

1. 一种压电器件,具备:

压力室;

压电元件;

振动板,其被配置在所述压力室与所述压电元件之间,

所述振动板具有单晶硅基材的晶面{110},

所述振动板具有在俯视观察时与所述压力室重叠的振动区域,

所述压电元件在俯视观察时与所述振动区域重叠,

当在周向上将所述振动区域分为从所述晶面内的晶体取向 $\langle -111 \rangle$ 至 $\langle 1-12 \rangle$ 的第一区域、从所述 $\langle 1-12 \rangle$ 至 $\langle 1-1-1 \rangle$ 的第二区域、从所述 $\langle 1-1-1 \rangle$ 至 $\langle -11-2 \rangle$ 的第三区域、从所述 $\langle -11-2 \rangle$ 至所述 $\langle -111 \rangle$ 的第四区域时,如果对所述振动区域的形状和将所述 $\langle -111 \rangle$ 的方向上的直径与所述 $\langle 1-12 \rangle$ 的方向上的直径设为共同并使用的假想的正圆形进行比较,则在所述第二区域和所述第四区域中所述振动区域的形状与所述假想的正圆形相比位于内侧,在所述第一区域和所述第三区域中所述振动区域的形状与所述假想的正圆形相比至少一部分位于外侧。

2. 如权利要求1所述的压电器件,其中,

在所述第一区域中,在从所述晶体取向 $\langle -111 \rangle$ 起至向 $\langle 1-12 \rangle$ 侧59度的取向为止的区域中,所述振动区域位于所述假想的正圆形的外侧,

在所述第三区域中,在从所述晶体取向 $\langle 1-1-1 \rangle$ 起至向 $\langle -11-2 \rangle$ 侧59度的取向为止的区域中,所述振动区域位于所述假想的正圆形的外侧。

3. 如权利要求1或权利要求2所述的压电器件,其中,

所述振动区域的形状在所述第一区域和所述第三区域中相对于所述振动区域的中心而为点对称,且在所述第二区域和所述第四区域中相对于所述振动区域的中心而为点对称。

4. 一种压电器件,具备:

压力室;

压电元件;

振动板,其被配置在所述压力室与所述压电元件之间,

所述振动板具有杨氏模量和泊松比根据晶体取向而不同的单晶硅基材的晶面,

所述振动板具有在俯视观察时与所述压力室重叠的振动区域,

所述压电元件在俯视观察时与所述振动区域重叠,

如果将所述振动区域的预定的取向的直径设为 d_1 ,将所述预定的取向的杨氏模量设为 Y_1 且将泊松比设为 ν_1 ,并将所述振动区域的任意的取向的杨氏模量设为 Y 且将泊松比设为 ν ,则所述振动区域的任意的取向的直径 d 具有 $d = \sqrt{\{(d_1)^2 \times (1-\nu_1) \times Y/Y_1 \times (1-\nu)\}}$ 的关系。

5. 一种液体喷出头,其中,

具备权利要求1至权利要求4中的任一项所述的压电器件,

并且,通过利用所述压电元件而使所述振动板进行振动从而使所述压力室的压力发生变动,进而使被填充于所述压力室内的所述液体从喷嘴喷出。

6. 一种液体喷出装置,其中,

具备权利要求1至权利要求4中的任一项所述的压电器件，
并且，通过利用所述压电元件而使所述振动板进行振动从而使所述压力室的压力发生变动，进而使被填充于所述压力室内的所述液体从喷嘴喷出。

压电器件、液体喷出头、液体喷出装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种通过压电器件而产生压力变动的技术。

背景技术

[0002] 一直以来,提出了一种通过利用压电器件使压力室发生压力变动,从而使被供给至压力室的油墨等的液体从喷嘴喷出的液体喷出头。例如,在专利文献1中,公开了一种针对每个压力室而设置具备构成压力室的壁面(上表面)的振动板与使振动板振动的压电元件的压电器件的技术。对于该振动板的活性层基板(通过振动而发生变形的部分)而言,是由杨氏模量根据晶面内的方向而变化的硅基材而构成振动板的活性层基板的。在专利文献1中,通过使振动板的短边方向与在所述晶面内使振动板的短边方向的杨氏模量小于长边方向的杨氏模量这样的方向相一致,从而使振动板的短边方向易于变形,并由此提高振动板的位移特性。

[0003] 但是,像专利文献1这样,在由杨氏模量根据晶面内的方向而变化的硅基材构成振动板的情况下,在振动板的周向上易于产生局部性的应力分布的不均匀的情况。这是因为,晶面内的杨氏模量的变化不仅在短边方向和长边方向这样的特定的两个取向上发生变化,而是跨及周向而连续地发生变化。因此,像专利文献1这样,如果仅仅通过短边方向和长边方向的杨氏模量而使振动板的方向一致,则有可能会因局部性的应力分布的不均匀而妨碍整体上振动板的位移,或者易于出现裂纹。

[0004] 专利文献1:日本特开2002-67307号

发明内容

[0005] 考虑到以上的实际情况,本发明的目的在于,在抑制裂纹的产生的同时,提高位移特性。

[0006] 为了解决以上的课题,本发明的压电器件具备:压力室;压电元件;振动板,其被配置在压力室与压电元件之间,振动板具有单晶硅基材的晶面{110},振动板具有在俯视观察时与压力室重叠的振动区域,压电元件在俯视观察时与振动区域重叠,当在周向上将振动区域分为从晶面内的晶体取向 $\langle -111 \rangle$ 至 $\langle 1-12 \rangle$ 的第一区域、从 $\langle 1-12 \rangle$ 至 $\langle 1-1-1 \rangle$ 的第二区域、从 $\langle 1-1-1 \rangle$ 至 $\langle -11-2 \rangle$ 的第三区域、从 $\langle -11-2 \rangle$ 至 $\langle -111 \rangle$ 的第四区域时,如果对振动区域的形状和将 $\langle -111 \rangle$ 的方向上的直径与 $\langle 1-12 \rangle$ 的方向上的直径设为共同并使用的假想的正圆形进行比较,则在第二区域和第四区域中所述振动区域的形状与假想的正圆形相比位于内侧,在第一区域和第三区域中所述振动区域的形状与假想的正圆形相比至少一部分位于外侧。根据以上的方式,在振动板具有单晶硅基材的晶面{110}的情况下,振动板的振动区域的形状成为与周向上的杨氏模量与泊松比的变化相对应的形状。因此,能够使在振动板的振动区域上产生的形变在周向上均匀化。由于能够使振动板整体易于进行位移,并能够抑制局部性地产生不均匀的应力集中的情况,因此能够在抑制裂纹的产生的同时提高振动板的位移特性。

[0007] 在本发明的优选的方式中,在第一区域中,在从晶体取向 $\langle -111 \rangle$ 起至向 $\langle 1-12 \rangle$ 侧59度的取向为止的区域中,振动区域位于假想的正圆形的外侧,在第三区域中,在从晶体取向 $\langle 1-1-1 \rangle$ 起至向 $\langle -11-2 \rangle$ 侧59度的取向为止的区域中,振动区域位于假想的正圆形的外侧。根据以上的方式,在晶面 $\{110\}$ 的第一区域和第三区域中,泊松比的变化没有那么大,相对于此,具有杨氏模量的变化较大的区域和较小的区域,从而能够在杨氏模量的变化较大的区域中使振动区域的直径大于假想的正圆形的直径。在杨氏模量的变化较大的区域中,由于易于抑制振动板的挠曲量,因此通过使振动区域的直径大于正圆形的直径,从而能够易于使振动板挠曲

[0008] 在本发明的优选的方式中,振动区域的形状在第一区域和第三区域中相对于振动区域的中心而为点对称,且在第二区域和第四区域中相对于振动区域的中心而为点对称。根据以上的方式,能够将振动区域的形状设为与晶面 $\{110\}$ 的杨氏模量和泊松比的对称性一致的形状。由此,能够提高使在振动板的振动区域上产生的形变在周向上均匀化的效果。

[0009] 为了解决以上的课题,本发明的压电器件具备:压力室;压电元件;振动板,其被配置在压力室与压电元件之间,振动板具有杨氏模量和泊松比根据晶体取向而不同的单晶硅基材的晶面,振动板具有在俯视观察时与压力室重叠的振动区域,压电元件在俯视观察时与振动区域重叠,如果将振动区域的预定的取向的直径设为 d_1 ,将预定的取向的杨氏模量设为 Y_1 且将泊松比设为 ν_1 ,并将振动区域的任意的取向的杨氏模量设为 Y 且将泊松比设为 ν ,则振动区域的任意的取向的直径 d 具有 $d = \sqrt{\{(d_1)^2 \times (1-\nu_1) \times Y/Y_1 \times (1-\nu)\}}$ 的关系。根据以上的方式,能够将振动板的振动区域的形状设为与周向上的杨氏模量和泊松比的变化相对应的形状。由此,能够使在振动区域的周向的任意的方向上产生的形变均匀化。因此,由于使振动板整体易于进行位移,且还能够抑制局部性地产生不均匀的应力集中的情况,因此能够在抑制裂纹的产生的同时提高振动板的位移特性。

