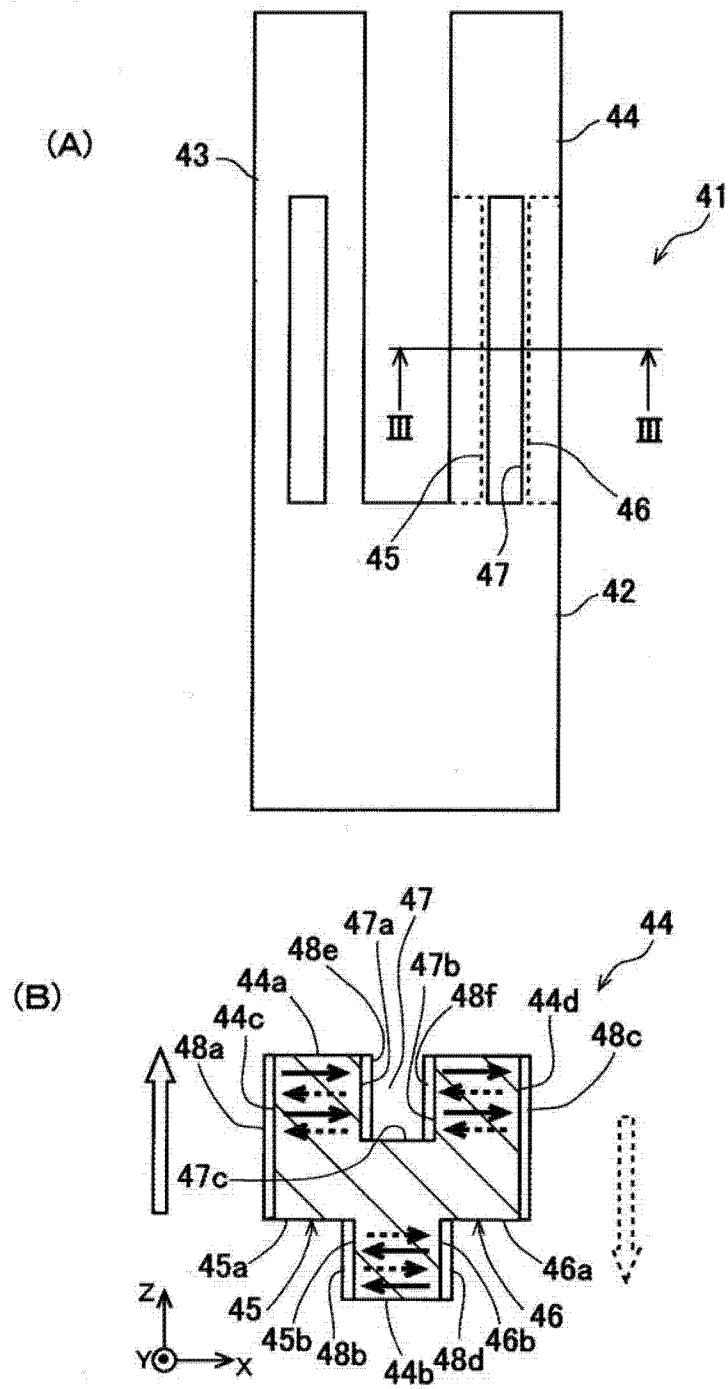


图 3

