



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102025341 B

(45) 授权公告日 2014. 01. 01

(21) 申请号 201010277937. 5

(22) 申请日 2010. 09. 08

(30) 优先权数据

2009-210156 2009. 09. 11 JP

2010-155488 2010. 07. 08 JP

(73) 专利权人 精工爱普生株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 山田明法 古畑诚

(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 李辉 马建军

(51) Int. Cl.

H03H 9/21(2006. 01)

H03H 9/15(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1652459 A, 2005. 08. 10, 全文.

CN 1665129 A, 2005. 09. 07, 全文.

审查员 苗伟

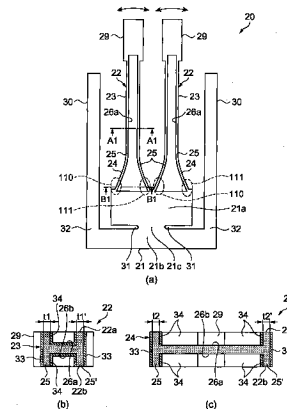
权利要求书2页 说明书18页 附图10页

(54) 发明名称

振动片、振子、振荡器及电子设备

(57) 摘要

本发明提供一种可在确保耐冲击性的同时抑制Q值下降的振动片、振子、振荡器及电子设备。压电振动片具有所谓音叉型的外形，具有基部、和从基部的一端侧分成两股并列地延伸的一对振动臂。各振动臂具有：窄幅部，其是振动臂的两个侧面之间的宽度较窄的部分；宽幅部，在与基部连接的根部部分，从窄幅部朝向基部侧，两个侧面之间的宽度逐渐变宽，并在与基部的连接根部成为最大宽度。在各振动臂的两个主面沿着长度方向设有有底的长槽。各长槽形成为宽幅部的堤岸部(25)的宽度(t2)与堤岸部(25')的宽度(t2')之和，比窄幅部的堤岸部(25)的宽度(t1)与堤岸部(25')的宽度(t1')之和小。



1. 一种振动片,其特征在于,

所述振动片具有基部、和从所述基部沿第 1 方向延伸的振动臂,

所述振动臂具有:第 1 面;第 2 面,其与该第 1 面相对;第 1 侧面,其将所述第 1 面和所述第 2 面连接,并沿所述第 1 方向延伸;以及第 2 侧面,其与该第 1 侧面相对,

所述振动臂具有:第 1 宽度部,其设置在所述振动臂的中央部且具有第 1 宽度;以及第 2 宽度部,其设于所述振动臂的根部,而且具有比所述第 1 宽度大的第 2 宽度,

所述振动臂具有槽部,该槽部设于所述第 1 面和所述第 2 面的至少一方,而且沿所述第 1 方向延伸,所述第 2 宽度部中的所述槽部的宽度比所述第 1 宽度部中的所述槽部的宽度大,

所述第 2 宽度部中的所述槽部与所述第 1 侧面之间的宽度以及所述槽部与所述第 2 侧面之间的宽度之和,比所述第 1 宽度部中的所述槽部与所述第 1 侧面之间的宽度以及所述槽部与所述第 2 侧面之间的宽度之和小。

2. 根据权利要求 1 所述的振动片,其特征在于,在所述第 1 面和所述第 2 面的至少一方设有多个所述槽部。

3. 一种振动片,其特征在于,

所述振动片具有基部、和从所述基部沿第 1 方向延伸的振动臂,

所述振动臂具有:第 1 面;第 2 面,其与该第 1 面相对;第 1 侧面,其将所述第 1 面和所述第 2 面连接,并沿所述第 1 方向延伸;以及第 2 侧面,其与该第 1 侧面相对,

所述振动臂具有:第 1 宽度部,其设置在所述振动臂的中央部且具有第 1 宽度;以及第 2 宽度部,其设于所述振动臂的根部,而且具有比所述第 1 宽度大的第 2 宽度,

所述振动臂具有设于所述第 1 面的第 1 槽部以及设于所述第 2 面的第 2 槽部,所述第 1 槽部和所述第 2 槽部沿所述第 1 方向延伸,

在从所述第 1 面的法线方向观察的平面视图中,所述第 1 槽部和所述第 2 槽部沿与所述第 1 方向正交的方向排列,

所述第 1 槽部的第 1 深度和所述第 2 槽部的第 2 深度都比所述第 1 面与所述第 2 面之间的所述法线方向的距离小,而且所述第 1 深度与所述第 2 深度之和比所述距离大,

所述第 2 宽度部中的所述第 1 槽部的宽度比所述第 1 宽度部中的所述第 1 槽部的宽度大,或者所述第 2 宽度部中的所述第 2 槽部的宽度比所述第 1 宽度部中的所述第 2 槽部的宽度大。

4. 根据权利要求 3 所述的振动片,其特征在于,

所述第 1 侧面位于所述第 1 槽部侧,所述第 2 侧面位于所述第 2 槽部侧,

所述第 2 宽度部中的所述第 1 槽部与所述第 1 侧面之间的宽度以及所述第 2 槽部与所述第 2 侧面之间的宽度之和,比所述第 1 宽度部中的所述第 1 槽部与所述第 1 侧面之间的宽度以及所述第 2 槽部与所述第 2 侧面之间的宽度之和小。

5. 根据权利要求 3 或 4 所述的振动片,其特征在于,在所述第 1 面和所述第 2 面的至少一方设有多个所述第 1 槽部或者所述第 2 槽部。

6. 一种振子,其特征在于,所述振子包括权利要求 1 ~ 5 中的任意一项所述的振动片、和收纳所述振动片的封装体。

7. 一种振荡器,其特征在于,所述振荡器包括权利要求 1 ~ 5 中的任意一项所述的振动

片、和与所述振动片连接的振荡电路。

8. 一种电子设备,其特征在于,所述电子设备使用了权利要求1~5中的任意一项所述的振动片。

振动片、振子、振荡器及电子设备

技术领域

[0001] 本发明涉及例如以弯曲振动模式振动的振动片、使用该振动片的振子、振荡器及电子设备等。

背景技术

[0002] 以往,以弯曲振动模式振动的振动片广泛采用音叉型弯曲振动片,例如,使一对振动臂从由石英之类的压电材料构成的基材的基部平行地延伸,而且使之在沿水平方向相互接近或者离开的朝向振动。

[0003] 在激励该音叉型弯曲振动片的振动臂时,如果其振动能量产生损失,则成为晶体阻抗(CI: crystal impedance)值增大或 Q 值降低等致使振动片的性能下降的原因。因此,为了防止或者降低这种振动能量的损失进行了各种研究。

[0004] 例如,公知有一种音叉型石英振动片(例如参照专利文献 1、专利文献 2),在振动臂延伸的基部的两侧部形成切口部或者预定深度的切口(切口槽)。该音叉型石英振动片在振动臂的振动包括垂直方向的成分的情况下,利用切口来缓和振动从基部流失,由此,提高振动能量的封闭效果来控制 Q 值,而且防止振动片之间的 Q 值的偏差。

[0005] 并且,在振动片中,不仅仅是上述的机械式振动能量的损失,而且由于因在弯曲运动的振动臂的压缩应力作用的压缩部和拉伸应力作用的拉伸部之间产生的温度差而形成的热传递,产生振动能量的损失。这种由于热传递而产生的 Q 值的降低,被称为热弹性损失效应。

[0006] 为了防止或者抑制因热弹性损失效应(以下也简称为热弹性损失)而造成的 Q 值的降低,例如专利文献 3 介绍了一种音叉型振动片,该振动片在具有矩形断面的振动臂(振动梁)的中心线上形成槽或者孔。

[0007] 根据专利文献 3 说明如下,根据一般在由于温度差而产生的固体的内部摩擦的情况下众所周知的变形与应力的关系式,热弹性损失在弯曲振动模式的振动片中,在振动数变化时, Q 值根据缓和振动数 $f_m = 1 / (2 \pi \tau)$ (其中, τ 表示缓和时间)而达到极小。

[0008] 这种 Q 值与频率的关系一般可以表示为图 11 的曲线 F。在该图中, Q 值达到极小 Q_0 的频率是热缓和频率 $f_0 (= 1 / (2 \pi \tau))$,即,热缓和频率 f_0 与上述缓和振动数 f_m 相同(例如参照非专利文献 1)。

[0009] 参照附图具体说明专利文献 3 记述的音叉型石英振动片。

[0010] 图 10 是示意地表示作为现行振动片的典型示例的音叉型石英振动片的俯视图。

[0011] 在图 10 中,专利文献 3 的音叉型石英振动片 1 具有从基部 2 延伸的两个平行的振动臂 3、4,在各个振动臂 3、4 的中心线上设有直线状的有底的长槽 6、7。在向该音叉型石英振动片 1 的未图示的激励电极施加预定的驱动电压时,振动臂 3、4 按照图中的假想线(双点划线)及箭头所示,在相互接近或者离开的朝向上进行弯曲振动。

[0012] 通过该弯曲振动,音叉型石英振动片 1 在各个振动臂 3、4 的与基部 2 的连接根部的区域产生机械变形。即,在振动臂 3 的与基部 2 的连接根部存在通过弯曲振动使得压缩

应力或者拉伸应力作用的第 1 区域 10, 以及具有如下关系的第 2 区域 11, 所述关系是指在压缩应力作用于该第 1 区域 10 的情况下在第 2 区域 11 中拉伸应力作用, 在拉伸应力作用于该第 1 区域 10 的情况下在第 2 区域 11 中压缩应力作用。在第 1 区域 10 及第 2 区域 11 中, 在压缩应力作用时温度上升, 在拉伸应力作用时温度下降。

[0013] 同样, 在振动臂 4 的与基部 2 的连接根部存在通过弯曲振动使得压缩应力或者拉伸应力作用的第 1 区域 12, 以及具有如下关系的第 2 区域 13, 所述关系是指在压缩应力作用于该第 1 区域 12 的情况下在第 2 区域 13 中拉伸应力作用, 在拉伸应力作用于该第 1 区域 12 的情况下在第 2 区域 13 中压缩应力作用。在第 1 区域 12 及第 2 区域 13 中, 在压缩应力作用时温度上升, 在拉伸应力作用时温度下降。

[0014] 根据这样产生的温度梯度, 在基部 2 与各个振动臂 3、4 的连接根部的内部, 在第 1 区域 10 与第 2 区域 11 之间以及第 1 区域 12 与第 2 区域 13 之间分别产生热传递。该温度梯度与各个振动臂 3、4 的弯曲振动对应地产生于相反方向, 与此对应, 热传递也是相反方向。

[0015] 由于这种热传递, 振动臂 3、4 的振动能量的一部分在振动过程中始终作为热弹性损失而流失, 结果, 音叉型石英振动片 1 的 Q 值下降, 很难确保预期的振动特性。

[0016] 在专利文献 3 的音叉型石英振动片 1 中, 利用在各个振动臂 3、4 的中心线上设置的长槽 6、7 来阻止从压缩侧向拉伸侧的热量移动, 由此能够防止或者减轻由于热弹性损失而造成的 Q 值的下降。

[0017] 可是, 安装了具有振动片的振动器件的各种产品, 例如 HDD (硬盘驱动器)、移动电脑、或者 IC 卡等小型信息设备、和手机、车载电话或传呼系统等移动体通信设备、和振动陀螺仪传感器等, 近年来正在日益推进小型化。随之, 对安装在这些产品中的振动器件(振子或振荡器等)、以及收纳在振动器件中的振动片的小型化的要求日益强烈。

[0018] 关于振动片的小型化, 需要考虑由于振动片的各个部分变小或者变细而造成的机械强度下降的问题。尤其是在振动片振动时应力集中的振动臂的与基部的连接根部附近的刚性不能确保一定水平以上时, 针对振动的应力或落下时的冲击等的耐冲击性不足, 有可能导致振动片破损。

[0019] 关于在确保使这种耐冲击性为一定水平以上的基础上, 实现上述的机械及热的振动能量损失的减轻, 而且能够实现小型化的振动片, 例如专利文献 4 介绍了对形成于振动臂的长槽的形状进行了研究的振动片。

[0020] 专利文献 4 记述的振动片(压电振动片) 具有例如由石英构成的基部、和从该基部相互平行地延伸的一对振动臂。在基部下, 如其两个主面变细的形状所示, 沿着一条直线在相对方向形成有一对切口。

[0021] 并且, 在各个振动臂设有沿该振动臂的长度方向延伸的有底的长槽。该长槽形成在振动臂的与基部的连接根部附近槽宽变小, 随着朝向振动臂的前端侧, 槽宽逐渐变大。

[0022] 因此, 上述振动片在振动臂的与基部的连接根部的长槽形成区域中, 形成于从长槽的长度方向的两侧壁到振动臂的两侧面之间的堤岸部的宽度是振动臂的基部侧比前端侧宽, 由此刚性增强。

[0023] 因此, 上述振动片通过增强振动臂的与基部的连接根部的刚性来提高耐冲击性, 同时利用长槽和切口抑制 CI 值, 而且能够在抑制 Q 值的下降的同时实现小型化, 而不会使

