



(21) 申请号 202380016032.8

(22) 申请日 2023.01.06

(30) 优先权数据

2022-001787 2022.01.07 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2024.07.02

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2023/000139 2023.01.06

(87) PCT国际申请的公布数据

W02023/132354 JA 2023.07.13

(71) 申请人 京瓷株式会社

地址 日本京都府

(72) 发明人 笠松直史

(74) 专利代理机构 广州嘉权专利商标事务所有
限公司 44205

专利代理师 伍志健 张芬

(51) Int.Cl.

H03H 9/64 (2006.01)

H03H 7/01 (2006.01)

H03H 9/25 (2006.01)

H03H 9/72 (2006.01)

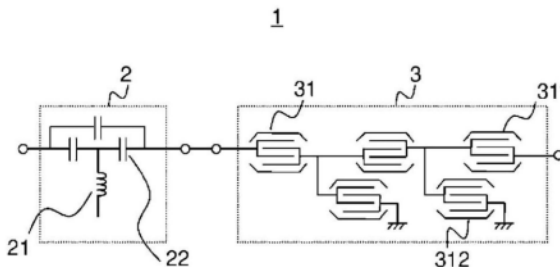
权利要求书2页 说明书10页 附图10页

(54) 发明名称

滤波器设备、分波器以及通信装置

(57) 摘要

在具有1个以上弹性波谐振器的滤波器设备中,弹性波谐振器具有:具有压电性的压电膜;和IDT电极,位于压电膜的上表面,具有多个电极指。若将多个电极指的间距的2倍定义为 λ ,将多个电极指的占空比定义为 d ,则压电膜的厚度 T 满足下述的式(1)。滤波器设备在通过频带的高频侧具有:弹性波谐振器的副谐振引起的第二衰减极; $0.154\lambda_d \leq T \leq 0.264\lambda_d \cdots (1)$,此时, λ_d 满足下述的式(2): $\lambda_d = \lambda / (-0.6111 \times d^2 - 0.1792 \times d + 1.2449) \cdots (2)$ 。



1. 滤波器设备,是具有1个以上弹性波谐振器的滤波器设备;
所述弹性波谐振器具有:
具有压电性的压电膜;和,
IDT电极,位于所述压电膜的上表面,具有多个电极指;
将所述多个电极指的间距的2倍定义为 λ ,将所述多个电极指的占空比定义为 d ,
则所述压电膜的厚度 T 满足下述的式(1);
在所述滤波器设备的通过频带的高频侧具有:所述弹性波谐振器的副谐振引起的第二衰减极:
$$0.154\lambda_d \leq T \leq 0.264\lambda_d \cdots (1),$$

此时, λ_d 满足下述的式(2):
$$\lambda_d = \lambda / (-0.6111 \times d^2 - 0.1792 \times d + 1.2449) \cdots (2)。$$
2. 根据权利要求1所述的滤波器设备,具有具备所述弹性波谐振器的第一弹性波滤波器;
在所述滤波器设备的通过频带的低频侧具有:所述第一弹性波滤波器的主谐振引起的第一衰减极。
3. 根据权利要求1或2所述的滤波器设备,还具备LC滤波器;
所述LC滤波器是带通滤波器、高通滤波器、低通滤波器中的任一种。
4. 根据权利要求1至3中任一项所述的滤波器设备,所述弹性波谐振器是构成带阻滤波器的谐振器。
5. 根据权利要求1或2中任一项所述的滤波器设备,还具备第二弹性波滤波器;
所述第二弹性波滤波器是带通滤波器、高通滤波器、低通滤波器中的任一种。
6. 根据权利要求1、2、5中任一项所述的滤波器设备,所述弹性波谐振器是构成带通滤波器的谐振器。
7. 根据权利要求1至6中任一项所述的滤波器设备,将所述弹性波谐振器的反谐振频率设为 f_a ,将所述弹性波谐振器的副谐振的频率设为 f_b ,
则所述弹性波谐振器在 $f_a \sim f_b$ 范围内不包括:具有比所述副谐振大的相位的谐振。
8. 根据权利要求1至7中任一项所述的滤波器设备,将所述弹性波谐振器的反谐振频率设为 f_a ,将所述弹性波谐振器的副谐振的频率设为 f_b ,
则 f_b/f_a 为1.4以上。
9. 根据权利要求1至8中任一项所述的滤波器设备,所述压电膜是 LiNbO_3 。
10. 根据权利要求2至9中任一项所述的滤波器设备,所述主谐振包括:Lamb波A1模式引起的谐振。
11. 根据权利要求1至10中任一项所述的滤波器设备,所述副谐振包括:Lamb波S1模式引起的谐振。
12. 根据权利要求2至11中任一项所述的滤波器设备,所述第一弹性波滤波器不包括电感器。
13. 根据权利要求2至12中任一项所述的滤波器设备,所述第一弹性波滤波器不包括电容器。
14. 根据权利要求2至13中任一项所述的滤波器设备,所述副谐振起因于1个所述弹性

波谐振器。

15. 根据权利要求3至14中任一项所述的滤波器设备, 具有: 包括电介质层和导体层的多层基板;

所述LC滤波器由所述多层基板构成。

16. 分波器, 具有:

天线端子;

发送滤波器, 对输出到所述天线端子的信号进行滤波;

接收滤波器, 对从所述天线端子输入的信号进行滤波;

所述发送滤波器以及所述接收滤波器中的至少一者包括权利要求1至15中任一项所述的滤波器设备。

17. 通信装置, 具有:

天线;

根据权利要求16所述的分波器, 所述天线端子与所述天线连接; 和,

IC, 连接到所述发送滤波器以及所述接收滤波器。

滤波器设备、分波器以及通信装置

技术领域

[0001] 本公开涉及一种利用弹性波的滤波器设备,包括该滤波器设备的分波器以及通信装置。

背景技术

[0002] 在近年来的通信服务中,随着通信的大容量化以及高速化,实现了通信频带的宽带化以及多个频带的同时使用。

[0003] 专利文献1中公开了具备电感器的梯型弹性波滤波器。专利文献1所公开的梯型弹性表面波滤波器的通过频带扩大,并且在与通过频带相比的高频侧的阻带内形成衰减极点。

[0004] 现有技术文献

[0005] 专利文献

[0006] 专利文献1:日本发明专利第5907254号公报

发明内容

[0007] 本公开的一实施方式的滤波器设备是具有1个以上弹性波谐振器的滤波器设备。弹性波谐振器具有:具有压电性的压电膜;和, IDT电极,位于压电膜的上表面,具有多个电极指。若将多个电极指的间距的2倍定义为 λ ,将多个电极指的占空比定义为d,则压电膜的厚度T满足下述的式(1)。滤波器设备在通过频带的高频侧具有:弹性波谐振器的副谐振引起的第二衰减极;

[0008] $0.154\lambda_d \leq T \leq 0.264\lambda_d \cdots (1)$,

[0009] 此时, λ_d 满足下述的式(2):

[0010] $\lambda_d = \lambda / (-0.6111 \times d^2 - 0.1792 \times d + 1.2449) \cdots (2)$ 。

[0011] 本公开的一实施方式的分波器具有:天线端子;发送滤波器,对输出到天线端子的信号进行滤波;和,接收滤波器,对从天线端子输入的信号进行滤波。发送滤波器和接收滤波器中的至少一者包括上述的滤波器设备。

[0012] 本公开的一实施方式的通信装置具有:天线;上述的分波器,天线端子连接到天线;和, IC,连接到发送滤波器以及接收滤波器。

附图说明

[0013] 图1是本公开的一实施方式的滤波器设备的示意性框图。

[0014] 图2是本公开的一实施方式的滤波器设备中在多层基板上形成LC滤波器时的示意图。

[0015] 图3是本公开的一实施方式的弹性波谐振器的示意性剖视图。

[0016] 图4中的图4A以及图4B是本公开的一实施方式的弹性波谐振器的示意性剖视图。

[0017] 图5是本公开的一实施方式的弹性波谐振器的俯视图。

- [0018] 图6是表示本公开的一实施方式的弹性波滤波器的频率特性的图。
- [0019] 图7是表示在图6的条件下,改变压电膜的厚度 T 时的弹性波滤波器的频率特性的图。
- [0020] 图8是表示在图6的条件下,改变压电膜的厚度 T 时的弹性波滤波器的频率特性的图。
- [0021] 图9是表示在改变本公开的一实施方式的弹性波谐振器的反谐振频率以及电极指的占空比 d 时,电极指的校正间距 p_d 的图。
- [0022] 图10中的图10A、图10B、图10C、图10D、图10E以及图10F是表示在改变本公开的一实施方式中的反谐振频率以及电极指的占空比 d 时,弹性波滤波器的频率特性的模拟结果的图。
- [0023] 图11是本公开的其他例子的滤波器设备的示意性框图。
- [0024] 图12是示意性地表示作为本公开的一实施方式的滤波器设备的应用例的分波器的图。
- [0025] 图13是表示作为图12的分波器的应用例的通信装置的主要结构的框图。

