

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
H03H 9/145 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200780048146.1

[43] 公开日 2009 年 10 月 28 日

[11] 公开号 CN 101569100A

[22] 申请日 2007.11.21

[21] 申请号 200780048146.1

[30] 优先权

[32] 2006.12.25 [33] JP [31] 347575/2006

[86] 国际申请 PCT/JP2007/072559 2007.11.21

[87] 国际公布 WO2008/078481 日 2008.7.3

[85] 进入国家阶段日期 2009.6.25

[71] 申请人 株式会社村田制作所

地址 日本京都府

[72] 发明人 神藤始

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公
司

代理人 李香兰

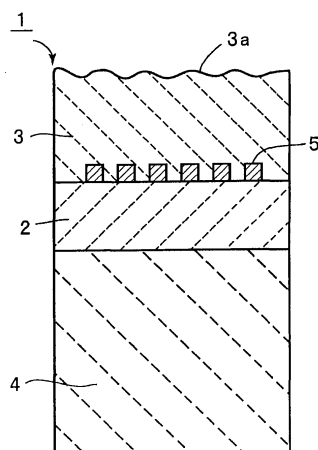
权利要求书 2 页 说明书 17 页 附图 7 页

[54] 发明名称

弹性边界波装置

[57] 摘要

本发明提供一种用比较简单的结构就能有效抑制高阶模式假响应的弹性边界波装置。该弹性边界波装置(1)在压电体(2)与电介质(3)的边界上配置 IDT 电极(5)，在压电体(2)的与所述边界相反侧的面上叠层低热膨胀率介质层(4)，该低热膨胀率介质层(4)由线性热膨胀系数比压电体(2)小的材料形成，所述压电体(2)、电介质(3)以及低热膨胀率介质层(4)的弹性边界波传播方向的横波音速满足下述的表达式(1)，且 IDT 电极(5)的波长设为 λ 时，电介质的横波的音速/ λ 满足下述的表达式(2)。电介质的横波的音速 < 压电体的 SH 波的音速 < 低热膨胀率介质层的横波的音速...表达式(1)；弹性边界波的响应频率 < 电介质的横波的音速/ λ < 高阶模式的响应频率...表达式(2)。



1. 一种弹性边界波装置，具备：

压电体；

电介质，叠层在所述压电体上；

IDT 电极，配置在所述压电体与电介质的界面上；和

低热膨胀率介质层，叠层在所述压电体的与所述界面相反侧的面上，由线性热膨胀系数比所述压电体小的材料形成，

该弹性边界波装置利用在所述压电体与所述电介质的边界进行传播的 SH 型弹性边界波，

所述压电体的 SH 波的音速满足下记的表达式 (1)，且将所述 IDT 电极的波长设成 λ 时，相对于所述 SH 型弹性边界波的响应频率以及高阶模式的响应频率，电介质的横波的音速/ λ 满足下记的表达式 (2) 的范围，

电介质的横波的音速<压电体的 SH 波的音速<低热膨胀率介质层的横波的音速...表达式 (1)

弹性边界波的响应频率<电介质的横波的音速/ λ <高阶模式的响应频率...表达式 (2)。

2. 一种弹性边界波装置，具备：

压电体；

电介质，叠层在所述压电体上；

IDT 电极，配置在所述压电体与电介质的界面上；和

低热膨胀率介质层，叠层在所述压电体的与形成有所述 IDT 电极的一侧的相反侧的面上，由线性热膨胀系数比所述压电体小的材料形成，

该弹性边界波装置利用在所述压电体与所述电介质的边界进行传播的斯通利型弹性边界波，

所述压电体的 SV 波的音速满足下记的表达式 (3)，且将所述 IDT 电极的波长设成 λ 时，相对于所述斯通利型弹性边界波的响应频率以及

高阶模式的响应频率，电介质的横波的音速/ λ 满足下记的表达式（4），

电介质的横波的音速<压电体的SV波的音速<低热膨胀率介质层的横波的音速...表达式（3）

弹性边界波的响应频率<电介质的横波的音速/ λ <高阶模式的响应频率...表达式（4）。

3. 根据权利要求1或2所述的弹性边界波装置，其特征在于，所述压电体的厚度范围为 1λ 以上 50λ 以下。

4. 根据权利要求1至3中的任一项所述的弹性边界波装置，其特征在于，

在所述电介质层的与所述边界相反侧的面上叠层吸音层。

5. 根据权利要求1至4中的任一项所述的弹性边界波装置，其特征在于，

在所述电介质的与所述边界相反侧的面上，设置使传播到该相反侧的面的弹性波产生散射的结构。

6. 根据权利要求1至5中的任一项所述的弹性边界波装置，其特征在于，

还具备吸音层，该吸音层设置在所述压电体与所述低热膨胀率介质层之间。

7. 根据权利要求1至6中的任一项所述的弹性边界波装置，其特征在于，

由绝缘材料形成所述压电体以及电介质。

弹性边界波装置

技术领域

本发明涉及使用例如谐振器（resonator）或带通滤波器（band-pass filter）等的弹性边界波（boundary acoustic wave）装置，更详细来说，涉及利用了压电体和电介质间的边界传播的弹性边界波的弹性边界波装置。

背景技术

以往，在便携式电话机（mobile phone）的带通滤波器等中广泛使用弹性表面波（surface acoustic wave）装置。例如，在下记的专利文献1中公开了一种弹性表面波滤波器，在图14表示了其剖面结构的略图。

在图14表示的弹性表面波滤波器501中，在由 LiTaO_3 形成的压电体502上，形成有IDT电极503。在作为压电体502的与形成有IDT电极503的面相反一侧的面的里面，接合蓝宝石（Sapphire）504。在设压电体502的厚度为 T 、利用的弹性表面波的波长为 λ 时，压电体502A的厚度与弹性表面波的波长 λ 间的比 T/λ 为10以上。因此，能减少由压电体502与蓝宝石504的边界面上的声体波（BAW）的反射所引起的假响应（spurious response）。

近年来，提出替代弹性表面波装置、利用了压电体与电介质的边界传播的弹性边界波的弹性边界波装置的各种提案。在弹性表面波装置中，在激励于压电体表面形成的IDT电极时，必须设置用于不妨碍振动的空隙。因此，会得到复杂且大型的封装结构的弹性表面波装置。相反，在弹性边界波装置中，由于使用在压电体与电介质的边界传播的弹性边界波，因此不需要设置空隙。因此，能谋求简单化以及小型化封装的弹性边界波装置。

另一方面，在下记的专利文献2中，公开了具有吸音介质（sound absorbing medium）/ SiO_2 /IDT电极/ LiNbO_3 的叠层结构的弹性边界波装

置。在这里，吸音介质的横波（transverse wave）音速（acoustic velocity）比 SiO_2 的横波音速慢。吸音介质由环氧树脂（epoxy resin）或多孔（porous） SiO_2 构成。通过设置所述吸音介质，能抑制高阶模式（high order mode）假响应。

同样地，在下述专利文献 3 中，公开了具有由多晶硅薄膜（polycrystalline silicon film）/多晶氧化硅薄膜（polycrystalline silicon oxide film）/IDT/压电单晶基板（substrate）形成的叠层结构的弹性边界波装置。在这里，通过形成多晶硅薄膜，在 IDT 电极所激励的弹性边界波被限制在多晶氧化硅薄膜为止的部分。另外，由多晶硅薄膜以及多晶氧化硅薄膜确实保护 IDT 电极。

另外，在下记的专利文献 4 中，公开了在压电体与电介质的边界配置 IDT 电极、利用了 SH 型的弹性边界波的弹性边界波装置。在这里，决定 IDT 电极的厚度，以使得 SH 型边界波的音速比电介质传播的慢横波的音速以及压电体传播的慢横波的音速低。由此，增大机电耦合系数（electromechanical coupling coefficient），减小传播损失（propagation loss）和能流角（power flow angle），将频率温度系数 TCF 调整到适当范围之内。

专利文献 1：JP 特开 2004-186868 号公报

专利文献 2：WO 2005/069486 A1

专利文献 3：WO 98/52279

专利文献 4：WO 2004/070946 A1

即使在弹性边界波装置中，也谋求抑制由比利用的弹性边界波更高阶的模式所引起的假响应。

如专利文献 1 所述，在弹性表面波装置中，如果在压电体的与形成有 IDT 电极一侧相反侧的面上接合蓝宝石等的其它固体，并且设压电体的厚度与表面波的波长的比为确定的范围，则能降低高阶模式的假响应。