振动特性恶化。

[0024] 【专利文献】

[0025] 【专利文献 1】日本特开 2002 - 261575 号公报

[0026] 【专利文献 2】日本特开 2004 - 260718 号公报

[0027] 【专利文献 3】日本实开平 2 - 32229 号公报

[0028] 【专利文献 4】日本特开 2005 - 341251 号公报

[0029] 【非专利文献】

[0030] 【非专利文献 1】C.Zener 等三人, [Internal Friction in Solids III. Experimental Demonstration of Thermoelastic Internal Friction], PHYSICAL REVIEW, 1938 年 1 月 1 日, Volume53, p. 10-101

[0031] 但是, 在专利文献 4 记述的振动片中, 设于振动臂的长槽具有宽度从振动臂的前端侧朝向基部侧逐渐变狭的形状, 因而在振动臂的长度方向形成的堤岸部的宽度在振动臂的与基部的连接根部附近变宽。

[0032] 由此, 上述振动片在上述振动臂振动时, 成为从压缩侧(高温侧) 向拉伸侧(低温侧) 的热量移动的热传递路径的基材的壁厚增加, 热传递时间变短, 热缓和被促进, 因而存在热弹性损失增大而 Q 值下降, 振动特性有可能恶化的问题。

发明内容

[0033] 本发明正是为了解决上述课题的至少一部分而提出的, 能够作为如下的形式或者适用例来实现。

[0034] [适用例 1] 本适用例的振动片的特征在于, 所述振动片具有基部、和从所述基部延伸的振动臂, 所述振动臂具有该振动臂的两个主面、以及将所述两个主面连接并沿长度方向延伸的两个侧面, 所述振动臂还具有: 窄幅部; 宽幅部, 从所述窄幅部朝向所述基部侧, 所述两个侧面之间的宽度逐渐变宽, 并在与所述基部的连接根部成为最大宽度; 以及有底的长槽, 其被设置成为沿着所述振动臂的长度方向在所述两个主面的至少一个主面上具有开口部, 所述宽幅部中的所述长槽的所述开口部的宽度形成为从所述振动臂的前端侧朝向所述基部侧逐渐变宽。

[0035] 根据这种结构, 振动片在振动臂具有宽度朝向基部侧逐渐变宽而形成的宽幅部, 并且设有宽度沿着该宽幅部朝向基部侧逐渐变宽而形成的有底的长槽。

[0036] 由此, 振动片与长槽被设置成为从窄幅部朝向基部是相同宽度的构造、和没有长槽的构造相比, 成为热传递路径的基材的壁厚减小, 因而在振动时从压缩侧(高温侧) 向拉伸侧(低温侧) 的热传递路径通过长槽而迂回变长, 热传递时间变长。

[0037] 因此, 振动片利用振动臂的宽幅部来提高与基部的连接根部附近的刚性, 由此耐冲击性提高, 并且抑制热弹性损失来抑制 Q 值的下降, 能够具有良好的振动特性。

[0038] 另外, 作为另一个对应方式的特征在于, 所述振动片具有基部、和从所述基部沿第 1 方向延伸的振动臂, 所述振动臂具有: 第 1 面; 第 2 面, 其与该第 1 面相对; 第 1 侧面, 其将所述第 1 面和所述第 2 面连接, 并沿所述第 1 方向延伸; 以及第 2 侧面, 其与该第 1 侧面相对, 所述振动臂具有: 第 1 宽度部, 其设置在所述振动臂的中央部且具有第 1 宽度; 以及第 2 宽度部, 其设于所述振动臂的根部, 而且具有比所述第 1 宽度大的第 2 宽度, 所述振动臂

具有槽部,该槽部设于所述第 1 面和所述第 2 面的至少一方,而且沿所述第 1 方向延伸,所述第 2 宽度部中的所述槽部的宽度比所述第 1 宽度部中的所述槽部的宽度大,所述第 2 宽度部中的所述槽部与所述第 1 侧面之间的宽度以及所述槽部与所述第 2 侧面之间的宽度之和,比所述第 1 宽度部中的所述槽部与所述第 1 侧面之间的宽度以及所述槽部与所述第 2 侧面之间的宽度之和小。

[0039] 根据这种结构,振动片在振动臂具有:第 1 宽度部,其具有第 1 宽度;第 2 宽度部,其设于基部侧,而且具有比第 1 宽度大的第 2 宽度;以及槽部,其设于第 1 面和第 2 面的至少一方,而且沿第 1 方向延伸。

[0040] 并且,存在下述关系,即,第 2 宽度部中的槽部的宽度比第 1 宽度部中的槽部的宽度大,第 2 宽度部中的槽部与第 1 侧面之间的宽度以及槽部与第 2 侧面之间的宽度之和,比第 1 宽度部中的槽部与第 1 侧面之间的宽度以及槽部与第 2 侧面之间的宽度之和小。

[0041] 由此,振动片与现行构造相比,成为热传递路径的基材的壁厚减小,因而在振动时从压缩侧(高温侧)向拉伸侧(低温侧)的热传递路径通过槽部而迂回变长,结果,热传递时间变长。

[0042] 因此,振动片利用振动臂的第 2 宽度部提高与基部的连接根部附近的刚性,由此耐冲击性提高,并且抑制热弹性损失来抑制 Q 值的下降,能够具有良好的振动特性。

[0043] [适用例 2] 适用例 2 的特征在于,在上述适用例的振动片中,在所述第 1 面和所述第 2 面的至少一方设有多个所述槽部。

[0044] 根据这种结构,振动片利用设于第 1 面和第 2 面的至少一方的多个槽部使热传递路径变长,由此抑制因热弹性效应而造成的 Q 值的下降。

[0045] 此外,振动片与在振动臂的第 1 面和第 2 面分别设置具有一个开口部的槽部时相比,通过在第 1 面和第 2 面的至少一个面设置多个槽部,形成于该一个面中央的堤岸部(槽部与槽部之间的壁部分)作为棱发挥作用,由此即使振动臂的两个侧面(第 1 侧面和第 2 侧面)侧的堤岸部(槽部与各个侧面之间的壁部分)的宽度变细,也能够确保振动臂具有足够的刚性。

[0046] [适用例 3] 本适用例的振动片的特征在于,所述振动片具有基部、和从所述基部沿第 1 方向延伸的振动臂,所述振动臂具有:第 1 面;第 2 面,其与该第 1 面相对;第 1 侧面,其将所述第 1 面和所述第 2 面连接,并沿所述第 1 方向延伸;以及第 2 侧面,其与该第 1 侧面相对,所述振动臂具有:第 1 宽度部,其设置在所述振动臂的中央部且具有第 1 宽度;以及第 2 宽度部,其设于所述振动臂的根部,而且具有比所述第 1 宽度大的第 2 宽度,所述振动臂具有设于所述第 1 面的第 1 槽部以及设于所述第 2 面的第 2 槽部,所述第 1 槽部和所述第 2 槽部沿所述第 1 方向延伸,在从所述第 1 面的法线方向观察的平面视图中,所述第 1 槽部和所述第 2 槽部沿与所述第 1 方向正交的方向排列,所述第 1 槽部的第 1 深度和所述第 2 槽部的第 2 深度都比所述第 1 面与所述第 2 面之间的所述法线方向的距离小,而且所述第 1 深度与所述第 2 深度之和比所述距离大,所述第 2 宽度部中的所述第 1 槽部的宽度比所述第 1 宽度部中的所述第 1 槽部的宽度大,或者所述第 2 宽度部中的所述第 2 槽部的宽度比所述第 1 宽度部中的所述第 2 槽部的宽度大。

[0047] 根据这种结构,振动片的振动臂的断面大致呈 S 状,因而形成了热迂回的距离变长的热传递路径。因此,振动片利用振动臂的第 2 宽度部提高与基部的连接根部附近的刚

性,由此耐冲击性提高,并且热缓和时间 τ 更长,因而能够实现 Q 值的明显提高,并具有良好的振动特性。

[0048] [适用例 4] 适用例 4 的特征在于,在上述适用例 3 的振动片中,所述第 1 侧面位于所述第 1 槽部侧,所述第 2 侧面位于所述第 2 槽部侧,所述第 2 宽度部中的所述第 1 槽部与所述第 1 侧面之间的宽度以及所述第 2 槽部与所述第 2 侧面之间的宽度之和,比所述第 1 宽度部中的所述第 1 槽部与所述第 1 侧面之间的宽度以及所述第 2 槽部与所述第 2 侧面之间的宽度之和小。

[0049] 根据这种结构,振动片通过使振动臂的第 2 宽度部的堤岸部(各个槽部与接近各个槽部的侧面之间的壁部分)比第 1 宽度部的堤岸部薄,热缓和时间 τ 更长,因而能够抑制 Q 值的下降,并具有良好的振动特性。

[0050] [适用例 5] 适用例 5 的特征在于,在上述适用例 3 或 4 的振动片中,在所述第 1 面和所述第 2 面的至少一方设有多个所述第 1 槽部或者所述第 2 槽部。

[0051] 根据这种结构,振动片使振动臂更薄,并且使振动臂的断面呈 M 状(W 状)等,因而能够形成热迂回的距离更长的热传递路径。

[0052] 因此,振动片能够实现 Q 值的明显提高,并具有良好的振动特性。

[0053] [适用例 6] 适用例 6 的特征在于,在上述适用例的振动片中,在所述振动臂的前端侧具有宽度比所述窄幅部宽的锤部。

[0054] 根据这种结构,振动片使振动臂的前端侧的、宽度比窄幅部宽的锤部发挥锤的作用,因而能够降低频率而不会增加振动臂的长度。

[0055] 另外,作为另一个对应方式的特征在于,在振动片中,在所述振动臂的前端部设置锤部。

[0056] 根据这种结构,振动片使振动臂的前端部的锤部发挥锤的作用,因而能够降低频率而不会增加振动臂的长度。

[0057] [适用例 7] 适用例 7 的特征在于,在上述适用例 6 的振动片中,所述振动臂的与所述基部的连接根部的宽度比所述锤部的宽度宽。

[0058] 根据这种结构,振动片通过增强振动臂的与基部的连接根部附近的刚性,能够抑制因设置锤部而造成的振动臂的耐冲击性等恶化,并实现高次谐波振动的降低和通常振动的低频化。

[0059] [适用例 8] 适用例 8 的特征在于,在上述适用例的振动片中,具有从所述基部相互平行地延伸的两个所述振动臂,并设置成为支撑臂从所述基部的所述多个振动臂之间与所述振动臂平行地延伸。

[0060] 根据这种结构,除了振动臂的宽幅部中的长槽的特征形状带来的热弹性损失抑制效果以外,振动片通过在一对振动臂之间设置支撑臂,能够抑制振动片的动作参数的变化,这种变化是由于在各个振动臂振动时,尤其是各个振动臂朝向相互接近的方向振动时,各个振动臂之间的空气被搅乱而产生的。

[0061] 并且,振动片能够防止在把基部作为支撑部支撑 / 固定在封装体等上时产生的各种不良,例如振动片的前端向下倾斜而接触封装体等,并且能够避免由于对封装体的冲击通过基部直接传递给振动臂而产生的动作异常等,因而能够获得稳定的振动特性。

[0062] 另外,作为另一个对应方式的特征在于,在振动片中具有从所述基部并列地延伸

的两个所述振动臂,设置成为支撑臂从所述基部的所述多个振动臂之间延伸。

[0063] 根据这种结构,振动片与上述情况相同,通过在一对振动臂之间设置支撑臂,能够抑制振动片的动作参数的变化,这种变化是由于在各个振动臂振动时各个振动臂之间的空气被搅乱而产生的。

[0064] 此外,振动片通过将支撑臂支撑/固定在封装体等上,能够避免振动臂的前端与封装体的接触,缓和来自封装体的冲击等,能够获得稳定的振动特性。

[0065] [适用例 9] 适用例 9 的特征在于,在上述适用例的振动片中,振动片是利用石英形成的石英振动片。

[0066] 根据这种结构,振动片能够利用石英的特性来提高耐冲击性,并且抑制因热弹性损失而造成的 Q 值的下降,并具有良好的振动特性。

[0067] [适用例 10] 本适用例的振子的特征在于,该振子包括上述适用例 1~9 中的任意一个适用例所述的振动片、和收纳所述振动片的封装体。

[0068] 根据这种结构,能够提供发挥上述适用例 1~9 中的任意一个适用例所述的效果的振子。

[0069] [适用例 11] 本适用例的振荡器的特征在于,该振荡器包括上述适用例 1~9 中的任意一个适用例所述的振动片、和与所述振动片连接的振荡电路。

[0070] 根据这种结构,能够提供发挥上述适用例 1~9 中的任意一个适用例所述的效果的振荡器。

[0071] [适用例 12] 本适用例的电子设备的特征在于,该电子设备使用了上述适用例 1~9 中的任意一个适用例所述的振动片。

[0072] 根据这种结构,能够提供发挥上述适用例 1~9 中的任意一个适用例所述的效果的电子设备。

附图说明

[0073] 图 1 (a) 是示意地说明作为振动片的压电振动片的一个实施方式的一个主面侧的俯视图,(b) 是表示沿(a)中的 A1 - A1 线断面的断面放大图,(c) 是表示沿(a)中的 B1 - B1 线断面的断面放大图。

[0074] 图 2 (a) 是示意地说明压电振动片的变形例 1 的一个主面侧的俯视图,(b) 是表示沿(a)中的 A2 - A2 线断面的断面放大图,(c) 是表示沿(a)中的 B2 - B2 线断面的断面放大图。