[0010] 为了解决以上的课题,本发明的液体喷出头具备上述的各个方式中的任一个方式所述的压电器件,并且通过利用压电元件而使振动板进行振动从而使压力室的压力发生变动,进而使被填充在压力室内的液体从喷嘴喷出。根据以上的方式,能够提供一种具备可在抑制裂纹的产生的同时,提高位移效率的压电器件的液体喷出头。

[0011] 为了解决以上的课题,本发明的液体喷出装置具备上述的各个方式中的任一个方式所述的压电器件,并且通过利用压电元件而使振动板进行振动从而使压力室的压力发生变动,进而使被填充在压力室内的液体从喷嘴喷出。根据以上的方式,能提供一种具备可在抑制裂纹的产生的同时,提高位移效率的压电器件的液体喷出装置。

附图说明

[0012] 图1为本发明的第一实施方式所涉及的液体喷出装置的结构图。

[0013] 图2为液体喷出头的分解立体图。

[0014] 图3为图2所示的液体喷出头的III-III剖视图。

[0015] 图4为压电器件的剖视图以及俯视图。

[0016] 图5为图4所示的压电器件的V-V剖视图。

[0017] 图6为表示单晶硅基材的(100)面内的杨氏模量的各向异性的示例的曲线图。

[0018] 图7为表示单晶硅基材的(110)面内的杨氏模量的各向异性的示例的曲线图。

- [0019] 图8为放大了图4的振动区域的形状的图。
- [0020] 图9为第二实施方式的压电器件的俯视图。
- [0021] 图10为图9所示的压电器件的X-X剖视图。
- [0022] 图11为第二实施方式的改变例所涉及的压电器件的俯视图。

具体实施方式

[0023] 第一实施方式

[0024] 图1为对本发明的第一实施方式所涉及的液体喷出装置10进行例示的结构图。第一实施方式的液体喷出装置10为,向介质12喷出作为液体的示例的油墨的喷墨方式的印刷装置。虽然介质12典型而言为印刷纸张,但是也能够利用树脂薄膜或布帛等的任意的印刷对象来作为介质12。如图1所示,在液体喷出装置10中固定有对油墨进行贮留的液体容器14。作为液体容器14而能够利用例如相对于液体喷出装置10而可拆装的墨盒、由挠性薄膜形成的袋状的油墨包、或者能够补充油墨的油墨罐。色彩不同的多种油墨被贮留于液体容器14中。

[0025] 如图1所示,液体喷出装置10具备:控制装置20、输送机构22、移动机构24和多个液体喷出头26。控制装置20例如包括CPU(Central Processing Unit:中央处理单元)或者FPGA(Field Programmable Gate Array:现场可编程门阵列)等的处理电路和半导体存储器等的存储电路,并对液体喷出装置10的各个要素进行统一控制。输送机构22基于由控制装置20实施的控制而在Y方向上对介质12进行输送。

[0026] 移动机构24基于由控制装置20实施的控制而使多个液体喷出头26在X方向上往复。X方向为,与介质12被输送的Y方向交叉(典型而言为,正交)的方向。移动机构24具备搭载有多个液体喷出头26的滑架242、和固定有滑架242的无接头带244。另外,还能够将液体容器14与液体喷出头26一起搭载于滑架242上。

[0027] 多个液体喷出头26分别基于由控制装置20实施的控制而从多个喷嘴(喷出孔)N向介质12喷出从液体容器14被供给的油墨。通过在同时进行由输送机构22实施的介质12的输送和滑架242的反复的往复的条件下,使各个液体喷出头26向介质12喷出油墨,从而在介质12的表面上形成所需的图像。另外,在下文中,将与X-Y平面(例如与介质12的表面平行的平面)垂直的方向标记为Z方向。由各个液体喷出头26喷出的油墨的喷出方向(典型而言为,铅直方向)相当于Z方向。

[0028] 液体喷出头

[0029] 图2为任意一个液体喷出头26的分解立体图,图3为图2中的III-III剖视图。如图2所示,液体喷出头26具备在Y方向上排列的多个喷嘴N。第一实施方式的多个喷嘴N被划分为第一列L1和第二列L2。虽然也可以在第一列L1与第二列L2之间使喷嘴N的Y方向上的位置不同(即交替配置或者错开配置),但在图3中为了便于说明,而例示出了在第一列L1和第二列L2中使喷嘴N的Y方向的位置一致的结构。如图2所示,液体喷出头26为,与第一列L1的多个喷嘴N相关的要素、和与第二列L2的多个喷嘴N相关的要素以大致线对称的方式被配置的结构。

[0030] 如图2以及图3所示,液体喷出头26具备流道基板32。流道基板32为,包括表面F1和表面F2的板状部件。表面F1为Z方向的正侧的表面(介质12侧的表面),表面F2为与表面F1相

反一侧(Z方向的负侧)的表面。在流道基板32的表面F2上设置有压力产生部35和壳体部件40,在表面F1上设置有喷嘴板52和柔性基板54。液体喷出头26的各个要素概括而言,与流道基板32同样地为在Y方向上呈长条的板状部件,并且利用例如粘合剂而相互被接合在一起。另外,也可以将流道基板32和压力室基板34所层叠的方向作为Z方向来理解。

[0031] 压力产生部35为使产生用于从喷嘴N喷出油墨的压力变动的要素。本实施方式的压力产生部35通过对包含压力室基板34和压电器件39的第一基板A、包含配线连接基板(保护基板)38的第二基板B、和驱动IC62进行接合而被构成。压电器件39由被形成于压力室基板34上的后文叙述的压力室C、压电元件37、以及被配置于压力室C与压电元件37之间的振动板36构成,且为使压力室C内产生由振动引起的压力变动的要素。另外,关于压力产生部35以及压电器件39的详细内容将在后文叙述。

[0032] 喷嘴板52为形成有多个喷嘴N的板状部件,并且利用例如粘合剂而被设置于流道基板32的表面F1上。各个喷嘴N为油墨穿过的贯穿孔。第一实施方式的喷嘴板52通过利用半导体制造技术而对单晶硅(Si)基材(硅基板)进行加工,从而被制造出来。但是,在喷嘴板52的制造中能够任意地采用公知的材料与制造方法。

[0033] 流道基板32为用于形成油墨的流道的板状部件。如图2以及图3所示,在流道基板32上,针对第一列L1以及第二列L2的各个列而形成有空间RA、多个供给流道322和多个连通流道324。空间RA为在俯视观察时(即从Z方向观察时)沿着Y方向的长条状的开口,且供给流道322以及连通流道324为针对每个喷嘴N而形成的贯穿孔。多个供给流道322在Y方向上排列,多个连通流道324也同样地在Y方向上排列。此外,如图3所示,在流道基板32的表面F1上形成有跨及多个供给流道322的中间流道326。中间流道326为,对空间RA和多个供给流道322进行连结的流道。另一方面,连通流道324与喷嘴N连通。

[0034] 图2以及图3的配线连接基板38为用于对多个压电元件37进行保护的板状部件,且被设置在振动板36的表面(与压力室C相反一侧的表面)上。配线连接基板38的材料、制造方法是任意的,但是与流道基板32、压力室基板34同样地,能够通过利用半导体制造技术而对单晶硅(Si)基材(硅基板)进行加工,从而形成配线连接基板38。如图2以及图3所示,在配线连接基板38中的与振动板36侧的表面(以下,称为“接合面”)相反一侧的表面(以下,称为“安装面”)上设置有驱动IC62。驱动IC62为搭载有驱动电路的大致矩形形状的IC芯片,所述驱动电路通过基于由控制装置20实施的控制而生成以及供给驱动信号,从而对各个压电元件37进行驱动。在配线连接基板38的安装面上,针对每个压电元件37而形成有与驱动IC62的驱动信号(驱动电压)的输出端子连接的配线384。此外,在配线连接基板38的安装面上,与驱动IC62的基极电压(压电元件37的驱动信号的基极电压)的输出端子相连接的配线385以沿着压电元件37的配置而在Y方向上连续的方式被形成。

[0035] 图2以及图3所示的壳体部件40为,用于对向多个压力室C(进一步为多个喷嘴N)供给的油墨进行贮留的壳体。壳体部件40中的Z方向的正侧的表面例如通过粘合剂而被固定在流道基板32的表面F2上。如图2以及图3所示,在壳体部件40中的Z方向的正侧的表面上形成有在Y方向上延伸的槽状的凹部42。配线连接基板38以及驱动IC62被收纳于凹部42的内侧。壳体部件40由与流道基板32、压力室基板34不同的材料形成。例如,能够通过树脂材料的注塑成形来制造壳体部件40。但是,在壳体部件40的制造中也可以任意地采用公知的材料、制造方法。作为壳体部件40的材料,优选为例如合成纤维、树脂材料。

[0036] 如图3所示,在壳体部件40上,针对第一列L1以及第二列L2的各个列而形成有空间RB。壳体部件40的空间RB与流道基板32的空间RA相互连通。由空间RA和空间RB构成的空间,作为对向多个压力室C被供给的油墨进行贮留的液体贮留室(贮液器)R而发挥功能。液体贮留室R为跨及多个喷嘴N的共同液室。在壳体部件40中的与流道基板32相反的一侧的表面上,针对第一列L1以及第二列L2的各个列而形成有用于向液体贮留室R导入从液体容器14被供给的油墨的导入口43。