在专利文献 1 的段落（0036）～（0042）中，公开了在 42° Y 切割（cut）X 传播的 LiTaO_3 的表面上形成 IDT 电极、在里面叠层了 R 面切割的蓝宝石基板的例子。在该结构中，SH 成分为主体的第一泄漏

(leaky) 表面波传播在 LiTaO_3 基板的表面。根据专利文献 1 的段落 (0034)，在该结构中，会产生基于 LiTaO_3 与蓝宝石基板的边界面上的 BAW 的反射的假响应。

另一方面，根据本发明发明者的知识，能掌握该条件中产生的假响应是结合 P 波、SH 波、SV 波进行传播的高阶传播模式。在该切割方向的 LiTaO_3 的传播方向上进行传播的 SV 波的音速为 3351 m/s，SH 波音速为 4227 m/s。另一方面，蓝宝石的横波音速为 6463 m/s。由于蓝宝石中的横波音速比 LiTaO_3 中的 SH 波的音速高，因此，在 LiTaO_3 基板的表面与蓝宝石和 LiTaO_3 的边界之间，会产生 SH 成分主体的高阶模式假响应以及 P+SV 成分主体的高阶模式假响应。另外，由于 42° Y 切割 X 传播的 LiTaO_3 基板激烈激励 SH 波，因此，激烈产生 SH 成分主体的高阶模式假响应。

在专利文献 1 中，通过加厚 LiTaO_3 基板的厚度，来减少基于高阶模式的假响应。

可是，如果比较专利文献 1 的 LiTaO_3 基板较薄时的图 6 的频率特性与 LiTaO_3 基板较厚时的图 10 的频率特性的话，确实专利文献 1 的图 10 的情况比专利文献 1 的图 6 的情况更加抑制假响应，但是，假响应的个数增加了。即，通过增加 LiTaO_3 基板的厚度来缓和成为假响应的高阶模式的激励强度，限制较多次数的高阶模式。因而，不能充分改善表面波装置的滤波特性。

另一方面，在专利文献 2 中，在 SiO_2 上，形成横波音速比 SiO_2 的横波音速慢的吸音介质，因此，能抑制高阶模式。可是，作为所述吸音介质而使用的环氧树脂、聚酰亚胺 (polyimide)、液晶聚合体 (liquid crystal polymer) 等的树脂材料的线性热膨胀系数较大。因此，在用于弹性边界波传播的 SiO_2 / IDT / LiNbO_3 结构的强度不够时，由于吸音介质的线性热膨胀系数的影响，基于弹性边界波装置的温度的伸缩往往会变大。因而，存在弹性边界波装置的频率温度系数 TCF 的绝对值变大的问题。

另外，在专利文献 3 记载的弹性边界波装置中，在由 LiNbO_3 等形成的压电单晶基板上，由于粘合了热膨胀系数较小的 Si，因此，能减小

频率温度系数 TCF 的绝对值。在该情况下，通过在作为高音速的材料 Si 与 LiNbO_3 之间配置作为低音速的材料的 SiO_2 ，就将弹性边界波的主传播模式限制在 SiO_2 区域中。

另外，在所述专利文献 4 记载的弹性边界波装置中，作为电极，在不使用与 SiO_2 相同程度轻的 Al，而使用 Au 等的比 Al 重的金属时，不是对 SiO_2 整体，而是在压电基板侧集中弹性边界波的主模式的振动能量。因而，能增大弹性边界波的机电耦合系数 K^2 。

可是，在如专利文献 3 记载的弹性边界波装置那样、在高音速的介质间嵌入低音速的介质的结构中，由于低音速的介质的厚度或膜质而使音速变化，会产生弹性边界波装置的频率偏差。因而，需要低音速的介质的厚度或膜质的精确质量管理。

另一方面，通过加厚低音速的介质的厚度，能缓和由低音速介质的厚度所引起的向弹性边界波的主模式的能量分布的偏差的影响。可是，加厚低音速的介质的厚度时，会产生高阶模式假响应。

如专利文献 2~4 所述，在以往的弹性边界波装置中，尝试了各种高阶模式假响应的抑制或机电耦合系数的提高以及减小频率温度系数 TCF 的绝对值，但与表面波装置的情况不同，在弹性边界波装置中，没有实现充分抑制高阶模式假响应。

发明内容

本发明鉴于如上所述的以往技术的状况，其目的在于提供一种用比较简单的结构，对基于高阶模式的假响应，不像以往技术那样大幅增加响应个数，能有效抑制响应强度，能得到良好的滤波器特性和谐振特性的弹性边界波装置。

根据本发明的第 1 发明，为一种弹性边界波装置，其特征在于，具备：压电体；电介质，叠层在所述压电体上；IDT 电极，配置在所述压电体与电介质的界面上；和低热膨胀率介质层，叠层在所述压电体的与所述界面相反侧的面上，由线性热膨胀系数比所述压电体小的材料形成；利用在所述压电体与所述电介质的边界进行传播的 SH 型弹性边界波，所述压电体的 SH 波的音速满足下记的表达式 (1)，且将所述 IDT

电极的波长设成 λ 时, 相对于所述 SH 型弹性边界波的响应频率以及高阶模式的响应频率, 电介质的横波的音速 $/\lambda$ 满足下记的表达式 (2) 的范围。

电介质的横波的音速 $<$ 压电体的 SH 波的音速 $<$ 低热膨胀率介质层的横波的音速...表达式 (1)

弹性边界波的响应频率 $<$ 电介质的横波的音速 $/\lambda<$ 高阶模式的响应频率...表达式 (2)

根据本发明的第 2 发明, 为一种弹性边界波装置, 其特征在于, 具备: 压电体; 电介质, 叠层在所述压电体上; IDT 电极, 配置在所述压电体与电介质的界面上; 和低热膨胀率介质层, 叠层在所述压电体的与形成有所述 IDT 电极的一侧的面相反侧的面上, 由线性热膨胀系数比所述压电体小的材料形成; 利用在所述压电体与所述电介质的边界进行传播的斯通利型弹性边界波, 所述压电体的 SV 波的音速满足下记的表达式 (3), 且将所述 IDT 电极的波长设成 λ 时, 相对于所述斯通利型弹性边界波的响应频率以及高阶模式的响应频率, 电介质的横波的音速 $/\lambda$ 满足下记的表达式 (4)。

电介质的横波的音速 $<$ 压电体的 SV 波的音速 $<$ 低热膨胀率介质层的横波的音速...表达式 (3)

弹性边界波响应频率 $<$ 电介质的横波的音速 $/\lambda<$ 高阶模式的响应频率...表达式 (4)

另外, 在本发明中 (以下, 第 1、2 发明总称为本发明), 所谓“电介质的横波”以及“低热膨胀率介质层的横波”, 在为电介质及低热膨胀率介质层没有各向异性时的材料的情况下, 为 S 波。另一方面, 电介质及低热膨胀率介质中的任一个也能为具有各向异性的材料。在这些为具有各向异性的材料时, 在第 1 发明中, “电介质的横波”及“低膨胀率介质层的横波”变为 SH 型的横波。另外, 在第 2 发明中, “电介质的横波”及“低热膨胀率介质层的横波”变为 SV 型的横波。即, 所谓本发明的“横波”, 不只是没有各向异性的材料的横波, 也包含具有各向异性的材料时的 SH 型的横波或 SV 型的横波。

在本发明中, 优选所述压电体的厚度范围为 1λ 以上 50λ 以下。另外,

所谓压电体的厚度是叠层了压电体和电介质的叠层方向的尺寸。

利用的弹性边界波的振动能量主要分布在从压电体与电介质的边界到压电体的深度 1λ 为止的范围内。因此，要传播弹性边界波优选压电体的厚度为 1λ 以上。在压电体的厚度不满 1λ 时，弹性边界波的能量分布就会到达低热膨胀率介质层，从而存在压电体和低热膨胀率介质界面接合（粘合）的状态或压电体的厚度偏差所引起的频率偏差变大的问题。

弹性边界波装置整体的线性热膨胀系数由压电体、电介质和低热膨胀率介质的厚度的比来决定。在压电体的厚度为 50λ 以下时，由于压电体不太厚，因此，能相对地减小弹性边界波装置整体的线性膨胀系数，能使低热膨胀率介质层变薄。因此，能提供整体厚度小、温度特性良好的弹性边界波装置。

优选在电介质层的与所述边界相反侧的面上设置吸音层。因此，由吸音层对泄漏到电介质的与边界相反侧的面上的高阶模式假响应进行吸音，能更进一步有效抑制高阶模式假响应。

另外，优选在电介质的与所述边界相反侧的面上设置使弹性波产生散射的结构。在该情况下，由于使泄漏到电介质的与所述边界相反侧的面上的弹性波产生散射，因此能更有效地抑制高阶模式假响应。对于使该弹性波产生散射的结构，能使用使电介质的与边界相反侧的面成为粗糙面，或在该相反侧的面上形成凹凸的结构，或者在电介质的与上述边界相反一侧的面上附着无机或有机粒子的结构等适宜的结构。