具体实施方式

[0026] 以下将参照附图,对本公开的实施方式进行说明。此外,在下面的描述中所使用的附图是示意性的,附图上的尺寸比例等并不一定与实际一致。

[0027] 为了方便,在附图中有时标注由X轴、Y轴以及Z轴构成的直角坐标系。本公开的滤波器设备可以设任一个的方向为上方或下方。但是,为了方便,有时将Z轴方向作为上下方向而使用上表面或下表面的词语。另外,X轴被定义为:与沿着后述的压电膜4的上表面传播的SAW(surface acoustic wave,表面声波)的传播方向正交。Y轴被定义为:与压电膜4的上表面平行并与X轴正交。Z轴被定义为:与压电膜4的上表面正交。

[0028] 另外,本说明书中记载的各实施方式是示例性的,可以在不同的实施方式以及其他例子之间部分地替换。此外,还可以部分地组合不同的实施方式以及其他例子。

[0029] 图1是本公开的一实施方式的滤波器设备1的示意性框图。如图1所示,滤波器设备1具备:具有1个以上的弹性波谐振器31的弹性波滤波器3,和LC滤波器2。LC滤波器2例如具有1个以上的电感器21以及1个以上的电容器22。另外,LC滤波器2的结构并不限于图1的例子,也可以适当设定电感器21以及电容器22的配置以及数量。

[0030] LC滤波器2是滤波器的通过频带由LC谐振形成的滤波器,例如可以是带通滤波器(BPF)、高通滤波器(HPF)或者低通滤波器(LPF)中的任一种。

[0031] 如图2所示,作为一例,LC滤波器2可以形成在层叠多个电介质层231和导体层232而形成的多层基板23上。例如,作为电介质层231,可以例示陶瓷以及树脂等。作为一例,在本公开的一实施方式中,多层基板23可以是电介质层231包括陶瓷的、低温烧结陶瓷(LTCC(low temperature co-fired ceramics))基板。另外,多层基板23的形态并不限于该例子。例如,多层基板23也可以是电介质层231包括玻璃布和环氧树脂的、玻璃环氧基板。

[0032] 另外,LC滤波器2的电容器22的至少一部分可以形成在后述的弹性波谐振器31的压电膜4上。在这样的结构的情况下,能够减小LC滤波器2的尺寸。

[0033] 在本公开的一实施方式中,弹性波滤波器3具有1个以上的谐振器。弹性波滤波器3

具有的谐振器可以是表面声波 (SAW) 谐振器, 或者也可以是弹性体波 (BAW: Bulk Acoustic Wave) 谐振器。此外, 弹性波滤波器3可以是由1个谐振器构成的滤波器, 也可以是包括多个谐振器的滤波器。

[0034] 具体地, 在本公开的一实施方式中, 弹性波滤波器3是包括1个以上串联谐振器311以及1个以上并联谐振器312的梯型滤波器。另外, 弹性波滤波器3并不限于梯型滤波器结构, 滤波器结构是任意的。例如, 弹性波滤波器3可以是纵向耦合型的弹性波滤波器, 也可以是1个谐振器构成的滤波器。

[0035] 此外, 弹性波滤波器3可以是带阻滤波器 (BEF), 也可以是BPF、HPF、LPF中的任一种。具体地, 本公开的一实施方式中的弹性波滤波器3是BEF。

[0036] 在本公开的一实施方式中, 弹性波滤波器3具有的谐振器中, 1个以上的谐振器是后述的弹性波谐振器31。弹性波谐振器31可以是并联谐振器, 也可以是串联谐振器。此外, 弹性波谐振器31的数量可以任意设定。例如, 弹性波谐振器31可以是1个, 也可以是多个。此外, 弹性波滤波器3具有的所有谐振器可以是弹性波谐振器31。具体地, 在本公开的一实施方式中, 弹性波滤波器3的所有谐振器都是弹性波谐振器31。

[0037] 如图3所示, 弹性波谐振器31具有压电膜4、IDT (Interdigital Transducer, 叉指式换能器) 电极5和支撑基板6。压电膜4位于支撑基板6的上表面。

[0038] 支撑基板6的厚度并没有特别限定, 例如比后述的压电膜4的厚度厚。

[0039] 支撑基板6的材料只要具备一定的强度即可, 并没有特别限定。例如, 在支撑基板6由线膨胀系数比压电膜4小的材料构成的情况下, 通过减少由温度变化引起的压电膜4的变形, 能够减少由温度变化引起的特性变化。此外, 支撑基板6的材料也可以是传播的弹性波的横波音速比在压电膜4中传播的弹性波的横波音速大的材料。在支撑基板6的材料选定了传播的弹性波的横波音速比在压电膜4中传播的弹性波的横波音速大的材料的情况下, 能够将弹性波封闭在压电膜4中, 能够提供频率特性优异的弹性波谐振器31。支撑基板6的厚度并没有特别限定, 例如比后述的压电膜4的厚度厚。

[0040] 作为支撑基板6的材料, 例如可以例示蓝宝石 (Al_2O_3) 和硅 (Si) 等。在本公开的一实施方式中, 以使用Si作为支撑基板6的情况为例进行说明。

[0041] 压电膜4具备: 以Z轴为上下方向而与Z轴垂直的上表面和下表面。上述支撑基板6位于压电膜4的下表面侧, 后述的IDT电极5位于压电膜4的上表面。

[0042] 压电膜4的下表面和支撑基板6可以直接接触, 也可以例如经由未图示的中间层以及粘接层等间接地接触。

[0043] 作为这种中间层, 可以例示氧化硅 (SiO_2)、氮化硅 (Si_3N_4)、氧化铝 (Al_2O_3) 等的绝缘性材料。通过设置这样的绝缘性的中间层, 能够减少形成不需要的电位或者形成不需要的电容, 能够提高弹性波滤波器3的电气特性。

[0044] 此外, 粘接层和中间层这两者可以位于压电膜4和支撑基板6之间。例如, 在粘接层和中间层这两者位于压电膜4和支撑基板6之间的情况下, 粘接层位于支撑基板6和中间层之间。作为这样的粘接层, 可以例示非晶硅等。

[0045] 此外, 作为一例, 进一步地, 未图示的氧化铝膜等可以位于中间层与压电膜4之间。在存在这样的氧化铝膜的情况下, 能够减少压电膜4的弹性波泄漏到支撑基板6侧, 能够提高弹性波谐振器31的频率特性。

[0046] 图4A以及图4B示出了本公开的一实施方式的弹性波谐振器31的示意性剖视图。如图4A所示,在本公开的一实施方式中,多层膜层7可以位于压电膜4与支撑基板6之间。多层膜层7由低声阻抗层71和高声阻抗层72交替层叠而成。低声阻抗层71的声阻抗比压电膜4的声阻抗低,高声阻抗层72的声阻抗比低声阻抗层71的声阻抗高。

[0047] 此外,如图4B中所示,在本公开的一实施方式中,支撑基板6可以在上表面具有空隙8。此时,压电膜4隔开空隙8内部的空间,在俯视视角下覆盖支撑基板6的空隙8。

[0048] 空隙8的大小以及深度可以适当设定。

[0049] 此外,未图示的中间层等也可以位于具有空隙8的支撑基板6的上表面侧。此时,中间层以及压电膜4隔开空隙8内部的空间,在俯视视角下覆盖支撑基板6的空隙8。

[0050] 此外,多层膜层7也可以位于具有空隙8的支撑基板6的上表面侧。此时,多层膜层7以及压电膜4隔开空隙8内部的空间,在俯视视角下覆盖支撑基板6的空隙8。

[0051] 另外,在具有空隙8的支撑基板6的下表面侧,也可以具有未图示的基板等。

[0052] 压电膜4例如可以使用包含钽酸锂(LiTaO_3 ,以下称为LT)结晶且具有压电性的单晶基板、以及包含铌酸锂(LiNbO_3 ,以下称为LN)结晶且具有压电性的单晶基板等。在本公开的实施方式中,具体地,压电膜4由LN构成。

[0053] 压电膜4的厚度定义为T。

[0054] IDT电极5位于压电膜4的上表面。IDT电极5由具有导电性的材料构成。IDT电极5的材料可以采用例如Al、Cu、Pt、Mo、Au或者它们的合金等各种导电性材料,进一步,也可以层叠这些多个的层而构成。此外,在IDT电极5包括多层的层叠体的情况下,也可以在层叠界面上夹有未图示的基层层。

[0055] 图5中示出了IDT电极5的形状。IDT电极5构成例如具有一对梳齿状电极51a、51b的谐振器。以下,有时将梳齿状电极51a、51b一并表示为梳齿状电极51。

[0056] 梳齿状电极51具备:2个汇流条511和连接到任一汇流条511的多个的长条状的电极指512。并且与一个汇流条511a连接的电极指512a和与另一个汇流条511b连接的电极指512b交替配置。此外,还具备:多个虚设电极513,与连接在一个汇流条511上的电极指512的前端对置,与另一个汇流条511连接。

[0057] 多个电极指512的长度例如彼此相等。另外,IDT电极5也可以实施多个电极指512的长度(在另一观点中为交叉宽度)根据传播方向的位置而变化的、所谓的切趾。此外,电极指512的长度以及厚度可以根据所需的电气特性等进行适当设置。

[0058] 将电极指512a和512b的重复间隔设为间距p,将电极指512的宽度设为w。IDT电极5的占空比d表示电极指宽度与间距p的比率。也就是说,IDT电极5的占空比d能够用 w/p 表示。另外,间距p和电极指宽度w例如可以表示各弹性波谐振器31中各自的平均值,也可以表示特定的弹性波谐振器31中的值。

