



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116784020 A

(43) 申请公布日 2023. 09. 19

(21) 申请号 202280012733.X

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司
72002

(22) 申请日 2022.02.01

专利代理师 朴勇

(30) 优先权数据

2021-016148 2021.02.03 JP

(51) Int.Cl.

H10N 30/30 (2023.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2023.08.01

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2022/003806 2022.02.01

(87) PCT国际申请的公布数据

W02022/168826 JA 2022.08.11

(71) 申请人 株式会社电装

地址 日本爱知县

(72) 发明人 酒井峰一 马渡和明 小山友二

田中昌明 城森知也 清水悠平

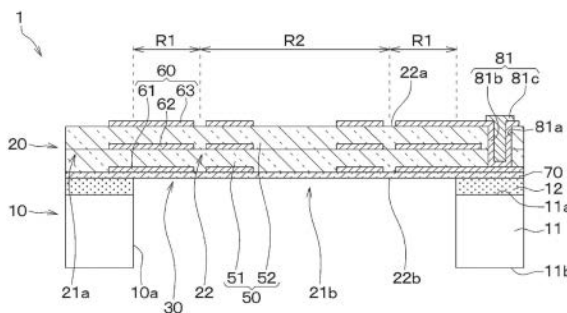
权利要求书4页 说明书23页 附图48页

(54) 发明名称

压电元件、压电装置及压电元件的制造方法

(57) 摘要

压电元件包括：支承体(10)；以及振动部(20)，其配置在支承体(10)上，设为包括压电膜(50)和与压电膜(50)连接来取出因压电膜(50)发生变形而产生的电荷的电极膜(60)的结构，振动部(20)具有由支承体(10)支承的支承区域(21a)和与支承区域(21a)相连且从支承体(10)悬浮的振动区域(22)，基于电荷来输出压力检测信号。并且，在振动区域(22)从支承区域(21a)侧朝向振动区域(22)的中心部(C)形成有多个狭缝，并且振动区域(22)成为相对于支承区域(21a)而被两端支承的状态。



1. 一种压电元件,其具有输出与压力相应的压力检测信号的振动部(20),其特征在于,所述压电元件具备:

支承体(10);以及

所述振动部,其配置在所述支承体上,设为包括压电膜(50)和与所述压电膜连接来取出因所述压电膜发生变形而产生的电荷的电极膜(60)的结构,所述振动部具有由所述支承体支承的支承区域(21a)和与所述支承区域相连且从所述支承体悬浮的振动区域(22),基于所述电荷来输出所述压力检测信号,

所述振动区域从所述支承区域侧朝向所述振动区域的中心部(C)形成有多个狭缝(40~44),并且所述振动区域成为相对于所述支承区域而被两端支承的状态。

2. 根据权利要求1所述的压电元件,其特征在于,

所述振动区域的共振频率被设为20kHz以上。

3. 根据权利要求1或2所述的压电元件,其特征在于,

所述多个狭缝形成为从所述支承区域侧开始且在比所述振动区域的中心部靠所述支承区域侧的部位结束的状态。

4. 根据权利要求1~3中任一项所述的压电元件,其特征在于,

所述多个狭缝在至少一部分设为沿着所述狭缝的延伸设置方向的狭缝长度(L)不同。

5. 根据权利要求1~4中任一项所述的压电元件,其特征在于,

所述多个狭缝设为随着从所述支承区域侧朝向所述中心部而狭缝宽度(g)变窄的锥状。

6. 根据权利要求1或2所述的压电元件,其特征在于,

所述多个狭缝形成为在所述中心部彼此交叉的状态,

在所述多个狭缝交叉的部分埋入有连结构件(90)。

7. 根据权利要求1或2所述的压电元件,其特征在于,

所述多个狭缝形成为在所述中心部彼此交叉的状态,

在所述振动区域中的与所述支承体侧相反侧的一面(22a)上配置有覆盖所述多个狭缝交叉的部分的连结构件(91)。

8. 根据权利要求6或7所述的压电元件,其特征在于,

所述连结构件设为构成所述压电膜的材料刚度以下的刚度。

9. 根据权利要求1~8中任一项所述的压电元件,其特征在于,

所述振动区域中,所述支承区域侧的区域及包含所述中心部的区域被设为第一区域(R1),并且与所述第一区域不同的区域被设为第二区域(R2),

所述电极膜至少配置在所述第一区域。

10. 根据权利要求1~9中任一项所述的压电元件,其特征在于,

所述振动区域及所述电极膜在相对于所述振动区域中的与所述支承体侧相反侧的一面(22a)而言的法线方向上,被配置成相对于所述振动区域的中心部(C)而言点对称的状态。

11. 根据权利要求10所述的压电元件,其特征在于,

所述振动区域中,所述支承区域侧的区域及包含所述中心部的区域被设为第一区域(R1),并且与所述第一区域不同的区域被设为第二区域(R2),

所述压电膜由成为六方晶系结构的材料构成，

所述电极膜由六条电极膜用狭缝(60b)分割，在所述法线方向上，将所述第一区域内的各所述电极膜用狭缝中的规定部位连结起来的虚设形状(KS)被设为六边形状。

12. 根据权利要求10或11所述的压电元件，其特征在于，

所述支承体具有支承基板(11)和配置在所述支承基板上且配置所述振动部的绝缘膜(12)，使所述振动区域悬浮的凹部(10a)形成于所述支承基板及所述绝缘膜，

所述支承基板由硅基板构成，

所述振动区域在所述法线方向上外形设为正八边形状。

13. 根据权利要求1~12中任一项所述的压电元件，其特征在于，

所述振动部在相对于所述振动区域中的与所述支承体侧相反侧的一面(22a)而言的法线方向上，外形设为多边形形状，

所述电极膜及所述振动区域中的至少一方在所述法线方向上设为具有角部的多边形形状，该角部位于与连结所述振动部的外形中的相对的角部的虚设线(K4)上不同的部分。

14. 根据权利要求1~13中任一项所述的压电元件，其特征在于，

所述压电膜由氮化铈铝构成，

所述狭缝形成为构成随着从所述振动区域中的与所述支承体侧相反侧的一面(22a)侧朝向与该一面相反侧的另一面(22b)侧而宽度变窄的锥形部(45)的状态，

所述电极膜在相对于所述一面而言的法线方向上配置于比所述狭缝靠内侧的部位，

所述振动区域中的构成所述锥形部的侧面(22c)与平行于所述一面的面(22b)所成的角度($\theta 1$)设为 $39^{\circ} \sim 81^{\circ}$ 。

15. 根据权利要求14所述的压电元件，其特征在于，

构成所述锥形部的侧面与平行于所述一面的面所成的角度设为 63° 以下。

16. 根据权利要求14或15所述的压电元件，其特征在于，

构成所述锥形部的侧面与平行于所述一面的面所成的角度设为 45° 以上。

17. 一种压电装置，其具备压电元件，该压电元件具有输出与压力相应的压力检测信号的振动部(20)，所述压电装置的特征在于，

所述压电装置具备：

权利要求1~16中任一项所述的压电元件；以及

壳体(100)，其具有搭载所述压电元件的被安装构件(101)以及在收容所述压电元件的状态下固定于所述被安装构件的盖部(102)，在所述壳体(100)形成有与外部连通而导入所述压力的贯通孔(101b)。

18. 根据权利要求17所述的压电装置，其特征在于，

所述狭缝形成在所述振动区域中的与和所述贯通孔对置的部分不同的部分。

19. 根据权利要求17或18所述的压电装置，其特征在于，

在将所述壳体内部的空间中的与位于所述贯通孔和所述振动部之间的受压面空间(S1)不同的空间设为背部空间(S2)、将所述背部空间的声顺设为 C_b 、将所述振动区域的厚度设为 h 、将所述狭缝的狭缝宽度设为 g 、将空气阻力设为 μ 、将所述狭缝的狭缝长度设为 L 时，所述狭缝的长度满足下述的数学式：

[式1]

$$L \leq \frac{3 \times \mu \times h \times 40\pi \times Cb}{\sqrt{2} \times g^3}$$

20. 根据权利要求17~19中任一项所述的压电装置,其特征在于,

所述压电元件的所述支承体经由接合构件(2)搭载于所述被安装构件,所述压电元件在相对于所述振动区域中的与所述支承体侧相反侧的一面(22a)而言的法线方向上外形设为具有角部的多边形状,

所述接合构件在所述法线方向上配置于与所述角部不同的部分。

21. 根据权利要求20所述的压电装置,其特征在于,

所述接合构件在所述法线方向上外形设为具有角部的多边形状,该角部位于与连结所述压电元件的外形中的相对角部的虚设线(K4)上不同的部分。

22. 根据权利要求20或21所述的压电装置,其特征在于,

所述被安装构件在配置所述接合构件的部分形成有突起部(101c),

所述接合构件配置在所述突起部上。

23. 一种压电元件的制造方法,

所述压电元件具备:

支承体(10);以及

振动部(20),其配置在所述支承体上,设为包括压电膜(50)和与所述压电膜连接来取出因所述压电膜发生变形而产生的电荷的电极膜(60)的结构,所述振动部(20)具有由所述支承体支承的支承区域(21a)和与所述支承区域相连且从所述支承体悬浮的振动区域(22),基于所述电荷来输出压力检测信号,

所述振动区域从所述支承区域侧朝向所述振动区域的中心部(C)形成有多个狭缝(40~44),并且所述振动区域成为相对于所述支承区域而被两端支承的状态,

所述压电元件的制造方法的特征在于,进行以下步骤:

准备所述支承体;

在所述支承体上形成所述压电膜及所述电极膜;

在所述压电膜及所述电极膜上配置蚀刻掩模材(200),且在所述蚀刻掩模材上形成使所述压电膜中的要形成所述狭缝的部分露出的开口部(201);

将所述蚀刻掩模材作为掩模来进行蚀刻,形成贯通所述压电膜而到达所述支承体的所述狭缝,形成使从所述狭缝露出的侧面(22c)成为随着从与所述支承体侧相反侧的一面(22a)侧朝向与该一面相反侧的另一面(22b)侧而宽度变窄的锥形部(45)的振动区域构成部分(220);以及

从所述支承体中的与所述压电膜侧相反的一侧形成凹部(10a)而使所述振动区域构成部分悬浮,由此构成具有所述振动区域的所述振动部,

在形成所述压电膜及所述电极膜的步骤中,以在形成所述振动区域构成部分时仅使所述压电膜从所述侧面露出的方式形成所述压电膜及所述电极膜,

在形成所述狭缝的步骤中,形成使构成所述锥形部的侧面与平行于所述一面的面(22b)所成的角度($\theta 1$)成为 $39^\circ \sim 81^\circ$ 的所述狭缝。

24. 根据权利要求23所述的压电元件的制造方法,其特征在于,

在形成所述狭缝的步骤中,形成所述侧面与平行于所述一面的面(22b)所成的角度成为 63° 以下的所述狭缝。

25.根据权利要求23或24所述的压电元件的制造方法,其特征在于,

在形成所述狭缝的步骤中,形成所述侧面与平行于所述一面的面(22b)所成的角度成为 45° 以上的所述狭缝。

压电元件、压电装置及压电元件的制造方法

[0001] 关联申请

[0002] 本申请基于2021年2月3日申请的日本专利申请第2021-016148号而作成,并通过参照将其记载内容并入于此。

技术领域

[0003] 本公开涉及具有振动区域的压电元件、压电装置及压电元件的制造方法。

背景技术

[0004] 目前,提出了具有振动区域的压电元件(例如参照专利文献1)。具体而言,该压电元件的振动区域设为具有压电膜和与压电膜连接的电极膜的结构,且被悬臂支承。并且,这样的压电元件通过根据声响压力(以下,也简称为声压)等使振动区域进行振动,由此压电膜发生变形而在压电膜上产生电荷。因此,通过经由电极膜来取出在压电膜上产生的电荷,由此检测出施加到振动区域的声压。

[0005] 在先技术文献

[0006] 专利文献

[0007] 专利文献1:日本专利第5936154号公报

发明内容

[0008] 然而,在上述那样的压电元件中,存在想要提高检测精度这样的期望。

[0009] 本公开的目的在于,提供能够实现检测精度的提高的压电元件、压电装置及压电元件的制造方法。

[0010] 根据本公开的一个观点,压电元件具备:支承体;以及振动部,其配置在支承体上,设为包括压电膜和与压电膜连接来取出因压电膜发生变形而产生的电荷的电极膜的结构,振动部具有由支承体支承的支承区域和与支承区域相连且从支承体悬浮的振动区域,基于电荷来输出压力检测信号,振动区域从支承区域侧朝向振动区域的中心部形成有多个狭缝,并且振动区域成为相对于支承区域而被两端支承的状态。

[0011] 据此,若与振动区域被悬臂支承的情况相比,则能够增大共振频率。因而,能够使可维持检测灵敏度的频率广域化,能够实现检测精度的提高。

[0012] 根据本公开的另一观点,压电装置具有:上述的压电元件;以及壳体,其具有搭载压电元件的被安装构件和以收容压电元件的状态固定于被安装构件的盖部,在壳体形成有与外部连通来导入压力的贯通孔。

[0013] 据此,由于具备能够增大共振频率的压电元件,因此能够使可维持检测灵敏度的频率广域化,能够实现检测精度的提高。

[0014] 根据本公开的另一观点,在与上述的压电元件相关的制造方法中进行如下的步骤:准备支承体;在支承体上形成压电膜及电极膜;在压电膜及电极膜上配置蚀刻掩模材,且在蚀刻掩模材上形成使压电膜中的要形成狭缝的部分露出的开口部;将蚀刻掩模材作为

掩模来进行蚀刻,形成贯通压电膜而到达支承体的狭缝,形成使从狭缝露出的侧面成为随着从与支承体侧相反侧的一面侧朝向与该一面相反侧的另一面侧而宽度变窄的锥形部的振动区域构成部分;以及从支承体中的与压电膜侧相反的一侧形成凹部而使振动区域构成部分悬浮,由此构成具有振动区域的振动部,在形成压电膜及电极膜的步骤中,以在形成振动区域构成部分时仅使压电膜从侧面露出的方式形成压电膜及电极膜,在形成狭缝的步骤中,形成使构成锥形部的侧面与平行于一面的面所成的角度成为 $39^{\circ}\sim 81^{\circ}$ 的狭缝。

[0015] 据此,能够制造出可增大共振频率的压电元件。另外,通过将所成的角度设为 $39^{\circ}\sim 81^{\circ}$,由此能够抑制形成狭缝时的加工性降低。

[0016] 另外,对各构成要素等标注的带括号的参照符号表示该构成要素等与后述的实施方式中记载的具体的构成要素等之间的对应关系的一例。

附图说明

[0017] 图1A是第一实施方式中的压电元件的剖视图。

[0018] 图1B是第一实施方式中的压电元件的剖视图。

[0019] 图1C是第一实施方式中的压电元件的剖视图。

[0020] 图2A是第一实施方式中的压电元件的俯视图。

[0021] 图2B是第一实施方式中的形成于第一区域的电极膜的俯视图。

[0022] 图3是第一实施方式中的压电元件的电路示意图。

[0023] 图4A是图1C所示的压电元件的制造方法。

[0024] 图4B是接着图4A的压电元件的制造方法。

[0025] 图4C是接着图4B的压电元件的制造方法。

[0026] 图5是第一实施方式中的压电装置的剖视图。

[0027] 图6是表示连结长度与压电元件的共振频率之间的关系的图。

[0028] 图7是表示向振动区域施加的频率与输出信号之间的关系的图。

[0029] 图8是表示连结长度与产生应力比之间的关系的图。

[0030] 图9是表示声压与输出信号之间的关系的图。

[0031] 图10A是第一实施方式的变形例中的压电元件的俯视图。

[0032] 图10B是第一实施方式的变形例中的压电元件的俯视图。

[0033] 图11A是第一实施方式的变形例中的振动区域的俯视图。

[0034] 图11B是第一实施方式的变形例中的振动区域的俯视图。

[0035] 图11C是第一实施方式的变形例中的振动区域的俯视图。

[0036] 图11D是第一实施方式的变形例中的振动区域的俯视图。

[0037] 图11E是第一实施方式的变形例中的振动区域的俯视图。

[0038] 图11F是第一实施方式的变形例中的振动区域的俯视图。

[0039] 图11G是第一实施方式的变形例中的振动区域的俯视图。

[0040] 图12是第一实施方式的变形例中的形成于第一区域的电极膜的俯视图。

[0041] 图13是具有图12所示的电极膜的压电元件的电路示意图。

[0042] 图14是第二实施方式中的压电元件的俯视图。

[0043] 图15是要在第三实施方式中进行说明的振动区域的示意图。

- [0044] 图16是表示振动区域中的弯曲力矩的大小的示意图。
- [0045] 图17是表示振动区域中的应力分布的图。
- [0046] 图18是第三实施方式中的压电元件的俯视图。
- [0047] 图19是图18所示的压电元件的电路示意图。
- [0048] 图20是第四实施方式中的压电元件的剖视图。
- [0049] 图21是图20所示的压电元件的俯视图。
- [0050] 图22是第五实施方式中的压电元件的剖视图。
- [0051] 图23是图22所示的压电元件的俯视图。
- [0052] 图24A是第六实施方式中的压电元件的俯视图。
- [0053] 图24B是第六实施方式中的形成于第一区域的电极膜的俯视图。
- [0054] 图25是第六实施方式中的压电元件的电路示意图。
- [0055] 图26是第六实施方式中的压电元件的剖视图。
- [0056] 图27是第六实施方式的变形例中的压电元件的俯视图。
- [0057] 图28是第六实施方式的变形例中的形成于第一区域的电极膜的俯视图。
- [0058] 图29是第六实施方式的变形例中的压电元件的电路示意图。
- [0059] 图30是第七实施方式中的压电元件的俯视图。
- [0060] 图31是第七实施方式中的压电装置的剖视图。
- [0061] 图32是第八实施方式中的压电装置的剖视示意图。
- [0062] 图33是表示将振动区域的厚度设为固定的情况下的狭缝宽度、狭缝长度及声阻的关系的图。
- [0063] 图34是表示将狭缝宽度设为固定的情况下的振动区域的厚度、狭缝长度及声阻的关系的图。
- [0064] 图35是表示狭缝长度与声阻率之间的关系图。
- [0065] 图36是第九实施方式中的压电元件的狭缝的剖视图。
- [0066] 图37是表示一面侧的狭缝宽度与声阻之间的关系图。
- [0067] 图38A是第九实施方式的变形例中的压电元件的狭缝的剖视图。
- [0068] 图38B是第九实施方式的变形例中的压电元件的狭缝的剖视图。
- [0069] 图38C是第九实施方式的变形例中的压电元件的狭缝的剖视图。
- [0070] 图39是表示第十实施方式中的压电元件与接合构件的位置关系的俯视图。
- [0071] 图40A是表示第十实施方式的变形例中的压电元件与接合构件的位置关系的俯视图。
- [0072] 图40B是表示第十实施方式的变形例中的压电元件与接合构件的位置关系的俯视图。
- [0073] 图41A是表示第十实施方式的变形例中的压电元件与接合构件的位置关系的仰视图。
- [0074] 图41B是表示第十实施方式的变形例中的压电元件与接合构件的位置关系的仰视图。
- [0075] 图41C是表示第十实施方式的变形例中的压电元件与接合构件的位置关系的仰视图。

- [0076] 图42是第十一实施方式中的压电装置的剖视图。
- [0077] 图43是第十二实施方式中的压电元件的剖视图。
- [0078] 图44A是表示图43所示的压电元件的制造工序的剖视图。
- [0079] 图44B是表示接着图44A的压电元件的制造工序的剖视图。
- [0080] 图44C是表示接着图44B的压电元件的制造工序的剖视图。
- [0081] 图45是图44C的制造工序中的形成狭缝的部分的示意图。
- [0082] 图46是表示频率、灵敏度、有效宽度之间的关系图。
- [0083] 图47是表示相对于压电膜的膜厚而言的蚀刻掩模材的膜厚与所成的角度之间的关系图。
- [0084] 图48是其他实施方式中的压电装置的剖视图。

具体实施方式

[0085] 以下,基于附图对本公开的实施方式进行说明。另外,在以下的各实施方式相互之间,对彼此相同或等同的部分标注同一符号来进行说明。

[0086] (第一实施方式)

[0087] 参照图1A、图1B、图1C、图2A及图2B对第一实施方式的压电元件1进行说明。另外,本实施方式的压电元件1例如适合作为话筒来利用。另外,图1A相当于沿着图2A中的IA-IA线所得的剖视图,图1B相当于沿着图2A中的IB-IB线所得的剖视图,图1C相当于沿着图2A中的IC-IC线所得的剖视图。另外,在图2A中,省略后述的第一电极部81及第二电极部82等地进行表示。另外,在后述的与图2A对应的各图中,也适当省略第一电极部81及第二电极部82等地进行表示。

[0088] 本实施方式的压电元件1具备支承体10和振动部20,平面形状被设为矩形形状。支承体10具有:支承基板11,其具有一面11a及另一面11b;以及绝缘膜12,其形成在支承基板11的一面11a上。另外,支承基板11例如由硅基板等构成,绝缘膜12由氧化膜等构成。

[0089] 振动部20构成用于输出与作为压力的声压等相应的压力检测信号的感测部30,配置在支承体10上。并且,在支承体10上形成有用于使振动部20中的内缘侧悬浮的凹部10a。因此,振动部20成为具有配置在支承体10上的支承区域21a和与支承区域21a相连且在凹部10a上悬浮的悬浮区域21b这样的结构。另外,本实施方式的凹部10a的振动部20侧的开口端(以下,也简称为凹部10a的开口端)的形状被设为俯视矩形形状。因而,悬浮区域21b的整体被设为俯视矩形形状。

[0090] 并且,在悬浮区域21b中形成有沿厚度方向贯通该悬浮区域21b的狭缝40。在本实施方式中,在悬浮区域21b形成有第一~第四狭缝41~44。第一~第四狭缝41~44从设为俯视矩形形状的悬浮区域21b的各角部朝向悬浮区域21b的中心部C延伸设置。其中,第一~第四狭缝41~44以不到达中心部C的方式形成。换言之,第一~第四狭缝41~44以在比中心部C靠支承区域21a侧的部位结束的方式形成。即,第一~第四狭缝41~44以不分割悬浮区域21b的方式形成。

[0091] 另外,在本实施方式中,第一~第四狭缝41~44以沿着延伸设置方向的狭缝长度L彼此相等的方式形成。进而,本实施方式的第一~第四狭缝41~44的狭缝宽度g设为沿着振动区域22的厚度方向而固定。并且,利用这样的悬浮区域21b来构成振动区域22,振动区域

22成为由支承区域21a两端支承的状态。

[0092] 另外,第一~第四狭缝41~44的狭缝宽度 g 是指与第一~第四狭缝41~44的延伸设置方向正交且沿着振动区域22的面方向的方向上的长度。换言之,第一~第四狭缝41~44的狭缝宽度 g 是指因第一狭缝41~44而露出的振动区域22的侧面22c彼此的间隔。

[0093] 以下,将振动区域22中的与支承体10相反侧的面设为振动区域22的一面22a,且将振动区域22中的支承体10侧的面设为振动区域22的另一面22b。同样,将振动区域22中的从第一~第四狭缝41~44露出的面设为振动区域22的侧面22c。另外,以下,将在相对于振动区域22的一面22a而言的法线方向上由形成振动区域22的外形的一边和沿着各狭缝41~44延伸的虚设线K1、K2包围的区域设为第一~第四振动区域221~224。另外,以下,将相对于振动区域22的一面22a而言的法线方向也简称为法线方向。另外,“在相对于振动区域22的一面22a而言的法线方向上”换言之也可以说是从相对于振动区域22的一面22a而言的法线方向观察时。

[0094] 在本实施方式中,将沿着第一狭缝41及第三狭缝43延伸的虚设线设为虚设线K1,将沿着第二狭缝42及第四狭缝44延伸的虚设线设为虚设线K2。并且,将在法线方向上振动区域22中的包括第一狭缝41与第二狭缝42之间且由虚设线K1和虚设线K2包围的区域设为第一振动区域221。将在法线方向上振动区域22中的包括第二狭缝42与第三狭缝43之间且由虚设线K1和虚设线K2包围的区域设为第二振动区域222。将在法线方向上振动区域22中的包括第三狭缝43与第四狭缝44之间且由虚设线K1和虚设线K2包围的区域设为第三振动区域223。将在法线方向上振动区域22中的包括第四狭缝44与第一狭缝41且由虚设线K1和虚设线K2包围的区域设为第四振动区域224。并且,本实施方式的振动区域22通过第一~第四振动区域221~224一体化而形成。

[0095] 振动部20设为具有压电膜50及与压电膜50连接的电极膜60的结构。具体而言,压电膜50具有下层压电膜51和层叠在下层压电膜51上的上层压电膜52。电极膜60具有配置在下层压电膜51的下方的下层电极膜61、配置在下层压电膜51与上层压电膜52之间的中间电极膜62及配置在上层压电膜52上的上层电极膜63。即,振动部20设为下层压电膜51由下层电极膜61和中间电极膜62夹持且上层压电膜52由中间电极膜62和上层电极膜63夹持这样的双压电晶片结构。

[0096] 另外,下层压电膜51及上层压电膜52使用氮化钪铝(ScAlN)、氮化铝(AlN)等无铅的压电陶瓷等来构成。下层电极膜61、中间电极膜62、上层电极膜63使用钼、铜、铂、白金、钛等来构成。

[0097] 进而,本实施方式的振动部20具有供下层压电膜51及下层电极膜61配置的基底膜70。即,在支承体10上隔着基底膜70配置压电膜50及电极膜60。基底膜70未必是必须的,但为了使形成下层压电膜51等时的晶体生长容易进行而设置。另外,在本实施方式中,基底膜70由氮化铝等构成。另外,压电膜50的厚度设为 $1\mu\text{m}$ 左右,基底膜70的厚度设为几十nm左右。即,基底膜70相对于压电膜50来说极其薄。

[0098] 另外,本实施方式的各振动区域22中,在振动区域22振动时成为固定端的支承区域21a侧的部分被设为第一区域R1且中心部C侧被设为第二区域R2。并且,下层电极膜61、中间电极膜62、上层电极膜63分别形成在第一区域R1及第二区域R2。其中,形成于第一区域R1的下层电极膜61、中间电极膜62、上层电极膜63与形成于第二区域R2的下层电极膜61、中间

电极膜62、上层电极膜63分离,成为绝缘的状态。另外,形成于第一区域R1的下层电极膜61、中间电极膜62、上层电极膜63适当延伸设置到支承区域21a。

[0099] 在本实施方式中,下层电极膜61、中间电极膜62及上层电极膜63以不到达第一~第四狭缝41~44的方式形成。即,下层电极膜61、中间电极膜62及上层电极膜63以在比振动区域22中的从第一~第四狭缝41~44露出的侧面22c靠内侧的部位结束的方式形成。换言之,下层电极膜61、中间电极膜62及上层电极膜63在法线方向上配置于比第一~第四狭缝41~44靠内侧的部位。因此,振动区域22的侧面22c由下层压电膜51、上层压电膜52及基底膜70构成。

[0100] 在振动部20的支承区域21a形成有第一电极部81和第二电极部82,其中,第一电极部81与形成于第一区域R1的下层电极膜61及上层电极膜63电连接,第二电极部82与形成于第一区域R1的中间电极膜62电连接。另外,如上所述,在图2A中,省略示出第一电极部81及第二电极部82。

[0101] 第一电极部81形成于贯通了上层电极膜63、上层压电膜52、下层压电膜51的孔部81a,且具有与下层电极膜61及上层电极膜63电连接的贯通电极81b。在本实施方式中,贯通电极81b与形成于第一振动区域221的下层电极膜61及上层电极膜63电连接。另外,第一电极部81具有形成在贯通电极81b上而与贯通电极81b电连接的焊盘部81c。

[0102] 第二电极部82形成于贯通上层压电膜52而使中间电极膜62露出的孔部82a,且具有与中间电极膜62电连接的贯通电极82b。在本实施方式中,贯通电极82b与形成于第四振动区域224的中间电极膜62电连接。另外,第二电极部82具有形成在贯通电极82b上而与贯通电极82b电连接的焊盘部82c。