[0037] 从液体容器14被供给至导入口43的油墨被贮留于液体贮留室R的空间RB和空间RA中。贮留于液体贮留室R中的油墨从中间流道326向多个供给流道322分支并以并列的方式被供给并填充于各个压力室C中。

[0038] 如图2所示,在表面F1上设置有柔性基板54。柔性基板54为,对液体贮留室R内的油墨的压力变动进行吸收的挠性的薄膜。如图3所示,柔性基板54以对流道基板32的空间RA、中间流道326和多个供给流道322进行封闭的方式被设置于流道基板32的表面F1上,从而构成液体贮留室R的壁面(具体而言为底面)。

[0039] 图3所示的压力产生部35通过层叠第一基板A、第二基板B和驱动IC62而构成。第一基板A为包括压力室基板34、振动板36和多个压电元件37在内的基板,第二基板B为包含配线连接基板38在内的基板。

[0040] 压力室基板34为针对第一列L1以及第二列L2的各列而形成有构成压力室C的多个开口342的板状部件,且例如利用粘合剂而被设置于流道基板32的表面F2上。多个开口342在Y方向上排列。各开口342为,针对每个喷嘴N而形成且在俯视观察时沿着X方向的长条状的贯穿孔。与前述的喷嘴板52相同地,流道基板32以及压力室基板34通过利用半导体制造技术而对单晶硅(Si)基材(硅基板)进行加工,从而被制造出来。但是,在流道基板32以及压力室基板34的制造中也可以任意地采用公知的材料、制造方法。在压力室基板34中的与流道基板32相反侧的表面上设置有压电器件39。

[0041] 压电器件

[0042] 图4为放大了压电器件39的剖视图以及俯视图。图4的剖视图(图4的上侧的图)为沿X-Z平面对压电器件39进行剖切而得到的图,图4的俯视图(图4的下侧的图)为从Z方向对压电器件39进行观察的图。图5为

[0043] 图4所示的压电器件39的V-V剖视图。

[0044] 如图4以及图5所示,压电器件39由压力室C、压电元件37和振动板36构成,并通过利用压电元件37而使振动板36进行振动,从而使各个压力室C产生压力变动。图4的压力室C的内周345的形状为,在俯视观察时为大致圆形。压力室C的内周345的形状为,在从Z方向进行俯视观察时的压力室C的内周345的形状,且划定了振动板36的振动区域P。振动板36的振动区域P为,振动板36中的在俯视观察时与压力室C重叠的区域,且为构成压力室C的壁面(上表面)的区域。压电元件37以在俯视观察时与压力室C重叠的方式被配置。具体而言,压电元件37以在俯视观察时与压力室C的中心(振动区域P的中心)O重叠的方式被配置在振动板36上。

[0045] 如图2以及图3所示,流道基板32的表面F2与振动板36在各个开口342的内侧处以相互隔开间隔的方式而对置。在开口342的内侧处,位于流道基板32的表面F2和振动板36之间的空间作为用于对被填充至该空间内的油墨施加压力的压力室C而发挥功能。压力室C针

对每个喷嘴N而独立地被形成。如图2所示,对于第一列L1以及第二列L2的各个列而言,多个压力室C(开口342)在Y方向上排列。任意一个压力室C经由供给流道322和中间流道326而与空间RA连通,并且经由连通流道324而与喷嘴N连通。

[0046] 如图2以及图3所示,在振动板36中的与压力室C相反一侧的表面上,针对第一列L1以及第二列L2的各个列而设置有与不同的喷嘴N相对应的多个压电元件37。压电元件37为,通过驱动信号的供给而发生变形从而使压力室C产生压力的压力产生元件。多个压电元件37以与各个压力室C相对应的方式在Y方向上排列。

[0047] 压电元件37为,使压电体层介于相互对置的第一电极与第二电极之间的层叠体。通过对第一电极与第二电极之间施加电压,从而在被第一电极和第二电极夹持的压电体层上发生压电形变进而发生位移。因此,压电元件37为,第一电极、第二电极和压电体层相重叠的部分。通过振动板36与该压电体层373的压电形变联动的方式进行振动,从而使压力室C内的压力发生变动。另外,也可以在压电元件37和振动板36之间设置有用以确保紧贴力的紧贴层。即,压电元件37无需直接被设置于振动板36的表面上,也可以经由紧贴层而被设置于振动板36的表面上。作为紧贴层,能够使用锆、氧化锆、钛、氧化钛、氧化硅等。

[0048] 如图4以及图5所示,振动板36为可弹性地振动的板状部件。本实施方式的振动板36由杨氏模量和泊松比根据晶面内的方向而不同的各向异性的单晶硅基材构成,振动板36的表面由单晶硅基材的晶面构成。但是,上述单晶硅基材的晶体并不限定于处于振动板36的表面,只要至少振动板36具有上述单晶硅基材的晶体即可。在例如振动板36为层叠多个材料而成的情况下,只要在层叠的材料上含有单晶硅基材的晶体即可。振动板36以层叠的方式与压力室C的侧壁344(压力室基板34)接合,并构成了与压力室C的侧壁344交叉的壁面(具体而言为上表面)。如上文所述,振动板36的振动区域P为,振动板36中的在俯视观察时与压力室C重叠的区域(构成压力室C的上表面的区域),并通过压电元件37而发生挠曲,从而在Z方向上进行位移。本实施方式的振动区域P为在俯视观察时与压力室C相同的大致圆形,并具有沿着X方向穿过中心O的轴G_x、和沿着Y方向穿过中心O的轴G_y。

[0049] 在这样的结构的压电器件39中,如图4以及图5的虚线所示那样,通过压电元件37的压电形变而在振动板36的振动区域P中产生向Z方向的位移H。在该情况下,例如依据硅基材的晶面,根据晶面内的方向而使杨氏模量和泊松比变化。

[0050] 图6为表示晶面为(100)面(与晶面垂直的晶体取向为[100])的单晶硅基材的(100)面内的泊松比和杨氏模量的各向异性的示例的曲线图。在图6中,用实线来表示泊松比的各向异性的曲线图,用虚线来表示杨氏模量的各向异性的曲线图。图6为极坐标,且距离中心越远,则杨氏模量或泊松比越大。

[0051] 如图6所示,晶面为(100)面的单晶硅基材的(100)面内的杨氏模量具有大致正方形的各向异性,相对于此,泊松比具有四个叶状各向异性。如此,在单晶硅基材的(100)面内,杨氏模量和泊松比在周向上连续地变化,而且,杨氏模量和泊松比的各向异性不同。在图6中,杨氏模量成为最小值的是四个晶体取向[010]、[001]、[0-10]、[00-1],如果将这些取向设为D_m,则在从取向D_m例如逆时针旋转45度的取向D_n上,杨氏模量成为最大值。另一方面,图6所示的泊松比在杨氏模量变小的晶体取向[001]等的附近处,泊松比的变化变大。

[0052] 图7为表示晶面为(110)面的单晶硅基材的(110)面内的泊松比和杨氏模量的各向异性的示例的曲线图。在图7中,用实线来表示泊松比的各向异性的曲线图,用虚线来表示

杨氏模量的各向异性的曲线图。图7为极坐标,且距离中心越远,则杨氏模量或泊松比越大。

[0053] 如图7所示,单晶硅基材的(110)面内的杨氏模量具有大致长方形的各向异性,相对于此,泊松比具有四个叶状各向异性。如此,即使在单晶硅基材的(110)面内,杨氏模量和泊松比也在周向上连续地变化,而且,杨氏模量和泊松比的各向异性不同。在图7中,在(110)面内,例如在晶体取向[001]上杨氏模量成为最小,且在从晶体取向[001]例如逆时针旋转45度的晶体取向[1-11]上杨氏模量成为最大值。另一方面,在杨氏模量变小的晶体取向[001]等的附近处,泊松比的变化变大。

[0054] 如此,在杨氏模量和泊松比根据晶体取向而变化的单晶硅基材中,杨氏模量和泊松比在周向上连续地变化。因此,在由这样的单晶硅基材构成振动板36的情况下,在振动板36的周向上易于产生局部性的应力分布的不均匀的情况。这是因为,晶面内的杨氏模量的变化不仅在如短边方向和长边方向这样的特定的两个取向上发生变化,而且还跨及周向而连续地变化。因此,如果假设仅通过短边方向和长边方向的杨氏模量而使振动板36的方向一致,则由于局部性的应力分布的不均匀,从而有可能会妨碍整体上振动板36的位移,或者易于产生裂纹。如果产生裂纹,则压电元件37或压力室C将易于被损坏。而且,由于杨氏模量和泊松比的各向异性不同,因此不仅需要考虑振动板36的周向上的杨氏模量的变化,而且也需要在考虑泊松比的变化时,考虑振动板36的振动区域P的形状(压力室C的内周345的形状)。

[0055] 因此,在第一实施方式中,将振动板36的振动区域P的形状设为与周向上的杨氏模量和泊松比的变化相对应的形状。由此,能够使在振动板36的振动区域P上产生的形变在周向上均匀化。因此,由于使振动板36整体易于进行位移,且能够抑制局部性地产生不均匀的应力集中的情况,因此能够在抑制裂纹的产生的同时,提高振动板36的位移特性。

