



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116803003 A

(43) 申请公布日 2023. 09. 22

(21) 申请号 202280012658.7

(22) 申请日 2022.02.01

(30) 优先权数据

63/144,100 2021.02.01 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2023.07.31

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2022/003811 2022.02.01

(87) PCT国际申请的公布数据

W02022/163865 JA 2022.08.04

(71) 申请人 株式会社村田制作所

地址 日本京都府

(72) 发明人 石井优太

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任

公司 11021

专利代理师 赵琳琳

(51) Int.Cl.

H03H 9/25 (2006.01)

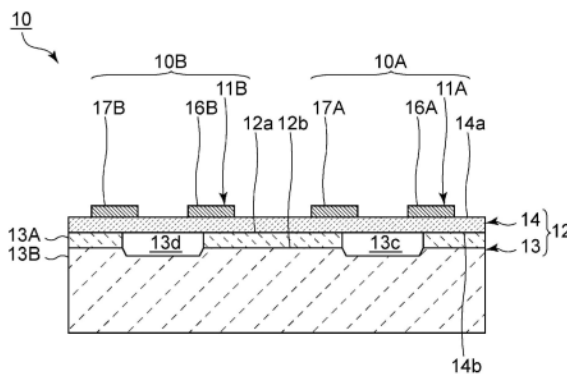
权利要求书2页 说明书15页 附图16页

(54) 发明名称

弹性波装置

(57) 摘要

提供一种能够抑制频率特性中的纹波的弹性波装置。本发明涉及的弹性波装置(10)是构成具有通带的滤波器装置的弹性波装置,具备:层叠基板(13),具有第1层(13A)以及第2层(13B),并且在第2层(13B)上层叠了第1层(13A);压电层(14),层叠在层叠基板(13)的第1层(13A)上;和激励电极,设置在压电层(14)上。第1层(13A)是电介质层,并且包含于层叠在压电层的中间层。将在第1层(13A)中传播的横波的声速设为 $v$ ,将包含于上述滤波器装置的通带的频率设为 $f$ ,将通过 $v/f$ 而导出的波长设为 $\lambda$ ,将压电层(14)的声阻抗设为 $Z_p$ ,将第1层(13A)的声阻抗设为 $Z_d$ ,将第2层(13B)的声阻抗设为 $Z_s$ ,将第1层(13A)的厚度设为 $t_d$ ,将自然数之中的任意一个设为 $n$ 时,压电层(14)、第1层(13A)以及第2层(13B)的声阻抗的大小关系、以及厚度 $t_d$ 的组合如表1所示。



1. 一种弹性波装置, 构成具有通带的滤波器装置, 其中,  
所述弹性波装置具备:

层叠基板, 具有第1层以及第2层, 并且在所述第2层上层叠了所述第1层;

压电层, 层叠在所述层叠基板的所述第1层上; 和

激励电极, 设置在所述压电层上,

所述第1层是电介质层, 并且包含于层叠在所述压电层的中间层,

将在所述第1层中传播的横波的声速设为 $v$ , 将包含于所述滤波器装置的所述通带的频率设为 $f$ , 将通过 $v/f$ 而导出的波长设为 $\lambda$ , 将所述压电层的声阻抗设为 $Z_p$ , 将所述第1层的声阻抗设为 $Z_d$ , 将所述第2层的声阻抗设为 $Z_s$ , 将所述第1层的厚度设为 $t_d$ , 将自然数之中的任意一个设为 $n$ 时, 所述压电层、所述第1层以及所述第2层的声阻抗的大小关系、以及所述厚度 $t_d$ 的组合如表1所示,

[表1]

声阻抗的大小关系	$Z_p > Z_d$	$Z_p < Z_d$
$Z_s > Z_d$	$t_d = n(1/2)\lambda$	$t_d = (2n-1)(1/4)\lambda$
$Z_s < Z_d$	$t_d = (2n-1)(1/4)\lambda$	$t_d = n(1/2)\lambda$

2. 根据权利要求1所述的弹性波装置, 其中,

所述层叠基板具有支承基板,

所述中间层是包含所述第1层以及所述第2层的层叠体,

将所述滤波器装置的所述通带中的中心频率设为 $f_c$ , 将在包含于所述中间层的至少1层中传播的横波的声速设为 $v_i$ , 将该层的厚度设为 $t_i$ , 将自然数之中的任意一个设为 $m$ 时, 所述厚度 $t_i$ 在 $(v_i/f_c) \times (1/2) \times (m \pm 0.3)$ 的范围内。

3. 根据权利要求1所述的弹性波装置, 其中,

所述第1层是所述中间层,

所述第2层是支承基板,

将所述滤波器装置的所述通带中的中心频率设为 $f_c$ , 将在所述中间层中传播的横波的声速设为 $v_i$ , 将该中间层的厚度设为 $t_i$ , 将自然数之中的任意一个设为 $m$ 时, 所述厚度 $t_i$ 在 $(v_i/f_c) \times (1/2) \times (m \pm 0.3)$ 的范围内。

4. 根据权利要求1~3中任一项所述的弹性波装置, 其中,

包含于所述中间层的至少1层是氧化硅层或硅氧碳化物层。

5. 根据权利要求1~4中任一项所述的弹性波装置, 其中,

在所述层叠基板设置有空洞部, 在俯视下, 所述激励电极的至少一部分与所述空洞部重叠。

6. 根据权利要求1~5中任一项所述的弹性波装置, 其中,

所述压电层是钽酸锂层或铌酸锂层。

7. 根据权利要求1~6中任一项所述的弹性波装置, 其中,

所述激励电极是具有多个电极指的IDT电极。

8. 根据权利要求7所述的弹性波装置, 其中,

所述弹性波装置构成为能够利用板波。

9. 根据权利要求7所述的弹性波装置, 其中,  
将所述压电层的厚度设为 $d$ , 将相邻的所述电极指彼此的中心间距离设为 $p$ 的情况下,  
 $d/p$ 为0.5以下。

10. 根据权利要求9所述的弹性波装置, 其中,  
 $d/p$ 为0.24以下。

11. 根据权利要求9或10所述的弹性波装置, 其中,  
在从所述多个电极指对置的方向观察时, 相邻的所述电极指彼此相互重叠的区域是激励区域, 将所述多个电极指相对于所述激励区域的金属化比设为 $MR$ 时, 满足 $MR \leq 1.75(d/p) + 0.075$ 。

12. 根据权利要求9~11中任一项所述的弹性波装置, 其中,  
所述压电层是钽酸锂层或铌酸锂层,  
构成所述压电层的铌酸锂或钽酸锂的欧拉角( $\varphi, \theta, \psi$ )处于以下的式(1)、式(2)或式(3)的范围,

$(0^\circ \pm 10^\circ, 0^\circ \sim 20^\circ, \text{任意的}\psi) \cdots$ 式(1)

$(0^\circ \pm 10^\circ, 20^\circ \sim 80^\circ, 0^\circ \sim 60^\circ (1 - (\theta - 50)^2 / 900)^{1/2})$  或  $(0^\circ \pm 10^\circ, 20^\circ \sim 80^\circ, [180^\circ - 60^\circ (1 - (\theta - 50)^2 / 900)^{1/2}] \sim 180^\circ) \cdots$ 式(2)

$(0^\circ \pm 10^\circ, [180^\circ - 30^\circ (1 - (\psi - 90)^2 / 8100)^{1/2}] \sim 180^\circ, \text{任意的}\psi) \cdots$ 式(3)。

13. 根据权利要求1~6中任一项所述的弹性波装置, 其中,  
所述压电层具有彼此对置的第1主面以及第2主面,  
所述激励电极具有设置于所述压电层的所述第1主面的上部电极和设置于所述第2主面的下部电极, 所述上部电极和所述下部电极夹着所述压电层而相互对置。

## 弹性波装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及弹性波装置。

### 背景技术

[0002] 以往,已知利用了包含 $\text{LiNbO}_3$ 或 $\text{LiTaO}_3$ 的压电膜中传播的板波的弹性波装置。例如,在下述的专利文献1中,公开了一种利用了作为板波的兰姆波的弹性波装置。在该弹性波装置中,在支承体上设置有压电基板。压电基板包含 $\text{LiNbO}_3$ 或 $\text{LiTaO}_3$ 。在压电基板的上表面设置有IDT电极。在IDT电极的连接于一个电位的多个电极指和连接于另一个电位的多个电极指之间施加电压。由此,可激励兰姆波。在该IDT电极的两侧设置有反射器。由此,构成利用了兰姆波的弹性波谐振器。

[0003] 在下述的专利文献2中,公开了一种梯型滤波器的例子。在该梯型滤波器中,多个弹性波装置通过多个布线而连接。多个布线包含连接于信号电位的布线以及连接于接地电位的布线。连接于信号电位的布线和连接于接地电位的布线彼此对置。

[0004] 在先技术文献

[0005] 专利文献

[0006] 专利文献1:日本特开2012-257019号公报

[0007] 专利文献2:日本特开2011-182096号公报

### 发明内容

[0008] 发明要解决的问题

[0009] 在如专利文献1记载的那样的弹性波谐振器中,有时激励无用的体波。该体波在压电基板的厚度方向上传播。因此,有时在支承体被反射。像专利文献2那样,连接于不同电位的布线彼此对置的情况下,有时由一个布线取出无用的体波的信号。或者,无用的体波的信号也有时由彼此对置的汇流条之中的一者取出。在这些情况下,有可能在弹性波装置的频率特性中产生纹波。

[0010] 本发明的目的在于,提供一种能够抑制频率特性中的纹波的弹性波装置。

[0011] 用于解决问题的技术方案

[0012] 本发明涉及的弹性波装置是构成具有通带的滤波器装置的弹性波装置,具备具有第1层以及第2层并且在所述第2层上层叠了所述第1层的层叠基板、层叠在所述层叠基板的所述第1层上的压电层、和设置在所述压电层上的激励电极,所述第1层是电介质层,并且包含于层叠在所述压电层的中间层,将在所述第1层中传播的横波的声速设为 $v$ ,将包含于所述滤波器装置的所述通带的频率设为 $f$ ,将通过 $v/f$ 而导出的波长设为 $\lambda$ ,将所述压电层的声阻抗设为 $Z_p$ ,将所述第1层的声阻抗设为 $Z_d$ ,将所述第2层的声阻抗设为 $Z_s$ ,将所述第1层的厚度设为 $t_d$ ,将自然数之中的任意一个设为 $n$ 时,所述压电层、所述第1层以及所述第2层的声阻抗的大小关系、以及所述厚度 $t_d$ 的组合如表1所示。

[0013] [表1]

[0014]	声阻抗的大小关系	$Z_p > Z_d$	$Z_p < Z_d$
	$Z_s > Z_d$	$t_d = n(1/2)\lambda$	$t_d = (2n-1)(1/4)\lambda$
	$Z_s < Z_d$	$t_d = (2n-1)(1/4)\lambda$	$t_d = n(1/2)\lambda$

[0015] 发明效果

[0016] 根据本发明,能够提供一种能够抑制频率特性中的纹波的弹性波装置。

## 附图说明

[0017] 图1是本发明的第1实施方式涉及的弹性波装置的示意性俯视图。

[0018] 图2是图1中的沿着I-I线的示意性剖视图。

[0019] 图3是用于说明在以往例中产生的无用的体波的示意性主视剖视图。

[0020] 图4是示出以往例中的滤波器装置的衰减量频率特性的图。

[0021] 图5是对图4中的单点划线所示的部分进行了放大的图。

[0022] 图6是示出本发明的第1实施方式以及比较例的弹性波装置中的S参数的频率特性的图。

[0023] 图7是示出无用的体波在各层间的各界面被反射的、压电性基板的示意性剖视图。

[0024] 图8的(a)是示出从声阻抗 $Z$ 为 $Z_1$ 的层入射到声阻抗 $Z$ 为 $Z_2$ 的层的波在上述两个层间的界面被反射的情况且 $Z_1 > Z_2$ 的情况下的波的反射的示意图,图8的(b)是示出从声阻抗 $Z$ 为 $Z_1$ 的层入射到声阻抗 $Z$ 为 $Z_2$ 的层的波在上述两个层间的界面被反射的情况且 $Z_1 < Z_2$ 的情况下的波的反射的示意图。

[0025] 图9是示出作为中间层的第1层的厚度 $t_i$ 和纹波的强度的关系的图。

[0026] 图10是图1中的沿着II-II线的剖视图。

[0027] 图11是本发明的第2实施方式涉及的弹性波装置的示意性主视剖视图。

[0028] 图12是本发明的第3实施方式涉及的弹性波装置的示意性俯视图。

[0029] 图13是图12中的沿着III-III线的示意性主视剖视图。

[0030] 图14的(a)是示出利用厚度剪切模式的体波的弹性波装置的外观的简图式立体图,图14的(b)是示出压电层上的电极构造的俯视图。

[0031] 图15是图14的(a)中的沿着A-A线的部分的剖视图。

[0032] 图16的(a)是用于说明在弹性波装置的压电膜中传播的兰姆波的示意性主视剖视图,图16的(b)是用于说明弹性波装置中的在压电膜中传播的厚度剪切模式的体波的示意性主视剖视图。

[0033] 图17是示出厚度剪切模式的体波的振幅方向的图。

[0034] 图18是示出利用厚度剪切模式的体波的弹性波装置的谐振特性的图。

[0035] 图19是示出将相邻的电极的中心间距离设为 $p$ 并将压电层的厚度设为 $d$ 的情况下的 $d/p$ 和作为谐振器的相对带宽的关系的图。

[0036] 图20是利用厚度剪切模式的体波的弹性波装置的俯视图。

[0037] 图21是示出出现了杂散的参考例的弹性波装置的谐振特性的图。

[0038] 图22是示出相对带宽和作为杂散的大小的以180度进行了标准化的杂散的阻抗的相位旋转量的关系的图。

[0039] 图23是示出 $d/2p$ 和金属化比 $MR$ 的关系的图。

[0040] 图24是示出使 $d/p$ 无限接近于0的情况下的相对带宽相对于 $\text{LiNbO}_3$ 的欧拉角( $0^\circ$ ,  $\theta, \psi$ )的映射的图。

[0041] 图25是具有声多层膜的弹性波装置的主视剖视图。

[0042] 图26是用于说明利用兰姆波的弹性波装置的部分切除立体图。

### 具体实施方式

[0043] 以下,参照附图对本发明的具体的实施方式进行说明,由此明确本发明。

[0044] 另外,预先指出的是,本说明书记载的各实施方式是例示性的,能够在不同的实施方式间进行结构的部分置换或组合。

[0045] 图1是本发明的第1实施方式涉及的弹性波装置的示意性俯视图。图2是图1中的沿着I-I线的示意性剖视图。另外,在图1中,省略了后述的各IDT电极所连接的布线等。

[0046] 如图1所示,弹性波装置10具有压电性基板12和作为激励电极的第1IDT电极11A以及第2IDT电极11B。在压电性基板12上设置有第1IDT电极11A,由此构成了第1弹性波谐振器10A。在压电性基板12上设置有第2IDT电极11B,由此构成了第2弹性波谐振器10B。像这样,弹性波装置10具有2个弹性波谐振器。不过,弹性波装置10只要具有至少1个弹性波谐振器即可。

[0047] 弹性波装置10是构成具有通带的滤波器装置的弹性波装置。更具体地,该滤波器装置例如可以是梯型滤波器,也可以是包含纵耦合谐振器型弹性波滤波器的滤波器装置。弹性波装置10的各弹性波谐振器例如可以是梯型滤波器的串联臂谐振器,也可以是并联臂谐振器。或者,弹性波装置10的各弹性波谐振器也可以是与纵耦合谐振器型弹性波滤波器直接或间接地连接的弹性波谐振器。