[0075] 图 3 是表示弯曲振动片的 Q 值的 f/f_m 依赖性的曲线图。

[0076] 图 4 (a) 是示意地说明压电振动片的变形例 2 的第一个示例的一个主面侧的俯视图,(b) 是表示沿(a)中的 A4 - A4 线断面的断面放大图,(c) 是表示沿(a)中的 B4 - B4 线断面的断面放大图。

[0077] 图 5 (a) 是示意地说明压电振动片的变形例 2 的第二个示例的一个主面侧的俯视图,(b) 是表示沿(a)中的 A3 - A3 线断面的断面放大图,(c) 是表示沿(a)中的 B3 - B3 线断面的断面放大图。

[0078] 图 6 是示意地说明变形例 3 的压电振动片的一个主面侧的俯视图。

[0079] 图 7 是表示振子的结构概况的示意图,(a) 是俯视图,(b) 是沿(a)中的 C - C 线

的剖面图。

[0080] 图 8 是表示振荡器的结构概况的示意图,(a) 是俯视图,(b) 是沿(a) 中的 D—D 线的剖面图。

[0081] 图 9 是表示电子设备的一例的示意立体图。

[0082] 图 10 是示意地表示现有的振动片的典型示例的俯视图。

[0083] 图 11 是表示弯曲振动模式的振动片的缓和频率与 Q 值的极小值的关系的曲线图。

[0084] 标号说明

[0085] 1 作为(现有的)振动片的音叉型石英振动片;2、21、121 基部;3、4、22、122 振动臂;22a、122a 第 1 面(一个主面);22b、122b 第 2 面(另一个主面);6、7、26a、26b、86a~86d、126a 长槽(槽部);46a 第 1 槽部;46b 第 2 槽部;66a、66c 长槽(第 1 槽部);66b 长槽(第 2 槽部);10、12、110 第 1 区域;11、13、111 第 2 区域;20、40、60、80、100 作为振动片的压电振动片;21a 基部的第 1 部分;21b 基部的第 2 部分;21c 基部的连接部分;23、123 窄幅部(第 1 宽度部);24、124 宽幅部(第 2 宽度部);25、45、65、85、125 堤岸部;29、129 锤部;30 支撑臂;31 切口;32 弯曲部;33、34、43、44、63、64、83、84 激励电极;130 作为支撑臂的中央支撑臂;280 封装体;281 封装体基座;282 调整环;283 外部连接端子;284 导电性粘接剂;285 盖体;286 贯通孔;287 密封部件;288 连接焊盘;291 作为振荡电路的 IC 芯片;292 金属线;500 振子;600 振荡器;700 作为电子设备的手表;701 液晶显示装置;702 操作按钮;703 听筒口;704 讲话口;d1 第 1 深度;d2 第 2 深度;t 第 1 面与第 2 面之间的距离;t1(窄幅部的堤岸部的)宽度;t2(宽幅部的堤岸部的)宽度。

具体实施方式

[0086] 下面,参照附图说明具体实现本发明的振动片的一个实施方式。

[0087] 图 1 用于示意地说明作为本实施方式的振动片的压电振动片,(a) 是一个主面侧的俯视图,(b) 是表示沿(a) 中的 A1—A1 线断面的断面放大图,(c) 是表示沿(a) 中的 B1—B1 线断面的断面放大图。

[0088] 在图 1(a) 中,压电振动片 20 由石英、钽酸锂、铌酸锂等压电材料构成。

[0089] 在利用石英构成压电振动片 20 的情况下,石英晶片采用在包括 X 轴、Y 轴及 Z 轴的直角坐标系中,将在 0 度~5 度的范围内以 Z 轴为中心顺时针地旋转而切取的石英 Z 板切割成预定的厚度,并研磨加工而得到的晶片。

[0090] 本实施方式的压电振动片 20 形成为具有音叉型的外形,具有:基部 21,其通过加工该石英 Z 板而形成;以及一对振动臂 22,其从该基部 21 的一端侧(在图中指上端侧)分成两股并沿第 1 方向并列延伸。

[0091] 在基部 21 上,如其两个主面变细的形状所示,沿着一条直线在相对方向形成有一对切口 31。基部 21 包括隔着一对切口 31 位于两侧的第 1 部分 21a 和第 2 部分 21b,以及在一对切口 31 之间将第 1 部分 21a 和第 2 部分 21b 连接的连接部分 21c。

[0092] 在本实施方式的压电振动片 20 中,各个振动臂 22 的振动的传递被该切口 31 切断,因而能够抑制振动通过基部 21 和支撑臂 30 传递到外部的振动流失,并防止 CI 值的上升。

[0093] 另外,优选在确保针对压电振动片 20 落下的强度的基础上,将各个切口 31 调整为

最佳的宽度和长度,使振动流失达到最小。

[0094] 如图 1 (a)所示,一对振动臂 22 从基部 21 的第 1 部分 21a 与两个主面(纸面上的跟前侧和里侧的面)平行地延伸。并且,各个振动臂 22 具有:作为一个主面的第 1 面 22a;作为另一个主面的与第 1 面 22a 相对的第 2 面 22b;以及将第 1 面 22a 和第 2 面 22b 连接并沿第 1 方向延伸的两个侧面(第 1 侧面、第 2 侧面)。

[0095] 各个振动臂 22 在其中央部具有窄幅部(第 1 宽度部) 23,其是在振动臂 22 中两个侧面之间的宽度比较窄(第 1 宽度)的部分。并且,各个振动臂 22 具有宽幅部(第 2 宽度部) 24,其是在与基部 21 连接的根部部分,从窄幅部 23 朝向基部 21 侧,两个侧面之间的宽度逐渐变宽(第 2 宽度),并在与基部 21 的连接根部成为宽幅(这里,具有第 2 宽度 > 第 1 宽度的关系)。另外,在各个振动臂 22 的前端侧设有宽度比窄幅部 23 宽的锤部 29。

[0096] 这样,压电振动片 20 由于各个振动臂 22 具有宽幅部 24,以较宽的宽度与基部 21 连接,因而刚性提高,耐冲击性等提高。另外,在图 1 中示出了宽幅部(第 2 宽度部)24 的宽度连续地逐渐变宽的形状,但宽幅部(第 2 宽度部) 24 也可以是不连续地变宽的形状(例如阶梯状等)。

[0097] 并且,压电振动片 20 由于各个振动臂 22 在前端部具有锤部 29,前端部分发挥锤的作用,因而能够降低频率而不会增加振动臂 22 的长度。

[0098] 另外,在本实施方式中,各个振动臂 22 的与基部 21 的连接根部的宽度(宽幅部 24 的最宽部分的宽度)形成为比锤部 29 的宽度宽。

[0099] 由此,压电振动片 20 通过增强振动臂 22 的与基部 21 的连接根部附近的刚性,能够抑制因设置锤部 29 而造成的振动臂 22 的耐冲击性等恶化,并实现对高次谐波振动的抑制。

[0100] 并且,在本实施方式中,图示了振动臂 22 的窄幅部 23 在振动臂 22 的中央部以固定长度具有相等宽度的结构,但不限于此,窄幅部 23 也可以形成为锥状。

[0101] 例如,压电振动片 20 通过使从振动臂 22 的宽幅部 24 延伸的窄幅部 23 形成为朝向振动臂 22 的前端逐渐变细的锥状,能够使振动臂 22 容易振动。

[0102] 如图 1 (a)所示,在各个振动臂 22 的第 1 面 22a 沿着振动臂 22 的长度方向设有一个有底的长槽(槽部)26a。并且,如图 1 (b)所示,在各个振动臂 22 的第 2 面 22b 沿着振动臂 22 的长度方向设有一个有底的长槽(槽部) 26b。

[0103] 压电振动片 20 利用这样设于各个振动臂 22 的长槽 26a、26b 使刚性变小,由此能够抑制伴随小型化而形成的频率升高,在维持低频的同时实现小型化。

[0104] 此外,压电振动片 20 通过增大抑制起因于温度上升和温度下降的热流动的动作,能够降低热弹性损失并改善 Q 值,所述温度上升和温度下降是在位于振动臂 22 的两个侧面的堤岸部(长槽 26a、26b 与接近长槽 26a、26b 的侧面之间的壁部分) 25 产生的。

[0105] 另外,在本实施方式的振动臂 22 中,长槽 26a、26b 形成于使它们的一端侧(振动臂 22 的前端侧)跨越窄幅部 23 与锤部 29 的边界进入到锤部 29 的位置。

[0106] 这样,压电振动片 20 将在振动臂 22 振动时产生的应力集中的区域分散到振动臂 22 的延伸方向上,因而能够避免应力集中于振动臂 22 的锤部 29 的连接根部(窄幅部 23 与锤部 29 的边界)而破损等不良。

[0107] 与此相反,压电振动片 20 通过构成为将长槽 26a、26b 的一端侧(振动臂 22 的前端

侧)形成于相比窄幅部 23 与锤部 29 的边界更靠近基部 21 的位置,能够发挥以下效果。

[0108] 即,压电振动片 20 通过将在振动臂 22 振动时产生的应力集中的区域分散到振动臂 22 的延伸方向上,能够避免应力集中于振动臂 22 的锤部 29 的连接根部而破损等不良。

[0109] 此外,压电振动片 20 通过增大各个振动臂 22 中的锤部 29 的质量附加效应,能够实现低频化而不会增大尺寸。

[0110] 并且,压电振动片 20 为了不会由于向振动臂 22 的锤部 29 的连接根部的应力集中而产生破损等,例如,如果使振动臂 22 的一部分形成为从窄幅部 23 朝向锤部 29 变宽的锥状,则也可以使长槽 26a、26b 的一端侧(振动臂 22 的前端侧)位于窄幅部 23 与锤部 29 的边界。

[0111] 并且,在各个振动臂 22 中,长槽 26a、26b 在窄幅部 23 形成为与两个侧面平行的一条直线状,在宽幅部 24 形成为沿着该宽幅部 24 的两个侧面,朝向与基部 21 连接的根部逐渐在两个侧面方向变宽的形状。

[0112] 由此,抑制从各个振动臂 22 的长槽 26a、26b 的内壁到两个侧面的堤岸部 25 的宽度在宽幅部 24 的与基部 21 的连接根部附近变宽。

[0113] 在本实施方式中,各个长槽 26a、26b 形成为图 1(c)所示的振动臂 22 的宽幅部 24 的堤岸部 25 的宽度 t_2 与堤岸部 25' 的宽度 t_2' 之和,比窄幅部 23 的堤岸部 25 的宽度 t_1 与堤岸部 25' 的宽度 t_1' 之和小。

[0114] 压电振动片 20 具有从基部 21 的第 2 部分 21b 延伸的一对支撑臂 30。一对支撑臂 30 沿与一对振动臂 22 从基部 21 延伸的方向(第 1 方向)交叉的方向,相互向相反方向延伸,然后在弯曲部 32 沿一对振动臂 22 延伸的方向弯曲,并分别形成为 L 状、倒 L 状。

[0115] 支撑臂 30 通过这样弯曲来确保支撑长度,并实现小型化。支撑臂 30 在压电振动片 20 中是被安装在封装体(未图示)等上的部分。

[0116] 压电振动片 20 通过将支撑臂 30 安装在封装体等上,能够使振动臂 22 及基部 21 处于从封装体等的支撑面浮起的状态。

[0117] 压电振动片 20 在各个振动臂 22 的包括各个长槽 26a、26b 以及各振动臂的两个侧面的表面,形成有激励电极 33、34(参照图 1(b)和图 1(c))。

[0118] 压电振动片 20 在一个振动臂 22 中向激励电极 33、34 之间施加电压,使振动臂 22 的两个侧面伸缩,由此使振动臂 22 振动。

[0119] 激励电极 33、34 能够这样形成,在对石英进行蚀刻形成包括压电振动片 20 的长槽 26a、26b 的外形后,例如,把镍(Ni)或铬(Cr)作为基底层,在其上通过蒸镀或者溅射来形成例如金(Au)的电极层,然后利用光刻来图形化。另外,已知铬与石英的密合性高,金的电阻低且不易氧化。

[0120] 这里,说明本实施方式的压电振动片 20 动作时的热弹性损失的抑制效果。

[0121] 在图 1(a)中,对于压电振动片 20,在从作为与外部连接的激励单元的振荡电路(未图示)向激励电极 33、34(参照图 1(b))施加驱动电压时,各个振动臂 22 沿水平方向按照图中箭头所示朝向相互接近或者离开的方向进行振动。另外,本实施方式的压电振动片 20 以弯曲振动模式进行振动。

[0122] 通过该弯曲振动,在各个振动臂 22 的与基部 21 的连接根部的区域产生压缩应力和拉伸应力。具体地讲,在各个振动臂 22 的图中的第 1 区域 110 及第 2 区域 111 产生压缩

应力和拉伸应力。

[0123] 具体地讲,当图中左侧的振动臂 22 的前端侧在接近图中右侧的振动臂 22 的方向进行弯曲振动时,在图中左侧的振动臂 22 的第 1 区域 110 中,拉伸应力作用,温度下降,在第 2 区域 111 中,压缩应力作用,温度上升。