[0056] 以下,根据杨氏模量以及泊松比的取向与振动区域P的位移之间的关系来对振动板36的振动区域P的形状进行说明。如果将压电体层373的Z方向的压电应力常数设为 e_f [N/V/m],将施加电场设为 E [V/m],则压电元件37的产生应力 F [N]能够以下述数学式(1)来表示。

$$[0057] \quad F = e_f \times E \cdots (1)$$

[0058] 如图4的剖视图所示那样,如果将振动板36的厚度设为 h [m],将振动区域P的直径设为 d [m],将该直径方向的杨氏模量设为 Y 且将泊松比设为 ν ,则振动区域P的中心(压力室C的中心)O的位移(挠曲) H [m]能够以下述数学式(2)来表示。

$$[0059] \quad H = 3 \times F \times d^2 \times (1 - \nu) / (h^2 \times Y) \cdots (2)$$

[0060] 在此,如果将预定的取向的振动区域P的直径设为 d_1 ,并且将任意取向的振动区域P的直径设为 d ,将硅基材的预定的取向的杨氏模量设为 Y_1 ,并且将泊松比设为 ν_1 ,将硅基材的任意取向的杨氏模量设为 Y ,并且将泊松比设为 ν ,则当存在下述数学式(3)的关系时,能够使在振动区域P上产生的形变在周向上均匀化。下述数学式(3)的关系为,振动区域P的预定的取向上的直径 d_1 的中心位置的位移(挠曲) H_1 、与振动区域P的任意取向上的直径 d 的中心位置的位移(挠曲) H 变得相等的关系。若对下述数学式(3)进行整理时,则能够导出下述数学式(4)。另外,虽然作为上述预定的取向,能够选择例如[-111]的晶体取向,但并不限定于此,也可以选择其他的晶体取向。

$$[0061] \quad H1 = 3 \times F \times d1^2 \times (1 - \nu1) / (h^2 \times Y)$$

$$[0062] \quad = 3 \times F \times d^2 \times (1 - \nu) / (h^2 \times Y) = H \cdots (3)$$

$$[0063] \quad d = \sqrt{\{ (d1)^2 \times (1 - \nu1) \times Y / Y1 \times (1 - \nu) \}} \cdots (4)$$

[0064] 因此,通过将振动区域P的形状设为具有上述数学式(4)的关系的形状,从而能够将振动区域P的形状设为与根据晶体取向而不同的杨氏模量和泊松比相对应的形状。由此,能够在振动板36的振动区域P上产生的形变在周向上均匀化。此外,如图4的俯视图所示那样,通过将压电元件37的形状也设为与振动区域P的形状相似的形状,从而对于压电元件37而言也能够设为与根据晶体取向而不同的振动板36的杨氏模量和泊松比相对应的形状。由此,能够在振动区域P的周向上使压电元件37的面内方向的形变也均匀化。

[0065] 根据以上的结构,由于能够使振动板36整体易于进行位移,还能够抑制局部性地产生不均匀的应力集中的情况,因此能够在抑制裂纹的产生的同时,提高振动板36的位移特性。另外,在制造本实施方式的振动板36的情况下,以使振动板36的方向与硅基材(硅晶片)的晶体取向相一致的方式进行制造,并切出振动板36。在本实施方式中,使用由晶面为(110)面的单晶硅基材构成的硅晶片,而以例如振动区域P的轴Gx的方向成为晶面内的晶体取向[010]的方式来形成振动板36,并将其从硅晶片中切出。

[0066] 图8为放大了图4的振动区域P的形状的图。图8为,在由单晶硅基材的晶面(110)构成振动板36的表面的情况下以使振动区域P的形状成为具有上述数学式(4)的关系的形状而形成压力室C的内周345的图。另外,在由单晶硅基材的晶面(100)构成振动板36表面的情况下,由于具有上述数学式(4)的关系的形状成为正圆形,因此虽然未特别地进行图示,但在由单晶硅基材的晶面(110)构成振动板36表面的情况下,由于具有上述数学式(4)的关系的形状成为大致圆形,因此在下文中更加详细地进行说明。

[0067] 由于图8的振动区域P的形状为大致圆形,因此通过与假想的正圆形Q重叠的方式来进行比较,从而对振动区域P的形状的特征进行说明。如图8所示,振动区域P的轴Gx沿着晶体取向[-111]以及[1-1-1],轴Gy沿着晶体取向[1-12]以及[-11-2]。假想的正圆形Q将振动区域P的直径d中的晶体取向[-111]的方向的直径(沿着轴Gx的直径)dx和晶体取向[1-12]的方向的直径(沿着轴Gy的直径)dy设为共同并使用。假想的正圆形Q的中心O与振动区域P的中心O一致。

[0068] 在图8中,将振动板36的振动区域P在周向上分成如下区域,即,从晶面内的晶体取向[-111]至[1-12]为止的第一区域K1、从[1-12]至[1-1-1]为止的第二区域K2、从[1-1-1]至[-11-2]为止的第三区域K3、从[-11-2]至[-111]的第四区域K4。此时,如果对振动区域P的形状与假想的正圆形Q进行比较,则在第二区域K2和第四区域K4中与假想的正圆形Q相比位于内侧,在第一区域K1和第三区域K3中与假想的正圆形Q相比至少一部分位于外侧。因此,在区域K2和区域K4中振动区域P的直径d小于假想的正圆形Q的直径。

[0069] 而且,当将第一区域K1分为从晶体取向[-111]起至向[1-12]侧59度的取向Dw为止的区域K1'、和从取向Dw起至[1-12]为止的区域K1''时,在区域K1'中,振动区域P位于假想的正圆形Q的外侧。同样地,当将第三区域K3分为从晶体取向[1-1-1]起至向[-11-2]侧59度的取向Dw'为止的区域K3'、和从取向Dw'起至[-11-2]为止的区域K3''时,在区域K3'中,振动区域P位于假想的正圆形Q的外侧。因此,在区域K1'和区域K3'中,振动区域P的直径d大于假想的正圆形Q的直径。

[0070] 另一方面,在图7中,当对晶面(110)内的第一区域K1至第四区域K4中的杨氏模量和泊松比的变化进行观察时,则虽然在第一区域K1和第三区域K3中,泊松比的变化与第二区域K2和第四区域K4相比没有那么小,但是与第二区域K2和第四区域K4相比,杨氏模量从最大值(取向Dn)至最小值(取向Dm)为止较大程度地发生了变化。特别地,杨氏模量的变化变大的是,包括最大值(取向Dn)和最小值(取向Dm)的区域K1'和区域K3'。相对于此,在区域K1''和区域K3''中,与其他的区域相比,杨氏模量和泊松比的变化均较小。

[0071] 如第一区域K1的区域K1'和第三区域K3的区域K3'那样,在与泊松比的变化相比杨氏模量的变化较大的区域中,由于振动板36的挠曲量易于被抑制,因此通过使振动区域P的直径d大于正圆形Q的直径,从而能够使振动板易于挠曲。相对于此,如第一区域K1的区域K1''和第三区域K3的区域K3''那样,在泊松比和杨氏模量的变化均较小的区域中,通过将振动区域P的直径d设为与正圆形Q的直径大致相同,从而能够减小周向的变化。

[0072] 相对于此,在图7中,在第二区域K2和第四区域K4中,虽然杨氏模量的变化与第一区域K1和第三区域K3相比没有那么小,但是与第一区域K1和第三区域K3相比,泊松比从最大值(取向Dn')至最小值(取向Dm')为止较大程度地发生了变化。如第二区域K2和第四区域K4那样,在与杨氏模量的变化相比泊松比的变化较大的区域中,由于根据周方向而振动板36的面内方向的收缩量变化较大,因此通过使振动区域P的直径d小于正圆形Q的直径,从而能够缓和因周向上的振动板36的面内方向的收缩量的变化所造成的对振动板36的挠曲的影响。

[0073] 如上文所述,根据本实施方式,能够将振动板36的振动区域P的形状设为与在周向上的杨氏模量和泊松比的变化相对应的形状。因此,能够使在振动板36的振动区域P上产生的形变在周向上均匀化。由于能够使振动板36整体易于位移,并能够抑制局部性地产生不均匀的应力集中的情况,因此能够在抑制裂纹的产生的同时,提高振动板36的位移特性。

[0074] 此外,图8所示的振动区域P的形状在第一区域K1和第三区域K3中相对于振动区域P的中心O而为点对称,且在第二区域K2和第四区域K4中,相对于振动区域P的中心O也为点对称。另一方面,图7所示的晶面{110}的周向上的杨氏模量和泊松比的变化在第一区域K1和第三区域K3中相对于中心O而为点对称,且在第二区域K2和第四区域K4中,相对于中心O也为点对称。因此,通过将振动区域P的形状设为图8这样的形状,从而能够设为与晶面{110}的杨氏模量和泊松比的对称性一致的形状。由此,能够提高使在振动板36的振动区域P上产生的形变在周向上均匀化的效果。

[0075] 另外,虽然在图8中例示了振动区域P的形状成为具有上述数学式(4)的关系的形状的情况,但并不限于于此,振动区域P的形状也可以为接近于满足上述数学式(4)的形状的形状。例如,振动区域P的形状只要为具有如下的特征的形状即可,所述特征为,在第二区域K2和第四区域K4中与假想的正圆形Q相比位于内侧,在第一区域K1和第三区域K3中与假想的正圆形Q相比至少一部分位于外侧。此外,虽然在图8中,例示了在第一区域K1和第三区域K3中相对于振动区域P的中心O而为点对称、且在第二区域K2和第四区域K4中相对于振动区域P的中心O也为点对称的情况,但并不限于于此,也可以不一定为点对称。