[0059] 当对这样的IDT电极5施加高频信号时,激励出规定为电极指512的间距p的2倍的波长 λ 的SAW。弹性波谐振器31的谐振频率 f_r 与激励出的SAW的频率大致相同。反谐振频率 f_a 由谐振频率 f_r 和电容比确定。电容比主要由压电膜4的结构规定,可以根据占空比d而变化。另外,电容比能够通过电极指512的根数、交叉宽度或膜厚等进行微调整。

[0060] 一对反射器52可以位于SAW的传播方向上的IDT电极5的两侧。反射器52包括:相互对置的一对反射器汇流条和在一对反射器汇流条之间延伸的多个条形电极。

[0061] 弹性波滤波器3在特定的频带形成主谐振。主谐振由弹性波滤波器3所包含的谐振器的谐振频率 f_r 或者反谐振频率 f_a 处的谐振形成。例如,在弹性波滤波器3是BEF的情况下,在弹性波滤波器3所包含的串联谐振器311的反谐振频率 f_a 处的谐振形成主谐振。该主谐振被利用于衰减极的形成。

[0062] 图6中,作为一例,示出了将LN作为构成压电膜4的材料、IDT电极5的占空比 d 设定为0.6时的弹性波滤波器3的频率特性。另外,图6的纵轴表示相位,横轴表示归一化频率。归一化频率是指将频率的值除以弹性波谐振器31的反谐振频率 f_a 而归一化后的值。也就是说,如果用归一化频率表示,则弹性波谐振器31的反谐振频率 f_a 为1。

[0063] 得到图6所示的频率特性的模拟计算中,上述条件以外的条件如下所示。

[0064] • 压电膜的欧拉角: $(\phi, \theta, \psi) = (0^\circ, 15^\circ, 0^\circ)$

[0065] • 电极的材料:Ti层和其上的Al-Cu合金层的层叠结构。Cu为1wt%

[0066] • 电极的厚度:Ti=6nm,Al-Cu合金=118nm(合计124nm)

[0067] • 基板的结构:图4A的结构

[0068] • 压电体的厚度(T):470nm

[0069] • 多层膜的材料:

[0070] • 低声阻抗层: SiO_2

[0071] • 高声阻抗层: HfO_2

[0072] • 支撑基板材料:Si

[0073] • 电极指的间距:1.22 μm

[0074] 例如,在弹性波滤波器3是BEF的情况下,通过在与弹性波滤波器3的主谐振相比的高频侧设定LC滤波器2的通过频带,能够提高LC滤波器2在通过频带外的衰减特性,提高陡峭性。因此,能够利用弹性波滤波器3的主谐振形成衰减极。将该弹性波滤波器3的主谐振引起的衰减极设为第一衰减极。

[0075] 此外,从图6中可以看出,弹性波谐振器31在反谐振频率 f_a 的高频侧,产生了包含与主谐振不同的弹性波模式引起的谐振的杂散。特别是,发现在归一化频率约为1.4以上的区域中,会产生比较大的副谐振(杂散)。

[0076] 上述副谐振的产生位置随着压电膜4的厚度 T 的变化而变化。图7表示在图6中设定的条件下,改变压电膜4的厚度 T 时的弹性波滤波器3的频率特性的模拟结果。另外,在图7中,用点表示谐振,通过颜色的浓淡来表示该谐振的相位的大小。此外,图7的纵轴表示归一化频率,横轴表示压电膜4的厚度 T 。另外,压电膜4的厚度 T 使用规定为电极指512的间距 p 的2倍的波长 λ 来表示。

[0077] 由图7可知,当压电膜4的厚度 T 在 $0.05\lambda \sim 0.15\lambda$ 的范围内时,在归一化频率约为1~1.4的区域中产生比较大的杂散。另一方面,可知当压电膜4的厚度 T 在 $0.168\lambda \sim 0.288\lambda$ 的范围内时,在远离主谐振的、归一化频率约为1.4以上的区域中,产生比较大的副谐振。也就是说,如果设弹性波谐振器31的副谐振的频率为 f_b ,则当压电膜4的厚度 T 在 $0.168\lambda \sim 0.288\lambda$ 的范围内时,副谐振的归一化频率(f_b/f_a)为1.4以上。

[0078] 由图7的结果可知,通过调整压电膜4的厚度 T ,能够调整副谐振产生的频率。由此,通过将压电膜4的厚度 T 设定为特定的厚度,可以在远离主谐振的位置产生比较大的副谐振。例如,如图8所示,当期望在归一化频率约为1.5的频域中产生比较大的副谐振时,将压

电膜4的厚度T设定为约 0.175λ 即可。

[0079] 如上所述,当压电膜4的厚度T设定为 $0.168\lambda \sim 0.288\lambda$ 时,能够在归一化频率约为1.4以上的高频域中产生比较大的副谐振,但这是电极指512的占空比d为0.6的情况下的结果。

[0080] 在电极指宽度w一定的情况下,如果占空比d变化,则电极指512的间距p也变化。此外,电极指512的间距p发生变化,从而由间距p的两倍定义的波长 λ 发生变化,随之,谐振频率fr以及反谐振频率fa也发生变化。这样,由于占空比d变化,波长 λ 、谐振频率fr以及反谐振频率fa发生变化。从另一观点来看,即使波长 $\lambda (=2p)$ 恒定,当占空比d(电极指宽度w)变化时,反谐振频率fa也发生变化。

[0081] 因此,在压电膜4的厚度T由 λ 表示的情况下,可以考虑由占空比d的变化引起的间距p和波长 λ 的变化。因此,使用式(2)表示的校正波长 λ_d 来表示压电膜4的厚度T。以下,对校正波长 λ_d 的计算方法进行说明。

[0082] 对于使间距p以及占空比d变化为各种值的多个情况进行了模拟,确定了反谐振频率fa。将各种情况(各种占空比)的间距p除以反谐振频率fa与上述各种情况相同且占空比d=0.5的情况的间距p而归一化后的值定义为校正间距 p_d 。

[0083] 图9示出了占空比d在0.3~0.7范围内变化的情况下的各自的校正间距 p_d 的模拟结果。对于占空比d的同一值所绘制的多个模拟结果是,反谐振频率fa彼此不同。从图9明显可知,各校正间距 p_d 存在于大致相同的曲线A上。

[0084] 在图9中,如果将占空比d设为变量x,将校正间距 p_d 设为变量y,则曲线A的近似式可以用以下的式(3)表示。另外,此时的决定系数 R^2 为0.9884。

$$[0085] \quad y = -0.6111 \times x^2 - 0.1792 \times x + 1.2449 \cdots (3)$$

[0086] 将电极指512的占空比d的值代入曲线A的近似式(3)的变量x中,能够求出该占空比d的值的校正间距 p_d (变量y)。另外,该曲线A还考虑了占空比d相同时反谐振频率fa的变化。如果使用这样获得的校正间距 p_d ,对波长 λ 进行归一化,则能够计算出校正波长 λ_d 。

[0087] 具体地,校正波长 λ_d 可以用下述的式(2)表示。通过式(2)获得的校正波长 λ_d 是考虑了占空比d的变化的值。

$$[0088] \quad \lambda_d = \lambda / (-0.6111 \times d^2 - 0.1792 \times d + 1.2449) \cdots (2)$$

[0089] 在归一化频率大约为1.4以上的高频域中能够产生比较大的副谐振的压电膜4的厚度T,可以使用由上述的式(2)求出的校正波长 λ_d ,如下述的式(1)所示。

$$[0090] \quad 0.154\lambda_d \leq T \leq 0.264\lambda_d \cdots (1)$$

[0091] 图10A至图10F示出了在占空比d变化时的弹性波滤波器3的频率特性的模拟结果。图10A至图10C是弹性波谐振器31的反谐振频率fa相同的情况,图10A是占空比d为0.3、图10B是占空比d为0.45、图10C是占空比d为0.6时的、弹性波滤波器3的频率特性的模拟结果。此外,图10D至图10F示出了在弹性波谐振器31的反谐振频率fa与图10A至图10C的情况下不同的情况下的弹性波滤波器3的频率特性的模拟结果。

[0092] 图10A至图10F的纵轴表示归一化频率,横轴表示压电膜4的厚度T。另外,压电膜4的厚度T使用校正波长 λ_d 表示。

[0093] 从图10A至图10F可知,当弹性波谐振器31的压电膜4的厚度T在式(1)表示的范围内时,能够在归一化频率为大致1.4以上的高频域产生比较大的副谐振。

[0094] 例如,在弹性波滤波器3是BEF的情况下,通过在与得到的副谐振相比的低频侧设定LC滤波器2的通过频带,能够提高LC滤波器2在通过频带外的衰减特性,提供具有陡峭的通过频带的滤波器设备1。因此,能够利用弹性波谐振器31的副谐振作为衰减极。将该弹性波谐振器31的副谐振引起的衰减极设为第二衰减极。

[0095] 进一步地,第一衰减极和第二衰减极夹着LC滤波器2的通过频带而定位,能够在通过频带的低频侧和高频侧这两侧提高衰减特性,提供具有陡峭的通过频带的滤波器设备1。