[0048] 另外,通带是低频截止频率 $f_{1L}$ 以上且高频截止频率 $f_{1H}$ 以下的频带。低频截止频率 $f_{1L}$ 以及高频截止频率 $f_{1H}$ 是在滤波器装置的通过衰减特性中与衰减量的最小值相比衰减量变大3dB时的2个频率。高频截止频率 $f_{1H}$ 比低频截止频率 $f_{1L}$ 高。

[0049] 如图2所示,压电性基板12具有层叠基板13和压电层14。层叠基板13具有第1层13A以及第2层13B。在第2层13B上层叠有第1层13A。在第1层13A上层叠有压电层14。另外,在弹性波装置10中,第2层13B是支承基板。第1层13A是电介质层,并且是中间层。中间层是层叠于压电层14的层。在本实施方式中,中间层位于压电层14和第2层13B之间。

[0050] 在本实施方式中,压电层14是铌酸锂层。第1层13A是氧化硅层。第2层13B是硅基板。更具体地,压电层14是 $\text{LiNbO}_3$ 层,第1层13A是 $\text{SiO}_2$ 层。作为第2层13B的硅基板的面方位为(100)。

[0051] 压电性基板12是声阻抗 $Z[\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{s}]$ 相互不同的层的层叠体。另外,所谓声阻抗 $Z$ ,也可以说是相对于物质固有的声波的阻抗值。具体地,在将物质的密度设为 $\rho[\text{kg}/\text{m}^3]$ ,将体波的声速设为 $v_b[\text{m}/\text{s}]$ 的情况下,声阻抗 $Z$ 通过 $Z = \rho v_b$ 来表示。而且,在固体中,传播纵波以及横波这2种体波。因此,各种材料具有纵波的声阻抗 $Z$ 以及横波的声阻抗 $Z$ 。纵波的声速以及横波的声速由密度以及弹性模量决定。因此,可以说声阻抗 $Z$ 由密度以及弹性模量决定。所谓弹性模量,具体地,是杨氏模量、泊松比等。

[0052] 在本发明中,着眼于声阻抗 $Z$ 之中的横波的声阻抗 $Z$ 。在下述的表2中,示出代表性的材料的密度、横波的声速以及横波的声阻抗 $Z$ 。以下,在仅记载为声阻抗时,在没有特别说

明的情况下,意味着横波的阻抗 $Z$ 。

[0053] [表2]

材料	密度	横波的声速	横波的声阻抗 $Z$
	$[10^3 \text{kg/m}^3]$	$[\text{m/s}]$	$[10^6 \text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})]$
氧化硅	2.19	3760	8.23
AlN	3.26	6040	20.9
Si 方位角(100)	2.33	5843	13.61
石英(X切割)	2.65	5720	15.16
[0054] 铌酸锂 (Z切割深度方向传播)	4.64	3581	16.61
SiN	3.2	5950	19.04
多孔质氧化硅	2	3150	6.3
氧化铪	9.68	3013	29.22
氧化钽	8.47	2430	20.58
SiOC	1.5	2400	2.32
Al	2.7	3221	8.7
Pt	21.45	1678	36
W	19.3	2885	55.68

[0055] 如表2所示,  $\text{LiNbO}_3$ 的横波的声阻抗大于 $\text{SiO}_2$ 的横波的声阻抗。因此,在将压电层14的声阻抗设为 $Z_p$ ,将第1层13A的声阻抗设为 $Z_d$ 时,在本实施方式中, $Z_p > Z_d$ 。进而,面方位(100)的Si的横波的声阻抗大于 $\text{SiO}_2$ 的横波的声阻抗。因此,在将第2层13B的声阻抗设为 $Z_s$ 时,在本实施方式中, $Z_s > Z_d$ 。不过,各层的材料以及声阻抗的大小关系并不限定于上述。

[0056] 返回到图1,在压电层14上设置有作为激励电极的第1IDT电极11A以及上述第2IDT电极11B。更具体地,压电层14具有第1主面14a以及第2主面14b。第1主面14a和第2主面14b相互对置。第1主面14a以及第2主面14b之中的第2主面14b位于层叠基板13侧。在第1主面14a设置有上述各IDT电极。

[0057] 第1IDT电极11A具有第1汇流条16A以及第2汇流条17A、和多个电极指。第1汇流条16A和第2汇流条17A相互对置。同样地,第2IDT电极11B也具有第1汇流条16B以及第2汇流条17B、和多个电极指。第1IDT电极11A以及第2IDT电极11B各自可以包含单层的金属膜,或者也可以包含层叠金属膜。

[0058] 第1IDT电极11A的第1汇流条16A以及第2汇流条17A连接于相互不同的电位。在本实施方式中,第1汇流条16A连接于信号电位,第2汇流条17A连接于接地电位。同样地,第2IDT电极11B的第1汇流条16B连接于信号电位,第2汇流条17B连接于接地电位。不过,各自的第1汇流条以及第2汇流条被连接的电位并不限定于上述。例如,也可以是,第1汇流条连接于接地电位,第2汇流条连接于信号电位。

[0059] 另外,如图1所示,第1IDT电极11A的第2汇流条17A和第2IDT电极11B的第1汇流条相互对置。第1IDT电极11A的第2汇流条17A和第2IDT电极11B的第1汇流条连接于相互不同的电位。

[0060] 在此,将在图2所示的第1层13A中传播的横波的声速设为 $v$ ,将包含于滤波器装置的通带的频率设为 $f$ ,将通过 $v/f$ 而导出的波长设为 $\lambda$ ,将第1层13A的厚度设为 $t_d$ ,将自然数之中的任意一个设为 $n$ 。本发明的特征在于,压电层14、第1层13A以及第2层13B的声阻抗的

大小关系、以及厚度 $t_d$ 的组合如表3所示。另外,在本实施方式中, $Z_p > Z_d$ ,  $Z_s > Z_d$ , 并且 $t_d = n(1/2)\lambda$ 。由此,能够抑制频率特性中的纹波。以下,通过参照以往例,进而对本实施方式以及比较例进行比较,来示出其详情。另外,以下,有时将乘以自然数仅记载为整数倍。

[0061] [表3]

[0062] 声阻抗的大小关系	$Z_p > Z_d$	$Z_p < Z_d$
$Z_s > Z_d$	$t_d = n(1/2)\lambda$	$t_d = (2n-1)(1/4)\lambda$
$Z_s < Z_d$	$t_d = (2n-1)(1/4)\lambda$	$t_d = n(1/2)\lambda$

[0063] 图3是用于说明在以往例中产生的无用的体波的示意性主视剖视图。

[0064] 在图3所示的以往例中,在支承基板103上直接地层叠有压电层14。而且,连接于不同电位的汇流条106和汇流条107在压电层14上相互对置。在这样的情况下,有时从汇流条106以及汇流条107之中的一个汇流条产生的无用的体波E的信号被另一个汇流条取出。更详细地,从一个汇流条产生的无用的体波E在支承基板103被反射。然后,有时被反射的无用的体波E到达另一个汇流条,该体波E的信号被取出。另外,在图3中示出了汇流条彼此的例子,但有时在连接于不同电位的布线彼此中也产生上述那样的无用的体波E的信号传递。

[0065] 图4是示出以往例中的滤波器装置的衰减量频率特性的图。图5是对图4中的单点划线所示的部分进行了放大的图。

[0066] 如图4以及图5所示,无用的体波有时产生于滤波器装置的通带内。起因于此,在频率特性中,产生通带内的纹波。在第1实施方式中,能够抑制上述纹波。以下对此进行示出。

[0067] 准备了具有第1实施方式的结构弹性波装置、和仅作为中间层的第1层的厚度 $t_d$ 与第1实施方式不同的比较例的弹性波装置。更具体地,在第1实施方式中,第1层的厚度 $t_d$ 为 $0.4\mu\text{m}$ ,并且 $t_d = n(1/2)\lambda$ 。另一方面,在比较例中,第1层的厚度 $t_d$ 为 $0.6\mu\text{m}$ ,并且 $t_d \neq n(1/2)\lambda$ 。在第1实施方式以及比较例的弹性波装置中,进行了S参数的仿真。

[0068] 图6是示出第1实施方式以及比较例的弹性波装置中的S参数的频率特性的图。

[0069] 如图6所示,在比较例中,在频率特性中,产生了短周期的许多纹波。相对于此,可知在第1实施方式中与比较例相比抑制了纹波。以下对其理由进行说明。

[0070] 图7是示出无用的体波在各层间的各界面被反射的、压电性基板的示意性剖视图。

[0071] 如图7所示,无用的体波E的一部分在压电性基板12的各层间的各界面被反射。更具体地,压电性基板12具有第1界面12a、第2界面12b以及第3界面12c。第1界面12a是压电层14和第1层13A之间的界面。第2界面12b是第1层13A和第2层13B之间的界面。第3界面12c是第2层13B和空气层之间的界面。无用的体波E的一部分在第1界面12a、第2界面12b以及第3界面12c分别被反射。在第1实施方式中,第1层13A的厚度 $t_d$ 被设为将在各界面被反射的无用的体波E相互抵消的厚度。由此,即使在一个汇流条等产生了无用的体波E,也能够抑制无用的体波E到达另一个汇流条等。以下示出其详情。

[0072] 图8的(a)是示出从声阻抗 $Z$ 为 $Z_1$ 的层入射到声阻抗 $Z$ 为 $Z_2$ 的层的波在上述两个层间的界面被反射的情况且 $Z_1 > Z_2$ 的情况下的波的反射的示意图。图8的(b)是示出从声阻抗 $Z$ 为 $Z_1$ 的层入射到声阻抗 $Z$ 为 $Z_2$ 的层的波在上述两个层间的界面被反射的情况且 $Z_1 < Z_2$ 的情况下的波的反射的示意图。

[0073] 在图8的(a)中,声阻抗的大小关系为 $Z_1 > Z_2$ 。而且,在图2所示的第1实施方式中,压电层14的声阻抗 $Z_p$ 以及第1层13A的声阻抗 $Z_d$ 的大小关系为 $Z_p > Z_d$ 。因此,图8的(a)所示

的波的反射相当于压电层14和第1层13A之间的第1界面12a处的、无用的体波的反射。

[0074] 在图8的(a)中,通过实线示出了从与压电层14相当的层入射到与第1层13A相当的层的入射波F1。通过虚线示出了入射波F1在与第1界面12a相当的界面被反射的反射波F2。另一方面,通过单点划线示出了入射波F1在未设置与第1层13A相当的层的设想下行进的情况下的假想上的波F3。在以界面为对称轴的情况下,反射波F2与假想上的波F3线对称。因此,反射波F2的相位和假想上的波F3的相位相同。而且,假想上的波F3的相位与入射波F1的相位相同。因此,反射波F2的相位与入射波F1的相位相同。因此,在第1实施方式中,从压电层14入射的无用的体波的相位和在第1界面12a被反射的无用的体波的相位相同。

[0075] 另一方面,在图8的(b)中,声阻抗的大小关系为 $Z_1 < Z_2$ 。而且,在第1实施方式中,第1层13A的声阻抗 $Z_d$ 以及第2层13B的声阻抗 $Z_s$ 的大小关系为 $Z_s > Z_d$ 。因此,图8的(b)所示的波的反射相当于第1层13A和第2层13B之间的第2界面12b处的、无用的体波的反射。

[0076] 在图8的(b)中,通过实线示出了从与第1层13A相当的层入射到与第2层13B相当的层的入射波G1。通过虚线示出了入射波G1在与第2界面12b相当的界面被反射的反射波G2。另一方面,通过单点划线示出了入射波G1在未设置与第2层13B相当的层的设想下行进的情况下的假想上的波G3。进而,通过双点划线示出了使假想上的波G3的相位反转后的波G4。在以界面为对称轴的情况下,反射波G2与波G4线对称。而且,波G4的相位相对于入射波G1的相位反转。因此,反射波G2的相位相对于入射波G1的相位反转。因此,在第1实施方式中,从第1层13A入射的无用的体波的相位和在第2界面12b被反射的无用的体波的相位为相互反转的关系。

[0077] 根据以上,在入射到第1界面12a的无用的体波的相位和入射到第2界面12b的无用的体波的相位相同的情况下,在上述各界面被反射的各反射波的相位成为相互反转的关系。即,在第1界面12a被反射的无用的体波和在第2界面12b被反射的无用的体波相互抵消。另外,同样地,在入射到第1界面12a的无用的体波的相位和入射到第2界面12b的无用的体波的相位偏离了半个波长的量的情况下,在上述各界面被反射的各反射波的相位也成为相互反转的关系。因此,通过将第1层13A的厚度 $t_d$ 设为波长 $\lambda$ 的半波长的整数倍、即 $t_d = n(1/2)\lambda$ ,从而能够使得在各界面被反射的无用的体波相互抵消。因此,能够抑制无用的体波的信号被汇流条或布线接受。因此,能够抑制频率特性中的纹波。

[0078] 在上述中,说明了表3中的 $Z_p > Z_d$ 且 $Z_s > Z_d$ 的情况。这是在第1界面12a以及第2界面12b之中的一者被反射的波的相位不反转而在另一者被反射的波的相位反转的情况。表3中的 $Z_p < Z_d$ 且 $Z_s < Z_d$ 的情况也是同样的。因此,通过设为 $Z_p < Z_d$ ,设为 $Z_s < Z_d$ ,并且设为 $t_d = n(1/2)\lambda$ ,从而能够抑制频率特性中的纹波。

[0079] 另一方面,在表3中的 $Z_p > Z_d$ 且 $Z_s < Z_d$ 的情况下,在第1界面12a以及第2界面12b的双方被反射的波的相位不反转。在该情况下,在入射到第1界面12a的无用的体波的相位和入射到第2界面12b的无用的体波的相位偏离了1/4波长的量的情况下,在上述各界面被反射的各反射波的相位成为相互反转的关系。同样地,在入射到第1界面12a的无用的体波的相位和入射到第2界面12b的无用的体波的相位偏离了3/4波长的量的情况下,在上述各界面被反射的各反射波的相位也成为相互反转的关系。因此,通过将第1层13A的厚度 $t_d$ 设为波长 $\lambda$ 的1/4波长的奇数倍、即 $t_d = (2n-1)(1/4)\lambda$ ,从而能够抑制无用的体波的信号被汇流条或布线接受。因此,能够抑制频率特性中的纹波。

[0080] 在表3中的 $Z_p < Z_d$ 且 $Z_s > Z_d$ 的情况下,在第1界面12a以及第2界面12b的双方被反射的波的相位反转。在该情况下,在上述各界面被反射的无用的体波相互抵消用的厚度 $t_d$ 的条件与在上述各界面的双方被反射的波的相位不反转的情况下的条件相同。即,通过设为 $Z_p < Z_d$ ,设为 $Z_s > Z_d$ ,并且设为 $t_d = (2n-1)(1/4)\lambda$ ,从而能够抑制频率特性中的纹波。

[0081] 另外,如上所述,波长 $\lambda$ 是将在图2所示的第1层13A中传播的横波的声速设为 $v$ 并将包含于滤波器装置的通带的频率设为 $f$ 时通过 $v/f$ 而导出的波长。即,频率 $f$ 是通带中的任意的频率,波长 $\lambda$ 能取与频率 $f$ 的范围相应的范围的值。

[0082] 在此,将使用本实施方式的弹性波装置10的滤波器装置的通带中的中心频率设为 $f_c$ ,将在作为中间层的第1层13A中传播的横波的声速设为 $v_i$ ,将该层的厚度设为 $t_i$ ,将自然数之中的任意一个自然数设为 $m$ 。厚度 $t_i$ 优选在 $(v_i/f_c) \times (1/2) \times (m \pm 0.3)$ 的范围内。由此,能够更可靠且有效地抑制频率特性中的纹波。以下对此进行说明。

