



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117222873 A

(43) 申请公布日 2023. 12. 12

(21) 申请号 202280031882.0

(74) 专利代理机构 北京市中咨律师事务所
11247

(22) 申请日 2022.04.19

专利代理师 王潇悦 段承恩

(30) 优先权数据

2021-080449 2021.05.11 JP

(51) Int.Cl.

G01J 1/02 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2023.10.30

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2022/018143 2022.04.19

(87) PCT国际申请的公布数据

W02022/239610 JA 2022.11.17

(71) 申请人 松下知识产权经营株式会社

地址 日本大阪府

(72) 发明人 高桥宏平 藤金正树 田中浩之

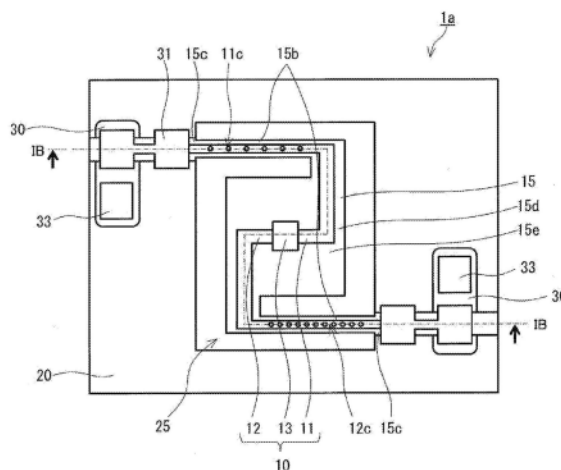
权利要求书2页 说明书20页 附图28页

(54) 发明名称

热电堆型传感器和传感器阵列

(57) 摘要

本公开的热电堆型传感器(1a)具备p型部位(11)和n型部位(12)。p型部位(11)具有第一声子晶体(11c),该第一声子晶体(11c)在俯视图中排列有多个第1孔(10h)。n型部位(12)具有俯视时排列有多个第2孔(10h)的第2声子晶体(12c)。p型部位(11)和n型部位(12)构成热电偶(10)。第一声子晶体(11c)中的声子的界面散射频率不同于第二声子晶体(12c)中的声子的界面散射频率。或者,俯视下多个第1孔(10h)的面积之和与第1声子晶体(11c)的面积之比,与俯视下多个第2孔(10h)的面积之和与第2声子晶体(12c)之比不同。



1. 一种热电堆型传感器,具备p型部位和n型部位,
所述p型部位含有p型材料并具有第一声子晶体,所述第一声子晶体在俯视时排列有多个第1孔,
所述n型部位含有n型材料并具有第二声子晶体,所述第二声子晶体在俯视时排列有多个第2孔,
所述p型部位和所述n型部位构成热电偶,
所述热电堆型传感器满足选自下述(I)和(II)中的至少1个条件:
(I)所述第一声子晶体中的声子的界面散射频率与所述第二声子晶体中的声子的界面散射频率不同;
(II)所述第一声子晶体在俯视时的所述多个第1孔的面积之和相对于所述第一声子晶体的面积的比,与所述第二声子晶体在俯视时的所述多个第2孔的面积之和相对于所述第二声子晶体的面积的比不同。
2. 根据权利要求1所述的热电堆型传感器,
所述p型材料的热导率比所述n型材料的热导率高,
所述热电堆型传感器满足选自下述(Ia)和(IIa)中的至少一个条件:
(Ia)所述第一声子晶体中的声子的所述界面散射频率比所述第二声子晶体中的声子的所述界面散射频率高;
(IIa)所述第一声子晶体在俯视时的所述多个第1孔的面积之和相对于所述第一声子晶体的面积的比,比所述第二声子晶体在俯视时的所述多个第2孔的面积之和相对于所述第二声子晶体的面积的比大。
3. 根据权利要求2所述的热电堆型传感器,
所述第一声子晶体在俯视时的所述多个第1孔所含的最近的2个孔之间的距离,比所述第二声子晶体在俯视时的所述多个第2孔所含的最近的2个孔之间的距离短。
4. 根据权利要求2所述的热电堆型传感器,
所述第一声子晶体在俯视时的所述多个第1孔的面积之和相对于所述第一声子晶体的面积的比,比所述第二声子晶体在俯视时的所述多个第2孔的面积之和相对于所述第二声子晶体的面积的比大。
5. 根据权利要求2所述的热电堆型传感器,
所述第一声子晶体的比表面积比所述第二声子晶体的比表面积大。
6. 根据权利要求1所述的热电堆型传感器,
所述n型材料的热导率比所述p型材料的热导率高,
所述热电堆型传感器满足选自下述(Ib)和(IIb)中的至少1个条件:
(Ib)所述第二声子晶体中的声子的所述界面散射频率比所述第一声子晶体中的声子的所述界面散射频率高;
(IIb)所述n型部位在俯视时的所述多个第2孔的面积之和相对于所述n型部位的面积的比,比所述p型部位在俯视时的所述多个第1孔的面积之和相对于所述p型部位的面积的比大。
7. 根据权利要求6所述的热电堆型传感器,
所述第二声子晶体在俯视时的所述多个第2孔所含的最近的2个孔之间的距离,比所述

第一声子晶体在俯视时的所述多个第1孔所含的最近的2个孔之间的距离短。

8. 根据权利要求6所述的热电堆型传感器，

所述n型部位在俯视时的所述多个第2孔的面积之和相对于所述n型部位的面积的比，比所述p型部位在俯视时的所述多个第1孔的面积之和相对于所述p型部位的面积的比大。

9. 根据权利要求6所述的热电堆型传感器，

所述第二声子晶体的比表面积比所述第一声子晶体的比表面积大。

10. 根据权利要求1~9中任一项所述的热电堆型传感器，具备：

基板、以及

包含所述热电偶的传感器层，

所述传感器层具有连接部、梁和传感部，

所述连接部将所述传感器层与所述基板连接，

所述梁与所述传感部连接，在使其离开所述基板的状态下支持所述传感部，

所述传感部和所述梁包含所述热电偶，

所述p型部位具有正的塞贝克系数，

所述n型部位具有负的赛贝克系数。

11. 根据权利要求10所述的热电堆型传感器，

所述传感器层是所述热电偶面对着所述基板的单一层。

12. 根据权利要求10所述的热电堆型传感器，

所述传感器层具有支持层，

所述热电偶配置在所述支持层上。

13. 根据权利要求10或12所述的热电堆型传感器，

所述传感器层具有覆盖所述p型部位和所述n型部位的保护层。

14. 根据权利要求10~13中任一项所述的热电堆型传感器，

所述传感部包含红外线受光部。

15. 一种传感器阵列，

具备呈一维排列或二维排列的多个热电堆型传感器，

所述多个热电堆型传感器包含权利要求1~14中任一项所述的热电堆型传感器。

热电堆型传感器和传感器阵列

技术领域

[0001] 本公开涉及一种热电堆传感器和传感器阵列。

背景技术

[0002] 以往,具备具有声子晶体的材料的热电堆型传感器是已知的。

[0003] 例如,专利文献1记载了一种热电堆方式的红外线传感器,其具备作为具有二维声子晶体的薄膜状物质的梁。在二维声子晶体中,在面内以任意周期排列有由任意直径构成的贯通孔。梁作为热电堆发挥作用。根据专利文献1,通过将声子晶体导入红外线受光部的梁,能够提高红外线传感器的灵敏度。

[0004] 此外,专利文献2和非专利文献1公开了使薄膜的热导率减少的、由多个贯通孔构成的周期结构。该周期结构中,俯视薄膜时,以1纳米(nm)~1000nm的区域的纳米级的周期规则地排列有贯通孔。该周期结构是声子晶体结构的一种。

[0005] 现有技术文献

[0006] 专利文献

[0007] 专利文献1:日本特开2017-223644号公报

[0008] 专利文献2:美国专利申请公开第2015/0015930号说明书

[0009] 非专利文献

[0010] 非专利文献1:Nomura等,“Impeded thermal transport in Si multiscale hierarchical architectures with phononic crystal nanostructures”(具有声子晶体纳米结构的硅多尺度分层结构中的热传输受阻),Physical Review B91,205422(2015)

发明内容

[0011] 从降低热电堆型传感器中的构件的破坏风险的观点出发,上述技术存在进一步研究的余地。

[0012] 因此,本公开提供一种从降低热电堆型传感器中的构件的破坏风险的观点来看有利的技术。

[0013] 本公开提供以下的热电堆型传感器。

[0014] 一种热电堆型传感器,具备p型部位和n型部位,

[0015] 所述p型部位含有p型材料并具有第一声子晶体,所述第一声子晶体在俯视时排列有多个第1孔,

[0016] 所述n型部位含有n型材料并具有第二声子晶体,所述第二声子晶体在俯视时排列有多个第2孔,

[0017] 所述p型部位和所述n型部位构成热电偶,

[0018] 所述热电堆型传感器满足选自下述(I)和(II)中的至少1个条件。

[0019] (I)所述第一声子晶体中的声子的界面散射频率与所述第二声子晶体中的声子的界面散射频率不同。

[0020] (II)所述第一声子晶体在俯视时的所述多个第1孔的面积之和相对于所述第一声子晶体的面积的比,与所述第二声子晶体在俯视时的所述多个第2孔的面积之和相对于所述第二声子晶体的面积的比不同。

[0021] 本公开的热电堆型传感器从降低构件的破坏风险的观点来看是有利的。

附图说明

[0022] 图1A是示意性地表示实施方式1的热电堆型传感器的俯视图。

[0023] 图1B是将图1A的热电堆型传感器的IB-IB线作为切断线的截面图。

[0024] 图2A是表示声子晶体的晶胞一例的俯视图。

[0025] 图2B是表示声子晶体的晶胞另一例的俯视图。

[0026] 图2C是表示声子晶体的晶胞又一例的俯视图。

[0027] 图2D是表示声子晶体的晶胞又一例的俯视图。

[0028] 图2E是表示声子晶体一例的俯视图。

[0029] 图2F是表示声子晶体另一例的俯视图。

[0030] 图2G是表示声子晶体又一例的俯视图。

[0031] 图2H是表示声子晶体又一例的俯视图。

[0032] 图2I是表示声子晶体又一例的俯视图。

[0033] 图2J是表示声子晶体又一例的俯视图。

[0034] 图2K是表示声子晶体又一例的俯视图。

[0035] 图2L是表示声子晶体又一例的俯视图。

[0036] 图2M是表示声子晶体又一例的俯视图。

[0037] 图2N是表示声子晶体又一例的俯视图。

[0038] 图2O是表示声子晶体又一例的俯视图。

[0039] 图3A是表示实施方式1的热电堆型传感器的变形例的截面图。

[0040] 图3B是表示实施方式1的热电堆型传感器另一变形例的截面图。

[0041] 图3C是表示实施方式1的热电堆型传感器又一变形例的截面图。

[0042] 图3D是表示实施方式1的热电堆型传感器又一变形例的截面图。

[0043] 图3E是表示实施方式1的热电堆型传感器又一变形例的截面图。

[0044] 图3F是表示实施方式1的热电堆型传感器又一变形例的截面图。

[0045] 图4A是表示实施方式1的热电堆型传感器的制造方法的截面图。

[0046] 图4B是表示实施方式1的热电堆型传感器的制造方法的截面图。

[0047] 图4C是表示实施方式1的热电堆型传感器的制造方法的截面图。

[0048] 图4D是表示实施方式1的热电堆型传感器的制造方法的截面图。

[0049] 图4E是表示实施方式1的热电堆型传感器的制造方法的截面图。

[0050] 图4F是表示实施方式1的热电堆型传感器的制造方法的截面图。

[0051] 图4G是表示实施方式1的热电堆型传感器的制造方法的截面图。

[0052] 图4H是表示实施方式1的热电堆型传感器的制造方法的截面图。

[0053] 图5A是示意性地表示实施方式2的热电堆型传感器的俯视图。

[0054] 图5B是将图5A的热电堆型传感器的VB-VB线作为切断线的截面图。

- [0055] 图5C是表示实施方式2的热电堆型传感器的变形例的截面图。
- [0056] 图6A是表示实施方式2的热电堆型传感器的制造方法的截面图。
- [0057] 图6B是表示实施方式2的热电堆型传感器的制造方法的截面图。
- [0058] 图6C是表示实施方式2的热电堆型传感器的制造方法的截面图。
- [0059] 图6D是表示实施方式2的热电堆型传感器的制造方法的截面图。
- [0060] 图7A是示意性地表示实施方式3的热电堆型传感器的俯视图。
- [0061] 图7B是将图7A的热电堆型传感器的VII B-VII B线作为切断线的截面图。
- [0062] 图7C是表示实施方式3的热电堆型传感器的变形例的截面图。
- [0063] 图7D是表示实施方式3的热电堆型传感器的变形例的截面图。
- [0064] 图8A是表示实施方式3的热电堆型传感器的制造方法的截面图。
- [0065] 图8B是表示实施方式3的热电堆型传感器的制造方法的截面图。
- [0066] 图8C是表示实施方式3的热电堆型传感器的制造方法的截面图。
- [0067] 图8D是表示实施方式3的热电堆型传感器的制造方法的截面图。
- [0068] 图9A是示意性地表示实施方式4的热电堆型传感器的俯视图。
- [0069] 图9B是将图9A的热电堆型传感器的IX B-IX B线作为切断线的截面图。
- [0070] 图9C是表示实施方式4的热电堆型传感器的变形例的截面图。
- [0071] 图9D是表示实施方式4的热电堆型传感器另一变形例的截面图。
- [0072] 图10A是表示实施方式5的热电堆型传感器的截面图。
- [0073] 图10B是表示实施方式5的热电堆型传感器的变形例的截面图。
- [0074] 图10C是表示实施方式5的热电堆型传感器另一变形例的截面图。
- [0075] 图10D是表示实施方式5的热电堆型传感器又一变形例的截面图。
- [0076] 图11A是表示实施方式5的热电堆型传感器的制造方法的截面图。
- [0077] 图11B是表示实施方式5的热电堆型传感器的制造方法的截面图。
- [0078] 图11C是表示实施方式5的热电堆型传感器的制造方法的截面图。
- [0079] 图11D是表示实施方式5的热电堆型传感器的制造方法的截面图。
- [0080] 图11E是表示实施方式5的热电堆型传感器的制造方法的截面图。
- [0081] 图11F是表示实施方式5的热电堆型传感器的制造方法的截面图。
- [0082] 图11G是表示实施方式5的热电堆型传感器的制造方法的截面图。
- [0083] 图12A是示意性地表示实施方式6的传感器阵列的俯视图。
- [0084] 图12B是示意性地表示实施方式6的传感器阵列的俯视图。

具体实施方式

[0085] (作为本公开基础的见解)

[0086] 热电堆型传感器具备包含p型材料和n型材料的热电偶。p型材料中,空穴作为导电的载流子发挥作用,n型材料中,电子作为导电的载流子发挥作用。作为热电堆型传感器中的热电偶的一例,考虑在通过梁而悬架在基板上的传感部具有热接点,并且在基板上具有冷接点的结构。认为通过该结构,热电偶的具有热接点的传感部不易受到基板的热影响。认为在这样的热电堆型传感器中,若在悬架的传感部附加吸收红外线的红外线受光部,则热电堆型传感器能够作为红外线传感器发挥作用。此外,认为在这样的热电堆型传感器中,若

在悬架的传感部附加对特定气体发生反应的催化剂层,则热电堆型传感器能够作为气体传感器发挥作用。在这样的热电堆型传感器中,梁的绝热性能越高,红外线检测灵敏度和气体的检测灵敏度等传感器的性能就越容易提高。

[0087] 为了降低构件的热导率,考虑构件的多孔质化。具有声子晶体的构件能够发挥比由伴随构件多孔质化的构件体积减少而引起的经典的热导率降低更高的绝热性能。例如,专利文献1记载了通过将声子晶体导入红外线受光部的梁,能够提高红外线传感器的灵敏度。

[0088] 在热电堆型传感器中,假设构成热电偶的p型材料和n型材料具有不同的热物性。例如,Journal of Micromechanics and Microengineering 19,125029(2009)记载了在母材为多晶硅的n型材料和p型材料中,两者的热导率大不相同。当热电堆型传感器中在构成热电偶的p型材料和n型材料的热导率互不相同的情况下,如果由传感部检测红外线或气体而传感部的温度上升,则热电偶的温度分布会变得不均匀。结果,在热电偶产生热应力。在热电偶经历急剧的温度变化时,或者热电偶中的温度梯度大时,热电偶中会产生大的热应力。产生的热应力超过构成热电偶的构件的屈服应力时,热电偶中产生龟裂或永久变形。根据本发明人的研究,在为了提高绝热性能而导入了声子晶体的热电堆型传感器的部位,检测到红外线和气体等对象时的传感部的温度容易大幅上升。该情况下,由热应力引起的热电堆型传感器的构件的破坏风险容易变高。

[0089] 因此,本发明人对于从降低热电堆型传感器的构件的破坏风险的观点来看有利的技术反复深入研究。结果,本发明人得到了以下新见解:通过调整声子晶体以使得构成热电偶的p型部位和n型部位的声子的界面散射频率成为预定关系,能够减小热应力。此外,得到了以下新见解:在构成热电偶的p型部位和n型部位中,通过调整俯视时的多个孔的面积之和相对于声子晶体的面积的比,能够减小热应力。基于该新见解,本发明人提出了本公开的热电堆型传感器。

[0090] (本公开一方式的概述)

[0091] 本公开提供以下的热电堆型传感器。

[0092] 所述热电堆型传感器具备p型部位和n型部位,

[0093] 所述p型部位含有p型材料并具有第一声子晶体,所述第一声子晶体在俯视时排列有多个第1孔,

[0094] 所述n型部位含有n型材料并具有第二声子晶体,所述第二声子晶体在俯视时排列有多个第2孔,

[0095] 所述p型部位和所述n型部位构成热电偶,

[0096] 所述热电堆型传感器满足选自下述(I)和(II)中的至少1个条件。

[0097] (I)所述第一声子晶体中的声子的界面散射频率与所述第二声子晶体中的声子的界面散射频率不同。

[0098] (II)所述第一声子晶体在俯视时的所述多个第1孔的面积之和相对于所述第一声子晶体的面积的比,与所述第二声子晶体在俯视时的所述多个第2孔的面积之和相对于所述第二声子晶体的面积的比不同。

[0099] 上述热电堆型传感器在热电偶中产生的热应力容易变小,所以从降低构件的破坏风险的观点来看是有利的。

[0100] (本公开的实施方式)

[0101] 以下,参照附图对本公开的实施方式进行说明。再者,以下说明的实施方式都表示概括例或具体例。在以下的实施方式中所示的数值、形状、材料、构成要件、构成要件的配置位置及连接方式、工艺条件、步骤、步骤的顺序等是一例,没有限定本公开的意思。对于以下的实施方式中的构成要件之中没有记载在表示最上位概念的独立权利要求中的构成要件,作为任选的构成要件进行说明。再者,各图是示意图,未必严格地图示。

[0102] (实施方式1)

[0103] 图1A和图1B表示实施方式1的热电堆型传感器1a。热电堆型传感器1a具备p型部位11和n型部位12。p型部位11含有p型材料。此外,p型部位11具有俯视时排列有多个孔10h的第一声子晶体11c。n型部位12含有n型材料。此外,n型部位12具有俯视时排列有多个孔10h的第二声子晶体12c。在热电堆型传感器1a中,p型部位11和n型部位12构成了热电偶10。热电堆型传感器1a满足选自下述(I)和(II)中的至少一个条件。

[0104] (I) 第一声子晶体11c中的声子的界面散射频率与第二声子晶体12c中的声子的界面散射频率不同。

[0105] (II) 比R1与比R2不同。比R1是第一声子晶体11c在俯视时的多个孔10h的面积之和相对于第一声子晶体11c的面积之比。比R2是第二声子晶体12c在俯视时的多个孔10h的面积之和相对于第二声子晶体12c的面积之比。

[0106] 在绝缘体和半导体中,热主要由声子运送,声子是将晶格振动量子化的准粒子。包含绝缘体或半导体的材料的热导率由材料中的声子的色散关系决定。声子的色散关系可包含频率与波数的关系或频带结构。绝缘体和半导体中运送热的声子的频带范围涉及100GHz~10THz的宽范围。包含绝缘体或半导体的材料的热导率由属于该频带范围的声子的行为决定。声子具有按频率由声子彼此的散射和杂质引起的散射所确定的有限的平均自由程。平均自由程相当于声子能够不受散射干扰而行进的距离。声子根据频率具有从几埃到几微米的宽的平均自由程。在具有高热导率的材料中,具有长平均自由程的声子主要传输热,在具有低热导率的材料中,具有短平均自由程的声子主要运送热。

[0107] 根据声子晶体,能够通过排列有多个孔的结构来调整声子的界面散射频率,能够调节声子的有效平均自由程。结构等的代表长度越短,声子的界面散射频率就越高。因此,例如通过调节选自下述(i)、(ii)和(iii)中的至少一种,能够调节声子的界面散射频率。声子的界面散射频率变高时,结构的热导率下降。此外,通过调节下述(ii),能够调整声子晶体的有效热传导率。

[0108] (i) 声子晶体在俯视时的最接近的孔彼此的最短距离

[0109] (ii) 俯视时多个孔的面积之和相对于声子晶体的面积之比

[0110] (iii) 声子晶体的比表面积

[0111] 例如,p型部位11所含的p型材料的热导率和n型部位12所含的n型材料的热导率彼此不同。另一方面,第一声子晶体11c中的声子的界面散射频率与第二声子晶体12c中的声子的界面散射频率不同。或者,比R1与比R2不同。由此,能够减小p型部位11的热导率与n型部位12的热导率之差,热电偶10中的温度分布容易变均匀。其结果,在热电偶10中产生的热应力容易变小,在热电堆型传感器1a中热电偶10等构件的破坏风险低。在本说明书中,热导率是指例如25°C时的值。

[0112] 如图1A和图1B所示,热电堆型传感器1a具备基板20和传感器层15。传感器层15包含热电偶10。传感器层15具有连接部15c、梁15b和传感部15d。连接部15c将传感器层15与基板20连接。例如,连接部15c与基板20接触。梁15b与传感部15d连接,在使其离开基板20的状态下支持着传感部15d。传感部15d和梁15b包含热电偶10。p型部位11例如具有正的塞贝克系数。n型部位12具有负的塞贝克系数。