[0076] 另外,虽然例示了图8的振动区域P为将图7所示的单晶硅基材的晶面(110)设为振动板36的表面(上表面)的情况,但由于单晶硅为立方晶系,因此即使在将与晶面(110)等效的晶面即(011)面或(101)面设为振动板36的表面(上表面)的情况下,也能够应用本实施方

式的结构。即使晶面为(011)面或(101)面,杨氏模量和泊松比也成为图7这样的形状。但是,在晶面为(011)面的情况下,将在图7中作为基准的七个晶体取向 $[-111]$ 、 $[-112]$ 、 $[001]$ 、 $[1-12]$ 、 $[1-11]$ 、 $[1-10]$ 、 $[1-1-1]$ 分别替换成晶体取向 $[1-11]$ 、 $[1-12]$ 、 $[100]$ 、 $[21-1]$ 、 $[11-1]$ 、 $[01-1]$ 、 $[-11-1]$ 来应用。此外,在晶面为(101)面的情况下,将图7的晶体取向 $[-111]$ 、 $[-112]$ 、 $[001]$ 、 $[1-12]$ 、 $[1-11]$ 、 $[1-10]$ 、 $[1-1-1]$ 分别替换成晶体取向 $[11-1]$ 、 $[12-1]$ 、 $[010]$ 、 $[-121]$ 、 $[-1-11]$ 、 $[-101]$ 、 $[-1-11]$ 来应用。如此,晶面(100)、(010)、(001)均为等效,从而能够将这些面组统一标记为晶面{100}。

[0077] 此外,由于晶体取向 $[-111]$ 、 $[1-11]$ 、 $[11-1]$ 均为等效,因此能够将晶体取向 $[-111]$ 以及与其等效的方向组统一标记为晶体取向 $\langle -111 \rangle$ 。同样地,能够将晶体取向 $[1-12]$ 以及与其等效的方向组统一标记为 $\langle 1-12 \rangle$,将晶体取向 $[1-1-1]$ 以及与其等效的方向组统一标记为 $\langle 1-1-1 \rangle$,将晶体取向 $[-11-2]$ 以及与其等效的方向组统一标记为 $\langle -11-2 \rangle$ 。

[0078] 此外,在图6所示的晶面为(100)面的单晶硅基材中,也可以将该晶面设为振动板36的表面(上表面)。而且,由于单晶硅为立方晶系,因此即使在将与晶面(100)等效的晶面即(010)面或(001)面设为振动板36的表面(上表面)的情况下,也能够应用本实施方式的结构。即使晶面为(010)面或(001)面,杨氏模量和泊松比也成为图6这样的形状。但是,在晶面为(010)面的情况下,将在图6中作为基准的三个晶体取向 $[010]$ 、 $[011]$ 、 $[001]$ 分别替换成晶体取向 $[-100]$ 、 $[-101]$ 、 $[001]$ 来应用。此外,在晶面为(001)面的情况下,将图6的晶体取向 $[010]$ 、 $[011]$ 、 $[001]$ 分别替换成晶体取向 $[010]$ 、 $[-110]$ 、 $[-100]$ 来应用。如此,晶面(100)、(010)、(001)均为等效,从而能够将这些的面组统一标记为晶面{100}。

[0079] 第二实施方式

[0080] 对本发明的第二实施方式进行说明。对于下文所例示的各方式中作用或功能与第一实施方式相同的要素,将沿用在第一实施方式的说明中所使用的符号并适当地省略各自的详细说明。在第二实施方式中,对关于第一实施方式所涉及的压电器件39的压电元件37的具体的结构例进行说明。图9以及图10为图4的压电元件37的具体的结构例。图9为从Z方向进行观察第二实施方式所涉及的压电器件39的情况下的俯视图。图10为图4所示的压电器件39的XVII-XVII剖视图。

[0081] 如图9以及图10所示,第二实施方式的压电元件37以在俯视观察时与振动区域P的中心O重叠的方式被配置在振动板36上。图9的压电元件37为,使压电体层373介于相互对置的第一电极371与第二电极372之间的层叠体。图9的压电元件37通过向第一电极371与第二电极372之间施加电压,从而在被第一电极371和第二电极372夹持的压电体层373上发生压电变形从而进行位移。因此,在图9的结构中,第一电极371、第二电极372和压电体层373在俯视观察时重叠的部分相当于压电元件37。

[0082] 第一电极371针对每个压电元件37(每个喷嘴N)而被独立地形成于振动板36的表面上。各个第一电极371为沿着Y方向而延伸的电极。各个第一电极371经由被引出至压电体层373的外侧的引线电极371A而与驱动IC62连接。各个引线电极371A彼此被电连接,从而各个第一电极371成为多个压电元件37的共同电极。

[0083] 第一电极371经由被引出至压电体层373的外侧的引线电极371A而与驱动IC62连接。第一电极371成为多个压电元件37的共同电极。第一电极371的材料优选为在使压电体

层373成膜时不氧化而能够维持导电性的材料,例如,优选使用以铂(Pt)、铱(Ir)等的贵金属、或镧镍氧化物(LNO)等为代表的导电性氧化物。

[0084] 在各个第一电极371的表面(与振动板36相反一侧的表面)上,针对每个压电元件37(每个喷嘴N)而独立地形成有压电体层373和第二电极372。如图10所示,各个第二电极372相对于第一电极371而被层叠在与振动板36相反一侧上,各个压电体层373以被第一电极371和第二电极372夹持的方式而层叠。各个第二电极372为沿着Y方向而延伸的电极。各个第二电极372经由被引出至压电体层373的外侧的引线电极372A而独立地连接于驱动IC62。

[0085] 压电体层373为例如钙钛矿结构的晶体膜(钙钛矿型晶体)等的表示电气机械转换作用的强介电性陶瓷材料。另外,作为压电体层373的材料,并不限于上述的材料,例如能够使用锆钛酸铅(PZT)等的强介电性压电材料,或在其中添加氧化铌、氧化镍或氧化镁等的金属氧化物的材料,除此之外,并不限于含铅的铅类的压电材料,也能够使用不含铅的非铅类的压电材料。

[0086] 压电体层373针对每个压力室C而以图案形成的方式被形成。第二电极372被设置于压电体层373的与第一电极371相反一侧的面上,且构成了对应于多个压电元件37的独立电极。另外,第二电极372也可以被直接设置于压电体层373上,而且,也可以有其他的部件介于压电体层373与第二电极372之间。

[0087] 作为第二电极372,期望为能够良好地形成与压电体层373之间的界面并能够发挥绝缘性以及压电特性的材料,从而优选使用例如铱(Ir)、铂(Pt)、钯(Pd)、金(Au)等的贵金属、以及以镧镍氧化物(LNO)为代表的导电性氧化物。此外,第二电极372也可以为层叠了多个材料的电极。

[0088] 另外,虽然本实施方式的压电元件37例示了将第一电极371设为多个压电元件37的共同电极并将第二电极372设为对应于多个压电元件37的独立电极的情况,但并不限于该结构,也可以将第二电极372设为多个压电元件37的共同电极,而将第一电极371设为对应于多个压电元件37的独立电极。此外,虽然在上述实施方式中,例示了由单层构成振动板36的情况,但并不限于此,也可以由多个层构成。

[0089] 虽然在第一实施方式中,例示了以分体的方式构成压力室基板34和振动板36的情况,但并不限于此,如本实施方式这样,也可以将压力室基板34和振动板36设为一体,从而一次形成使压力室C和振动板36。在该结构中,通过与上述晶体取向相一致的方式选择性地去除预定的厚度的单晶硅基材中的与压力室C对应的区域中的厚度方向上的一部分,从而一次形成压力室C和振动板36。

[0090] 在这样的第二实施方式中,与第一实施方式相同地,由单晶硅基材的晶面(110)构成振动板36的表面。振动区域P的形状与图8所示的形状相同,压电元件37的形状为振动区域P的形状的相似形状。因此,即使在第二实施方式的压电器件39中,也与第一实施方式相同地,能够在抑制振动板36或压电元件37的裂纹的产生的同时提高振动板36的位移特性。

[0091] 另外,在图11所示的第二实施方式的改变例的结构中,在压电元件37与振动板36之间设置用于确保紧贴力的紧贴层376。图11的紧贴层376由氧化硅膜376A和氧化锆膜376B构成。氧化硅膜376A和氧化锆膜376B依次被层叠于振动板36上。由于紧贴层376与构成振动板36的单晶硅相比韧性较高,因此尽可能地设为较薄,并且也可以如图11所示那样不形成

在靠近侧壁344的内周345的部分上。通过采用这样的结构,从而与跨及振动区域P的整体而形成紧贴层376的情况相比,由于压力室C的靠近侧壁344的内周345的部分易于发生变形,因此能够提高振动板36的位移特性。

[0092] 改变例

[0093] 以上所例示的方式以及实施方式可以以多样的形式进行变形。以下,例示了具体的变形方式。在相互不矛盾的范围内可以适当地合并从以下的例示或上述的方式中任意地选择的两个以上的方式。