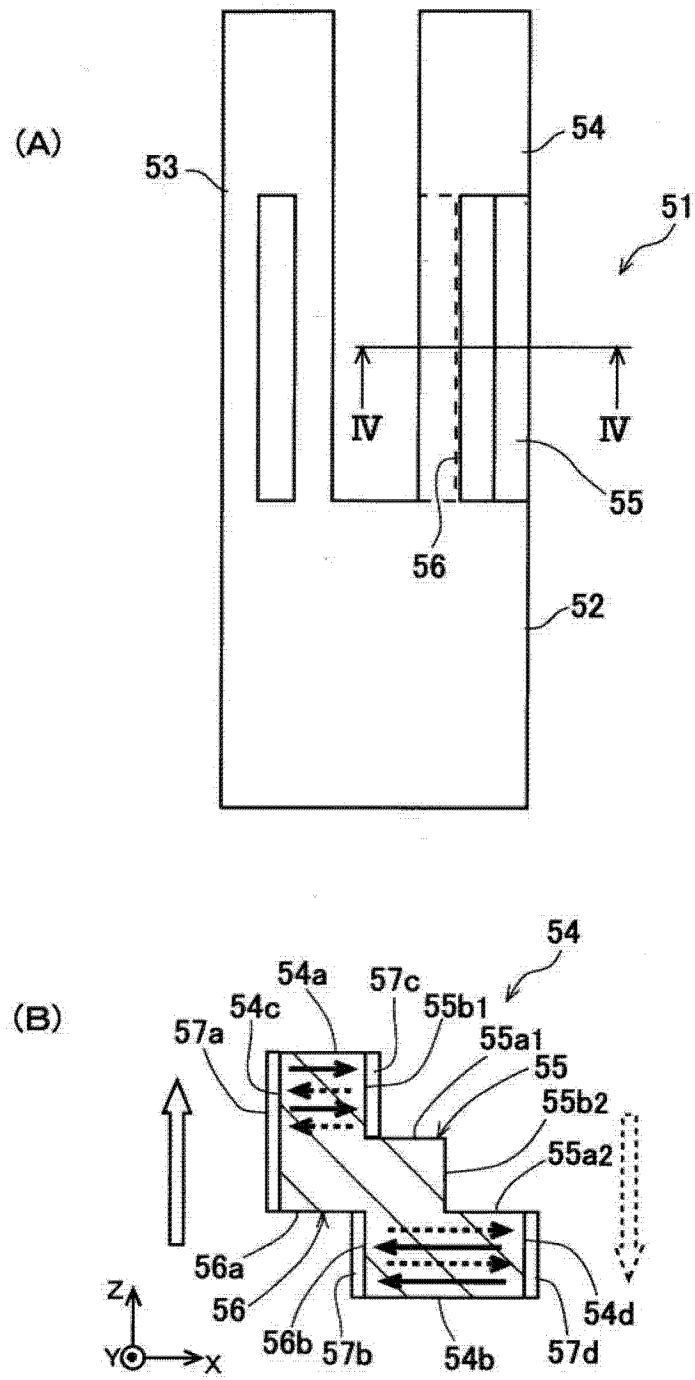


图 4

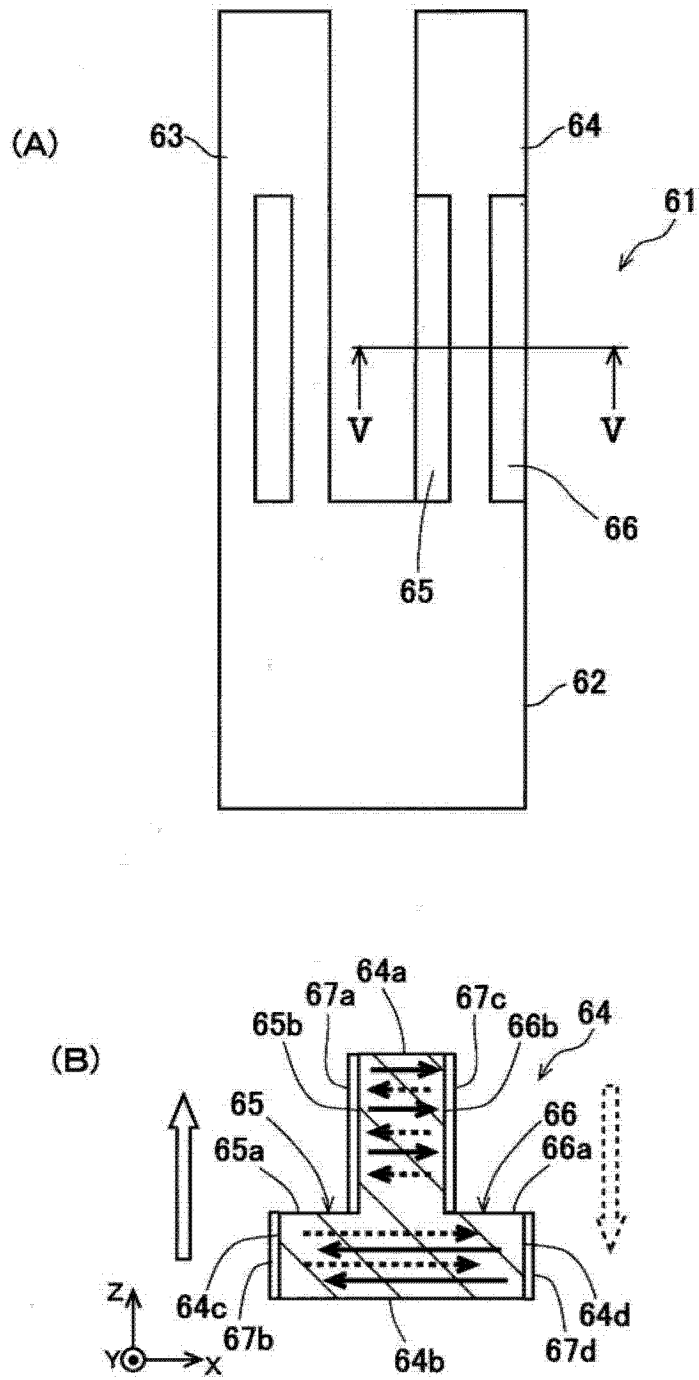