[0113] 热电堆型传感器1a例如构成为红外线传感器,传感部15d例如包含红外线受光部15e。

[0114] 如图1A和图1B所示,热电堆型传感器1a例如还具备信号处理电路30、布线31和电极焊盘33。红外线入射到红外线受光部15e时,红外线受光部15e的温度上升。此时,作为热浴的基板20和基板20上的构件与红外线受光部15e之间的热绝缘性越高,红外线受光部15e的温度就上升得越高。随着红外线受光部15e的温度上升,在热电偶10中产生由塞贝克效应引起的电动势。产生的电动势由信号处理电路30进行处理,由此热电堆型传感器1a检测红外线。在热电堆型传感器1a中,能够通过信号处理电路30中的信号处理,进行红外线的强度测定和/或对象物的温度测定。由信号处理电路30处理后的电信号可以通过电极焊盘33读出。

[0115] 基板20具有凹部25。凹部25在基板20的一个主面开口。如图1A所示,热电堆型传感器1a在俯视时,传感部15d和梁15b在凹部25重叠。传感部15d和梁15b悬架在凹部25上。

[0116] 基板20典型地由半导体构成。半导体例如是Si。不过,基板20也可以由Si以外的半导体或半导体以外的材料构成。

[0117] 构成布线31的材料不限于特定材料。布线31例如由杂质半导体、金属或金属化合物构成。金属和金属化合物例如可以是Al、Cu、TiN和TaN等的一般在半导体工艺中使用的材料。

[0118] 信号处理电路30例如具有能够处理包含晶体管元件的电信号的公知结构。

[0119] 传感器层15可以是单层结构,也可以是多层结构。如图1B所示,传感器层15是热电偶10面对着基板20的单层。该情况下,构成传感器层15的材料可以是能够通过掺杂将负责导电的载流子调整为空穴和电子中的任一种的半导体材料。这种半导体材料的例子是Si、SiGe、SiC、GaAs、InAs、InSb、InP、GaN、ZnO和BiTe。热电偶10中的半导体的母材不限于这些例子。热电偶10中的半导体的母材可以是单晶材料,可以是多晶材料,也可以是非晶材料。在单晶材料中,在长距离上保持着原子排列的秩序。热电偶10包含例如厚度为10nm以上且500nm以下的薄膜。

[0120] p型部位11的一端和n型部位12的一端例如通过热接点13彼此电连接。热接点13例如由金属膜或金属化合物膜构成。由此,由p型部位11、n型部位12和热接点13构成热电偶元件。形成热接点13的金属膜或金属化合物膜不限于特定膜,例如可以是TiN、TaN、Al、Ti和Cu等的一般在半导体工艺中使用的金属或金属化合物的膜。传感器层15的梁15b和传感部15d可以由p型部位11和n型部位12构成,也可以包含未掺杂杂质的未掺杂部位。

[0121] 通过使形成热接点13的金属膜或金属化合物膜的薄膜电阻与真空的阻抗相匹配,也可以使热接点13作为红外线吸收层发挥作用。例如,在热接点13含有TiN的情况下,通过将热接点13的厚度调节为10nm左右,能够使热接点13的薄膜电阻与真空的阻抗相匹配。

[0122] 如图1A所示,布线31和p型部位11例如通过连接部15c电连接。布线31和n型部位12

例如通过连接部15c电连接。布线31将p型部位11和信号处理电路30电连接,布线31将n型部位12和信号处理电路30电连接。

[0123] 在p型部位11的第一声子晶体11c中,声子的界面散射频率比其他部分高,第一声子晶体11c的热导率比p型部位11所含的p型材料的热导率低。在n型部位12的第二声子晶体12c中,声子的界面散射频率比其他部分高,第二声子晶体12c的热导率比n型部位12所含的n型材料的热导率低。

[0124] 第一声子晶体11c的孔10h和第二声子晶体12c的孔10h的形状不限于特定形状。第一声子晶体11c或第二声子晶体12c在俯视时,孔10h的形状可以是圆形,也可以是三角形或四边形等多边形。孔10h可以是贯通传感器层15的贯通孔,也可以是非贯通孔。在孔10h是贯通孔的情况下,p型部位11或n型部位12的热导率容易变得更低。在孔10h是非贯通孔的情况下,梁15b容易具有高强度。

[0125] 例如,在第一声子晶体11c和第二声子晶体12c中,多个孔10h的排列具有周期性。换言之,第一声子晶体11c和第二声子晶体12c各自在俯视时,多个孔10h规则地排列。多个孔10h的周期例如为1nm~5 μ m。由于运送热的声子的波长主要涉及1nm~5 μ m的范围,因此多个孔10h的周期为1nm~5 μ m在降低第一声子晶体11c和第二声子晶体12c的热导率方面是有利的。

[0126] 图2A、图2B、图2C和图2D表示声子晶体的晶胞10k的例子。第一声子晶体11c和第二声子晶体12c的晶胞不限于特定晶胞。如图2A所示,晶胞10k可以是正方晶格。如图2B所示,晶胞10k可以是三角晶格。如图2C所示,晶胞10k可以是矩形晶格。如图2D所示,晶胞10k也可以是面心矩形晶格。

[0127] 第一声子晶体11c和第二声子晶体12c分别可以包含不同种类的多个晶胞。图2E表示声子晶体的一例。如图2E所示,在第一声子晶体11c或第二声子晶体12c中,例如,具有2种不同的晶胞10k的孔10h的排列图案可以混合存在。

[0128] 如图1A所示,第一声子晶体11c和第二声子晶体12c例如分别形成在梁15b上。由此,能够提高基板20与传感部15d之间的热绝缘性,热电堆型传感器1a容易具有高灵敏度。

[0129] 第一声子晶体11c和第二声子晶体12c分别例如是单晶。第一声子晶体11c和第二声子晶体12c分别可以是多晶体。该情况下,第一声子晶体11c和第二声子晶体12c分别具有多个晶畴,各晶畴中的声子晶体是单晶。换言之,多晶状态的声子晶体是多个声子单晶的复合体。在多个晶畴中,多个孔10h在不同的方向上规则地排列。在各晶畴中,晶胞的取向相同。在第一声子晶体11c和第二声子晶体12c各自的俯视图中,各晶畴的形状可以相同,也可以不同。第一声子晶体11c和第二声子晶体12c各自在俯视时,各晶畴的尺寸可以相同,也可以不同。

[0130] 在第一声子晶体11c或第二声子晶体12c是多晶的情况下,俯视下的各晶畴的形状不限于特定形状。俯视下的各晶畴的形状例如是包括三角形、正方形和矩形在内的多边形、圆、椭圆和它们的复合形状。俯视下的各晶畴的形状也可以是不定形的。第一声子晶体11c或第二声子晶体12c所含的晶畴的数目不限于特定值。

[0131] 例如,p型部位11所含的p型材料的热导率与n型部位12所含的n型材料的热导率不同。换言之,p型材料和n型材料中一者的热导率比p型材料和n型材料中另一者的热导率高。在含有热导率较高的材料的p型部位11和n型部位12中一者的声子晶体中的声子的界面散

射频率,比p型部位11和n型部位12中另一者的声子晶体中的声子的界面散射频率高。或者, p型部位11和n型部位12中一者的俯视时的多个孔10h的面积之和相对于声子晶体的面积的比,比p型部位11和n型部位12中另一者的更大。

[0132] 在p型部位11的p型材料的热导率比n型部位12的n型材料的热导率高的情况下,热电堆型传感器1a例如满足选自下述(Ia)和(IIa)中的至少一个条件。在这些条件下,第一声子晶体11c和第二声子晶体12c中的多个孔10h的排列不限定于特定方式。

[0133] (Ia) 第一声子晶体11c中的声子的界面散射频率高于第二声子晶体12c中的声子的界面散射频率。

[0134] (IIa) 比R1大于比R2。

[0135] 例如,可以通过调节选自上述(i)、(ii)和(iii)中的至少一个,来调节声子晶体中声子的界面散射频率。在p型部位11的p型材料的热导率比n型部位12的n型材料的热导率高的情况下,例如,满足选自下述(ia)、(iia)和(iiaa)中的至少一个。

[0136] (ia) 第一声子晶体11c的俯视时的最接近的孔10h彼此的最短距离比第二声子晶体12c的俯视时的最接近的孔10h彼此的最短距离更短。

[0137] (iia) 比R1大于比R2。

[0138] (iiaa) 第一声子晶体11c的比表面积SV1大于第二声子晶体12c的比表面积SV2。通过将第一声子晶体11c的表面积除以第一声子晶体11c的体积来确定比表面积SV1。通过将第二声子晶体12c的表面积除以第二声子晶体12c的体积来确定比表面积SV2。

[0139] 在n型部位12的n型材料的热导率比p型部位11的p型材料的热导率更高的情况下,热电堆型传感器1a例如满足选自下述(Ib)和(IIb)中的至少一个条件。在这些条件下,第一声子晶体11c和第二声子晶体12c中的多个孔10h的排列不限定于特定方式。

[0140] (Ib) 第二声子晶体12c中的声子的界面散射频率高于第一声子晶体11c中的声子的界面散射频率。

[0141] (IIb) 比R2大于比R1。

[0142] 在n型部位12的n型材料的热导率比p型部位11的p型材料的热导率更高的情况下,例如,满足选自下述(ib)、(iib)和(iia)中的至少一个。

[0143] (ib) 第二声子晶体12c在俯视时的最接近的孔10h彼此的最短距离,比第一声子晶体11c在俯视时的最接近的孔10h彼此的最短距离更短。

[0144] (iia) 比R2大于比R1。

[0145] (iiaa) 第二声子晶体12c的比表面积SV2大于第一声子晶体11c的比表面积SV1。

[0146] 关于条件(ia)和(ib),假设在第一声子晶体11c或第二声子晶体12c中,最接近的孔10h彼此的最短距离根据位置而不同。该情况下,例如,对于各孔10h,确定与其最接近的孔10h的最短距离。而且,可以通过将对于多个孔10h的该最短距离的总和除以多个孔10h的数量来确定第一声子晶体11c或第二声子晶体12c的俯视时的最接近的孔10h彼此的最短距离。

[0147] 图2F、图2G、图2H、图2I、图2J、图2K、图2L、图2M、图2N和图2O分别表示形成第一声子晶体11c和第二12c的声子晶体的例子。

[0148] 第一声子晶体11c和第二声子晶体12c中的一个例如是图2F所示的声子晶体10a。此外,第一声子晶体11c和第二声子晶体12c中的另一个例如是图2G所示的声子晶体10b。

[0149] 声子晶体10a在俯视时,各孔10h的直径为 d_1 ,最接近的孔10h彼此的最短距离为 c_1 。声子晶体10b在俯视时,各孔10h的直径为 d_2 ,最接近的孔10h彼此的最短距离为 c_2 。虽然满足 $d_1 > d_2$ 的关系,但在声子晶体10a和声子晶体10b中,各孔10h的直径除以多个孔10h的排列周期而得到的值相等。因此,在声子晶体10a和声子晶体10b中,俯视时的多个孔的面积之和相对于声子晶体的面积的比相等。另一方面,由于满足 $c_1 < c_2$ 的关系,所以声子晶体10a中的声子的界面散射频率比声子晶体10b中的声子的界面散射频率更高。

[0150] 在声子晶体中,最接近的孔彼此的最短距离例如可以通过多个孔的规则排列的周期来调整。例如,考虑声子晶体的母材为Si,俯视时的多个孔的面积之和相对于声子晶体的面积的比为50%,多个孔以100nm以下的周期规则排列的情况。该情况下,如果多个孔的排列周期变化10%,则声子晶体的热导率会变化15%以上。例如,考虑声子晶体的母材为Si,俯视时的多个孔的面积之和相对于声子晶体的面积的比为50%,多个孔以50nm以下的周期规则排列的情况。该情况下,如果多个孔的排列周期变化5%,则声子晶体的热导率会变化10%以上。因此,例如,也可考虑将p型部位的声子晶体的多个孔的排列周期与n型部位的声子晶体的多个孔的排列周期之差调整为5%左右。该情况下,能够充分降低p型部位的声子晶体的热导率与n型部位的声子晶体的热导率之差,能够在热电堆型传感器中降低热电偶等构件的破坏风险。再者,俯视时的多个孔的面积之和相对于声子晶体的面积的比越大,由多个孔的排列周期的微小变化引起的声子晶体的热导率变化就越大。

[0151] 第一声子晶体11c和第二声子晶体12c中的一者可以是图2H所示的声子晶体10c。此外,第一声子晶体11c和第二声子晶体12c中的另一者可以是图2I所示的声子晶体10d。

[0152] 声子晶体10c在俯视时,各孔10h的直径为 d_3 ,最接近的孔10h彼此的最短距离为 c_3 。声子晶体10d在俯视时,各孔10h的直径为 d_4 ,最接近的孔10h彼此的最短距离为 c_4 。在声子晶体10c和声子晶体10d中,多个孔10h的排列周期相等。另一方面,在声子晶体10c和声子晶体10d中,满足 $d_3 > d_4$ 和 $c_3 < c_4$ 的关系。考虑最接近的孔10h彼此的最短距离、俯视时的多个孔10h的面积之和相对于声子晶体的面积的比、以及声子晶体的俯视时的多个孔10h的周长之和除以第一声子晶体的面积而得到的值。考虑到这些事项,声子晶体10c中的声子的界面散射频率比声子晶体10d中的声子的界面散射频率更高。

[0153] 例如,考虑声子晶体的母材是Si,多个孔以300nm的周期规则排列,俯视时的多个孔的面积之和相对于声子晶体的面积的比超过19%的情况。该情况下,如果俯视时的多个孔的面积之和相对于声子晶体的面积的比变化2%,则声子晶体的热导率会变化10%以上。因此,例如,可考虑将俯视时的多个孔的面积之和相对于p型部位的声子晶体的面积的比、与俯视时的多个孔的面积之和相对于p型部位的声子晶体的面积的比之差调整为2%左右。该情况下,能够充分降低p型部位的热导率与n型部位的热导率之差,能够在热电堆型传感器中降低热电偶等构件的破坏风险。再者,声子晶体中的多个孔的排列周期越小,由俯视时的多个孔的面积之和相对于声子晶体的面积的比的微小变化引起的声子晶体的热导率变化就越大。

[0154] 第一声子晶体11c和第二声子晶体12c中的一者可以是图2J所示的声子晶体10e。此外,第一声子晶体11c和第二声子晶体12c中的另一者可以是图2K所示的声子晶体10f。

[0155] 声子晶体10e在俯视时,各孔10h的直径为 d_5 ,最接近的孔10h彼此的最短距离为 c_5 。声子晶体10f在俯视时,各孔10h的直径为 d_5 ,最接近的孔10h彼此的最短距离为 c_6 。声子

晶体10e和声子晶体10f在俯视时,各孔10h的直径相等。另一方面,满足 $c5 < c6$ 的关系。考虑最接近的孔10h彼此的最短距离、俯视时的多个孔10h的面积之和相对于声子晶体的面积的比、以及声子晶体的俯视时多个孔10h的周长之和除以第一声子晶体的面积而得到的值。考虑到这些事项,声子晶体10e中的声子的界面散射频率比声子晶体10f中的声子的界面散射频率更高。

[0156] 第一声子晶体11c和第二声子晶体12c中的一者可以具有图2L所示的声子晶体10g。此外,第一声子晶体11c和第二声子晶体12c中的另一者可以具有图2M所示的声子晶体10m。

[0157] 声子晶体10g和声子晶体10m在俯视时,各孔10h的直径为 $d7$,最接近的孔10h彼此的最短距离为 $c7$ 。声子晶体10g在俯视时,多个孔10h的排列的晶胞是三角晶格,声子晶体10m在俯视时,多个孔10h的排列的晶胞是正方晶格。三角晶格的填充率比正方晶格的填充率高。考虑俯视时的多个孔10h的面积之和相对于声子晶体的面积的比、以及声子晶体的俯视时的多个孔10h的周长之和除以第一声子晶体的面积所得的值。考虑到这些事项,声子晶体10g中的声子的界面散射频率比声子晶体10m中的声子的界面散射频率更高。

[0158] 第一声子晶体11c和第二声子晶体12c中的一者可以具有图2N所示的声子晶体10i。此外,第一声子晶体11c和第二声子晶体12c中的另一者可以具有图2O所示的声子晶体10j。

[0159] 关于多个孔10h的排列,声子晶体10i和声子晶体10j分别具有多种排列模式。声子晶体10i具有以下的多个孔10h的排列图案,俯视时,各孔10h的直径为 $d8$,并且最接近的孔10h彼此的最短距离为 $c8$ 。此外,声子晶体10i具有以下的多个孔10h的排列图案,俯视时,各孔10h的直径为 $d9$,并且最接近的孔10h彼此的最短距离为 $c9$ 。声子晶体10j具有以下的多个孔10h的排列图案,俯视时,各孔10h的直径为 $d8$,并且最接近的孔10h彼此的最短距离为 $c8$ 。此外,声子晶体10i具有以下的多个孔10h的排列图案,俯视时,各孔10h的直径为 $d10$,并且最接近的孔10h彼此的最短距离为 $c10$ 。满足 $d9 > d10$ 的关系。考虑到俯视时的多个孔10h的面积之和相对于声子晶体的面积的比,声子晶体10i中的声子界面散射频率比声子晶体10j中的声子界面散射频率更高。

[0160] 第一声子晶体11c的热导率与第二声子晶体12c的热导率之差不限定于特定值。该差例如为第一声子晶体11c的热导率和第二声子晶体12c的热导率之中较低的热导率的10%以下。由此,热电偶10的温度容易保持均匀,能够降低热电堆型传感器1a中的热应力引起的构件破坏的风险。第一声子晶体11c的热导率与第二声子晶体12c的热导率之差可以是较低的热导率的10%以上。可理解到,第一声子晶体11c的热导率与第二声子晶体12c的热导率之差小于p型部位11所含的p型材料与n型部位12所含的n型材料之差是有效的。

[0161] 第一声子晶体11c的热导率与第二声子晶体12c的热导率之差例如为 $5W/(m \cdot K)$ 以下,可以为 $1W/(m \cdot K)$ 以下,也可以为 $0.5W/(m \cdot K)$ 以下。

[0162] 热电堆型传感器1a可以从各种观点出发进行变更。图3A、图3B、图3C、图3D、图3E和图3F分别表示热电堆型传感器1a的变形例。这些变形例除了特别说明的部分以外,与热电堆型传感器1a同样地构成。对与热电堆型传感器1a的构成要件相同或对应的各变形例的构成要件附带相同标记,并省略详细说明。关于热电堆型传感器1a的说明只要在技术上不矛盾,也适用于这些变形例。

[0163] 如图3A所示,热电堆型传感器1b例如具备红外线反射层40。红外线反射层40配置在凹部25的底面。由此,热电堆型传感器1b容易对红外线具有更高的灵敏度。形成红外线反射层40的材料不限于特定材料。该材料可以是Al、Cu、W和Ti等金属,可以是TiN和TaN等金属化合物,也可以是高导电性Si。

[0164] 如图3B所示,热电堆型传感器1c例如具备红外线吸收层14。红外线吸收层14例如配置在热接点13上。由此,热电堆型传感器1c容易对红外线具有更高的灵敏度。红外线吸收层14不限于特定结构。红外线吸收层14可以是TaN、Cr和Ti等材料的膜,可以是多孔金属膜,也可以是SiO₂等的电介质膜。

[0165] 如图3C所示,在热电堆型传感器1d中,第一声子晶体11c和第二声子晶体12c除了梁15b之外,还分别形成于传感部15d上。该情况下,能够更加提高基板20与传感部15d之间的热绝缘性。

[0166] 如图3D和图3E所示,热电堆型传感器1e和1f具备多个热电偶10。

[0167] 在热电堆型传感器1e中,并列配置有多个热电偶10。该情况下,即使多个热电偶10中的任一个发生故障,也可以使用其他的热电偶10进行传感。

[0168] 在热电堆型传感器1f中,串联配置有多个热电偶10。该情况下,可得到与多个热电偶10分别产生的热电动势之和相对应的输出,所以热电堆型传感器1f容易具有高灵敏度。如图3E所示,热电堆型传感器1f具备冷接点16。冷接点16与连接部15c连接,将各热电偶10电连接。冷接点16例如包含金属膜。如图3E所示,在热电堆型传感器1f中,在同一梁15b上形成有p型部位11和n型部位12。因此,第一声子晶体11c和第二声子晶体12c形成在同一梁15b上。

[0169] 如图3F所示,热电堆型传感器1g具备绝缘膜18。由此,能够形成多级的布线层,能够将由热电偶10产生的电动势效率良好地传递到信号处理电路30。

[0170] 对热电堆型传感器1a的制造方法一例进行说明。热电堆型传感器1a的制造方法不限于以下方法。

[0171] 如图4A所示,通过光刻(photolithography)和蚀刻(etching)在基板20的一个主面上形成深度为1 μ m左右的凹部25。基板20例如是Si基板。接着,如图4B所示,以覆盖凹部25的方式形成包含与基板20的材料不同的SiO₂等材料的牺牲层51。接着,如图4C所示,通过化学机械抛光(CMP)等方法,去除凹部25外侧的牺牲层52。接着,如图4D所示,在基板20的去除了牺牲层52的区域形成包含晶体管元件的信号处理电路30。然后,如图4E所示,通过化学气相沉积(CVD)等方法形成包含多晶硅等半导体的传感器层15,对传感器层15的预定区域进行掺杂,形成p型部位11和n型部位12。掺杂例如使用离子注入等方法进行。

[0172] 接着,如图4F所示,在传感器层15的p型部位11和n型部位12分别形成声子晶体。在声子晶体的形成中,根据孔的形状使用多种刻蚀(lithography)技术。例如,在具有300nm以上的周期的声子晶体的形成中使用光刻法。对于具有100nm~300nm的周期的声子晶体的形成使用电子束刻蚀。对于具有1nm~100nm的周期的声子晶体的形成使用嵌段共聚物刻蚀。形成声子晶体的微孔的方法不限于这些方法。可以使用纳米压印刻蚀等其他刻蚀来形成声子晶体。无论使用哪种刻蚀,都能够在传感器层15的任意区域形成声子晶体。