[0094] (1)虽然在上述的实施方式中,例示了使搭载有液体喷出头26的滑架242沿着X方向而反复地进行往复移动的串行头,但是也可以将本发明应用于使液体喷出头26以跨及介质12的整个宽度的方式而排列的行式头。

[0095] (2)虽然在上述的实施方式中,例示了利用了向压力室施加机械式的振动的压电元件的压电方式的液体喷出头26,但是也可以采用利用通过加热而使压力室的内部产生气泡的发热元件的热方式的液体喷出头。

[0096] (3)除了被专用于印刷的设备之外,还可以在传真装置或复印机等的各种设备中采用上述的实施方式中所例示的液体喷出装置10。不过,本发明的液体喷出装置10的用途并不被限定于印刷。例如,喷出颜色材料的溶液的液体喷出装置可作为形成液晶显示装置的彩色滤波器或形成有机EL (Electro Luminescence:电致发光) 显示器、FED(面发光显示器)等的制造装置而被利用。此外,喷出导电材料的溶液的液体喷出装置也可以作为形成配线基板的配线或电极的制造装置而被利用。此外,还可以作为喷出作为液体的一种的生物体有机物的溶液的芯片制造装置而被利用。

[0097] 符号说明

[0098] 10…液体喷出装置;12…介质;14…液体容器;20…控制装置;22…输送机构;24…移动机构;242…滑架;244…无接头带;26…液体喷出头;32…流道基板;322…供给流道;324…连通流道;326…中间流道;34…压力室基板;342…开口;344…侧壁;345…内周;35…压力产生部;36…振动板;37…压电元件;371…第一电极;371A…引线电极;372…第二电极;372A…引线电极;373…压电体层;376…紧贴层、376A…氧化硅膜、376B…氧化锆膜;38…配线连接基板;384…配线;385…配线;39…压电器件;40…壳体部件;42…凹部;43…导入口;45…逆时针旋转;52…喷嘴板;54…可塑性基板;62…驱动IC;d、d1…直径、h…振动板的厚度、 ν 、 ν_1 …泊松比、A…第一基板、B…第二基板、C…压力室、Dw…取向、Dw'…取向、F1…表面、F2…表面、H…位移、K1…第一区域、K2…第二区域、K3…第三区域、K4…第四区域、L1…第一列、L2…第二列、N…喷嘴、O…中心、P…振动区域、Q…假想的正圆形、R…液体贮留室、RA…空间、RB…空间。