[0083] 将中间层中的第1层13A的厚度设为上述 $t_i$ ,通过仿真而导出了厚度 $t_i$ 和频率特性中的纹波的强度的关系。

[0084] 图9是示出作为中间层的第1层的厚度 $t_i$ 和纹波的强度的关系的图。

[0085] 如图9所示,可知纹波的强度周期性地成为极小值。该纹波的强度成为极小值的第1层13A的厚度 $t_i$ 的周期为 $(v_i/f_c) \times (1/2)$ 。因此,如果厚度 $t_i$ 为该周期的整数倍的值,则能够有效抑制频率特性中的纹波。

[0086] 进而,如图9所示,可知即使厚度 $t_i$ 在双箭头所示的范围内的情况下,纹波的强度也较小。该厚度 $t_i$ 的范围是以纹波的强度成为极小值的厚度为中心的、 $(v_i/f_c) \times (1/2)$ 的 $\pm 0.3$ 倍的范围。因此,如上所述,厚度 $t_i$ 优选在 $(v_i/f_c) \times (1/2) \times (m \pm 0.3)$ 的范围内。由此,能够更可靠且有效地抑制频率特性中的纹波。

[0087] 以下,对本实施方式的结构的进一步的详情进行说明。

[0088] 如图2所示,层叠基板13具有第1空洞部13c。具体地,在第1层13A设置有第1贯通孔。在第2层13B设置有第1凹部,使得与第1贯通孔连结。压电层14设置在第1层13A上,使得堵住第1贯通孔。由此,第1空洞部13c跨越第1层13A以及第2层13B而设置。第1空洞部13c在俯视下与第1IDT电极11a的至少一部分重叠。

[0089] 层叠基板13具有第2空洞部13d。第2空洞部13d也与第1空洞部13c同样地跨越第1层13A以及第2层13B而设置。第2空洞部13d在俯视下与第2IDT电极11b的至少一部分重叠。第1空洞部13c以及第2空洞部13d在压电层14侧开口。另外,第1空洞部13c以及第2空洞部13d也可以仅设置于第1层13A,还可以仅设置于第2层13B。或者,也可以通过在压电层14形成凹部,从而构成各空洞部。

[0090] 另外,如图1所示,在将多个电极指相互对置的方向设为电极指对置方向时,在本实施方式的第1IDT电极11a中,电极指对置方向与多个电极指延伸的方向正交。在从电极指对置方向观察时,相邻的电极指彼此相互重叠的区域为交叉区域H。交叉区域H是包含第1IDT电极11a的从电极指对置方向上的一端的电极指到另一端的电极指的区域。更具体地,交叉区域H包含从上述一端的电极指的电极指对置方向上的外侧的端缘部到上述另一端的电极指的电极指对置方向上的外侧的端缘部。

[0091] 进而,第1弹性波谐振器10A具有多个激励区域C。通过对第1IDT电极11a施加交流电压,从而在多个激励区域C中激励弹性波。在本实施方式中,第1弹性波谐振器10A构成为

能够利用例如厚度剪切一阶模等厚度剪切模式的体波。激励区域C与交叉区域H同样地,是从电极指对置方向观察时相邻的电极指彼此相互重叠的区域。另外,各激励区域C分别为1对电极指间的区域。更详细地,激励区域C是从一个电极指的电极指对置方向上的中心到另一个电极指的电极指对置方向上的中心的区域。因此,交叉区域H包含多个激励区域C。在第2弹性波谐振器10B中也是同样的。

[0092] 不过,弹性波装置10的第1弹性波谐振器10A以及第2弹性波谐振器10B例如也可以构成为能够利用板波。在各弹性波谐振器利用板波的情况下,交叉区域为激励区域。在该情况下,作为压电层14的材料,例如,能够使用铌酸锂、钽酸锂、氧化锌、氮化铝、石英或PZT(锆钛酸铅)等。

[0093] 在上述中,示出了能够抑制在第1弹性波谐振器10A中的第2汇流条17A和第2弹性波谐振器10B中的第1汇流条16B间传递无用的体波的例子。不过,无用的体波也能够相同的弹性波谐振器中的汇流条间传递。

[0094] 图10是图1中的沿着II-II线的剖视图。

[0095] 如上所述,第1弹性波谐振器10A中的第1汇流条16A以及第2汇流条17A连接于相互不同的电位。例如,在从第1汇流条16A产生了无用的体波的情况下,该体波能够传播到第2汇流条17A侧。不过,在第1实施方式中,在第1界面12a被反射的无用的体波引和在第2界面12b被反射的无用的体波E2彼此相互抵消。本发明涉及的弹性波装置也可以是1个弹性波谐振器。即使在该情况下,也能够抑制频率特性中的纹波。

[0096] 图11是第2实施方式涉及的弹性波装置的示意性主视剖视图。

[0097] 本实施方式与第1实施方式的不同点在于,第2层23B包含于中间层,并且另外设置有支承基板23C。本实施方式中的中间层是第1层23A以及第2层23B的层叠体。层叠基板23是依次层叠了支承基板23C、第2层23B以及第1层23A的层叠基板。除了上述的点以外,本实施方式的弹性波装置具有与第1实施方式的弹性波装置10同样的结构。

[0098] 在第1实施方式中,第2层13B是支承基板。另一方面,在本实施方式中,第2层23B是电介质层。层叠基板23中的第1空洞部23c由设置于中间层的贯通孔构成。第2空洞部23d也是同样的。在支承基板23C未设置凹部。

[0099] 在本实施方式中,压电层14、第1层23A以及第2层23B的声阻抗的大小关系、以及第1层23A的厚度 $t_d$ 的组合也如表3所示。因此,与第1实施方式同样地,能够抑制频率特性中的纹波。

[0100] 在本实施方式中,中间层是第1层23A以及第2层23B这2层的层叠体。不过,中间层的层数并不限定于2层。中间层只要包含第1层23A和与第1层23A相邻的第2层23B即可。在中间层为3层以上的情况下,中间层的多个层之中的第1层23A是位于最靠压电层14侧的层。第2层23B是与第1层23A相邻的层。上述声阻抗 $Z_d$ 是第1层23A的声阻抗。上述声阻抗 $Z_s$ 是第2层23B的声阻抗。

[0101] 包含于中间层的至少1层优选是 $\text{SiO}_2$ 层等氧化硅层、或者 $\text{SiOC}$ 等硅氧碳化物层。另外,如表2所示, $\text{SiO}_2$ 的声阻抗为 $8.23 \times 10^6 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ , $\text{SiOC}$ 的声阻抗为 $2.32 \times 10^6 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。像这样,能够适当地降低该层的声阻抗。因此,能够扩大满足 $Z_d > Z_s$ 或 $Z_d < Z_s$ 的条件的材料的选择范围。

[0102] 在第1实施方式中,在作为中间层的第1层13A中,设厚度 $t_i$ 优选在 $(v_i/f_c) \times (1/2)$

$\times (m \pm 0.3)$  的范围内。另一方面,在中间层为层叠体的情况下,将在包含于中间层的至少1层中传播的横波的声速设为 $v_i$ ,将该层的厚度设为 $t_i$ 时,厚度 $t_i$ 优选在 $(v_i/f_c) \times (1/2) \times (m \pm 0.3)$ 的范围内。由此,与在上述的第1实施方式中优选的情况同样地,能够更可靠且有效地抑制频率特性中的纹波。另外,该结构在第1实施方式以及第2实施方式以外的本发明的结构中也能够应用。

[0103] 图12是第3实施方式涉及的弹性波装置的示意性俯视图。图13是图12中的沿着III-III线的示意性主视剖视图。

[0104] 如图12以及图13所示,本实施方式与第1实施方式的不同点在于,弹性波装置30为1个弹性波谐振器、以及激励电极具有上部电极31A和下部电极31B。如图13所示,本实施方式与第1实施方式的不同点还在于,层叠基板33中的空洞部33c由设置于第1层33A以及第2层33B的贯通孔构成。除了上述的点以外,本实施方式的弹性波装置30具有与第1实施方式的弹性波装置10同样的结构。

[0105] 上部电极31A设置于压电层14的第1主面14a。下部电极31B设置于压电层14的第2主面14b。上部电极31A和下部电极31B夹着压电层14而相互对置。上部电极31A以及下部电极31B连接于相互不同的电位。上部电极31A和下部电极31B相互对置的区域是激励区域。通过在上部电极31A和下部电极31B间施加交流电场,从而在激励区域中激励弹性波。像这样,弹性波装置30是BAW(Bulk Acoustic Wave,体声波)元件。

[0106] 如图12所示,在压电层14的第1主面14a设置有布线38以及布线39。布线38与上部电极31A连接。另一方面,在压电层14的第2主面14b设置有连接电极37。连接电极37与下部电极31B连接。在压电层14设置有贯通孔。连接电极37穿过贯通孔,并与布线39连接。因此,布线39经由连接电极37而与下部电极31B连接。布线38和布线39连接于相互不同的电位,并且相互对置。

[0107] 在本实施方式中,压电层14、第1层33A以及第2层33B的声阻抗的大小关系、以及第1层33A的厚度 $t_d$ 的组合也如表3所示。因此,与第1实施方式同样地,能够抑制频率特性中的纹波。

[0108] 以下,对厚度剪切模式以及板波的详情进行说明。另外,以下的例子中的电极相当于上述电极指。以下的例子中的支承构件相当于本发明中的支承基板。

[0109] 图14的(a)是示出利用厚度剪切模式的体波的弹性波装置的外观的简图式立体图,图14的(b)是示出压电层上的电极构造的俯视图,图15是图14的(a)中的沿着A-A线的部分的剖视图。

[0110] 弹性波装置1具有包含 $\text{LiNbO}_3$ 的压电层2。压电层2也可以包含 $\text{LiTaO}_3$ 。 $\text{LiNbO}_3$ 、 $\text{LiTaO}_3$ 的切割角为Z切割,但也可以为旋转Y切割、X切割。压电层2的厚度没有特别限定,但为了有效地激励厚度剪切模式,优选为40nm以上且1000nm以下,更优选为50nm以上且1000nm以下。压电层2具有彼此对置的第1、第2主面2a、2b。在第1主面2a上设置有电极3以及电极4。在此,电极3是“第1电极”的一个例子,电极4是“第2电极”的一个例子。在图14的(a)以及图14的(b)中,多个电极3是与第1汇流条5连接的多个第1电极指。多个电极4是与第2汇流条6连接的多个第2电极指。多个电极3和多个电极4彼此相互交错对插。电极3以及电极4具有矩形形状,具有长度方向。在与该长度方向正交的方向上,电极3和相邻的电极4对置。电极3、4的长度方向、以及与电极3、4的长度方向正交的方向均为与压电层2的厚度方向交

叉的方向。因此,也可以说,电极3和相邻的电极4在与压电层2的厚度方向交叉的方向上对置。此外,电极3、4的长度方向也可以和图14的(a)以及图14的(b)所示的与电极3、4的长度方向正交的方向调换。即,在图14的(a)以及图14的(b)中,也可以使电极3、4在第1汇流条5以及第2汇流条6延伸的方向上延伸。在该情况下,第1汇流条5以及第2汇流条6在图14的(a)以及图14的(b)中变得在电极3、4延伸的方向上延伸。而且,连接于一个电位的电极3和连接于另一个电位的电极4相邻的1对构造在与上述电极3、4的长度方向正交的方向上设置有多对。在此,所谓电极3和电极4相邻,并不是指电极3和电极4配置为直接接触的情况,而是指电极3和电极4隔着间隔而配置的情况。此外,在电极3和电极4相邻的情况下,在电极3与电极4之间不配置包括其他电极3、4在内的、与信号电极、接地电极连接的电极。该对数无需为整数对,也可以为1.5对、2.5对等。电极3、4间的中心间距离即间距优选 $1\mu\text{m}$ 以上且 $10\mu\text{m}$ 以下的范围。此外,电极3、4的宽度、即电极3、4的对置方向的尺寸优选为 $50\text{nm}$ 以上且 $1000\text{nm}$ 以下的范围,更优选为 $150\text{nm}$ 以上且 $1000\text{nm}$ 以下的范围。另外,所谓电极3、4间的中心间距离,成为将与电极3的长度方向正交的方向上的电极3的尺寸(宽度尺寸)的中心和与电极4的长度方向正交的方向上的电极4的尺寸(宽度尺寸)的中心连结的距离。

[0111] 此外,在弹性波装置1中,由于使用了Z切割的压电层,因此与电极3、4的长度方向正交的方向成为与压电层2的极化方向正交的方向。在作为压电层2而使用了其他切割角的压电体的情况下,不限于此。在此,所谓“正交”,并非仅限于严格正交的情况,也可以大致正交(与电极3、4的长度方向正交的方向和极化方向所成的角度例如在 $90^\circ \pm 10^\circ$ 的范围内)。

[0112] 在压电层2的第2主面2b侧隔着绝缘层7层叠有支承构件8。绝缘层7以及支承构件8具有框状的形状,如图15所示,具有贯通孔7a、8a。由此,形成了空洞部9。空洞部9为了不妨碍压电层2的激励区域C的振动而设置。因此,上述支承构件8在不与设置有至少1对电极3、4的部分重叠的位置,隔着绝缘层7层叠于第2主面2b。另外,也可以不设置绝缘层7。因此,支承构件8能够直接或间接地层叠于压电层2的第2主面2b。

[0113] 绝缘层7包含氧化硅。不过,除了氧化硅之外,还能够使用氮氧化硅、矾土等适当的绝缘性材料。支承构件8包含Si。Si的压电层2侧的面中的面方位可以为(100)、(110),也可以为(111)。构成支承构件8的Si是电阻率为 $4\text{k}\Omega$ 以上的高电阻为宜。不过,关于支承构件8也能够使用适当的绝缘性材料、半导体材料而构成。

[0114] 作为支承构件8的材料,例如,能够使用氧化铝、钽酸锂、铌酸锂、石英等压电体、矾土、氧化镁、蓝宝石、氮化硅、氮化铝、碳化硅、氧化锆、堇青石、莫来石、块滑石、镁橄榄石等各种陶瓷、金刚石、玻璃等电介质、氮化镓等半导体等。

[0115] 上述多个电极3、4以及第1、第2汇流条5、6包含Al、AlCu合金等适当的金属或者合金。在本实施方式中,电极3、4以及第1、第2汇流条5、6具有在Ti膜上层叠了Al膜的构造。另外,也可以使用Ti膜以外的密接层。

[0116] 在驱动时,在多个电极3与多个电极4之间施加交流电压。更具体地,在第1汇流条5与第2汇流条6之间施加交流电压。由此,能够得到利用了压电层2中被激励的厚度剪切模式的体波的谐振特性。此外,在弹性波装置1中,在将压电层2的厚度设为 $d$ ,将多对电极3、4之中的任意相邻的电极3、4的中心间距离设为 $p$ 的情况下, $d/p$ 被设为0.5以下。因此,可有效地激励上述厚度剪切模式的体波,能够得到良好的谐振特性。更优选的是, $d/p$ 为0.24以下,

在该情况下,能够得到更加良好的谐振特性。

[0117] 在弹性波装置1中,由于具备上述结构,因此即使欲谋求小型化而减少了电极3、4的对数,也不易产生Q值的下降。这是因为,即使减少两侧的反射器中的电极指的根数,传播损耗也较少。此外,能够减少上述电极指的根数是由于利用了厚度剪切模式的体波。参照图16的(a)以及图16的(b),对在弹性波装置中利用的兰姆波和上述厚度剪切模式的体波的差异进行说明。