[0173] 如图2E、图2N和图2O所示的包含多个晶胞10k的声子晶体可以通过光刻或电子束刻蚀预先制作多个晶胞所对应的绘制图案来形成。包含多个晶胞的声子晶体可以通过组合

多种刻蚀来形成。例如,通过嵌段共聚物刻蚀或电子束刻蚀在所需区域形成小周期的晶胞。然后,通过光刻在相同区域重叠形成大周期的晶胞。

[0174] 在通过光刻形成声子晶体的情况下,准备设计了具有不同直径、不同周期或不同晶胞的多个孔的光掩模。用于形成第一声子晶体11c的光掩模中的图案可以形成为与用于形成第二声子晶体12c的光掩模相同的光掩模上,也可以形成为其他光掩模。通过曝光和显影工艺,将绘制在光掩模上的第一声子晶体11c和第二声子晶体12c的图案转印到涂布于传感器层15上的抗蚀剂膜上。然后,通过从抗蚀剂膜的上表面蚀刻传感器层15,形成第一声子晶体11c和第二声子晶体12c中的多个孔10h。最后,去除抗蚀剂膜而得到第一声子晶体11c和第二声子晶体12c中的多个孔10h。

[0175] 对通过电子束刻蚀形成声子晶体的情况进行说明。在对应于第一声子晶体11c的区域和对应于第二声子晶体12c的区域中,将具有不同直径、不同周期或不同晶胞的多个孔的绘制图案输入电子束辐射装置。根据输入的数据扫描电子束,照射到传感器层15上。由此,第一声子晶体11c和第二声子晶体12c的图案被直接绘制在涂布于传感器层15上的抗蚀剂膜上。在对所描绘的图案进行显影后,从转印有该图案的抗蚀剂膜的上表面蚀刻传感器层15。由此,形成第一声子晶体11c和第二声子晶体12c中的多个孔10h。最后,去除抗蚀剂膜而得到第一声子晶体11c和第二声子晶体12c中的多个孔10h。

[0176] 在通过嵌段共聚物刻蚀形成声子晶体的情况下,例如,在第一声子晶体11c的形成和第二声子晶体12c的形成中使用不同组成的嵌段共聚物。嵌段共聚物中的自组织结构的周期和排列模式根据嵌段共聚物的种类或嵌段共聚物中的各聚合物的组成比而变化。因此,通过使用具有不同组成的2种嵌段共聚物,能够形成直径、周期或晶胞不同的2种声子晶体。首先,使用第一嵌段共聚物,通过嵌段共聚物刻蚀形成第一声子晶体11c。然后,使用第二嵌段共聚物,通过嵌段共聚物刻蚀形成第二声子晶体12c。再者,在嵌段共聚物刻蚀中可以应用公知的工艺条件。

[0177] 如图4G所示,在形成第一声子晶体11c和第二声子晶体12c之后,通过光刻和蚀刻在传感器层15形成传感部15d和梁15b。此时,也形成接触孔52。接着,如图4H所示,在传感器层15上形成含有TiN、TaN、Al、Cr、Ti或Cu等材料的膜。通过对该膜进行蚀刻,形成热接点13、布线31和电极焊盘33。

[0178] 为了降低布线31的电阻,可以使热接点13用的材料和布线31用的材料不同。可以使布线31用的膜厚度比热接点13用的膜厚度大。布线31用的材料也可以是Al和Cu等具有低电阻率的金属。该情况下,布线31的厚度例如为100nm~500nm。热电偶10由形成于传感器层15的p型部位11、n型部位12、热触点13和布线31构成。

[0179] 最后,通过选择性蚀刻而去除牺牲层51,由此在基板20显现凹部25。由此,传感器层15中的梁15b和传感部15d以离开基板20的状态被悬架。再者,也可以通过各向异性蚀刻而去除基板20的一部分,使传感部15d以离开基板20的状态被悬架。该情况下,可以省略在基板20形成凹部25的工序。

[0180] 在制造热电堆型传感器1g的情况下,在图4G所示状态下,在最表层形成绝缘膜18。该情况下,通过光刻和蚀刻去除绝缘膜18的与传感器层15的梁15b和传感部15d重叠的区域,由此能够使传感器层15的梁15b和传感部15d露出。

[0181] (实施方式2)

[0182] 图5A和图5B表示实施方式2的热电堆型传感器1h。除了特别说明的部分以外,热电堆型传感器1h与热电堆型传感器1a同样地构成。对与热电堆型传感器1a的构成要件相同或对应的热电堆型传感器1h的构成要件附带相同标记,并省略详细说明。关于热电堆型传感器1a的说明,只要在技术上不矛盾,也适用于热电堆型传感器1h。

[0183] 如图5A和图5B所示,热电堆型传感器1h的传感器层15具有支持层15s。热电偶10配置在支持层15s上。传感器层15例如具备包含p型部位11和n型部位12的热电偶层15t。热电偶层15t配置在支持层15s上。通过支持层15s,梁15b和传感部15d悬架的结构强度容易变高。此外,支持层15s能够调节在热电偶10产生的应力。

[0184] 支持层15s的厚度不局限于特定值。其厚度例如为10nm以上且500nm以下。形成支持层15s的材料可以与形成热电偶层15t的材料相同,也可以不同。形成支持层15s的材料不局限于特定材料。该材料可以是Si、SiGe、SiC、GaAs、InAs、InSb、InP、GaN和ZnO等半导体材料,也可以是SiO₂、SiN、Al₂O₃等绝缘体材料。形成支持层15s的材料可以是单晶材料,可以是多晶材料,也可以是非晶材料。

[0185] 在热电堆型传感器1h中,p型部位11的母材和n型部位12的母材可以是相同材料,也可以是不同材料。例如,p型部位11的母材可以是Si,n型部位12的母材可以是SrTiO₃。p型部位11的母材和n型部位12的母材的其他例是BiTe、Bi、Sb、康铜(constantan)、铬镍合金Chromel(クロメル)和铝镍合金(alumel、アルメル)。铬镍合金Chromel是コンセプトック公司的注册商标。热电偶层15t的母材也可以是其他材料。

[0186] 在热电堆型传感器1h中,也可以在支持层15s形成多个孔。该情况下,可以在支持层15s形成多个孔以形成声子晶体。支持层15s中的多个孔可以与第一声子晶体11c或第二声子晶体12c中的多个孔10h对应地形成。支持层15s中的多个孔也可以以与多个孔10h的排列图案不同的排列图案形成。

[0187] 梁15b的热导率G_b使用热电偶层15t的热导率G_t和支持层15s的热导率G_s,表示为 $G_b = G_t + G_s$ 。例如,热电偶层15t的母材的热导率为支持层15s的母材的热导率的5倍以上时,梁15b的热导率G_b的绝对值成为接近热电偶层15t的热导率G_t的绝对值的值。该情况下,支持层15s的热导率对梁15b的热导率的影响不大。例如,考虑热电偶层15t使用Si、SrTiO₃和Bi等半导体或准金属,支持层15s使用SiO₂或SiN等非晶绝缘体的情况。该情况下,热电偶层15t的母材的热导率可成为支持层15s的母材的热导率的5倍以上。该情况下,在梁15b的热导率G_b中,热电偶层15t的热导率G_t占支配地位。因此,通过调整第一声子晶体11c中的声子的界面散射频率和第二声子晶体12c中的声子的界面散射频率得到的效果不因支持层15s中有没有多个孔而受到大的影响。在支持层15s具有多个孔的情况下,各个孔可以是贯通孔,也可以是非贯通孔。

[0188] 图5C表示热电堆型传感器1h的变形例。如图5C所示,在热电堆型传感器1i中,支持层15s具有多个支持层。支持层15s例如具有第一支持层15sa和第二支持层15sb。在第一支持层15sa的厚度方向上,第一支持层15sa配置在第二支持层15sb与热电偶层15t之间。根据这样的结构,梁15b和传感部15d悬架的结构强度容易变得更高,能够将热电偶10产生的应力调整到更希望的范围。

[0189] 表示热电堆型传感器1h的制造方法一例。热电堆型传感器1h的制造方法不局限于以下方法。

[0190] 热电堆型传感器1h例如能够应用实施方式1的制造方法制造。如图6A所示,与热电堆型传感器1a的制造方法同样地,通过由 SiO_2 等电介质构成的牺牲层51填充在作为Si基板的基板20上形成的凹部25,形成信号处理电路30。在形成了牺牲层51的基板20上,用与形成牺牲层51的材料不同的SiN等材料形成支持层15s。接着,在支持层15s上形成含有Si等半导体的热电偶层15t。通过掺杂在热电偶层15t形成p型部位11和n型部位12。掺杂可以通过离子注入等方法进行。

[0191] 接着,如图6B所示,通过与实施方式1同样的方法,在热电偶层15t的p型部位11和n型部位12形成声子的界面散射频率不同的声子晶体。该情况下,对热电偶层15t实施刻蚀。也可以调节蚀刻热电偶层15t时的蚀刻时间,在支持层15s形成与热电偶层15t同样的声子晶体。

[0192] 在声子晶体形成后,通过光刻和蚀刻配合p型部位11和n型部位12的形状调整热电偶层15t的形状。然后,通过光刻和蚀刻,配合传感部15d和梁15b的形状形成支持层15s。如图6C所示,在热电偶层15t和支持层15s的蚀刻中形成接触孔52。接着,在传感器层15上形成含有TiN、TaN、Al、Cr、Ti或Cu等材料的膜。通过对该膜进行蚀刻,如图6D所示,形成热接点13、布线31和电极焊盘33。

[0193] 最后,通过选择性蚀刻而去除牺牲层51,由此在基板20显现凹部25。由此,传感器层15中的梁15b和传感部15d以离开基板20的状态被悬架。再者,也可以通过各向异性蚀刻而去除基板20的一部分,使传感部15d以离开基板20的状态被悬架。该情况下,可以省略在基板20形成凹部25的工序。

[0194] (实施方式3)

[0195] 图7A和图7B表示实施方式3的热电堆型传感器1j。除了特别说明的部分以外,热电堆型传感器1j与热电堆型传感器1a同样地构成。对与热电堆型传感器1a的构成要件相同或对应的热电堆型传感器1j的构成要件附带相同标记,并省略详细说明。关于热电堆型传感器1a的说明,只要在技术上不矛盾,也适用于热电堆型传感器1j。

[0196] 如图7A和图7B所示,在热电堆型传感器1j中,传感器层15具有覆盖p型部位11和n型部位12的保护层15p。传感器层15例如具备包含p型部位11和n型部位12的热电偶层15t。在保护层15p的中央形成有接触孔,在该接触孔的内部以及保护层15p的主面的接触孔的周围形成有热接点13。通过保护层15p,梁15b和传感部15d悬架的结构强度容易变高。此外,可以通过保护层15p调整在热电偶10产生的应力。可以通过保护层15p保护热电偶10免受氧化环境和试剂的影响。

[0197] 保护层15p的厚度不限定于特定值。其厚度例如为10nm以上且500nm以下。形成保护层15p的材料可以与形成热电偶层15t的材料相同,也可以不同。形成保护层15p的材料不限定于特定材料。该材料可以是Si、SiGe、SiC、GaAs、InAs、InSb、InP、GaN和ZnO等半导体材料,也可以是 SiO_2 、SiN和 Al_2O_3 等绝缘体材料。形成保护层15p的材料可以是单晶材料,可以是多晶材料,也可以是非晶材料。

[0198] 在热电堆型传感器1j中,p型部位11的母材和n型部位12的母材可以是相同材料,也可以是不同材料。例如,p型部位11的母材可以是Si,n型部位12的母材可以是 SrTiO_3 。p型部位11的母材和n型部位12的母材的其他例是BiTe、Bi、Sb、康铜、铬镍合金Chromel和铝镍合金。铬镍合金Chromel是コンセプトック公司的注册商标。热电偶层15t的母材也可以是其

他材料。

[0199] 在热电堆型传感器1j中,可以在保护层15p形成多个孔。该情况下,可以在保护层15p中形成多个孔以形成声子晶体。保护层15p中的多个孔可以与第一声子晶体11c或第二声子晶体12c中的多个孔10h对应地形成,也可以与多个孔10h的排列图案不同的排列图案形成。

[0200] 梁15b的热导率 G_b 使用热电偶层15t的热导率 G_t 和保护层15p的热导率 G_p 表示为 $G_b = G_t + G_p$ 。例如,热电偶层15t的母材的热导率为保护层15p的母材的热导率的5倍以上时,梁15b的热导率 G_b 的绝对值成为接近热电偶层15t的热导率 G_t 的绝对值的值。该情况下,保护层15p的热导率对梁15b的热导率的影响不大。例如,考虑热电偶层15t使用Si、SrTiO₃和Bi等半导体或准金属,保护层15p使用SiO₂或SiN等非晶绝缘体的情况。该情况下,热电偶层15t的母材的热导率可成为保护层15p的母材的热导率的5倍以上。该情况下,在梁15b的热导率 G_b 中,热电偶层15t的热导率 G_t 占支配地位。因此,通过调整第一声子晶体11c中的声子的界面散射频率和第二声子晶体12c中的声子的界面散射频率得到的效果不因保护层15p中有没有多个孔而受到大的影响。在保护层15p具有多个孔的情况下,各孔可以是贯通孔或非贯通孔。

[0201] 图7C和图7D表示热电堆型传感器1j的变形例。如图7C所示,在热电堆型传感器1k中,保护层15p具有多个保护层。保护层15p例如具有第一保护层15pa和第二保护层15pb。在第一保护层15pa的厚度方向上,第一保护层15pa配置在第二保护层15pb与热电偶层15t之间。根据这样的结构,梁15b和传感部15d悬架的结构强度容易变得更高,能够将热电偶10产生的应力调整到更希望的范围。此外,能够更切实地保护热电偶10不受氧化环境和试剂的影响。

[0202] 如图7D所示,在热电堆型传感器1l中,热接点13也可以被保护层15p覆盖。由此,能够通过保护层15p保护热接点13。

[0203] 表示热电堆型传感器1j的制造方法一例。热电堆型传感器1j的制造方法不限于以下方法。

[0204] 热电堆型传感器1j例如可以应用实施方式1的制造方法制造。如图8A所示,与热电堆型传感器1a的制造方法同样地,通过由SiO₂等电介质构成的牺牲层51填充在作为Si基板的基板20形成的凹部25,形成信号处理电路30。在形成有牺牲层51的基板20上形成含有Si等半导体的热电偶层15t。通过掺杂在热电偶层15t形成p型部位11和n型部位12。掺杂可以通过离子注入等方法进行。

[0205] 接着,通过与实施方式1同样的方法,在热电偶层15t的p型部位11和n型部位12形成声子的界面散射频率不同的声子晶体。在声子晶体形成后,通过光刻和蚀刻配合p型部位11和n型部位12的形状调整热电偶层15t的形状。该情况下,如图8A所示,形成接触孔52。

[0206] 接着,如图8B所示,在热电偶层15t上形成含有SiN等材料的保护层15p。然后,通过光刻和蚀刻,配合传感部15d和梁15b的形状成形保护层15p。在保护层15p的蚀刻中,如图8C所示,形成接触孔54和接触孔56。接着,在传感器层15上形成含有TiN、TaN、Al、Cr、Ti或Cu等材料的膜。通过对该膜进行蚀刻,如图8D所示,形成热接点13、布线31和电极焊盘33。

[0207] 最后,通过选择性蚀刻而去除牺牲层51,由此在基板20显现凹部25。由此,传感器层15中的梁15b和传感部15d以离开基板20的状态被悬架。再者,也可以通过各向异性蚀刻

而去除基板20的一部分,使传感部15d以离开基板20的状态被悬架。该情况下,可以省略在基板20形成凹部25的工序。

[0208] (实施方式4)

[0209] 图9A和图9B表示实施方式4的热电堆型传感器1m。除了特别说明的部分以外,热电堆型传感器1m与热电堆型传感器1a同样地构成。对与热电堆型传感器1a的构成要件相同或对应的热电堆型传感器1m的构成要件附带相同标记,并省略详细说明。关于热电堆型传感器1a的说明,只要在技术上不矛盾,也适用于热电堆型传感器1m。

[0210] 热电堆型传感器1m的传感器层15具备支持层15s和保护层15p。热电偶10配置在支持层15s上。保护层15p覆盖p型区域11和n型区域12。传感器层15例如具备包含p型部位11和n型部位12的热电偶层15t。热电偶层15t在其厚度方向上配置在支持层15s与保护层15p之间。在保护层15p的中央形成有接触孔,在该接触孔的内部和保护层15p的主面上的接触孔的周围形成有热接点13。根据这样的结构,梁15b和传感部15d悬架的结构强度容易变得更高,能够将热电偶10产生的应力调整到更希望的范围。此外,能够更切实地保护热电偶10不受氧化环境和试剂的影响。

[0211] 在热电堆型传感器1m中,形成支持层15s、保护层15p和热电偶层15t的材料例如可以是实施方式2和3中记载的材料。

[0212] 在热电堆型传感器1m中,也可以在支持层15s和保护层15p形成多个孔。该情况下,可以在支持层15s和保护层15p形成多个孔以形成声子晶体。支持层15s和保护层15p中的多个孔可以与第一声子晶体11c或第二声子晶体12c中的多个孔10h对应地形成。支持层15s和保护层15p中的多个孔也可以以与多个孔10h的排列图案不同的排列图案形成。如实施方式2和3所述,调整第一声子晶体11c和第二声子晶体12c中的声子的界面散射频率的效果不因支持层15s和保护层15p中有没有多个孔而受到大的影响。在支持层15s和保护层15p具有多个孔的情况下,各孔可以是贯通孔,也可以是非贯通孔。

[0213] 图9C和图9D表示热电堆型传感器1m的变形例。如图9C所示,在热电堆型传感器1n中,支持层15s具有多个支持层。此外,保护层15p具有多个保护层。支持层15s例如具有第一支持层15sa和第二支持层15sb。在第一支持层15sa的厚度方向上,第一支持层15sa配置在第二支持层15sb与热电偶层15t之间。保护层15p例如具有第一保护层15pa和第二保护层15pb。在第一保护层15pa的厚度方向上,第一保护层15pa配置在第二保护层15pb与热电偶层15t之间。根据这样的结构,梁15b和传感部15d悬架的结构强度容易变得更高,能够将热电偶10产生的应力调整到更希望的范围。此外,能够更切实地保护热电偶层15t不受氧化环境和试剂的影响。

[0214] 如图9D所示,在热电堆型传感器1o中,热接点13也可以被保护层15p覆盖。由此,能够通过保护层15p保护热接点13。

[0215] 热电堆型传感器1m能够应用实施方式2和3中记载的制造方法制造。

[0216] (实施方式5)

[0217] 图10A表示实施方式5的热电堆型传感器1p。除了特别说明的部分以外,热电堆型传感器1p与热电堆型传感器1a同样地构成。对与热电堆型传感器1a的构成要件相同或对应的热电堆型传感器1p的构成要件附带相同标记,并省略详细说明。关于热电堆型传感器1a的说明,只要在技术上不矛盾,也适用于热电堆型传感器1p。

[0218] 如图5所示,在热电堆型传感器1p中,基板20具备第一基板21和层间膜22。在层间膜22的厚度方向上,层间膜22配置在第一基板21与传感器层15之间。凹部25形成于层间膜22。形成层间膜20的材料是 SiO_2 、 SiN 和 Si 等绝缘体或半导体。

[0219] 如图10A所示,传感器层15具备支持层15s、热电偶层15t和保护层15p。传感器层15可以具有包含热电偶层15t的单层结构,也可以具有其他多层结构。

[0220] 图10B、图10C和图10D表示热电堆型传感器1p的变形例。如图10B、图10C和图10D所示,热电堆型传感器1q、1r和1s分别具备红外线反射层40。在热电堆型传感器1q中,红外线反射层40配置在凹部25的底面。在热电堆型传感器1r中,红外线反射层40配置在第一基板21的主面上。在热电堆型传感器1s中,红外线反射层40形成为构成第一基板21的主面的一部分。例如,在第一基板21是 Si 基板的情况下,通过对第一基板21的主面的红外线反射层40所对应的区域以高浓度掺杂掺杂剂而得到红外线反射层40。

[0221] 形成红外线反射层40的材料不限于特定材料。该材料可以是 Al 、 Cu 、 W 和 Ti 等金属,可以是 TiN 和 TaN 等金属化合物,也可以是高导电性 Si 。

[0222] 表示热电堆型传感器1p的制造方法一例。热电堆型传感器1p例如能够应用实施方式1的热电堆型传感器1a的制造方法制造。如图11A所示,对于作为 Si 基板的第一基板21形成包含晶体管元件的信号处理电路30。如热电堆型传感器1s那样,在红外线反射层40形成为构成第一基板21的主面的一部分的情况下,也可以在第一基板21的主面的一部分以高浓度掺杂掺杂剂而形成红外线反射层40。

[0223] 接着,如图11B所示,在第一基板21的表面上形成由 SiO_2 等电介质构成的层间膜22。此时,根据信号处理电路30的高度,在层间膜22的表面会产生凹凸。如图11C所示,该凹凸可以通过CMP去除,使层间膜22的表面平坦化。由此,在后续的刻蚀中,容易以所希望的状态形成光致抗蚀剂和嵌段共聚物的膜。

[0224] 接着,如图11D所示,通过光刻和蚀刻在层间膜22形成凹部25。在凹部25的形成中,有时第一基板21的主面露出。该情况下,如图11E所示,在凹部25的内部形成电介质保护膜53。电介质保护膜53例如是厚度为100nm左右的 SiN 等电介质的膜。由此,保护第一基板21的主面。

[0225] 接着,如图11F所示,以覆盖凹部25的方式形成牺牲层55。形成牺牲层55的材料是与形成层间膜22的材料不同的材料。形成牺牲层55的材料例如是 Si 。接着,如图11G所示,通过CMP等方法去除凹部25外侧的牺牲层55。然后,通过应用实施方式1、实施方式2和实施方式3记载的制造方法,能够制造热电堆型传感器1p。

[0226] (实施方式6)