[0124] 相反,当图中左侧的振动臂 22 的前端侧在远离图中右侧的振动臂 22 的方向进行弯曲振动时,在图中左侧的振动臂 22 的第 1 区域 110 中,压缩应力作用,温度上升,在第 2 区域 111 中,拉伸应力作用,温度下降。

[0125] 同样,当图中右侧的振动臂 22 的前端侧在接近图中左侧的振动臂 22 的方向进行弯曲振动时,在图中右侧的振动臂 22 的第 1 区域 110 中,压缩应力作用,温度上升,在第 2 区域 111 中,拉伸应力作用,温度下降。

[0126] 相反,当图中右侧的振动臂 22 的前端侧在远离图中左侧的振动臂 22 的方向进行弯曲振动时,在图中右侧的振动臂 22 的第 1 区域 110 中,拉伸应力作用,温度下降,在第 2 区域 111 中,压缩应力作用,温度上升。

[0127] 这样,在各个振动臂 22 的与基部 21 的连接根部的内部,在压缩应力作用的部分和拉伸应力作用的部分之间产生温度梯度,其倾斜与各个振动臂 22 的振动朝向相反。

[0128] 压电振动片 20 根据该温度梯度,将热从压缩侧的部分向拉伸(伸展)侧的部分传递,即从高温侧的部分向低温侧的部分传递。

[0129] 在本实施方式的压电振动片 20 中,从压缩侧的部分向拉伸侧的部分的热传递,在振动臂 22 与基部 21 的连接根部附近产生更多的变形、即温度差,因而热在该连接根部附近的压电基材的成为传递路径的部分之间流动。

[0130] 这里,在将压缩侧的部分和拉伸侧的部分设为固定距离的情况下,形成成为热传递路径的有底的长槽后剩余的压电基材越厚,越能充分地确保热传递路径,因而从压缩侧向拉伸侧的热传递时间变短。

[0131] 本实施方式的压电振动片 20 具有所述两个侧面之间的宽度从各个振动臂 22 的窄幅部 23 朝向基部 21 侧逐渐变宽的宽幅部 24,并且设有沿着这些窄幅部 23 到宽幅部 24 的两个侧面的形状的长槽 26a、26b。

[0132] 此外,在本实施方式中,各个长槽 26a、26b 形成为图 1 (c) 所示的振动臂 22 的宽幅部 24 的堤岸部 25 的宽度 t_2 与堤岸部 25' 的宽度 t_2' 之和,比窄幅部 23 的堤岸部 25 的宽度 t_1 与堤岸部 25' 的宽度 t_1' 之和小。

[0133] 由此,压电振动片 20 与长槽从窄幅部 23 朝向基部 21 呈直线状设置的构造、没有长槽的构造、以及 t_1 (t_1') 与 t_2 (t_2') 相等的情况相比,成为热传递路径的压电基材的壁厚减小,因而从压缩侧(高温侧)向拉伸侧(低温侧)的热传递路径通过长槽 26a、26b 而迂回变长,结果,热传递时间变长。

[0134] 即,压电振动片 20 在各个振动臂 22 进行弯曲振动时,在压缩侧和拉伸侧之间截至温度达到平衡状态的缓和时间 τ_1 ,比长槽从窄幅部 23 朝向基部 21 呈直线状设置的构造、没有长槽的构造、以及 t_1 (t_1') 与 t_2 (t_2') 相等时的缓和时间 τ_0 长。

[0135] 即,由于 $\tau_1 > \tau_0$,因而本实施方式的压电振动片 20 的热缓和频率 $f_{10} = 1/(2\pi\tau_1)$,比长槽从窄幅部 23 朝向基部 21 呈直线状设置的构造、没有长槽的构造、以及 t_1 (t_1') 与 t_2 (t_2') 相等时的压电振动片的热缓和频率 $f_0 = 1/2\pi\tau_0$ 低。

[0136] 一般,已知缓和振动频率(热缓和频率) f_0 利用下式求出。

$$[0137] \quad f_0 = \pi k / (2 \rho C_p a^2) \cdots (1)$$

[0138] 其中, π 表示圆周率, k 表示振动臂的振动方向(弯曲振动方向)的热传递率, ρ 表示振动臂的质量密度, C_p 表示振动臂的热容量, a 表示振动臂的振动方向(弯曲振动方向)的宽度。

[0139] 在将振动部的材料本身的常数代入式(1)的热传递率 k 、质量密度 ρ 、热容量 C_p 的情况下,求出的缓和振动频率 f_0 是不在振动臂设置长槽时的弯曲振动部的缓和振动频率。

[0140] 在根据图 11 所示的振动臂的机械振动频率(谐振频率)与 Q 值的关系来分析该缓和振动频率时,由于曲线 F 本身的形状不变,因而随着热缓和频率的下降,曲线 F 沿频率的下降方向移动到曲线 $F1$ 的位置。

[0141] 因此,在把振动臂 22 的机械振动频率(谐振频率)设为 f_r 的情况下,在 f_r 达到热缓和频率 f_0 以上的范围($1 \leq f_r/f_0$)中,曲线 $F1$ 中的 Q 值始终比曲线 F 中的 Q 值高。

[0142] 此外,即使在比曲线 F 与曲线 $F1$ 的交点的频率高的频带($1 < f_r / (f_0 + (f_0 f_{10})^{1/2})$)中,压电振动片 20 的曲线 $F1$ 中的 Q 值也比曲线 F 中的 Q 值高。

[0143] 这样,本实施方式的压电振动片 20 在利用各个振动臂 22 的宽幅部 24 来提高振动臂 22 的刚性的构造中,长槽 26a、26b 具有沿着宽幅部 24 的平面形状,而且将各个长槽 26a、26b 设置成为振动臂 22 的宽幅部 24 的堤岸部 25 的宽度 t_2 与堤岸部 25' 的宽度 t_2' 之和,比窄幅部 23 的堤岸部 25 的宽度 t_1 与堤岸部 25' 的宽度 t_1' 之和小,由此能够抑制热弹性损失,并抑制 Q 值的下降。

[0144] 作为在上述实施方式中说明的振动片的压电振动片,还能够作为下述的变形例来实施。

[0145] (变形例 1)

[0146] 在上述实施方式中说明了如下结构的压电振动片 20:在各个振动臂 22 的第 1 面 22a 及第 2 面 22b 上,将相同形状的有底的长槽 26a、26b 配置成在俯视视图中重合的位置关系。

[0147] 不限于这种结构,压电振动片也可以构成为,在俯视视图中并列配置在振动臂的第 1 面 22a 具有开口部的有底的长槽和在第 2 面 22b 具有开口部的有底的长槽。

[0148] 图 2 用于示意地说明在振动臂上并列设置开口面不同的有底的长槽的压电振动片的变形例,(a)是一个主面(第 1 面)侧的俯视图,(b)是表示沿(a)中的 A2 - A2 线断面的断面放大图,(c)是表示沿(a)中的 B2 - B2 线断面的断面放大图。另外,在本变形例中,在图 2 中对与上述实施方式相同的结构标注相同的标号,并省略说明。

[0149] 在图 2 (a)中,压电振动片 40 具有:基部 21,其形成有一对切口 31;一对振动臂 22,其从基部 21 的第 1 部分 21a 的一端侧相互平行地沿第 1 方向延伸;以及一对支撑臂 30,其从基部 21 的第 2 部分 21b 延伸。

[0150] 各个振动臂 22 在其中央部具有窄幅部(第 1 宽度部)23,并具有振动臂的两个侧面的宽度从窄幅部 23 朝向基部 21 侧逐渐变宽的宽幅部(第 2 宽度部)24,在各个振动臂 22 的前端侧具有宽度比窄幅部 23 宽的锤部 29。

[0151] 在各个振动臂 22 的第 1 面 22a 上,沿着长度方向的大致一半的区域设有一个有底的第 1 槽部 46a。并且,在各个振动臂 22 的第 2 面 22b 上,沿着各个振动臂 22 的长度方向

的剩余的大致一半的区域(与形成有上述第 1 槽部 46a 的区域不同的区域)设有一个有底的第 2 槽部 46b。

[0152] 即,在各个振动臂 22 中,在俯视视图中并列设置在第 1 面 22a 具有开口部的第 1 槽部 46a 和在第 2 面 22b 具有开口部的第 2 槽部 46b。

[0153] 其中,第 1 槽部 46a 的第 1 深度 d_1 及第 2 槽部 46b 的第 2 深度 d_2 ,比各个振动臂 22 的第 1 面 22a 与第 2 面 22b 之间的距离 t 小。即,第 1 槽部 46a 及第 2 槽部 46b 不在第 1 面 22a 与第 2 面 22b 之间贯通。

[0154] 例如,在图 2 中,将第 1 槽部 46a 的第 1 深度 d_1 及第 2 槽部 46b 的第 2 深度 d_2 都设为 $0.9t$ 。其中,只要第 1 深度 d_1 及第 2 深度 d_2 比距离 t 小,并且第 1 深度 d_1 与第 2 深度 d_2 之和超过距离 t ,则不限于都是 $0.9t$,例如,可以是 $d_1 = 0.9t$ 、 $d_2 = 0.4t$ 的组合,也可以是 $d_1 = 0.6t$ 、 $d_2 = 0.8t$ 的组合等。

[0155] 通过使第 1 深度 d_1 及第 2 深度 d_2 比距离 t 小,第 1 槽部 46a 及第 2 槽部 46b 成为非贯通孔,因而与把各个槽部 46a、46b 设为贯通孔时相比,能够提高各个振动臂 22 的刚性。

[0156] 第 1 槽部 46a 及第 2 槽部 46b 在各个振动臂 22 中形成为具有沿着各自附近的侧面的形状。即,第 1 槽部 46a 在窄幅部 23 形成为与一个侧面(图中左侧的侧面)平行的一条直线状,在宽幅部 24 形成为沿着该宽幅部 24 的一个侧面(图中左侧的侧面),朝向与基部 21 连接的根部逐渐在两个侧面方向变宽的形状。

[0157] 并且,第 2 槽部 46b 在窄幅部 23 形成为与另一个侧面(图中右侧的侧面)平行的一条直线状,在宽幅部 24 形成为沿着该宽幅部 24 的另一个侧面(图中右侧的侧面),朝向与基部 21 连接的根部逐渐在两个侧面方向变宽的形状。

[0158] 另外,在图 2 中,第 1 槽部 46a 及第 2 槽部 46b 双方都是宽幅部 24 的槽宽比窄幅部 23 的槽宽宽,但只要第 1 槽部 46a 及第 2 槽部 46b 至少一方是槽宽比窄幅部 23 宽,就能够实现本发明的效果。

[0159] 由此,能够抑制从各个振动臂 22 的第 1 槽部 46a、第 2 槽部 46b 各自的内壁中与各个振动臂 22 的两个侧面接近的内壁到邻近的侧面的堤岸部 45 的宽度,在宽幅部 24 的与基部 21 的连接根部附近变宽。

[0160] 在本变形例中,第 1 槽部 46a 及第 2 槽部 46b 形成为图 2 (c)所示的振动臂 22 的宽幅部 24 的堤岸部 45 的宽度 t_2 与堤岸部 45' 的宽度 t_2' 之和,比窄幅部 23 的堤岸部 45 的宽度 t_1 与堤岸部 45' 的宽度 t_1' 之和小。

[0161] 在振动臂 22 的两个侧面配置有激励电极 43。并且,在第 1 槽部 46a 及第 2 槽部 46b 的上述两个侧面侧的内壁设有激励电极 44,作为激励电极 43 的相对电极。

[0162] 根据上述变形例 1 的压电振动片 40,在各个振动臂 22 的与基部 21 的连接根部附近,用于通过热传递(热量移动)使在随着振动臂 22 的振动而形成的压缩应力或者拉伸应力作用的部分之间产生的温度差(温度梯度)达到温度平衡的热传递路径,通过第 1 槽部 46a 及第 2 槽部 46b 而迂回,因而比高温侧的部分与低温侧的部分之间的直线距离长。

[0163] 由此,压电振动片 40 使截至通过热传递来达到温度平衡的缓和时间 τ 变长,使与缓和时间 τ 成反比例的缓和振动频率 f_0 远离弯曲振动频率 f ,进一步抑制因热弹性损失造成的 Q 值的下降。

[0164] 图 3 是表示弯曲振动片(石英振动片)的 Q 值的 f/f_m 依赖性的曲线图。其中, f_m 表示不在弯曲振动部(振动臂 22)设置槽部(长槽)时(弯曲振动部的断面形状大致为矩形时)的缓和振动频率。在图 3 的曲线图右侧记述的图形用于示意地表示弯曲振动部的断面形状。

[0165] 在图 3 中,三角形标记表示图 2 (b)、(c)所示的振动臂的断面形状时的曲线,实黑四方标记表示把图 1 (b)、(c)所示的振动臂的断面形状设为“H”形状的 H 型时的曲线,空白菱形标记表示在振动臂 22 的任何主面都不设置槽部的平板时的曲线。并且,粗实线表示三角形标记值的近似直线,虚线表示四方标记之间的插值直线,单点划线表示菱形标记之间的插值直线。

[0166] 如图 3 所示,在弯曲振动片中,通过把振动臂 22 的断面形状设为图 2 所示的形状,把 f/f_m 设为大于 0.09 的值,显然能够获得比 H 型时高的 Q 值。