[0096] 此外,已知,在压电膜4的厚度 T 被设定在由式(1)表示的范围内的情况下,在从弹性波谐振器31的反谐振频率 f_a 到副谐振的范围内,能够得到基本不包括相位比副谐振大的杂散的低杂散区域。另外,在本公开的实施方式中,低杂散区域是指在区域中不包括比副谐振的相位大的杂散的区域。

[0097] 例如,在图10A中,在将压电膜4的厚度 T 设定为 $0.2\lambda_d$ 的情况下,在归一化频率为1.45的频域中产生比较大的副谐振,但在归一化频率为 $1 \sim 1.45$ 的范围内,没有发现比该副谐振的相位大的杂散。

[0098] 在本公开的一实施方式中,通过使LC滤波器2的通过频带与该弹性波谐振器31具有的低杂散区域重叠,能够减少因弹性波谐振器31的杂散特性引起的LC滤波器2的频率通过特性的恶化。

[0099] 这样,通过采用本公开的实施方式的结构,能够提供具有宽的通过频带并且具有优异的频率特性的滤波器设备。此外,在本公开的一实施方式中,不需要向弹性波滤波器3附加用于调整副谐振频率的匹配电感器或者匹配电容器,因此能够使滤波器设备小型化。

[0100] 作为本公开的一实施方式,对于弹性波谐振器31的压电膜4的厚度 T 为 0.184λ 、电极指512的占空比 d 为0.6时的主谐振以及副谐振的弹性波模式进行了分析。从该结果可知,在本公开的一实施方式中,弹性波滤波器3的主谐振可以包括Lamb波A1模式引起的谐振。此外,本公开的一实施方式中的弹性波谐振器31的副谐振可以包括各种弹性波模式。其中,也可以包括Lamb波S1模式引起的谐振。

[0101] 在本公开的一实施方式中,弹性波滤波器3是由1个以上的串联谐振器311和1个以上的并联谐振器312构成的梯型滤波器,但并不限于该结构。例如,弹性波滤波器3也可以由一个弹性波谐振器31构成。在这样的结构的情况下,形成第一衰减极的主谐振和形成第二衰减极的副谐振都起因于1个弹性波谐振器31。

[0102] 此外,在本公开的其他例子中,弹性波滤波器3可以具有多个谐振器,其中之一是弹性波谐振器31。在这样的结构的情况下,形成第二衰减极的副谐振起因于1个弹性波谐振器31。

[0103] 此外,在本公开的一实施方式中,弹性波滤波器3为不具有电感器以及电容器的结构,但并不限于该结构。例如,弹性波滤波器3可以包括电容器。在这样的结构的情况下,通过附加电容,能够改变弹性波滤波器3的频率特性。另外,弹性波滤波器3并不限于这样的结构。例如,弹性波滤波器3可以包括电感器,也可以包括电感器和电容器这两者。

[0104] 此外,弹性波谐振器31的反谐振频率 f_a 可以适当设定。例如,弹性波谐振器31的反谐振频率 f_a 可以是3300MHz以上。

[0105] 此外,在本公开的一实施方式中,滤波器设备1设为包括LC滤波器2的结构,但并不限于该结构。例如,如后续说明的图12中的双点划线所示地,滤波器设备1(在图12中为发送

滤波器106)可以具有:弹性波滤波器3和与弹性波滤波器3不同的第二弹性波滤波器302。第二弹性波滤波器302可以是例如BPF、LPF和HPF中的任一个。第二弹性波滤波器302可以替代LC滤波器2而设置,也可以除LC滤波器2以外附加地设置,其位置(例如,是在弹性波滤波器3之前还是之后)是任意的。在该例子的情况下也同样地,能够将弹性波滤波器3具有的谐振器中的、1个以上的谐振器设为弹性波谐振器31。

[0106] 此外,在本公开的一实施方式中,弹性波滤波器3为BEF,但并不限于该结构。例如,如图11所示地,弹性波滤波器3本身可以是BPF。将该例子设为滤波器设备11。

[0107] 滤波器设备11可以不具备弹性波滤波器3以外的BPF。另外,滤波器设备11与滤波器设备1同样地,能够将弹性波滤波器3具有的谐振器中的、1个以上的谐振器设为弹性波谐振器31。

[0108] 滤波器设备11中,位于弹性波滤波器3的通过频带的最低频率侧的并联谐振器312中的谐振频率 f_r 为第一衰减极的频率。

[0109] (滤波器设备1的应用例:分波器)

[0110] 图12是示意性地表示作为滤波器设备1的应用例的分波器101的结构的电路图。从该图的纸面左上所示的符号可以理解,在该图中,梳齿状电极51用二叉的叉形状示意性地表示,反射器52用两端弯曲的1条线表示。

[0111] 分波器101例如具有发送滤波器105和接收滤波器106;发送滤波器105对来自发送端子103的发送信号进行滤波,并输出至天线端子102;接收滤波器106对来自天线端子102的接收信号进行滤波,并输出至接收端子104。

[0112] 例如,在本公开的一实施方式中的滤波器设备1可以至少被用作发送滤波器105和接收滤波器106中的任一者。此外,可以将滤波器设备1用于发送滤波器105和接收滤波器106两者。

[0113] 作为一例,在图12中记载的分波器101中,滤波器设备1用作接收滤波器106。此外,发送滤波器105例如由多个谐振器梯型连接而构成的梯型滤波器构成。即,发送滤波器105包括:串联连接在发送端子103和天线端子102之间的多个(也可以是1个)谐振器,和将串联线(串联臂)和基准电位连接的多个(也可以是1个)谐振器(并联臂)。

[0114] 图12只是表示分波器101的结构的一例,分波器101并不限于图12的结构。例如,发送滤波器105可以由多模滤波器构成等。此外,在图12中,发送滤波器105被设为弹性波滤波器,但并不限于该结构。例如,发送滤波器105可以是包括1个以上的电感器和1个以上的电容器的LC滤波器。

[0115] 另外,虽然对分波器101具备发送滤波器105和接收滤波器106的情况进行了说明,但是分波器101并不限于该结构。例如,分波器101可以是二路复用器,也可以是包括三个以上的滤波器的多路复用器。

[0116] 此外,作为构成分波器101的滤波器,可以使用滤波器设备11来替代滤波器设备1。

[0117] (滤波器设备1的应用例:通信装置)

[0118] 图13是表示滤波器设备1(分波器101)的应用例的通信装置111的主要部分的框图。通信装置111使用无线电波进行无线通信,包括分波器101。

[0119] 在通信装置111中,通过RF-IC(Radio Frequency Integrated Circuit,射频集成电路)113,对包括要发送的信息的发送信息信号TIS进行调制以及升频(转换为载波频率的

高频信号),从而成为发送信号TS。发送信号TS通过带通滤波器115a,去除发送用的通带以外的非必要成分,并通过放大器114a放大,输入至分波器101(发送端子103)。然后,分波器101(发送滤波器105)从输入的发送信号TS中去除发送用的通带以外的非必要成分,并将该去除后的发送信号TS从天线端子102输出至天线112。天线112将输入的电信号(发送信号TS)转换成无线信号(电波)并发送。

[0120] 此外,在通信装置111中,通过天线112接收到的无线信号(电波)通过天线112转换为电信号(接收信号RS),并输入至分波器101(天线端子102)。分波器101(接收滤波器106)从输入的接收信号RS去除接收用的通带以外的非必要成分,并从接收端子104输出至放大器114b。输出的接收信号RS通过放大器114b放大,通过带通滤波器115b去除接收用的通带以外的非必要成分。然后,通过RF-IC 113进行降频和解调,将接收信号RS转换为接收信息信号RIS。

[0121] 另外,发送信息信号TIS和接收信息信号RIS可以是包括适当信息的低频信号(基带信号),例如,为模拟的声音信号或数字化的声音信号。无线信号的通带可以适当地设定,在本实施方式中,比较高频的通带(例如5GHz以上)也是可能的。调制方式可以是相位调制、振幅调制、频率调制或它们中的任意2个以上的组合中的任一者。尽管电路方式在图13中例示了直接转换方式,但电路方式也可以是除此之外的适当的方式,例如也可以是双超外差方式。另外,图13仅示意性地表示主要部分,可以在适当的位置上添加低通滤波器或隔离器等,另外,可以改变放大器等的位置。

[0122] 已经描述了压电膜4的厚度T以外的条件可以是各种条件。关于一部分条件的具体例子如下所示。当满足下述具体例子时,例如,能够提高实施方式的上述的效果。下述具体例子基于实施的模拟结果以及申请人的经验法则。

[0123] • LN的欧拉角:(包括与以下所示角度等价的角度)

[0124] ϕ :-30°以上且30°以下、0°±10°、或者0°±1°

[0125] θ :0°以上且60°以下、15°±10°、或者15°±1°

[0126] ψ :-30°以上且30°以下、0°±10°、或者0°±1°

[0127] 另外,例如,0°±10°是指-10°以上且10°以下。

[0128] • 电极的材料:厚度(和/或体积)的70%以上、90%以上或者95%以上为Al或者Al-Cu合金。Cu为10wt%以下、5wt%以下或1wt%以下。