[0227] 图12A和图12B表示实施方式6的传感器阵列2a和2b。传感器阵列2a和2b具备呈一维排列或二维排列的多个热电堆型传感器1a。呈一维排列或二维排列的多个热电堆型传感器1a通过信号处理电路30和布线31彼此连接。在传感器阵列2a和2b中,呈一维排列或二维排列的多个热电堆型传感器也可以包含热电堆型传感器1b~1s中的任一个来代替热电堆型传感器1a。在传感器阵列2a和2b中,呈一维排列或二维排列的多个热电堆型传感器也可以包含热电堆型传感器1b~1s中的多种传感器。

[0228] 实施例

[0229] 以下,参照实施例更详细地说明本实施方式。不过,本实施方式的热电堆型传感器

不限于以下的实施例所示的各方式。

[0230] <实施例1>

[0231] 准备以 $1 \times 10^{16} \text{cm}^{-2}$ 的剂量注入硼离子作为杂质的p型Si膜、和以 $4 \times 10^{15} \text{cm}^{-2}$ 的剂量注入磷离子作为杂质的n型Si膜。p型Si膜和n型Si膜的厚度为150nm。

[0232] 依据热反射法测定p型Si膜和n型Si膜的热导率。声子晶体形成前的p型Si膜在25℃时的热导率为 $28 \text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 。声子晶体形成前的n型Si膜在25℃时的热导率为 $39 \text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 。可理解到n型Si膜的热导率比p型Si膜的热导率高约40%。

[0233] 在p型Si膜和n型Si膜形成声子晶体。在声子晶体的形成中,使多个孔排列成正方格状。此外,调整多个孔的排列周期P和孔的直径D,使得声子晶体在俯视时多个孔的面积之和相对于声子晶体的面积的比达到50%。通过声子晶体的形成,声子的界面散射频率增加,p型Si膜和n型Si膜的热导率下降。在p型Si膜形成周期P为1000nm且直径D为800nm的声子晶体。另一方面,在n型Si膜形成周期P为400nm且直径D为320nm的声子晶体。该情况下,具有声子晶体的p型Si膜的热导率为 $7.6 \text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$,具有声子晶体的n型Si膜的热导率为 $7.7 \text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 。具有声子晶体的n型Si膜的热导率不过比具有声子晶体的p型Si膜的热导率高约1%。认为在使用这样的p型Si膜和n型Si膜构成热电偶的情况下,在热电偶中产生的热应力低。

[0234] <比较例1>

[0235] 除了以下的点以外,与实施例1同样地得到具有声子晶体的p型Si膜和具有声子晶体的n型Si膜。在p型Si膜和n型Si膜形成周期P为1000nm且直径D为800nm的声子晶体。该情况下,具有声子晶体的p型Si膜的热导率为 $7.6 \text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$,具有声子晶体的n型Si膜的热导率为 $10.5 \text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 。具有声子晶体的n型Si膜的热导率比具有声子晶体的p型Si膜的热导率高约39%。

[0236] <实施例2>

[0237] 除了以下的点以外,与实施例1同样地得到具有声子晶体的p型Si膜和具有声子晶体的n型Si膜。在p型Si膜形成周期P为150nm且直径D为120nm的声子晶体。另一方面,在n型Si膜形成周期P为100nm且直径D为80nm的声子晶体。该情况下,具有声子晶体的p型Si膜的热导率为 $1.89 \text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$,具有声子晶体的n型Si膜的热导率为 $1.91 \text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 。该情况下,具有声子晶体的n型Si的热导率不过比具有声子晶体的p型Si的热导率高约1%。认为在使用这样的p型Si膜和n型Si膜构成热电偶的情况下,在热电偶中产生的热应力低。

[0238] <比较例2>

[0239] 除了以下的点以外,与实施例2同样地得到具有声子晶体的p型Si膜和具有声子晶体的n型Si膜。在p型Si膜和n型Si膜形成周期P为150nm且直径D为120nm的声子晶体。该情况下,具有声子晶体的p型Si膜的热导率为 $1.89 \text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$,具有声子晶体的n型Si膜的热导率为 $2.63 \text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 。具有声子晶体的n型Si膜的热导率比具有声子晶体的p型Si膜的热导率高约39%。

[0240] 根据实施例1与比较例1的对比以及实施例2与比较例2的对比可理解到,声子晶体中的周期P越小,声子晶体中的声子的界面散射频率就越容易变高。因此,声子晶体中的周期P越小,就越能够降低p型Si膜和n型Si膜的热导率。可理解到通过使p型部位和n型部位的声子晶体的周期P不同,能够减小构成热电偶的p型部位与n型部位之间的热导率的差。再者,在实施例1的p型Si膜的声子晶体中最接近的孔彼此的距离为200nm。另一方面,在实施

例1的n型Si膜的声子晶体中最接近的孔彼此的距离为80nm。在实施例2的p型Si膜中的声子晶体中最接近的孔彼此的距离为30nm。另一方面,在实施例1的n型Si膜的声子晶体中最接近的孔彼此的距离为20nm。可理解到通过使p型部位和n型部位的声子晶体的最接近的孔彼此的距离不同,能够减小构成热电偶的p型部位与n型部位之间的热导率的差。

[0241] <实施例3>

[0242] 准备以 $4 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ 的剂量注入硼离子作为杂质的p型Si膜、和以 $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-2}$ 的剂量注入磷离子作为杂质的n型Si膜。p型Si膜和n型Si膜的厚度为150nm。

[0243] 依据热反射法测定p型Si膜和n型Si膜的热导率。声子晶体形成前的p型Si膜在25℃时的热导率为 $38 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 。声子晶体形成前的n型Si膜在25℃时的热导率为 $30 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 。可理解到p型Si膜的热导率比n型Si膜的热导率高约27%。

[0244] 在p型Si膜和n型Si膜形成声子晶体。在声子晶体的形成中,使多个孔排列成正方格状,并且将声子晶体的多个孔的排列周期P调整为300nm。在p型Si膜形成周期P为300nm且直径D为180nm的声子晶体。p型Si膜的声子晶体在俯视时多个孔的面积之和相对于声子晶体的面积的比为28%。另一方面,在n型Si膜形成周期P为300nm且直径D为150nm的声子晶体。n型Si膜的声子晶体在俯视时多个孔的面积之和相对于声子晶体的面积的比为20%。该情况下,具有声子晶体的p型Si膜的热导率为 $11.5 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$,具有声子晶体的n型Si膜的热导率为 $12.1 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 。具有声子晶体的n型Si膜的热导率不过比具有声子晶体的p型Si膜的热导率高约5%。认为在使用这样的p型Si膜和n型Si膜构成热电偶的情况下,在热电偶中产生的热应力低。

[0245] <比较例3>

[0246] 除了以下的点以外,与实施例3同样地得到具有声子晶体的p型Si膜和具有声子晶体的n型Si膜。在p型Si膜和n型Si膜形成周期P为300nm且直径D为150nm的声子晶体。p型Si膜和n型Si膜在俯视时多个孔的面积之和相对于声子晶体的面积的比为20%。该情况下,具有声子晶体的p型Si膜的热导率为 $15.3 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$,具有声子晶体的n型Si膜的热导率为 $12.1 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 。具有声子晶体的p型Si膜的热导率比具有声子晶体的n型Si膜的热导率高约27%。

[0247] 根据实施例3与比较例3的对比可理解到,声子晶体中的孔的直径越大,声子晶体中的声子的界面散射频率就越容易变高。因此,声子晶体中的孔的直径越大,就越能够降低p型Si膜和n型Si膜的热导率。可理解到通过使p型部位和n型部位的声子晶体的孔的直径D不同,能够减小构成热电偶的p型部位与n型部位之间的热导率的差。再者,在实施例3的p型Si膜的声子晶体中最接近的孔彼此的距离为120nm。另一方面,在实施例3的n型Si膜的声子晶体中最接近的孔彼此的距离为150nm。可理解到通过使p型部位和n型部位的声子晶体的最接近的孔彼此的距离不同,能够减小构成热电偶的p型部位与n型部位之间的热导率的差。

[0248] <实施例4>

[0249] 准备以 $4 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ 的剂量注入硼离子作为杂质的p型Si膜和n型Bi膜。p型Si膜和n型Bi膜的厚度为150nm。

[0250] 依据热反射法测定p型Si膜和n型Bi膜的热导率。声子晶体形成前的p型Si膜在25℃时的热导率为 $38 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 。另一方面,声子晶体形成前的n型Bi膜在25℃时的热导率为

8W/(m·K)。可理解到p型Si膜的热导率比n型Bi膜的热导率高约375%。

[0251] 在p型Si膜和n型Bi膜形成声子晶体。在声子晶体的形成中,将多个孔排列成正方格状,并且调整多个孔的排列周期P和孔的直径D以使得俯视时多个孔的面积之和相对于声子晶体的面积的比达到50%。在p型Si膜形成周期P为150nm且直径D为120nm的声子晶体。另一方面,在n型Bi膜形成周期P为500nm且直径D为400nm的声子晶体。该情况下,具有声子晶体的p型Si膜的热导率为2.6W/(m·K),具有声子晶体的n型Bi膜的热导率为2.7W/(m·K)。具有声子晶体的n型Bi膜的热导率不过比具有声子晶体的p型Si膜的热导率高约3%。认为在使用这样的p型Si膜和n型Bi膜构成热电偶的情况下,在热电偶中产生的热应力低。

[0252] <比较例4>

[0253] 除了以下的点以外,与实施例4同样地得到具有声子晶体的p型Si膜和具有声子晶体的n型Bi膜。在p型Si膜和n型Bi膜形成周期P为500nm且直径D为400nm的声子晶体。该情况下,具有声子晶体的p型Si膜的热导率为9.0W/(m·K),具有声子晶体的n型Bi膜的热导率为2.7W/(m·K)。具有声子晶体的p型Si膜的热导率比具有声子晶体的n型Bi膜的热导率高约237%。

[0254] 根据上述例可理解到,通过调整声子晶体中的声子的界面散射频率,即使在母材的热导率存在差异的情况下,也能够减小构成热电偶的p型部位与n型部位之间的热导率差。