图 5

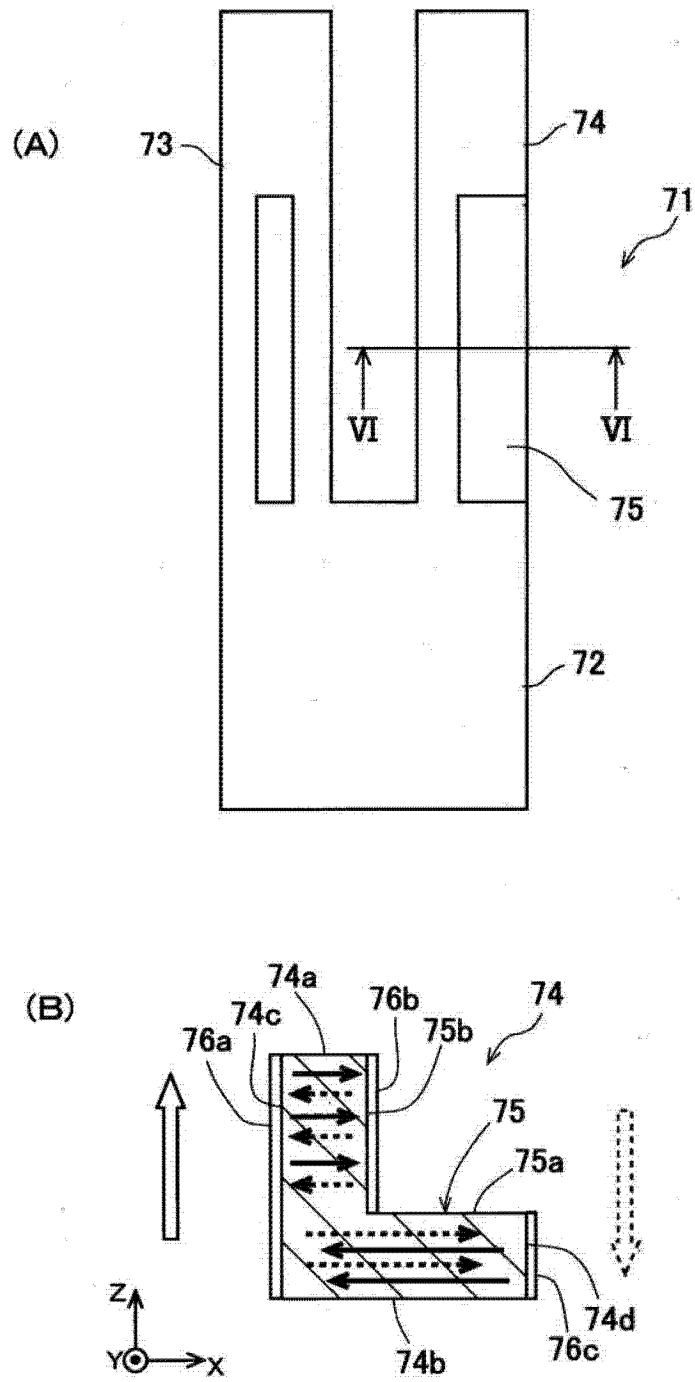