[0129] • 电极的厚度:50nm以上且400nm以下、100nm以上且200nm以下、或者100nm以上且150nm以下

[0130] • 压电膜的厚度:300nm以上且600nm以下、400nm以上且500nm以下、或者450nm以上且500nm以下

[0131] • 电极指的间距:0.8μm以上且3.0μm以下、0.8μm以上且2.0μm以下、或者0.8μm以上且1.5μm以下

[0132] • 占空比:0.2以上且0.7以下

[0133] 附图标记说明

[0134] 1、11:滤波器设备

[0135] 2:LC滤波器

[0136] 21:电感器

- [0137] 22:电容器
- [0138] 23:多层基板
- [0139] 231:电介质层
- [0140] 232:导体层
- [0141] 3:弹性波滤波器
- [0142] 31:弹性波谐振器
- [0143] 311:串联谐振器
- [0144] 312:并联谐振器
- [0145] 302:第二弹性波滤波器
- [0146] 4:压电膜
- [0147] 5:IDT电极
- [0148] 51:梳齿状电极
- [0149] 511:汇流条
- [0150] 512:电极指
- [0151] 513:虚设电极指
- [0152] 52:反射器
- [0153] 6:支撑基板
- [0154] 7:多层膜层
- [0155] 71:低声阻抗层
- [0156] 72:高声阻抗层
- [0157] 8:空隙
- [0158] 101:分波器
- [0159] 102:天线端子
- [0160] 103:发送端子
- [0161] 104:接收端子
- [0162] 105:发送滤波器
- [0163] 106:接收滤波器
- [0164] 111:通信装置
- [0165] 112:天线
- [0166] 113:RF-IC
- [0167] 114:放大器。

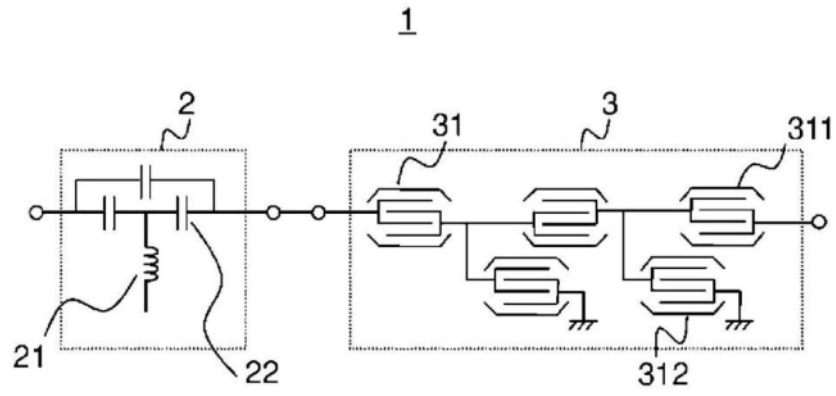


图1

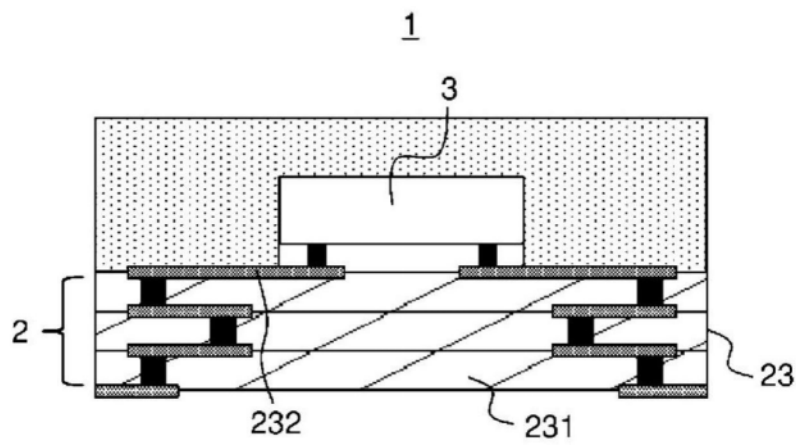


图2

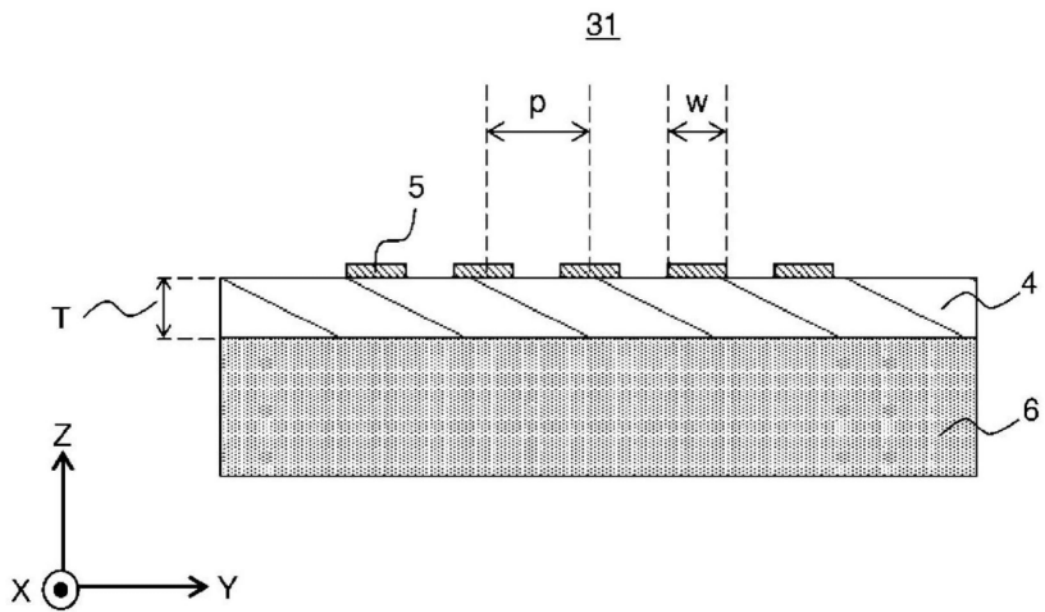


图3

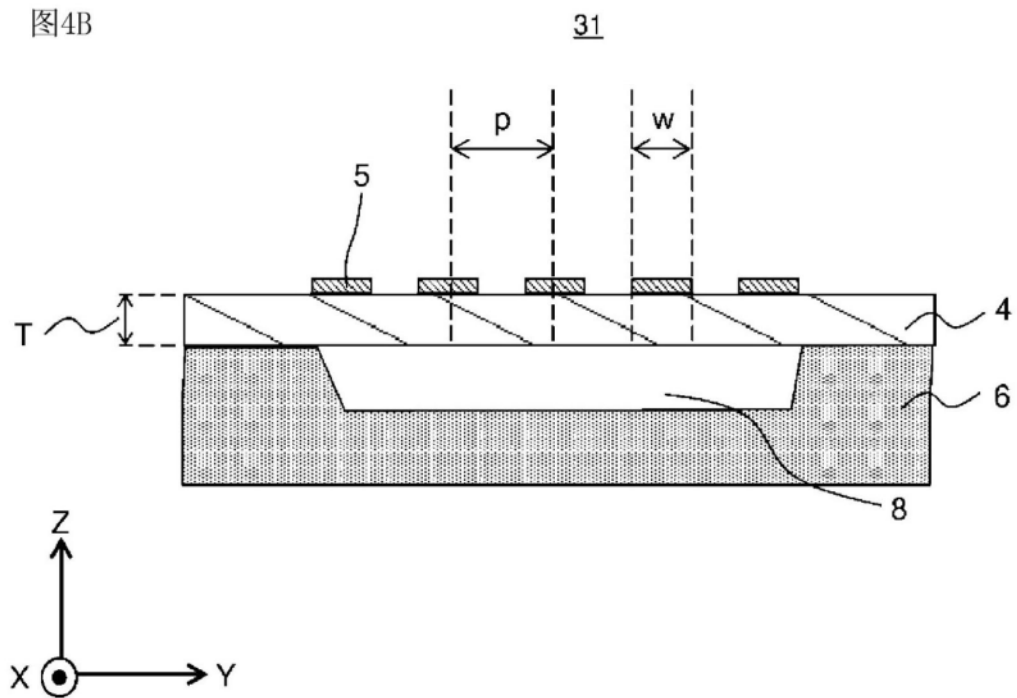
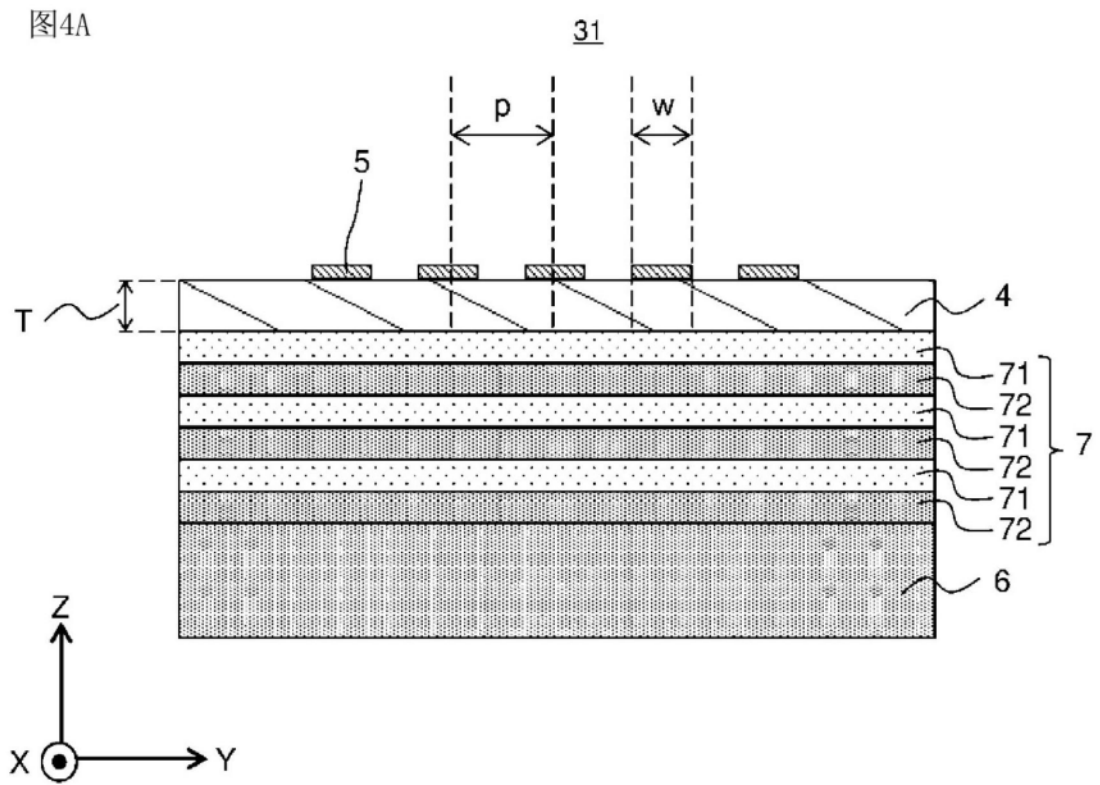