[0103] 另外,第一电极部81及第二电极部82与电极膜60同样地使用钼、铜、白金、钛、铝等来构成。另外,形成于第二区域R2的下层电极膜61、中间电极膜62及上层电极膜63不与各电极部81、82电连接,成为浮动状态。因此,形成于第二区域R2的下层电极膜61、中间电极膜62及上层电极膜63未必是必须的,但在本实施方式中,为了保护下层压电膜51及上层压电膜52中的位于第二区域R2的部分而设置。

[0104] 另外,形成于第一区域R1的下层电极膜61、中间电极膜62、上层电极膜63在第一~第四振动区域221~224分割。即,形成于第一区域R1的下层电极膜61、中间电极膜62、上层电极膜63不以跨越第一~第四振动区域221~224的方式形成。并且,形成于各振动区域221~224的第一区域R1的下层电极膜61、中间电极膜62、上层电极膜63经由未图示的布线膜等连接。

[0105] 另外,本实施方式的下层电极膜61、中间电极膜62、上层电极膜63如图2B所示那样以形成于第一区域R1的部分的外形与振动区域22的外形大致相同的方式形成,在本实施方式中为俯视矩形形状。其中,下层电极膜61、中间电极膜62、上层电极膜63如上所述那样在第一~第四振动区域221~224分割。因此,这里的下层电极膜61、中间电极膜62、上层电极膜63的形成于第一区域R1的部分的外形是指由下层电极膜61、中间电极膜62、上层电极膜63中的位于第一区域R1的部分的外形线及该外形线的延长线构成的形状。另外,图2B虽不是剖视图,但为了容易理解而对形成于第一区域R1的电极膜60施加了阴影线。进而,在图2B中示出的是电极膜60,但成为电极膜60的下层电极膜61、中间电极膜62及上层电极膜63在第一区域R1中分别设为与图2B的电极膜60相同的形状。

[0106] 并且,本实施方式的压电元件1构成为将第一~第四振动区域221~224中的电荷的变化作为一个压力检测信号来输出。具体而言,各振动区域221~224设为双压电晶片结构,如图3所示,形成于各振动区域22的各下层电极膜61、各中间电极膜62、各上层电极膜63分别并联连接,且各振动区域22间串联连接。并且,压电元件1将第一电极部81与第二电极部82的电位差作为压力检测信号来输出。这种情况下,例如,第二电极部82接地,压电元件1将地面与第一电极部81的电位差作为压力检测信号来输出。

[0107] 接着,参照图4A、图4B及图4C对这样的压电元件1的制造方法简单进行说明。另外,图4A~图4C是与图1C相当的部分的剖视图。

[0108] 首先,如图4A所示,准备在具有支承基板11及绝缘膜12的支承体10上形成有基底膜70、压电膜50、电极膜60、第一电极部81、第二电极部82等的构件。即,准备没有形成图1C所示的压电元件1中的凹部10a及第一~第四狭缝41~44的构件。另外,在图4A的工序中构成的压电膜50及电极膜60等是构成振动部20的部分。因此,在图4A中,赋予与振动区域22的一面22a及另一面22b相同的符号。另外,第一电极部81及第二电极部82形成在与图4A不同的剖面上。

[0109] 这里,基底膜70、压电膜50及电极膜60等通过适当进行通常的溅射、蚀刻等来构成。这种情况下,在支承体10上形成基底膜70、作为电极膜60的下层电极膜61时,由于基底膜70及下层电极膜61的线膨胀系数比支承体10的线膨胀系数大,因此基底膜70及下层电极膜61以残留有拉伸应力的状态形成。因此,在直接形成了压电膜50的情况下,压电膜50容易以残留有因基底膜70及下层电极膜61的拉伸应力而产生的拉伸应力的状态形成。并且,若是在压电膜50中残留有拉伸应力,则压电元件1容易产生特性变动。因而,在形成压电膜50时,例如优选如下这样进行。

[0110] 例如,在形成上层压电膜52时,优选相较于形成下层压电膜51时而言增大在溅射时施加的电压,由此在上层压电膜52产生压缩应力。由此,下层压电膜51的拉伸应力与上层压电膜52的压缩应力相抵,能够降低压电膜50整体上的残留在内部的应力。这种情况下,也可以通过多次的溅射来形成上层压电膜52。并且,还可以通过在上层压电膜52中的位于下层压电膜51侧的部分产生拉伸应力且在位于与下层压电膜51相反侧的最上层侧的部分产生压缩应力,来降低压电膜50的残留在内部的应力。

[0111] 接着,如图4B所示,使用未图示的掩模来进行各向异性干式蚀刻,形成贯通压电膜50而到达支承体10的第一~第四狭缝41~44。由此,构成通过形成后述的凹部10a而成为振动区域22的振动区域构成部分220。另外,第二、第三狭缝43、44形成在与图4B不同的剖面上。另外,振动区域构成部分220是通过形成凹部10a而成为振动区域22的部分。因此,在图中,对振动区域构成部分220的一面、另一面及侧面赋予与振动区域22的一面22a、另一面22b及侧面22c相同的符号。

[0112] 接着,如图4C所示,使用未图示的掩模,以从支承基板11的另一面11b贯通绝缘膜12而到达基底膜70的方式进行蚀刻来形成凹部10a。在本实施方式中,在利用各向异性干式蚀刻将支承基板11除去之后,利用各向同性湿式蚀刻将绝缘膜12除去来形成凹部10a。由此,振动区域构成部分220从支承体10悬浮而构成振动区域22,制造出图1所示的压电元件1。

[0113] 另外,在该工序中,虽然没有特别图示,但也可以配置覆盖上层压电膜52、上层电

极膜63的保护抗蚀剂等来形成凹部10a。由此,能够抑制在形成凹部10a时振动区域22被破坏。其中,保护抗蚀剂在形成凹部10a之后被除去。

[0114] 以上是本实施方式中的压电元件1的结构。接着,对使用了这样的压电元件1的压电装置S10进行说明。

[0115] 本实施方式的压电装置如图5所示通过将压电元件1收容于壳体100来构成。壳体100具有:搭载压电元件1及进行规定的信号处理等的电路板110的印刷基板101;以及以收容压电元件1及电路板110的方式固定于印刷基板101的盖部102。另外,在本实施方式中,印刷基板101相当于被安装构件。

[0116] 虽然未图示,但印刷基板101设为适当形成有布线部、通孔电极等的结构,根据需要还搭载有未图示的电容器等电子部件等。并且,压电元件1中的支承基板11的另一面11b经由粘接剂等接合构件2搭载于印刷基板101的一面101a。电路板110经由由导电性构件构成的接合构件111搭载于印刷基板101的一面101a。并且,压电元件1的焊盘部81c与电路板110经由接合线120电连接。另外,压电元件1的焊盘部82c在与图5不同的剖面上经由接合线120与电路板110电连接。盖部102由金属、塑料或树脂等构成,以收容压电元件1及电路板110的方式经由未图示的粘接剂等接合构件而固定于印刷基板101。

[0117] 并且,在本实施方式中,在印刷基板101中的与感测部30对置的部分形成有与外部空间连通的贯通孔101b。具体而言,贯通孔101b设为大致圆筒状,在法线方向上以中心轴与振动区域22中的中心部C一致的方式形成。

[0118] 以上是本实施方式中的压电装置S10的结构。以下,将壳体100内的形成有贯通孔101b的部分与振动区域22之间的空间设为受压面空间S1。另外,将包括隔着振动区域22而位于受压面空间S1的相反侧的空间且不经由狭缝40与该空间连续的空间设为背部空间S2。另外,背部空间S2也可以说是在壳体100内的空间中与受压面空间S1不同的空间,还可以说是除受压面空间S1以外的空间。进而,换言之,受压面空间S1也可以说是对按压振动区域22中的形成于壳体100的贯通孔101b侧的面(即,在本实施方式中为另一面22b)有影响的空间。背部空间S2也可以说是对按压振动区域22中的与形成于壳体100的贯通孔101b侧相反的一面的面(即,在本实施方式中为一面22a)有影响的空间。

[0119] 接着,对上述压电装置S10中的动作及效果进行说明。

[0120] 在本实施方式的压电装置S10中,当向受压面空间S1导入作为压力的声压而对振动区域22(即,感测部30)施加声压时,振动区域22进行振动。并且,在下层压电膜51及上层压电膜52产生基于与振动区域22的位移相应的应力得到的电荷。因而,在这样的压电装置S10中,通过从第一电极部81及第二电极部82取出该电荷,由此检测出声压。

[0121] 此时,就产生在振动区域22(即,压电膜50)上的应力而言,振动区域22受到支承的固定端侧的应力容易比中心部C处的应力大。因此,在本实施方式的压电元件1中,如上所述,振动区域22被分为应力容易变大的第一区域R1和应力容易变小的第二区域R2。并且,在压电元件1中,配置于第一区域R1的下层电极膜61、上层电极膜63、中间电极膜62与第一、第二电极部81、82连接,从而能够取出产生在位于第一区域R1的下层压电膜51及上层压电膜52上的电荷。由此,能够抑制噪声的影响变大。

[0122] 这里,压电元件1中的振动区域22的共振频率 f (以下,也简称为压电元件1的共振频率 f)取决于成为梁的振动区域22的弹簧常数 k 和振动区域22的质量 m ,由下述的数学式1

表示。

[0123] [式1]

$$[0124] \quad f = \frac{1}{2} \times \pi \times \left(\frac{k}{m} \right)^{\frac{1}{2}}$$

[0125] 这种情况下,在上述那样的压电元件1中,由于压电膜50被设为1 μ m左右的薄膜,因此难以将质量m轻量化。因此,在本实施方式中,将振动区域22设为两端支承结构,从而增大弹簧常数k。由此,能够增大共振频率f。

[0126] 例如,如图2A所示,将第一狭缝41与振动区域22的中心部C之间的长度设为第一长度X,将第二狭缝42与振动区域22的中心部C之间的长度设为第二长度Y。在本实施方式中,如上所述,由于第一~第四狭缝41~44的狭缝长度L设为相等,因此第一长度X与第二长度Y相等。并且,若将第一长度X与第二长度Y之和设为连结长度(即,X+Y),则连结长度与共振频率f之间的关系如图6所示。

[0127] 具体而言,在振动区域22被两端支承的情况下,越是增长连结长度,弹簧常数(即,刚度)越大,因此与振动区域22被悬臂支承的情况相比,能够确认到共振频率f变大。因此,如图7所示,通过调整连结长度,由此能够使共振频率f变得比作为听觉范围的20000Hz(即,20kHz)大。换言之,通过调整连结长度,由此在将频率为1000Hz(即,1kHz)的情况下的输出信号作为基准(即,0dB)时,能够使共振频率f存在于比使输出信号成为+3dB的频率大的频率。由此,能够使可维持检测灵敏度的频率广域化。其中,就本实施方式的振动区域22而言,由于压电膜50的厚度设为1 μ m左右,因此当连结长度成为300 μ m左右时,共振频率f在22.5kHz左右饱和。另外,通过使低频滚降频率能够存在于比使输出信号成为-3dB的频率小的频率,从而能够进一步使可维持检测灵敏度的频率广域化。针对该低频滚降频率,将会在后述的第八实施方式中具体进行说明。

[0128] 另一方面,如图8所示,越是增长连结长度,弹簧常数越大,使得振动区域22越难以发生变形,因此产生应力比变小。即,越是增长连结长度,灵敏度越低。这种情况下,如图9所示,当输入的声压的频率固定时,能够通过降低灵敏度来增大AOP(Acoustic Over Point(声学过点)的简写)。因而,连结长度优选根据要使用的用途来调整。另外,图8中的产生应力比以振动区域22被悬臂支承的情况下的振动区域22与支承区域21a的交界处产生的应力为基准。并且,产生应力比表示振动区域22被两端支承的情况下的振动区域22与支承区域21a的交界处产生的应力相对于该基准的应力之比。

[0129] 根据以上说明的本实施方式,压电元件1的振动区域22被两端支承。因此,与振动区域22被悬臂支承的情况相比,能够增大共振频率f。因而,能够使可维持检测灵敏度的频率广域化,能够实现检测精度的提高。

[0130] (1) 在本实施方式中,还能够将压电元件1的共振频率f设为20kHz以上。因此,在这样的压电元件1中,能够使共振频率f处于听觉范围外,能够使听觉范围内的可维持检测灵敏度的频率广域化。

[0131] (第一实施方式的变形例)

[0132] 对上述第一实施方式的变形例进行说明。如上所述,连结长度优选根据用途及与检测灵敏度之间的关系来适当调整。这种情况下,如图10A所示,以第一狭缝41及第三狭缝

43的狭缝长度L与第二狭缝42及第四狭缝44的狭缝长度L不同的方式形成。并且,第一长度X及第二长度Y可以不设为相同的距离,第一长度X也可以比第二长度Y短。另外,虽未特别图示出,但第一长度X及第二长度Y也可以设为第一长度X比第二长度Y长。

[0133] 进而,第一~第四狭缝41~44也可以如图10B所示那样仅形成在振动区域22中的第一区域R1。另外,虽然没特别图示出,但第一~第四狭缝41~44的狭缝长度L也可以彼此不同地形成。

[0134] 这样,本实施方式的压电元件1构成为,第一~第四狭缝41~44的狭缝长度L能够适当变更且能够根据搭载的产品来变更。因而,在本实施方式的压电元件1中,还能够实现搭载的产品的选择性的提高。

[0135] 另外,振动区域22的平面形状能够适当变更。例如,振动区域22也可以如图11A~图11G所示那样将平面形状设为六边形状、八边形状、十边形状、十二边形状、十四边形状、十六边形状或圆形形状。另外,虽然没特别图示出,但振动区域22还可以设为其他的多边形状。另外,在图11A~图11G中,省略了形成于振动区域22的狭缝40,但在振动区域22分别形成有狭缝40。例如,在如图11A那样振动区域22的平面形状为六边形状的情况下,狭缝40从振动区域22的外形的各角部朝向中心部C地形成有六条。另外,在如图11G那样振动区域22的平面形状为圆形形状的情况下,狭缝40在周向上均匀地形成所期望的多条。

[0136] 进而,如图12所示,电极膜60可以在第一区域R1中被分割为多个电荷区域60a。例如,电极膜60可以在各振动区域221~224的第一区域R1中被分割为三个电荷区域60a。另外,成为电极膜60的下层电极膜61、中间电极膜62及上层电极膜63在第一区域R1中分别如图12那样被分割为电荷区域60a。这种情况下,如图13所示,压电元件1成为由分割出的各电荷区域60a构成的电容彼此串联连接的状态。据此,能够降低各振动区域221~224内的电容,能够实现输出的提高。即,能够实现检测灵敏度的提高。

[0137] (第二实施方式)

[0138] 对第二实施方式进行说明。本实施方式相对于第一实施方式而言变更了第一~第四狭缝41~44的形状。其他与第一实施方式相同,因此在此省略说明。

[0139] 在本实施方式的压电元件1中,如图14所示,第一~第四狭缝41~44设为在法线方向上随着朝向中心部C而狭缝宽度g变窄的锥状。

[0140] 根据以上说明的本实施方式,振动区域22被两端支承。因此,能够增大压电元件1的共振频率f,能够获得与上述第一实施方式同样的效果。

[0141] (1) 在本实施方式中,第一~第四狭缝41~44设为随着朝向振动区域22的中心部C而狭缝宽度g变窄的锥状。因此,在对振动区域22施加声压而使振动区域22发生了挠曲时,挠曲了的状态下的第一~第四狭缝41~44的狭缝宽度g容易变得均匀化。换言之,在振动区域22发生了挠曲时,第一~第四狭缝41~44在法线方向上在支承区域21a侧的部分和中心部C侧的部分处狭缝宽度g容易变得均匀化。因而,在第一~第四狭缝41~44内不易产生局部的声压的泄放难易度的差异,能够减小噪声。因此,能够进一步实现检测精度的提高。

[0142] (第三实施方式)

[0143] 对第三实施方式进行说明。本实施方式相对于第一实施方式而言变更了第一区域R1与第二区域R2的划分方法。其他与第一实施方式相同,因此在此省略说明。

[0144] 本实施方式的压电元件1设为与上述第一实施方式同样的结构,振动区域22被两

端支承。这里,如图15所示,设从振动区域22的另一面22b侧施加了声压。这种情况下,如图16所示,在振动区域22中,在支承区域21a侧产生最大弯曲力矩 M_{max} ,在中心部C处也产生大的弯曲力矩。另外,在压电膜50上,如图17所示,在下层压电膜51和上层压电膜52产生了相反的应力。另外,在压电膜50的支承区域21a侧的外缘部分和中心部C侧的内缘部分处产生了相反的应力。即,在压电膜50中的位于第一区域R1的部分和位于中心部C侧的部分处产生了相反的应力。

[0145] 因而,在本实施方式中,如图18所示,将振动区域22中的包括中心部C及其周边部在内的中心区域225也设为第一区域R1,也取出该中心区域225的电荷。另外,中心区域225也可以说是由第一~第四振动区域221~224的中心部C侧的区域构成的区域。

[0146] 具体而言,在本实施方式中,如图19所示,中心区域225的电荷与第一~第四振动区域221~224的电荷合计起来输出。详细而言,在本实施方式的压电元件1中,除了形成有第一电极部81及第二电极部82以外,还形成有第三电极部83及第四电极部84。在中心区域225中,下层电极膜61及上层电极膜63与第三电极部83电连接,中间电极膜62与第四电极部84连接。另外,和中间电极膜62连接的第四电极部82与第二电极部82同样地例如接地。另外,在压电膜50中,在位于第一区域R1的部分和位于中心区域225的部分处产生相反的应力。因此,压电元件1将基于第一电极部81和第二电极部82的电位差得到的输出与基于第三电极部83和第四电极部84的电位差得到的输出之间的差量作为整体的压力检测信号来输出。

[0147] 根据以上说明的本实施方式,振动区域22被两端支承。因此,能够增大压电元件1的共振频率 f ,能够获得与上述第一实施方式同样的效果。

[0148] (1) 在本实施方式中,将振动区域22的中心区域225的电荷也取出。因此,能够实现检测灵敏度的提高。

[0149] (第四实施方式)

[0150] 对第四实施方式进行说明。本实施方式相对于第一实施方式而言变更了振动区域22的结构。其他与第一实施方式相同,因此在此省略说明。

[0151] 在本实施方式的压电元件1中,如图20及图21所示,第一~第四狭缝41~44延伸设置到振动区域22的中心部C。即,第一~第四狭缝41~44以在中心部C交叉的方式形成。因此,第一~第四振动区域221~224成为被第一~第四狭缝41~44划分的状态。另外,图20相当于沿着图21中的XX-XX线得到的剖视图。另外,图21虽不是剖视图,但为了容易理解而对后述的连结构件90施加了阴影线。

[0152] 并且,在本实施方式中,在第一~第四狭缝41~44中的中心部C及其附近埋入有连结构件90。在本实施方式中,通过该连结构件90将第一~第四振动区域221~224一体化,振动区域22成为被支承区域21a两端支承的状态。本实施方式的连结构件90由刚度比压电膜50低的材料构成,例如由通过使在离子液体中混入有聚酰亚胺成分的材料在150°C左右的热处理下固化而得到的材料构成。另外,离子液体是指仅由离子(即,阴离子及阳离子)构成的盐的液体化合物。

[0153] 这样的压电元件1例如如下这样制造。即,在上述图4B的工序中形成第一~第四狭缝41~44时,使第一~第四狭缝41~44在振动区域22的中心部C交叉。之后,以覆盖上层电极膜63等的方式配置光致抗蚀剂等,以在要配置连结构件90的部分形成开口部的方式对光

致抗蚀剂进行图案化 (patterning)。接着,利用旋涂法等在第一~第四狭缝41~44中埋入连结构件90,进行加热处理来使其固化。接着,通过进行除去光致抗蚀剂的剥离,从而成为在第一~第四狭缝41~44中配置有连结构件90的状态。之后,通过进行上述图4C的工序,由此制造出图20及图21所示的压电元件1。

[0154] 根据以上说明的本实施方式,振动区域22被两端支承。因此,能够增大压电元件1的共振频率 f ,能够获得与上述第一实施方式同样的效果。

[0155] (1)也可以像本实施方式那样利用连结构件90对振动区域22进行两端支承。

[0156] (2)在本实施方式中,连结构件90由刚度比压电膜50低的材料构成。因此,能够抑制连结构件90影响压电元件1的检测灵敏度的情况。

[0157] (第五实施方式)

[0158] 对第五实施方式进行说明。本实施方式相对于第四实施方式而言变更了振动区域22的结构。其他与第四实施方式相同,因此在此省略说明。

[0159] 在本实施方式的压电元件1中,如图22及图23所示,没有在第一~第四狭缝41~44配置连结构件90,而是在振动区域22的一面22a上配置有连结构件91。另外,图22相当于沿着图23中的XXII-XXII线所得的剖视图。另外,图23虽不是剖视图,但为了容易理解而对后述的连结构件91施加了阴影线。

[0160] 具体而言,连结构件91在振动区域22的一面22a上以覆盖(即,跨越)第一~第四狭缝41~44中的中心部C及其附近的的方式配置。在本实施方式中,这样使第一~第四振动区域221~224一体化,振动区域22成为被支承区域21a两端支承的状态。另外,连结构件91由刚度比压电膜50低的材料构成,例如由聚酰亚胺等构成。更详细而言,连结构件90由聚二甲基硅氧烷(即,PDMS)等构成。

[0161] 这样的压电元件1例如如下这样制造。即,在将第一~第四狭缝41~44以在振动区域22的中心部C交叉的方式形成之后,利用旋涂法等配置连结构件91。另外,在本实施方式中,在进行旋涂法时,以避免连结构件91进入到第一~第四狭缝41~44内的方式调整连结构件91的粘性。接着,使用光致抗蚀剂对连结构件91进行图案化。之后,进行上述图4C的工序,由此制造出上述图22及图23所示的压电元件1。

[0162] 根据以上说明的本实施方式,振动区域22被两端支承。因此,能够增大压电元件1的共振频率 f ,能够获得与上述第一实施方式同样的效果。

[0163] (1)也可以像本实施方式那样利用连结构件91来对振动区域22进行两端支承。

[0164] (2)在本实施方式中,连结构件91由刚度比压电膜50低的材料构成,因此能够获得与上述第四实施方式同样的效果。

[0165] (第六实施方式)

[0166] 在本实施方式中,相对于第一实施方式而言调整了振动区域22及中间电极膜62的形状。其他与第一实施方式相同,因此在此省略说明。

[0167] 参照图24A及图24B对本实施方式的压电元件1进行说明。另外,在图22中,省略示出狭缝40。但是,狭缝40实际上与上述第一实施方式同样地从振动区域22的平面形状中的各角部朝向中心部C地延伸设置。

[0168] 如图24A所示,振动区域22在法线方向上将外形设为正八边形状。即,支承体10的凹部10a的开口部的形状设为正八边形状。以下,对振动区域22设为正八边形状的理由进行

说明。如上所述,在本实施方式中,支承基板11由硅构成。因此,通过将凹部10a的开口部的形状(即,振动区域22的外形)设为正八边形状,由此能够抑制应变集中在支承基板11中的凹部10a的开口端(即,振动区域22的外侧端部)的局部部位。因此,能够抑制应变集中在振动区域22中的与支承区域21a交界的交界部的局部部位。

[0169] 另外,如图24B所示,本实施方式的电极膜60在法线方向上将形成于第一区域R1的部分的外形设为正八边形状。即,电极膜60在第一区域中以外缘部与凹部10a的开口端大致一致的方式形成。并且,电极膜60的形成于第一区域R1的部分被与狭缝40不同的电极膜用狭缝60b分离。具体而言,电极膜用狭缝60b形成有六条,且以使连结各电极膜用狭缝60b内的规定部位而构成的虚设形状(以下,也简称为虚设形状)KS成为六边形状的方式形成。更详细而言,电极膜用狭缝60b以连结各电极膜用狭缝60b与电极膜60的外形交叉的部分而构成的虚设形状KS成为六边形状的方式形成。

[0170] 另外,这里的电极膜60的位于第一区域R1的部分的外形如上所述是指由电极膜60中的位于第一区域R1的部分的外形线及该外形线的延长线构成的形状。

[0171] 以下,对将电极膜60的虚设形状KS设为六边形状的理由进行说明。如上所述,电极膜60及压电膜50按照下层电极膜61、下层压电膜51、中间电极膜62、上层压电膜52、上层电极膜63的顺序层叠配置。并且,在形成下层电极膜61、中间电极膜62、上层电极膜63时,在形成金属膜之后,利用使用了掩模的干式蚀刻等将金属膜图案化成所期望的形状。此时,虽然使用了掩模,但存在成为基底的下层压电膜51、上层压电膜52被蚀刻的可能性。这种情况下,由于在将压电膜50由ScAlN、AlN等构成的情况下会成为六方晶系结构,因此通过将电极膜60的虚设形状KS设为六边形状,由此能够抑制压电膜50的表面被蚀刻时压电膜50的结晶性错乱。即,通过使形成电极膜用狭缝60b的部分与压电膜50的晶体结构一致,由此能够抑制压电膜50的特性发生变动。

[0172] 并且,本实施方式的压电元件1如图25所示那样将各电极膜61~63间的电容连接。在本实施方式中,如上所述,电极膜60由与狭缝40不同的电极膜用狭缝60b分割为六个。因此,本实施方式的压电元件1具有被分割为六个的区域226,输出基于各区域226的电容得到的压力检测信号。

[0173] 另外,本实施方式的电极膜60如上所述那样被电极膜用狭缝60b分离,而没有被狭缝40分离。因此,如图26所示,电极膜60在形成有狭缝40的部分成为相连的状态。这样的压电元件1例如通过在进行图4A及图4B的工序之际在每次形成各膜时都形成狭缝40或电极膜用狭缝60b来制造。例如,在形成基底膜70之后,在基底膜70上形成金属膜。并且,在对金属膜进行图案化来形成下层电极膜61时形成电极膜用狭缝60b。之后,在下层电极膜61上形成下层压电膜51,在形成中间电极膜62之前,在下层压电膜51上形成仅贯通下层压电膜51的狭缝40即可。之后,中间电极膜62、上层压电膜52及上层电极膜63也同样地形成,由此制造出本实施方式的压电元件1。

[0174] 另外,本实施方式的电极膜60实际上设置成,与中心部C相反侧的外缘端部形成至第一区域R1的外侧且内缘端部形成至第二区域R2内。因此,在形成金属膜之后将该金属膜图案化成所期望的形状来形成中间电极膜62、上层电极膜63时,在与电极膜用狭缝60b不同的部分处,即便除去了压电膜50,也除去的是第一区域R1外的压电膜50。因而,通过将虚设形状KS设为六边形状,由此能够抑制检测精度降低。

[0175] 另外,振动区域22及电极膜60的虚设形状KS配置成以中心部C为基准而成为点对称。在本实施方式中,在法线方向上,电极膜60的虚设形状KS设为六边形形状,振动区域22的外形设为正八边形形状。并且,振动区域22及电极膜60以电极膜60的虚设形状KS中的相对的两个顶点与振动区域22的外形中的相对的两个顶点一致的方式配置。换言之,在连结振动区域22中的相对的两个顶点的虚设线K3上配置电极膜60的虚设形状KS中的相对的两个顶点。

[0176] 进而,本实施方式的压电元件1(即,振动部20)如上所述那样设为俯视矩形形状。并且,振动区域22及电极膜60的虚设形状KS以各角部位于与连结压电元件1的外形中的相对角部的虚设线K4上不同的部分的方式形成。

[0177] 根据以上说明的本实施方式,振动区域22被两端支承。因此,能够增大压电元件1的共振频率 f ,能够获得与上述第一实施方式同样的效果。

[0178] (1) 在本实施方式中,在法线方向上,振动区域22及电极膜60配置成以中心部C为基准而成为点对称。因此,在对振动区域22施加声压时,能够容易从电极膜60均等地取出电荷。因而,能够抑制检测灵敏度降低,能够抑制检测精度降低。

[0179] (2) 在本实施方式中,振动区域22及电极膜60的虚设形状KS以各角部位于与连结压电元件1的外形中的相对角部的虚设线K4上不同的部分的方式形成。因此,能够抑制检测精度降低。即,在压电元件1中,成为连结相对角部的虚设线K4上的部分容易因热应力等而产生应变。这种情况下,若是振动区域22的角部或电极膜60的虚设形状KS的角部位于虚设线K4上,则大的热应力容易施加到易发生变形的角部,噪声容易变大。因而,通过像本实施方式那样使振动区域22及电极膜60的角部位于与虚设线K4上不同的部分,由此能够抑制检测精度降低。