图 6



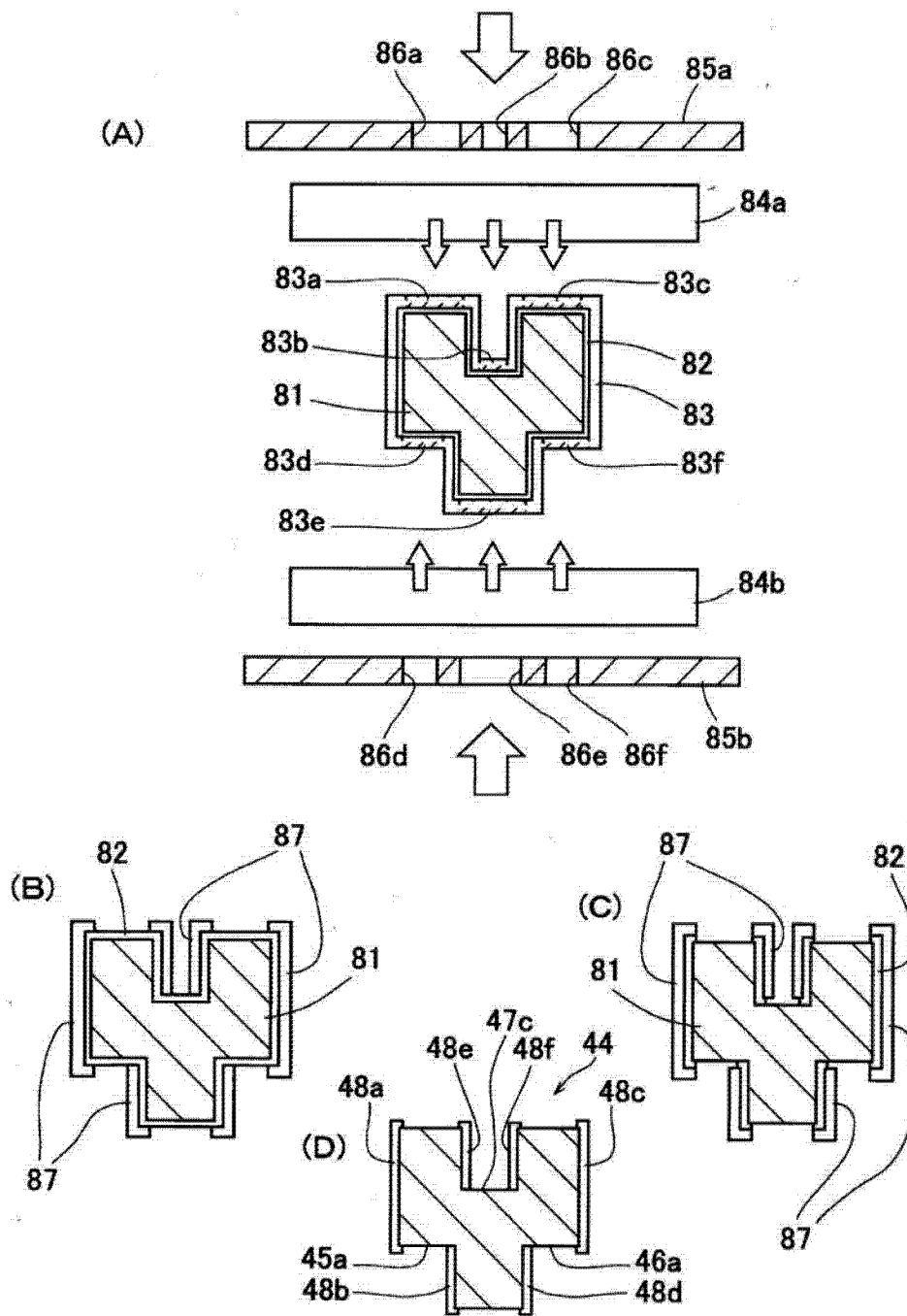


图 7