[0118] 图16的(a)是用于说明在如日本公开专利公报:特开2012-257019号公报记载的那样的弹性波装置的压电膜中传播的兰姆波的示意性主视剖视图。在此,波在压电膜201中如箭头所示那样传播。在此,在压电膜201中,第1主面201a和第2主面201b对置,将第1主面201a和第2主面201b连结的厚度方向是Z方向。X方向是IDT电极的电极指排列的方向。如图16的(a)所示,对于兰姆波而言,波如图示那样,在X方向上不断传播。由于是板波,因此虽然压电膜201作为整体而振动,但是波在X方向上传播,因而在两侧配置反射器,得到了谐振特性。因此,在产生波的传播损耗,且谋求了小型化的情况下、即减少了电极指的对数的情况下,Q值下降。

[0119] 相对于此,如图16的(b)所示,在弹性波装置1中,振动位移是厚度剪切方向,因此波大致在将压电层2的第1主面2a和第2主面2b连结的方向、即Z方向上传播并谐振。即,波的X方向分量与Z方向分量相比明显小。而且,由于通过该Z方向的波的传播可得到谐振特性,因此即使减少反射器的电极指的根数,也不易产生传播损耗。进而,即使欲推进小型化而减少了包含电极3、4的电极对的对数,也不易产生Q值的下降。

[0120] 另外,如图17所示,厚度剪切模式的体波的振幅方向在压电层2的激励区域C所包含的第1区域451、和激励区域C所包含的第2区域452中变得相反。在图17中,示意性地示出了在电极3与电极4之间施加了电极4与电极3相比成为高电位的电压的情况下的体波。第1区域451是激励区域C之中的、与压电层2的厚度方向正交且将压电层2分成两部分的虚拟平面VP1和第1主面2a之间的区域。第2区域452是激励区域C之中的、虚拟平面VP1和第2主面2b之间的区域。

[0121] 如上所述,在弹性波装置1中,虽然配置有包含电极3和电极4的至少1对电极,但并非使波在X方向上传播,因此包含该电极3、4的电极对的对数无需有多对。即,只要设置有至少1对电极即可。

[0122] 例如,上述电极3是连接于信号电位的电极,电极4是连接于接地电位的电极。不过,也可以是,电极3连接于接地电位,电极4连接于信号电位。在本实施方式中,至少1对电极是如上所述连接于信号电位的电极或连接于接地电位的电极,未设置浮置电极。

[0123] 图18是示出图15所示的弹性波装置的谐振特性的图。另外,得到了该谐振特性的弹性波装置1的设计参数如下。

[0124] 压电层2:欧拉角( $0^\circ, 0^\circ, 90^\circ$ )的 $\text{LiNbO}_3$ ,厚度=400nm。

[0125] 在与电极3和电极4的长度方向正交的方向上观察时,电极3和电极4重叠的区域、即激励区域C的长度=40 $\mu\text{m}$ ,包含电极3、4的电极的对数=21对,电极间中心距离=3 $\mu\text{m}$ ,电极3、4的宽度=500nm, $d/p=0.133$ 。

[0126] 绝缘层7:1 $\mu\text{m}$ 的厚度的氧化硅膜。

[0127] 支承构件8:Si。

[0128] 另外,所谓激励区域C的长度,是激励区域C的沿着电极3、4的长度方向的尺寸。

[0129] 在本实施方式中,包含电极3、4的电极对的电极间距离在多对中设为全部相等。即,以等间距配置了电极3和电极4。

[0130] 根据图18可明确,尽管不具有反射器,但是得到了相对带宽为12.5%的良好的谐振特性。

[0131] 另外,在将上述压电层2的厚度设为 $d$ ,将电极3和电极4的电极的中心间距离设为 $p$ 的情况下,如前所述,在本实施方式中, $d/p$ 为0.5以下,更优选为0.24以下。参照图19对此进行说明。

[0132] 与得到了图18所示的谐振特性的弹性波装置同样地,但是使 $d/p$ 变化,得到了多个弹性波装置。图19是示出该 $d/p$ 和作为弹性波装置的谐振器的相对带宽的关系的图。

[0133] 根据图19可明确,若 $d/p > 0.5$ ,则即使调整 $d/p$ ,相对带宽也不足5%。相对于此,在 $d/p \leq 0.5$ 的情况下,如果在该范围内使 $d/p$ 变化,则能够使相对带宽成为5%以上,即能够构成具有高耦合系数的谐振器。此外,在 $d/p$ 为0.24以下的情况下,能够将相对带宽提高到7%以上。而且,如果在该范围内调整 $d/p$ ,则能够得到相对带宽更加宽的谐振器,能够实现具有更加高的耦合系数的谐振器。因此,可知,通过将 $d/p$ 设为0.5以下,从而能够构成利用了上述厚度剪切模式的体波的具有高耦合系数的谐振器。

[0134] 图20是利用厚度剪切模式的体波的弹性波装置的俯视图。在弹性波装置40中,在压电层2的第1主面2a上,设置了具有电极3和电极4的1对电极。另外,图20中的 $K$ 成为交叉宽度。如前所述,在本发明的弹性波装置中,电极的对数也可以为1对。即使在该情况下,如果上述 $d/p$ 为0.5以下,则也能够有效地激励厚度剪切模式的体波。

[0135] 在弹性波装置1中,优选的是,在多个电极3、4中,任意相邻的电极3、4相对于上述相邻的电极3、4在对置的方向上观察时重叠的区域即激励区域C的金属化比 $MR$ 满足 $MR \leq 1.75(d/p) + 0.075$ 为宜。在该情况下,能够有效地减小杂散。参照图21以及图22对此进行说明。图21是示出上述弹性波装置1的谐振特性的一个例子的参考图。箭头B所示的杂散出现在谐振频率与反谐振频率之间。另外,设 $d/p = 0.08$ ,并且设 $\text{LiNbO}_3$ 的欧拉角( $0^\circ, 0^\circ, 90^\circ$ )。此外,设上述金属化比 $MR = 0.35$ 。

[0136] 参照图14的(b),对金属化比 $MR$ 进行说明。在图14的(b)的电极构造中,在着眼于1对电极3、4的情况下,设仅设置这1对电极3、4。在该情况下,被单点划线包围的部分成为激励区域C。所谓该激励区域C,是在与电极3、4的长度方向正交的方向即对置方向上观察电极3和电极4时电极3中的与电极4相互重叠的区域、电极4中的与电极3相互重叠的区域、以及电极3与电极4之间的区域中的电极3和电极4相互重叠的区域。而且,激励区域C内的电极3、4的面积相对于该激励区域C的面积成为金属化比 $MR$ 。即,金属化比 $MR$ 是金属化部分的面积相对于激励区域C的面积之比。

[0137] 另外,在设置有多对电极的情况下,只要将全部激励区域所包含的金属化部分相对于激励区域的面积的合计的比例设为 $MR$ 即可。

[0138] 图22是示出按照本实施方式构成了许多弹性波谐振器的情况下的相对带宽和作为杂散的大小的以180度进行了标准化的杂散的阻抗的相位旋转量的关系的图。另外,关于相对带宽,对压电层的膜厚、电极的尺寸进行各种变更而进行了调整。此外,图22是使用了包含Z切割的 $\text{LiNbO}_3$ 的压电层的情况下的结果,但即使在使用了其他切割角的压电层的情

况下,也成为同样的倾向。

[0139] 在图22中的椭圆J所包围的区域中,杂散变大到1.0。根据图22可明确,若相对带宽超过0.17、即若超过17%,则即便使构成相对带宽的参数变化,也在通带内出现杂散电平为1以上的较大的杂散。即,如图21所示的谐振特性那样,在频带内出现箭头B所示的较大的杂散。因此,相对带宽优选为17%以下。在该情况下,能够通过调整压电层2的膜厚、电极3、4的尺寸等来减小杂散。

[0140] 图23是示出 $d/2p$ 、金属化比MR和相对带宽的关系的图。在上述弹性波装置中,构成 $d/2p$ 和MR不同的各种各样的弹性波装置,并测定了相对带宽。图23的虚线D的右侧的标注影线而示出的部分是相对带宽为17%以下的区域。该标注影线的区域和未标注影线的区域的边界由 $MR=3.5(d/2p)+0.075$ 来表示。即, $MR=1.75(d/p)+0.075$ 。因此,优选的是, $MR\leq 1.75(d/p)+0.075$ 。在该情况下,容易使相对带宽成为17%以下。更优选的是图23中的单点划线D1所示的 $MR=3.5(d/2p)+0.05$ 的右侧的区域。即,如果 $MR\leq 1.75(d/p)+0.05$ ,则能够使相对带宽可靠地成为17%以下。

[0141] 图24是示出使 $d/p$ 无限接近于0的情况下的相对带宽相对于 $\text{LiNbO}_3$ 的欧拉角( $0^\circ$ ,  $\theta$ ,  $\psi$ )的映射的图。图24的标注影线而示出的部分是可得到至少5%以上的相对带宽的区域,若对该区域的范围进行近似,则成为由下述的式(1)、式(2)以及式(3)表示的范围。

[0142] ( $0^\circ\pm 10^\circ$ ,  $0^\circ\sim 20^\circ$ ,任意的 $\psi$ )…式(1)

[0143] ( $0^\circ\pm 10^\circ$ ,  $20^\circ\sim 80^\circ$ ,  $0^\circ\sim 60^\circ(1-(\theta-50)^2/900)^{1/2}$ )或( $0^\circ\pm 10^\circ$ ,  $20^\circ\sim 80^\circ$ ,  $[180^\circ-60^\circ(1-(\theta-50)^2/900)^{1/2}]\sim 180^\circ$ )…式(2)

[0144] ( $0^\circ\pm 10^\circ$ ,  $[180^\circ-30^\circ(1-(\psi-90)^2/8100)^{1/2}]\sim 180^\circ$ ,任意的 $\psi$ )…式(3)

[0145] 因此,在上述式(1)、式(2)或式(3)的欧拉角范围的情况下,能够充分拓宽相对带宽,是优选的。在压电层2为钽酸锂层的情况下也是同样的。

[0146] 图25是具有声多层膜的弹性波装置的主视剖视图。

[0147] 在弹性波装置41中,在压电层2的第2主面2b层叠有声多层膜42。声多层膜42具有声阻抗相对较低的低声阻抗层42a、42c、42e、和声阻抗相对较高的高声阻抗层42b、42d的层叠构造。在使用了声多层膜42的情况下,即使不使用弹性波装置1中的空洞部9,也能够将厚度剪切模式的体波封闭在压电层2内。在弹性波装置41中,通过将上述 $d/p$ 设为0.5以下,从而也能够得到基于厚度剪切模式的体波的谐振特性。另外,在声多层膜42中,其低声阻抗层42a、42c、42e以及高声阻抗层42b、42d的层叠数没有特别限定。只要与低声阻抗层42a、42c、42e相比至少1层高声阻抗层42b、42d配置在远离压电层2的一侧即可。

[0148] 上述低声阻抗层42a、42c、42e以及高声阻抗层42b、42d只要满足上述声阻抗的关系,就能够由适当的材料构成。例如,作为低声阻抗层42a、42c、42e的材料,能够列举氧化硅或氮氧化硅等。此外,作为高声阻抗层42b、42d的材料,能够列举矾土、氮化硅或金属等。

[0149] 图26是用于说明利用兰姆波的弹性波装置的部分切除立体图。

[0150] 弹性波装置81具有支承基板82。在支承基板82,设置有在上表面敞开的凹部。在支承基板82上层叠有压电层83。由此,构成了空洞部9。在该空洞部9的上方,在压电层83上设置有IDT电极84。在IDT电极84的弹性波传播方向两侧设置有反射器85、86。在图26中,用虚线示出空洞部9的外周缘。在此,IDT电极84具有第1、第2汇流条84a、84b、和多根第1电极指84c以及多根第2电极指84d。多根第1电极指84c与第1汇流条84a连接。多根第2电极指84d与

第2汇流条84b连接。多根第1电极指84c和多根第2电极指84d相互交错对插。

[0151] 在弹性波装置81中,通过对上述空洞部9上的IDT电极84施加交流电场,从而可激励作为板波的兰姆波。而且,由于反射器85、86设置于两侧,因此能够得到基于上述兰姆波的谐振特性。

[0152] 像这样,本发明的弹性波装置中的弹性波谐振器也可以是利用板波的弹性波谐振器。在该情况下,只要在上述第1实施方式或第2实施方式中的压电层上设置有图26所示的IDT电极84、反射器85以及反射器86即可。

[0153] 在具有利用厚度剪切模式的体波的弹性波谐振器的第1实施方式或第2实施方式的弹性波装置中,如上所述,d/p优选为0.5以下,更优选为0.24以下。由此,能够得到更加良好的谐振特性。进而,在具有利用厚度剪切模式的体波的弹性波谐振器的第1实施方式或第2实施方式的弹性波装置中,如上所述,优选满足 $MR \leq 1.75(d/p) + 0.075$ 。在该情况下,能够更可靠地抑制杂散。

[0154] 具有利用厚度剪切模式的体波的弹性波谐振器的第1实施方式或第2实施方式的弹性波装置中的压电层优选为铌酸锂层或钽酸锂层。而且,构成该压电层的铌酸锂或钽酸锂的欧拉角( $\varphi, \theta, \psi$ )优选处于上述的式(1)、式(2)或式(3)的范围。在该情况下,能够充分拓宽相对带宽。

[0155] 本发明中的层叠基板也可以包含图25所示的声多层膜42。更具体地,例如,在图11所示的支承基板23C和压电层14之间设置有声多层膜42即可。而且,声多层膜42以及中间层被设为一体即可。更详细地,声多层膜42中的最靠压电层14侧的层为本发明中的第1层即可。而且,与第1层相邻的层为第2层即可。在该情况下,中间层可以仅为第1层,或者,也可以为包含第1层以及第2层的层叠体。压电层14、第1层以及第2层的声阻抗的大小关系、以及厚度td的组合如表3所示,由此能够抑制频率特性中的纹波。

[0156] 附图标记说明

[0157] 1…弹性波装置;

[0158] 2…压电层;

[0159] 2a、2b…第1、第2主面;

[0160] 3、4…电极;

[0161] 5、6…第1、第2汇流条;

[0162] 7…绝缘层;

[0163] 7a…贯通孔;

[0164] 8…支承构件;

[0165] 8a…贯通孔;

[0166] 9…空洞部;

[0167] 10…弹性波装置;

[0168] 10A、10B…第1、第2弹性波谐振器;

[0169] 11A、11B…第1、第2IDT电极;

[0170] 12…压电性基板;

[0171] 12a~12c…第1~第3界面;

[0172] 13…层叠基板;

- [0173] 13A、13B…第1、第2层；
- [0174] 13c、13d…第1、第2空洞部；
- [0175] 14…压电层；
- [0176] 14a、14b…第1、第2主面；
- [0177] 16A、16B…第1汇流条；
- [0178] 17A、17B…第2汇流条；
- [0179] 23…层叠基板；
- [0180] 23A、23B…第1、第2层；
- [0181] 23C…支承基板；
- [0182] 23c、23d…第1、第2空洞部；
- [0183] 30…弹性波装置；
- [0184] 31A…上部电极；
- [0185] 31B…下部电极；
- [0186] 33…层叠基板；
- [0187] 33A、33B…第1、第2层；
- [0188] 33c…空洞部；
- [0189] 37…连接电极；
- [0190] 38、39…布线；
- [0191] 40、41…弹性波装置；
- [0192] 42…声多层膜；
- [0193] 42a、42c、42e…低声阻抗层；
- [0194] 42d、42d…高声阻抗层；
- [0195] 81…弹性波装置；
- [0196] 82…支承基板；
- [0197] 83…压电层；
- [0198] 84…IDT电极；
- [0199] 84a、84b…第1、第2汇流条；
- [0200] 84c、84d…第1、第2电极指；
- [0201] 85、86…反射器；
- [0202] 103…支承基板；
- [0203] 106、107…汇流条；
- [0204] 201…压电膜；
- [0205] 201a、201b…第1、第2主面；
- [0206] 451、452…第1、第2区域；
- [0207] C…激励区域；
- [0208] H…交叉区域；
- [0209] VP1…虚拟平面。