[0180] (3) 在本实施方式中,电极膜60的虚设形状KS设为六边形形状。因此,能够抑制在图案化构成电极膜60时压电膜50的结晶性错乱。因而,能够抑制压电元件1的特性发生变动。

[0181] (4) 在本实施方式中,振动区域22的外形设为正八边形形状。因此,能够抑制应变集中在振动区域22的局部部位。

[0182] (第六实施方式的变形例)

[0183] 对上述第六实施方式的变形例进行说明。在上述第六实施方式中,若是振动区域22及电极膜60配置成以中心部C为基准而成为点对称,则能够与上述第六实施方式同样地容易从电极膜60均等地取出电荷。因此,例如,如图27所示,振动区域22及电极膜60也可以以电极膜60的虚设形状KS中的一对顶点位于将振动区域22中的相对的一对边的中心与中心部C连结的虚设线K3上的方式配置。另外,在设为这样的结构的情况下,也优选振动区域22及电极膜60以各角部位于与虚设线K4上不同的部分的方式形成。另外,在图27中,与图24A同样地省略了狭缝40的图示。

[0184] 进而,在上述第六实施方式中,与第一实施方式的变形例同样地,电极膜60也可以如图28所示那样在第一区域R1中被分割为多个电荷区域60a。并且,如图29所示,也可以将分割出的各电荷区域60a分别串联连接。另外,在将电极膜60这样构成的情况下,也可以利用形成于压电膜50的狭缝40来形成电极膜60。

[0185] (第七实施方式)

[0186] 对第七实施方式进行说明。本实施方式相对于第一实施方式而言特定了压电装置

S10的贯通孔101b的形成场所。其他与第一实施方式相同,因此在此省略说明。

[0187] 在本实施方式的压电装置S10中,如图30及图31所示,第一~第四狭缝41~44形成在与印刷基板101上形成的贯通孔101b对置的部分不同的部分。换言之,贯通孔101b形成在印刷基板101中的与第一~第四狭缝41~44对置的部分不同的部分。另外,在图30中,用虚线示出与贯通孔101b对置的部分。

[0188] 根据以上说明的本实施方式,振动区域22被两端支承。因此,能够增大压电元件1的共振频率 f ,能够获得与上述第一实施方式同样的效果。

[0189] (1) 在本实施方式中,第一~第四狭缝41~44形成在与印刷基板101上形成的贯通孔101b对置的部分不同的部分。因此,能够抑制声压直接穿过第一~第四狭缝41~44而流入到背部空间S2。由此,能够降低第一~第四狭缝41~44的因布朗运动引起的噪声。另外,能够抑制灰尘等异物堆积在第一~第四狭缝41~44中。

[0190] (第八实施方式)

[0191] 对第八实施方式进行说明。本实施方式相对于第一实施方式而言规定了狭缝长度 L 等。其他与第一实施方式相同,因此在此省略说明。

[0192] 本实施方式的压电装置S10基本上与第一实施方式相同,如图32所示那样构成。另外,图32中的压电元件1相当于图1C的压电元件1。另外,图32示意性地示出后述的声阻 R_g 等。这种情况下,压电装置S10的灵敏度在将压电元件1的声顺(Acoustic Compliance)设为 C_m 且将背部空间S2的声顺设为 C_b 时表示为 $1/\{(1/C_m)+(1/C_b)\}$ 。另外,声顺 C_b 由下述的数学式2表示。

[0193] [式2]

$$[0194] \quad C_b = \frac{V_b}{\rho_0 \times c^2}$$

[0195] 在上述数学式2中, V_b 表示背部空间S2的容积, ρ_0 表示空气密度, c 表示声速。并且,声顺 C_b 与背部空间S2的容积 V_b 成比例。因此,声顺 C_b 对灵敏度的影响是背部空间S2越小则该影响越小。并且,在现状中,期望压电装置S10的小型化,通过实现压电装置S10的小型化,由此背部空间S2也变小。因而,压电装置S10的灵敏度受压电元件1的声顺 C_m 的影响大。

[0196] 这里,在上述第一实施方式中,通过增大压电元件1的共振频率来使可维持灵敏度的频率广域化。这种情况下,通过减小低频滚降频率,也能够使可维持灵敏度的频率广域化。因此,在本实施方式中,要减小低频滚降频率。

[0197] 首先,低频滚降频率 f_r 在将因狭缝40(即,第一~第四狭缝41~44)产生的声阻(即,空气阻力)设为 R_g 时由下述的数学式3表示。

[0198] [式3]

$$[0199] \quad f_r = \frac{1}{2\pi \times R_g \times C_b}$$

[0200] 因此,为了减小低频滚降频率 f_r ,增大声阻 R_g 或背部空间S2的声顺 C_b 即可。其中,声顺 C_b 如上述数学式2所示与背部空间S2的容积 V_b 成比例。并且,在现状中,期望压电装置S10的小型化。因此,为了减小低频滚降频率 f_r ,优选增大声阻 R_g 。并且,声阻 R_g 由下述的数

学式4表示。

[0201] [式4]

$$[0202] \quad R_g = \frac{3 \times \mu \times h}{\sqrt{2} \times g^3 \times L}$$

[0203] 在上述数学式4中， μ 表示空气的摩擦阻力， h 表示振动区域22的厚度， g 表示狭缝40的狭缝宽度， L 表示各振动区域22中的狭缝40的狭缝长度 L 。另外，在本实施方式中，第一～第四狭缝41～44的狭缝宽度 g 彼此相等，并且，第一～第四狭缝41～44的狭缝长度 L 彼此相等。

[0204] 并且，为了将低频滚降频率 f_r 设为成为听觉范围外的20Hz以下，满足下述的数学式5即可。

[0205] [式5]

$$[0206] \quad f_r = \frac{1}{2\pi \times R_g \times C_b} \leq 20 \text{ (Hz)}$$

[0207] 这种情况下，若变更数学式5，则成为下述的数学式6。并且，基于数学式4来变更数学式6的话，则成为下述的数学式7。

[0208] [式6]

$$[0209] \quad R_g \geq \frac{1}{20 \times 2\pi \times C_b} = \frac{1}{40\pi \times C_b}$$

[0210] [式7]

$$[0211] \quad L \leq \frac{3 \times \mu \times h \times 40\pi \times C_b}{\sqrt{2} \times g^3}$$

[0212] 因此，为了将低频滚降频率 f_r 设为20Hz以下，以狭缝长度 L 、狭缝宽度 g 、振动区域22的厚度 h 、背部空间S2的声顺 C_b 满足上述数学式7的方式形成即可。并且，在本实施方式中，为了满足上述数学式7，调整的是狭缝长度 L 。

[0213] 这里，例如，在将振动区域22的厚度 h 形成为 $1\mu\text{m}$ 的情况下，如图33所示，确认到声阻 R_g 随着狭缝宽度 g 变长而减小，且随着狭缝长度 L 变长而减小。另外，在将狭缝宽度 g 形成为 $1\mu\text{m}$ 的情况下，如图34所示，确认到声阻 R_g 随着增厚振动区域22的厚度 h 而减小，且随着狭缝长度 L 变长而减小。并且，如图35所示，例如，当将使声阻成为100Hz左右的狭缝长度 L 为 $700\mu\text{m}$ 的情况作为基准时，确认到若狭缝长度 L 为 $150\mu\text{m}$ 左右则声阻能够成为20Hz以下。

[0214] 另外，在图35中，由于将狭缝长度 L 为 $700\mu\text{m}$ 的情况作为基准，因此狭缝长度 L 为 $700\mu\text{m}$ 的情况下的声阻率成为1。另外，图35中，将对背部空间S2的声顺 C_b 有影响的背部空间S2的容积设为 $4 \times 10^{-9} \text{ m}^3$ 。

[0215] 根据以上说明的本实施方式，振动区域22被两端支承。因此，能够增大压电元件1的共振频率 f ，能够获得与上述第一实施方式同样的效果。

[0216] (1) 在本实施方式中，狭缝长度 L 、狭缝宽度 g 、振动区域22的厚度 h 、背部空间S2的声顺 C_b 以满足上述数学式7的方式形成。因此，能够使低频滚降频率 f_r 为20Hz以下，能够扩宽可维持灵敏度的范围。

[0217] (第九实施方式)

[0218] 对第九实施方式进行说明。本实施方式相对于第八实施方式而言变更了狭缝40的形状。其他与第八实施方式相同,因此在此省略说明。

[0219] 在上述第八实施方式中,对狭缝宽度g沿着振动区域22的厚度方向而固定的结构进行了说明。然而,狭缝40也可以设为狭缝宽度g沿着振动区域22的厚度方向发生变化,例如,如图36所示,可以设为狭缝宽度g以三个阶段进行变化的形状。具体而言,在本实施方式中,狭缝40(即,第一~第四狭缝41~44)以狭缝宽度g随着从振动区域22的另一面22b侧朝向一面22a侧而按照g1、g2、g3的顺序扩宽的方式形成。

[0220] 这种情况下,狭缝长度L由下述的数学式8表示。另外,在下述的数学式8中,在振动区域22中,将狭缝宽度成为g1的部分的厚度设为振动区域22的厚度h1,将狭缝宽度成为g2的部分的厚度设为振动区域22的厚度h2,将狭缝宽度成为g3的部分的厚度设为振动区域22的厚度h3。

[0221] [式8]

$$[0222] \quad L \leq \frac{3 \times \mu \times h_1 \times 40\pi \times C_b}{\sqrt{2} \times g_1^3} + \frac{3 \times \mu \times h_2 \times 40\pi \times C_b}{\sqrt{2} \times g_2^3} + \frac{3 \times \mu \times h_3 \times 40\pi \times C_b}{\sqrt{2} \times g_3^3}$$

[0223] 另外,就狭缝40而言,在将另一面22b侧的宽度设为g1且将一面22a侧的宽度设为g3的情况下,若使另一面22b与一面22a之间的变化的阶数发生变化,则声阻Rg成为图37所示那样。具体而言,在另一面22b侧的狭缝宽度g1与一面22a侧的狭缝宽度g3相同的情况下,确认到变化的阶数少的话声阻Rg容易变大。并且,根据上述数学式3,声阻Rg大的话低频滚降频率fr变小。因此,在使狭缝40的狭缝宽度g沿着振动区域22的厚度方向发生变化的情况下,优选考虑到背部空间S2的声顺Cb来调整阶数。另外,图37是将另一面22b侧的狭缝宽度g1设为0.8μm且将振动区域22的整体的厚度h设为1μm而使一面22a侧的狭缝宽度g3发生变化的情况下的图。

[0224] 根据以上说明的本实施方式,振动区域22被两端支承。因此,能够增大压电元件1的共振频率f,能够获得与上述第一实施方式同样的效果。

[0225] (1) 可以像本实施方式那样不将狭缝40设为狭缝宽度g沿着振动区域22的厚度方向而固定。

[0226] (第十实施方式的变形例)

[0227] 对上述第十实施方式的变形例进行说明。在上述第十实施方式中,狭缝40(即,第一~第四狭缝41~44)的形状能够适当变更。例如,如图38A所示,第一~第四狭缝41~44也可以设为另一面22b侧的狭缝宽度g固定且一面22a侧的狭缝宽度g逐渐扩宽的锥状。另外,如图38B所示,第一~第四狭缝41~44也可以设为振动区域22的厚度方向上的中央部处的狭缝宽度g最窄的结构。并且,如图38C所示,第一~第四狭缝41~44还可以设为在振动区域22的厚度方向上交替地形成振动区域22的狭缝宽度g窄的部分和宽的部分。

[0228] (第十实施方式)

[0229] 对第十实施方式进行说明。本实施方式相对于第一实施方式而言规定了接合构件2的形状。其他与第一实施方式相同,因此在此省略说明。

[0230] 在本实施方式的压电装置S10中,如图39所示,接合构件2在法线方向上外形设为具有角部的矩形形状。并且,接合构件2在压电元件1中的支承基板11的另一面11b上与压电

元件1中的和成为角部的部分所不同的部分接合。在本实施方式中,接合构件2在法线方向上以接合构件2的各角部从压电元件1中的相对的各边部突出的方式配置。另外,接合构件2以接合构件2的角部位于与连结压电元件1的外形中的相对的角度部的虚设线K4上不同的部分的方式配置。另外,本实施方式的接合构件2使用预先规定了外形的接合片来构成。

[0231] 另外,本实施方式的电极膜60及振动区域22与上述第六实施方式同样地,电极膜60设为六边形状,振动区域22设为正八边形状。并且,电极膜60及振动区域22配置成以中心部C为基准而成为点对称。另外,在图39中,省略示出狭缝40。

[0232] 根据以上说明的本实施方式,振动区域22被两端支承。因此,能够增大压电元件1的共振频率 f ,能够获得与上述第一实施方式同样的效果。

[0233] (1) 在本实施方式中,接合构件2配置在压电元件1中的与外形的角部不同的部分。因此,能够抑制热应力从印刷基板101向压电元件1中的容易大幅变形的角部传播。因而,压电元件1不易因传播来的热应力而发生变形,振动区域22不易发生变形。由此,能够抑制检测灵敏度降低,能够实现检测精度的提高。

[0234] (2) 在本实施方式中,接合构件2的外形设为具有角部的矩形形状。并且,接合构件2在法线方向上以角部位于与虚设线K4上不同的部分的方式配置。因此,能够抑制因压电元件1的变形而导致应力集中于接合构件2的角部,能够抑制接合构件2剥离等不良状况的发生。

[0235] (第十实施方式的变形例)

[0236] 对上述第十实施方式的变形例进行说明。接合构件2可以如图40A所示那样在法线方向上设为正三角形,也可以如图40B所示那样在法线方向上设为正八边形状。另外,虽然没特别图示出,但接合构件2还可以在法线方向上设为正六边形状、正十边形状等。并且,接合构件2在法线方向上可以从压电元件1突出地配置,也可以仅配置在压电元件1的内侧。

[0237] 另外,接合构件2也可以以形成于印刷基板101的贯通孔101b为基准而如图41A~图41C所示那样配置。另外,图41A~图41C是从支承基板11的另一面11b侧观察压电元件1及接合构件2的仰视图。另外,在图41A~图41C中,省略示出振动区域22,用虚线表示与贯通孔101b对置的部分。并且,在图41A~图41C中,形成于支承基板11的凹部10a在法线方向上设为与贯通孔101b一致的形状。

[0238] 例如,如图41A所示那样,接合构件2还可以在法线方向上设为包围贯通孔101b的环状。另外,也可以如图41B所示那样,接合构件2在法线方向上设为沿着一方向延伸设置的部分与沿着和该一方向正交的方向延伸设置的部分形成的+字状。并且,接合构件2还可以如图41C所示那样在法线方向上设为菱形。另外,在图41B中,成为接合构件2的角部位于虚设线K4上的结构。然而,设为这样的结构,也是通过使接合构件2仅与压电元件1的不同于角部的部分接合,由此热应力不易向压电元件1的角部传播,能够获得与上述第十实施方式同样的效果。

[0239] (第十一实施方式)

[0240] 对第十一实施方式进行说明。本实施方式相对于第一实施方式而言在印刷基板101上形成有突起部。其他与第一实施方式相同,因此在此省略说明。

[0241] 在本实施方式的压电装置S10中,如图42所示,在印刷基板101上形成有突起部101c。具体而言,突起部101c设为与接合构件2的外形匹配的形状,由印刷基板101的一部分

构成。例如,本实施方式的突起部101c形成在印刷基板101中的与压电元件1对置的部分,且形成在与和压电元件1的角部对置的部分不同的部分。

[0242] 根据以上说明的本实施方式,振动区域22被两端支承。因此,能够增大压电元件1的共振频率 f ,能够获得与上述第一实施方式同样的效果。

[0243] (1) 在本实施方式中,在印刷基板101上形成有突起部101c。因此,在要涂敷配置液状的接合构件2时,通过在突起部101c上涂敷接合构件2,由此能够容易地调整与压电元件1接合的接合构件2的外形。因而,作为接合构件2,能够使用液状的材质,从而能够提高接合构件2的选择性。尤其是在像上述第十实施方式那样要调整接合构件2的形状的情况下,能够容易地调整接合构件2的外形。

[0244] (第十一实施方式的变形例)

[0245] 对上述第十一实施方式的变形例进行说明。在上述第十一实施方式中,突起部101c也可以由与印刷基板101不同体的构件构成。

[0246] (第十二实施方式)

[0247] 对第十二实施方式进行说明。本实施方式相对于第一实施方式而言变更了狭缝40的形状。其他与第一实施方式相同,因此在此省略说明。

[0248] 在本实施方式的压电元件1中,压电膜50由ScAlN构成。并且,如图43所示,第一狭缝41及第四狭缝44以构成随着从一面22a侧朝向另一面22b侧而宽度变窄的锥形部45的方式形成。换言之,第一狭缝41及第四狭缝44以侧面22c成为锥形部45的方式形成。另外,本实施方式的第一狭缝41及第四狭缝44设为随着从一面22a侧朝向另一面22b侧而宽度连续地变窄的形状。即,第一狭缝41以振动区域22的侧面22c成为大致平面状的方式形成。

[0249] 另外,第一狭缝41及第四狭缝44以振动区域22中的另一面22b与侧面22c所成的角度(以下,也简称为振动区域22所成的角度) θ_1 成为 $39^\circ \sim 81^\circ$ 的方式形成。

[0250] 另外,所成的角度 θ_1 也可以说是狭缝40的锥形角度。另外,第二狭缝42及第三狭缝43在与图43不同的剖面中设为与第一狭缝41及第四狭缝44同样的形状。图43相当于沿着图1中的IC-IC线所得的剖视图。并且,振动区域22设为一面22a与另一面22b平行。在本实施方式中,另一面22b相当于与一面22a平行的面。

[0251] 接着,参照图44A~图44C、图45、图46对上述压电元件1的制造方法进行说明。另外,图44A~图44C相当于沿着图1中的IC-IC线所得的剖视图。另外,在图44A~图44C中,示出与第一狭缝41及第四狭缝44相关的剖视图,但第二、第三狭缝42、43也同样。

[0252] 首先,进行与上述图4A同样的工序,准备没有形成第一~第四狭缝41~44的构件。

[0253] 接着,如图44A所示,以覆盖上层电极膜63等的方式配置由光致抗蚀剂等构成的蚀刻掩模材200,在蚀刻掩模材200中形成开口部201,该开口部201使得要形成第一~第四狭缝41~44的部分开口。另外,第二、第三狭缝42、43形成在与图44A不同的剖面上。以下,将蚀刻掩模材200中的覆盖上层电极膜63、上层压电膜52这侧的面设为另一面200b,将蚀刻掩模材200中的与另一面200b相反的一侧的面设为一面200a,将开口部201的侧面设为侧面200c。

[0254] 接着,如图44B所示,通过进行加热处理来调整蚀刻掩模材200的开口部201的形状。具体而言,蚀刻掩模材200以覆盖上层电极膜63、上层压电膜52的方式配置,在固定于上层电极膜63、上层压电膜52的另一面200b侧的部分与一面200a侧的部分处,蚀刻掩模材200

发生热收缩的方式有所不同。更详细而言,在进行加热处理时,蚀刻掩模材200的另一面200b侧的部分不易发生热收缩,一面200a侧的部分容易发生热收缩。因此,通过进行加热处理,由此将蚀刻掩模材200的另一面200b与侧面200c所成的角度 θ_2 (以下,也简称为蚀刻掩模材200所成的角度 θ_2)根据期望的振动区域22所成的角度 θ_1 来调整。这种情况下,由于压电膜50与蚀刻掩模材200由不同的材料构成,因此,进行了后述的各向异性干式蚀刻时的蚀刻速率通常是不同的。因而,基于蚀刻速率等,以使振动区域22所成的角度 θ_1 成为期望的的方式调整蚀刻掩模材200所成的角度 θ_2 。另外,这里的蚀刻掩模材200所成的角度 θ_2 如上所述那样被调整,因此存在与振动区域22所成的角度 θ_1 一致的情况,但也存在与振动区域22所成的角度 θ_1 不一致的情况。

[0255] 接着,如图44C所示,将蚀刻掩模材200作为掩模来进行各向异性干式蚀刻,形成贯通压电膜50而到达支承体10的第一~第四狭缝41~44。在本实施方式中,以构成具有成为锥形部45的侧面22c的振动区域构成部分220的方式形成第一~第四狭缝41~44。

[0256] 此时,如上所述,蚀刻掩模材200所成的角度 θ_2 根据振动区域22所成的角度 θ_1 来调整,振动区域构成部分220所成的角度 θ_1 被设为 $39^\circ\sim 81^\circ$ 。另外,振动区域构成部分220是通过形成凹部10a而成为振动区域22的部分。因此,振动区域构成部分220所成的角度 θ_1 与振动区域22所成的角度 θ_1 相同。并且,在图中,对振动区域构成部分220的一面、另一面及侧面标注与振动区域22的一面22a、另一面22b及侧面22c相同的符号。另外,以使下层电极膜61、中间电极膜62及上层电极膜63不到达第一~第四狭缝41~44的方式调整形状。因此,在该工序中,对压电膜50及基底膜70进行各向异性干式蚀刻。

[0257] 之后,进行与上述图4C同样的工序,以从支承基板11的另一面11b贯通绝缘膜12而到达基底膜70的方式进行蚀刻来形成凹部10a。由此,振动区域构成部分220从支承体10悬浮而构成振动区域22,制造出图1所示的压电元件1。

[0258] 接着,对本实施方式的制造工序中的振动区域构成部分220(即,振动区域22)所成的角度 θ_1 进行说明。

[0259] 首先,根据本发明人等的研究,在对ScAlN等压电膜50进行各向异性干式蚀刻的情况下,当所成的角度 θ_1 成为 81° 以上时,确认到以下的现象。即,当所成的角度 θ_1 成为 81° 以上时,确认到由于被蚀刻了的原子再次堆积到第一~第四狭缝41~44的侧面22c上这样的再沉积的影响使得加工性趋于降低。进而,根据本发明人等的研究,在对ScAlN等压电膜50进行各向异性干式蚀刻的情况下,当所成的角度 θ_1 成为 63° 以上时,确认到以下的现象。即,当所成的角度 θ_1 成为 63° 以上时,确认到由于被蚀刻了的原子再次堆积到第一~第四狭缝41~44中的一面22a侧的开口部的附近而构成的挡栏(fence)的影响使得加工性趋于降低。因此,在形成第一~第四狭缝41~44的情况下,优选所成的角度 θ_1 设为 63° 以下。由此,能够抑制因挡栏等导致加工性降低这样的状况。

[0260] 另外,构成压电膜50的ScAlN是难蚀刻材料。并且,根据本发明人等的研究,确认到形成贯通压电膜50的第一~第四狭缝41~44的情况下,为了在压电膜50上残留蚀刻掩模材200而优选将蚀刻掩模材200的膜厚设为压电膜50的膜厚的1~5倍。换言之,确认到形成贯通压电膜50的第一~第四狭缝41~44的情况下,为了使由蚀刻掩模材200覆盖的压电膜50不因各向异性干式蚀刻而被除去,优选将蚀刻掩模材200的膜厚设为压电膜50的膜厚的1~5倍。即,如图45所示,当将压电膜50的膜厚设为A1时,蚀刻掩模材200的膜厚A2优选设

为A1~5A1。另外,本实施方式的基底膜70如上所述相对于压电膜50极薄地形成。因此,无视基底膜70的影响。另外,换言之,压电膜50的膜厚A1相当于上述的振动区域22的厚度h。

[0261] 另外,在形成第一~第四狭缝41~44的情况下,还受到加工装置的曝光制约的影响。根据本发明人等的研究,确认到,在当前通常的加工装置中,如图45所示,在将第一~第四狭缝41~44中的一面22a侧的宽度设为狭缝宽度g的情况下,相对于蚀刻掩模材200的膜厚A2而言的狭缝宽度g的分辨率的极限是成为蚀刻掩模材200的膜厚A2的1/2~1/3。因而,由于蚀刻掩模材200的膜厚A2用A1~5A1表示,因此狭缝宽度g的极限是处于A1/3~5A1/2的范围。

[0262] 并且,在上述那样的压电元件1中,声压从第一~第四狭缝41~44泄放出来。这种情况下,如图46所示,第一~第四狭缝41~44的有效宽度越长,低频率下的灵敏度越降低。因此,第一~第四狭缝41~44优选以有效宽度变窄的方式形成。另外,第一~第四狭缝41~44的有效宽度是指第一~第四狭缝41~44的平均宽度。例如,在像本实施方式那样第一~第四狭缝41~44设为随着从一面22a朝向另一面22b而狭缝宽度g连续地变窄的锥状的情况下,有效宽度成为一面22a侧的宽度与另一面22b侧的宽度的平均值。

[0263] 并且,本实施方式的第一~第四狭缝41~44通过各向异性干式蚀刻来形成,因此侧面22c成为大致平面状。因此,为了能够抑制灵敏度降低而将第一~第四狭缝41~44中的另一面22b侧的宽度假定为大致0、将压电膜50的膜压设为A1且将一面22a侧的狭缝宽度设为g时,成为 $\tan\theta_1 = A1/(g/2)$ 。另外,g/2也可以说是狭缝有效宽度。因而,如上所述,由于狭缝宽度g为A1/3~5A1/2,因此 $\tan\theta_1 = 6 \sim 0.8$, $\theta_1 = 39^\circ \sim 81^\circ$ 是合适的。即,在形成第一~第四狭缝41~44时,优选振动区域构成部分220所成的角度 θ_1 成为 $39^\circ \sim 81^\circ$ 。由此,能够抑制因蚀刻掩模材200的膜厚A2而导致第一~第四狭缝41~44的加工性降低。

[0264] 另外,总结蚀刻掩模材200的膜厚A2相对于压电膜50的膜厚A1之比(以下也称为膜厚比)与所成的角度之间的关系的话,则成为图47所示那样。并且,如上所述,相对于蚀刻掩模材200的膜厚A2而言的狭缝宽度g的分辨率的极限是蚀刻掩模材200的膜厚A2的1/2~1/3。因此,成为所成的角度 θ_1 的下限的 39° 是分辨率为蚀刻掩模材200的1/2倍的情况,上限是分辨率为蚀刻掩模材的1/3倍的情况。

[0265] 这里,作为比较例的压电元件1,例举压电膜50使用A1N等容易蚀刻的材料且振动区域22的侧面22c相对于另一面22b大致垂直的压电元件。并且,将比较例的压电元件1中的狭缝40的有效宽度设为g。这种情况下,当本实施方式的压电元件1中的有效宽度成为g以上时,第一~第四狭缝41~44的狭缝宽度g变得过宽,存在灵敏度相较于比较例的压电元件1而言降低的可能性。

[0266] 因而,狭缝40优选以有效宽度成为比较例的压电元件1中的狭缝40的有效宽度以下的方式形成。即,优选以 $\tan\theta_1$ 成为1以上的方式构成。因此, θ_1 优选设为 45° 以上。由此,还能够抑制灵敏度降低。这种情况下,通过将 θ_1 设为 63° 以下,还能够抑制因挡栏等导致狭缝40的加工性降低。

[0267] 根据以上说明的本实施方式,振动区域22被两端支承。因此,能够增大压电元件1的共振频率f,能够获得与上述第一实施方式同样的效果。

[0268] (1) 在本实施方式中,振动区域22所成的角度 θ_1 设为 $39^\circ \sim 81^\circ$ 。因此,能够抑制因蚀刻掩模材200的膜厚A2而导致狭缝40的加工性降低,能够适当地形成狭缝40。另外,由于

所成的角度 θ_1 为 81° 以下,因此能够降低再沉积的影响,能够抑制加工性降低。

[0269] (2) 在本实施方式中,通过将振动区域22所成的角度 θ 设为 63° 以下,由此还能够抑制因挡栏的影响而导致加工性降低。

[0270] (3) 在本实施方式中,通过将振动区域22所成的角度 θ_1 设为 45° 以上,由此还能够抑制检测灵敏度降低。

[0271] 另外,在像上述第九实施方式那样沿着振动区域22的厚度方向阶梯性地形成狭缝40的情况下,也能够适用本实施方式。这种情况下,如图36所示,将连结另一面22b侧的狭缝40的开口端部和一面22a侧的狭缝40的开口端部的线与另一面22b之间的角度设为所成的角度 θ_1 即可。