图4

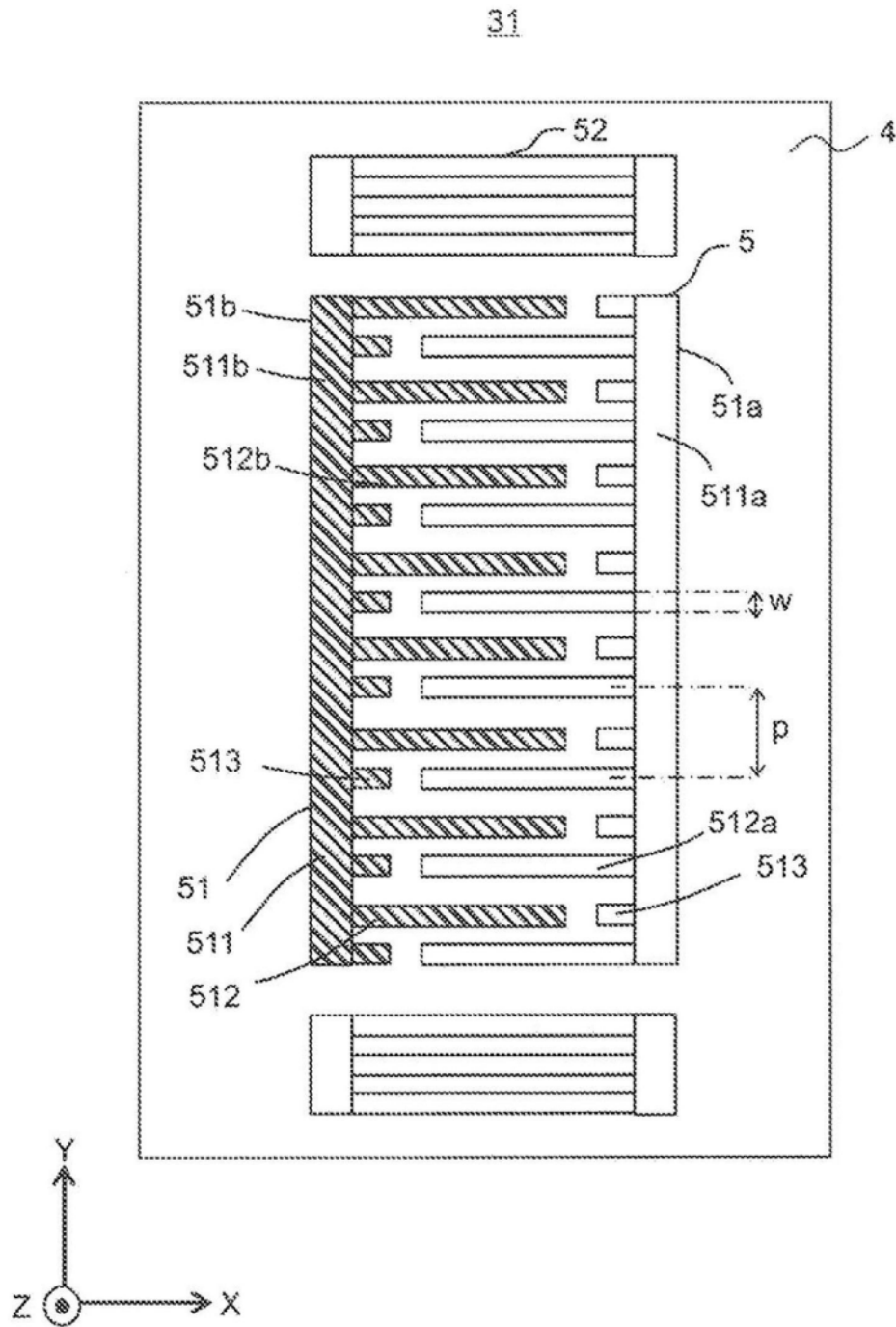


图5

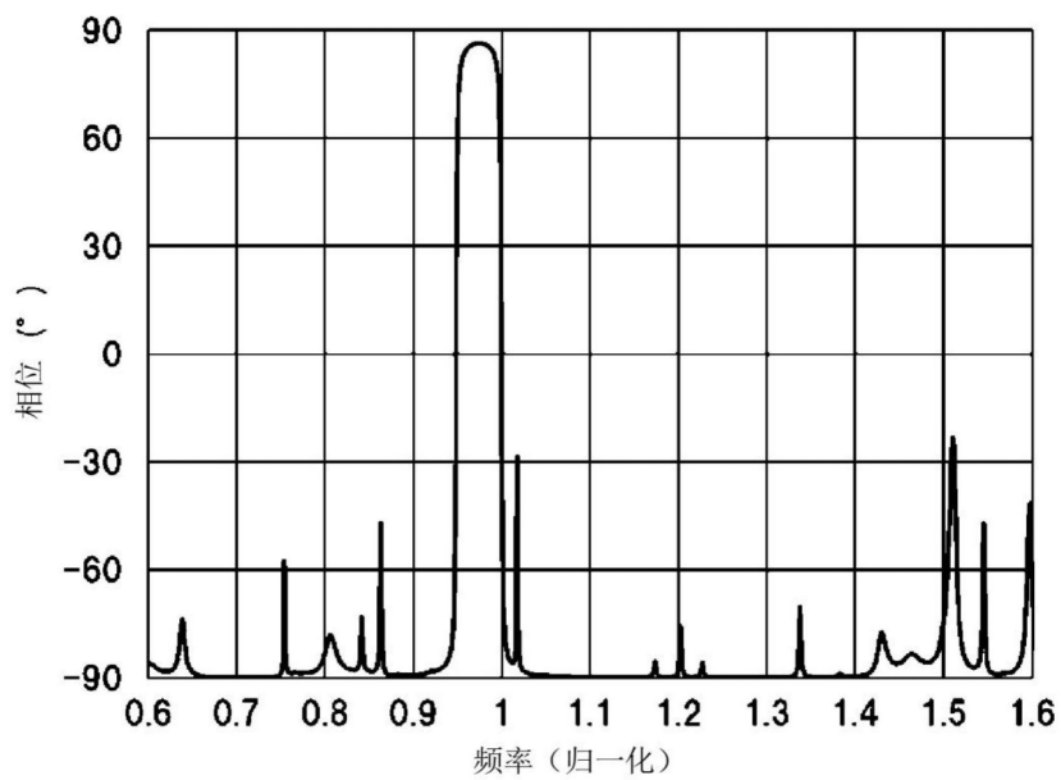


图6

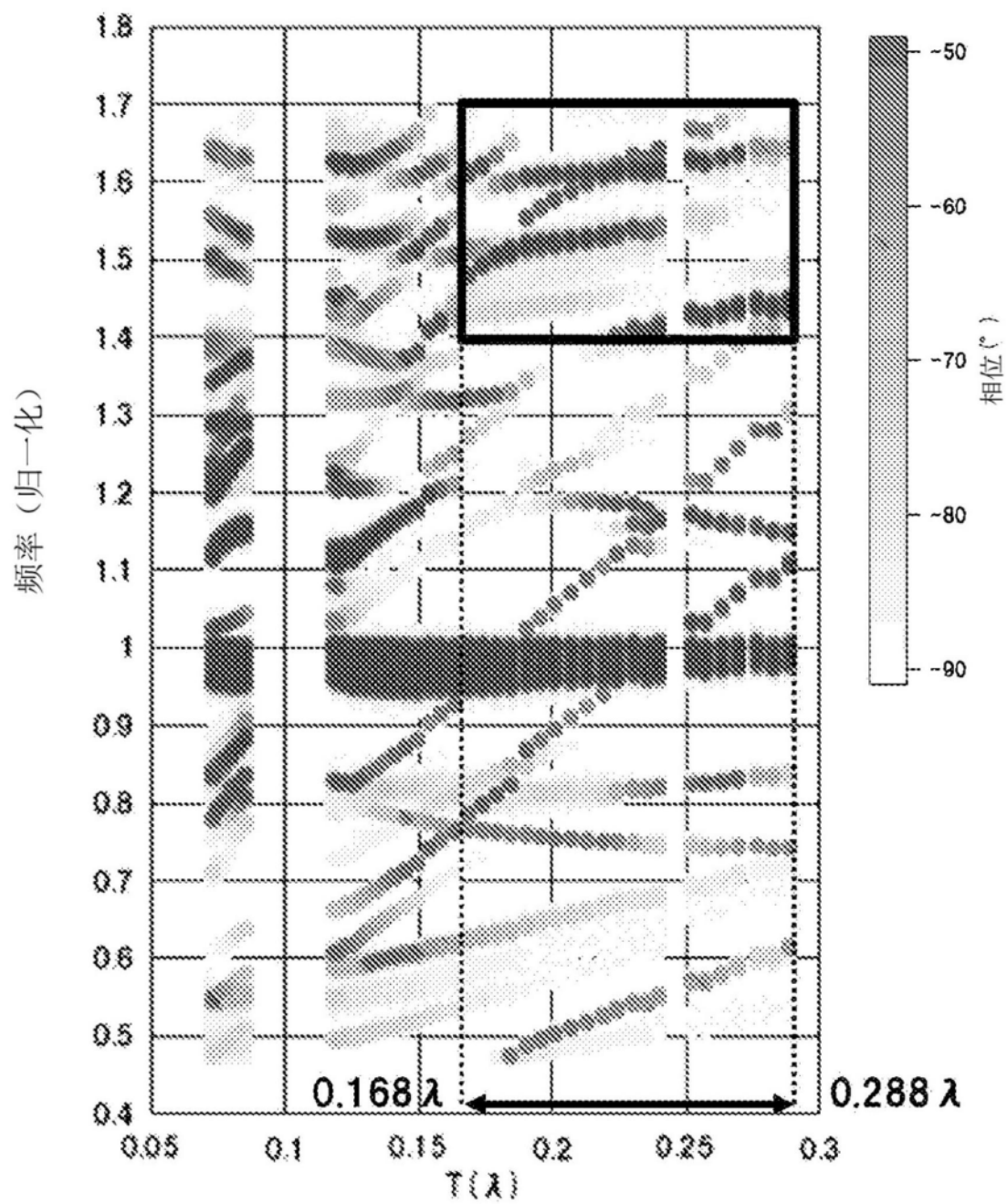


图7