优选在压电体与低热膨胀率介质层之间设置吸音层，在该情况下，能由该吸音层吸收泄漏到压电体的与边界相反侧的面上的高阶模式。因此，能更有效抑制高阶模式假响应。

在本发明中，优选由绝缘材料形成所述压电体以及电介质。在由绝缘材料形成压电体以及电介质时，很难产生基于 IDT 电极的电声转换特性的恶化。因此，在弹性边界波谐振器的情况下，很难产生谐振特性或反谐振电阻的恶化，在弹性边界波滤波器的情况下，很难产生损失的恶化。即，压电体及电介质为连接 IDT 电极的介质。该介质，在为 Si 等的半导体材料时，经由介质流过电流，由此 IDT 电极的电声转换性能恶

化。相对于此，在由绝缘性材料形成所述压电体及电介质时，很难如上述那样产生 IDT 电声转换性能的恶化。更优选与 IDT 电极的不同电位连接的电极部分间的电阻值为 $10\text{ k}\Omega$ 以上。

在第 1 发明的弹性边界波装置中，在压电体的与所述边界相反侧的面上叠层低热膨胀率介质层，在压电体、电介质以及低热膨胀率介质层的各自中，边界波传播方向的 SH 型的横波音速满足所述的表达式 (1) 的关系，且电介质的横波的音速 λ 满足所述的表达式 (2)，因此能有效减少基于高阶模式的假响应。其理由如下。

即，在压电体的横波的音速比电介质的横波的音速慢，且压电体的 SH 波的音速比所述低热膨胀率介质层的横波的音速慢时，产生高阶模式，在此之外，高阶模式从压电体向周围泄漏。另一方面，在弹性边界波的音速比压电体及电介质的横波慢时，能无损失地传播弹性边界波。因此，在满足所述表达式 (1)、表达式 (2) 时，能无损失地传播弹性边界波，且能使高阶模式从压电体向周围泄漏，能有效减少基于高阶模式的假响应。

同样地，在第 2 发明中，由于压电体、电介质以及低热膨胀率介质层的边界波传播方向的 SV 型的横波的音速的关系满足表达式 (3)，且电介质的横波的音速 λ 满足表达式 (4)，因此能利用斯通利型弹性边界波，且能有效抑制该斯通利型弹性边界波的高阶模式。

因此，根据第 1、2 发明，能够提供一种弹性边界波装置，该弹性边界波装置叠层压电体与电介质，使用在压电体的与边界相反侧的面上叠层了所述低热膨胀率介质层的比较简单的结构，能有效抑制基于高阶模式的假响应，能得到良好谐振特性和滤波器特性。

附图说明

图 1 是本发明的第 1 实施方式的弹性边界波装置的示意的主视剖面图。

图 2 是表示第 1 实施方式的弹性边界波装置中的 SH 型弹性边界波的能量分布的示意图。

图 3 是表示成为假响应的原因的高阶模式的能量分布的示意图。

图 4 是本发明的第 2 实施方式的弹性边界波装置的示意主视剖面图。

图 5 是作为比较例准备的弹性边界波装置的示意主视剖面图。

图 6 是表示图 5 所示的比较例的弹性边界波装置的阻抗特性的图。

图 7 是表示第 2 实施方式的弹性边界波装置的阻抗特性的图。

图 8 是表示比较例以及第 2 实施方式的弹性边界波装置中的 SH 型边界波的能量分布的示意图。

图 9 是表示比较例的弹性边界波装置中的高阶模式的能量分布的图。

图 10 是表示比较例的弹性边界波装置中的高阶模式的能量分布的图。

图 11 是表示第 2 实施方式的弹性边界波装置中的高阶模式的能量分布的图。

图 12 是表示第 2 实施方式的弹性边界波装置中的高阶模式的能量分布的图。

图 13 是表示第 2 实施方式的弹性边界波装置的变形例的示意主视剖面图。

图 14 是表示以往的弹性表面波装置的一个例子的示意主视剖面图。

符号说明

1—弹性边界波装置, 2—压电体, 3—电介质, 4—低热膨胀率介质层, 5—IDT 电极, 6—吸音层 (sound absorbing layer), 7—吸音层, 11—弹性边界波装置。

具体实施方式

下面, 参照附图, 通过说明本发明的具体的实施方式来阐明本发明。

图 1 是本发明的第 1 实施方式的弹性边界波装置的示意的主视剖面图。

弹性边界波装置 1 具备: 压电体 2、叠层在压电体 2 上的电介质 3、

叠层在压电体 2 的与电介质 3 相反侧的面上的低热膨胀率介质层 4、设置在压电体 2 与电介质 3 的边界的 IDT 电极 5。本实施方式的弹性边界波装置 1 是利用了在压电体 2 与电介质 3 的边界传播的 SH 型弹性边界波的弹性边界波装置。

作为所述压电体 2，能使用 LiTaO_3 、 LiNbO_3 或者水晶等的适当的压电单晶体。

作为所述电介质 3，能使用 SiO_2 等的适当的无机电介质材料或适当的有机电介质材料。

低热膨胀率介质层 4 由线性膨胀系数比压电体 2 小的材料构成。作为这样的材料能例举出 Si、蓝宝石、SiN 等。

本实施方式的特征是弹性边界波传播方向的压电体 2 的 SH 波的音速满足下述的表达式 (1)，且 IDT 电极 5 的波长设成 λ 时，电介质的横波的音速 v 、弹性边界波的响应频率、与弹性边界波高阶模式的响应频率之间的关系满足下述的表达式 (2)。

电介质的横波的音速 $<$ 压电体的 SH 波的音速 $<$ 低热膨胀率介质层的横波的音速...表达式 (1)

弹性边界波响应频率 $<$ 电介质的横波的音速 $v/\lambda <$ 高阶模式的响应频率...表达式 (2)

另外，所谓“电介质的横波”以及“低热膨胀率介质层的横波”，在这些材料没有各向异性时为 S 波，在有各向异性时为 SH 型的横波，所谓“电介质的横波的音速”以及“低热膨胀率介质层的横波的音速”包含所述 S 波以及 SH 型的横波的双方。

另外，弹性边界波传播方向中的 SH 波、SV 波、S 波、P 波等的音速为由材料唯一决定的值。在后述的表 1 中示出弹性边界波装置中作为压电体、电介质、或低热膨胀率介质层使用的材料的音速的代表值。

在表达式 (2) 中，作为电介质的横波音速 $v/\lambda <$ 高阶模式的响应频率的条件为使高阶模式截止 (cut off) 的条件，在不满足该条件时，不能抑制高阶模式。

另外，在本实施方式中，在电介质层 3 的与压电体 2 与电介质 3 之间的边界相反侧的面 3a 上附加凹凸。设置该凹凸，以便对传播到在面

3a 侧的弹性边界波的高阶模式进行散射，由此更进一步减小对高阶模式假响应的谐振特性或滤波器特性的影响。

另外，对于用于散射高阶模式的结构，所述凹凸之外，能使用使表面 3a 为粗糙面的方法、在表面 3a 附着有机或无机粒子的结构等的各种结构。

在本实施方式的弹性边界波装置 1 中，设置了所述低热膨胀率介质层 4，且能减小基于满足所述表达式 (1) 及 (2) 的高阶模式的假响应。

低热膨胀率介质层 4 具有比压电体 2 的线性膨胀系数小的线性膨胀系数。因此，在弹性边界波装置 1 中，基于温度变化的变形变小，能改善温度特性。这样的线性膨胀系数较小的材料，谋求具有足以抑制压电体的膨胀的硬度。因此，作为构成低热膨胀率介质层 4 的材料，优选使用如所述 Si、蓝宝石或 SiN 等那样，SH 型或斯通利 (Stoneley) 型的横波的音速较快的材料。

图 2 是表示设所述弹性边界波装置 1 的厚度方向位置为纵轴时的弹性边界波的能量分布的示意图。图 2 的横轴表示随着向右侧弹性边界波的振动能量变高。从图 2 可知，利用的 SH 型的弹性边界波的能量分布，在压电体 2 与电介质 3 的边界变得最大，随着远离边界急剧衰减。而且，弹性边界波的能量分布几乎没有到低热膨胀率介质层 4。因此，以压电体 2 与电介质 3 的边界作为中心，能良好地传播弹性边界波。