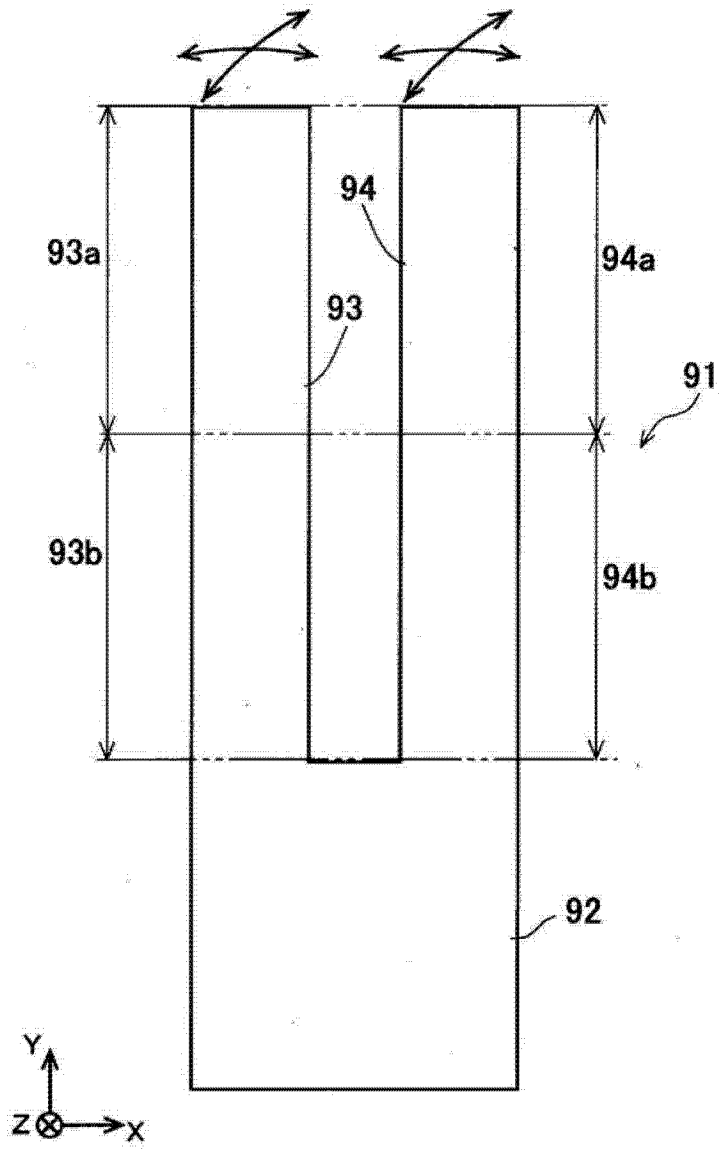


图 8