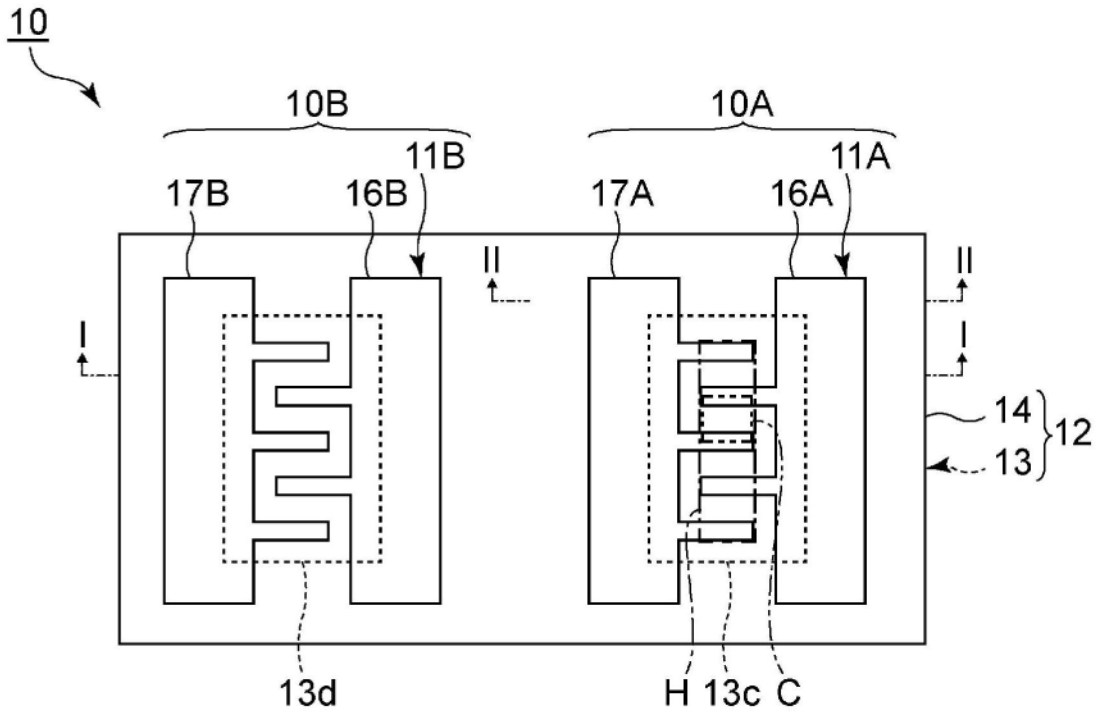


图1

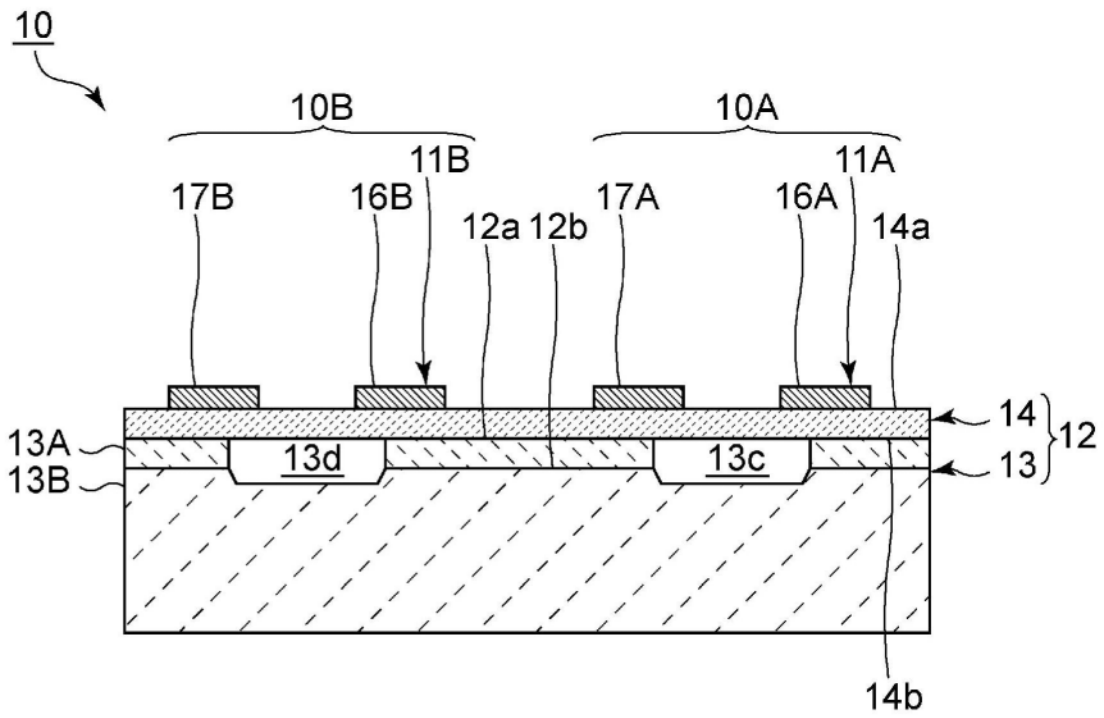


图2

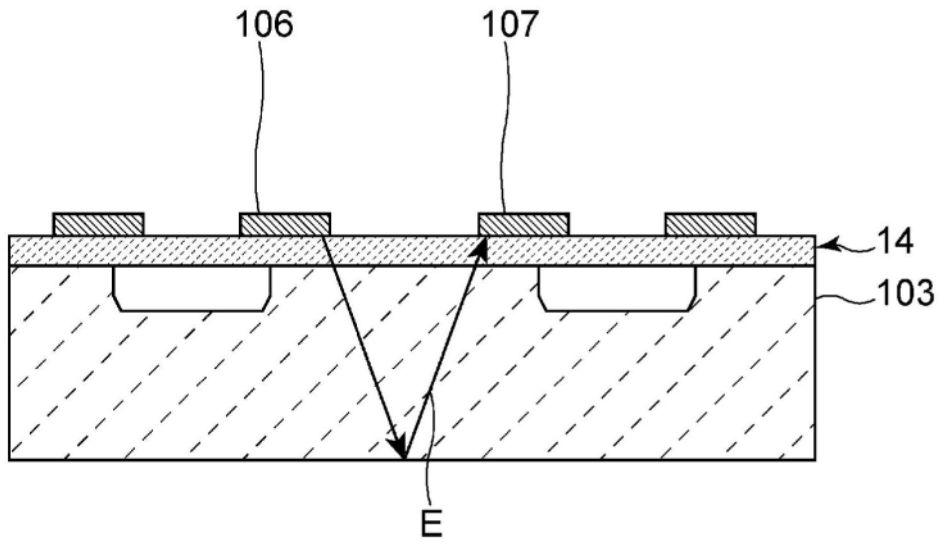


图3

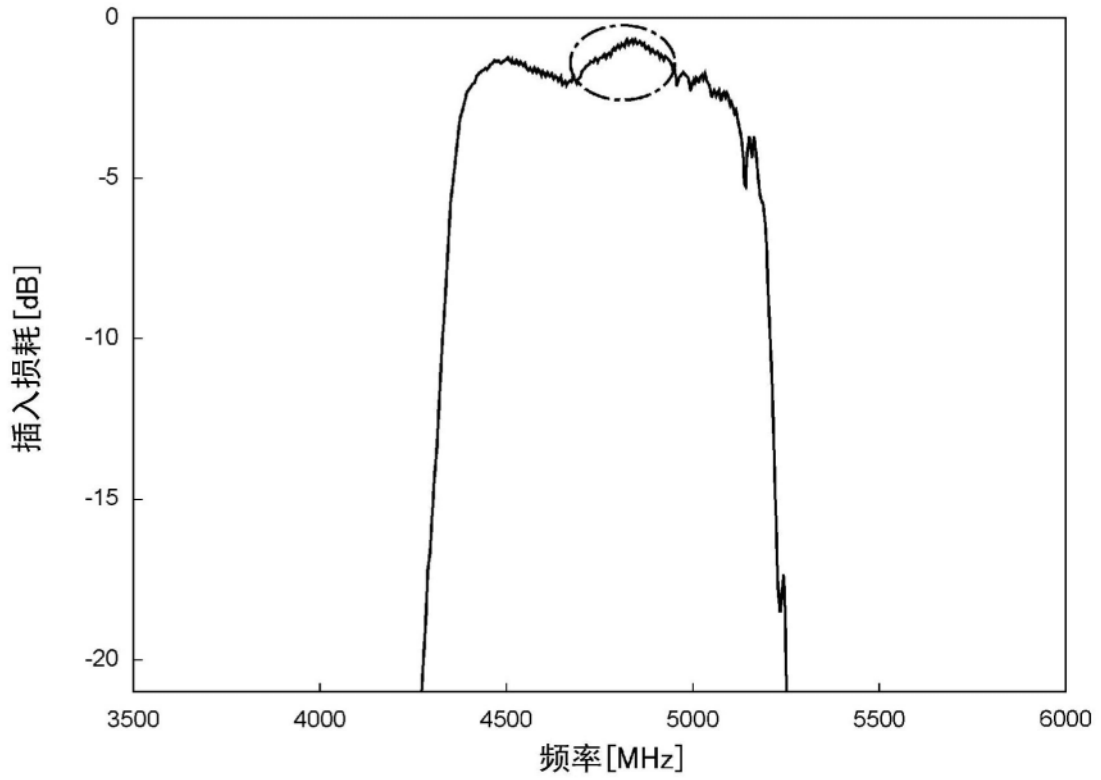


图4

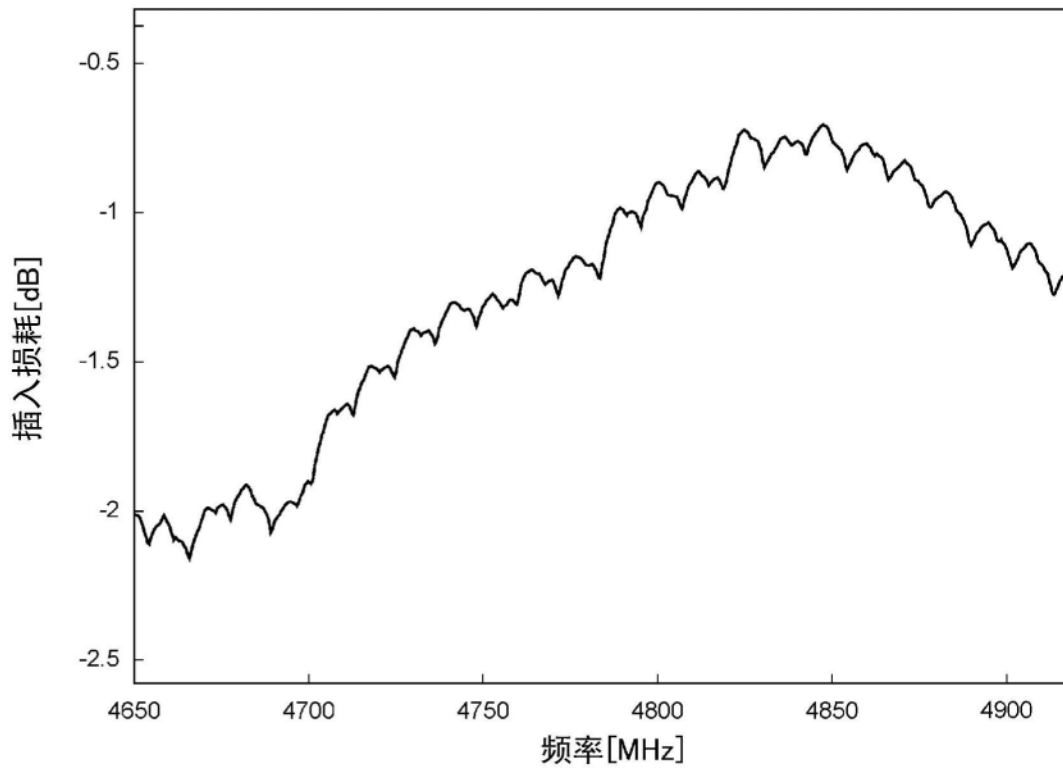


图5

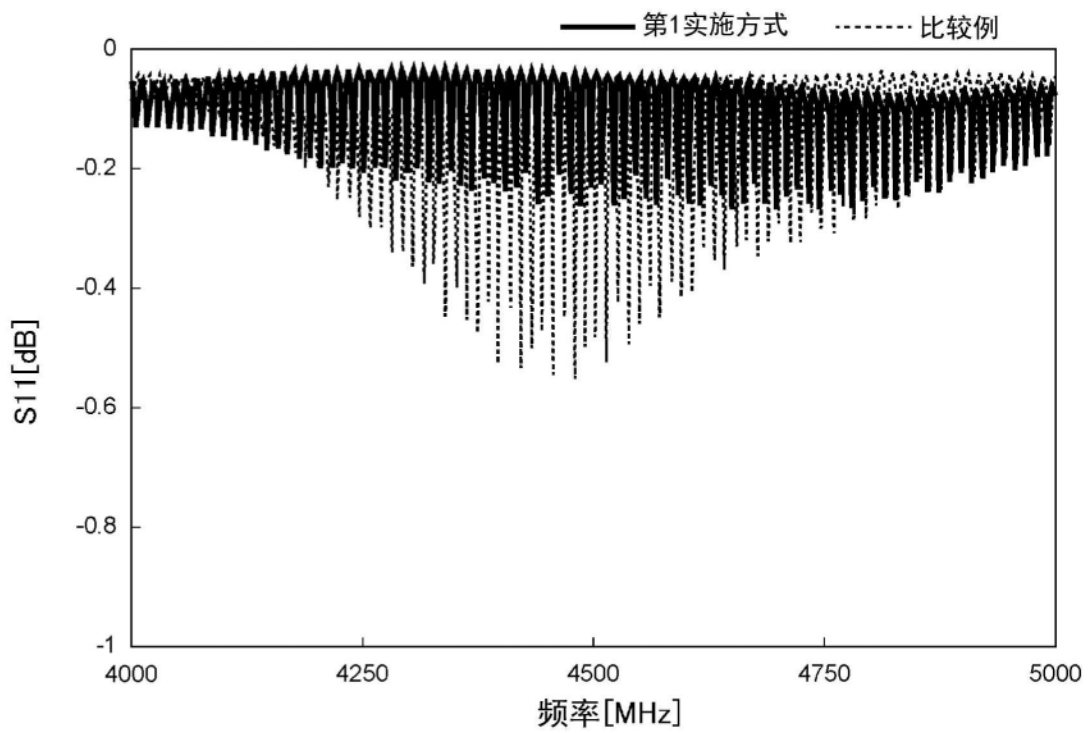


图6

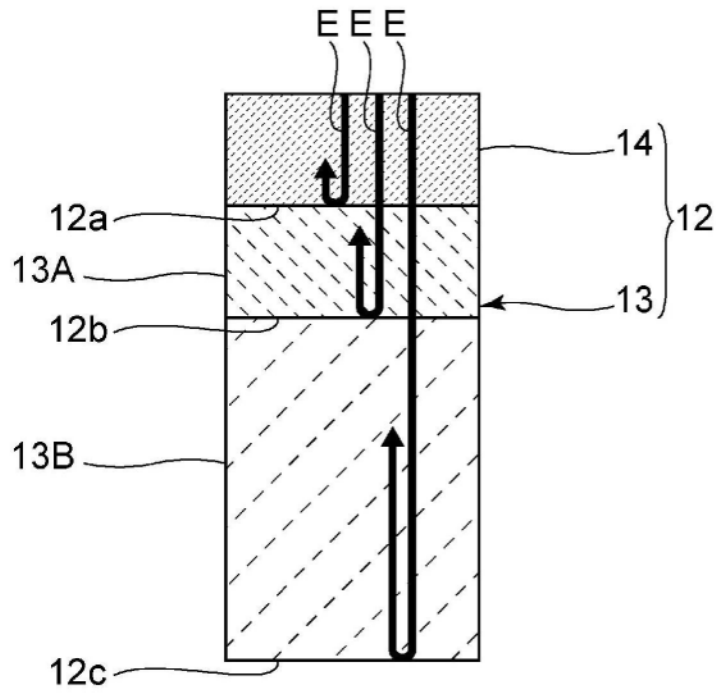


图7

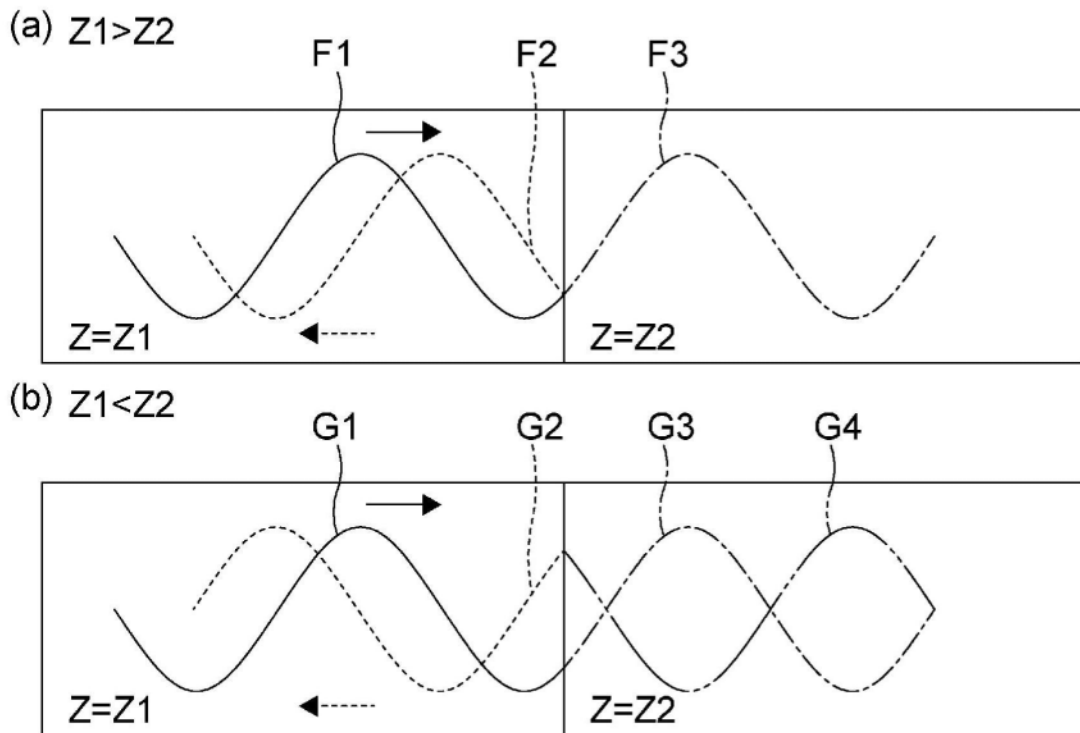