另一方面，图 3 是表示应抑制的高阶模式的能量分布的示意图，可知用箭头 A 表示的高阶模式 A、用箭头 B 表示的高阶模式 B 双方在压电体 2 以内具有较大的能量分布，能在大致压电体 2 内进行传播。所谓所述的高阶模式 A、B 在大致压电体 2 内进行传播的条件，为高阶模式的音速比电介质 3 中的横波音速以及低热膨胀率介质层 4 中的横波音速慢。

在专利文献 1 所述的弹性表面波装置中，在 IDT 电极上不存在电介质，压电体 502 的上面的空间的音速近似无限大。因而，在大致压电体与压电体上的空间之间的边界、即压电体表面传播高阶模式。

相对与此，在弹性边界波装置 1 中，在 IDT 电极 5 上配置电介质 3。这里，在以 SH 成分为主体的弹性边界波装置时，如果压电体 2 的 SH

波的音速与电介质 3 的横波的音速比利用的弹性边界波快，弹性边界波就能没有泄漏、无损失地进行传播。另一方面，由于压电体 2 的 SH 波或纵波的音速比弹性边界波的音速快，因此，通常，在压电体 2 中结合压电体 2 的横波与纵波而形成主成分从而进行传播的高阶模式成为比弹性边界波高的音速。

因此，在本实施方式中，电介质的横波的音速比压电体 2 的 SH 波的音速以及低热膨胀率介质层 4 的横波的音速慢。即，以满足表达式(1)的关系的方式来构成压电体 2、电介质 3 以及低热膨胀率介质层 4。此外，由于电介质 3 的横波音速为弹性边界波的音速与高阶模式的音速之间、即由于满足表达式(2)，因此，能无损失地传播利用的 SH 型弹性边界波，能作为泄漏到电介质 3 侧的泄漏波使成为假响应的高阶模式衰减。

因此，根据本实施方式，能减小基于所述高阶式的假响应，能得到良好的谐振特性或滤波器特性。

另外，在弹性边界波中，存在 SH 成分的 SH 型的弹性边界波、以 P+SV 成分为主体的斯通利（Stoneley）波即 P+SV 型弹性边界波。SH 型弹性边界波或斯通利波分别只传播 SH 成分或 P+SV 成分，但在作为压电体使用了各向异性晶体的 LiTaO_3 或 LiNbO_3 等的压电单晶体时，在压电体多的基板方向，通常结合 P 成分、SH 成分以及 SV 成分的 3 成分来进行传播。

例如，考虑作为压电体 2 使用 Y 切割 X 传播 的 LiTaO_3 、作为电介质 3 使用 SiO_2 、作为低热膨胀率介质层使用多晶 Si、作为 IDT 电极 5 使用充分厚的 Au 薄膜来构成弹性边界波装置 1。这样，在压电体 2 与电介质 3 的边界传播 SH 型弹性边界波，垂直横波 SV 波的音速为 3351m/秒，比 SiO_2 的横波音速 3757m/秒慢。因此，能使高阶模式的 SV 波成分的能量泄漏到在电介质 3 侧，能散射高阶模式。可是，由于作为主成分的 SH 波的音速 4227m/秒比 SiO_2 的横波音速高，因此很难泄漏高阶模式的 SH 波成分的能量，很难对其充分衰减。

在传播 SH 型弹性边界波的条件中，强激励以 SH 成分为主体的高阶模式。因此，优选作为泄漏波衰减以 SH 成分为主体的高阶模式。因

此，需要在使用了 SH 型弹性边界波时，将压电体的横波作为 SH 波，在使用了斯通利型弹性边界波时，将所述横波作为 SV 波。

因此，在使用了斯通利型弹性边界波时，压电体的 SV 波的音速满足下记表达式 (3)，在将 IDT 电极设为 λ 时，斯通利型弹性边界波的响应频率、该弹性边界波的高阶模式的响应频率、和电介质的横波的音速必须满足下记表达式 (4) 的范围。

电介质的横波的音速 < 压电体的 SV 波的音速 < 低热膨胀率介质层的横波的音速... 表达式 (3)

弹性边界波的响应频率 < 电介质的横波的音速 / λ < 高阶模式的响应频率... 表达式 (4)

另外，所谓所述表达式 (3) 以及 (4) 中的横波，在电介质以及低热膨胀率介质层是不具有各向异性的材料时为 S 波，在是具有各向异性的材料时为 SV 波。即，所述“横波”为 S 波的横波之外，在是具有各向异性的材料时，也为包含 SV 波的横波。

优选所述电介质 3 以及压电体 2 如本实施方式所述，由绝缘性材料形成。在电介质 3 以及压电体 2 由半导体形成时，电流从 IDT 电极 5 流向所述半导体，存在 IDT 电极 5 中的电声转换性能降低的问题。相对于此，在电介质 3 以及压电体 2 由绝缘性材料形成时，就很难产生 IDT 电极 5 中的电声转换性能的恶化。因此，很难产生弹性边界波装置的电气特性、例如谐振电阻、反谐振电阻、或插入损失等的恶化。更优选，在所述 IDT 电极 5 的不同电位上连接的电极间部分的电阻值为 10 k Ω 以上。

图 4 是本发明的第 2 实施方式的弹性边界波装置 11 的示意主视剖面图，图 5 是用于比较而准备的比较例的弹性表面波装置 21 的示意主视剖面图。

对于所述弹性边界波装置 11、21，说明具体实验例，从而确定本实施方式的弹性边界波装置 11 的结构以及效果。

如图 4 所示，弹性边界波装置 11 与弹性边界波装置 1 相同，具备：压电体 2、电介质 3、和在压电体 2 的与电介质 3 的边界波相反侧的面上叠层的低热膨胀率介质层 4。而且，在压电体 2 与电介质 3 的边界形

成 IDT 电极 5。另外，在本实施方式中，在电介质 3 的与所述边界相反侧的面 3a 上叠层吸音层（sound absorbing layer）6。

在本实施方式中，由于弹性边界波装置 11 以满足所述表达式（1）以及（2）的方式构成，因此弹性边界波的高阶模式泄漏到电介质 3 侧，减小了基于高阶模式的假响应。另一方面，由于几乎无损失地在所述边界附近传播利用的 SH 型或斯通利型的弹性边界波，因此，能得到良好的谐振特性和滤波器特性。

另外，在本实施方式中，由于设置了所述吸音层 6，用吸音层 6 吸收传播到电介质层 3 的表面 3a 侧的高阶模式，因此，能更进一步减小高阶式假响应。作为所述吸音层 6，只要是能吸收高阶模式的材料就没有特别的限定，例如能举出合成树脂等的适宜的有机材料，多孔硅石（silica）、多孔氧化铝、多孔氧化钛、多孔玻璃、多孔氧化镁（MgO）、多孔铝等的多孔无机材料。作为所述合成树脂例如能举出聚酰亚胺、硅树脂、环氧树脂等。

另外，吸音层 6 的厚度只要能吸收传播来的高阶模式就没有特别的限定，为了确实吸收高阶模式，优选 1.0λ 以上的厚度。如果吸音层 6 的厚度太厚的话，弹性边界波装置 11 的厚度就会变得过厚，不优选。因而，优选吸音层 6 的厚度为 $200\ \mu\text{m}$ 以下。

接下来，对于具有所述吸音层 6 的弹性边界波装置 11，根据具体的实验例，说明其如何能有效抑制高阶模式。

用以下规格作成弹性边界波装置 11：

压电体 2： 15° Y 切割 X 传播的 LiNbO_3 ，厚度 4λ ；

电介质 3： SiO_2 ，厚度 5λ 且在表面 3a 上具有凹凸；

低热膨胀率介质层 4：多晶 Si，厚度 50λ ；

吸音层 6：聚酰亚胺，厚度 3λ ；

IDT 电极：Au，厚度 0.05λ 且占空比（duty）=0.6。

为了比较，作成了图 5 所示的弹性边界波装置 21。在弹性边界波装置 21 中，在压电体 22 与电介质 23 的界面上形成了 IDT 电极 25。在电介质 23 的与压电体 22 与电介质 23 的边界相反侧的面 23a 上叠层低热膨胀率介质层 24。另外，在压电体 22 的与所述边界相反侧的面

22a 上叠层吸音层 26。制造时，在压电体上形成 IDT 电极 25，以覆盖 IDT 电极的方式形成电介质薄膜。然后，用 CMP 研磨电介质薄膜，活性化处理并粘合研磨了的电介质表面与低热膨胀率介质层 24 的表面。