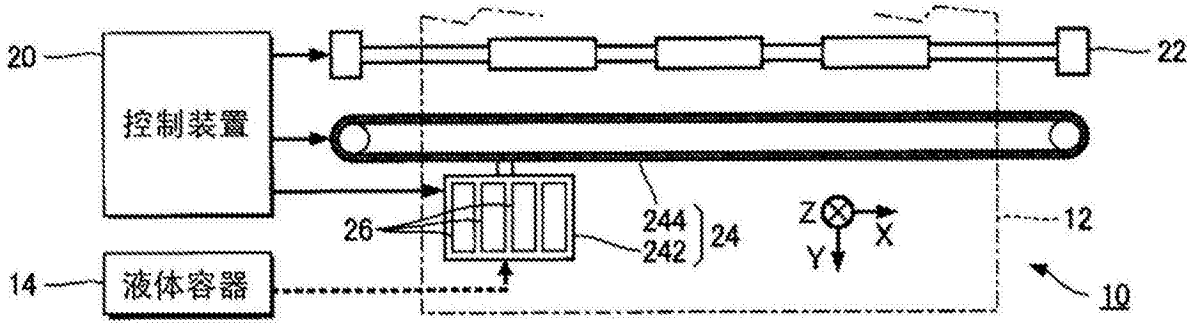


图1

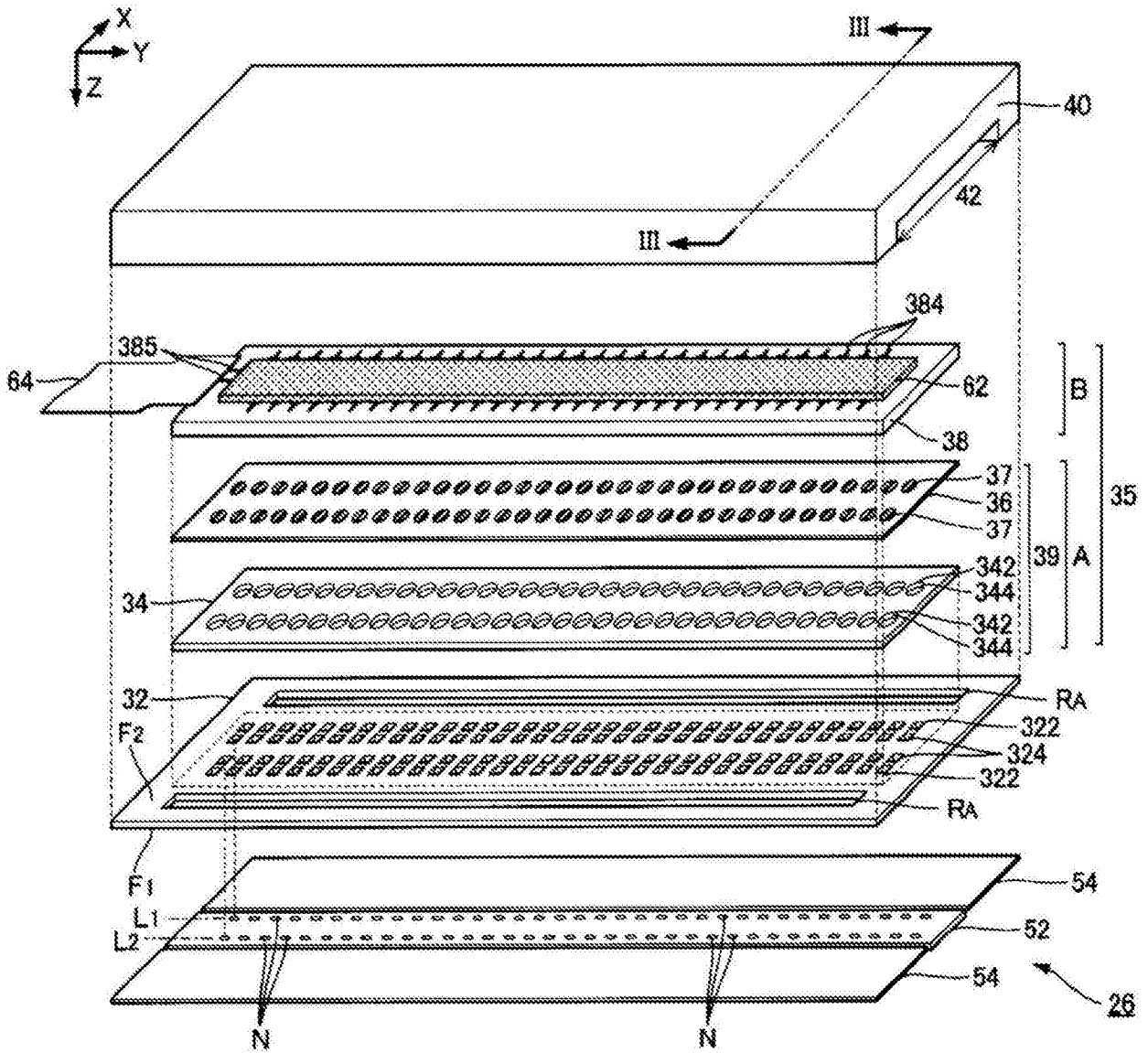


图2

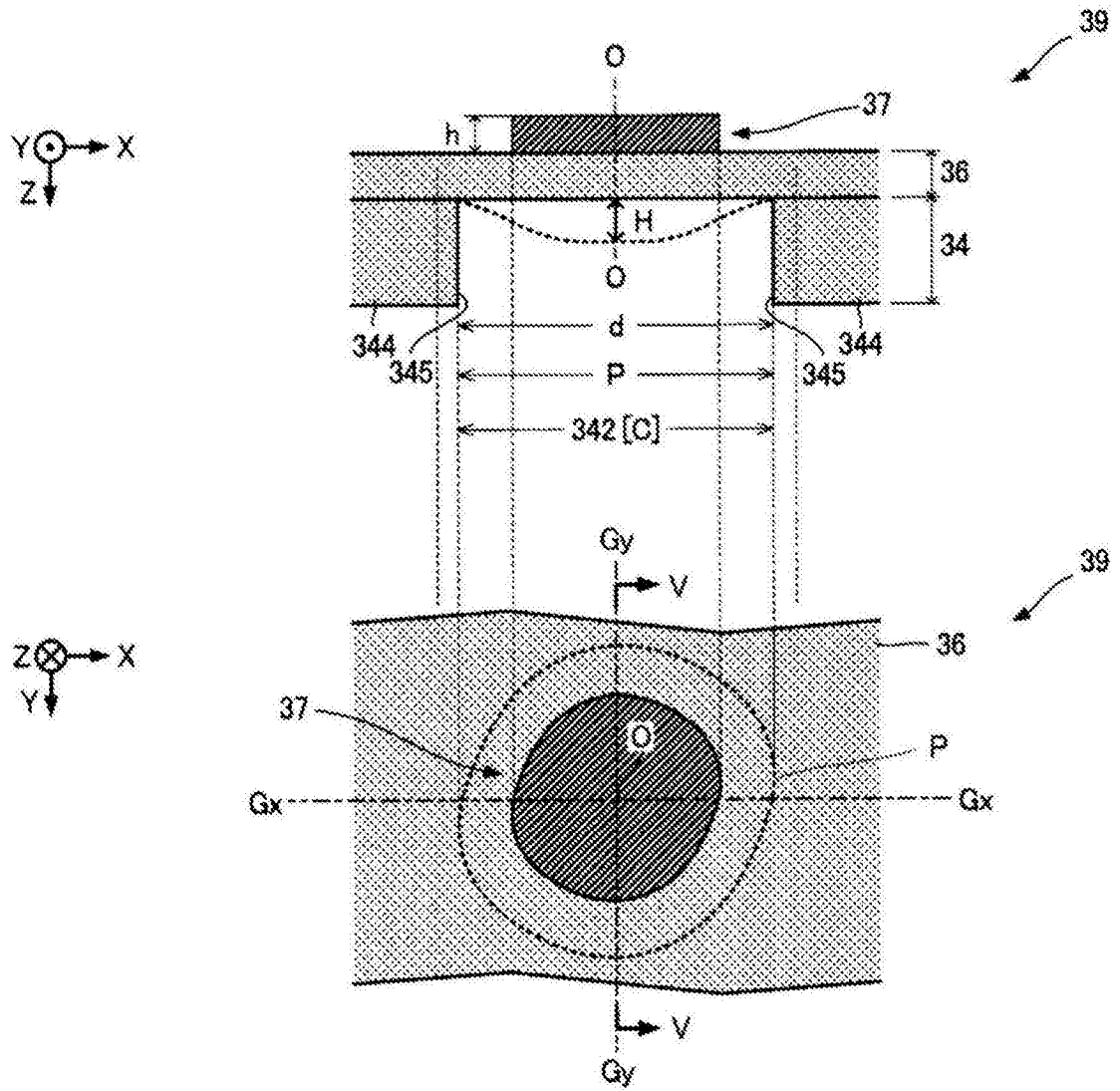


图4

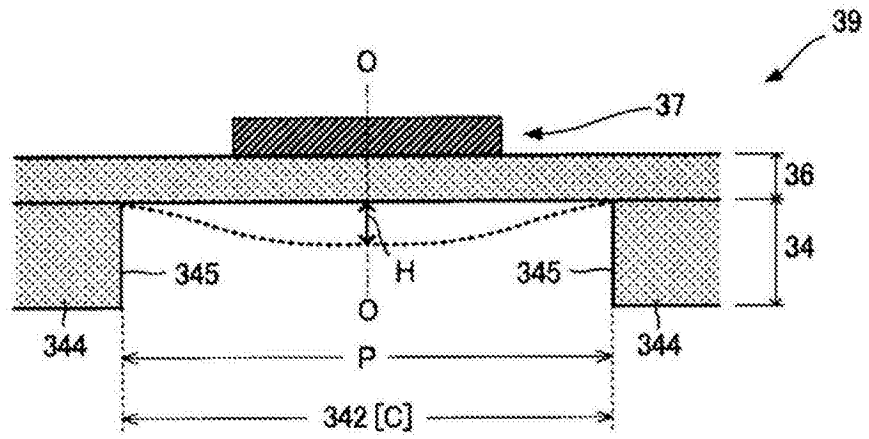
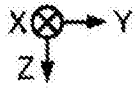