[0167] 另外,上述弯曲振动片(相当于压电振动片 40)通过把 f/f_m 设为大于 0.25 的值,能够获得比 H 型及平板时都高的 Q 值,如果使 f/f_m 大于 1,则能够获得比 H 型及平板时都高许多的 Q 值。

[0168] (变形例 2)

[0169] 在上述实施方式中说明了如下结构的压电振动片 20 :在各个振动臂 22 的第 1 面 22a 及第 2 面 22b (两个主面)各形成一个相同形状的有底的长槽 26a、26b。但不限于这种结构,压电振动片也可以构成为在振动臂的两个主面的至少一方形形成多个长槽。

[0170] 图 4 及图 5 用于示意地说明在振动臂的两个主面(第 1 面及第 2 面)至少一方形形成多个长槽的压电振动片的变形例,图 4 及图 5 都是(a)是一个主面(第 1 面)侧的俯视图,(b)是表示沿(a)中的 A3 — A3 线断面或者 A4 — A4 线断面的断面放大图,(c)是表示沿(a)中的 B3 — B3 线断面或者 B4 — B4 线断面的断面放大图。另外,在本变形例中,在图 4 及图 5 中,对与上述实施方式相同的结构标注相同的标号,并省略说明。

[0171] 首先,说明变形例 2 的第一个压电振动片。

[0172] 图 4 (a)所示的压电振动片 80 具有 :基部 21,其形成有一对切口 31 ;一对振动臂 22,其从基部 21 的第 1 部分 21a 的一端侧相互平行地沿第 1 方向延伸 ;以及一对支撑臂 30,其从基部 21 的第 2 部分 21b 延伸。

[0173] 各个振动臂 22 在其中央部具有窄幅部(第 1 宽度部)23,并具有振动臂的两个侧面的宽度从窄幅部 23 朝向基部 21 侧逐渐变宽的宽幅部(第 2 宽度部)24,在各个振动臂 22 的前端侧具有宽度比窄幅部 23 宽的锤部 29。

[0174] 在压电振动片 80 的各个振动臂 22 的第 1 面 22a 设有 :有底的长槽(槽部)86a,其形成于长度方向的大致一半的区域中 ;有底的长槽(槽部)86c,其形成于与形成有长槽 86a 的区域不同的剩余的大致一半的区域中。

[0175] 这些长槽 86a、86c 在各个振动臂 22 中形成为具有沿着各自附近的侧面的形状。

[0176] 即,一个长槽 86a 在窄幅部 23 形成为与一个侧面(图中左侧的侧面)平行的一条直线状,在宽幅部 24 形成为沿着该宽幅部 24 的一个侧面(图中左侧的侧面),朝向与基部 21 连接的根部逐渐在两个侧面方向变宽的形状。

[0177] 另一个长槽 86c 在窄幅部 23 形成为与另一个侧面(图中右侧的侧面)平行的一条直线状,在宽幅部 24 形成为沿着该宽幅部 24 的另一个侧面(图中右侧的侧面),朝向与基部

21 连接的根部逐渐在两个侧面方向变宽的形状。

[0178] 并且,长槽 86a 和长槽 86c 邻接的各个振动臂 22 的中央侧的侧壁形成为将与振动臂 22 的长度方向平行的直线状的突出部夹在中间。即,并列设置的长槽 86a、86c 被设置成为相对于振动臂 22 的第 1 面 22a 的长度方向的假想中心线呈线对称的形状。

[0179] 并且,在各个振动臂 22 的第 2 面 22b 设有:有底的长槽(槽部)86b,其形成于长度方向的大致一半的区域中;有底的长槽(槽部)86d,其形成于与形成有长槽 86b 的区域不同的剩余的大致一半的区域中。

[0180] 这些设于第 2 面 22b 的长槽 86b、86d 和设于第 1 面 22a 的长槽 86a、86c 被配置成为,在俯视视图中具有相同的外形而且重合。

[0181] 并且,压电振动片 80 能够抑制从各个振动臂 22 的长槽 86a、86c 以及长槽 86b、86d 各自的内壁中与各个振动臂 22 的两个侧面接近的内壁到邻近的侧面的堤岸部 85 的宽度,在宽幅部 24 的与基部 21 的连接根部附近变宽。

[0182] 压电振动片 80 使各个长槽 86a、86c 以及长槽 86b、86d 形成为,图 4 (c)所示的振动臂 22 的宽幅部 24 的堤岸部 85 的宽度 t_2 与堤岸部 85' 的宽度 t_2' 之和,比窄幅部 23 的堤岸部 85 的宽度 t_1 与堤岸部 85' 的宽度 t_1' 之和小。

[0183] 在振动臂 22 的两个侧面配置有激励电极 83。并且,在长槽 86a ~ 86d 的上述两个侧面侧的内壁设有激励电极 84,作为激励电极 83 的相对电极。

[0184] 下面,说明变形例 2 的第二个压电振动片。

[0185] 图 5 所示的压电振动片 60 具有:两个长槽(第 1 槽部)66a、66c,其设于各个振动臂 22 的第 1 面 22a;以及长槽(第 2 槽部)66b,其设于各个振动臂 22 的第 2 面 22b 中在俯视视图中长槽 66a 和长槽 66c 之间的区域中,而且是不与长槽 66a、66c 重合的区域中。

[0186] 具体地讲,在各个振动臂 22 的第 1 面 22a 中,在振动臂 22 的长度方向的中央隔开预定的间隔设有有底的长槽 66a 和有底的长槽 66c,长槽 66a 形成于长度方向的大致不足一半的区域中,长槽 66c 形成于与形成有长槽 66a 的区域不同的大致不足一半的区域中。

[0187] 并且,长槽 66a、66c 在各个振动臂 22 中形成为具有沿着各自附近的侧面的形状。

[0188] 即,一个长槽 66a 在窄幅部(第 1 宽度部)23 形成为与一个侧面(图中左侧的侧面)平行的一条直线状,在宽幅部 24 形成为沿着该宽幅部(第 2 宽度部)24 的一个侧面(图中左侧的侧面),朝向与基部 21 连接的根部逐渐在两个侧面方向变宽的形状。

[0189] 另一个长槽 66c 在窄幅部 23 形成为与另一个侧面(图中右侧的侧面)平行的一条直线状,在宽幅部 24 形成为沿着该宽幅部 24 的另一个侧面(图中右侧的侧面),朝向与基部 21 连接的根部逐渐在两个侧面方向变宽的形状。

[0190] 并且,长槽 66a 和长槽 66c 邻接的各个振动臂 22 的中央侧的侧壁形成为将与振动臂 22 的长度方向平行的直线状的突出部夹在中间。即,并列设置的长槽 66a、66c 被设置成为相对于振动臂 22 的第 1 面 22a 的长度方向的假想中心线呈线对称的形状。

[0191] 并且,压电振动片 60 能够抑制从各个振动臂 22 的长槽 66a、66c 各自的内壁中与各个振动臂 22 的两个侧面接近的内壁到邻近的侧面的堤岸部 65 的宽度,在宽幅部 24 的与基部 21 的连接根部附近变宽。

[0192] 压电振动片 60 使各个长槽 66a、66c 形成为,图 5 (c)所示的振动臂 22 的宽幅部 24 的堤岸部 65 的宽度 t_2 与堤岸部 65' 的宽度 t_2' 之和,比窄幅部 23 的堤岸部 65 的宽度

t_1 与堤岸部 65' 的宽度 t_1' 之和小。

[0193] 另外,在各个振动臂 22 的第 2 面 22b 中,在振动臂 22 的长度方向的大致中央的区域,而且是在俯视视图中不与长槽 66a、66c 重合的区域中,设有直线状的有底的长槽 66b,其具有与各个长槽 66a、66c 的靠近振动臂 22 中央的侧壁平行的侧壁。

[0194] 在振动臂 22 的两个侧面配置有激励电极 63。并且,在长槽 66a、66c 的上述两个侧面侧的内壁设有激励电极 64,作为激励电极 63 的相对电极。

[0195] 根据上述变形例 2,在通过具有宽幅部 24 而提高了各个振动臂 22 的与基部 21 的连接根部的刚性的压电振动片 80、60 中,用于使在随着振动臂 22 的振动而形成的压缩应力或者拉伸应力作用的部分之间产生的温度差达到温度平衡的热传递路径的距离,通过长槽 86a ~ 86d、长槽 66a ~ 66c 而迂回,由此,比高温侧的部分与低温侧的部分之间的直线距离长。

[0196] 由此,压电振动片 80、60 通过使缓和时间 τ 变长,能够进一步抑制因热弹性损失而造成的 Q 值的下降。

[0197] 另外,像上述实施方式的压电振动片 20 的长槽 26a、26b 那样,在振动臂 22 的第 1 面 22a 设有一个长槽 26a,在第 2 面 22b 设有一个长槽 26b,与这种结构相比,压电振动片 80、60 在第 1 面 22a 及第 2 面 22b 至少一方设有多个长槽 86a、86c (86b、86d) 或者长槽 66a、66c,由此在振动臂 22 的第 1 面 22a 及第 2 面 22b 至少一方的中央形成堤岸部,因此,即使各个振动臂 22 的两个侧面侧的堤岸部 85、65 的宽度变细,也能够确保振动臂 22 具有充分的刚性。

[0198] (变形例 3)

[0199] 在上述实施方式及变形例中,以从基部 21 延伸出来一对振动臂 22 以及支撑臂 30 而构成的压电振动片 20、40、60、80 为代表示例进行了说明。

[0200] 不限于这些结构,作为本发明的特征的振动片的振动臂与基部的连接根部附近的结构、即振动臂具有的宽幅部的长槽的形状特征,在与利用上述实施方式及变形例说明的结构不同的振动片中也能够发挥效果。

[0201] 图 6 是示意地说明在结构与上述实施方式及变形例不同的振动片中适用本发明的特征的变形例的一个主面(第 1 面)侧的俯视图。另外,在本变形例中,对与上述实施方式相同的结构标注相同的标号,并省略说明。

[0202] 图 6 所示的压电振动片 100 具有基部 121 和一对振动臂 122,振动臂 122 从该基部 121 的一端侧(在图中指上端侧)分成两股并沿第 1 方向并列地(相互平行地)延伸。

[0203] 并且,从基部 121 中的一对振动臂 122 之间延伸设置作为支撑臂的中央支撑臂 130,其与各个振动臂 122 平行配置。

[0204] 一对振动臂 122 从基部 121 的一端侧与两个主面(纸面上的跟前侧和里侧的面)平行地延伸。并且,各个振动臂 122 具有:作为上述两个主面的第 1 面 122a 及第 2 面 122b;以及在两侧将第 1 面 122a 和第 2 面 122b 连接的两个侧面。

[0205] 振动臂 122 在其中央部具有窄幅部(第 1 宽度部)123,其是在振动臂 122 中上述两个侧面之间的宽度比较狭小的部分。并且,各个振动臂 122 具有宽幅部(第 2 宽度部)124,其是在与基部 121 连接的根部部分,从窄幅部 123 朝向基部 121 侧,上述两个侧面之间的宽度逐渐变宽,并在与基部 121 的连接根部成为宽幅。另外,在各个振动臂 122 的前端侧设有宽

度比窄幅部 123 宽的锤部 129。

[0206] 在各个振动臂 122 的第 1 面 122a 及第 2 面 122b 的至少一方,沿着长度方向设有一条有底的长槽(槽部)126a。这里,在第 1 面 122a 及第 2 面 122b 中将长槽 126a 设置成为在俯视视图中相互重合。

[0207] 另外,长槽 126a 也可以构成为只设于各个振动臂 122 的第 1 面 122a 侧或者第 2 面 122b 侧。

[0208] 在各个振动臂 122 中,长槽 126a 在窄幅部 123 形成为与两个侧面平行的一条直线状,在宽幅部 124 形成为沿着该宽幅部 124 的两个侧面,朝向与基部 121 连接的根部部分逐渐在两个侧面方向变宽的形状。

[0209] 由此,压电振动片 100 能够抑制从各个振动臂 122 的长槽 126a 两侧的内壁到两个侧面的堤岸部 125 的宽度,在宽幅部 124 的与基部 121 的连接根部附近变宽。

[0210] 中央支撑臂 130 距被配置在其两侧的一对振动臂 122 都是相等距离。另外,中央支撑臂 130 的长度没有特别限定,可以与一对振动臂 122 的长度相等,也可以比振动臂 122 长或者比振动臂 122 短。

[0211] 并且,中央支撑臂 130 形成为具有比进行振动的一对振动臂 122 都大的质量。这里,优选中央支撑臂 130 的质量比各个振动臂 122 的质量稍大。

[0212] 在各个振动臂 122 的包括各个长槽 126a 及各两个侧面的表面中形成有未图示的激励电极。在各个振动臂 122 中,压电振动片 100 向成为相对电极的激励电极之间施加电压,使振动臂 122 的两个侧面伸缩,由此使振动臂 122 振动。

[0213] 并且,在中央支撑臂 130 的第 1 面 122a 及第 2 面 122b 的至少一方,设有通过未图示的连接布线与对应的上述各个激励电极连接的安装电极。