比较例的弹性边界波 21 的规格如下：

压电体 22：15° Y 切割 X 传播的 LiNbO_3 ，厚度 125λ ，

在压电体 22 的与形成 IDT 电极 25 的一侧相反侧的面上设置凹凸；

电介质 23： SiO_2 ，厚度 4λ ；

低热膨胀率介质层 24：多晶 Si，厚度 10λ ；

吸音层 26：聚酰亚胺；

IDT 电极 25：Au，厚度 0.05λ 且占空比 = 0.6。

另外，在所述实施方式的弹性边界波装置 11 以及比较例的弹性边界波装置 21 中，以构成 1 端口 (one-port) 型弹性边界波谐振器的方式来形成 IDT 电极 5、25。

图 7 表示如上所述作成的实施方式的弹性边界波装置 11 的阻抗特性，图 6 表示比较例的弹性边界波装置 21 的阻抗特性。由图 6 可知，在比较例的弹性边界波装置中，产生基于高阶模式的较大的假响应。即，在比较例的弹性边界波装置 21 中，压电体 22 的厚度充分厚，且在压电体 22 的表面 22a 上设置凹凸，并且叠层吸音层 26，基于高阶模式的假响应很大。

相对于此，由图 7 可知，在实施方式的弹性边界波装置 11 中，几乎没有出现基于高阶模式的假响应。

图 8 是表示实施方式以及比较例的弹性边界波装置 21 中的 SH 型边界波的能量分布的示意图。图 8 中的纵轴表示弹性边界波装置 21 的厚度方向位置，0.0 的部分表示压电体 22 与电介质 23 的边界。另外，横轴表示能量（额定值：standardized value）。所谓该能量的额定值为将最大能量设为 1.0 的额定值。

由图 8 可知，在设置了 IDT 电极的压电体 22 与电介质 23 的边界部分，振动集中。另外，由于在该部分，得到最大置换 (displacement)，在压电体 22 和电介质 23 中，振动逐渐衰减，因此为无泄漏型即传播损失为 0 的振动模式。另外，在图 8 中，U1 表示弹性边界波的 P 成分，

U2 表示 SH 成分, U3 表示 SV 成分。

图 9 及图 10 是表示所述比较例的弹性边界波装置 21 中的高阶模式假响应能量分布的示意图。同样地, 在图 9 及图 10 中, U1 表示高阶模式的 P 成分, U2 表示 SH 成分, U3 表示 SV 成分。可知高阶模式的振动集中在电介质 23。另外, 可知电介质层 23 内的最大置换, 在压电体 22 和低热膨胀率介质层 24 中, 振动逐渐衰减, 为无泄漏型的振动模式。因此, 可知即使将压电体的厚度加厚为 125λ 、或在压电体 22 的表面设置凹凸、并且形成吸音层 26, 也很难衰减高阶模式。

另一方面, 图 11 及图 12 是表示所述实施方式的弹性边界波装置中的高阶模式假响应的能量分布的图。另外, 作为主模式的 SH 型边界波的能量分布与比较例所示的图 8 相同。

同样地, 在图 11 及图 12 中, U1 表示 P 成分, U2 表示 SH 成分, U3 表示 SV 成分。

由图 11 及图 12 可知, 在压电体 2 上没有集中高阶模式的振动, 泄漏到了电介质 3 侧。因此, 为泄漏型的振动模式。因此, 在所述实施方式中, 由于高阶模式泄漏到电介质 3 的与所述边界相反侧的面侧, 并且在电介质 3 的表面 3a 上设置了凹凸, 因此散射该高阶模式, 并且由吸音层 6 吸音, 从而能有效地抑制基于高阶模式的假响应。

另外, 下记表 1 表示构成所述实施方式的弹性边界波装置 11 以及比较例的弹性边界波装置 21 的各介质的横波音速。

[表 1]

	SV 波 (m/s)	SH 波 (m/s)	S 波 (m/s)	P 波 (m/s)
LiNbO ₃	4031	4752	-	6547
Au	-	-	1245	3378
SiO ₂	-	-	3757	5960
多晶 Si	-	-	5341	8945

在所述比较例的弹性边界波装置 11 中, 如果频率响应的频率 $\times\lambda$ 的值比作为电介质的 SiO₂ 的横波音速即 S 波的音速 3757 m/秒大的话, 就会产生高阶模式假响应。另外, 在所述实施方式的弹性边界波装置 11 中, 如果频率响应的频率 $\times\lambda$ 的值比 LiNbO₃ 的慢横波音速即作为 SV 波

的音速的 4031m/秒大的话, 就会少量产生高阶模式假响应。

如上所述, 由 IDT 电极产生的介质的音速制约高阶模式假响应的产生频率。因此, 如所述实施方式所述, 由于通过使电介质 3 的横波音速慢于压电体 2 的横波音速, 会由比电介质 3 的音速大的频率 $\times\lambda$ 产生高阶模式假响应, 因此能将高阶模式假响应作为泄漏波。另外, 在第 2 实施方式的弹性边界波装置 11 中, 表示了使用 SH 型边界波的例子, 但与第 1 实施方式相同, 也能使用斯通利型的弹性边界波。

如上所述, 在本发明的弹性边界波装置中, 通过使用(必要设置的吸音层)/电介质层/ IDT 电极/压电体/低热膨胀率介质层的叠层结构, 即通过使用比较简单的叠层结构, 就能有效抑制基于高阶模式的假响应, 并且也能由所述低热膨胀率介质层的叠层抑制温度变化引起的特性的变化。因而, 在使用本发明的弹性边界波谐振器形成振荡电路时, 能显著减小异常振荡。另外, 在使用本发明的弹性边界波装置构成带通滤波器时, 由于很难产生基于高阶模式假响应的影响, 因此能得到良好的滤波器特性。

另外, 在第 1、2 实施方式中, 在压电体 2 上直接叠层了低热膨胀率介质层 4, 但也能如图 13 所示, 在两者之间再叠层吸音层 7。在配置了吸音层 7 时, 由于将来自低热膨胀率介质层 4 的应力传送到压电体 2, 因此优选使吸音层 7 较薄, 或用硬的材料构成。因而, 作为吸音层 7, 在如环氧树脂那样由杨氏模量 (Young's modulus) 为数 GPa 以下的树脂材料构成时, 优选该厚度为数 λ 以下。另外, 也能如 SOG (spin-on glass) 那样由硬质的材料、比 SiO_2 密度低的材料形成吸音层 7。再有, 作为吸音层 7, 也能由在压电体 2 与低热膨胀率介质层 4 的界面上扩散金属、破坏了界面部的结晶结构的结构来形成。

另外, 所述压电体 2 也能由其它适宜的材料形成, 例如, ZnO , Ta_2O_5 , PZT, AlN , LiTaO_3 , KN。另外, 所述电介质 3 也能由其它适宜的材料形成, 例如, Si 玻璃, SiO_2 , SiC , Al_2O_3 , DLC, ZnO , Ta_2O_5 , PZT, AlN , LiTaO_3 , KN。

另外, 构成低热膨胀率介质层 4 的材料也不限于所述多晶 Si, 能由多晶 Si, SiC , Al_2O_3 , Al_2O_3 , 蓝宝石, 类金刚石碳 (DLC: diamond

like carbon) 等的适宜的材料形成。

另外，能在压电体 2 上粘合结合低热膨胀率介质层 4，也能通过将构成低热膨胀率介质层的材料用适宜的方法成膜来形成。作为该成膜法，能例举出溅射法 (sputtering)，CVD，蒸镀，涂层法 (coating) 等。

另外，在本发明的弹性边界波装置中，也能在 (必要设置的吸音层) /电介质/ IDT 电极/压电体/低热膨胀率介质层的叠层结构的更外侧形成保护层。通过形成保护层，能提高弹性边界波装置的强度，防止腐蚀性气体的侵入。作为构成该保护层的材料，没有特别的限定，能例举出以下绝缘性材料：聚酰亚胺或环氧树脂等的合成树脂，氧化钛、氮化铝或氧化铝等的无机材料等。另外，所述保护层也能由 Au、Al、W 等的金属薄膜形成。