[0272] 另外,在像第六实施方式那样在电极膜60上形成电极膜用狭缝60b的情况下,在每次形成各压电膜51、52时都形成狭缝40。因此,在设为该结构的情况下,将各压电膜51、52中的另一面20b侧的部分与侧面20c之间的角度设为所成的角度 θ_1 即可。

[0273] (上述第十二实施方式的变形例)

[0274] 对上述第十二实施方式的变形例进行说明。在上述第十二实施方式中,在要形成第一狭缝41~44的情况下,还可以在进行了湿式蚀刻之后进行干式蚀刻。据此,由于在进行了湿式蚀刻时蚀刻掩模材200不会被除去,因此能够减薄基于压电膜50的膜厚A1来规定的蚀刻掩模材200的膜厚A2,能够缩窄按蚀刻掩模材200的膜厚A2来规定的狭缝宽度g。因而,能够缩窄有效宽度 $g/2$,能够实现灵敏度的提高。

[0275] (其他的实施方式)

[0276] 本公开基于实施方式进行了记述,但应理解本公开不限于这些实施方式、结构。本公开还包含各种各样的变形例、等同范围内的变形。此外,各种各样的组合或方案、进而在其中仅包括一个要素、一个要素以上或一个要素以下的其他的组合或方案也落入本公开的范畴、思想范围内。

[0277] 例如,在上述各实施方式中,振动部20只要设为具有至少一层压电膜50和一层电极膜60的结构即可。另外,压电元件1的平面形状也可以不是矩形形状,而是设为五边形形状、六边形形状等多边形状。

[0278] 另外,在上述各实施方式中,压电装置S10也可以如图48所示那样设为在盖部102形成有贯通孔102a的结构。这种情况下,如图48所示,受压面空间S1成为壳体100中的位于振动区域22的一面22a侧的空间,背部空间S2成为壳体100中的位于振动区域22的另一面22b侧的空间。

[0279] 另外,在上述各实施方式中,针对通过将振动区域22两端支承来提高了检测精度的压电元件1进行了说明。然而,例如在上述第二实施方式中,通过将狭缝40设为锥形形状而能够实现检测精度的提高。在上述第六实施方式中,利用压电膜50及电极膜60的形状而能够实现检测精度的提高。在上述第七实施方式中,利用狭缝40与贯通孔101b的位置关系而能够实现检测精度的提高。在上述第八实施方式中,通过减小低频滚降频率而能够提高压电元件1的检测精度。在第十实施方式中,利用压电元件1与接合构件2的位置关系而能够实现检测精度的提高。因而,在上述的压电元件1或压电装置S10中,还可以是振动区域22被悬臂支承。即,例如在振动区域22的外形为俯视矩形形状且在振动区域22形成有第一~第四狭缝41~44的情况下,第一~第四狭缝41~44还可以在振动区域22的中心部C交叉的

方式形成。并且,上述第十二实施方式中的制造方法涉及的是狭缝40的形状,因此也能够适用于振动区域22被悬臂支承的压电元件1的制造方法。

[0280] 也可以适当组合上述各实施方式。例如,可以将上述第二实施方式与上述第三~第十二实施方式组合而将狭缝40设为随着朝向中心部C而宽度变窄的锥状。也可以将上述第三实施方式与上述第四~第十二实施方式组合而从振动区域22的中心区域225也取出电荷。还可以将上述第四实施方式或上述第五实施方式与上述第六~第十二实施方式组合而利用连结构件90或连结构件91来对振动区域22进行两端支承。还可以将上述第六实施方式与上述第七~第十二实施方式组合而规定振动区域22及电极膜60的形状、配置。还可以将上述第七实施方式与上述第八~第十二实施方式组合而在与和贯通孔101b对置的部分不同的部分形成狭缝40。还可以将上述第八实施方式与上述第九~第十二实施方式组合而规定狭缝长度L。还可以将上述第九实施方式与上述第十~第十二实施方式组合而将狭缝40的狭缝宽度g设为沿着振动区域22的厚度方向进行变化。还可以将上述第十实施方式与上述第十一、第十二实施方式组合而规定接合构件2的配置部位。还可以将上述第十一实施方式与上述第十二实施方式组合而在印刷基板101形成突起部101c。并且,也可以将组合上述各实施方式而成的方案彼此进一步组合。