图8

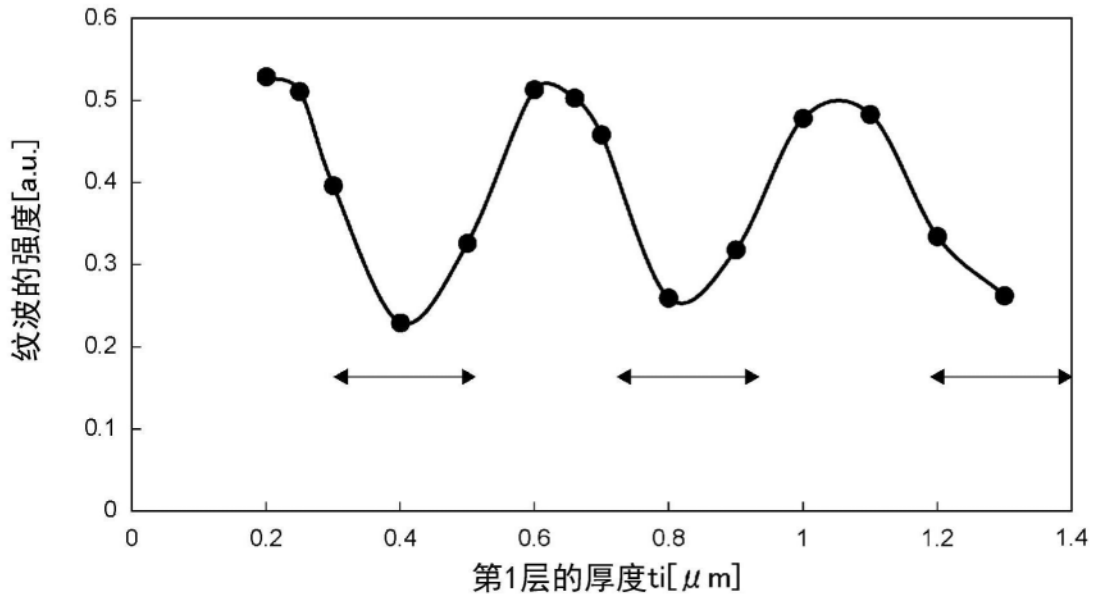


图9

10A

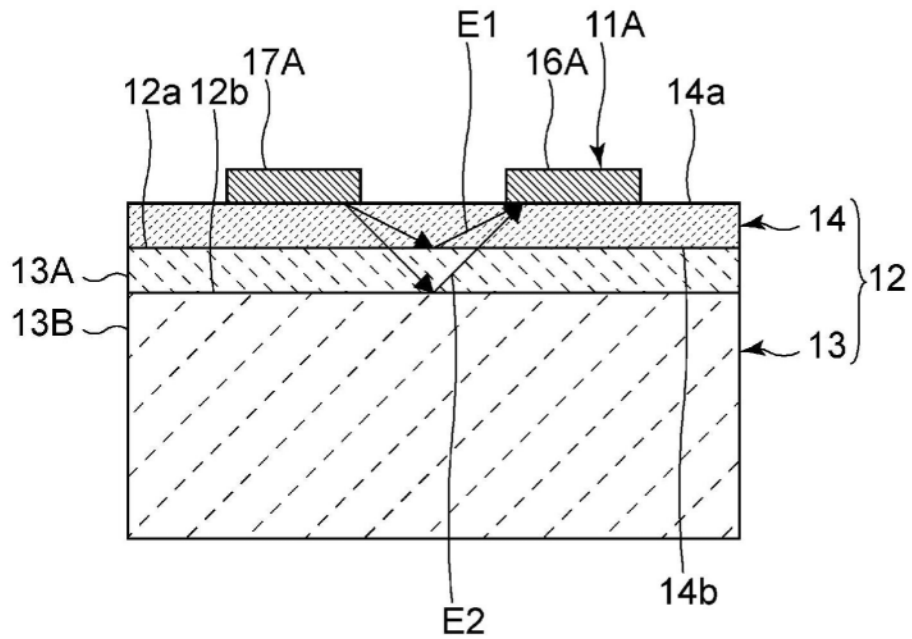


图10

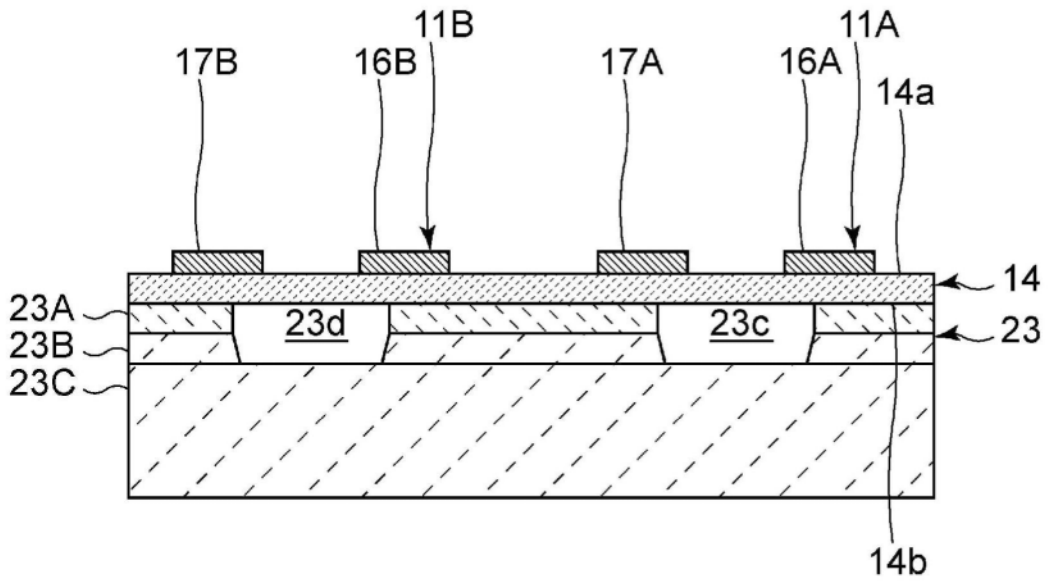


图11

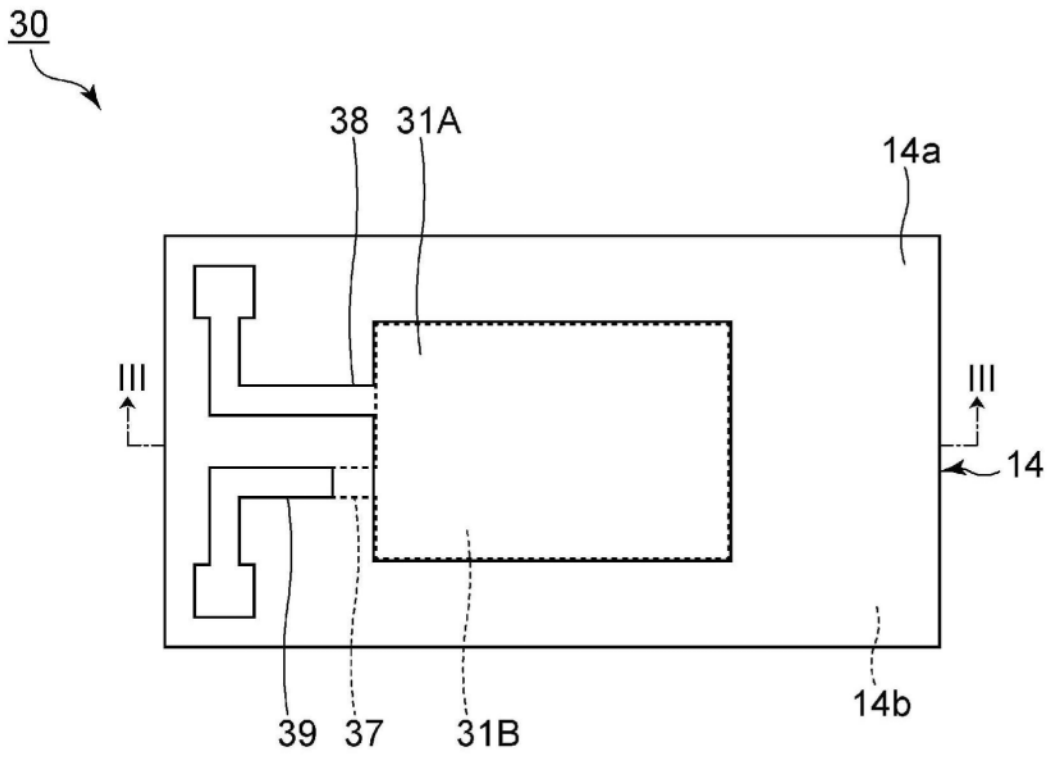


图12

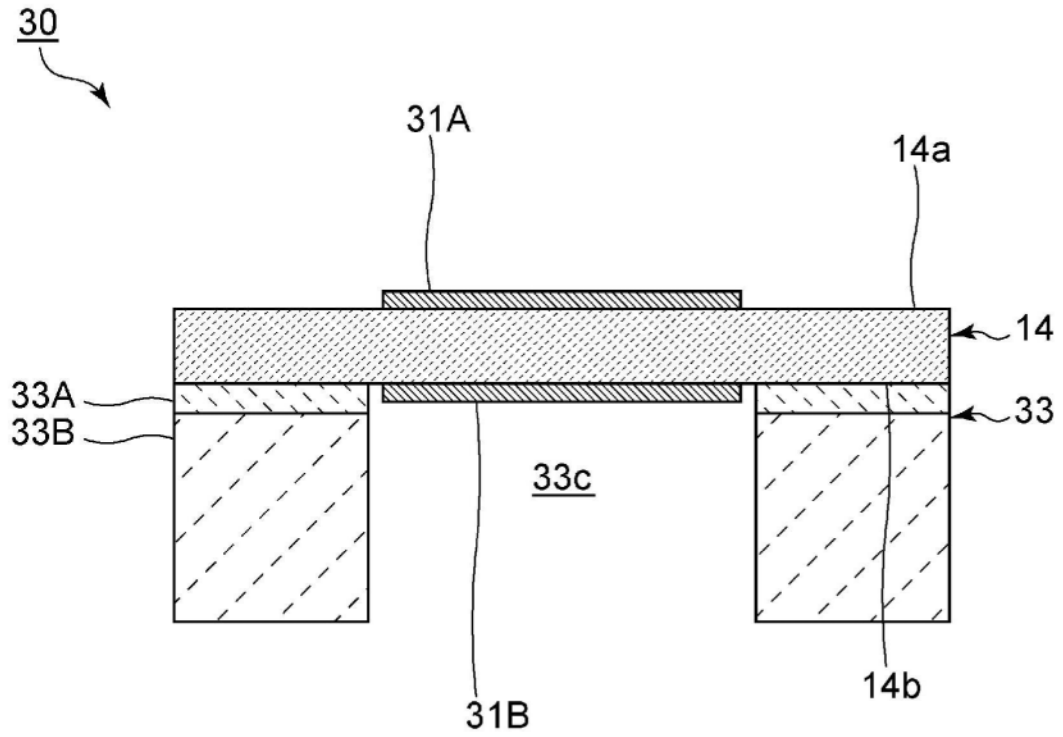


图13

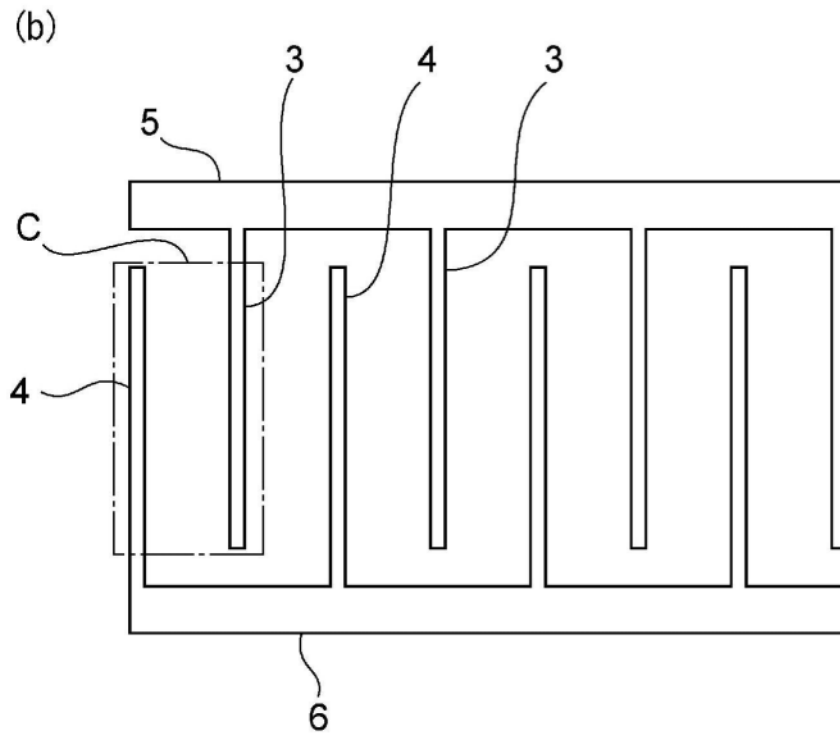
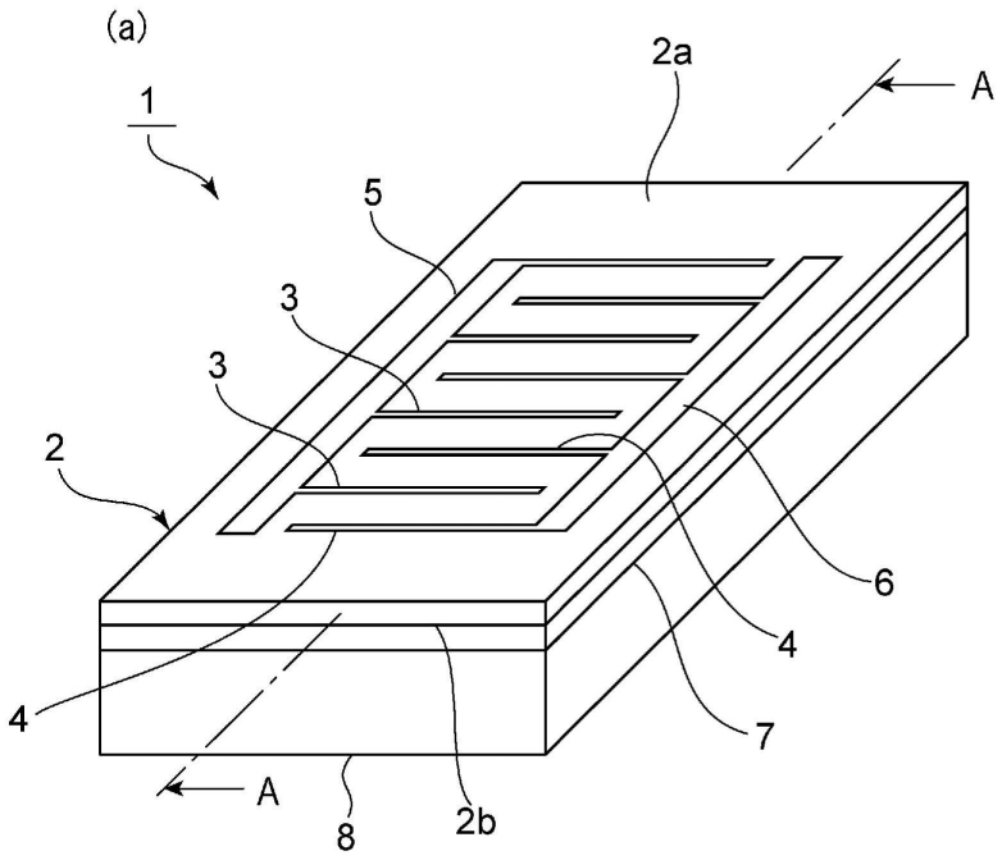