另外，本发明的弹性边界波装置设置所述保护层，或也能不设置保护层而封入其它的封装。

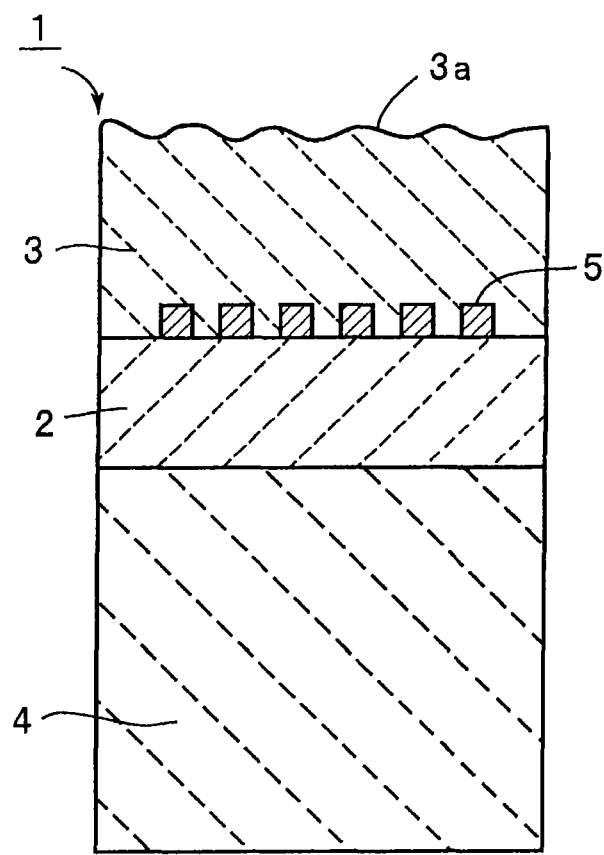


图 1

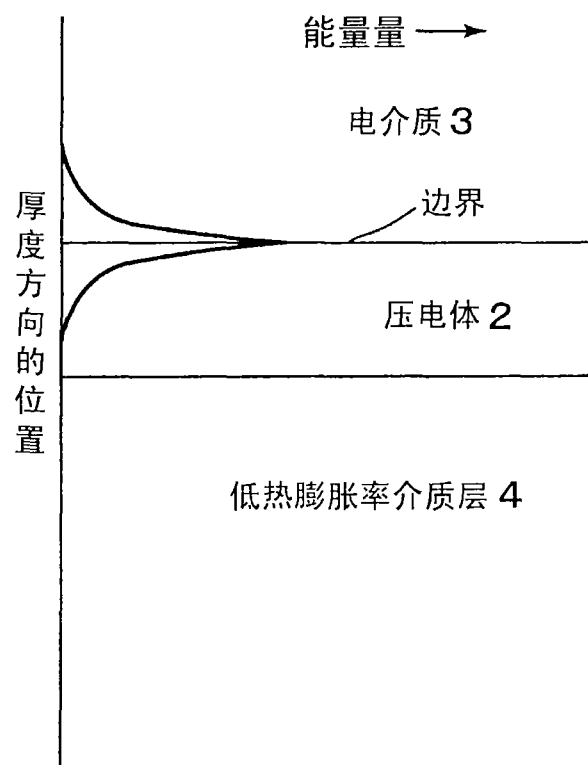


图 2

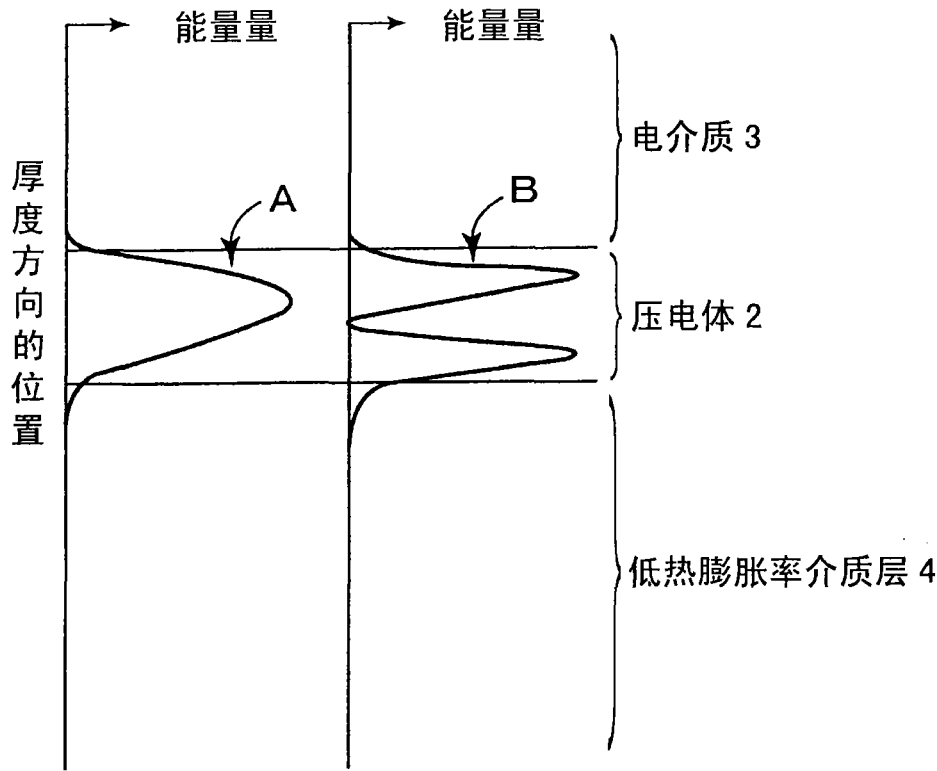


图 3

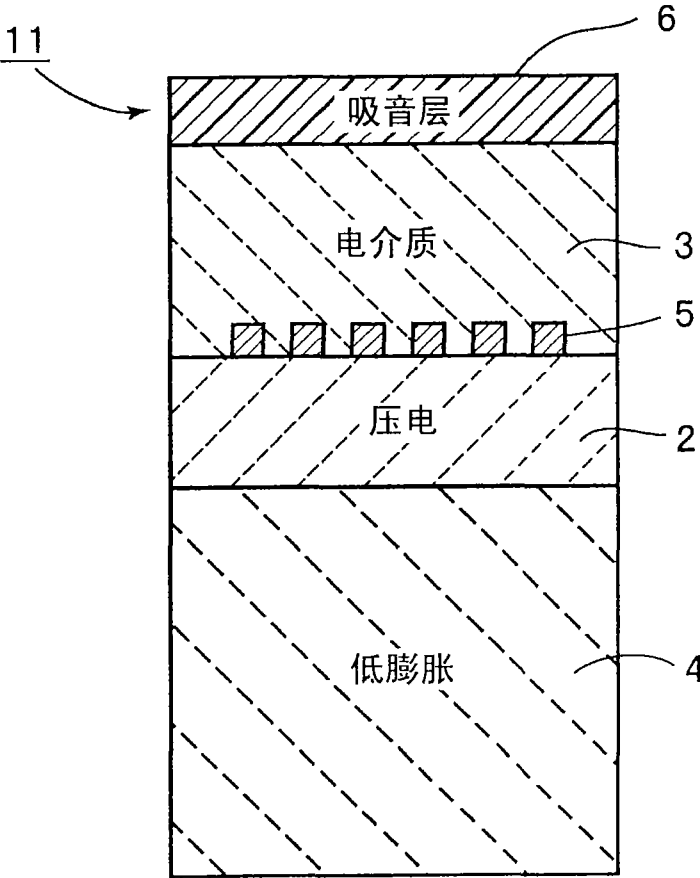


图 4