[0255] 产业上的可利用性

[0256] 本公开的红外线传感器可用于包括红外线传感器用途在内的各种用途。

[0257] 附图标记说明

[0258] 1a、1b、1c、1d、1e、1f、1g、1h、1j、1k、1l、1m、1n、1o、1p、1q、1r、1s红外线传感器

[0259] 2a、2b传感器阵列

[0260] 10 热电偶

[0261] 10h 孔

[0262] 11 p型部位

[0263] 11c 第一声子晶体

[0264] 12 n型部位

[0265] 12c 第二声子晶体

[0266] 15 传感器层

[0267] 15b 梁

[0268] 15c 连接部

[0269] 15d 传感部

[0270] 15e 红外线受光部

[0271] 15p 保护层

[0272] 15s 支持层

[0273] 20 基板

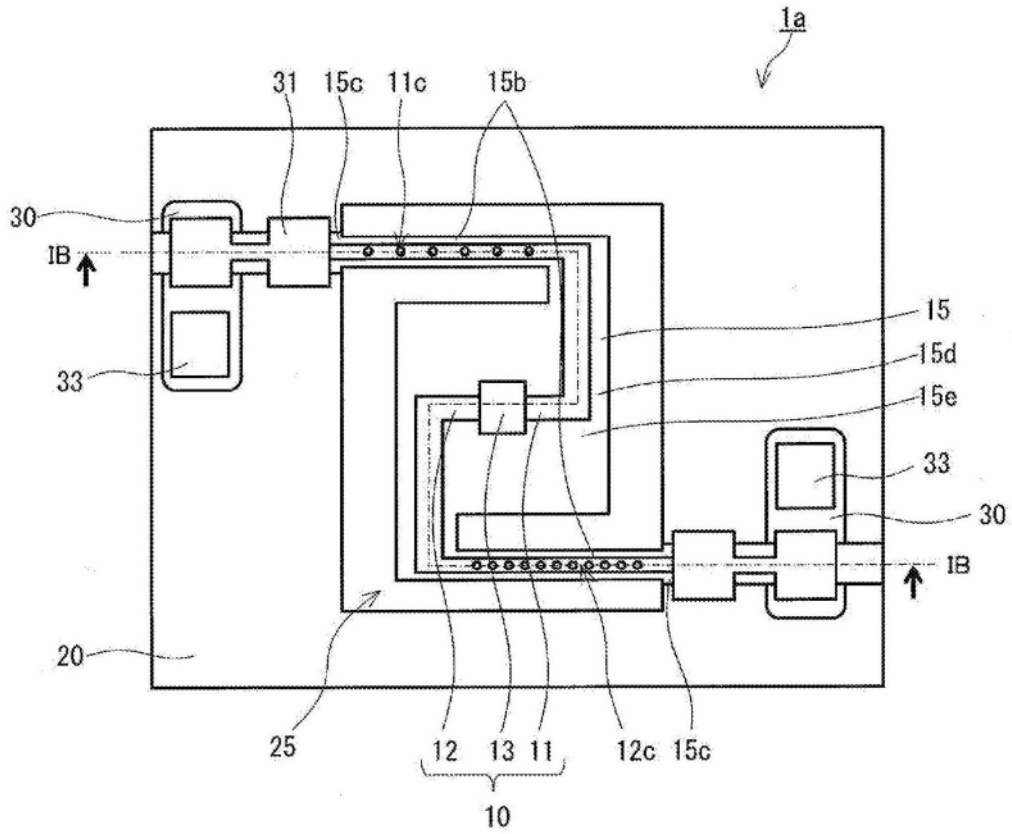


图1A

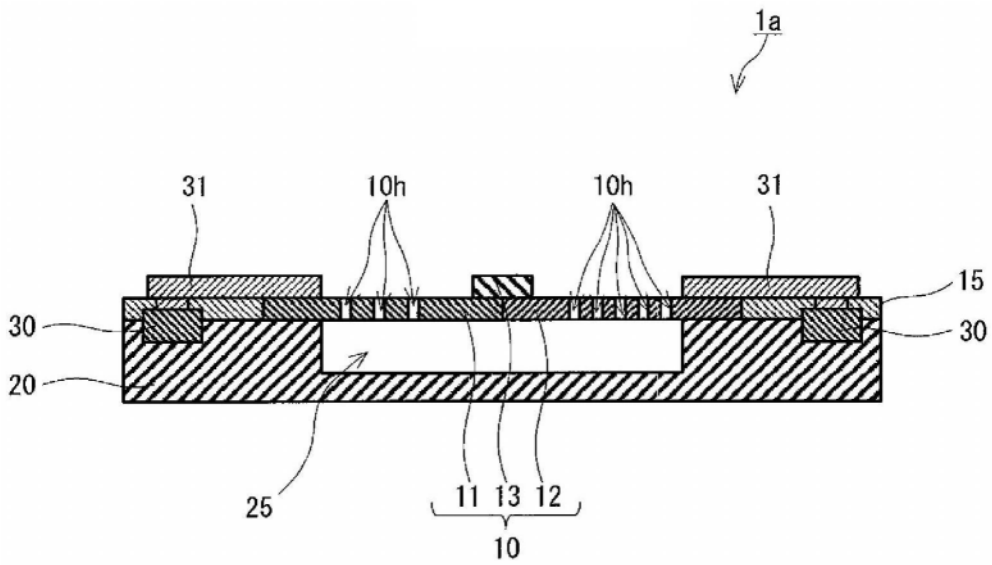


图1B

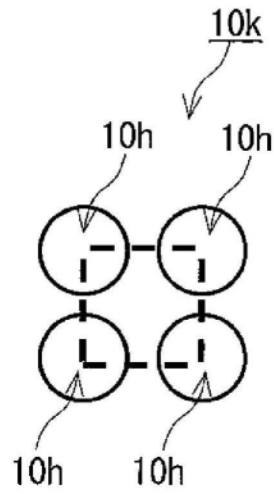


图2A

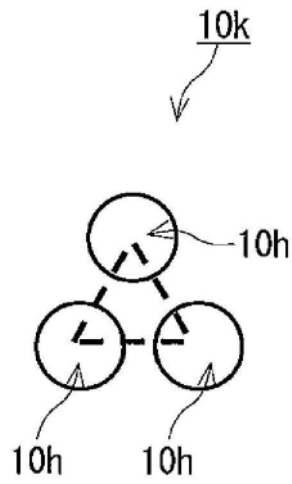


图2B

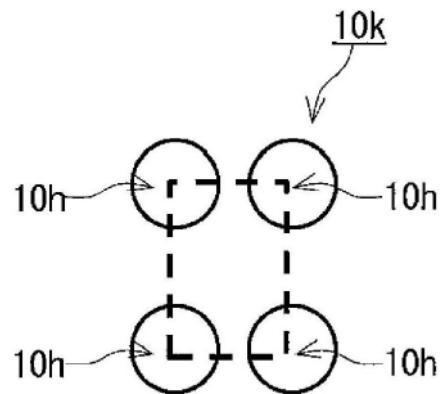


图2C

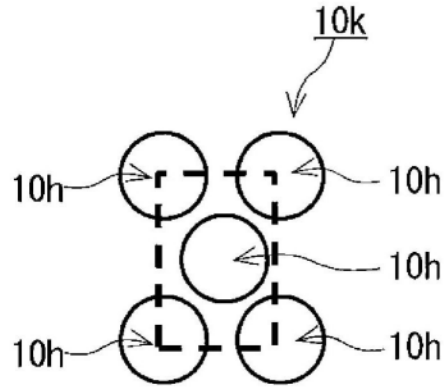


图2D

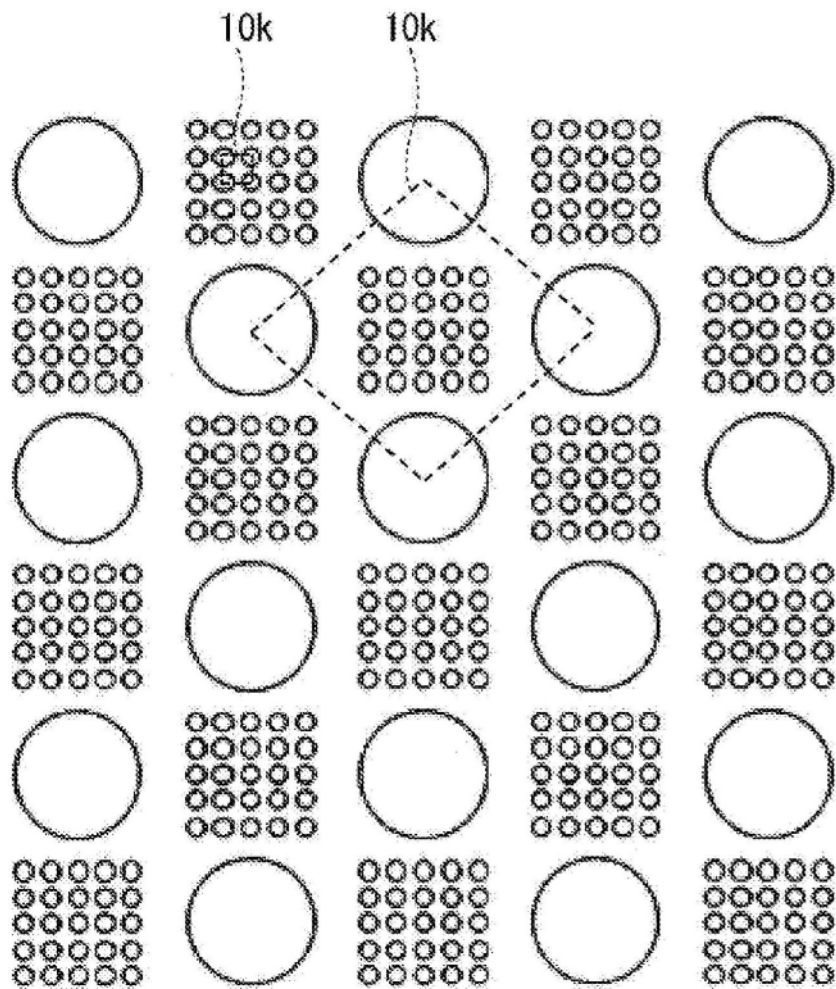


图2E