图14

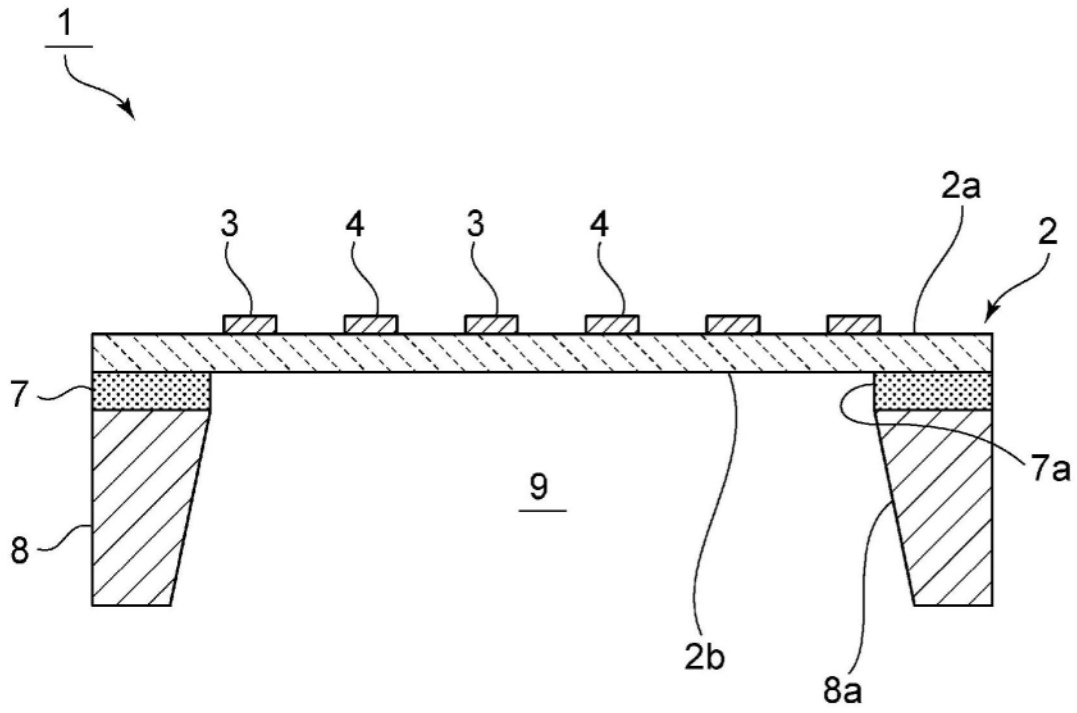


图15

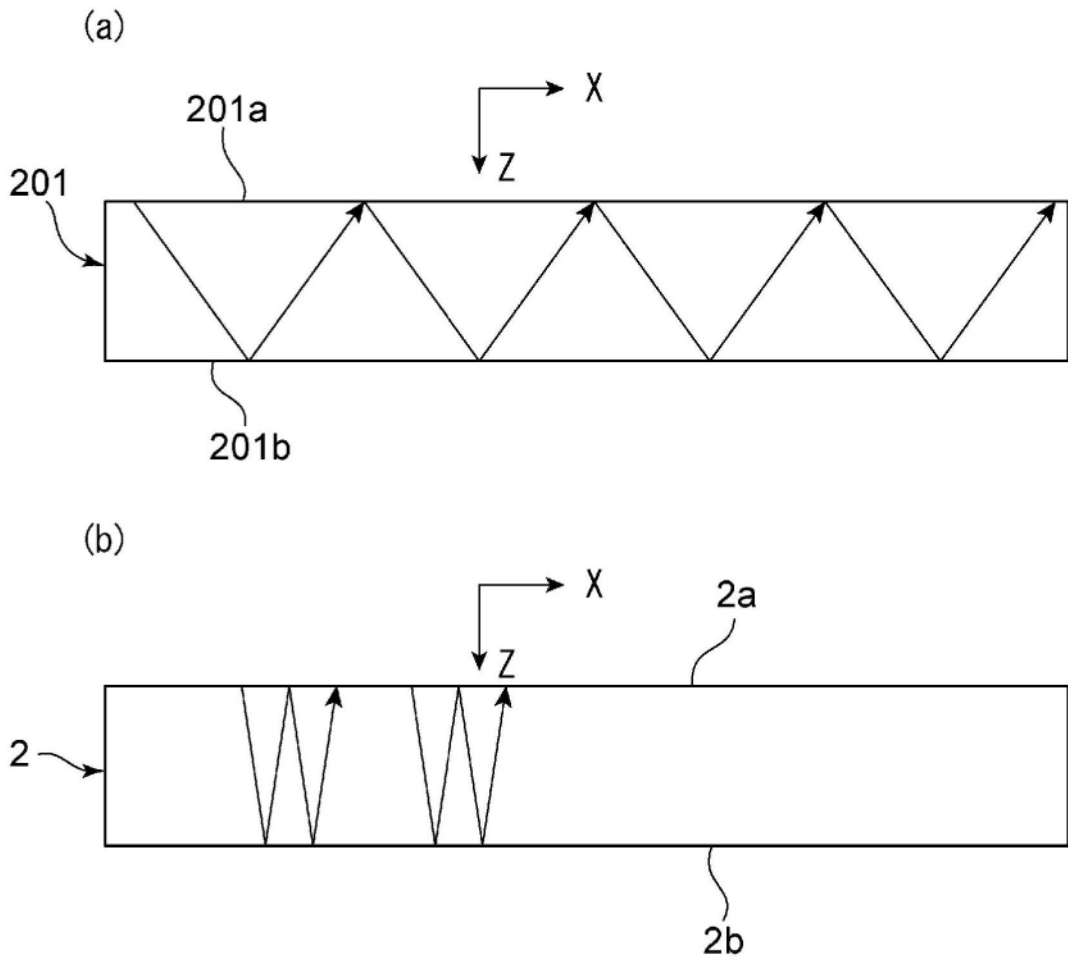


图16

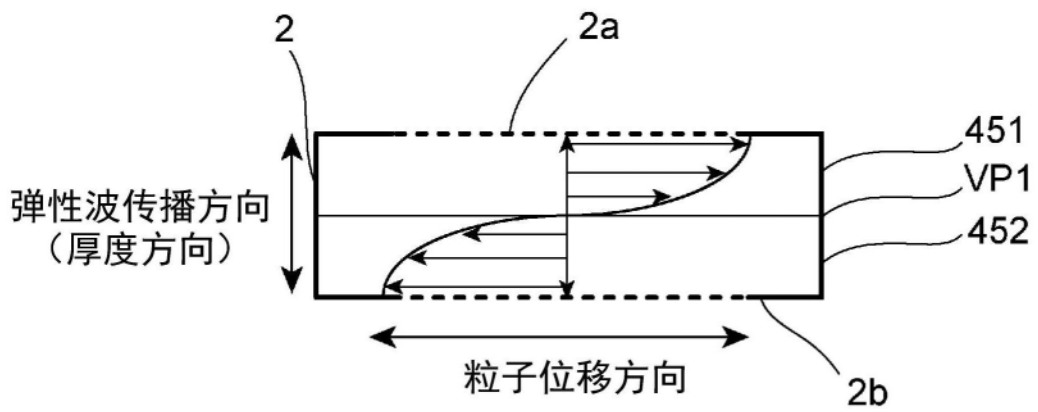


图17

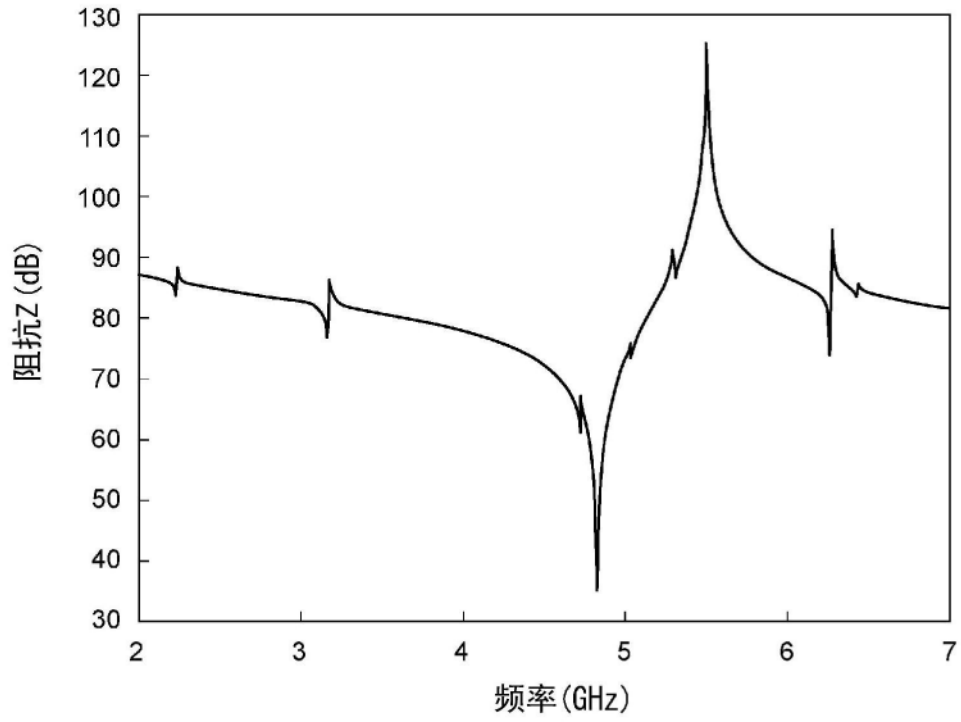


图18

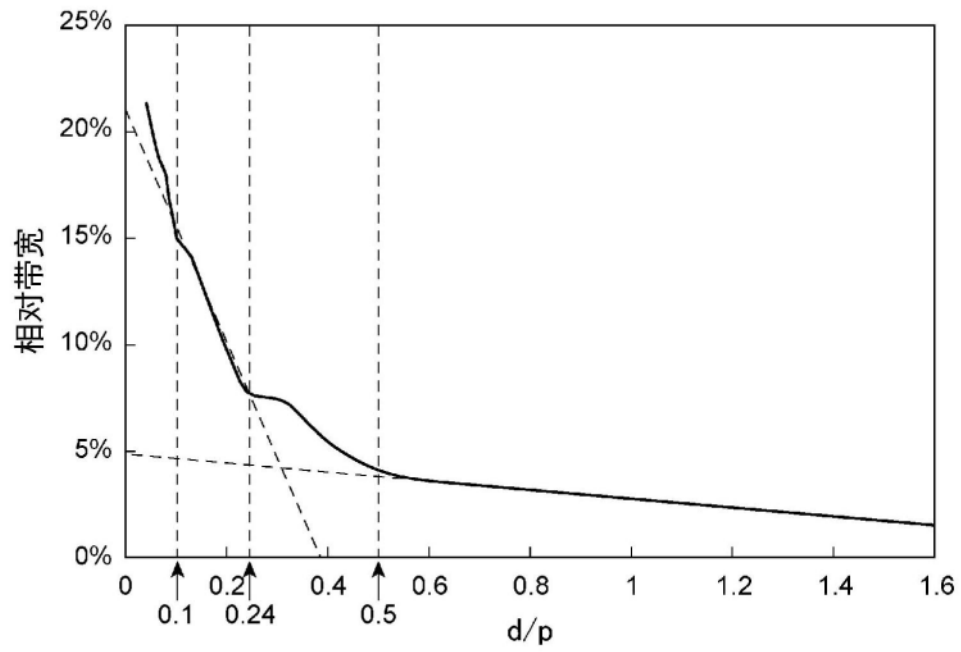


图19

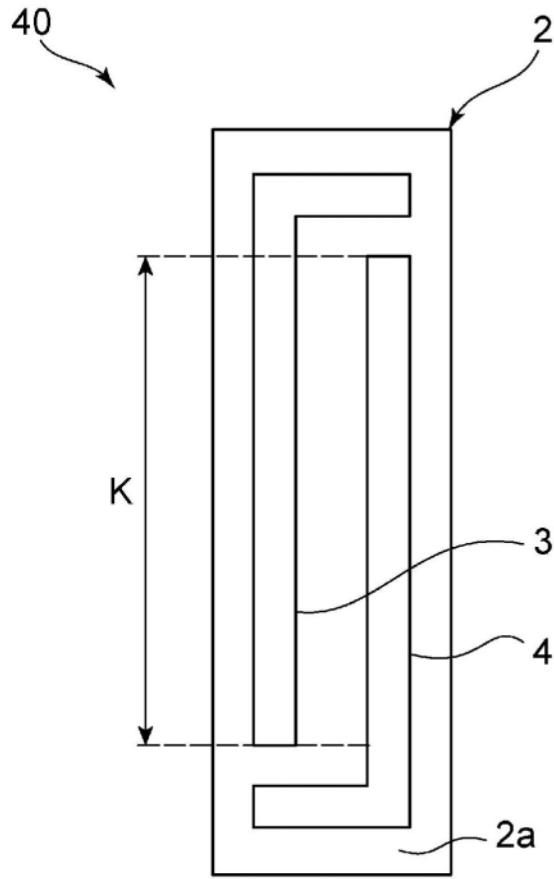