[0214] 中央支撑臂 130 是被安装在未图示的封装体等上的部分,例如,通过对设于封装体底部的连接焊盘和对应的上述安装电极进行对位,并通过导电性粘接剂等进行粘接/固定,由此能够实现封装体与压电振动片 100 的电连接。

[0215] 并且,压电振动片 100 通过将中央支撑臂 130 固定在封装体的连接焊盘上,能够使振动臂 122 及基部 121 成为从封装体的底部浮起的状态。

[0216] 上述变形例 3 的压电振动片 100 除了在上述实施方式及变形例 1、变形例 2 中说明的、振动臂 22 的宽幅部 24 中的长槽 26a (26b) 的特征性形状带来的热弹性损失抑制效果之外,被配置在一对振动臂 122 之间的中央支撑臂 130 还发挥以下所述的效果。

[0217] 即,压电振动片 100 通过将中央支撑臂 130 配置在一对振动臂 122 之间,能够抑制压电振动片 100 的动作参数的变化,这种变化是由于在各个振动臂 122 振动时、尤其是各个振动臂 122 朝向相互接近的方向振动时,各个振动臂 122 之间的空气被搅乱而产生的。

[0218] 并且,压电振动片 100 能够避免在把基部 121 作为支撑部支撑/固定在封装体等上时产生的各种不良。例如,压电振动片 100 能够利用中央支撑臂 130 防止振动臂 122 的前端向下倾斜而接触封装体等,并且避免由于对封装体的冲击直接传递给各个振动臂 122 而产生的动作异常等。

[0219] 因此,压电振动片 100 能够获得更稳定的振动特性。

[0220] 以上,针对由发明者完成的本发明的实施方式进行了具体说明,但本发明不限于上述的实施方式及变形例,能够在不脱离其宗旨的范围内进行各种变更。

[0221] 在上述实施方式及变形例中说明的振动臂 22、122, 具有宽度从窄幅部 23、123 开始逐渐变宽的宽幅部 24、124 与基部 21、121 连接的连续的锥形状。

[0222] 不限于这种情况, 例如压电振动片也可以将振动臂设置成为, 在振动臂的与基部的连接根部跟前, 形成宽度从振动臂前端侧的窄幅部朝向基部侧逐渐变宽的连续的锥形状, 并设置从锥形状部分开始朝向与基部的连接根部沿着振动臂的延伸方向的平直部分。

[0223] 并且, 压电振动片通过设置沿着其振动臂的外形(两个侧面)的形状的长槽, 在振动臂的与基部的连接根部附近, 长槽中没有锐角部分。

[0224] 由此, 压电振动片例如在通过蚀刻来形成长槽时, 蚀刻残余减少, 能够形成期望形状的长槽。

[0225] 并且, 在上述实施方式中, 以弯曲振动模式的压电振动片 20 为例, 说明了本发明的热弹性损失的抑制效果。不限于这种情况, 压电振动片通过具备本发明的特征性结构, 在扭曲振动模式或剪切模式等弯曲振动模式之外的振动模式时, 也能够发挥与上述实施方式及变形例相同的效果。

[0226] 并且, 在上述实施方式及变形例中, 说明了从基部 21、121 平行地延伸出来两个振动臂 22、122 而形成的音叉型压电振动片 20、40、60、80、100 的本发明的实施方式及变形例。

[0227] 不限于这种情况, 在压电振动片是只利用具有成为固定端的基部的一个振动臂构成的射线型、或者具有三个以上的振动臂的类型时, 也能够获得与上述实施方式及变形例相同的效果。

[0228] 并且, 在上述实施方式及变形例中, 说明了由石英等压电材料构成的压电振动片 20、40、60、80、100。不限于这种情况, 振动片例如由硅半导体构成时, 也能够获得与上述实施方式及变形例相同的效果。

[0229] (振子)

[0230] 图 7 是表示具有在上述实施方式及变形例等中说明的振动片的振子的结构概况的示意图, 图 7 (a) 是俯视图, 图 7 (b) 是沿图 7 (a) 中的 C—C 线的剖面图。

[0231] 如图 7 所示, 振子 500 构成为包括: 作为振动片的压电振动片 20、40、60、80、100 中的任意一个压电振动片(这里作为一例是压电振动片 20); 以及收纳压电振动片 20 的封装体 280。

[0232] 封装体 280 由封装体基座 281、调整环 282 和盖体 285 等构成。

[0233] 封装体基座 281 形成有能够收纳压电振动片 20 的凹部, 在该凹部中设有与压电振动片 20 的未图示的安装电极连接的连接焊盘 288。

[0234] 连接焊盘 288 与封装体基座 281 内的布线连接, 并且构成为能够与设置在封装体基座 281 的外周部的外部连接端子 283 导通。

[0235] 在封装体基座 281 的凹部的周围设有调整环 282。另外, 在封装体基座 281 的底部设有贯通孔 286。

[0236] 压电振动片 20 通过导电性粘接剂 284 粘接固定在封装体基座 281 的连接焊盘 288 上。并且, 封装体 280 将覆盖封装体基座 281 的凹部的盖体 285 和调整环 282 进行缝焊。

[0237] 在封装体基座 281 的贯通孔 286 中填充有由金属材料等构成的密封部件 287。该密封部件 287 在减压氛围内被熔融后固化, 并气密地密封贯通孔 286, 以便能够将封装体基座 281 内部保持减压状态。

[0238] 振子 500 根据通过外部连接端子 283 的来自外部的驱动信号,对压电振动片 20 进行激励,使其以预定的频率(例如 32kHz)进行振荡(谐振)。

[0239] 如上所述,振子 500 具有压电振动片(20 等),因而能够提供发挥上述实施方式及变形例记述的效果的振子。

[0240] (振荡器)

[0241] 图 8 是表示具有在上述实施方式及变形例等中说明的振动片的振荡器的结构概况的示意图,图 8 (a) 是俯视图,图 8 (b) 是沿(a)中的 D—D 线的剖面图。

[0242] 振荡器 600 构成为在所述振子 500 的结构基础上还具有振荡电路。另外,针对与振子 500 相同的部分标注相同的标号,并省略具体说明。

[0243] 如图 8 所示,振荡器 600 构成为包括:作为振动片的压电振动片 20、40、60、80、100 中的任意一个压电振动片(这里作为一例是压电振动片 20);与压电振动片 20 连接的作为振荡电路的 IC 芯片 291;以及收纳压电振动片 20 及 IC 芯片 291 的封装体 280。

[0244] IC 芯片 291 被固定粘接在封装体基座 281 的底部,并通过金(Au)、铝(Al)等金属线 292 与其他布线连接。

[0245] 振荡器 600 根据来自 IC 芯片 291 的驱动信号,对压电振动片 20 进行激励,使其以预定的频率(例如 32kHz)进行振荡(谐振)。

[0246] 如上所述,振荡器 600 具有压电振动片(20 等),因而能够提供发挥上述实施方式及变形例记述的效果的振子。

[0247] 另外,振荡器 600 也可以是将 IC 芯片 291 安装在封装体 280 外部的结构(模塑构造)。

[0248] (电子设备)

[0249] 图 9 是表示具有在上述实施方式及变形例等中说明的振动片的电子设备的一例的示意立体图。

[0250] 作为图 9 所示的电子设备的手机 700 构成为,把上述振动片(压电振动片 20、40、60、80、100 中的任意一个压电振动片等)用作例如基准时钟振荡源,还具有液晶显示装置 701、多个操作按钮 702、听筒口 703 及讲话口 704。

[0251] 上述振动片(压电振动片 20 等)不限于上述手机,也适合用作电子书、个人电脑、电视机、数字照相机、摄像机、视频记录器、汽车导航装置、传呼器、电子记事簿、台式电脑、文字处理器、工作站、可视电话、POS 终端、具有触摸屏的设备等的基准时钟振荡源,无论在何种情况下,都能够提供发挥在上述实施方式及变形例中说明的效果的电子设备。

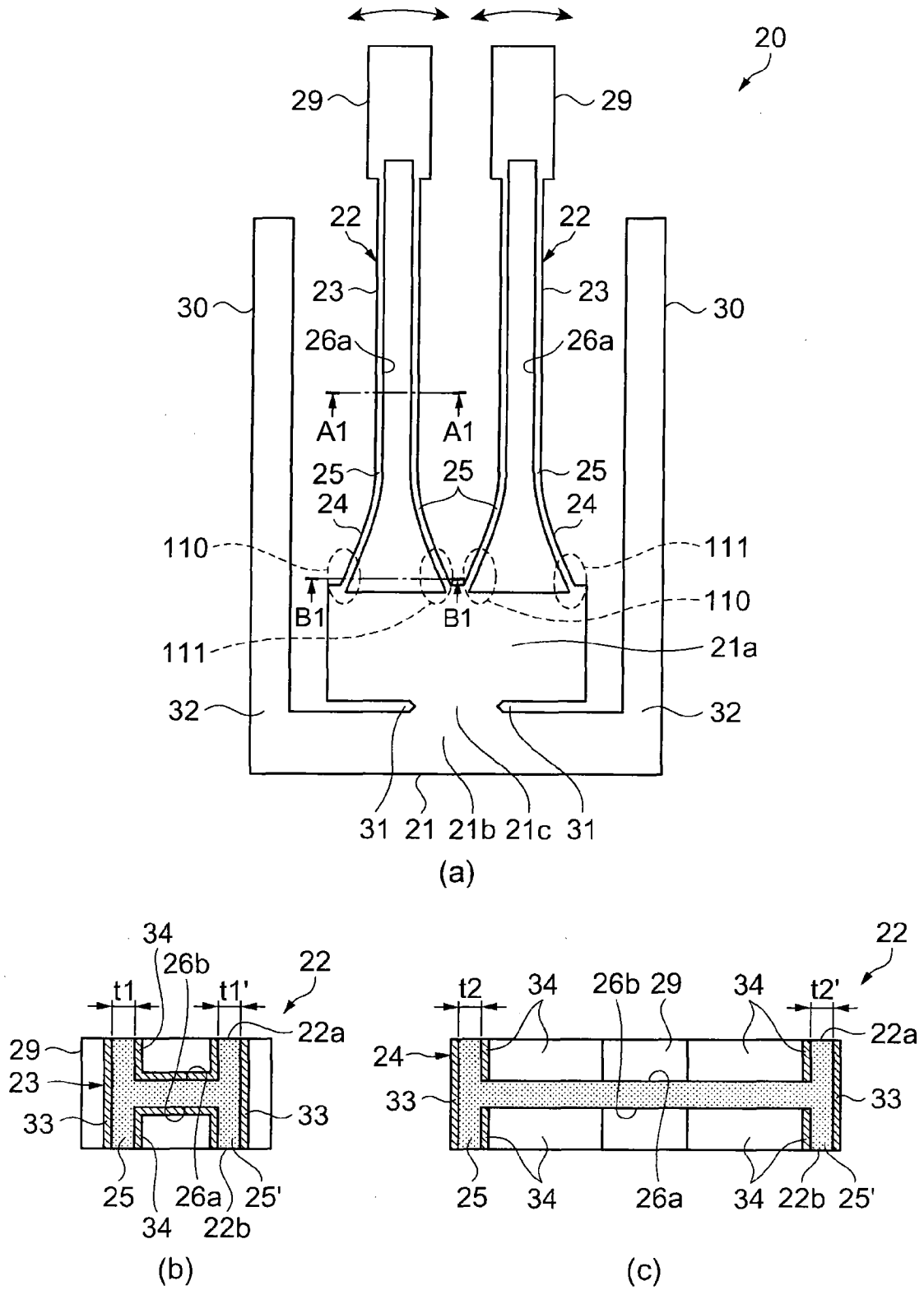
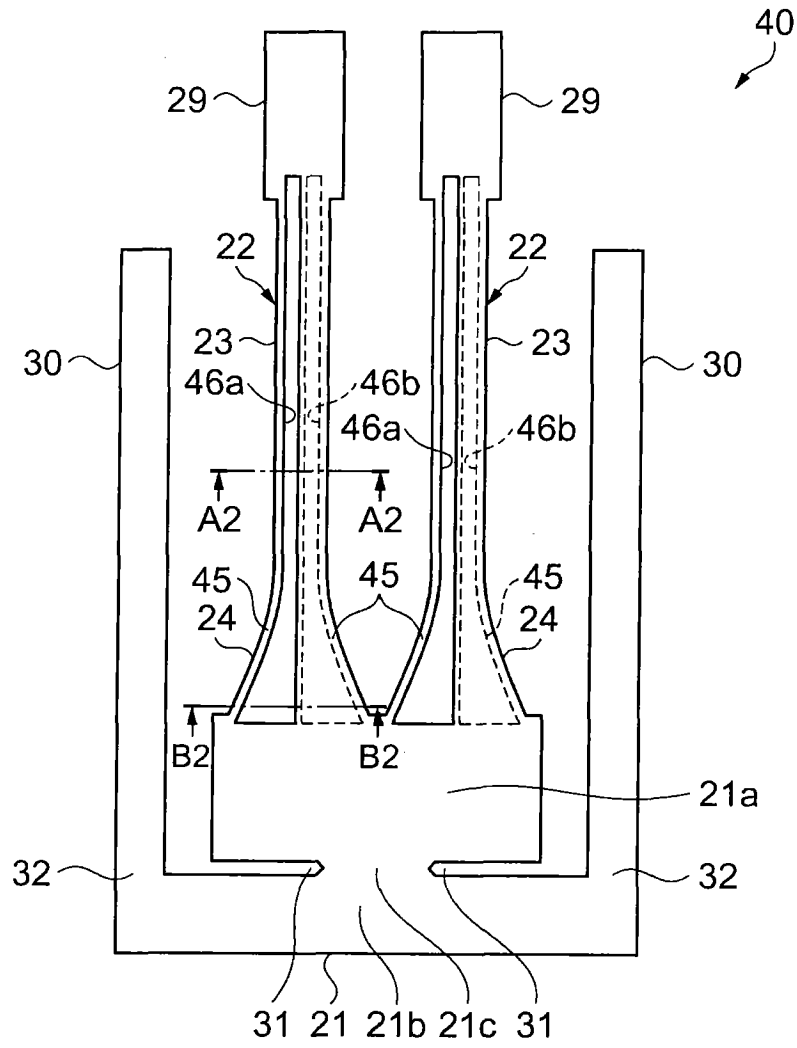
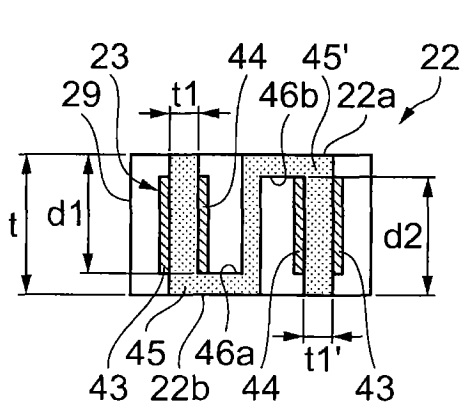