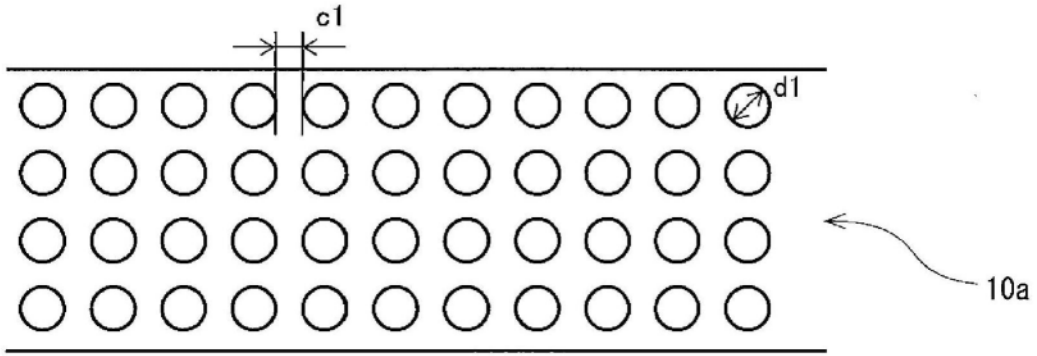


图2F

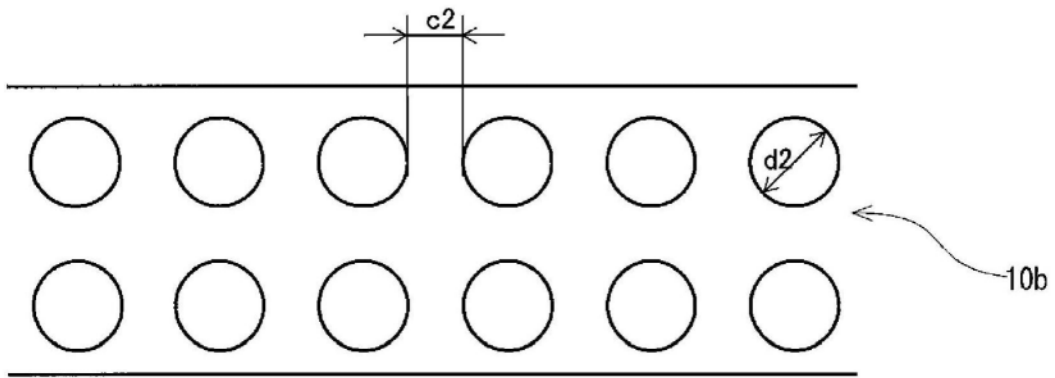


图2G

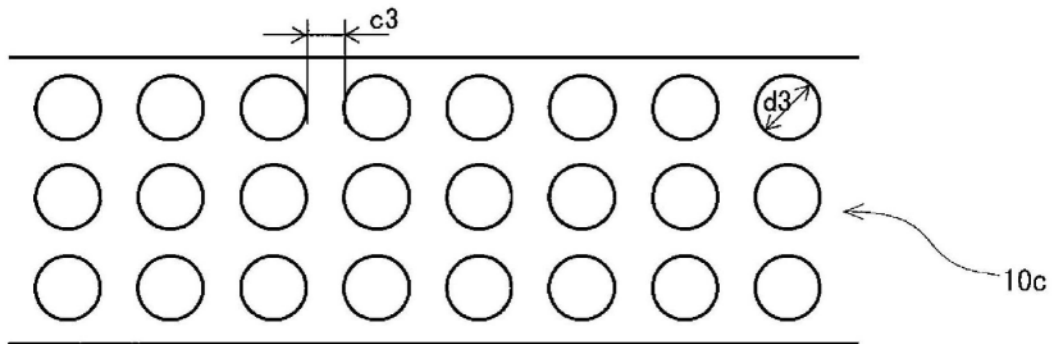


图2H

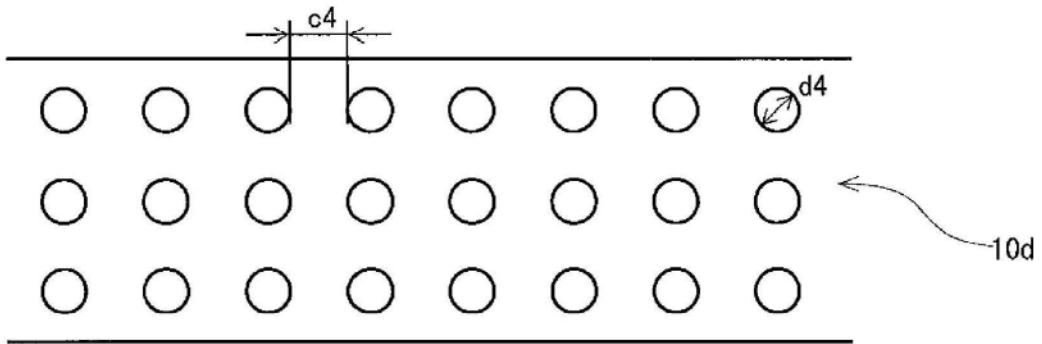


图2I

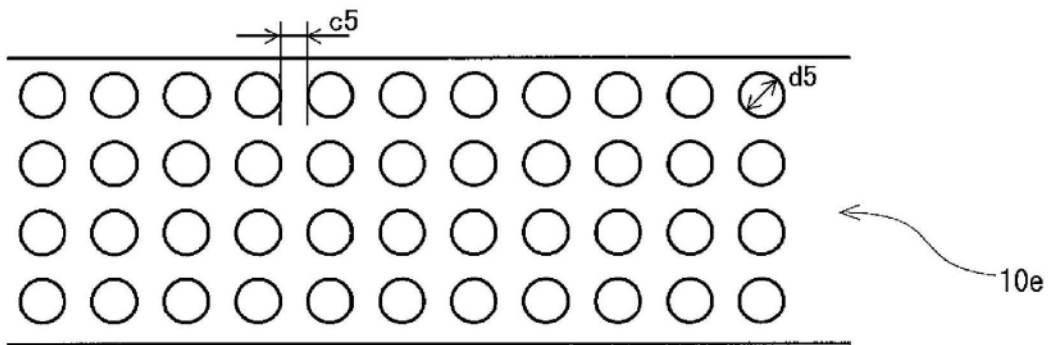


图2J

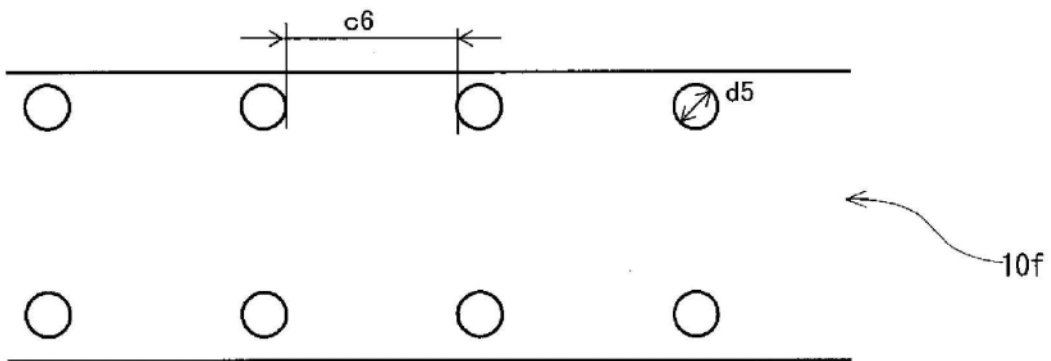


图2K

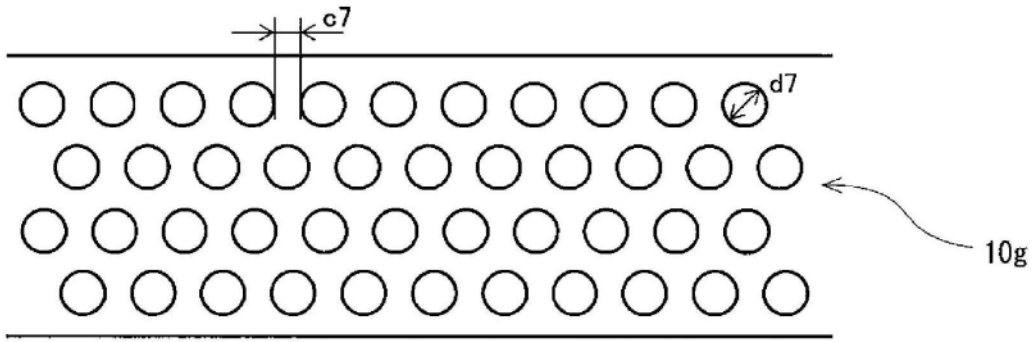


图2L

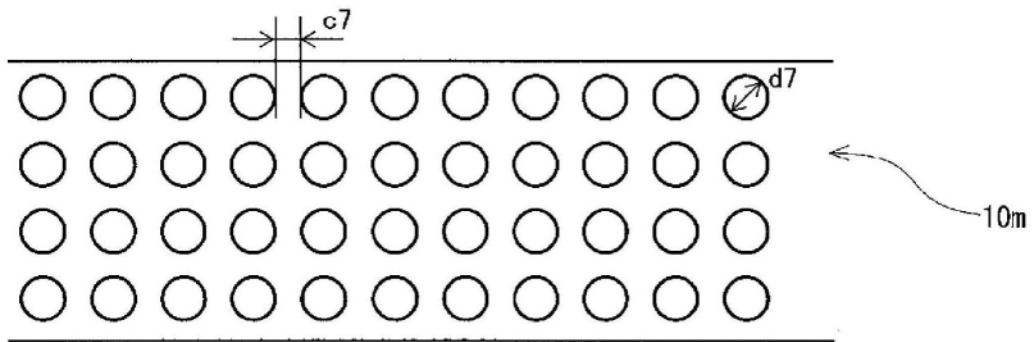


图2M

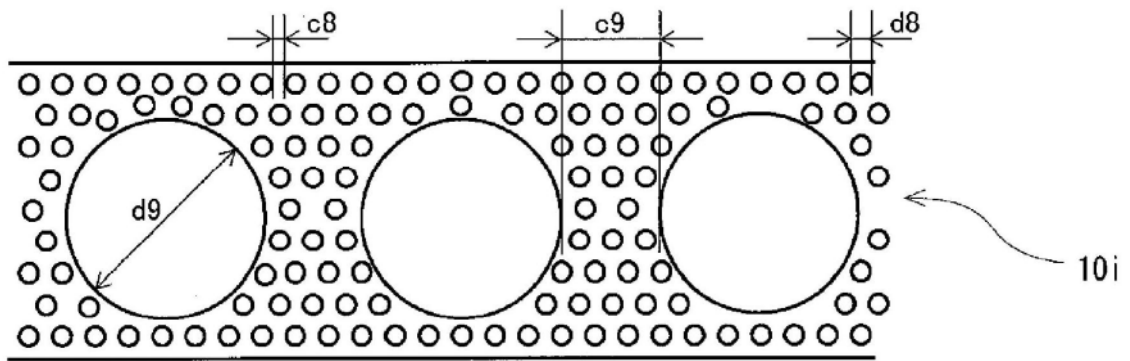


图2N

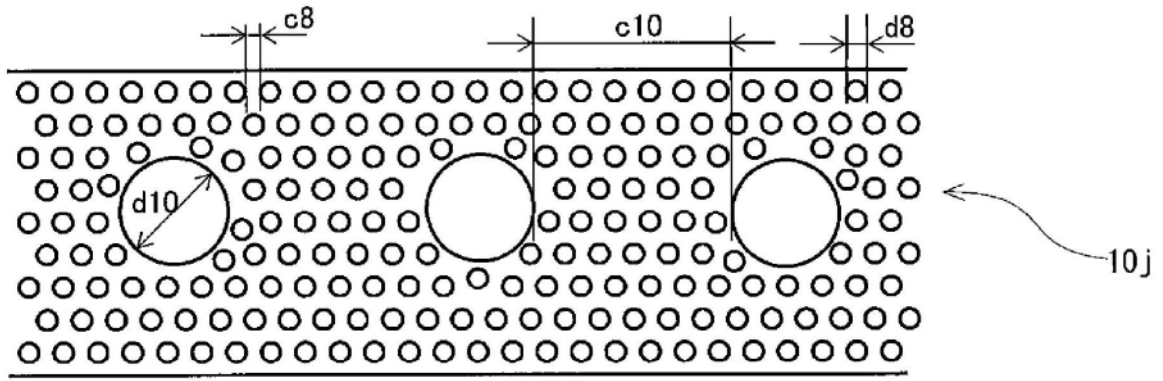


图20

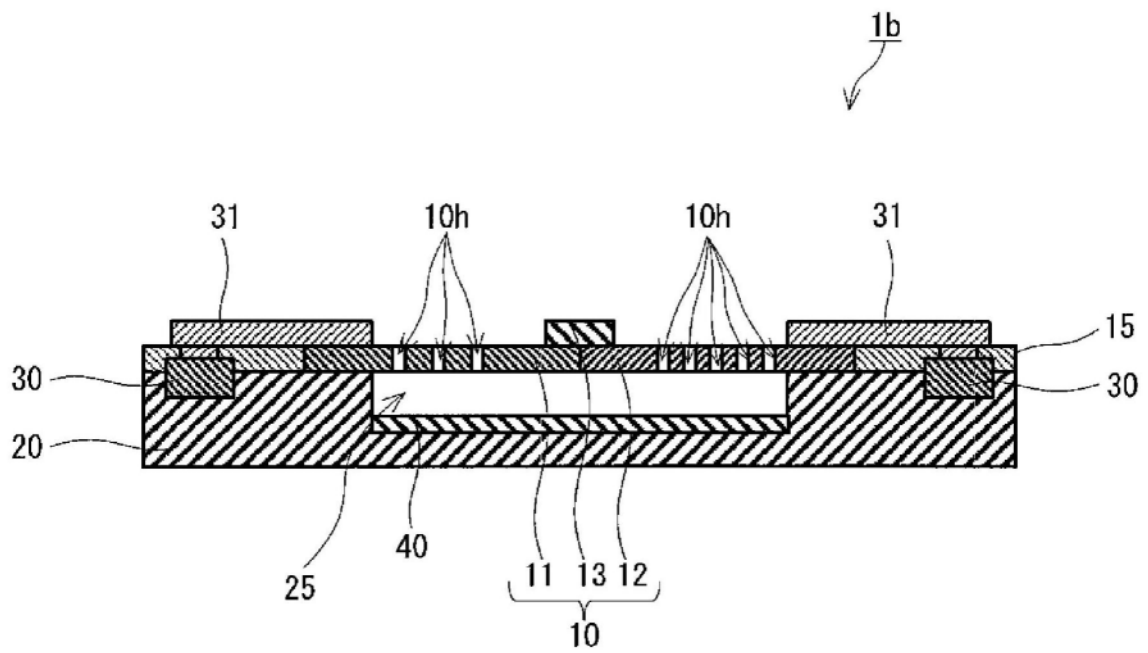


图3A

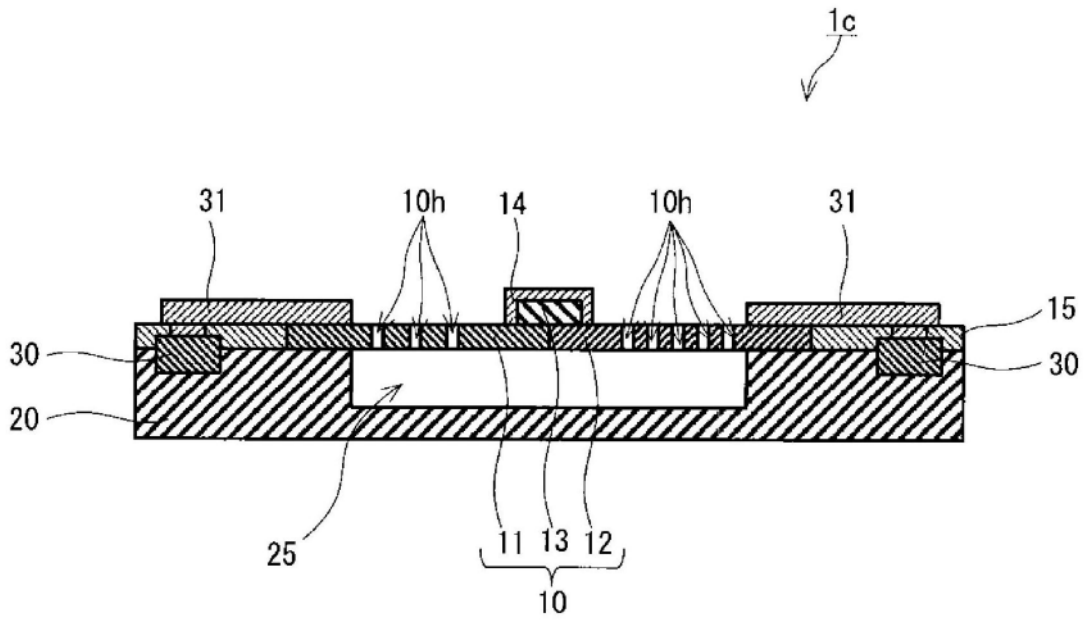


图3B

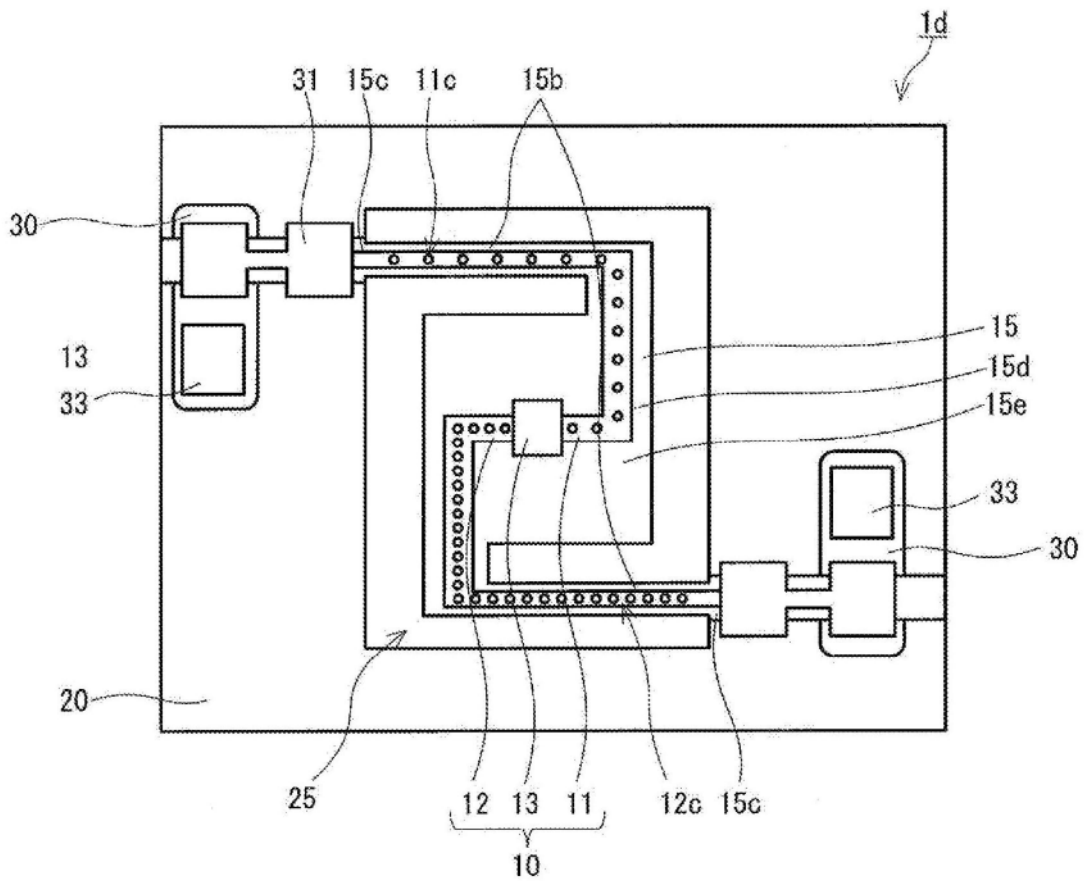


图3C

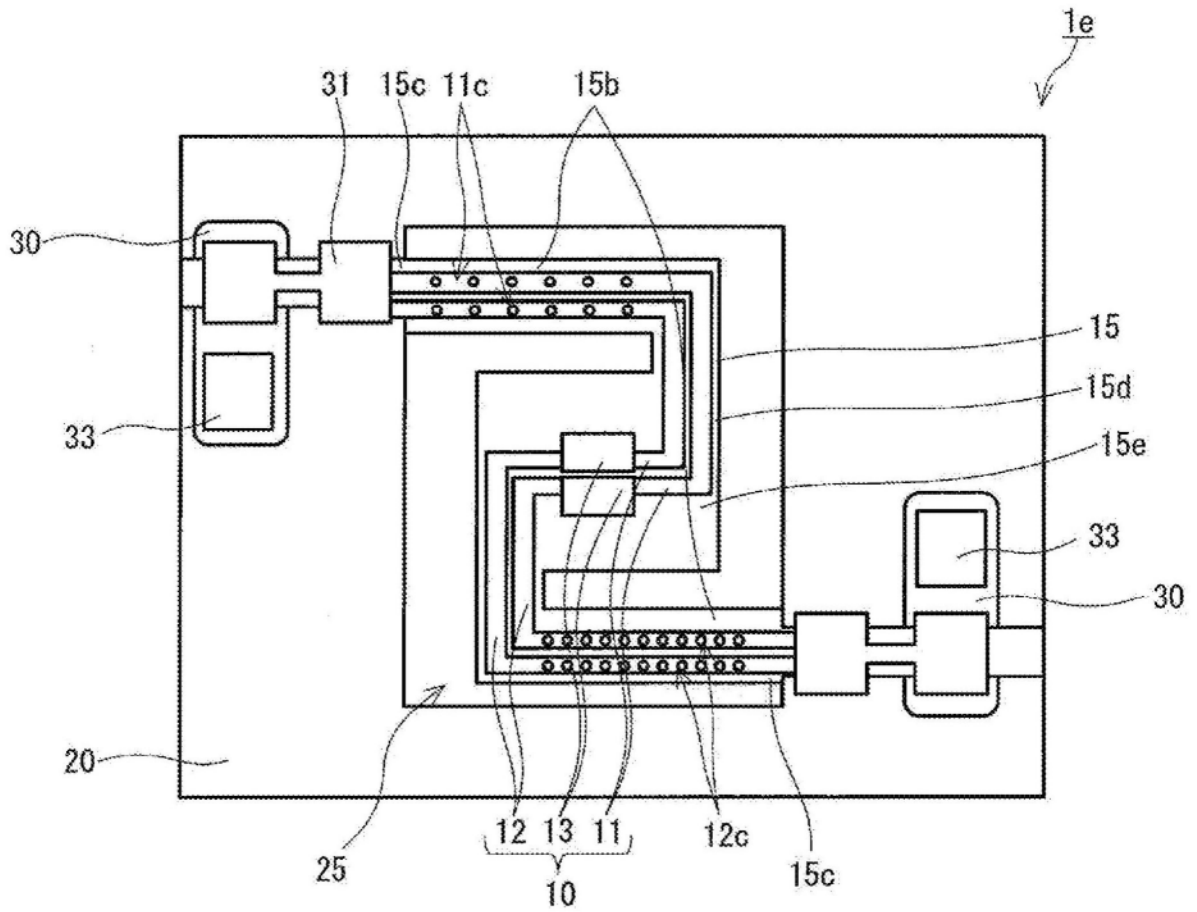


图3D

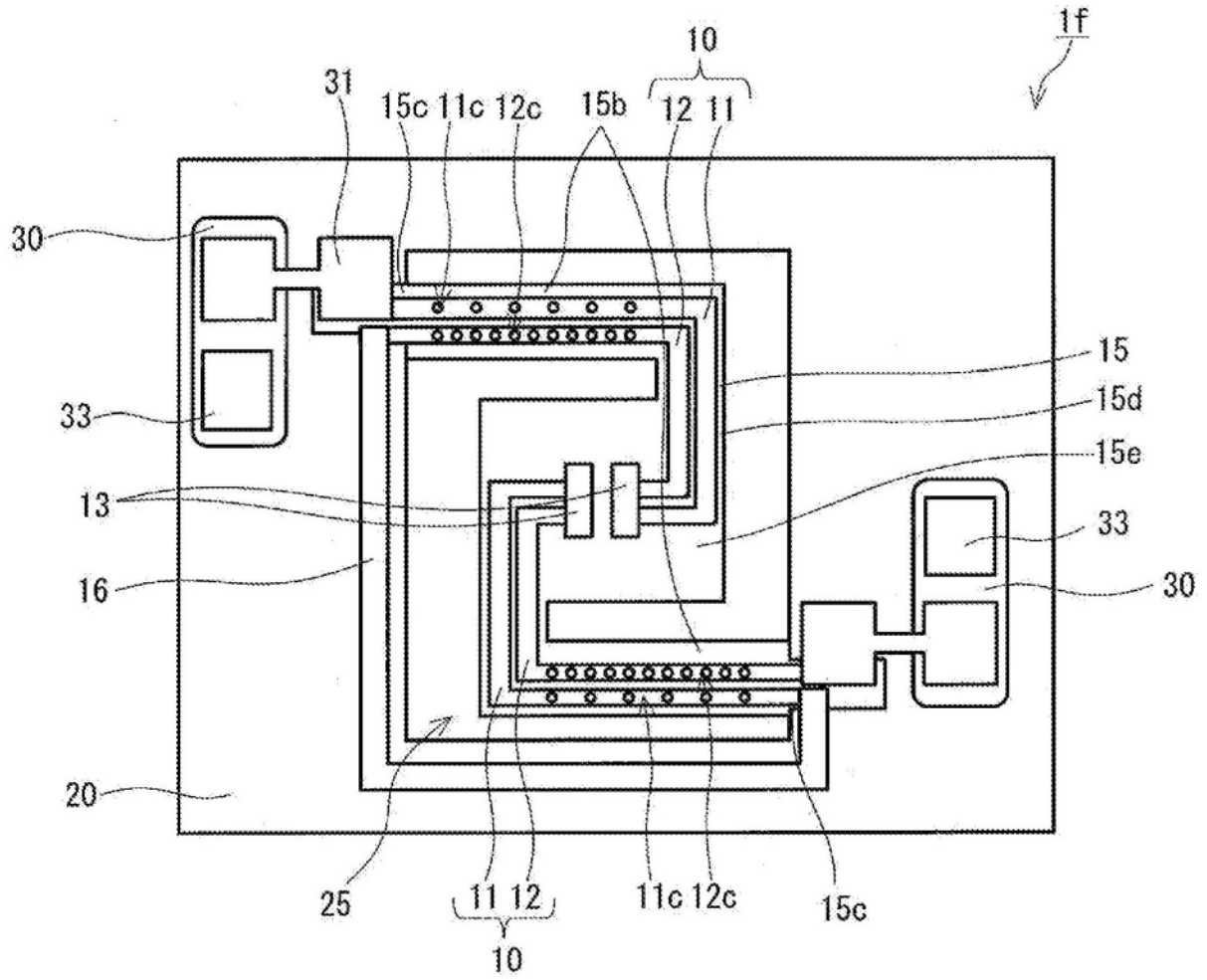


图3E

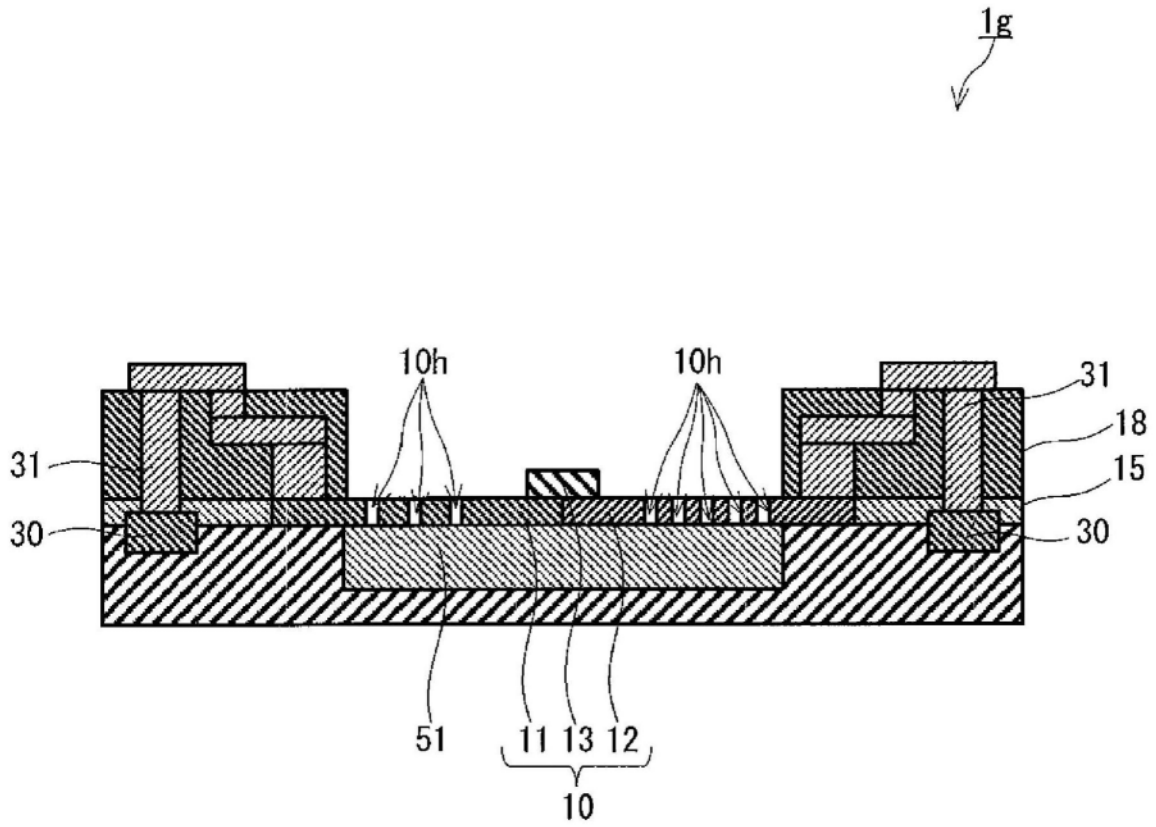