图5

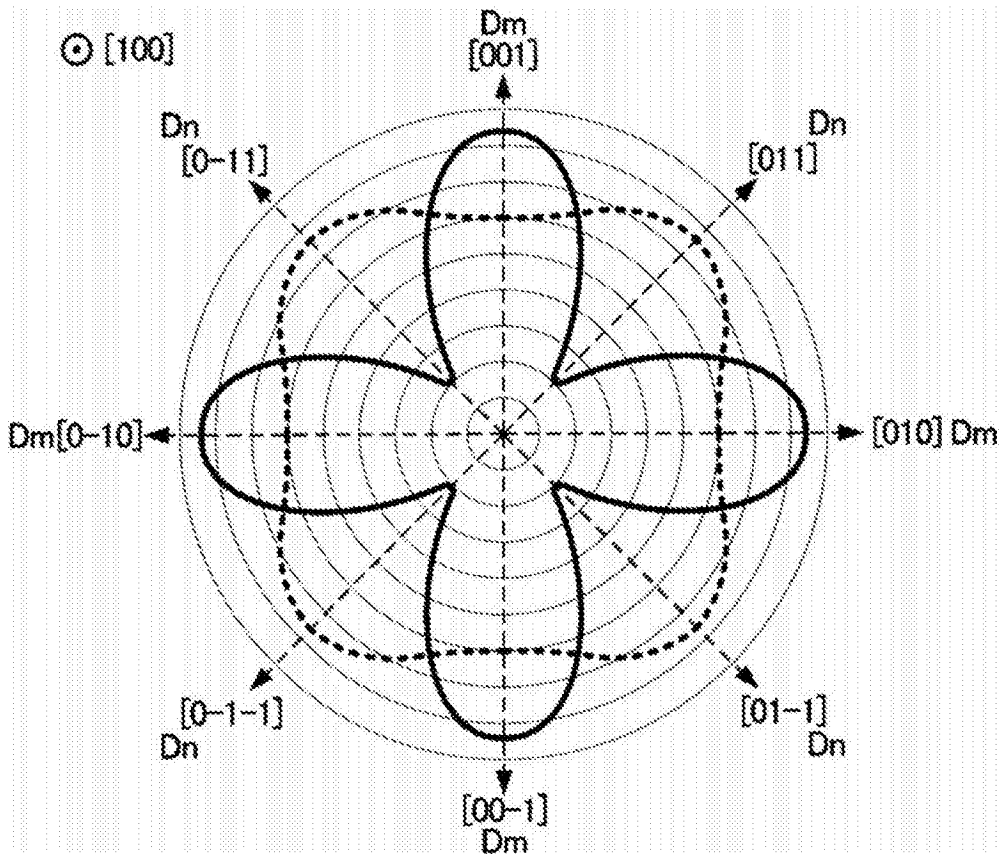


图6

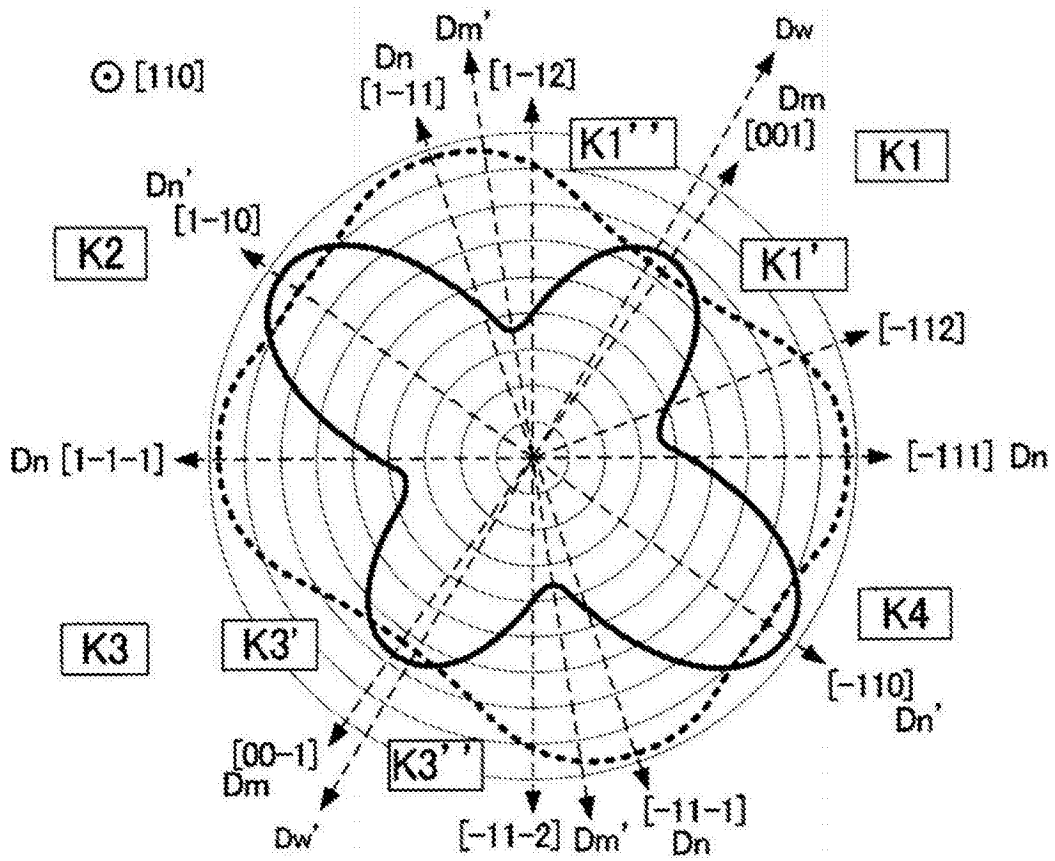


图7

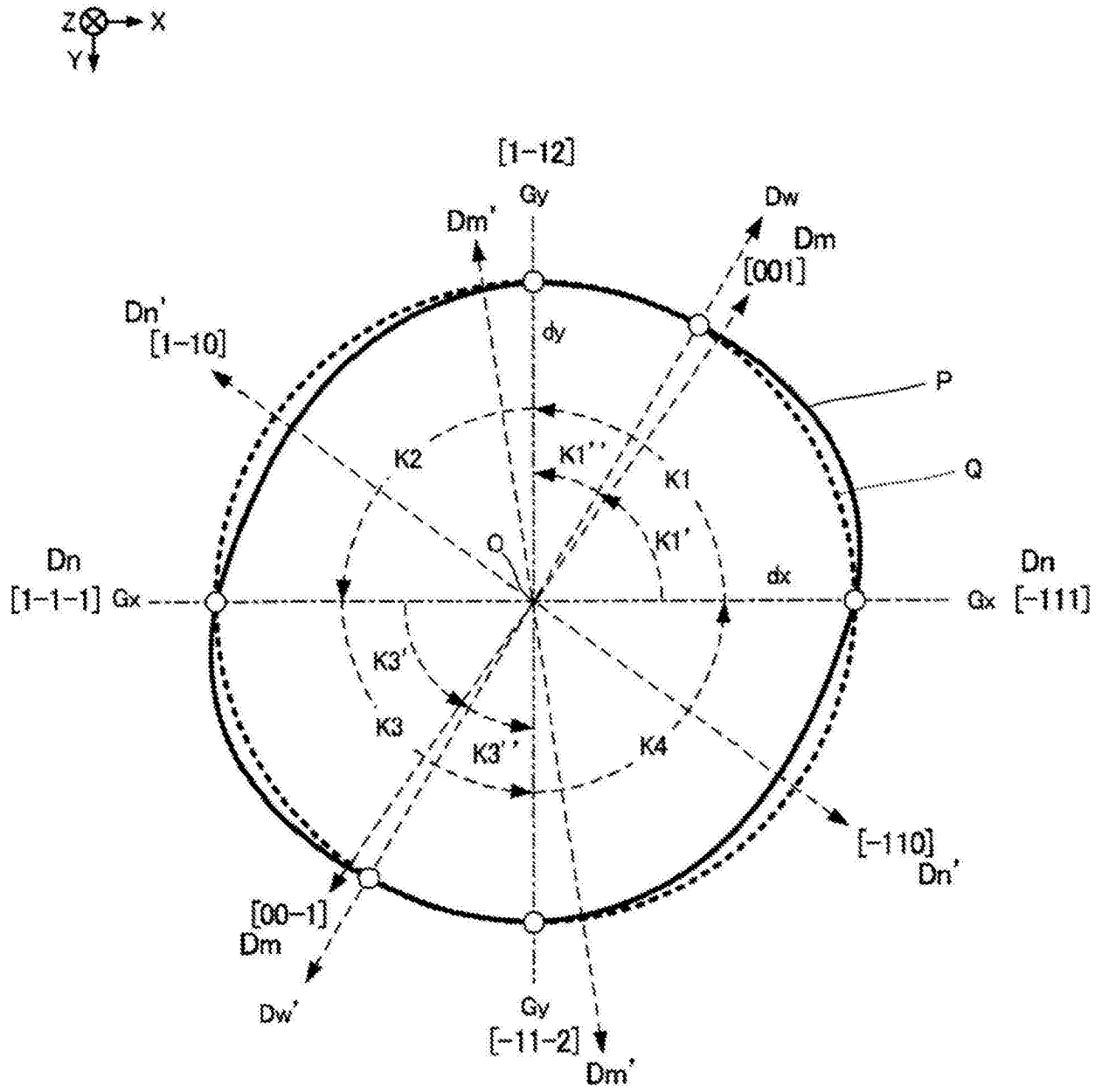


图8

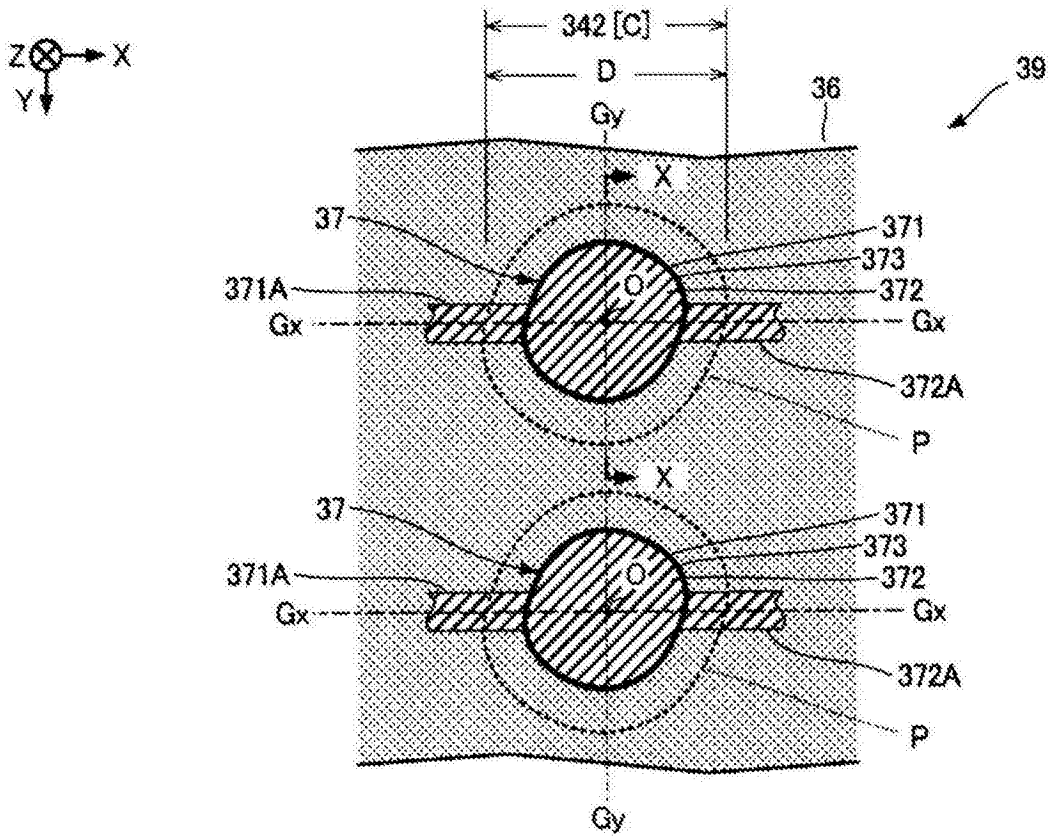


图9

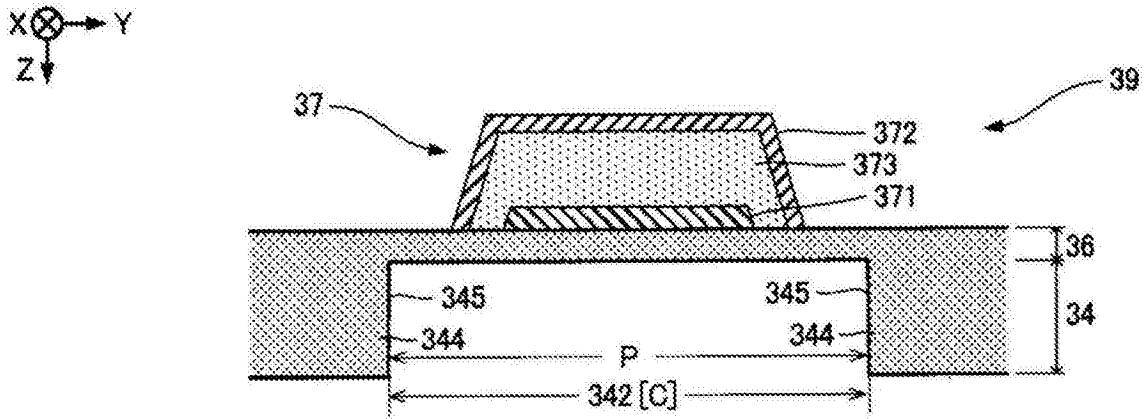


图10

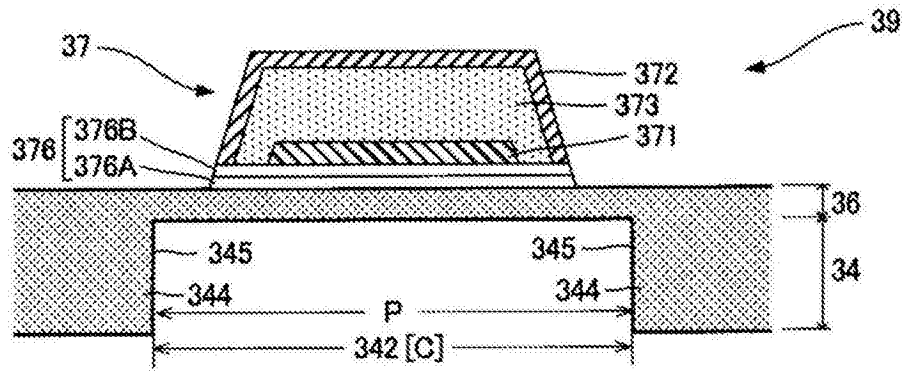
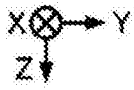


图11