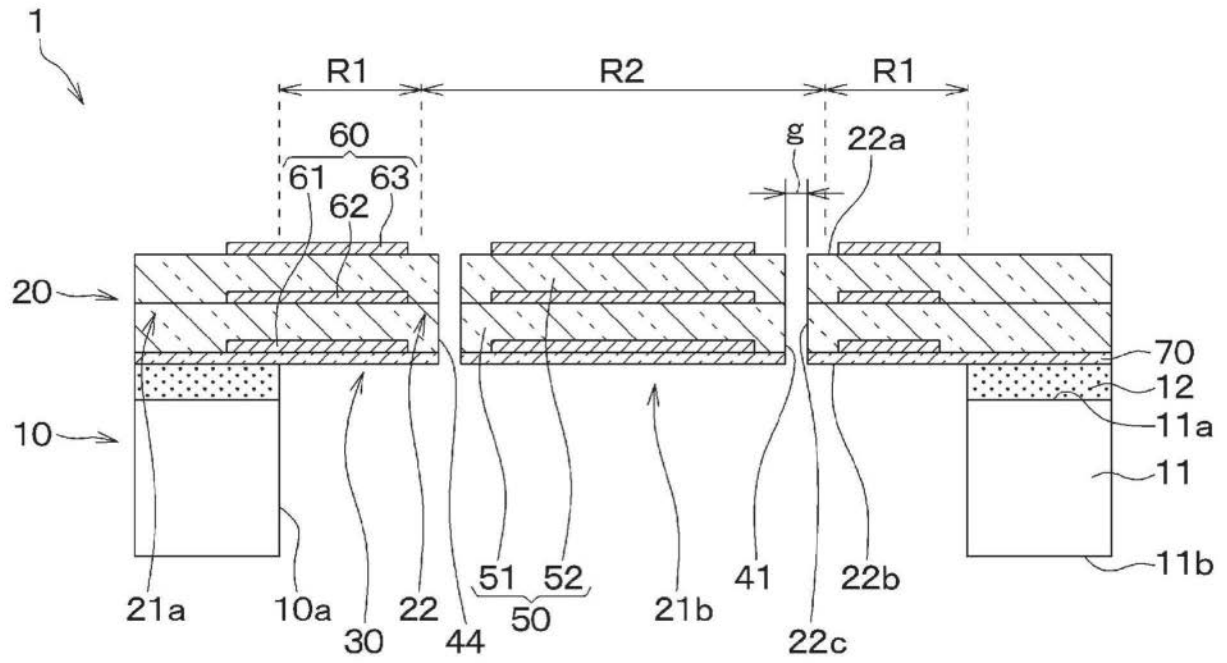


图1C

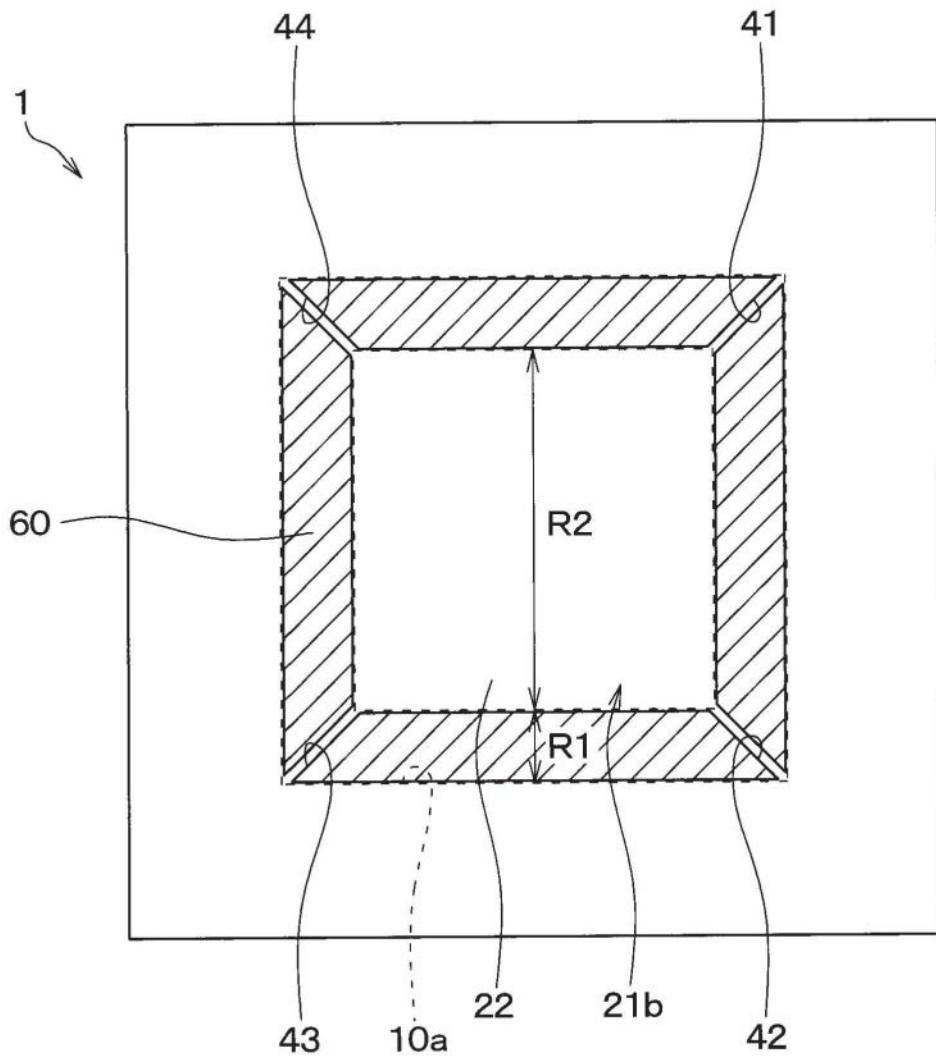


图2B

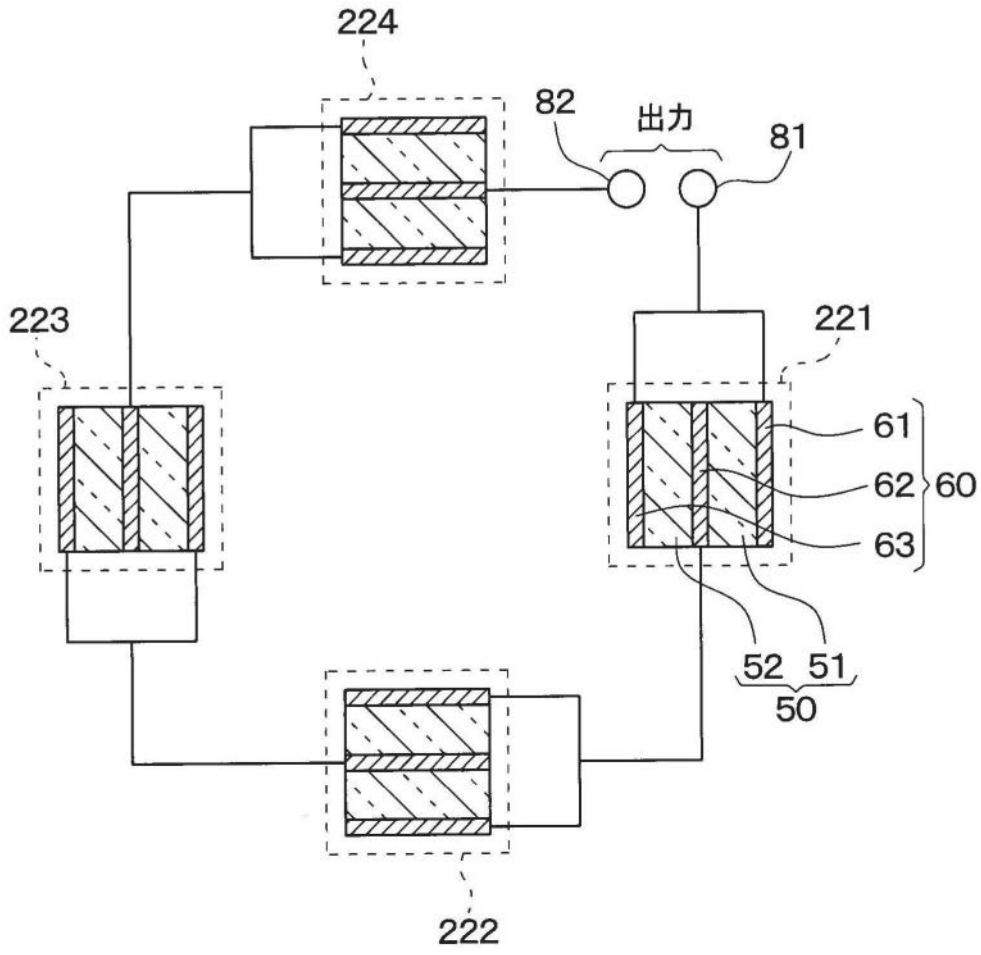


图3

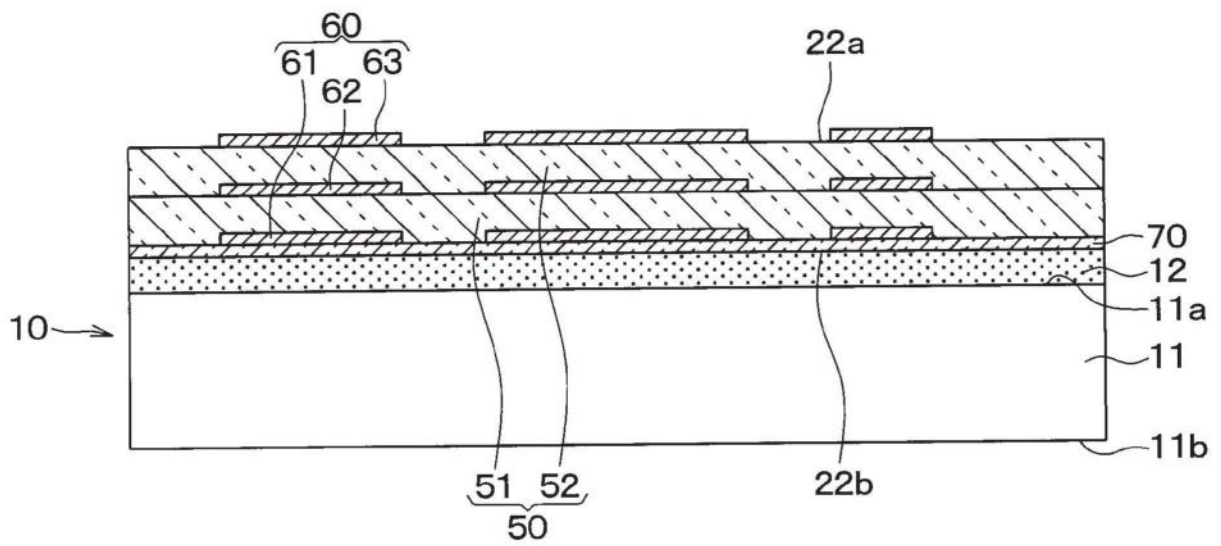


图4A

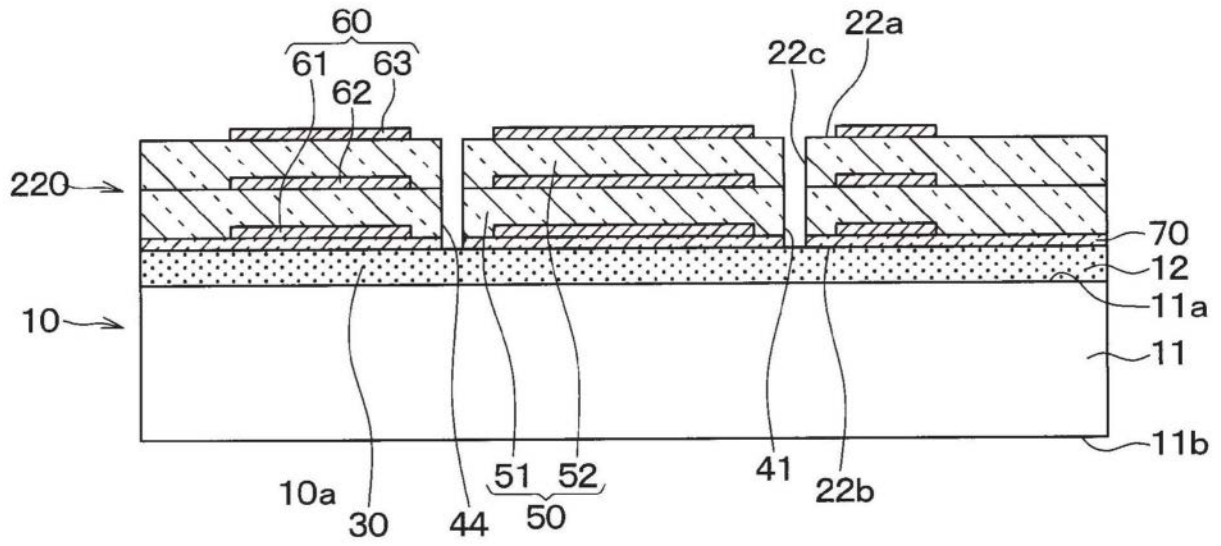


图4B

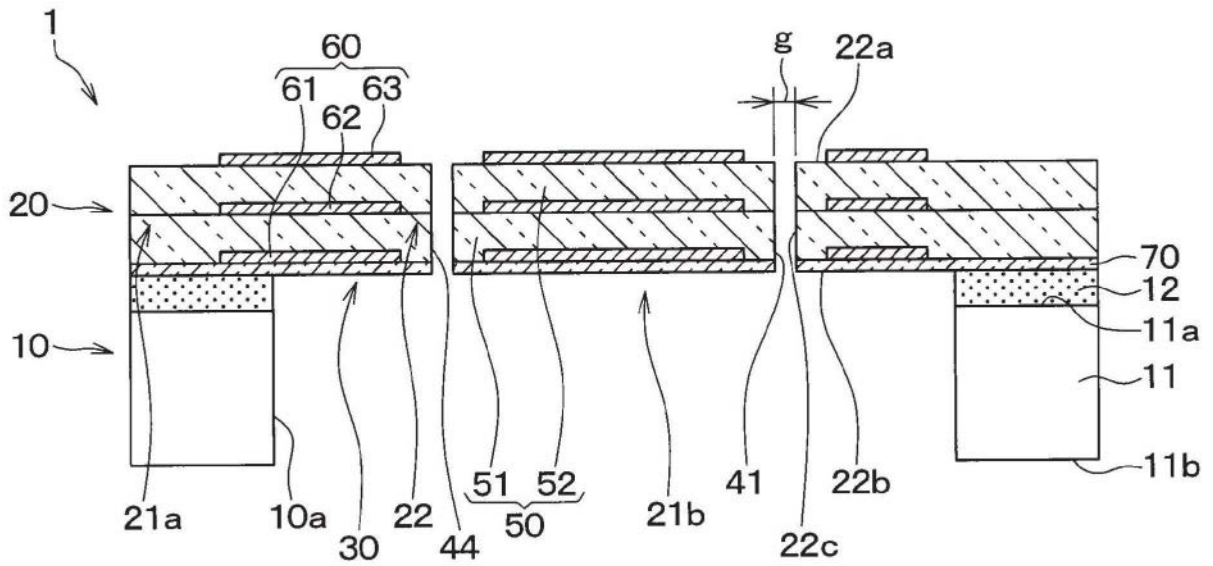


图4C

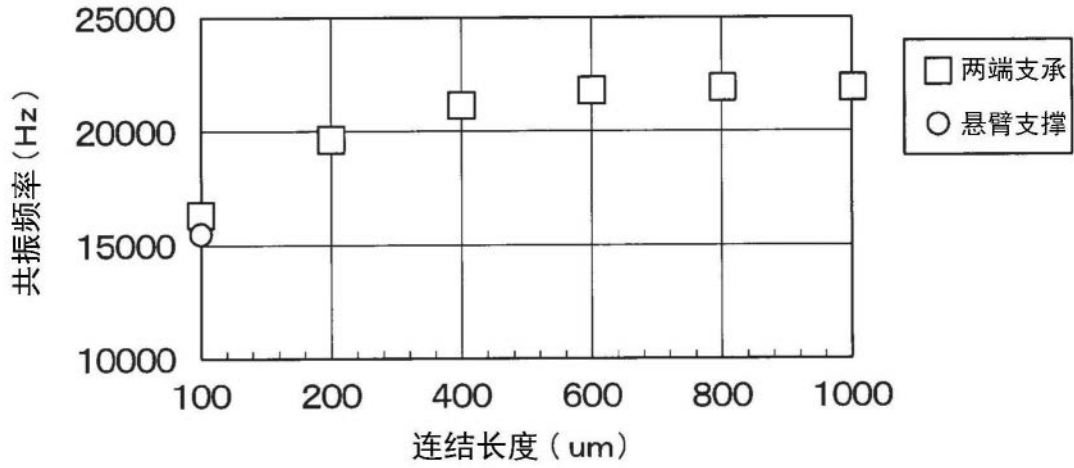


图6

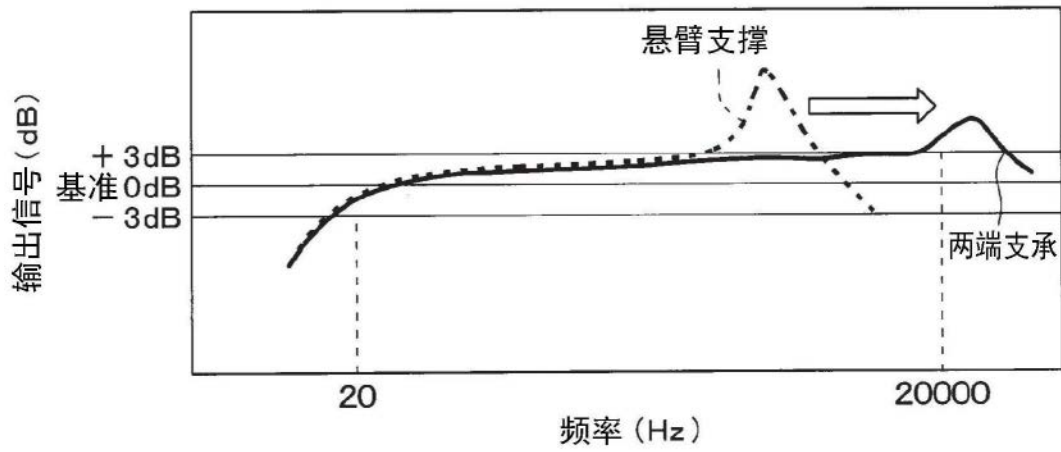


图7

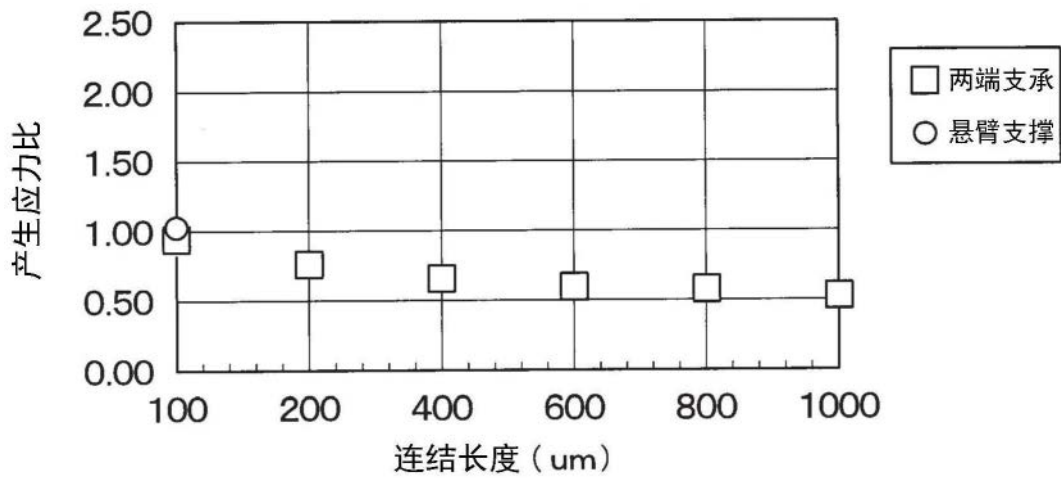


图8

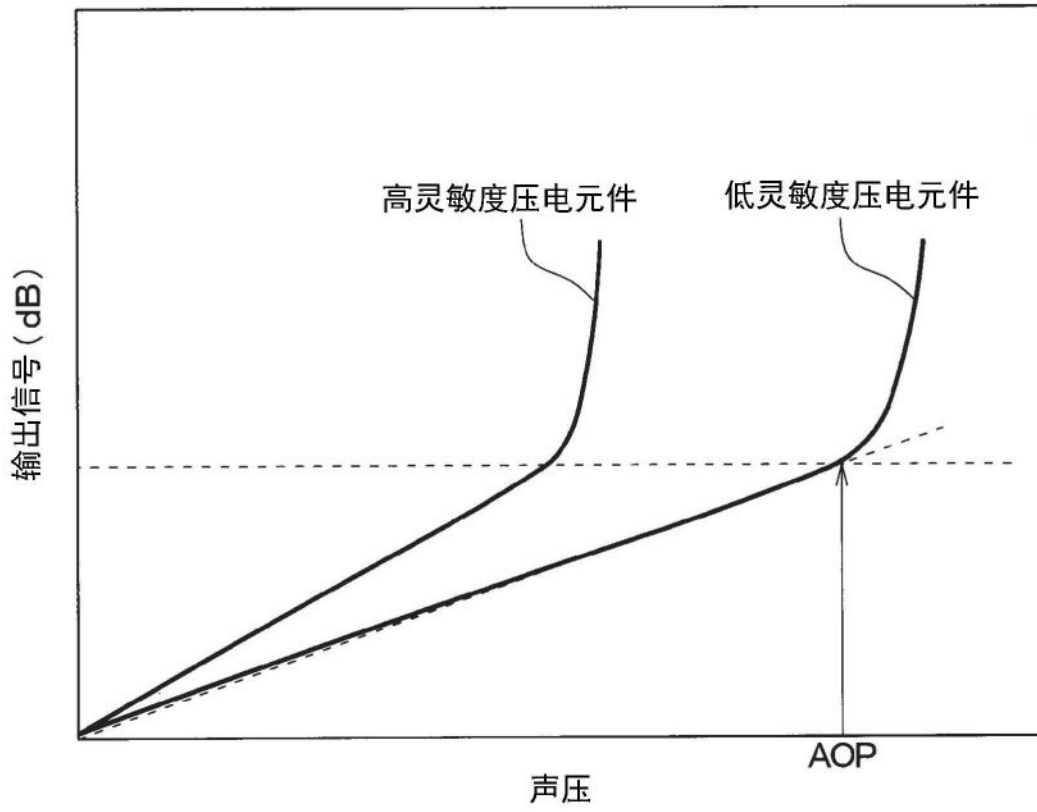


图9

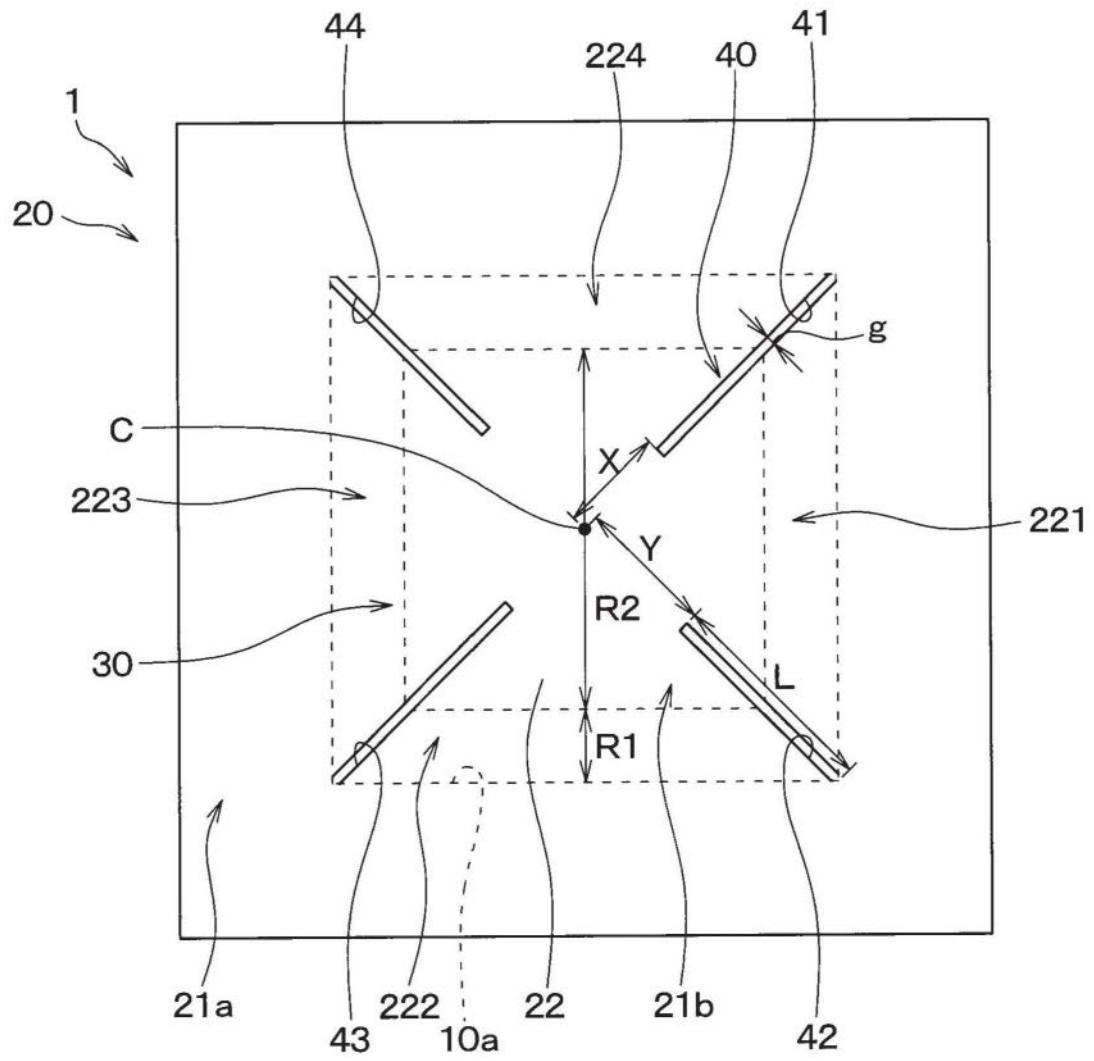


图10A

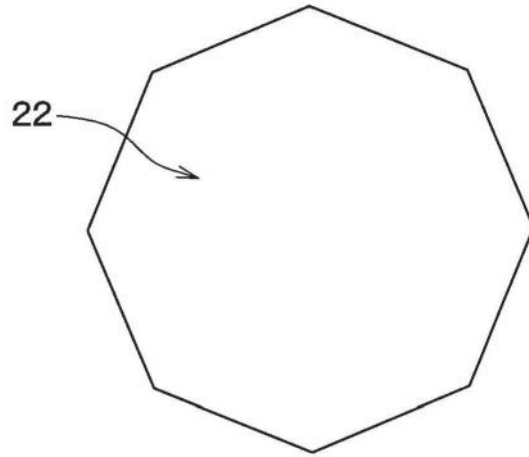


图11B

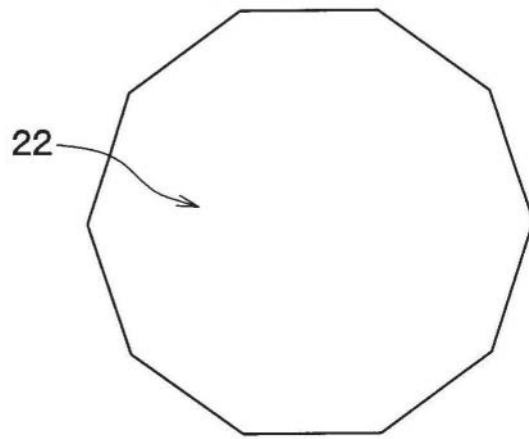


图11C

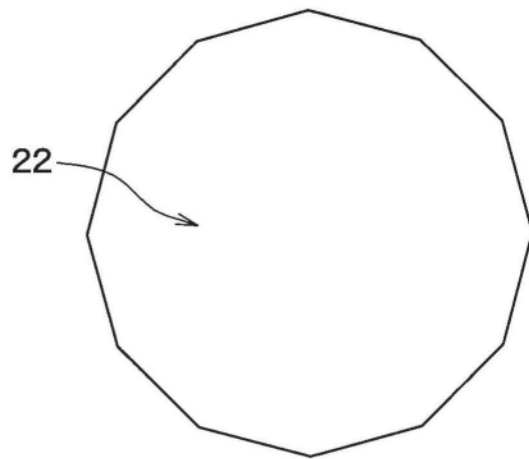


图11D