图3F

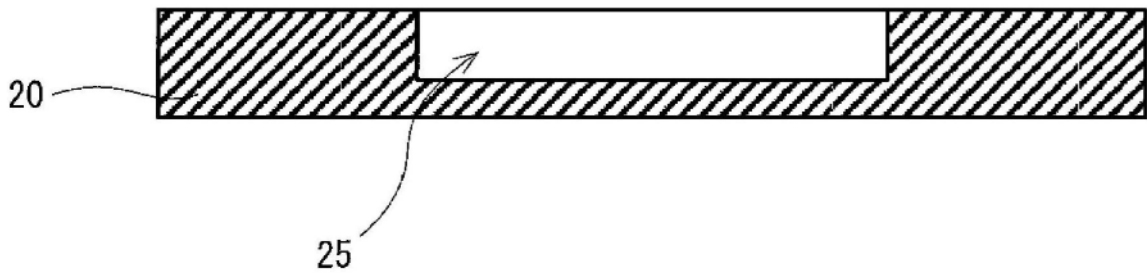


图4A

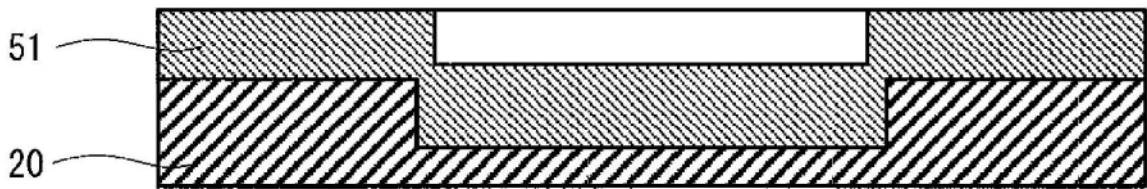


图4B

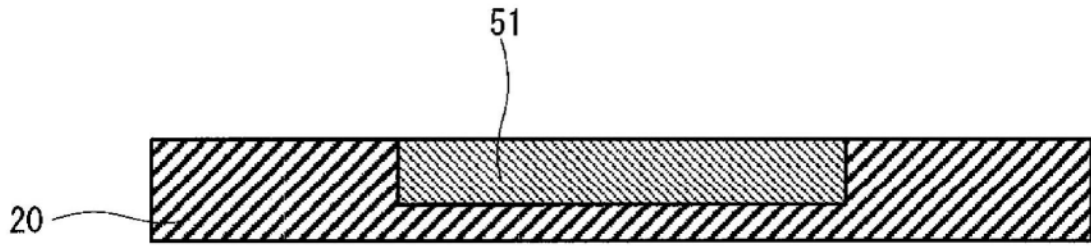


图4C

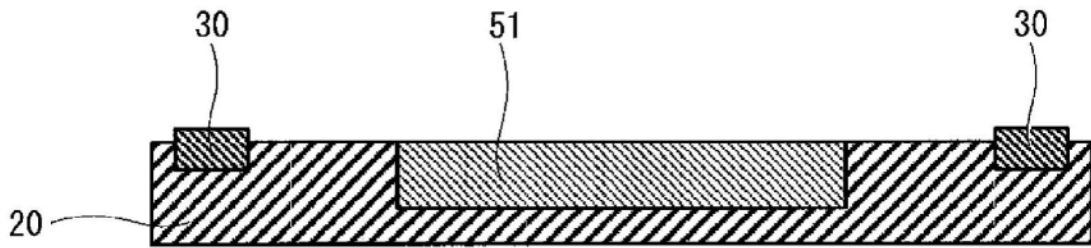


图4D

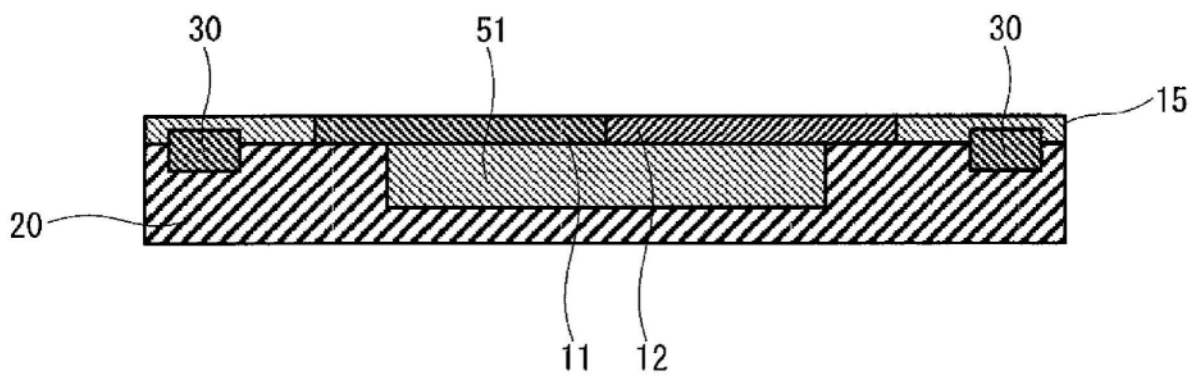


图4E

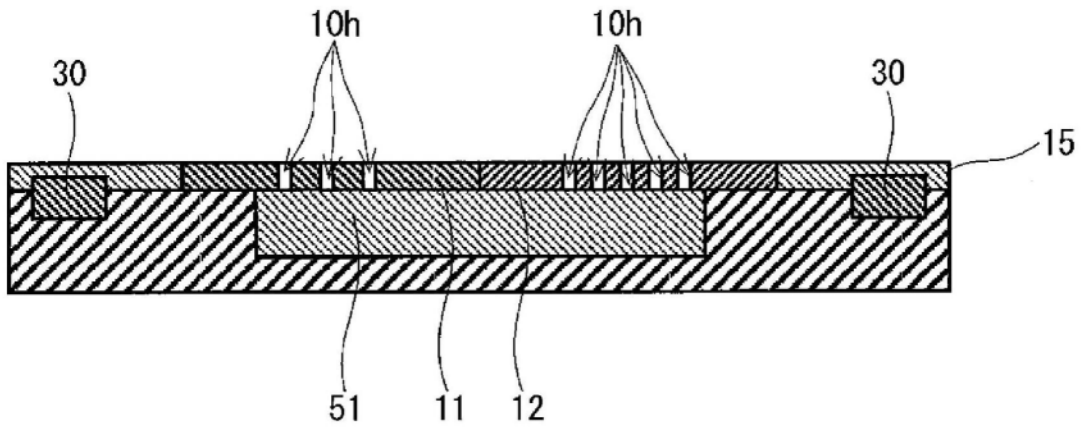


图4F

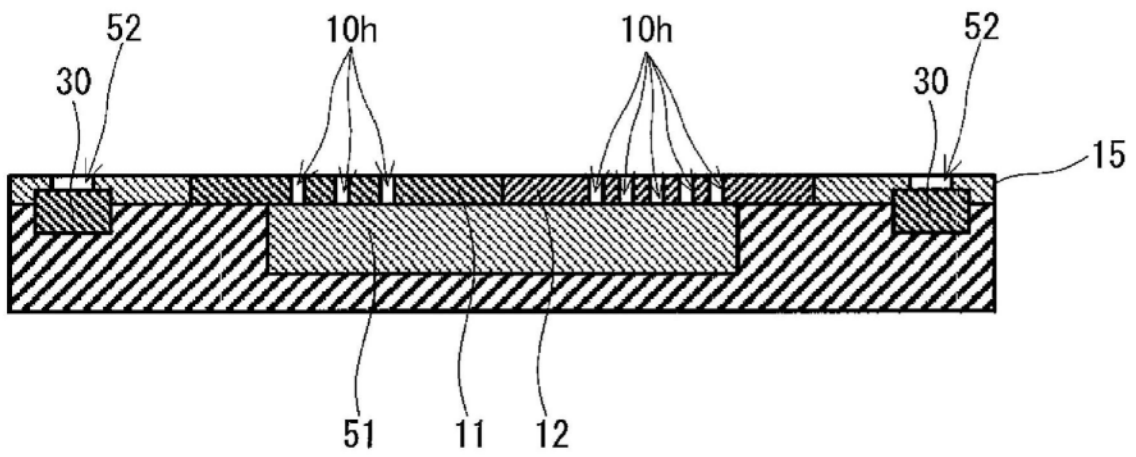


图4G

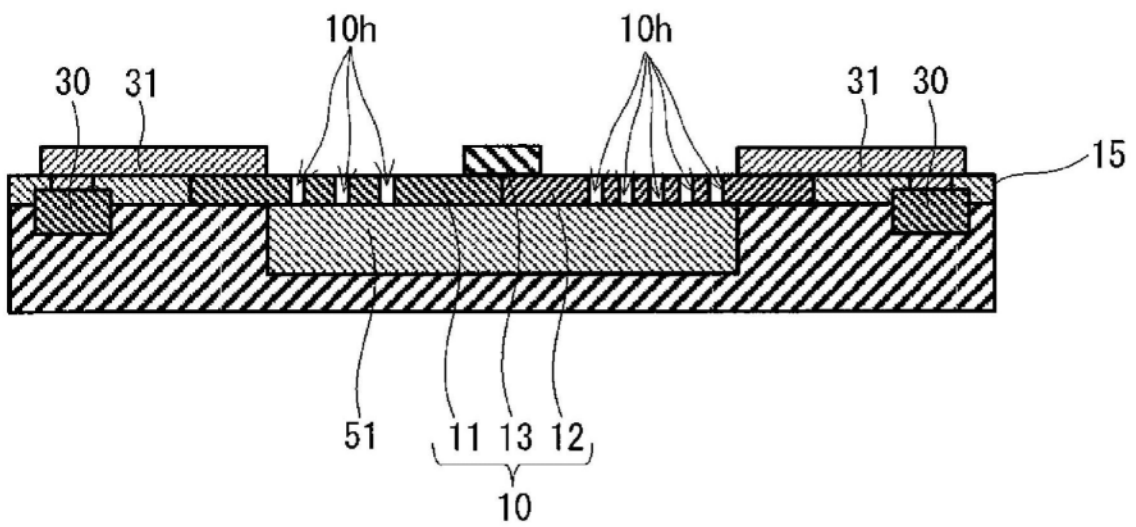


图4H

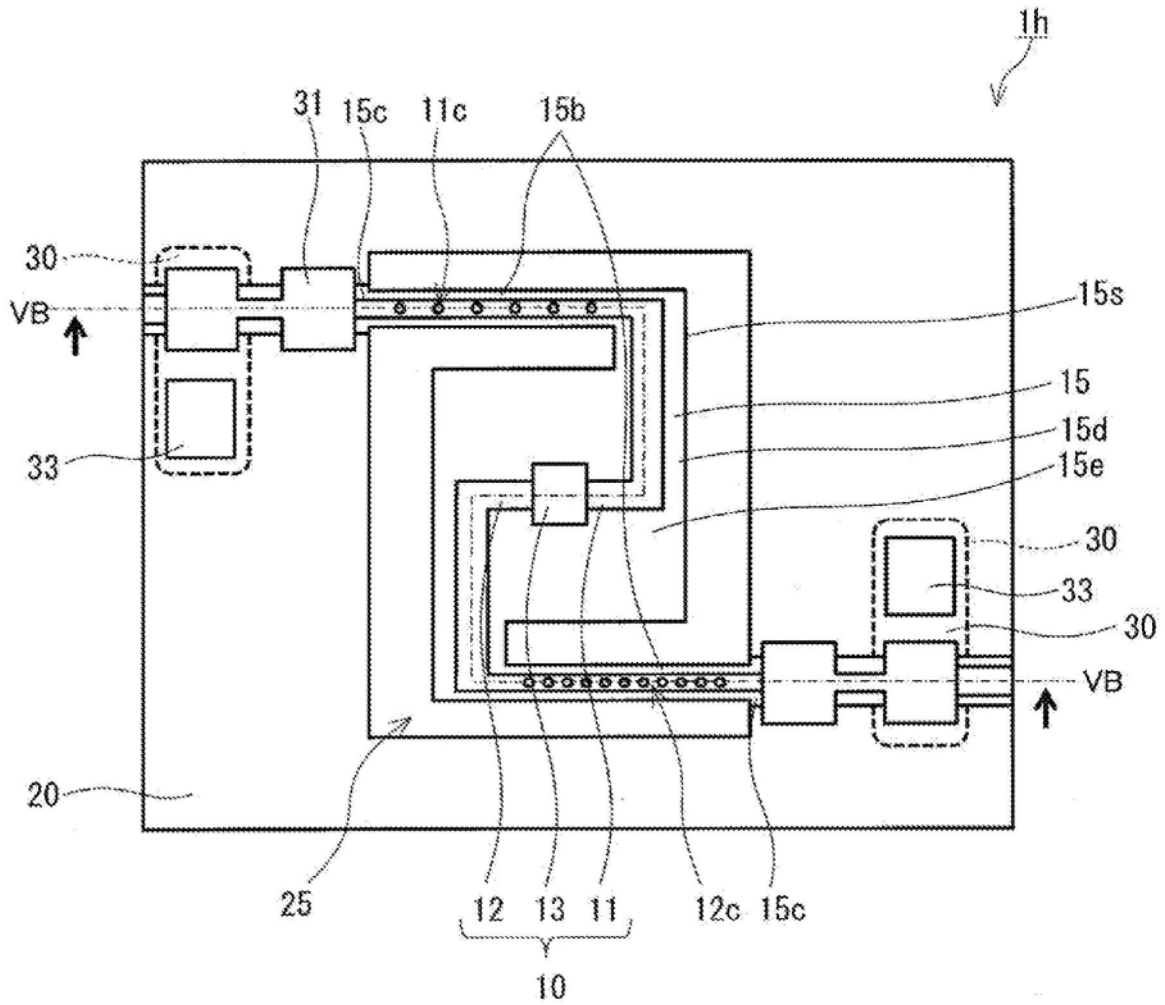


图5A

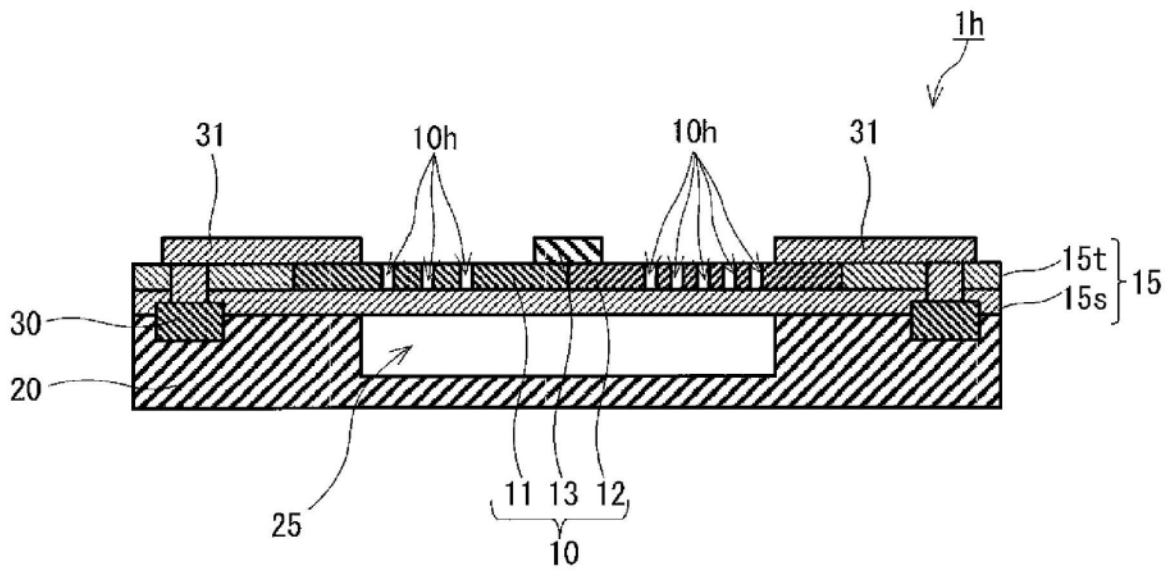


图5B

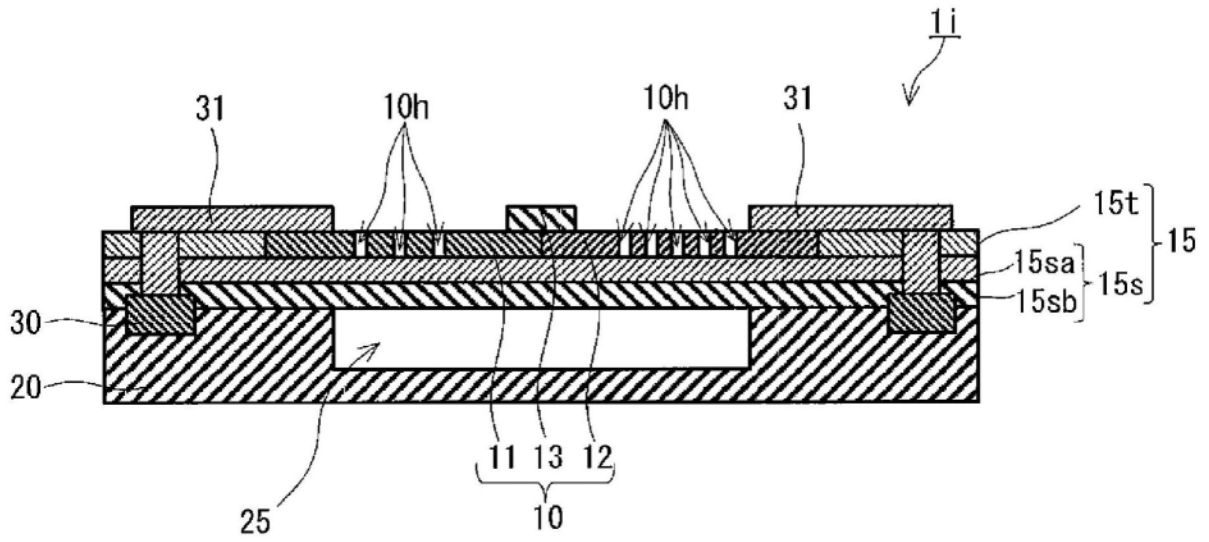


图5C

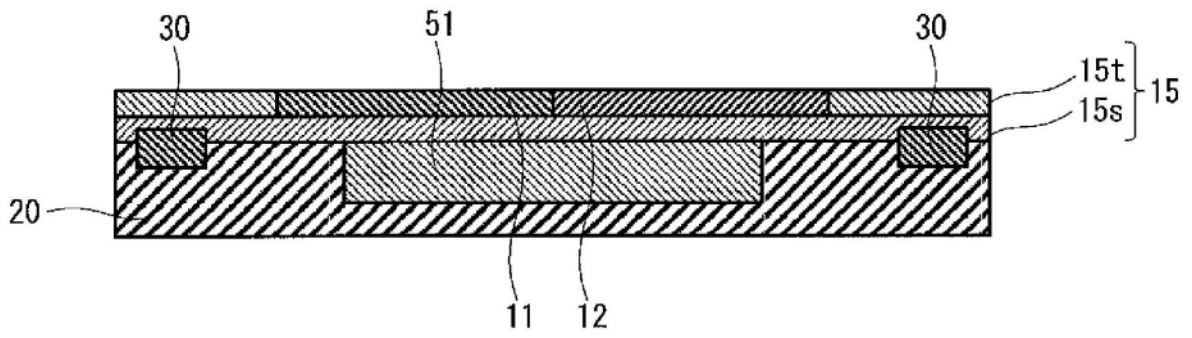


图6A

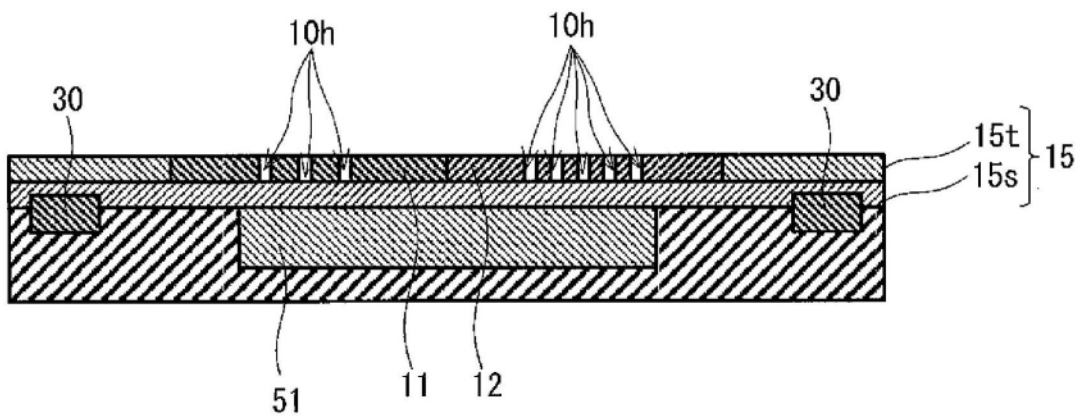


图6B

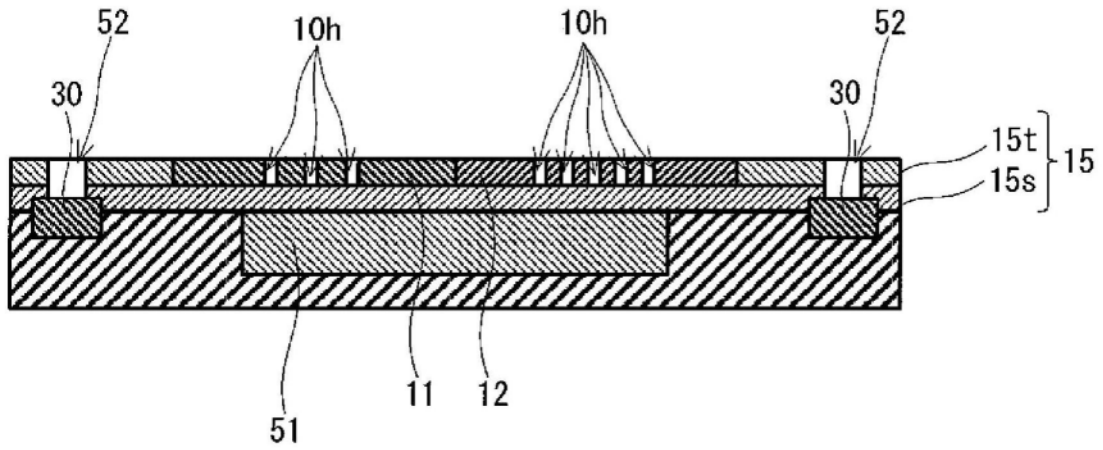


图6C

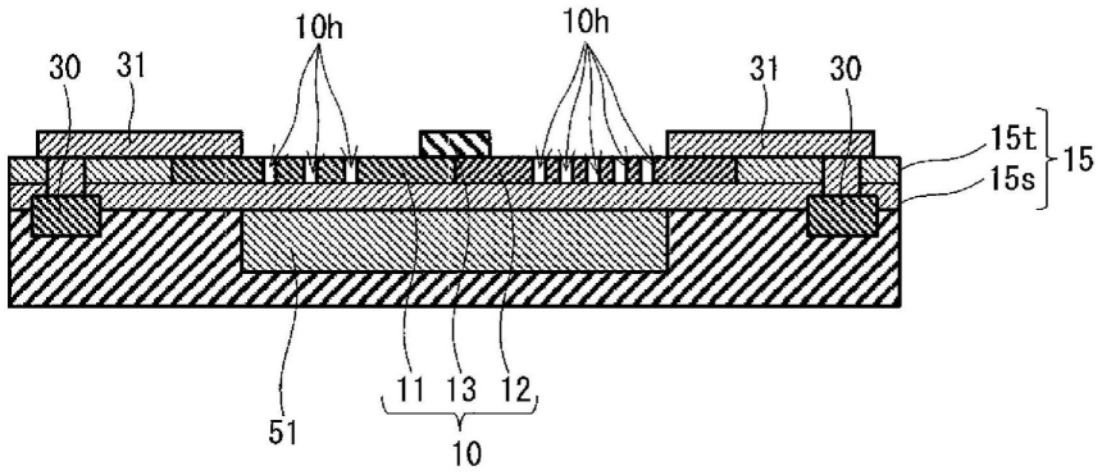