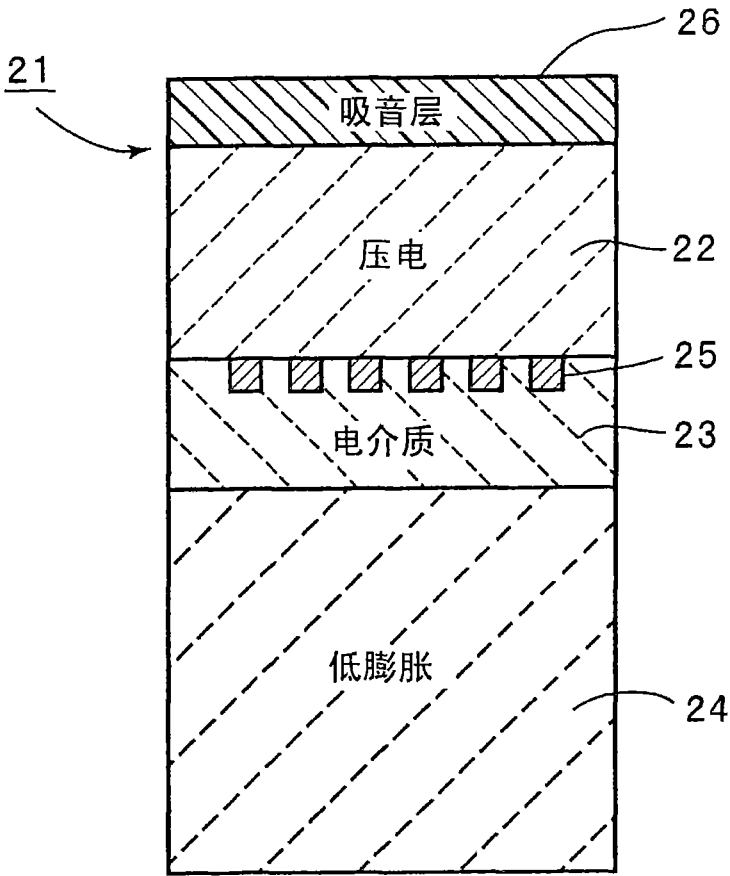


图 5

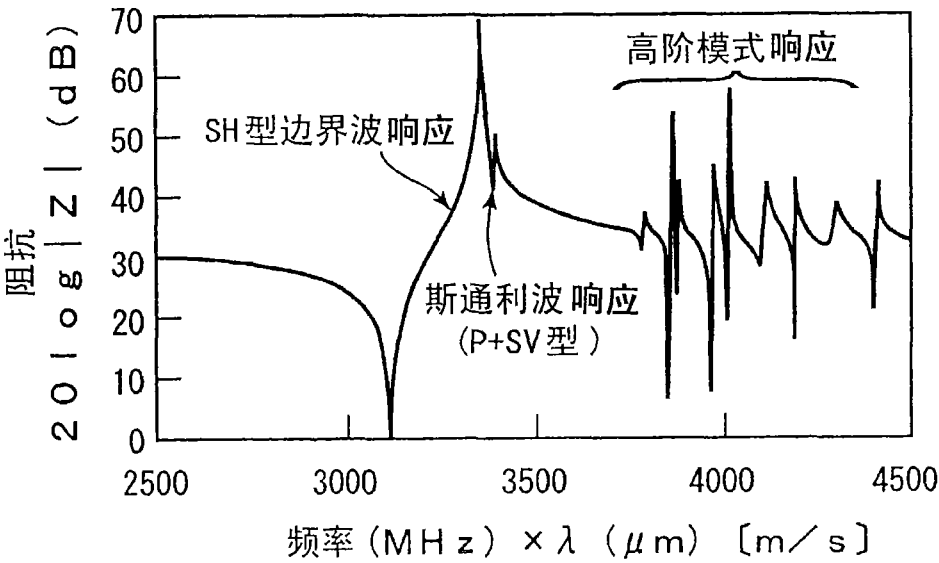


图 6

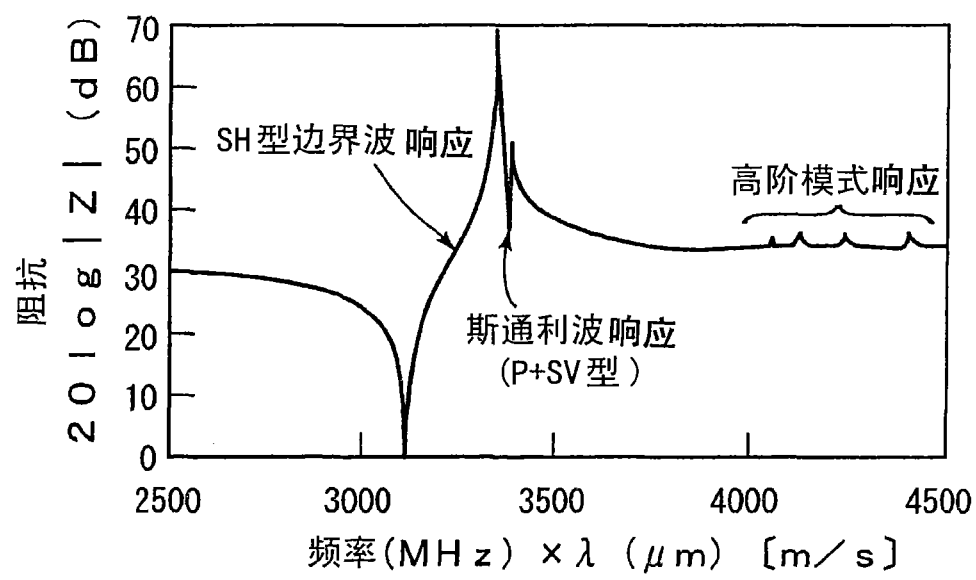


图 7

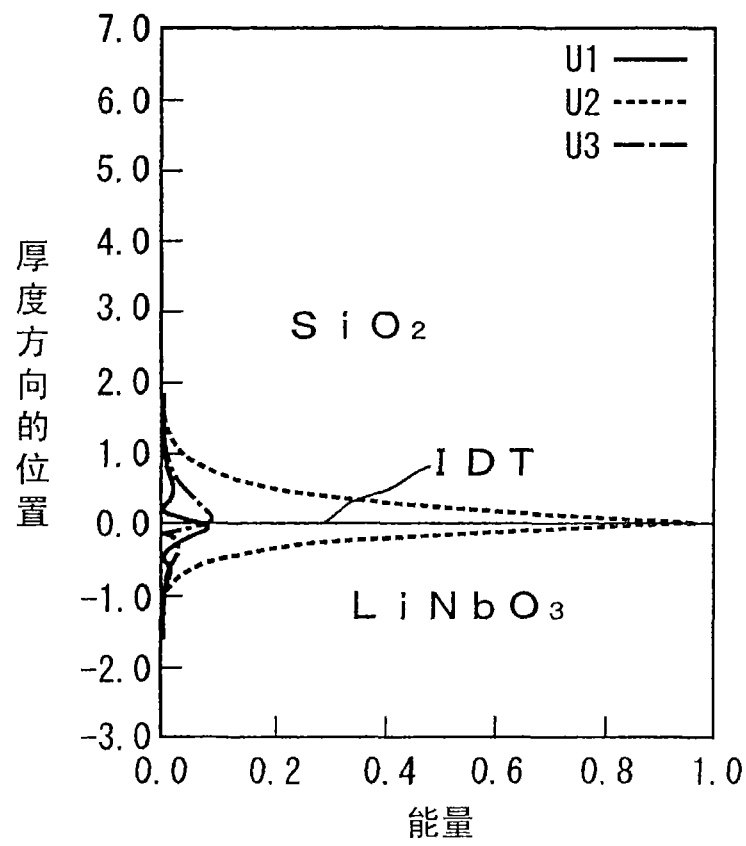


图 8

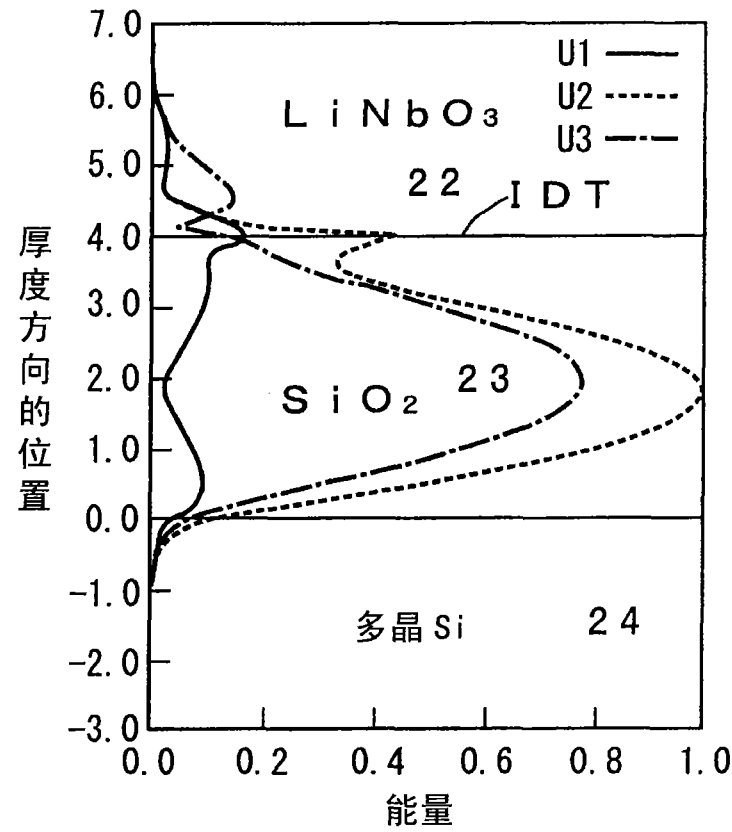


图 9