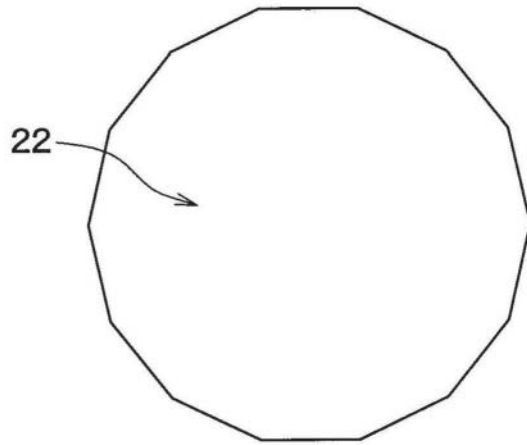


图11E

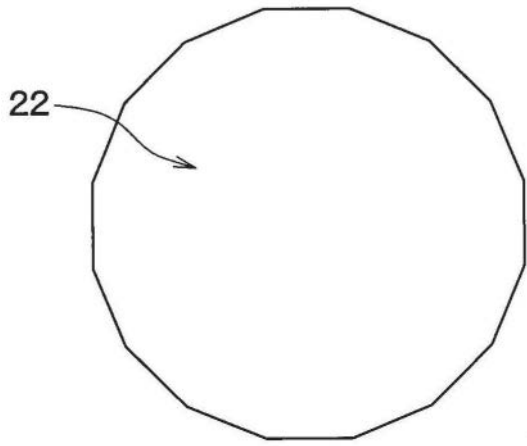


图11F

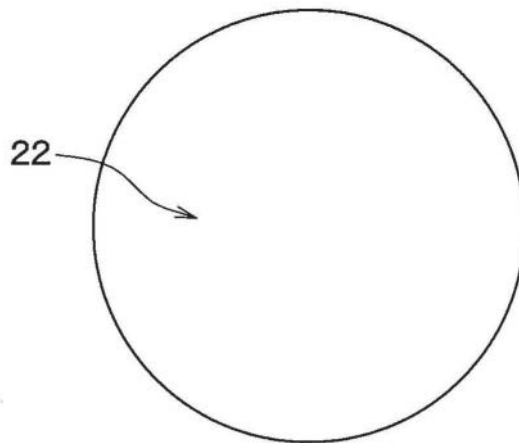


图11G

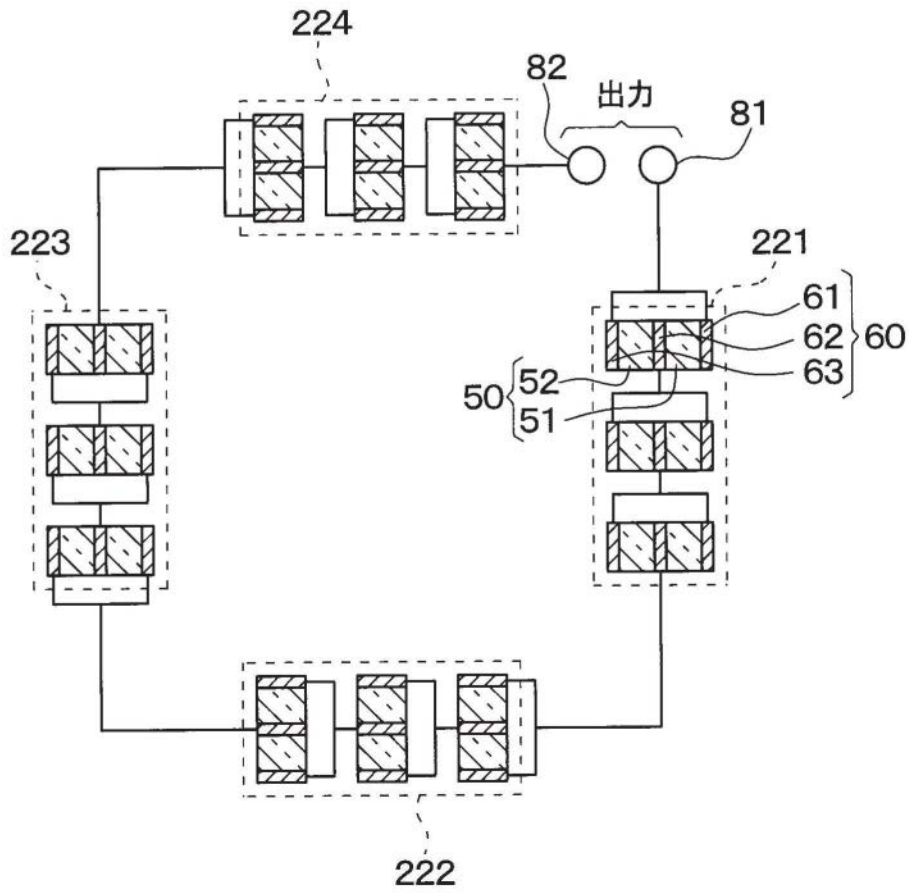


图13

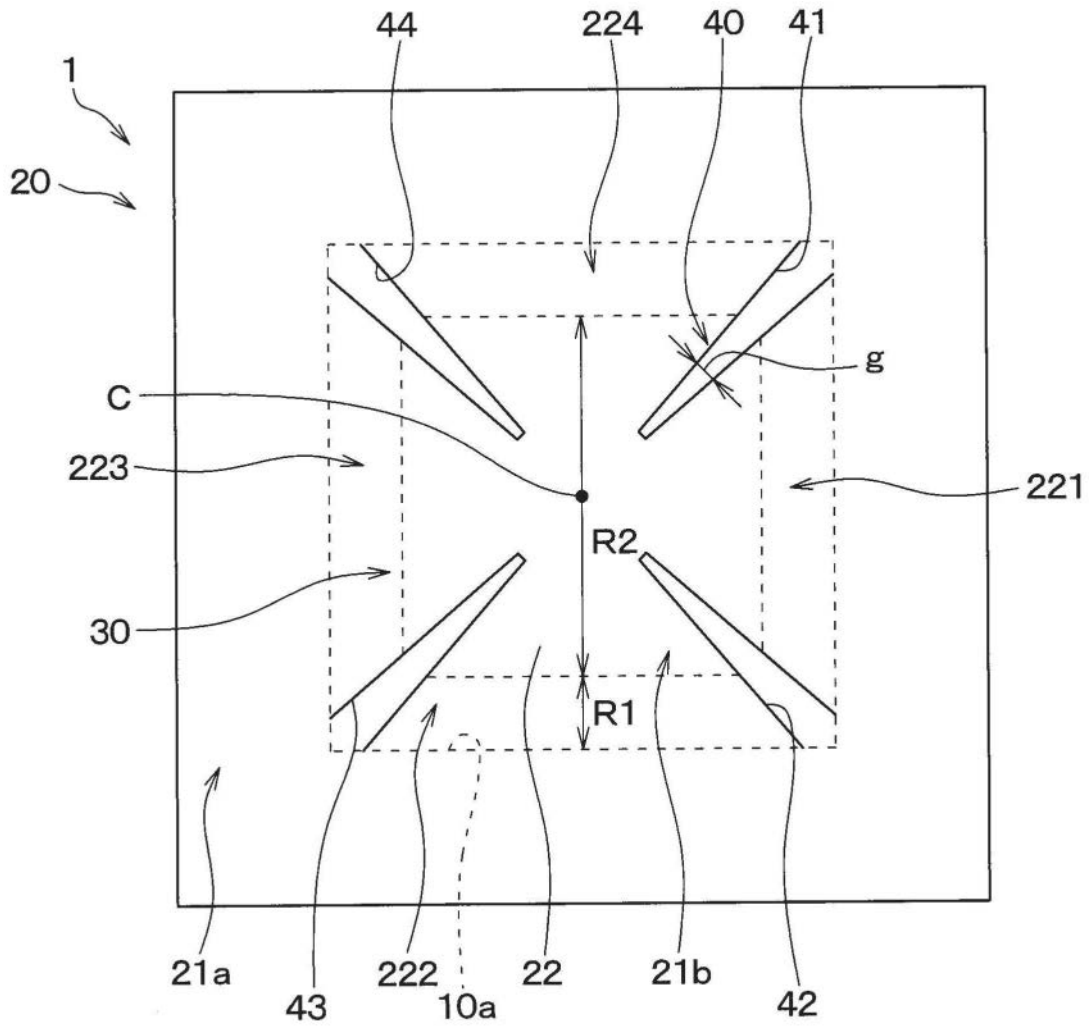


图14

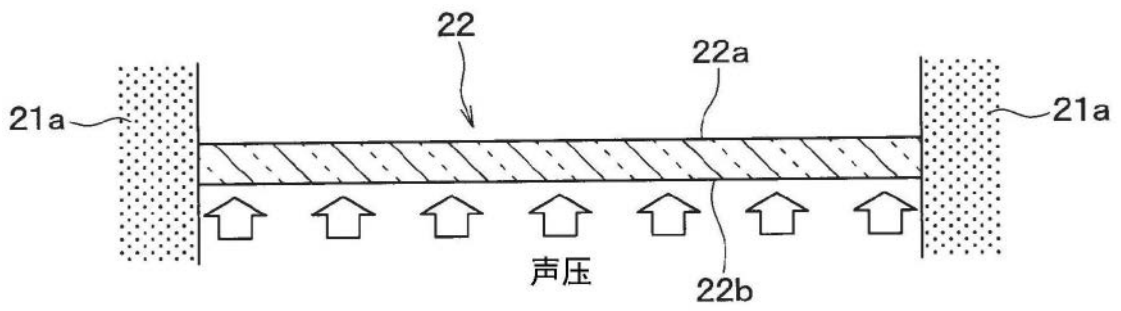


图15

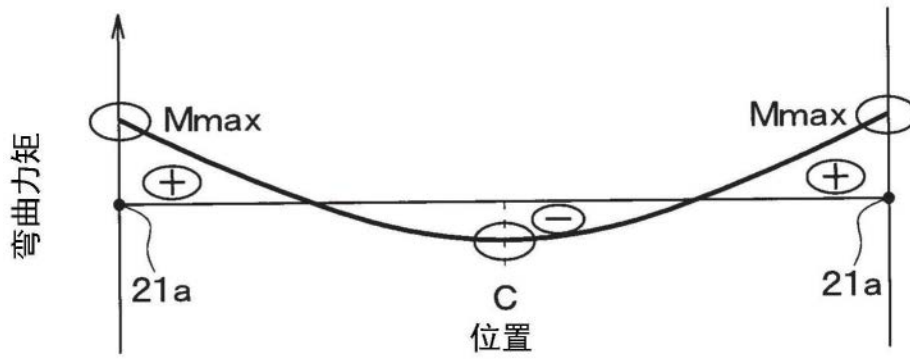


图16

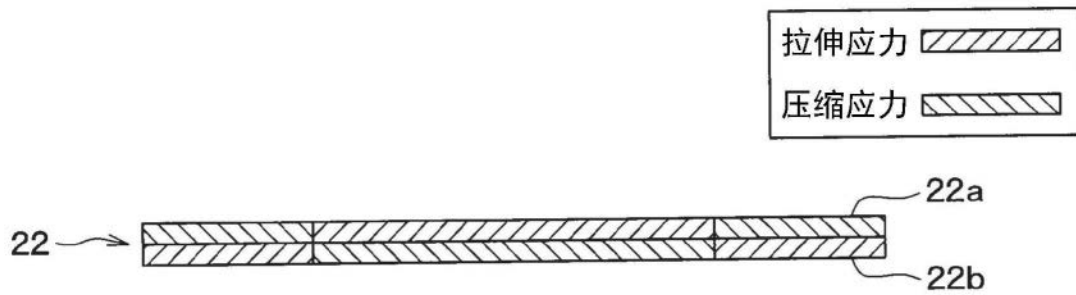


图17

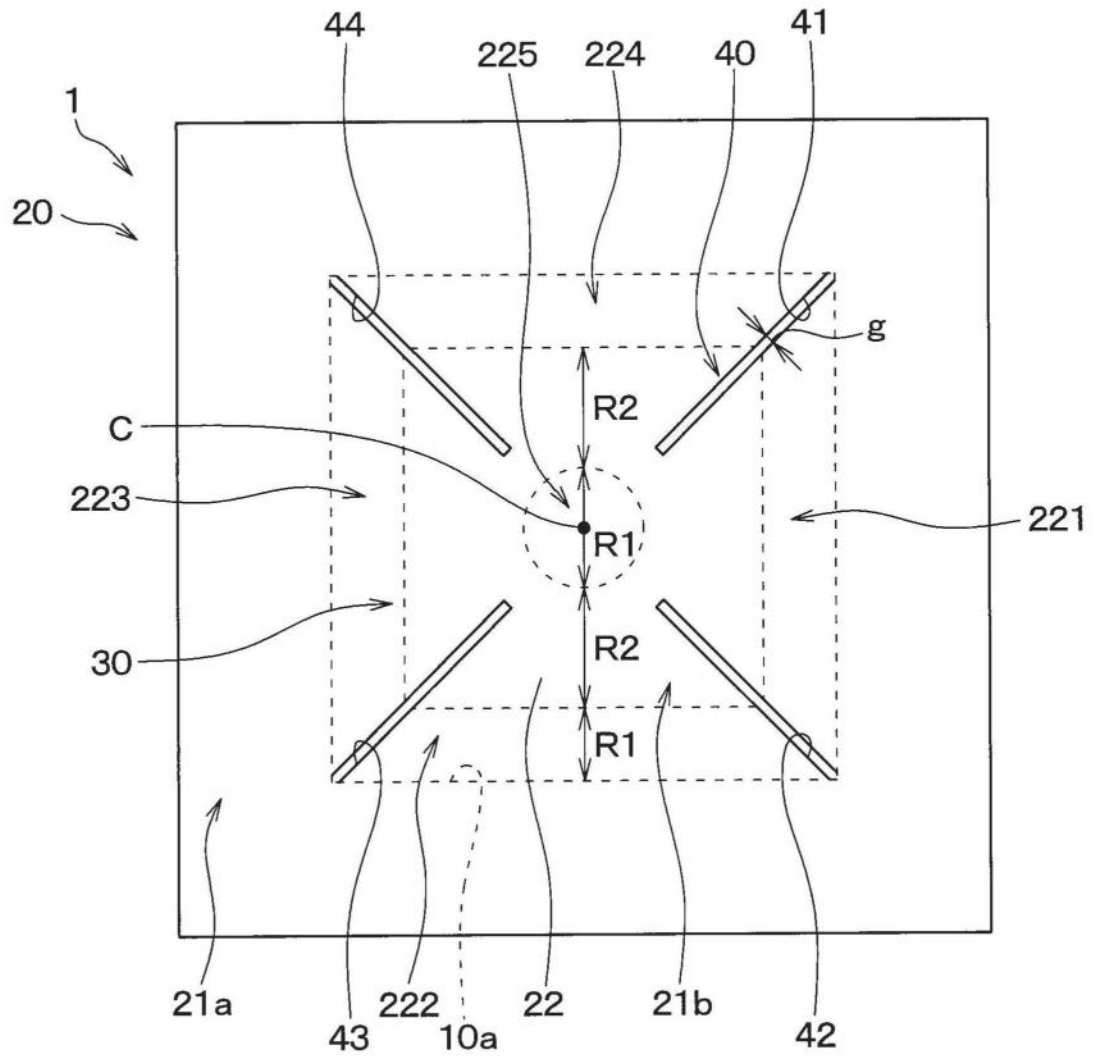


图18

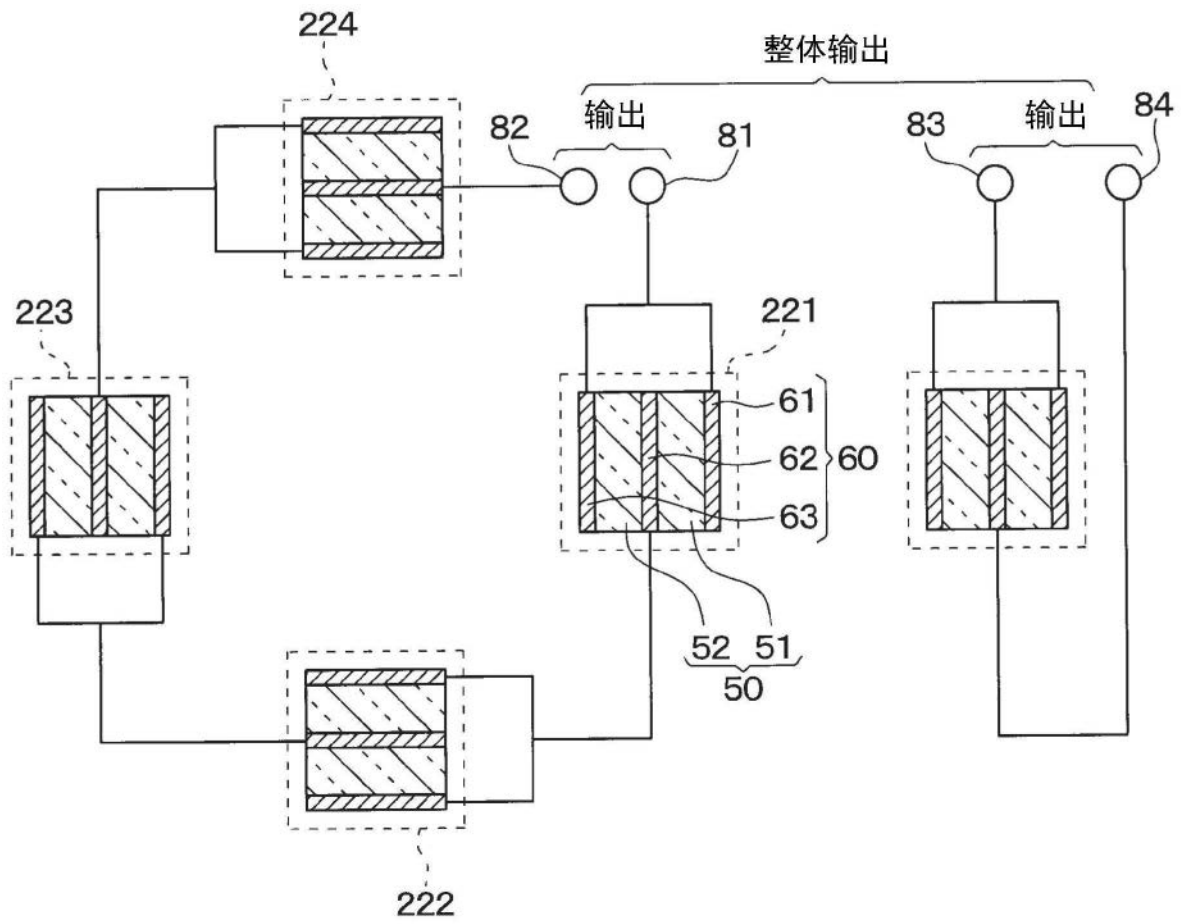


图19

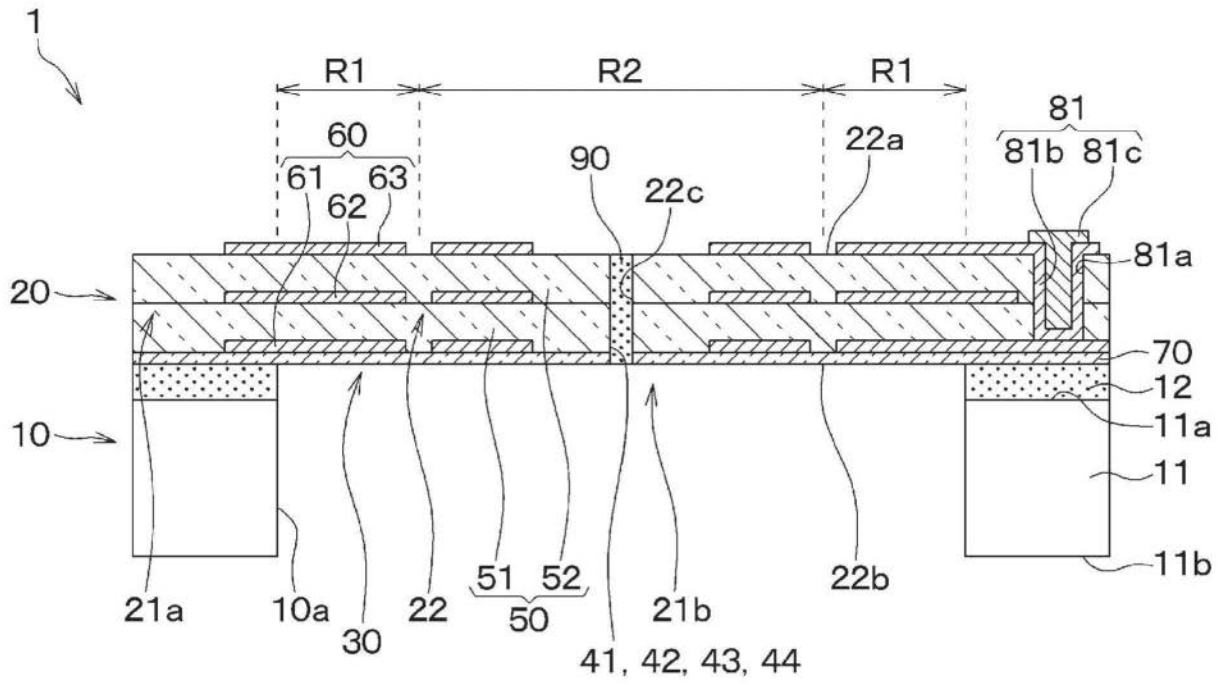


图20

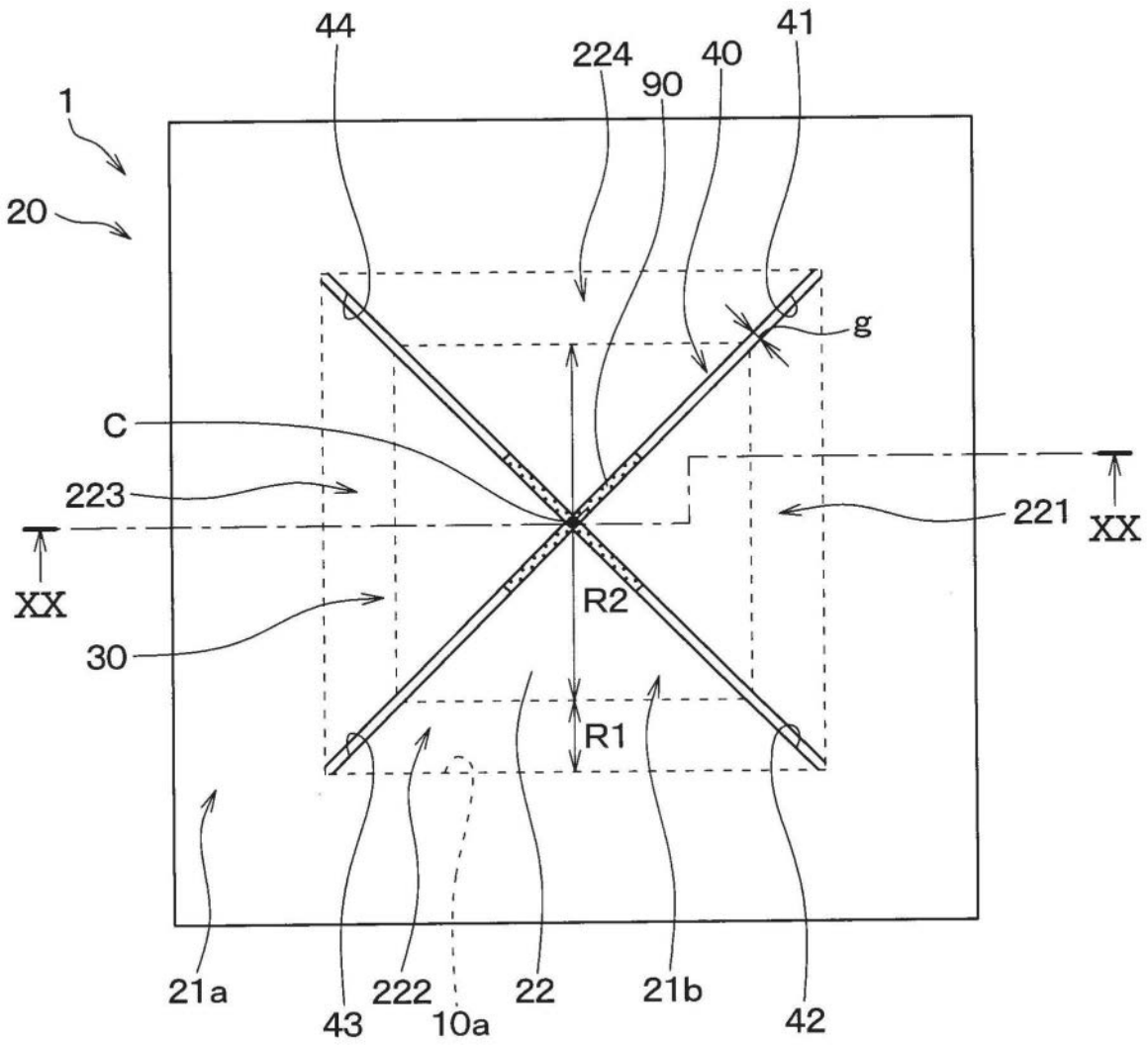


图21

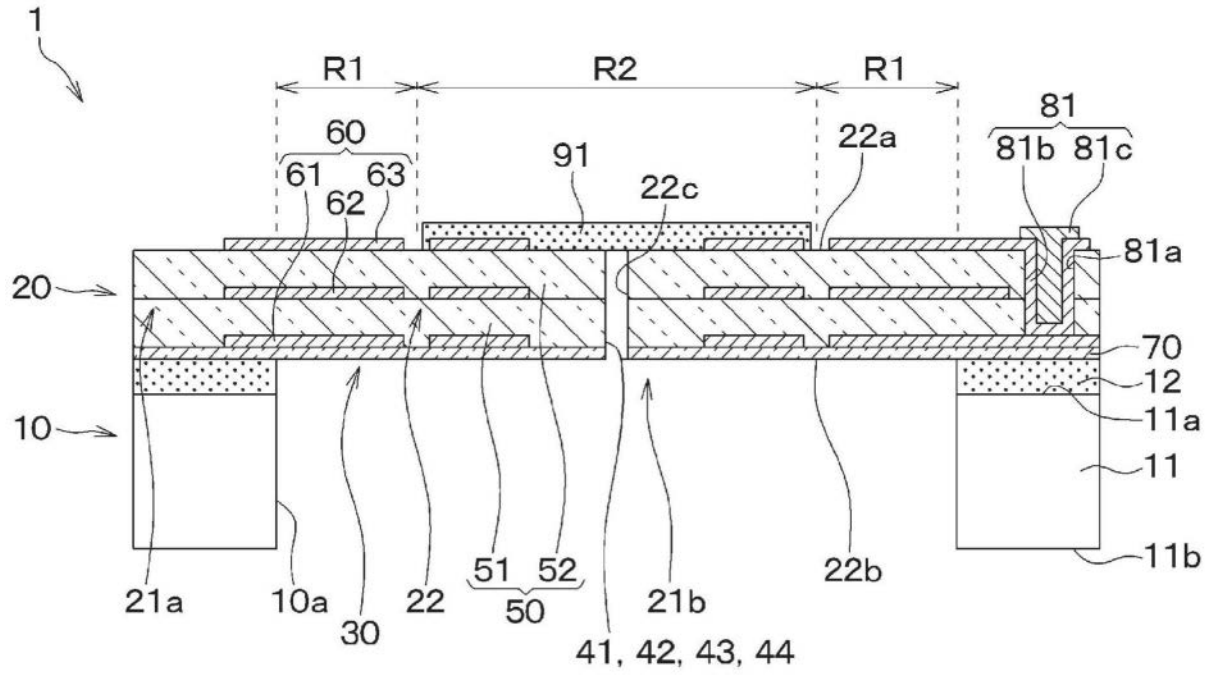


图22

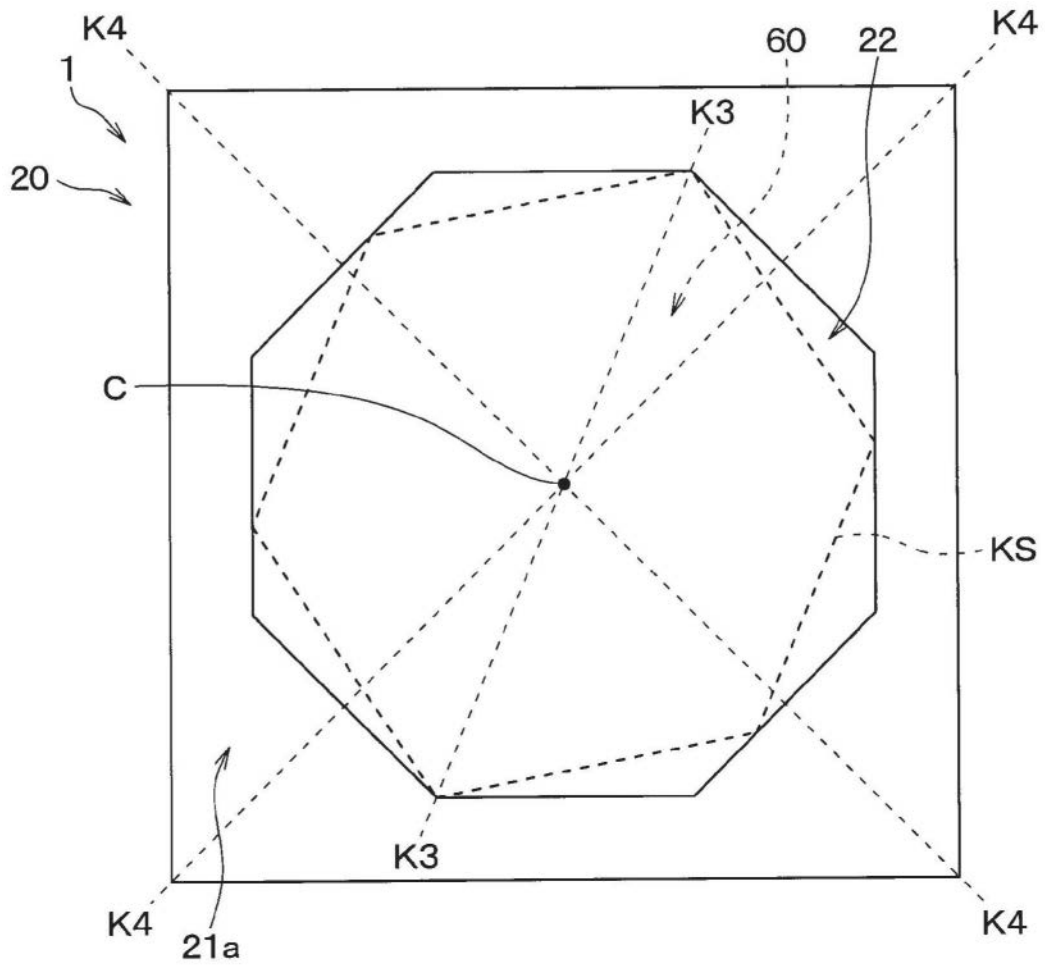


图24A