图20

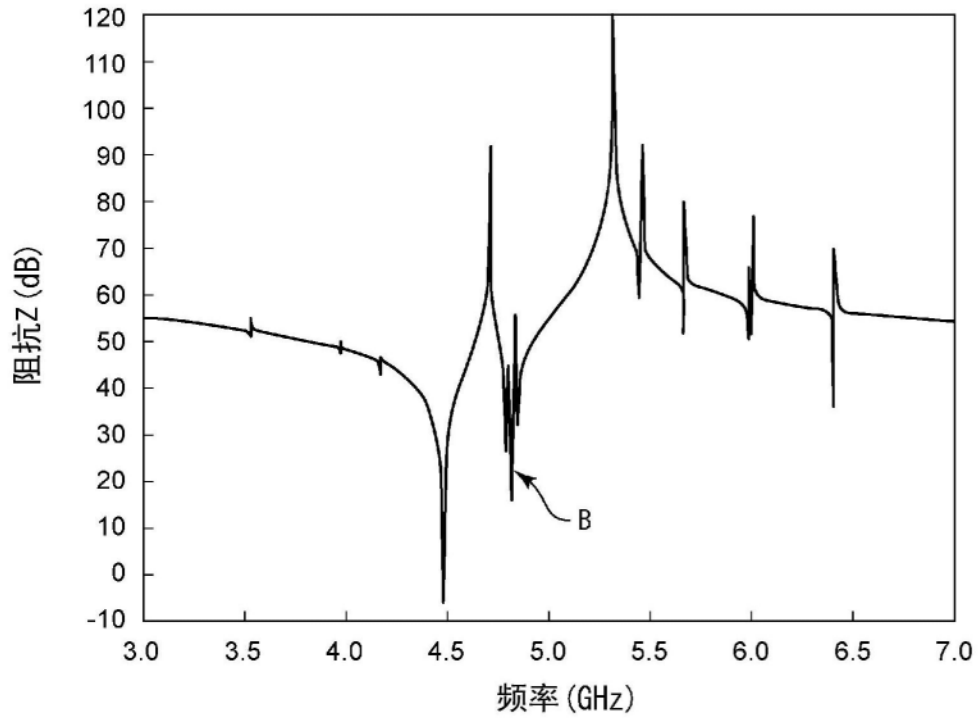


图21

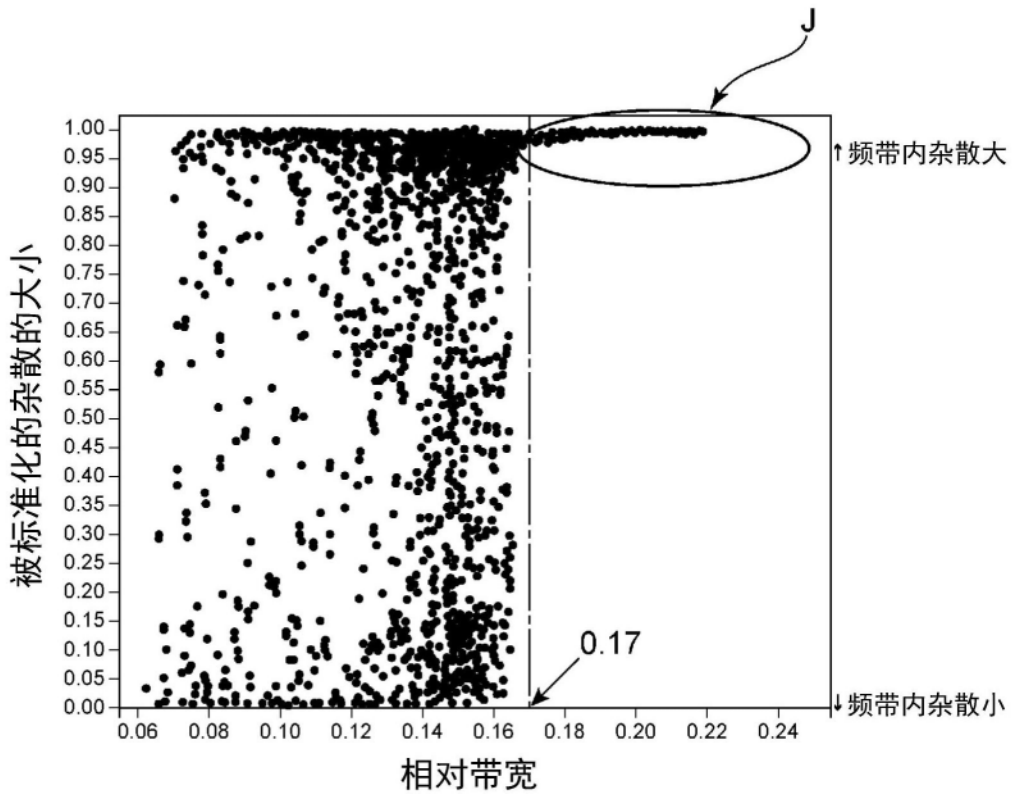


图22

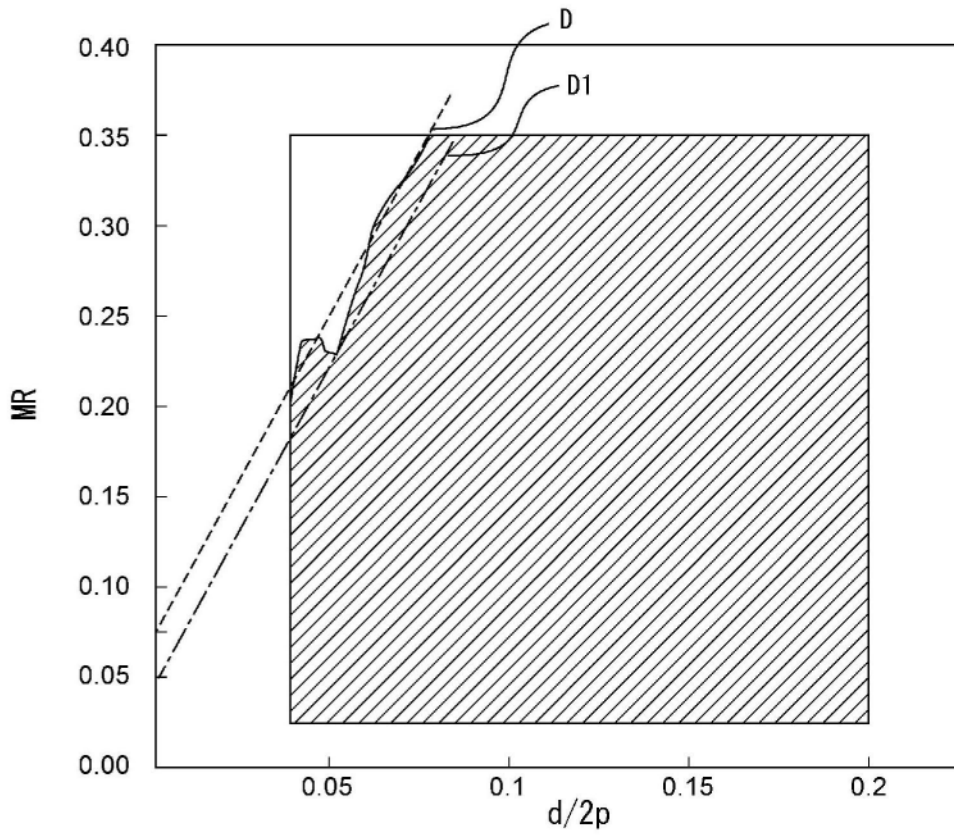


图23

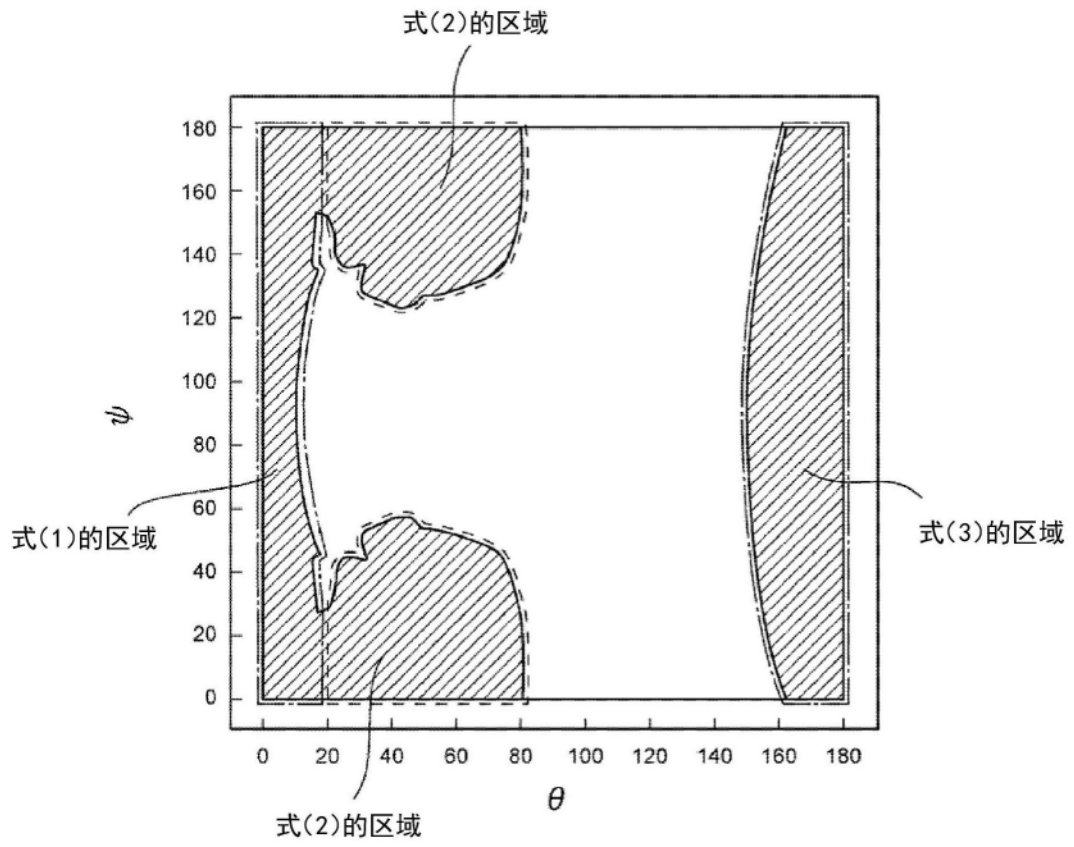


图24

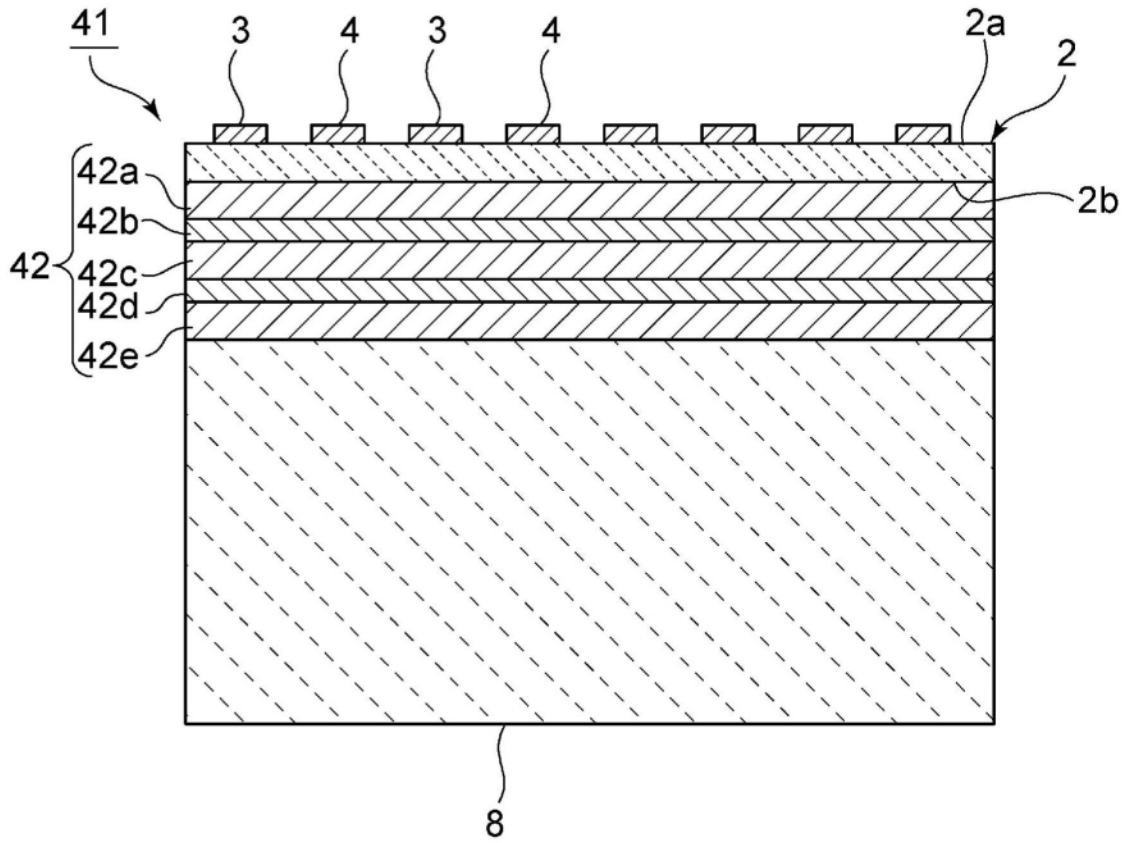


图25

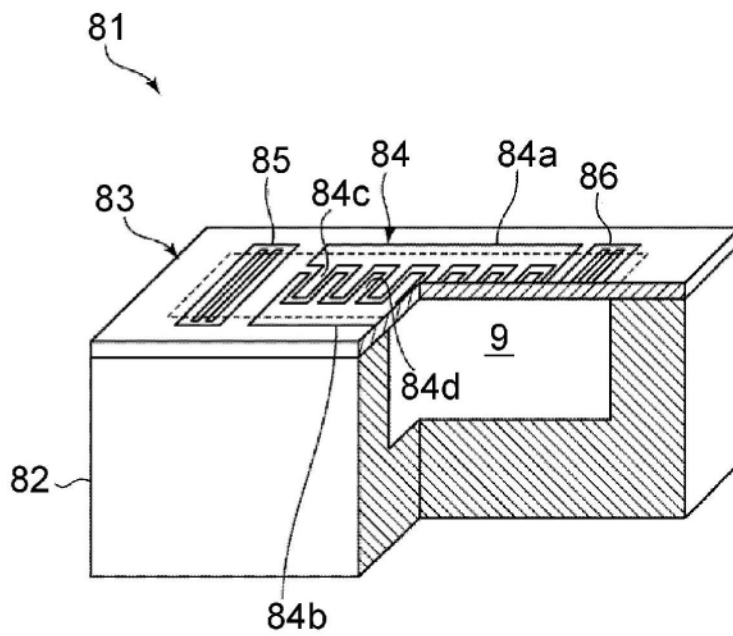


图26