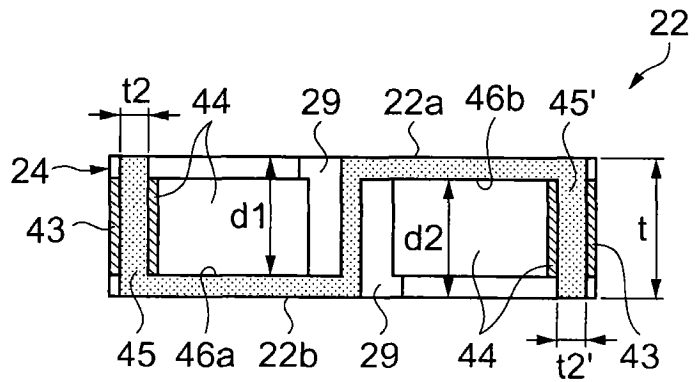
图 1



(a)



(b)



(c)

图 2

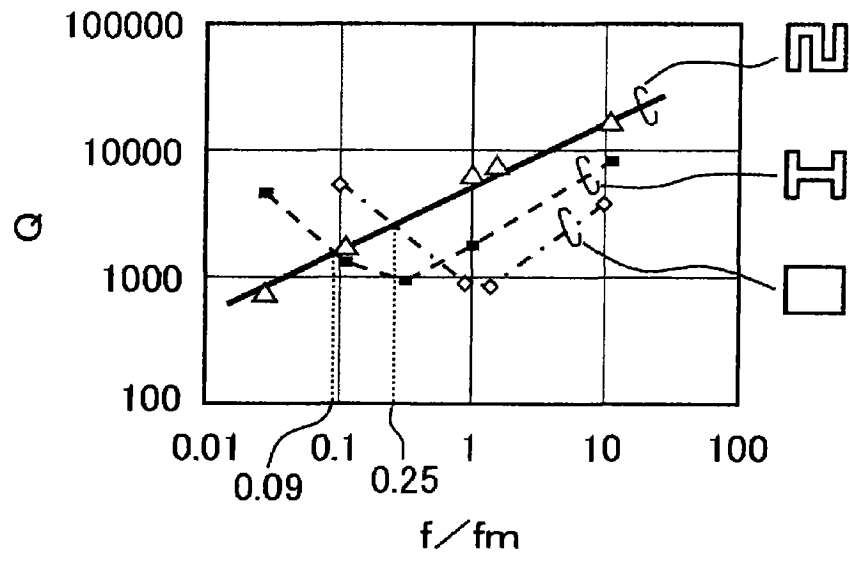


图 3

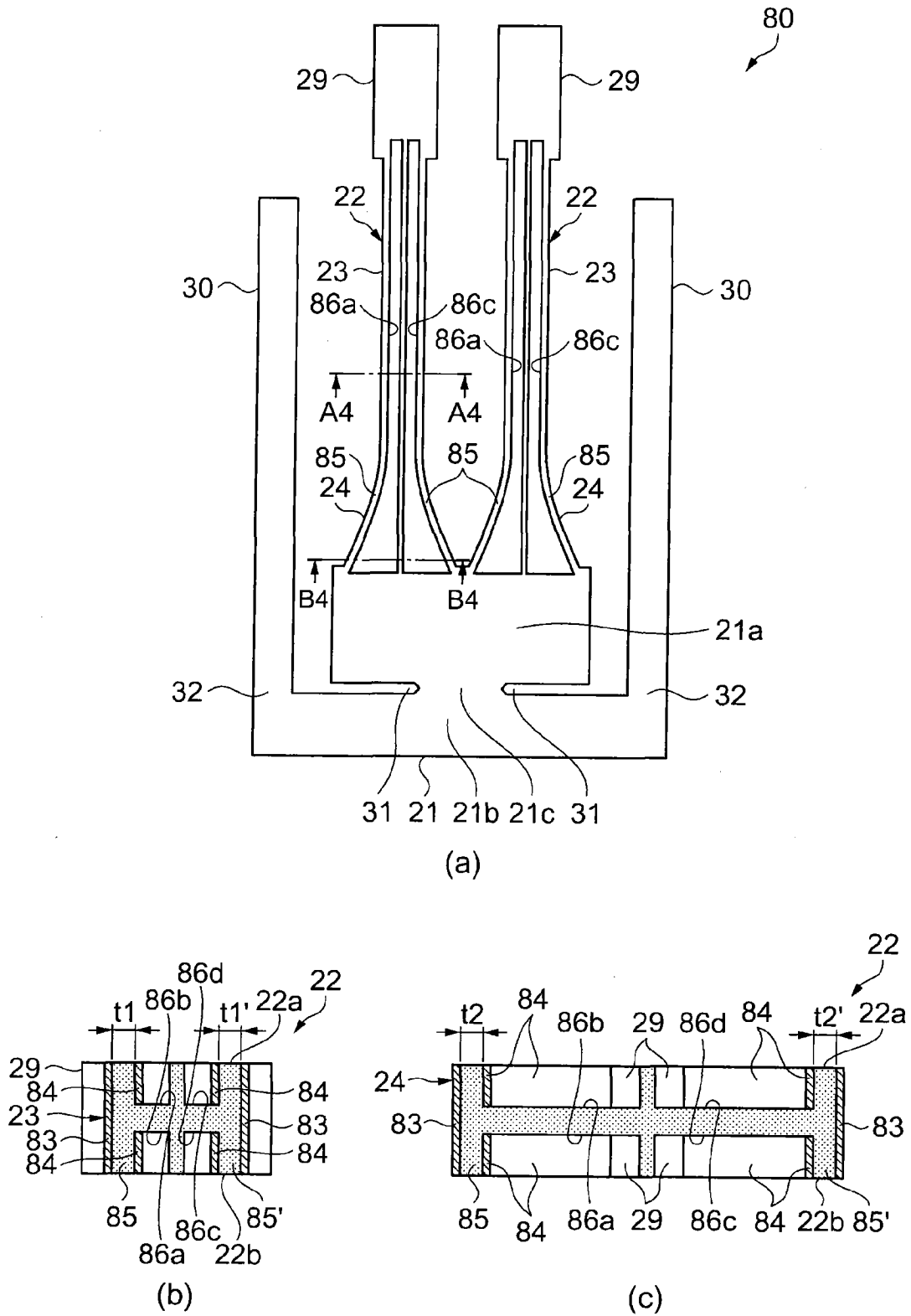


图 4

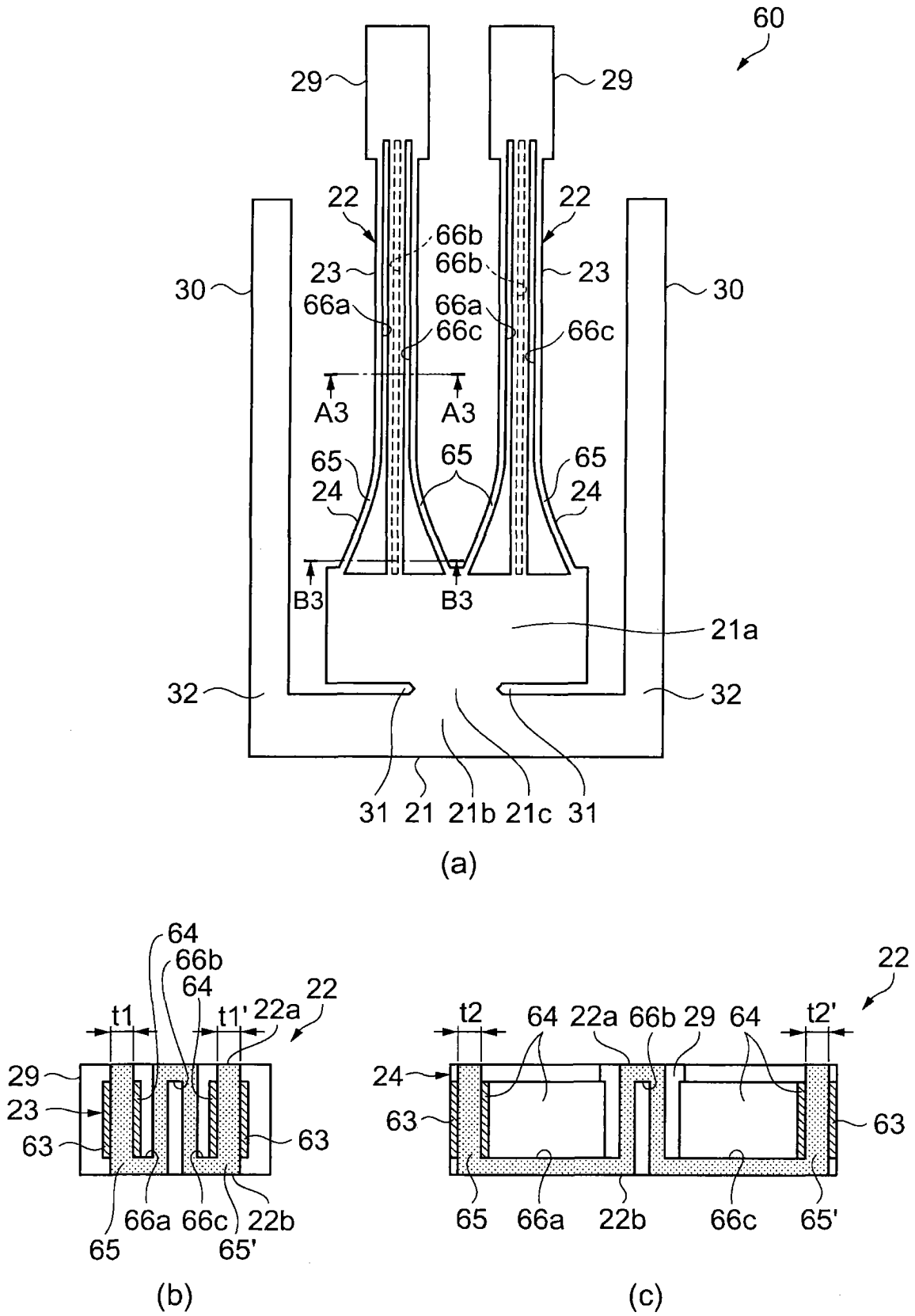


图 5

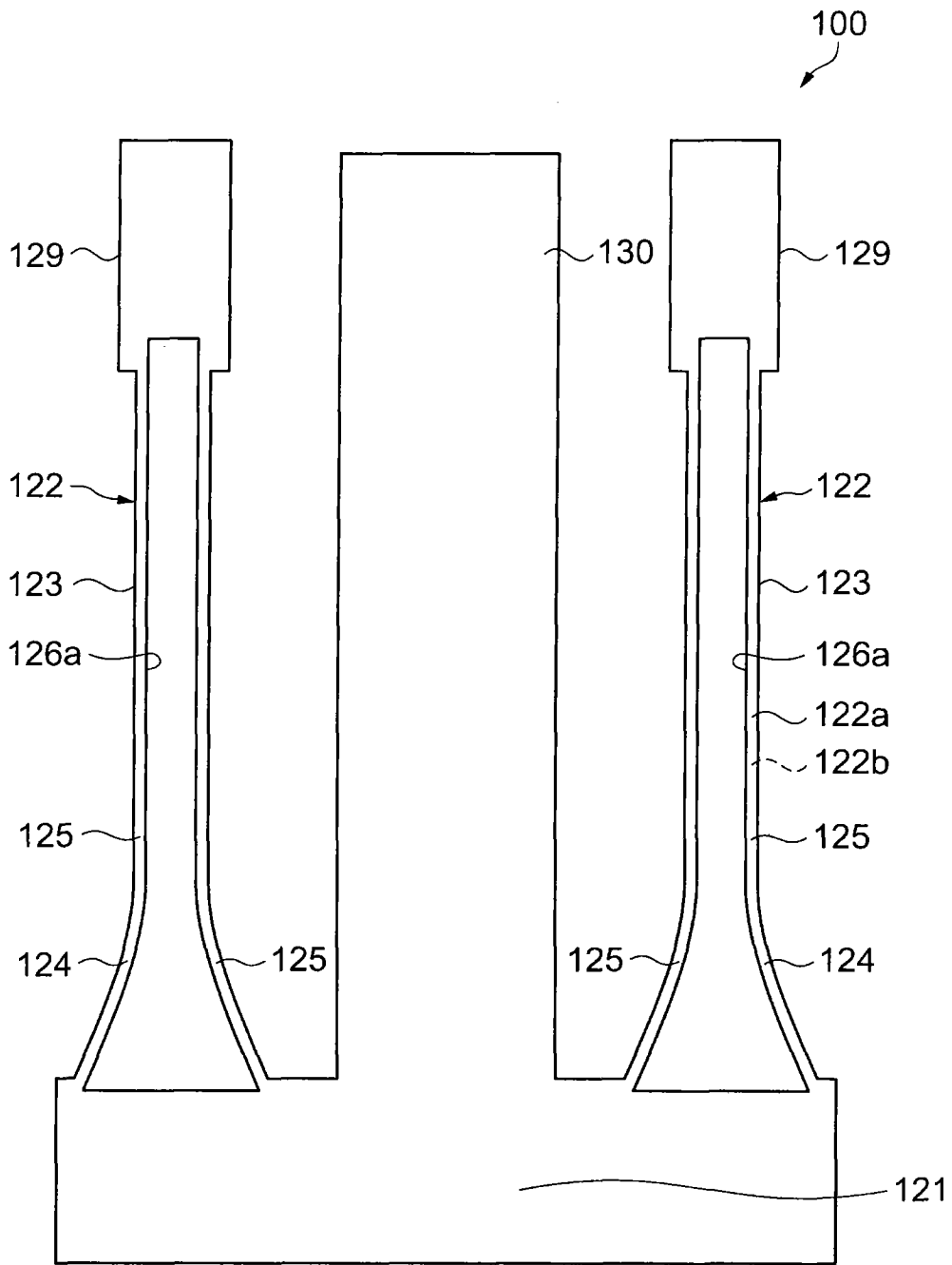