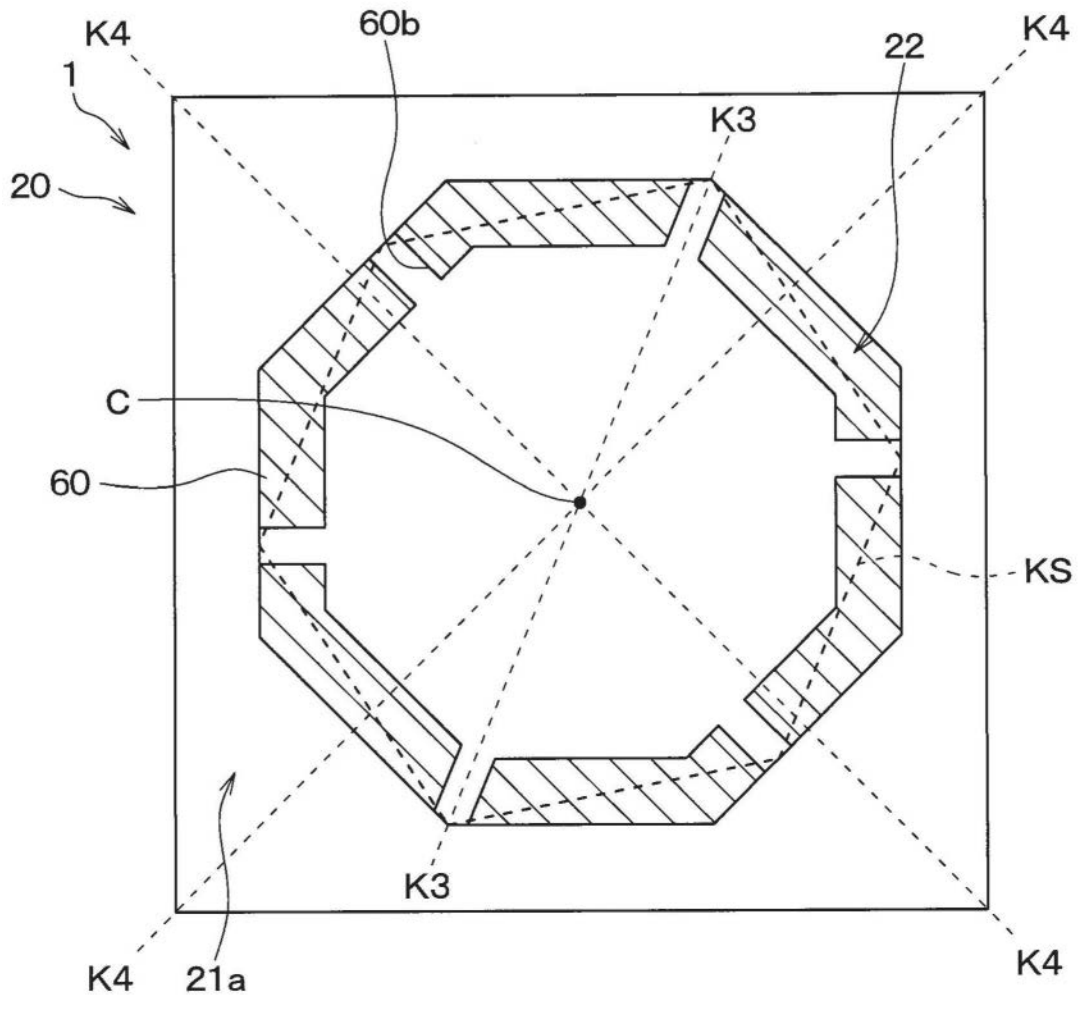


图24B

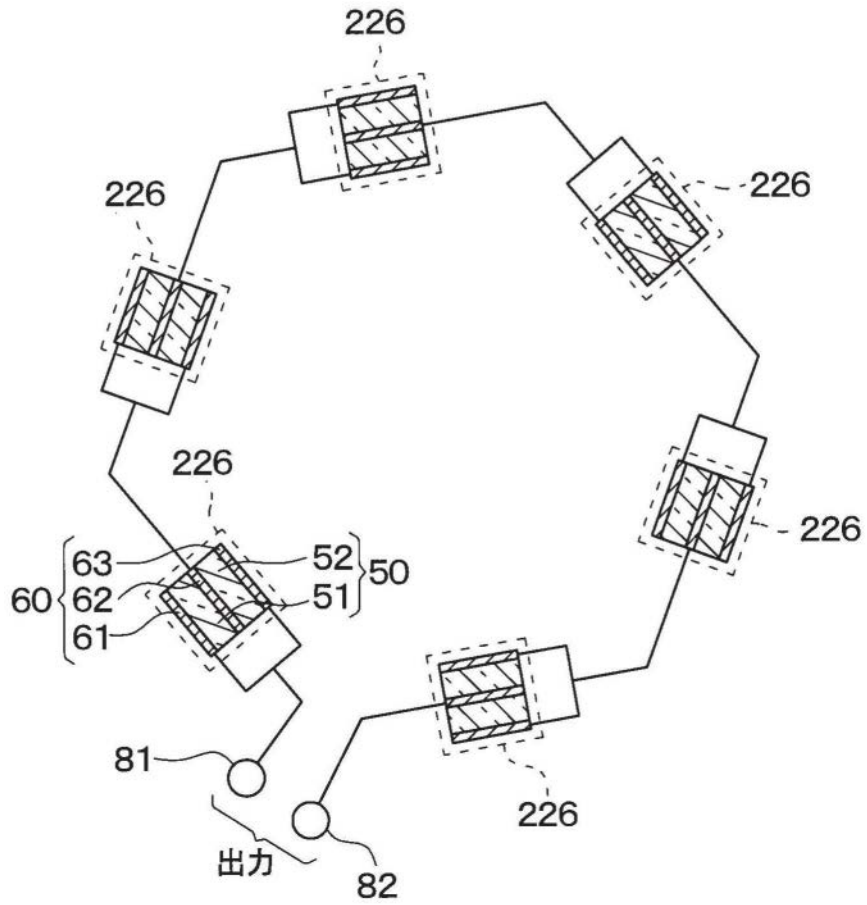


图25

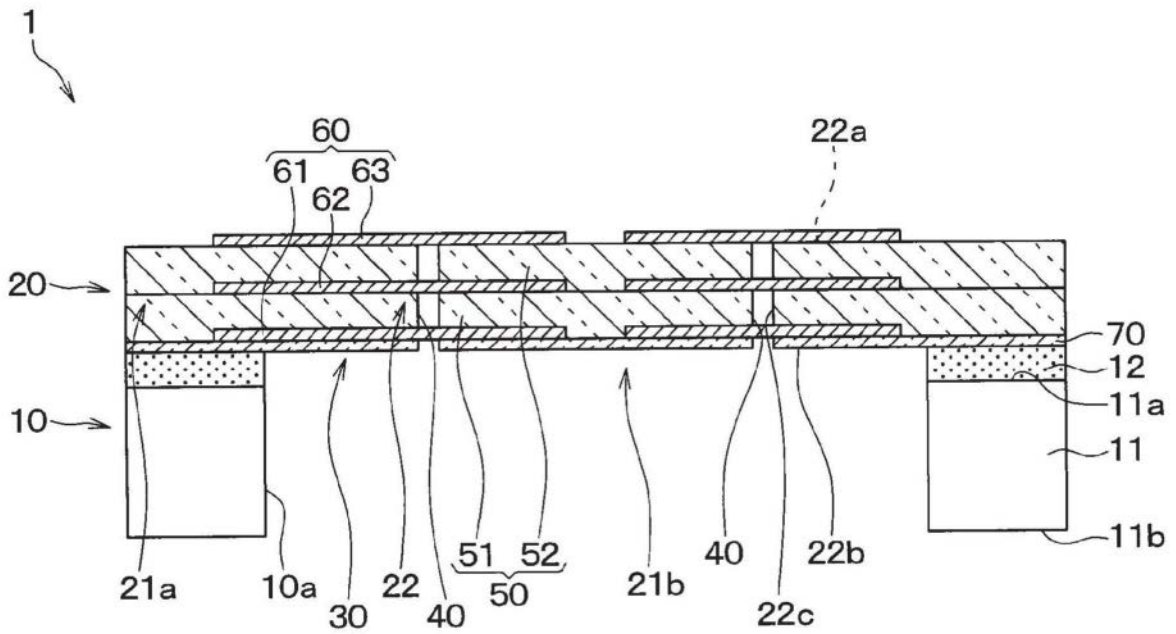


图26

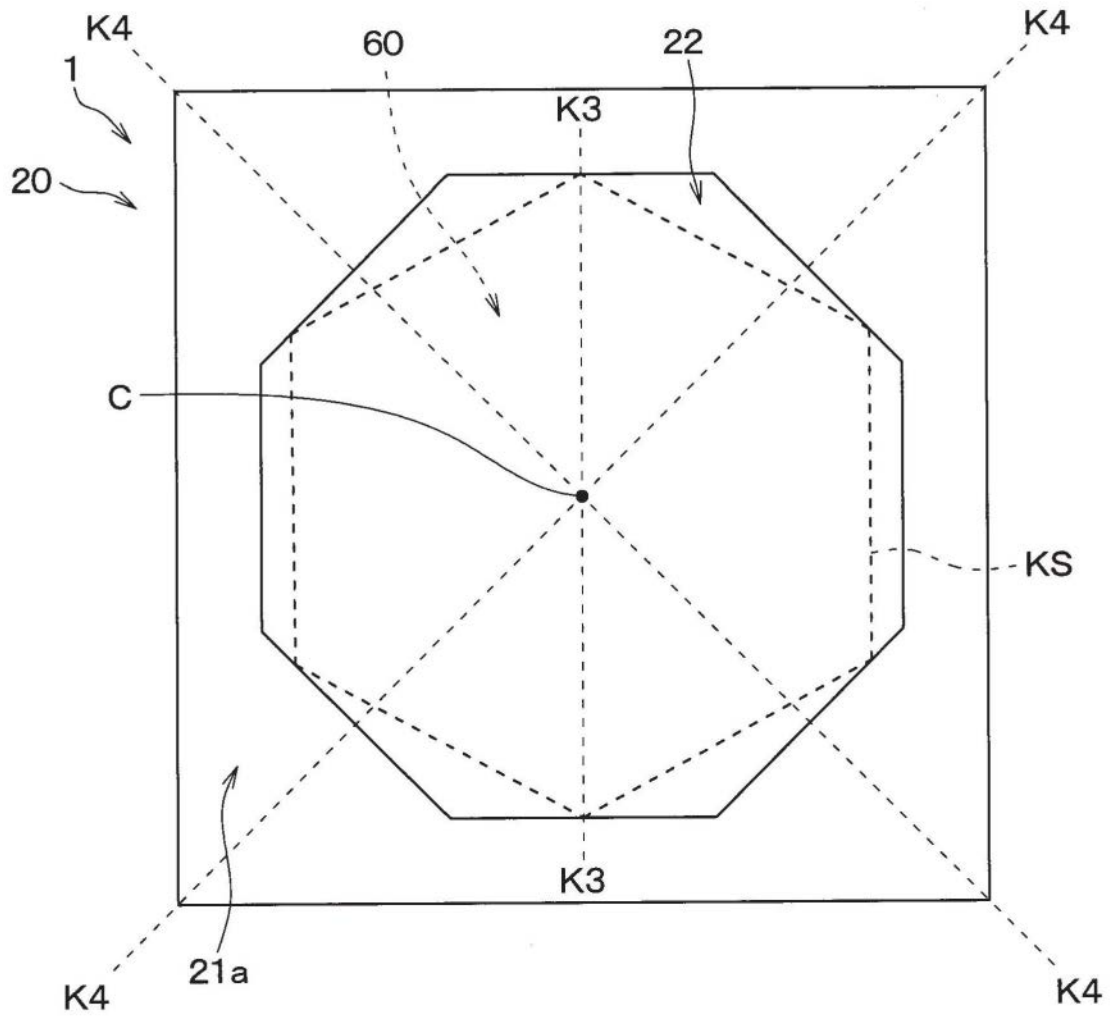


图27

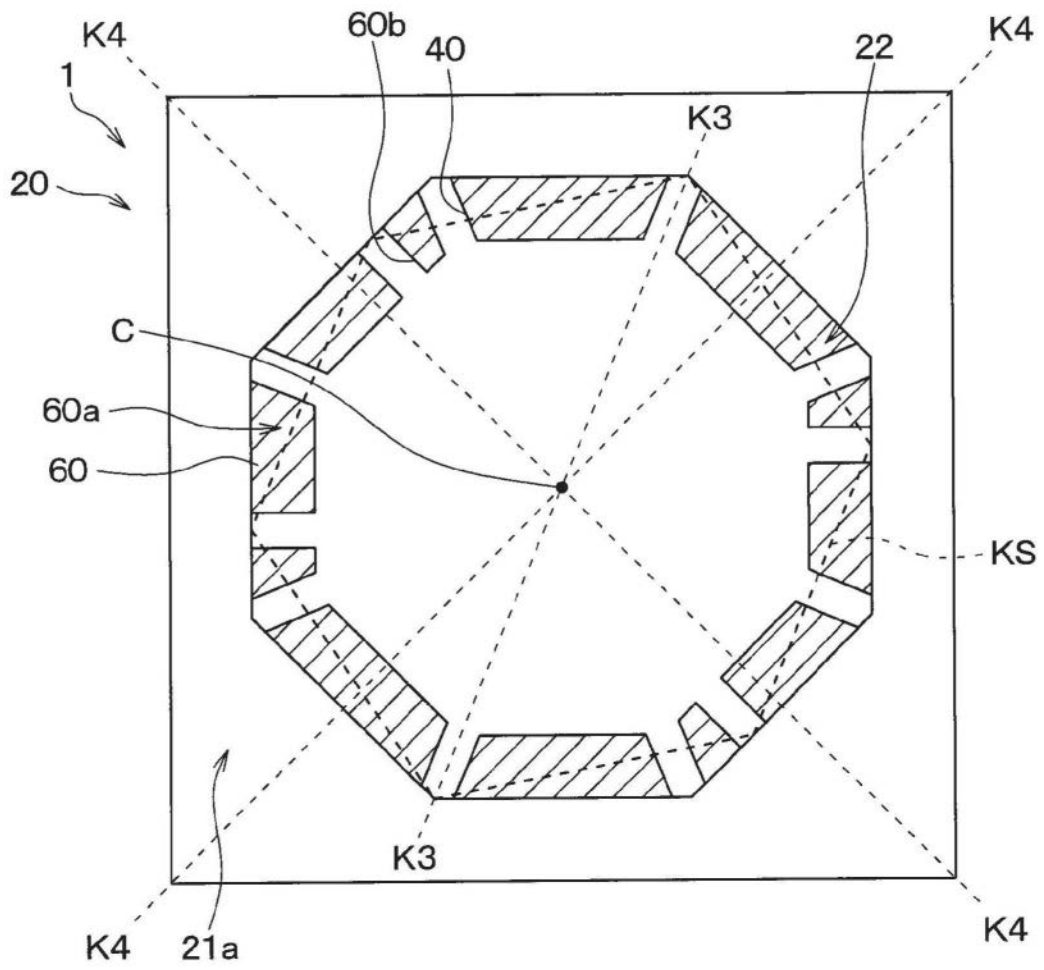


图28

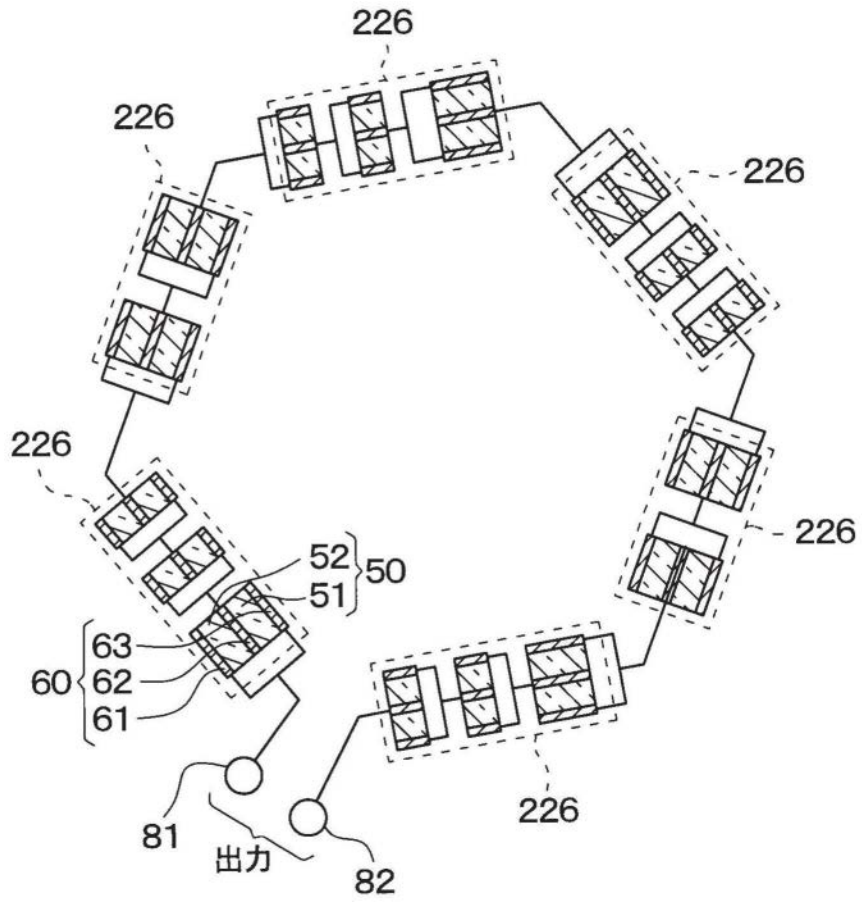


图29

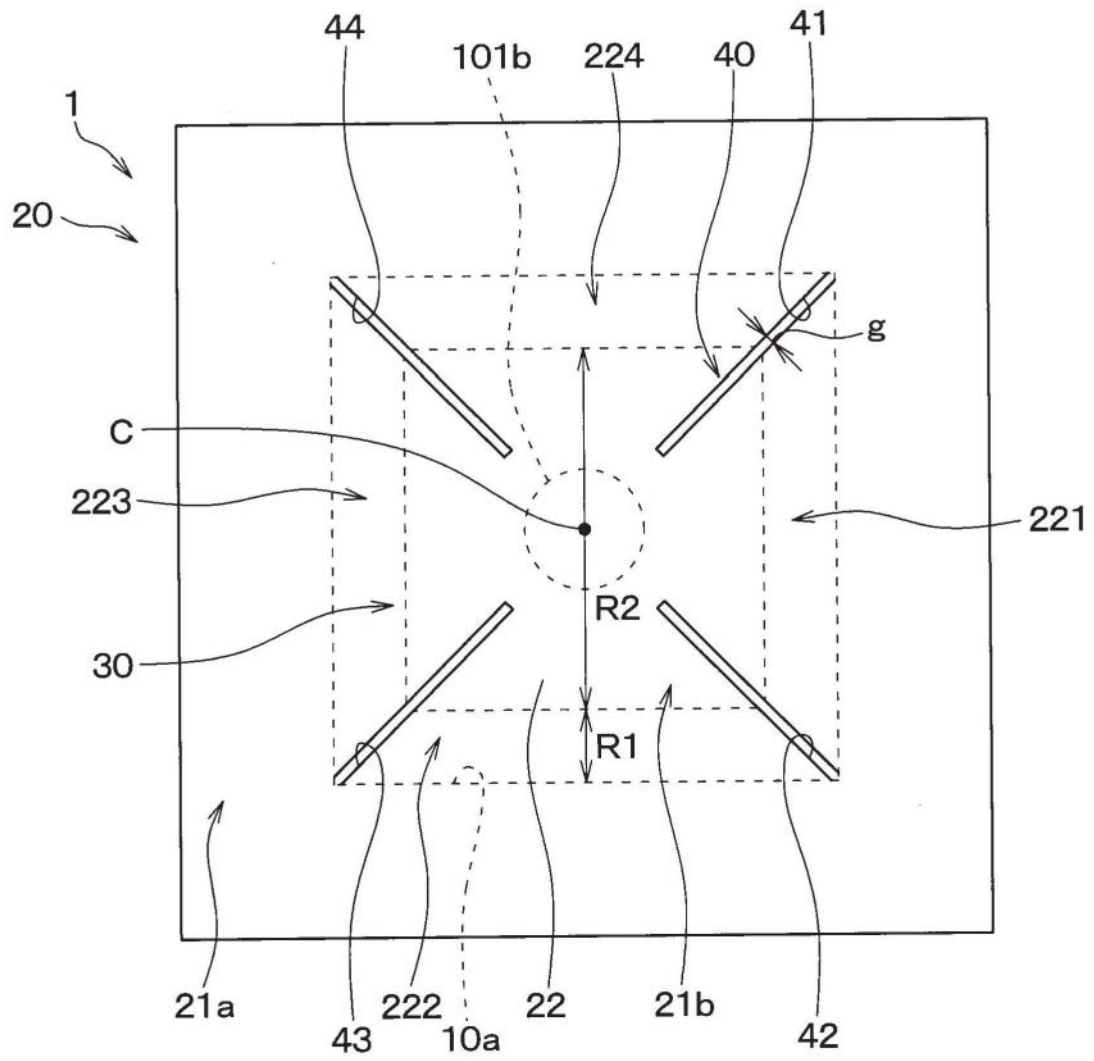


图30

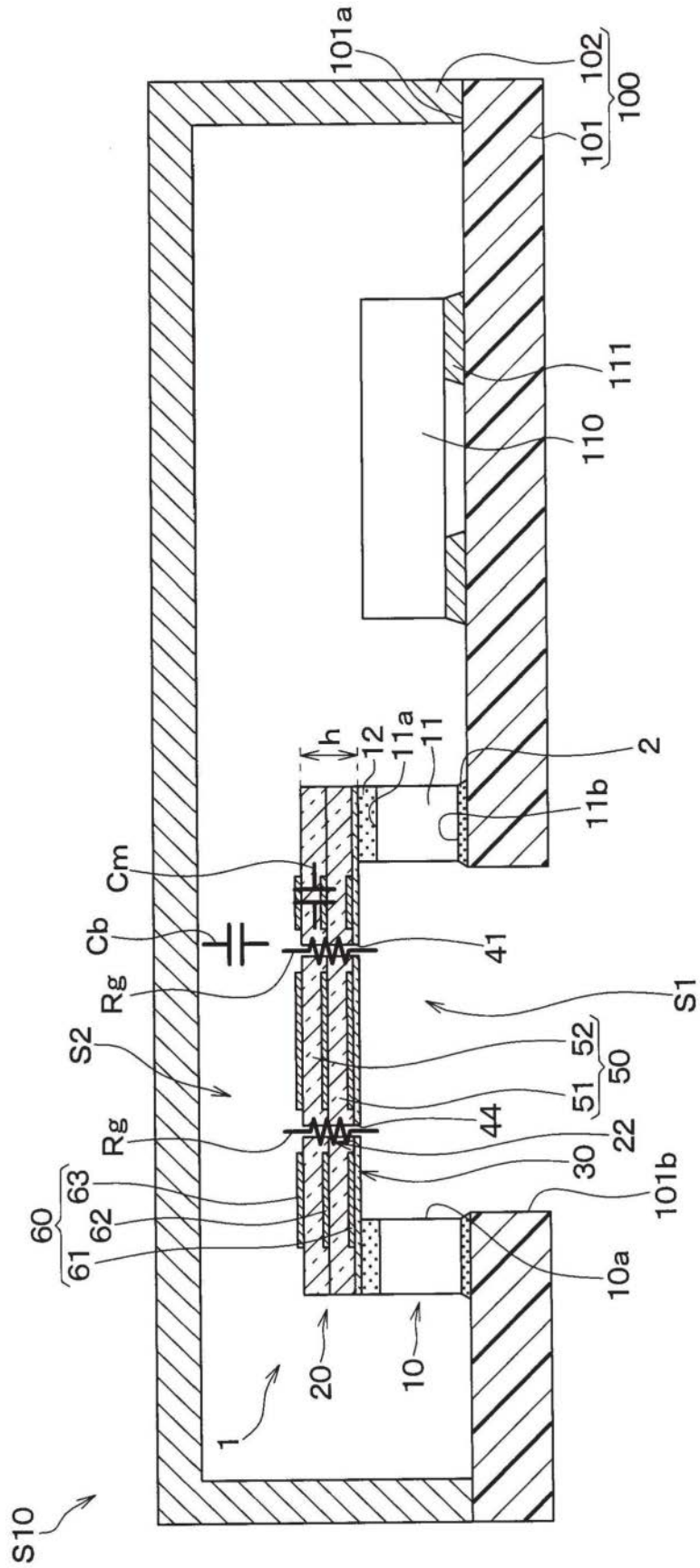


图32

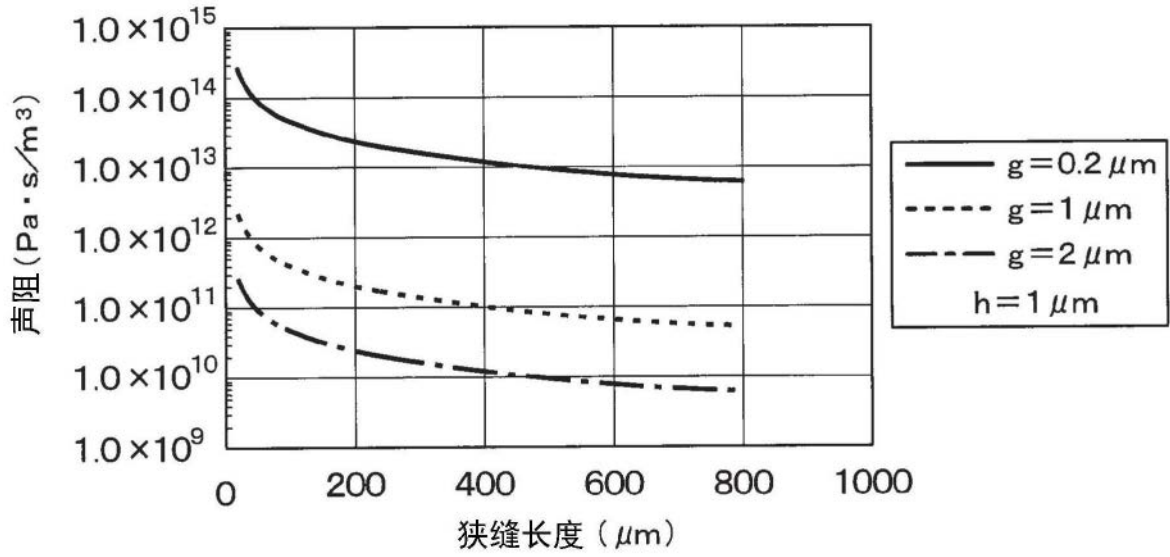


图33

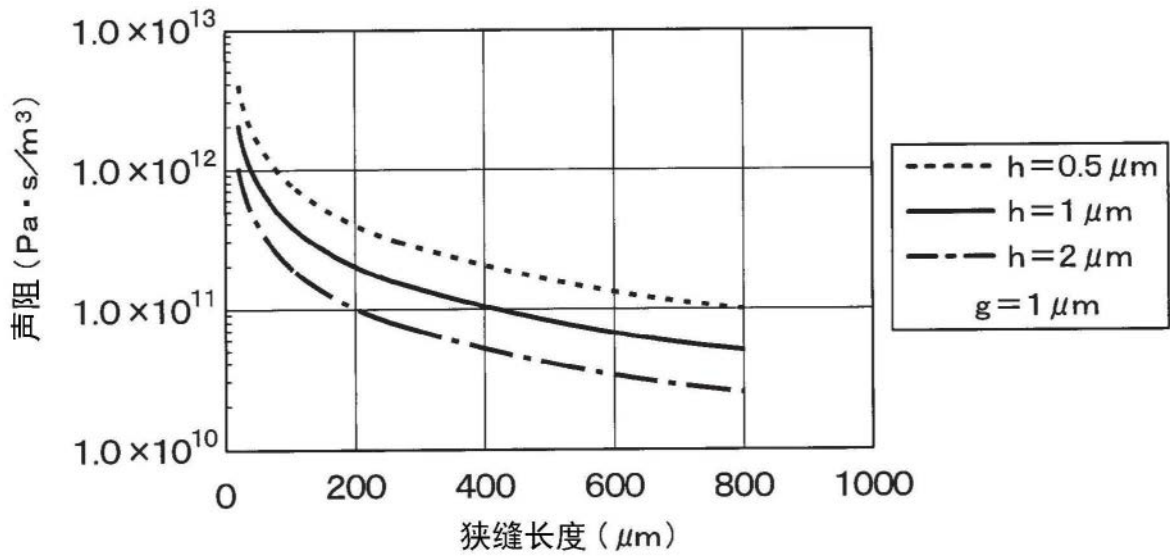


图34

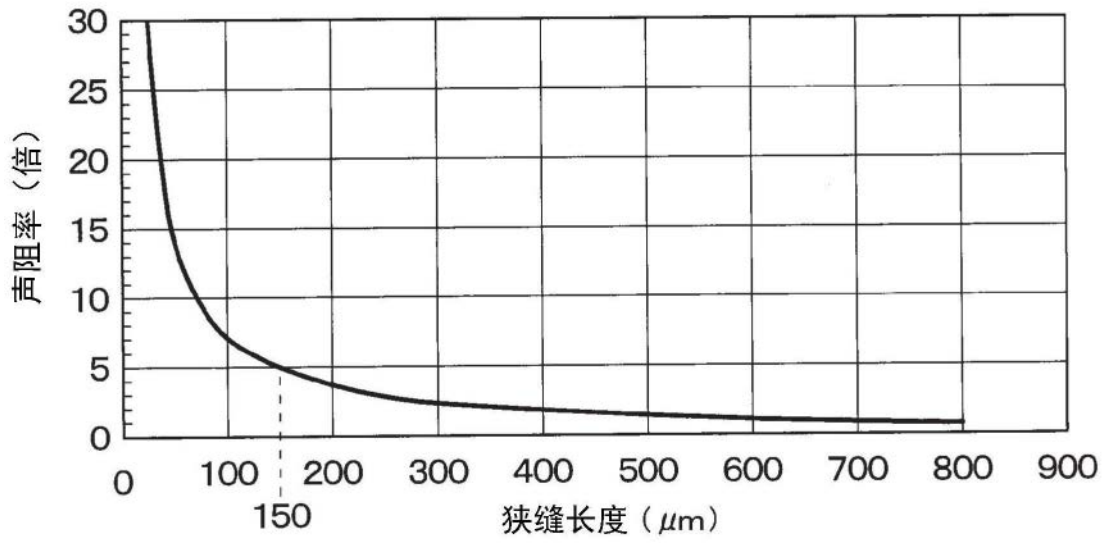


图35

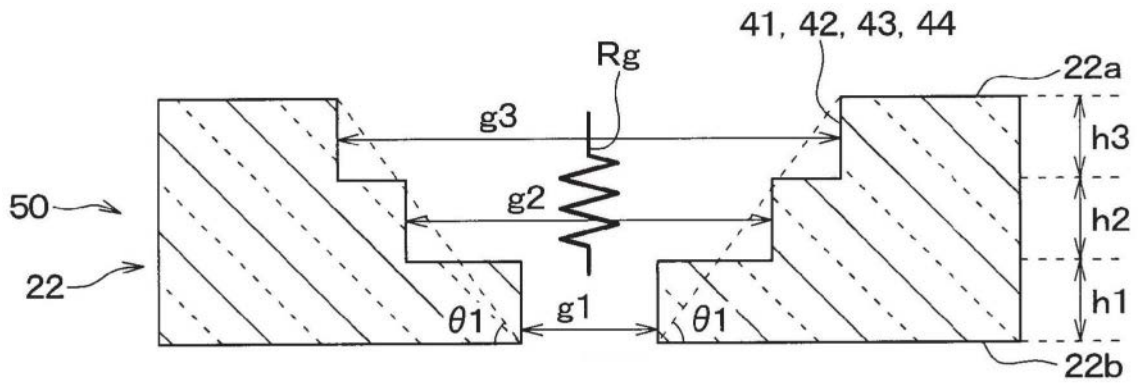


图36

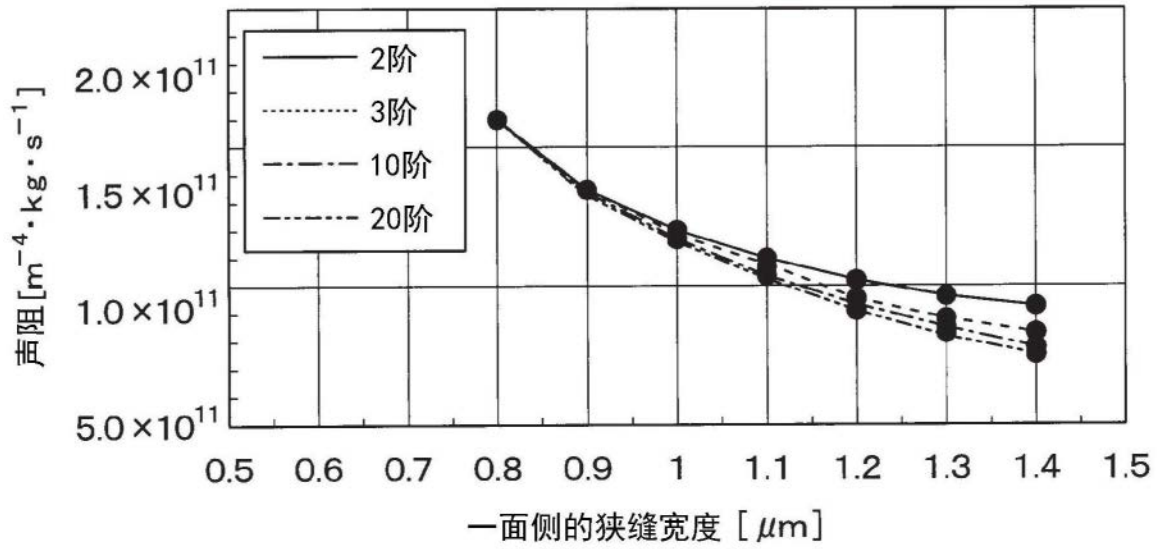


图37

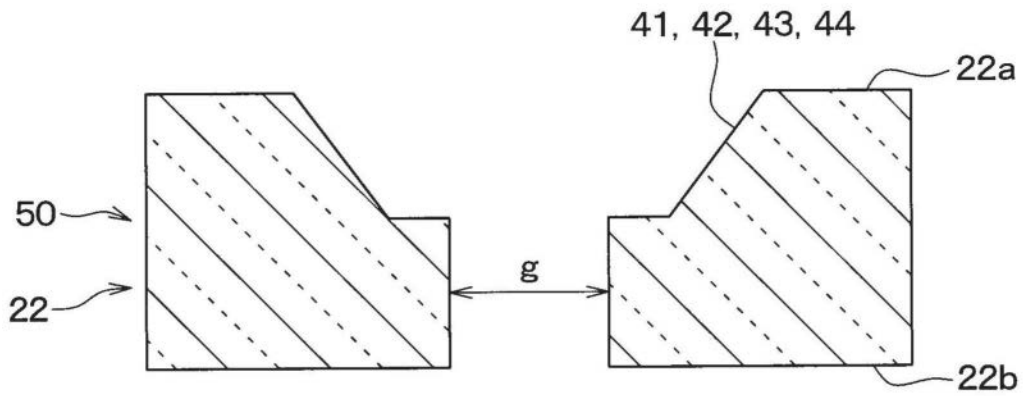


图38A