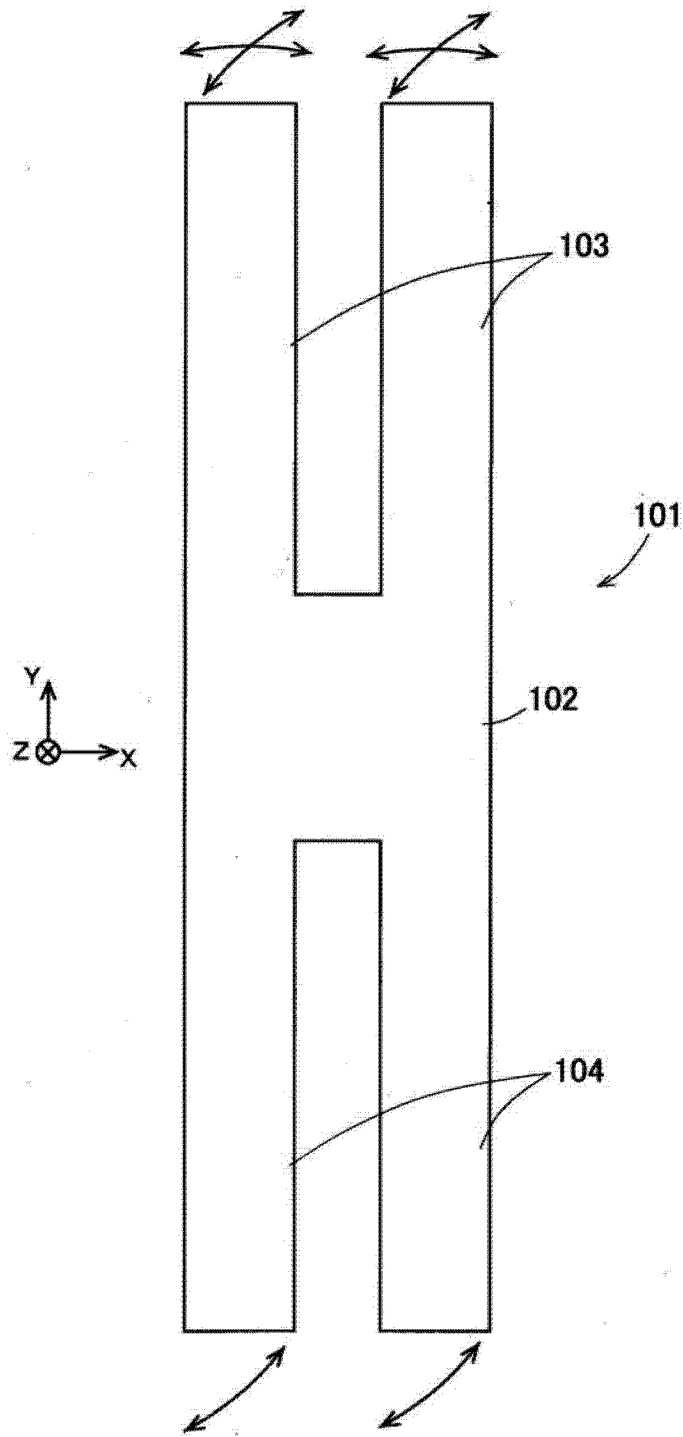


图 9

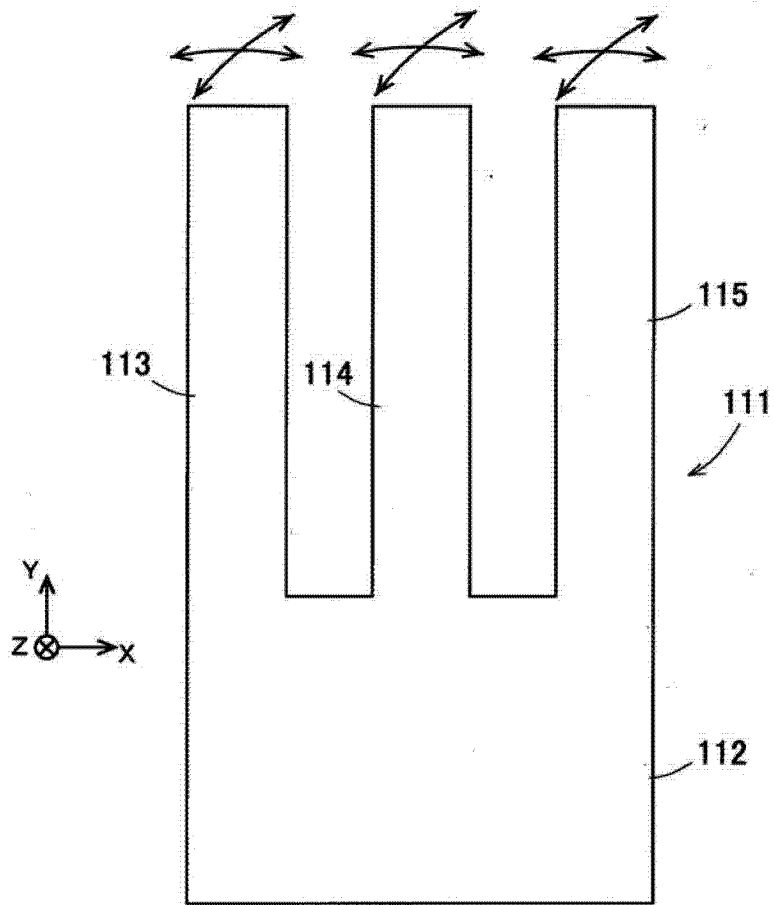