图 6

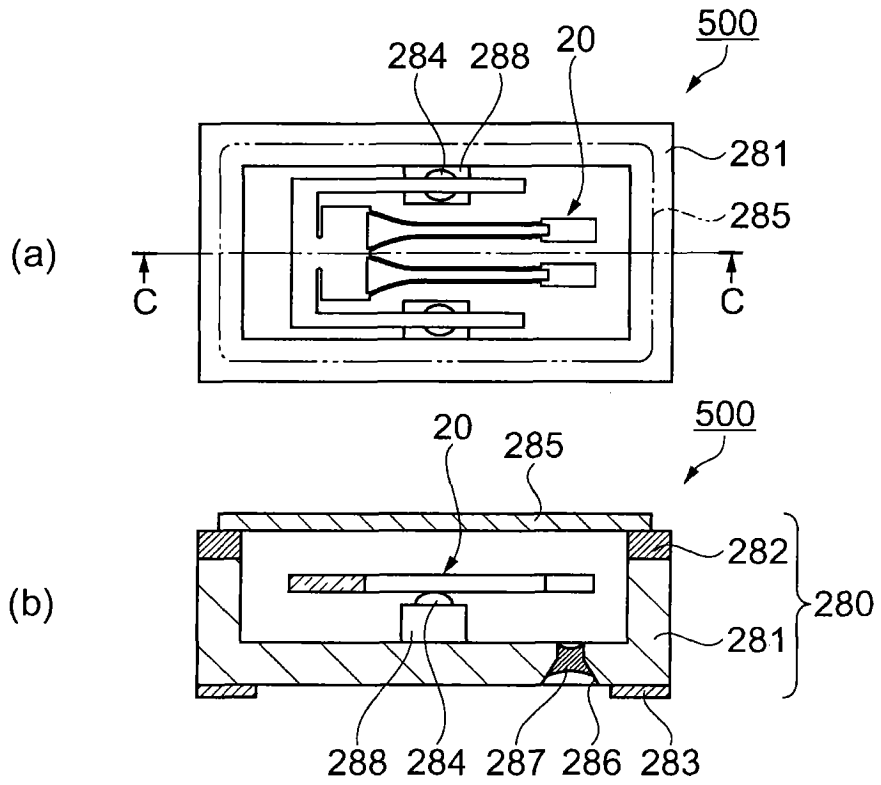


图 7

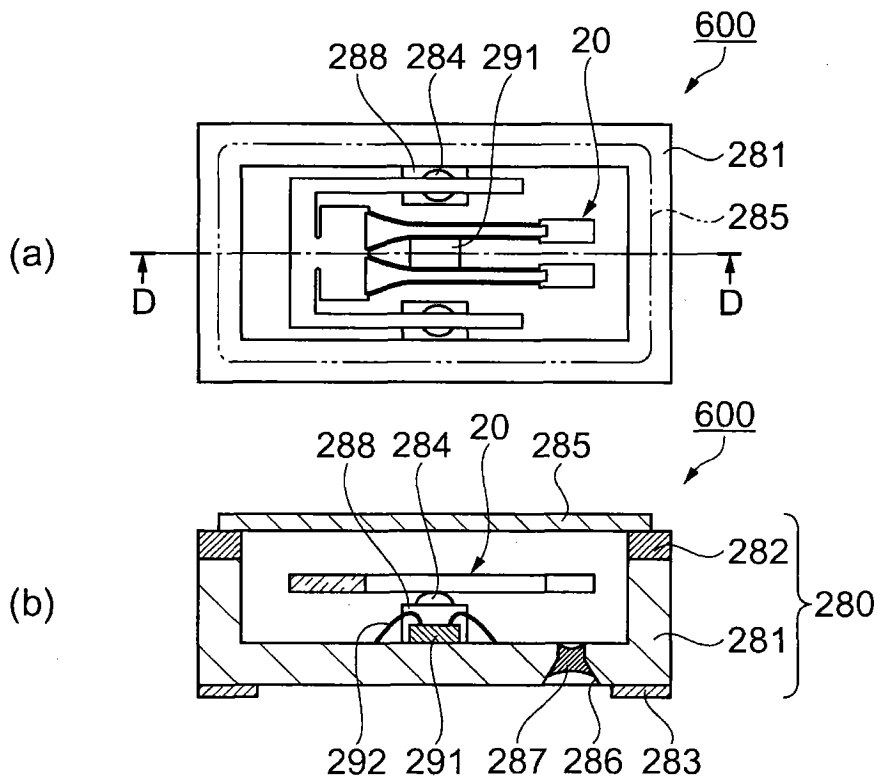


图 8

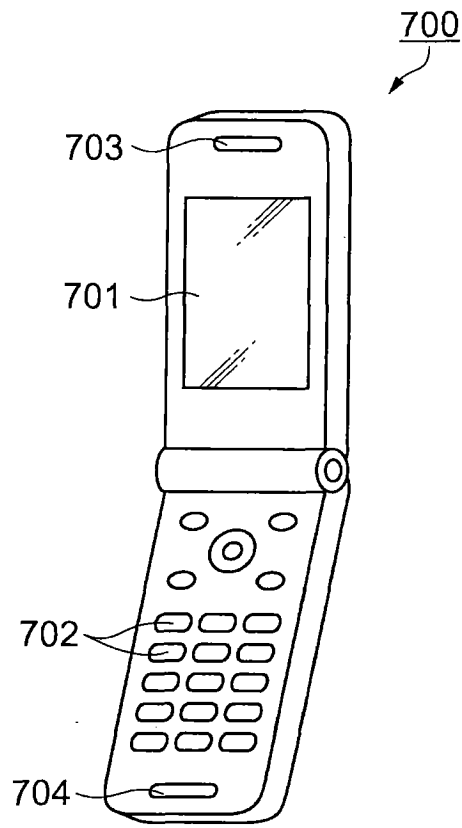


图 9

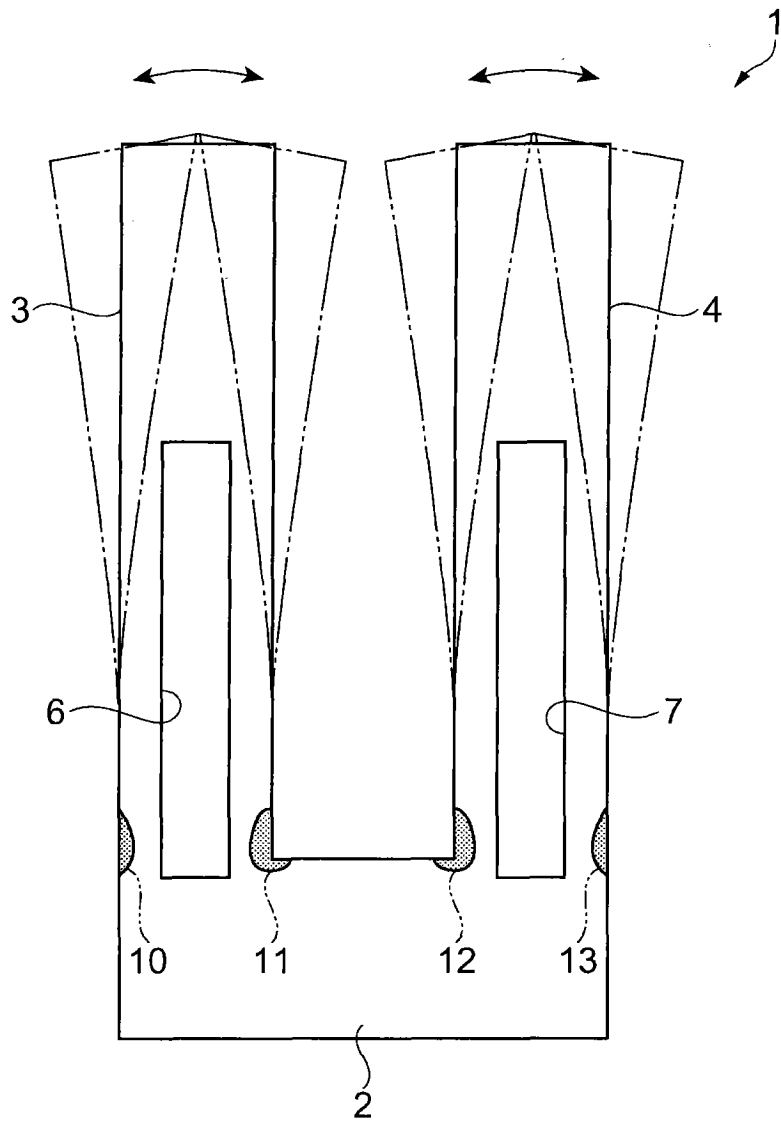


图 10

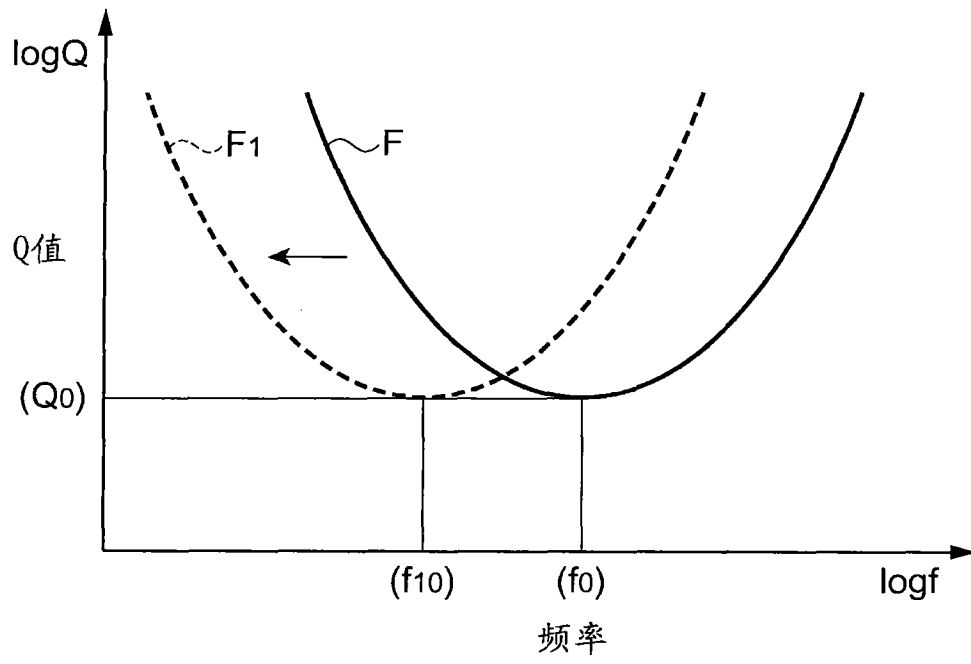


图 11