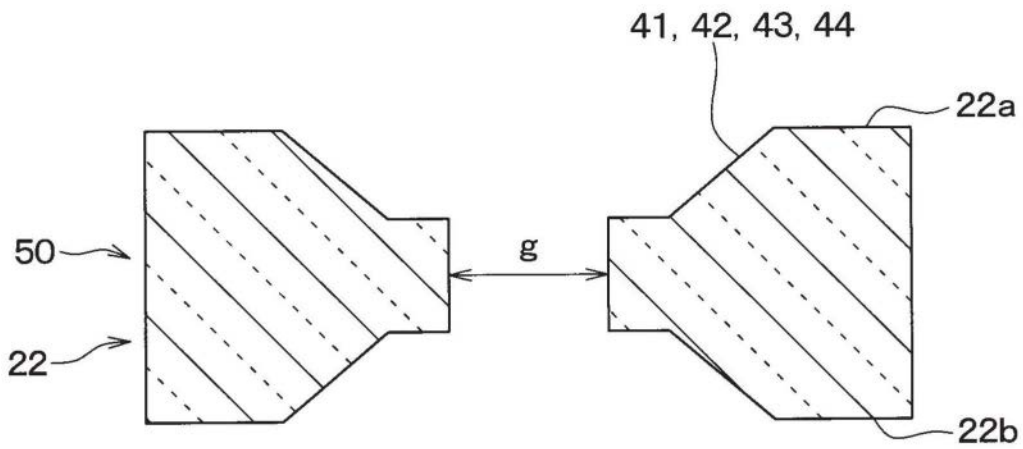


图38B

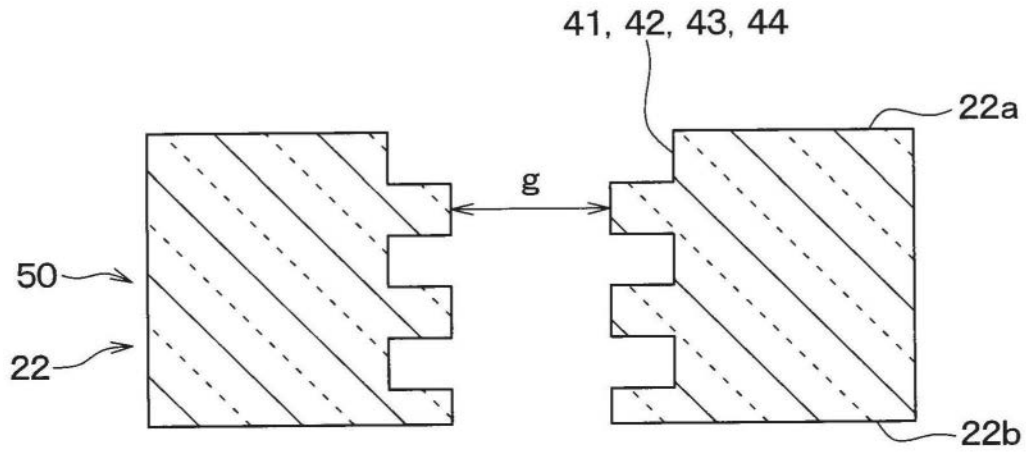


图38C

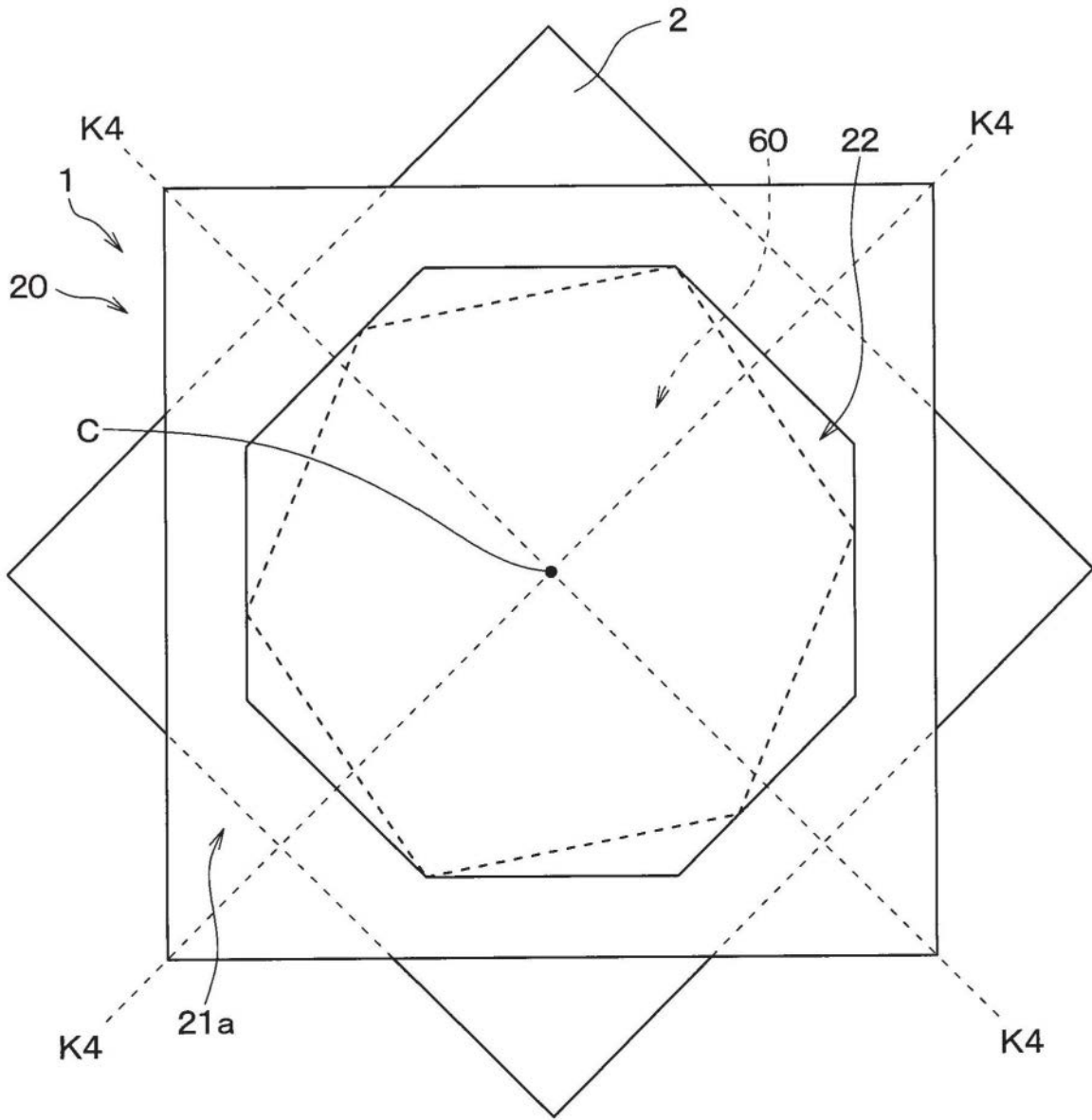


图39

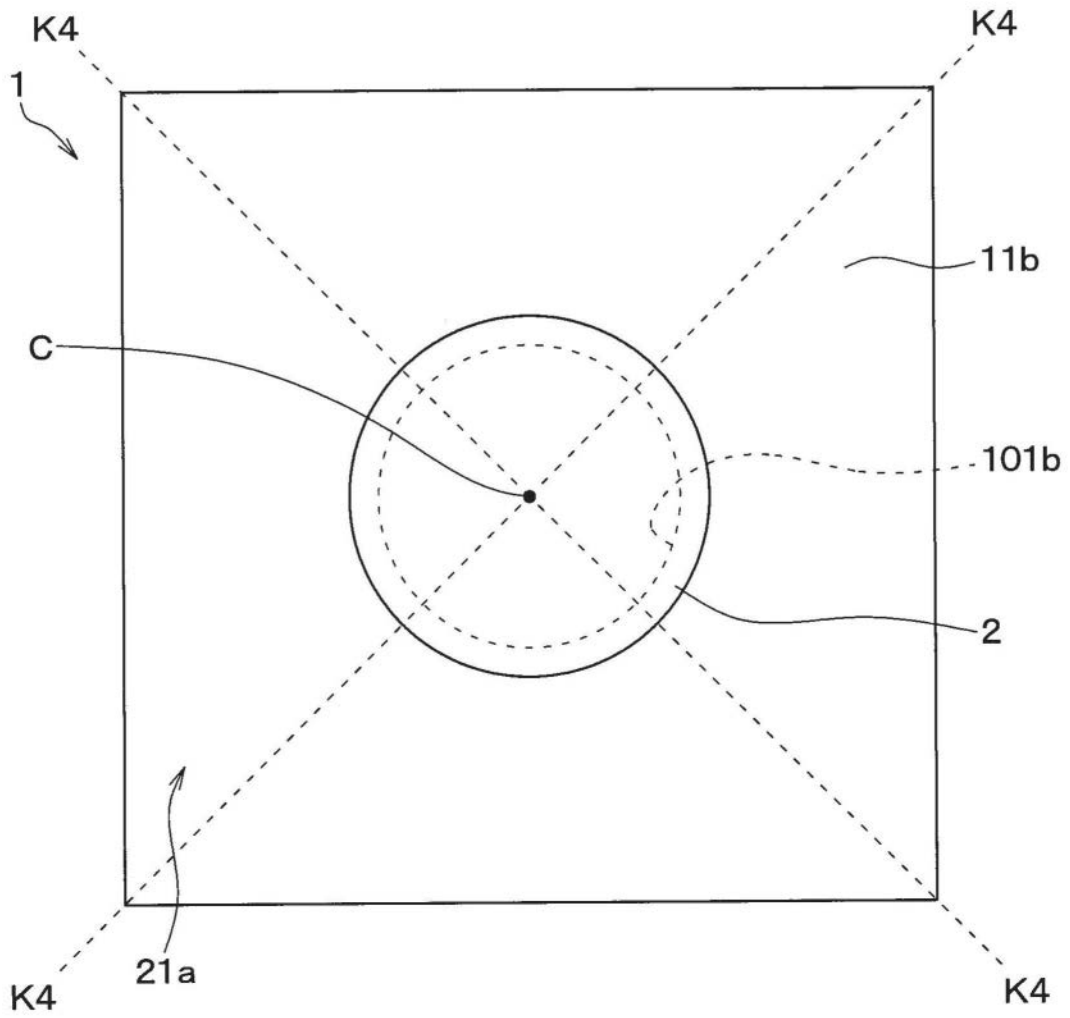


图41A

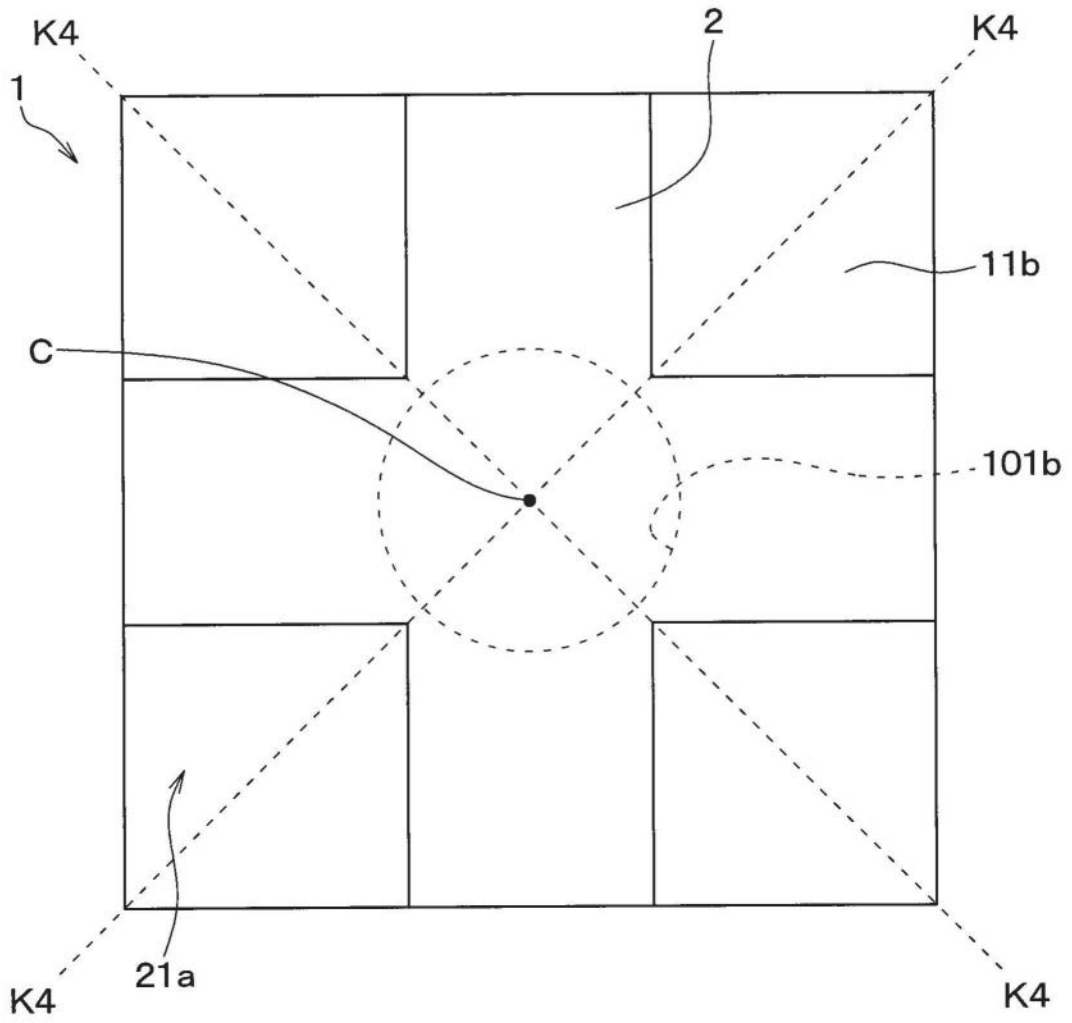


图41B

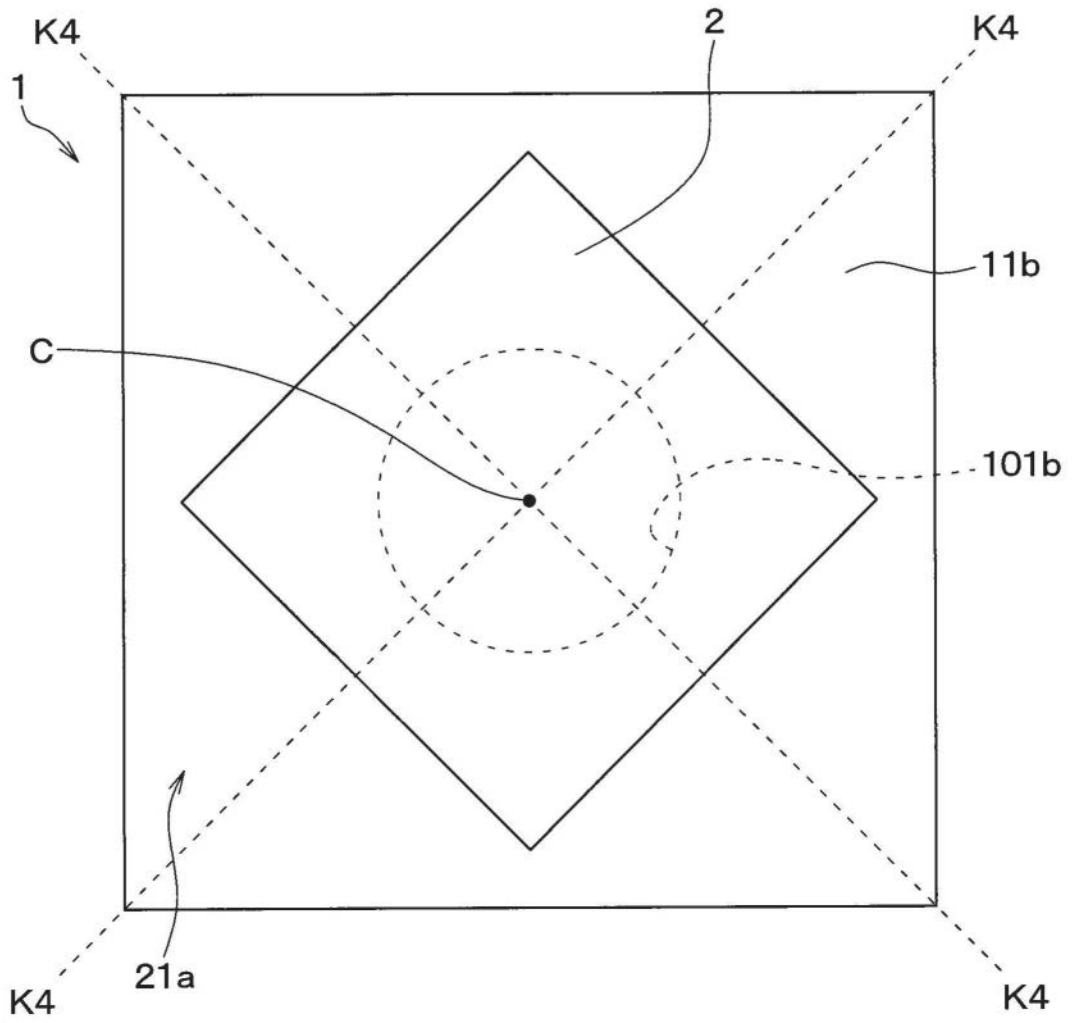


图41C

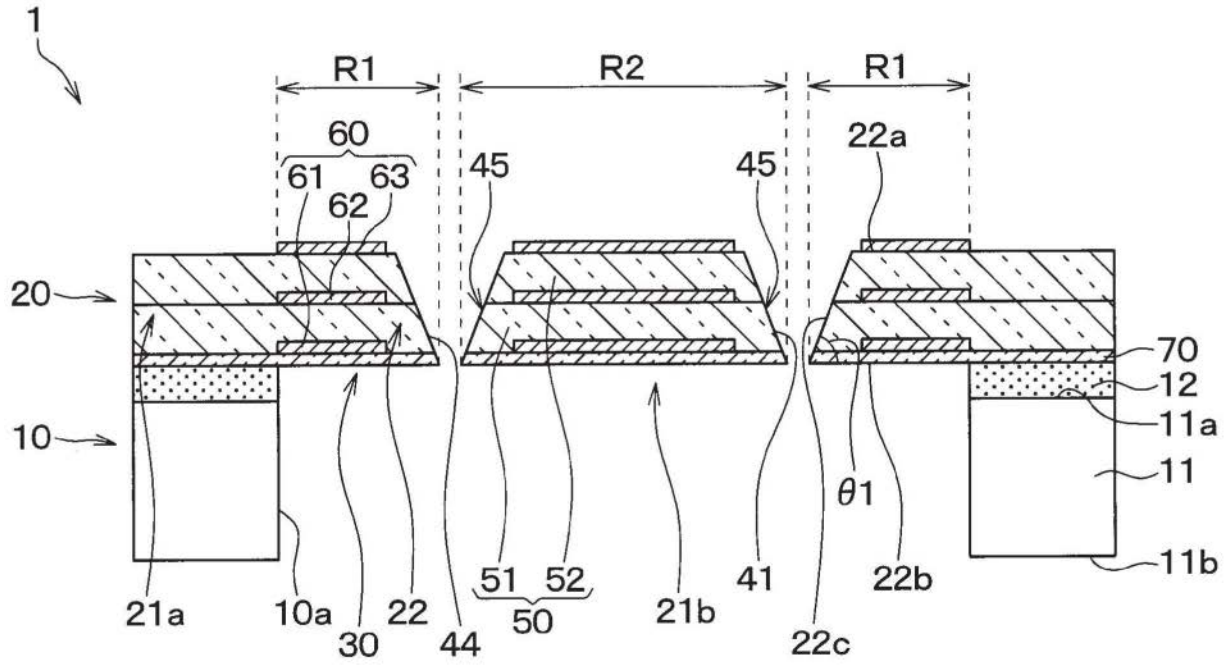


图43

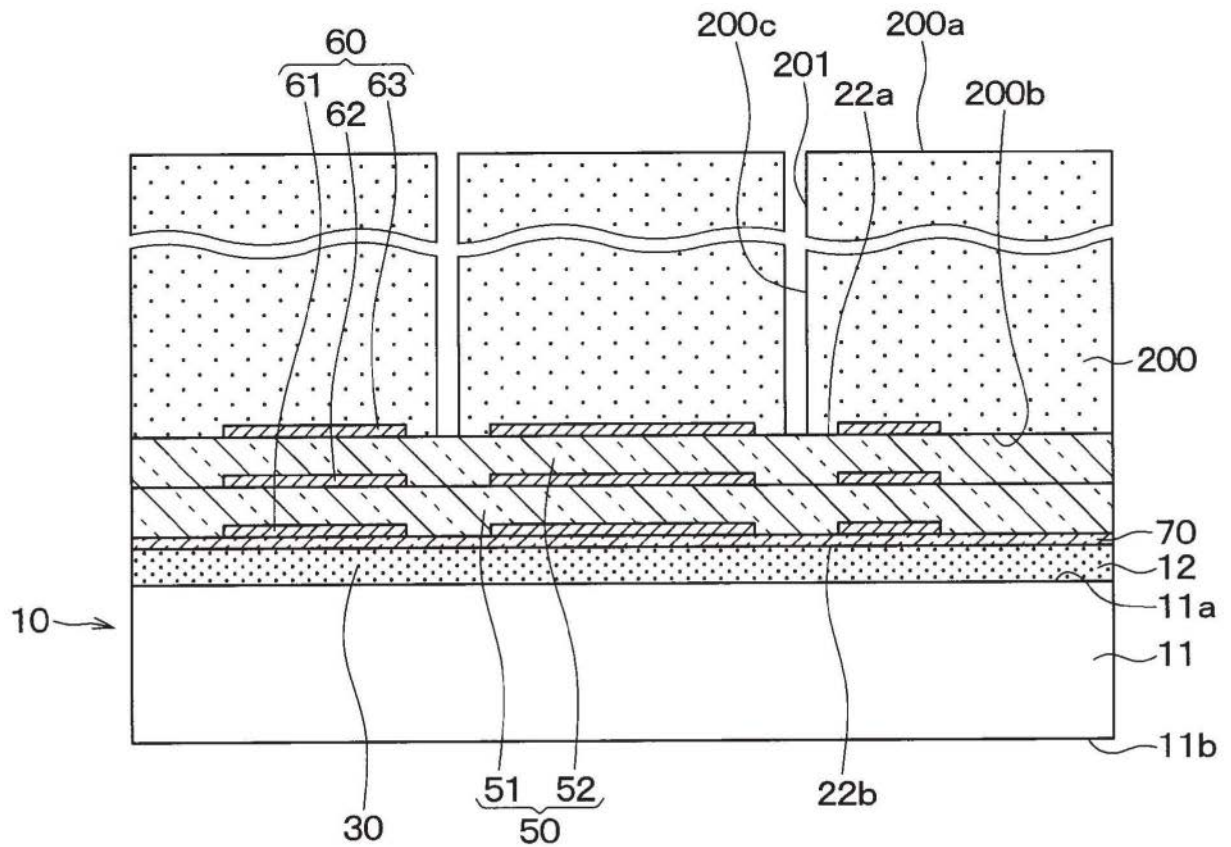


图44A

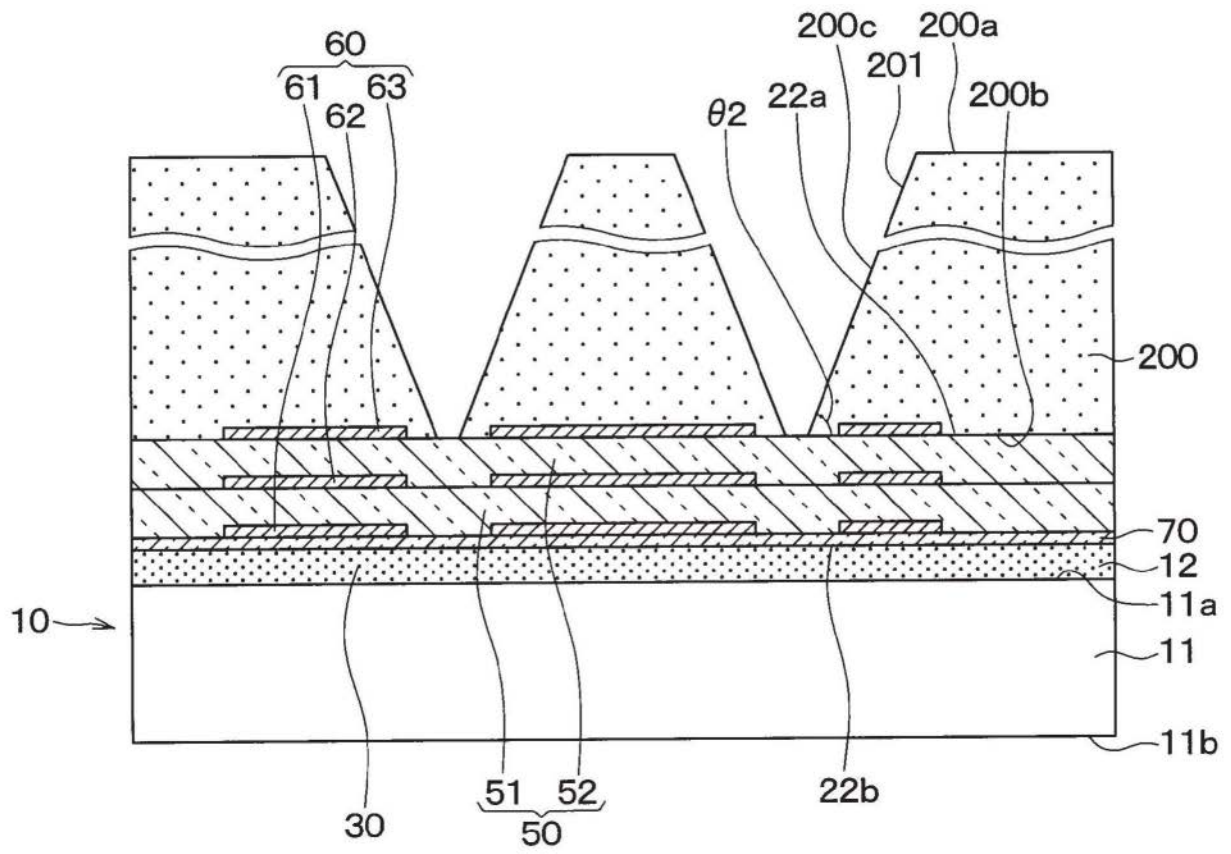


图44B

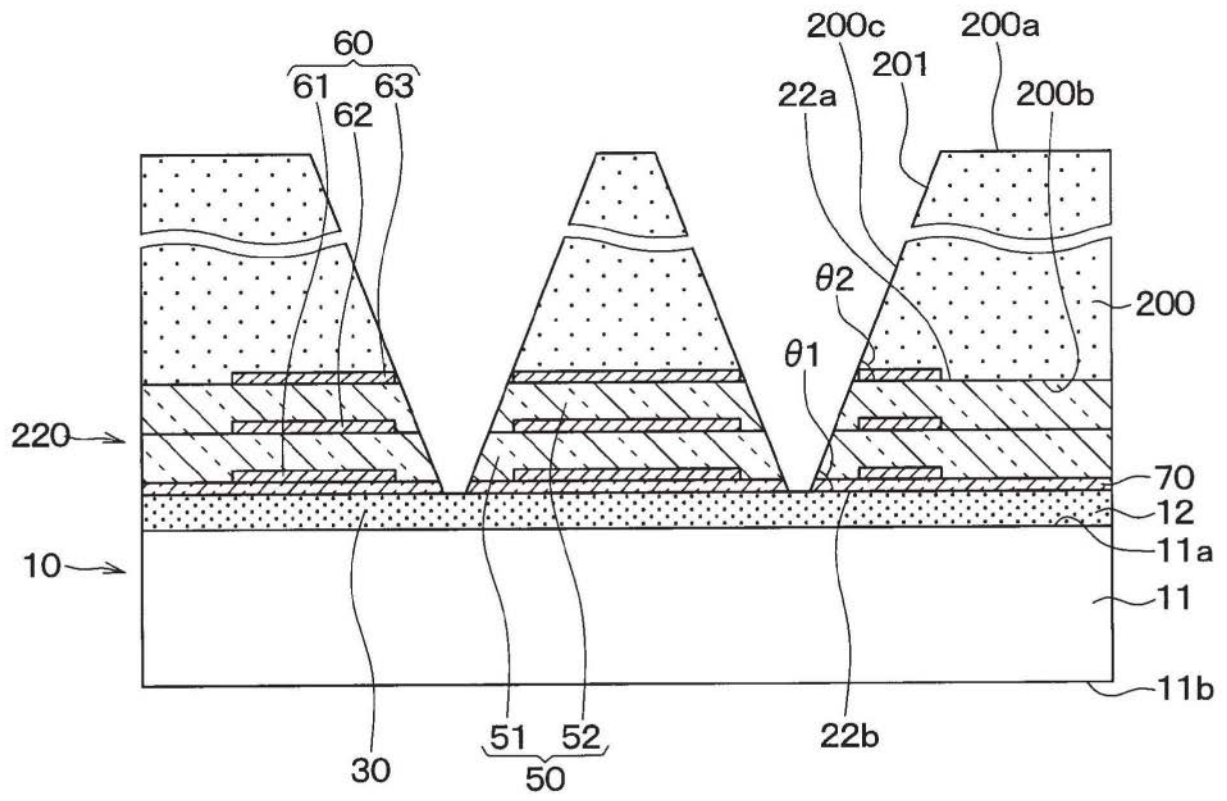


图44C

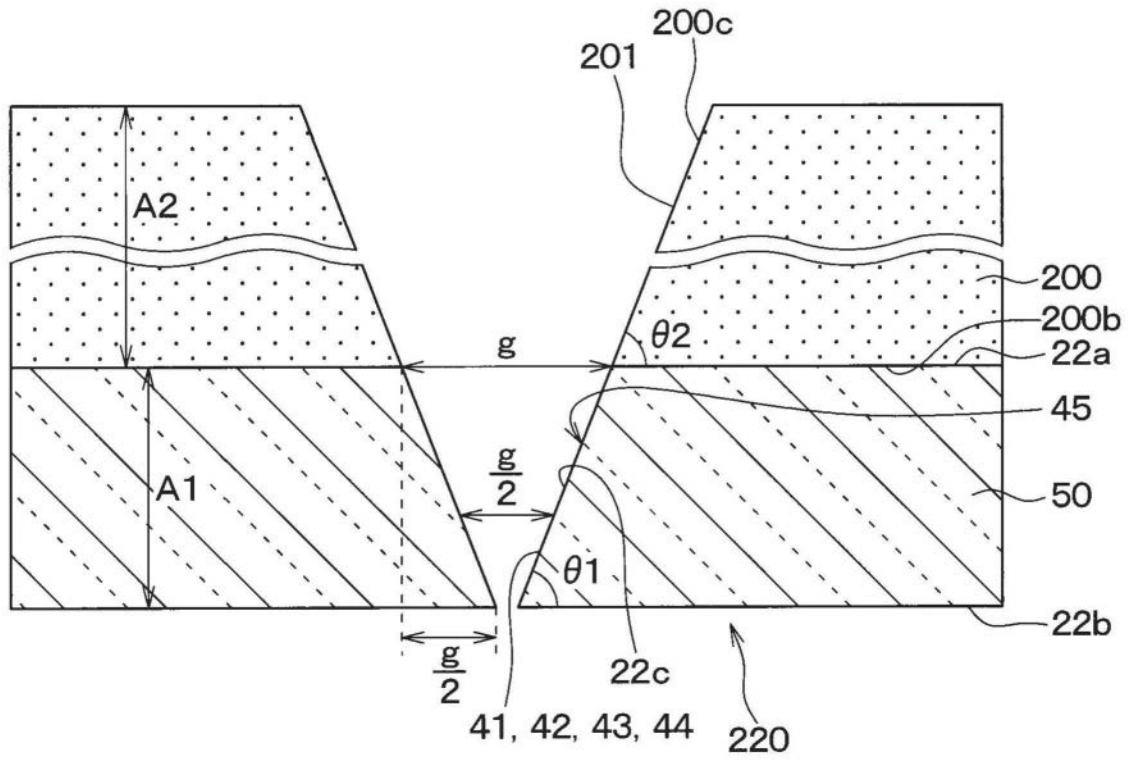


图45

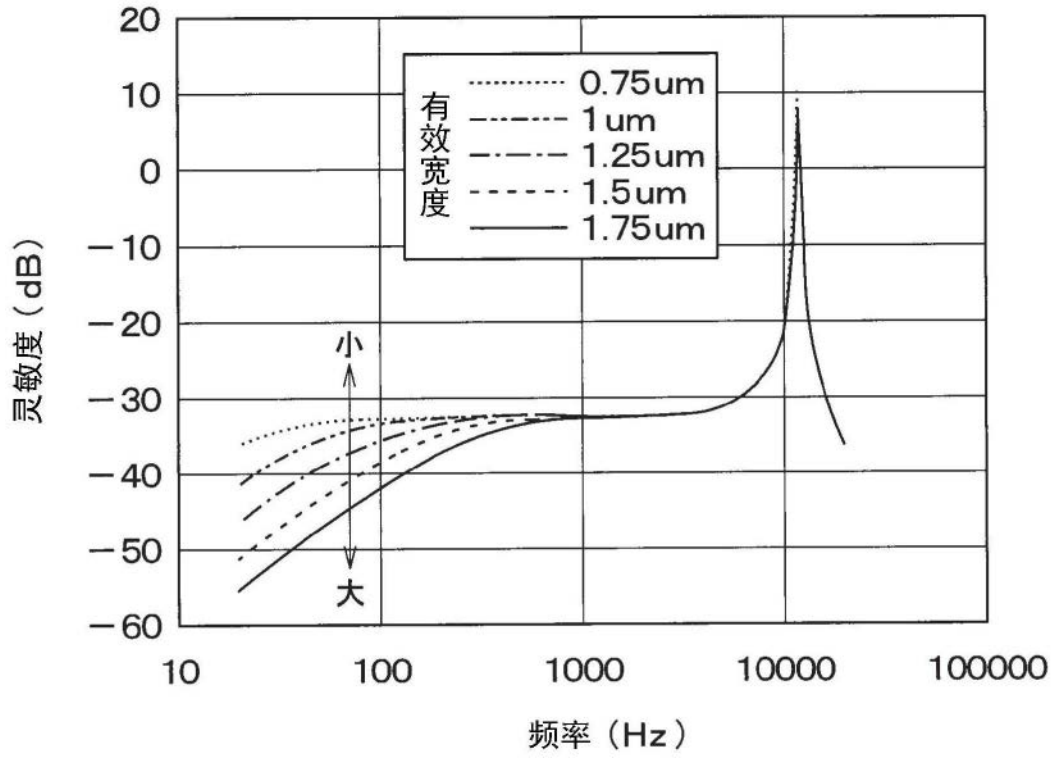


图46

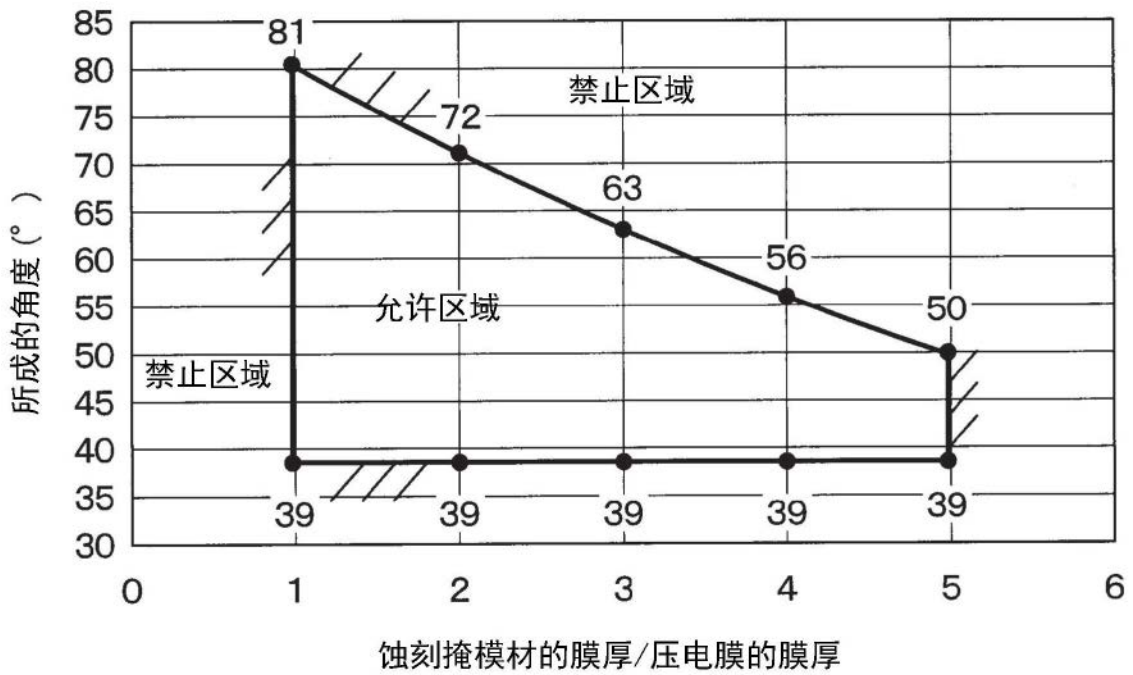


图47

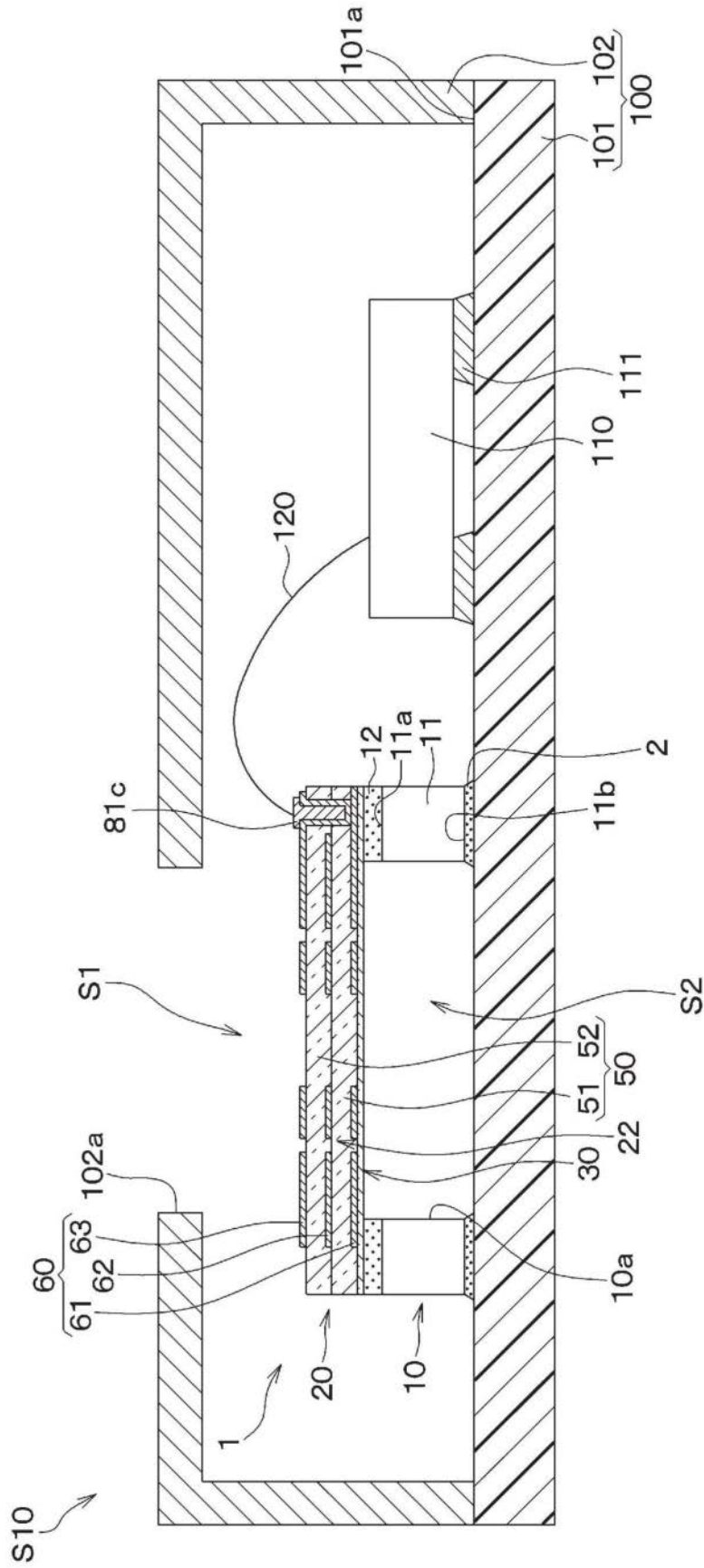


图48