图 10

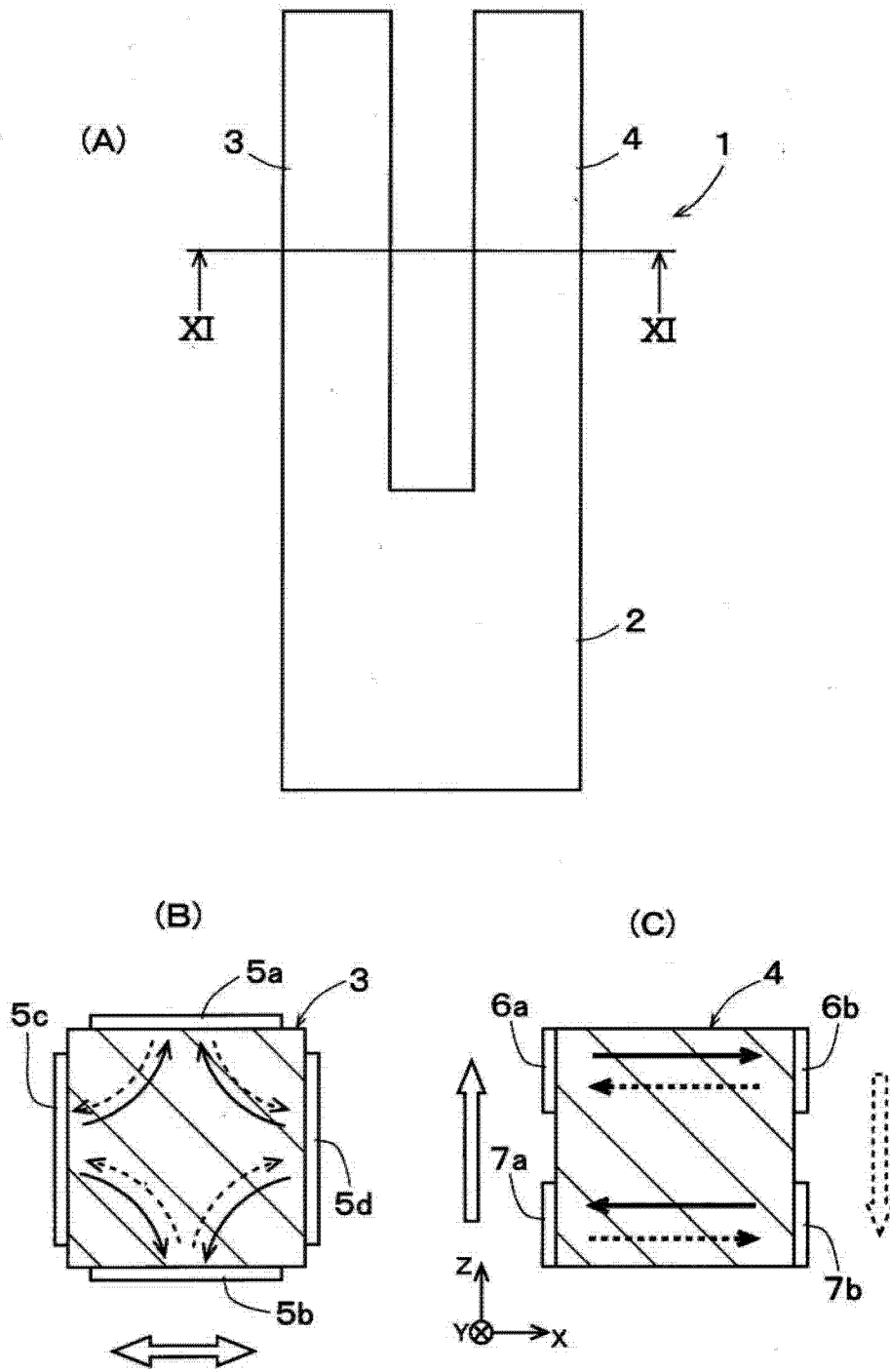