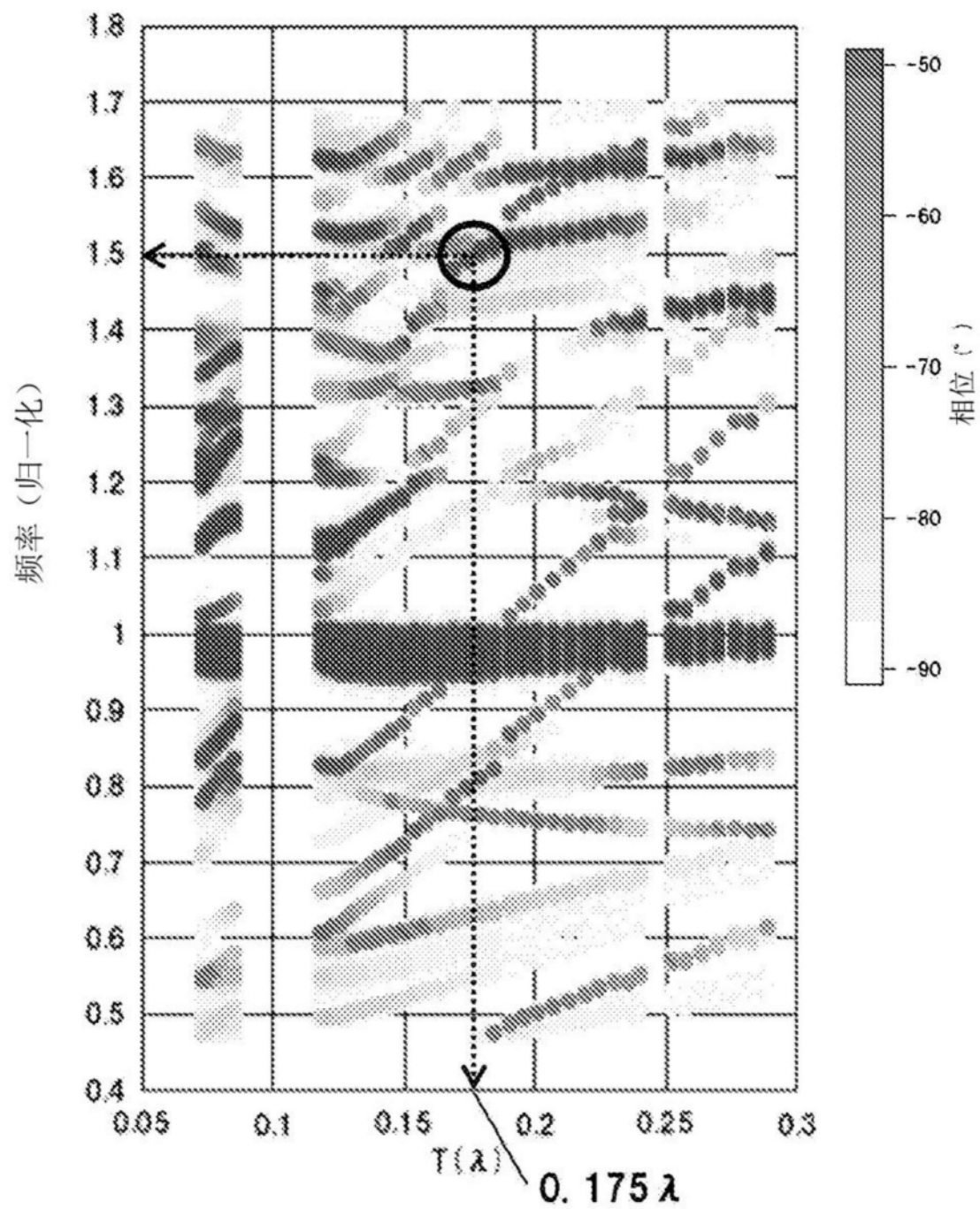


图8

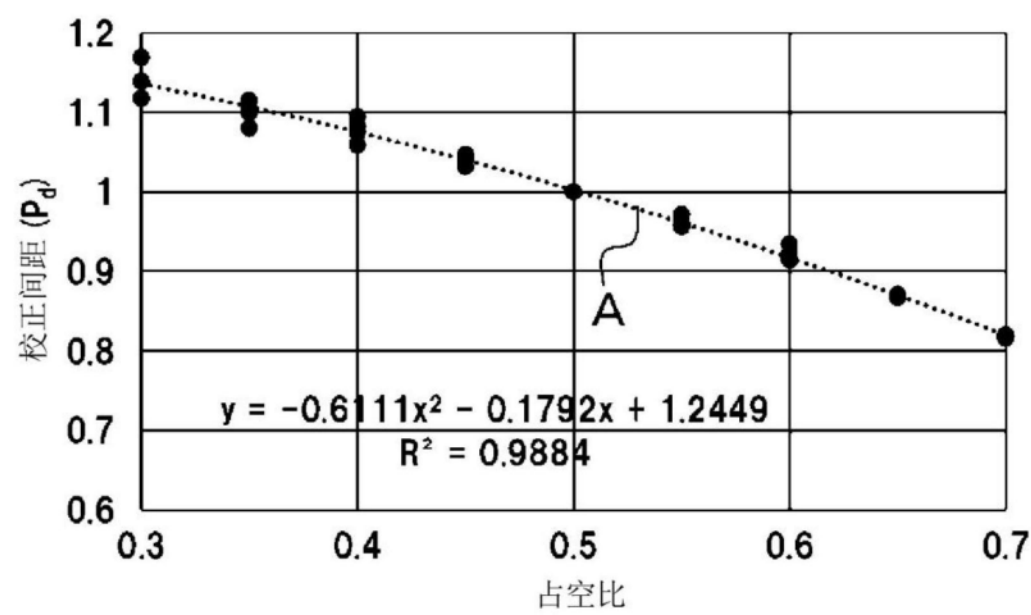


图9

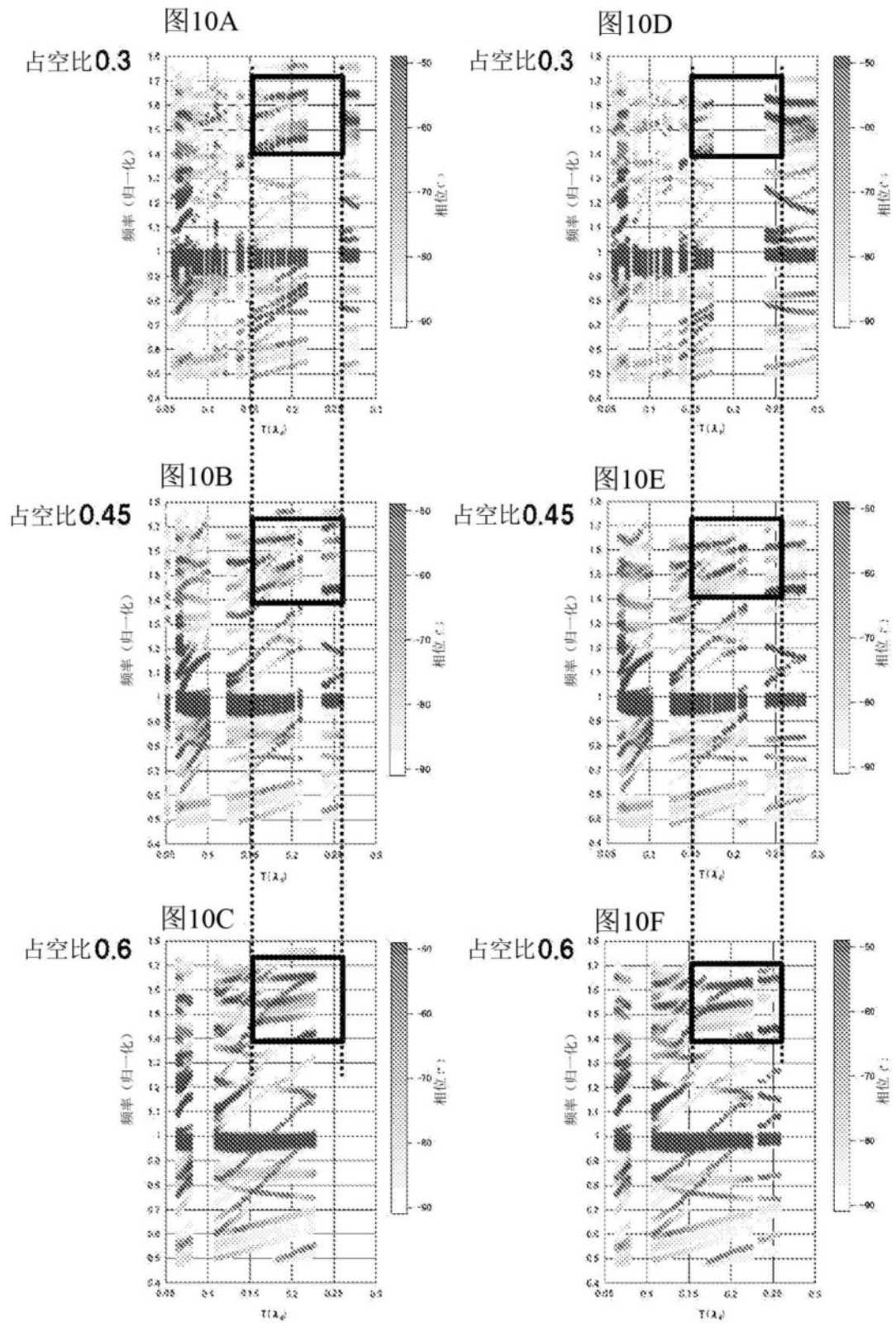


图10