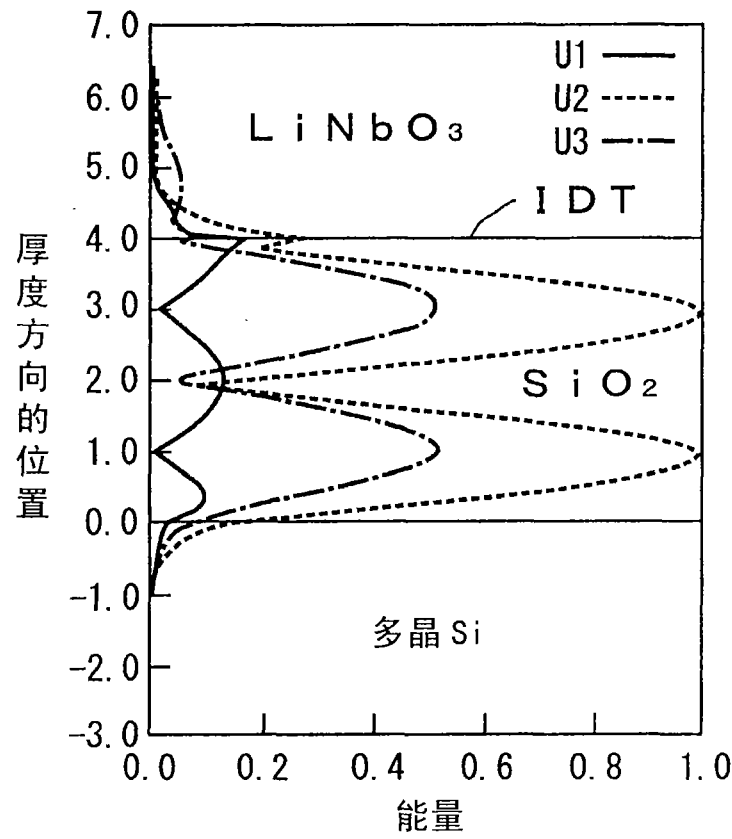


图 10

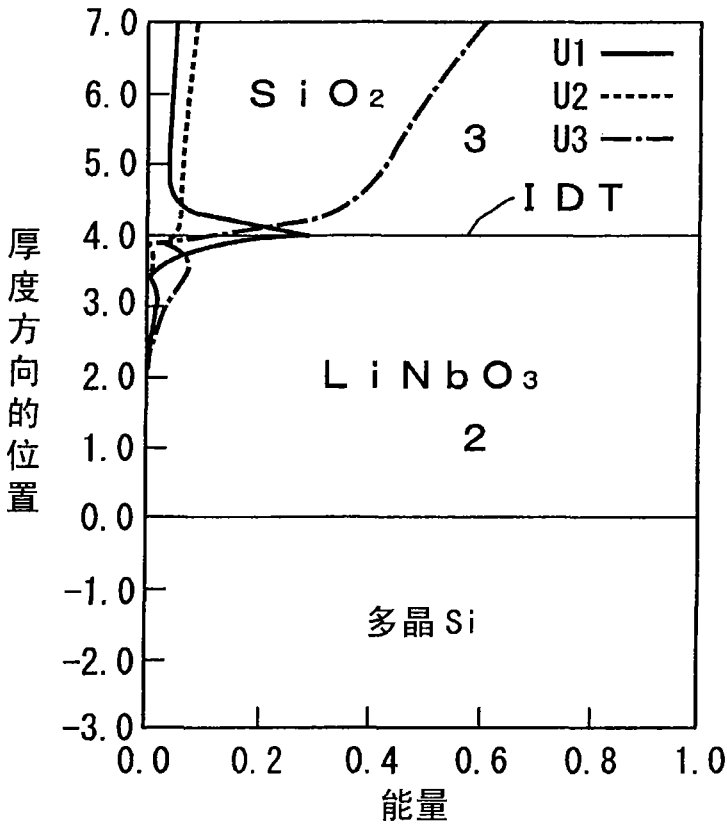


图 11

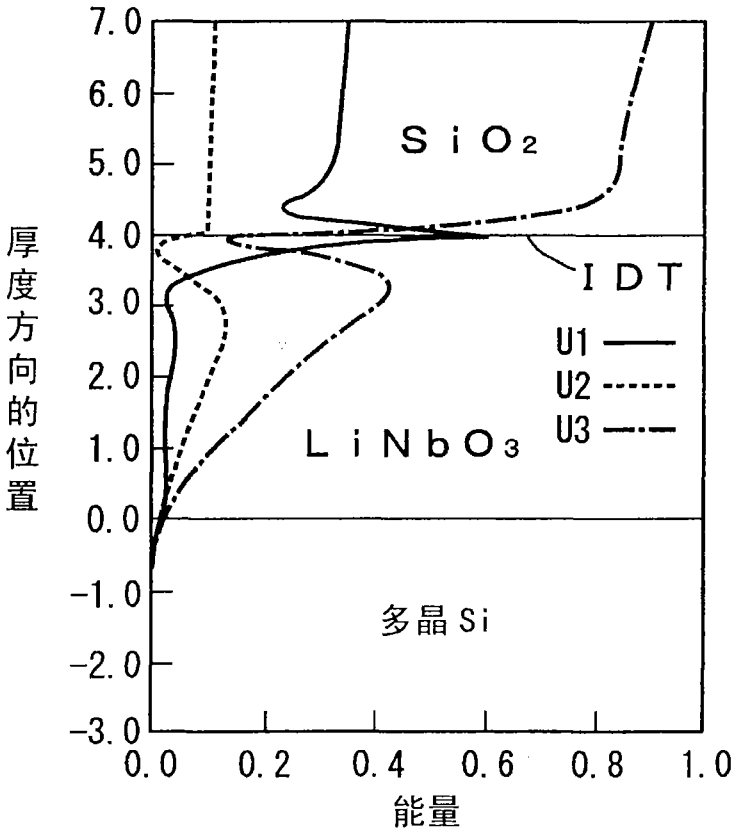


图 12

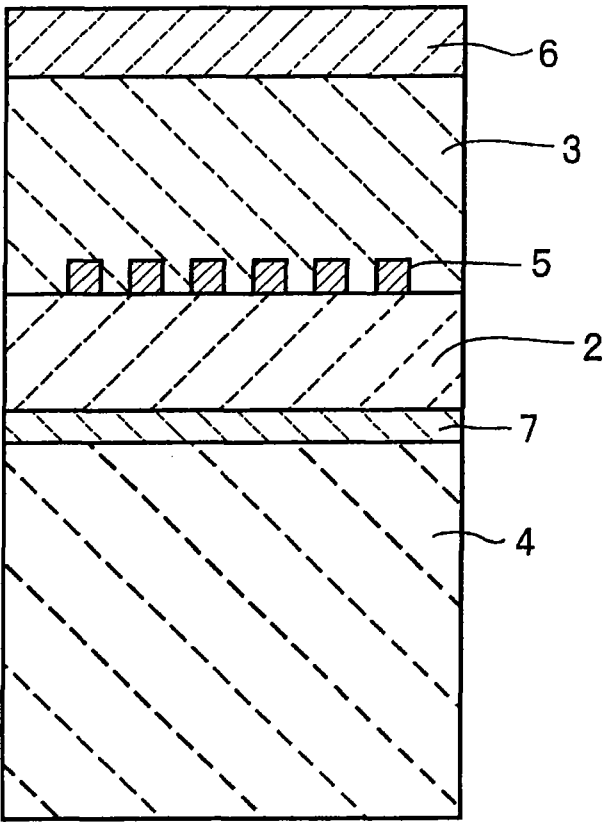


图 13

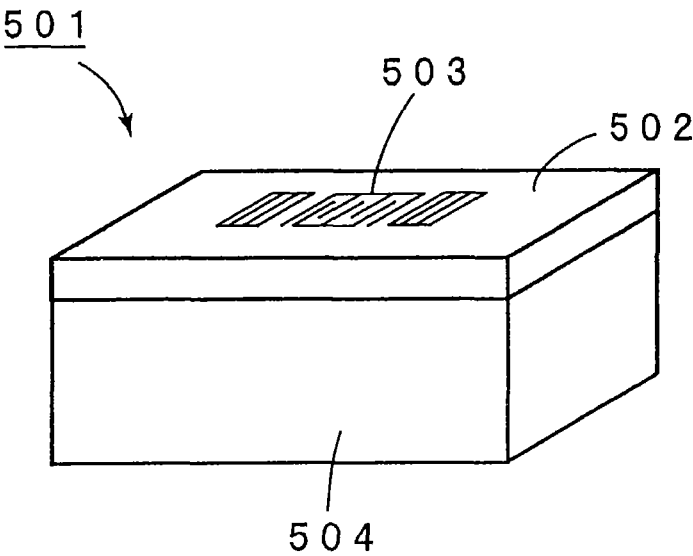


图 14