图 11

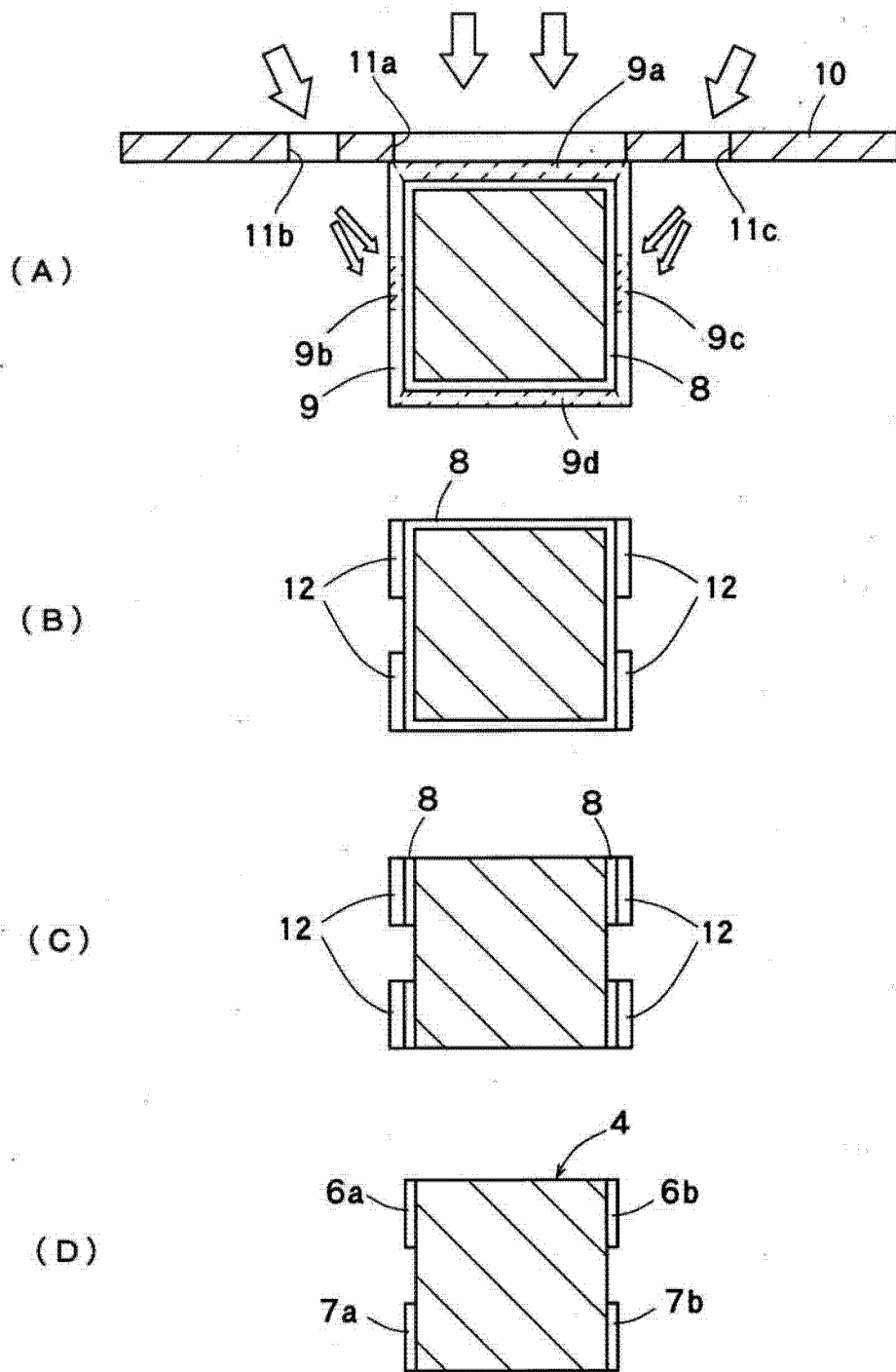


图 12