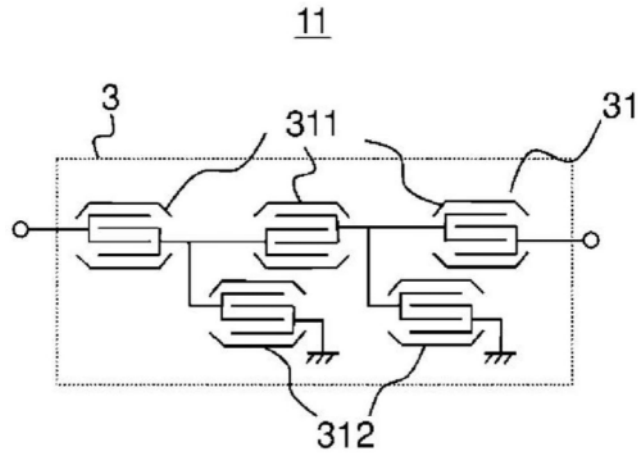


图11

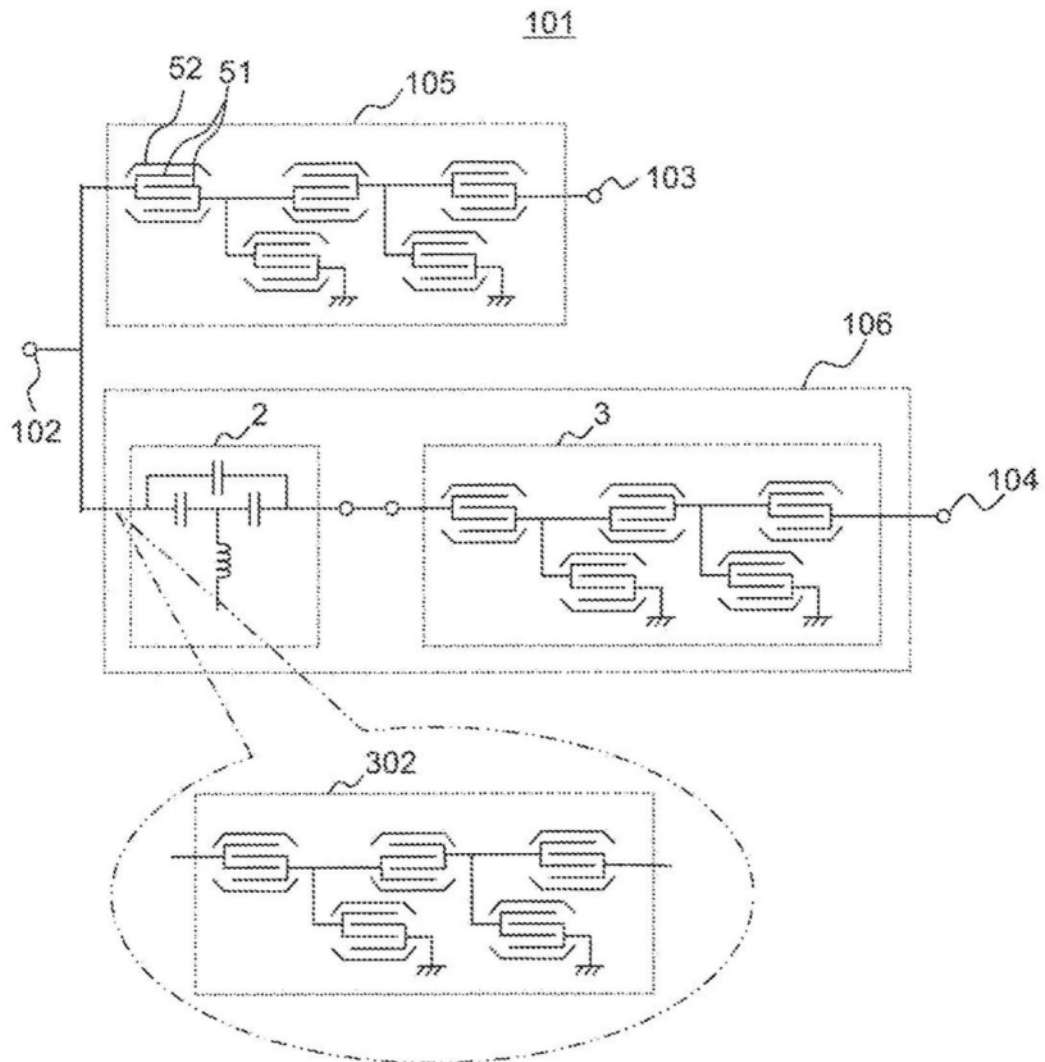


图12

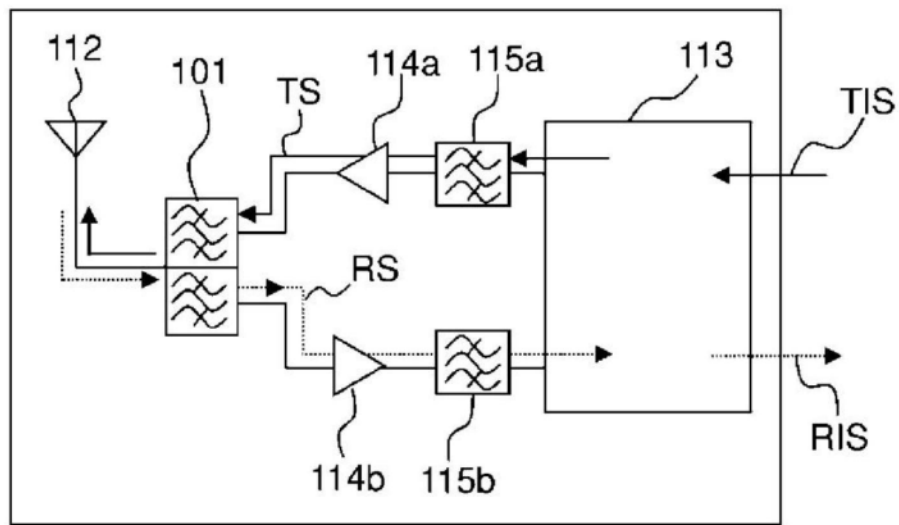
111

图13