图6D

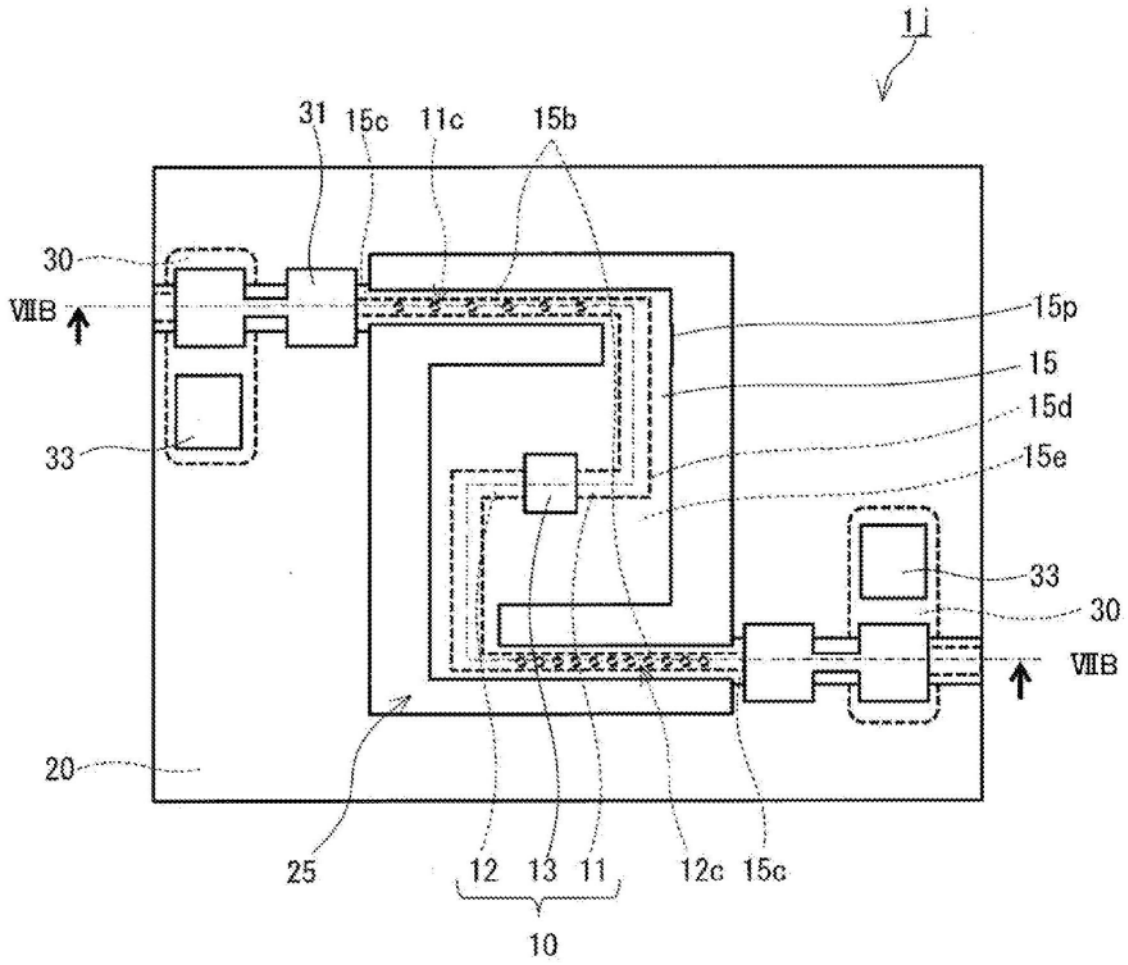


图7A

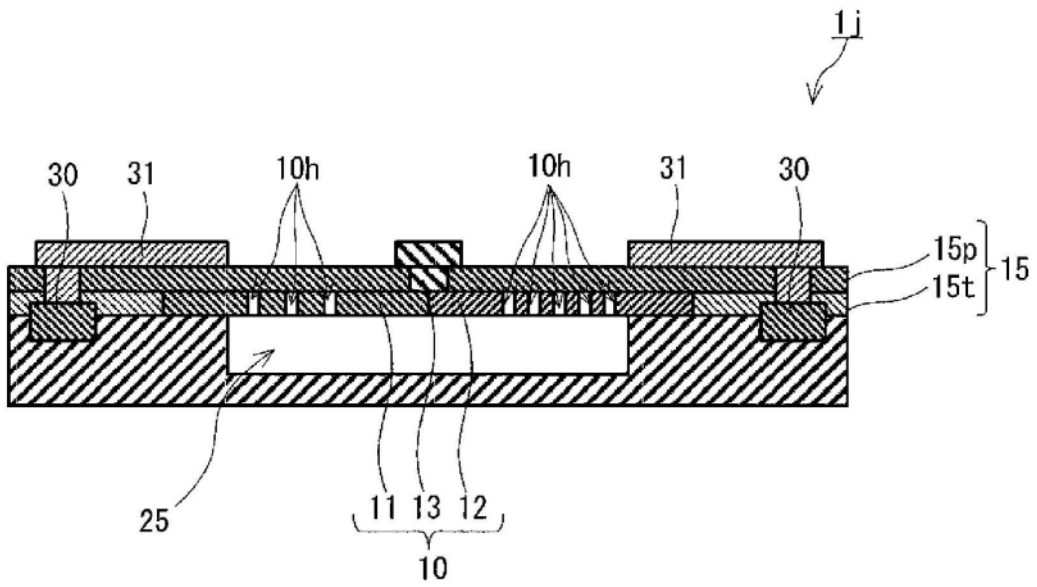


图7B

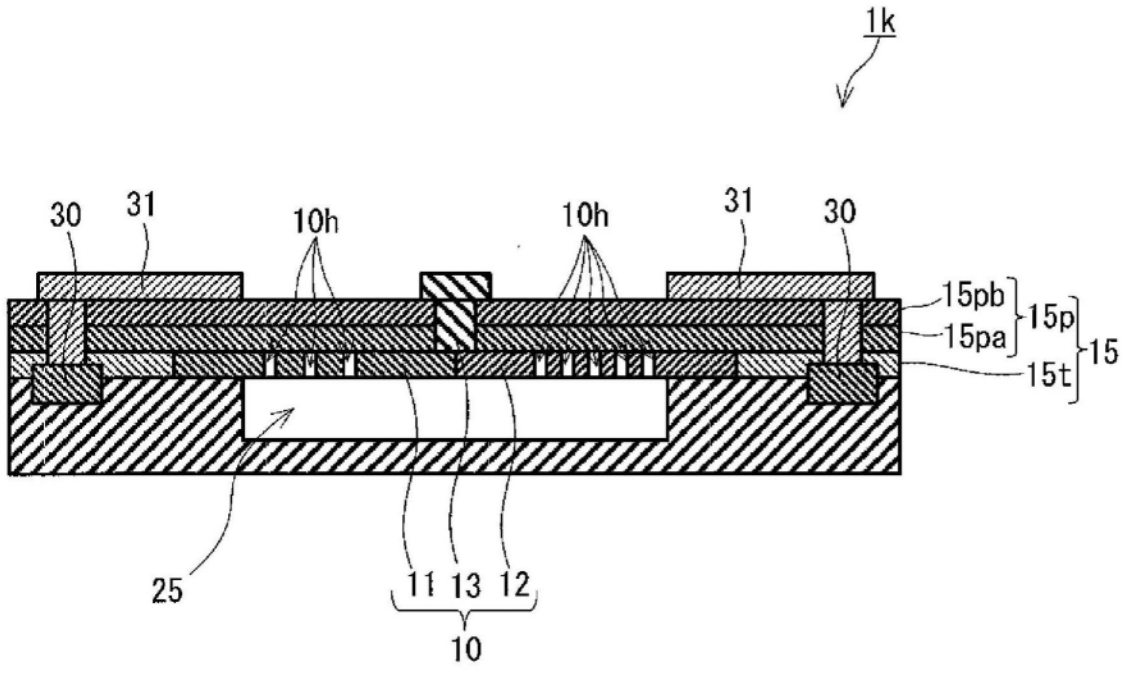


图7C

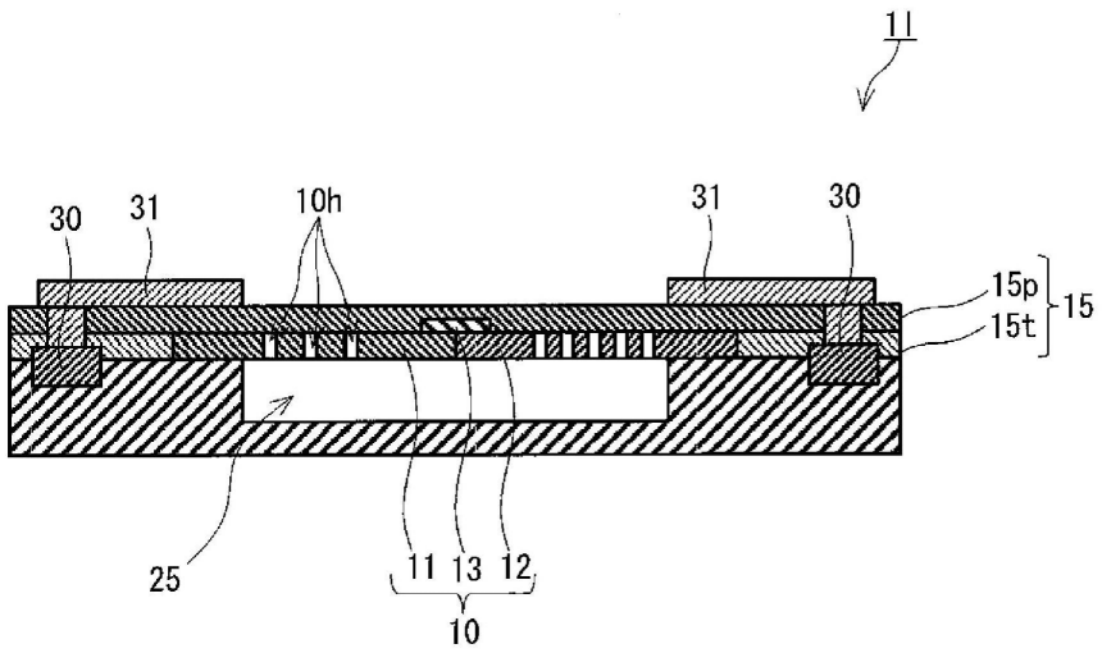


图7D

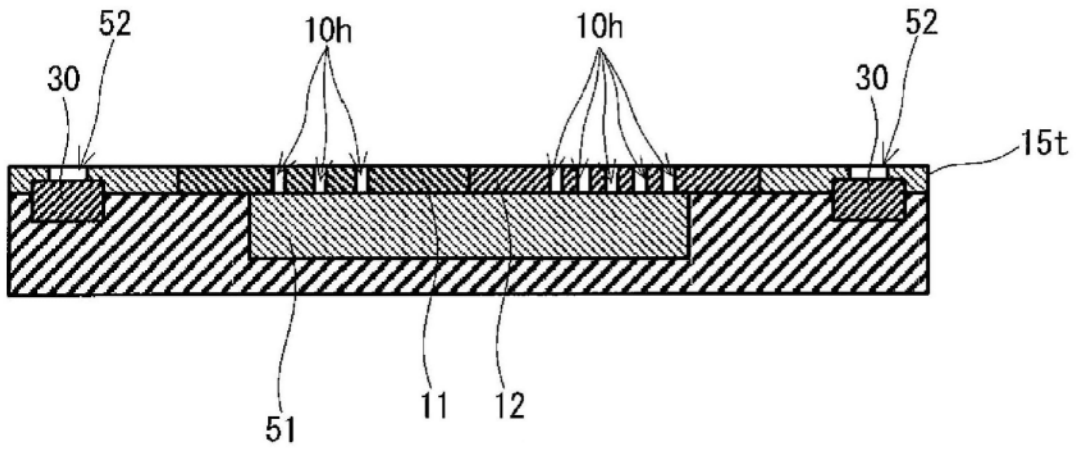


图8A

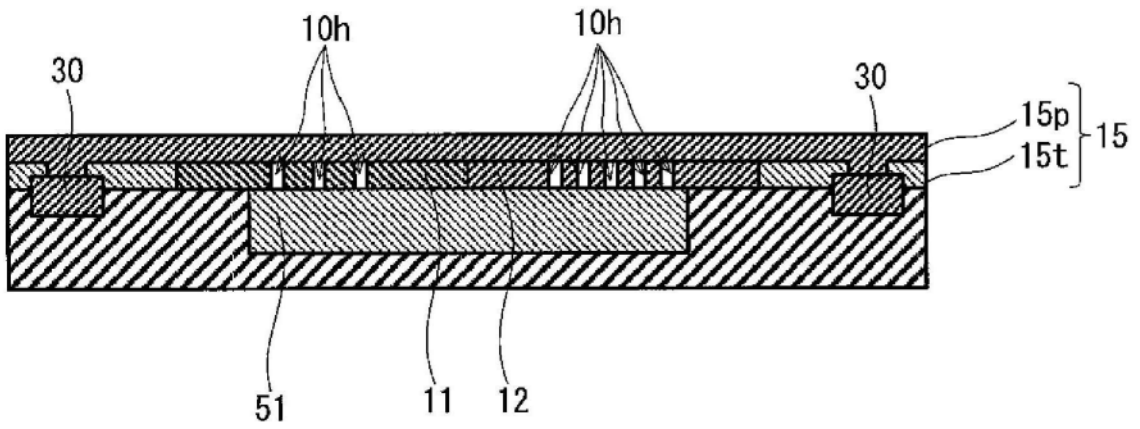


图8B

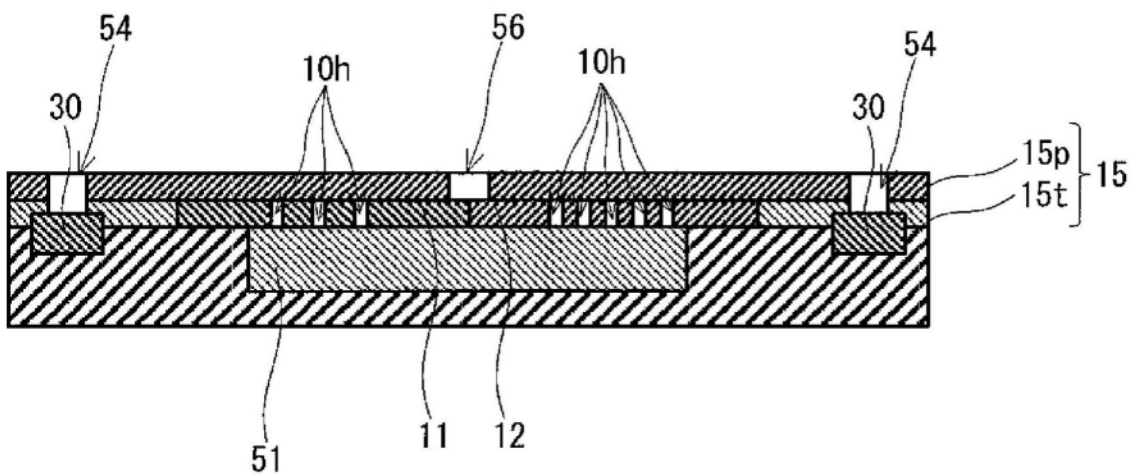


图8C

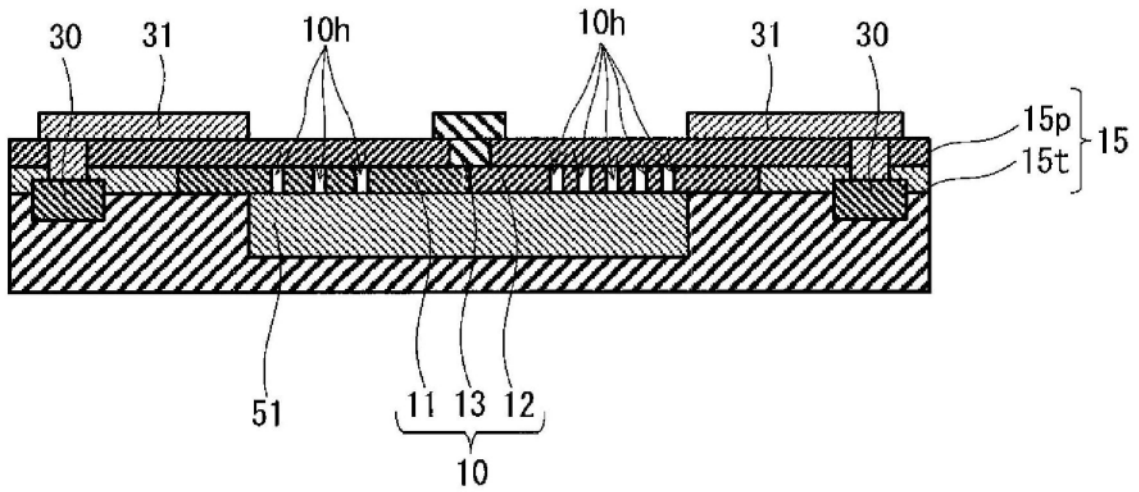


图8D

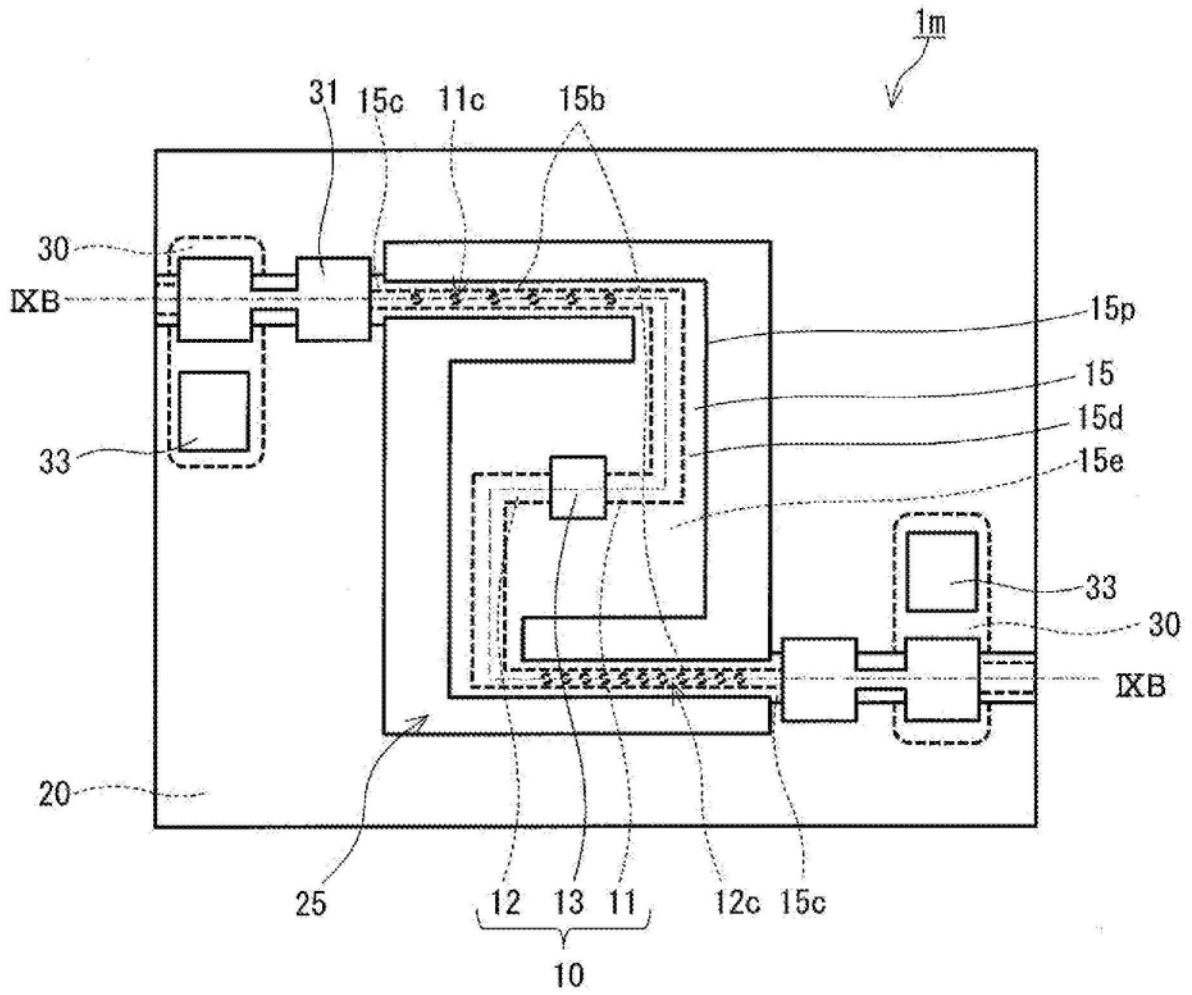


图9A

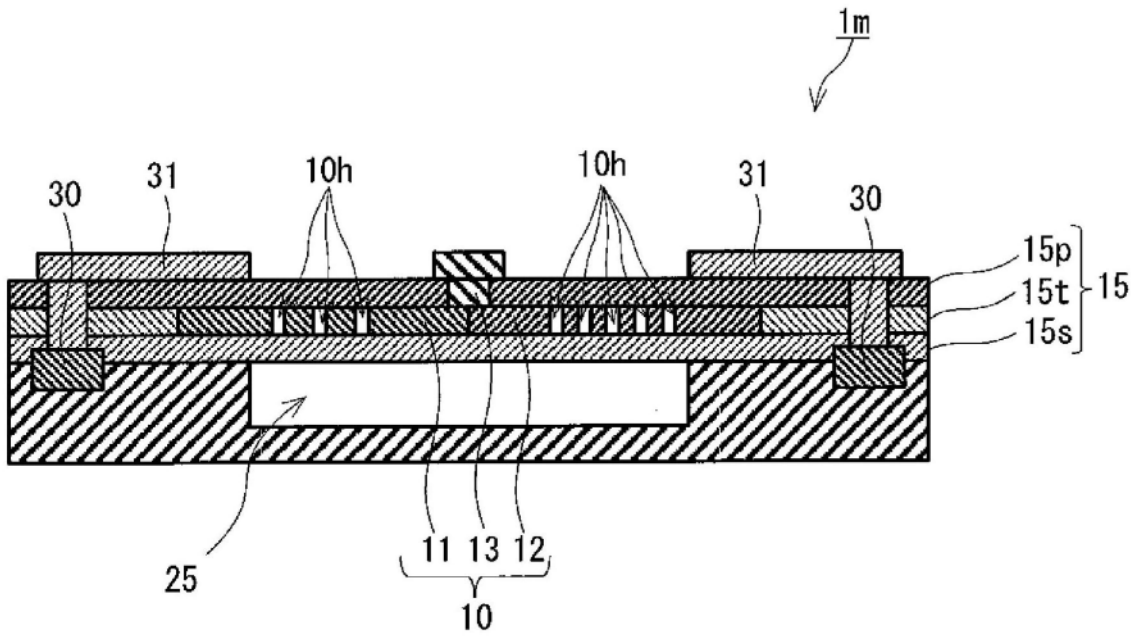


图9B

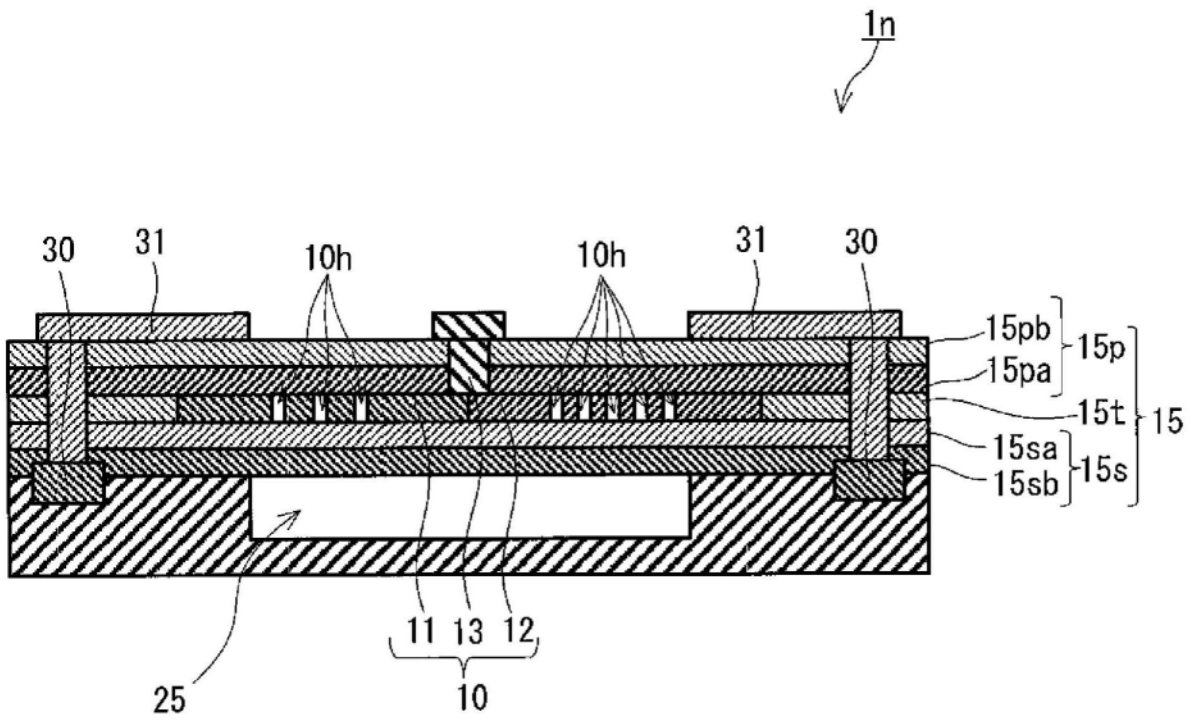


图9C

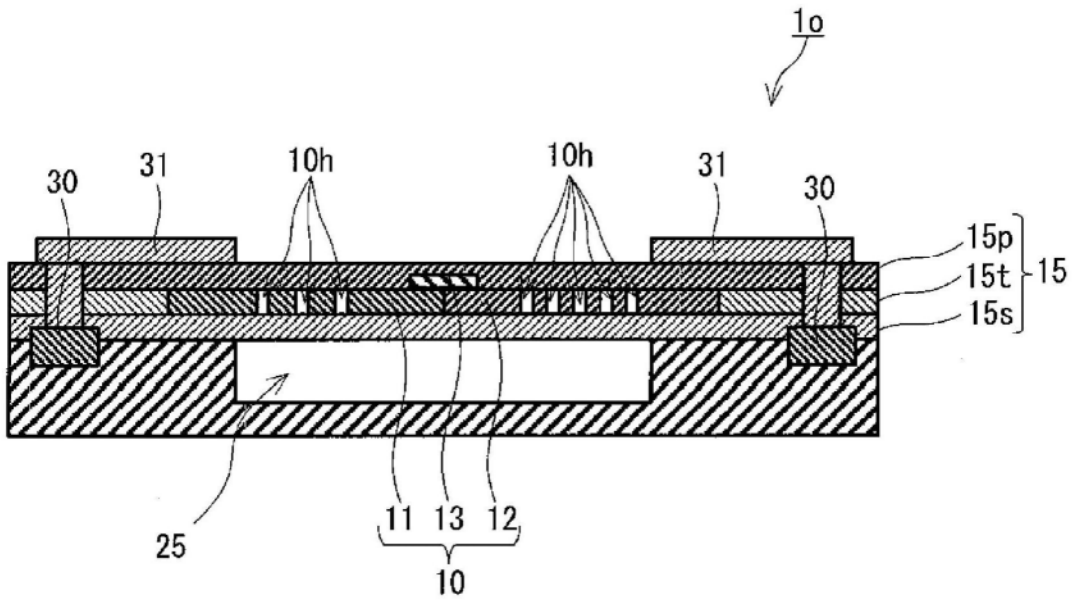


图9D

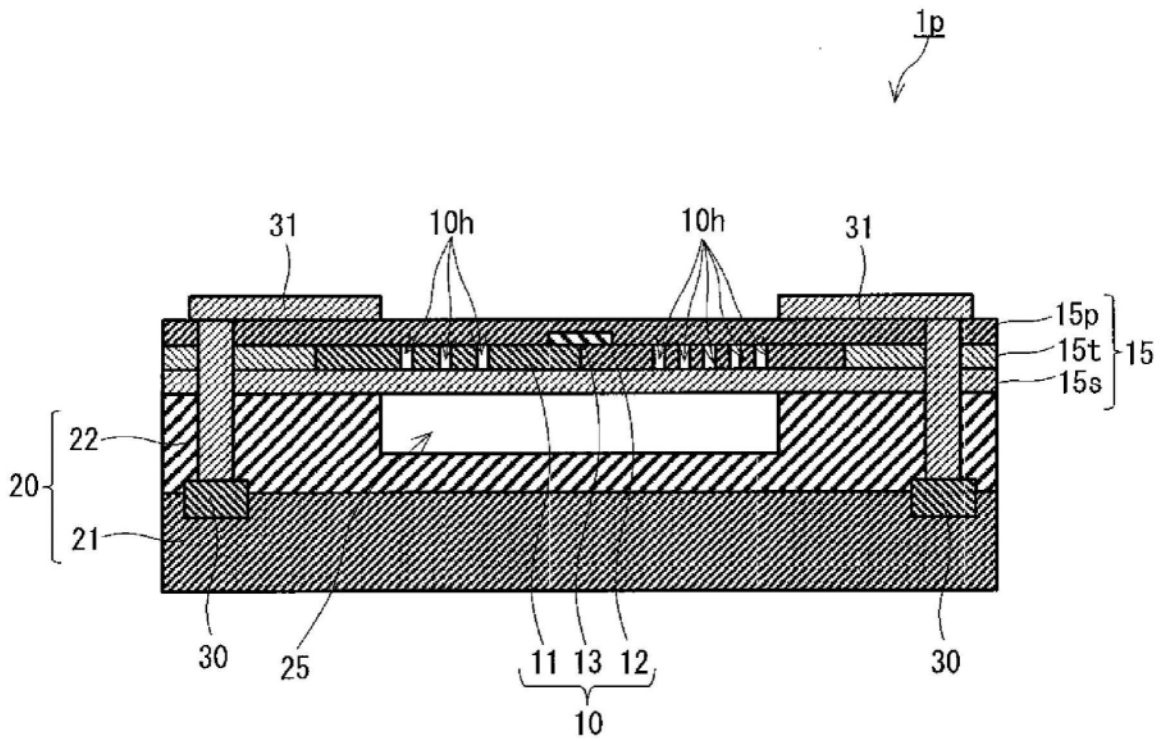


图10A

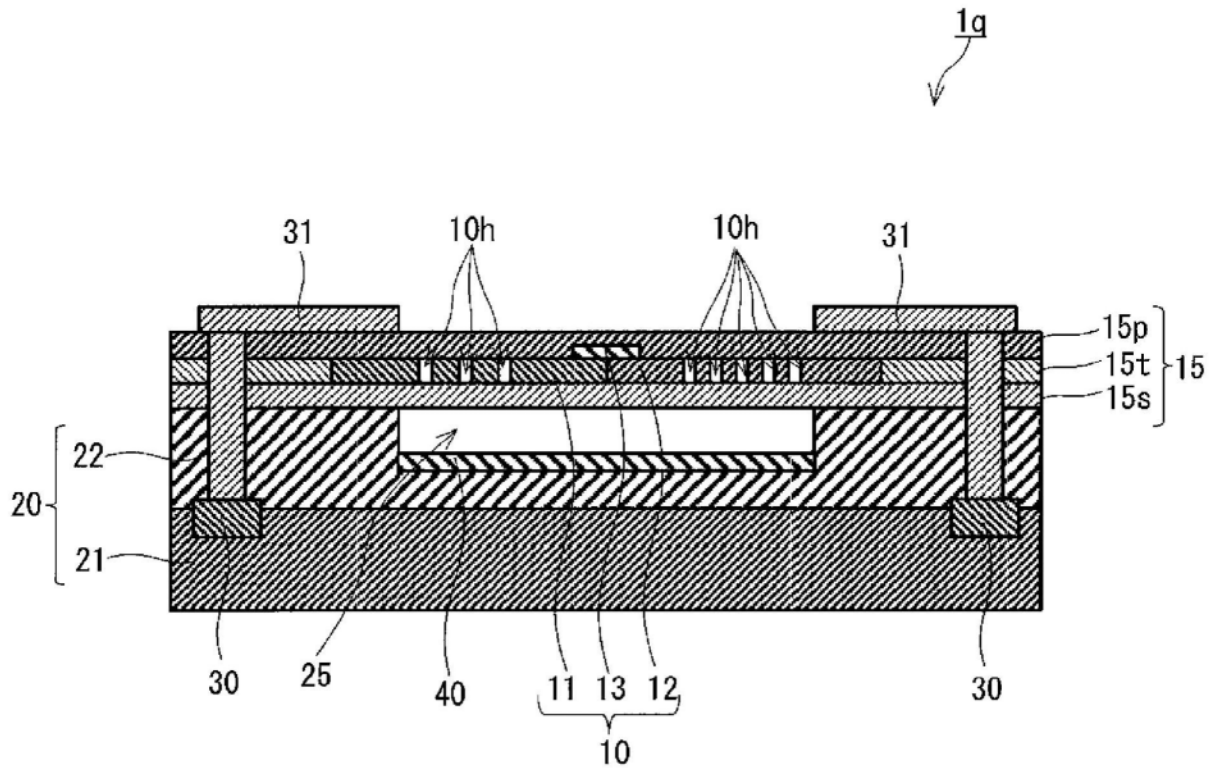


图10B

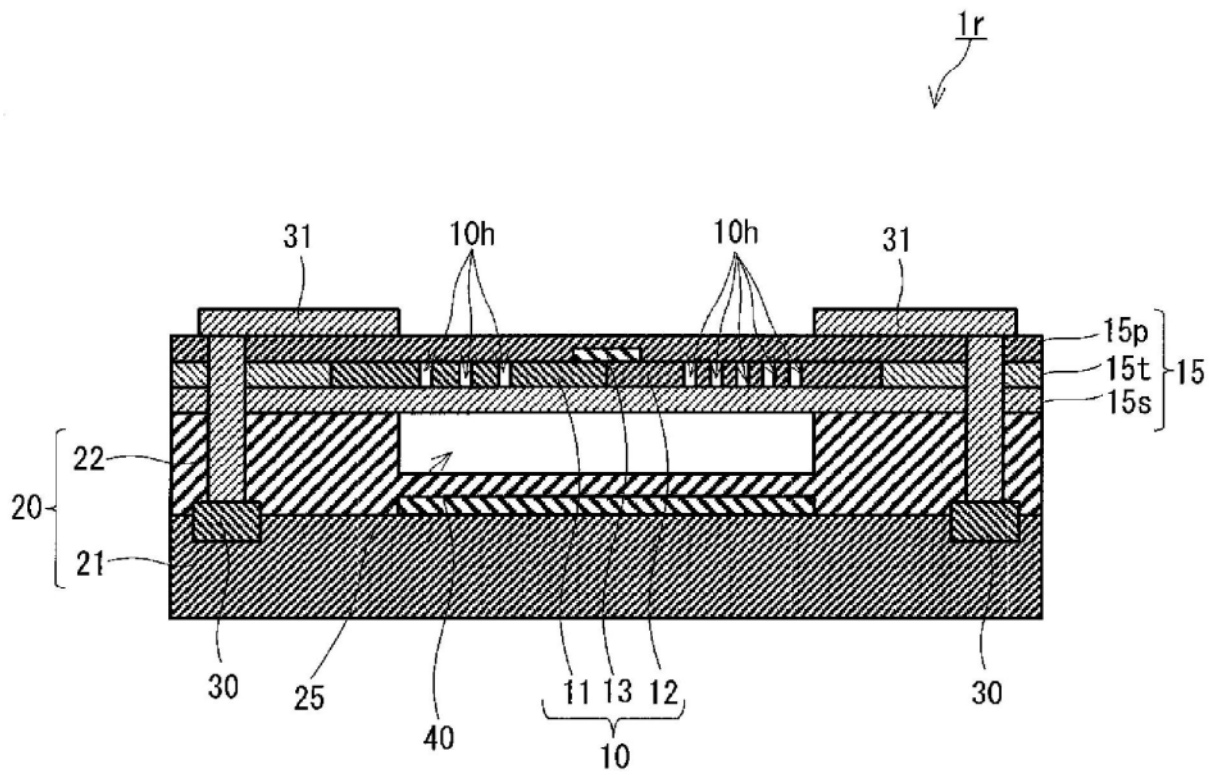


图10C

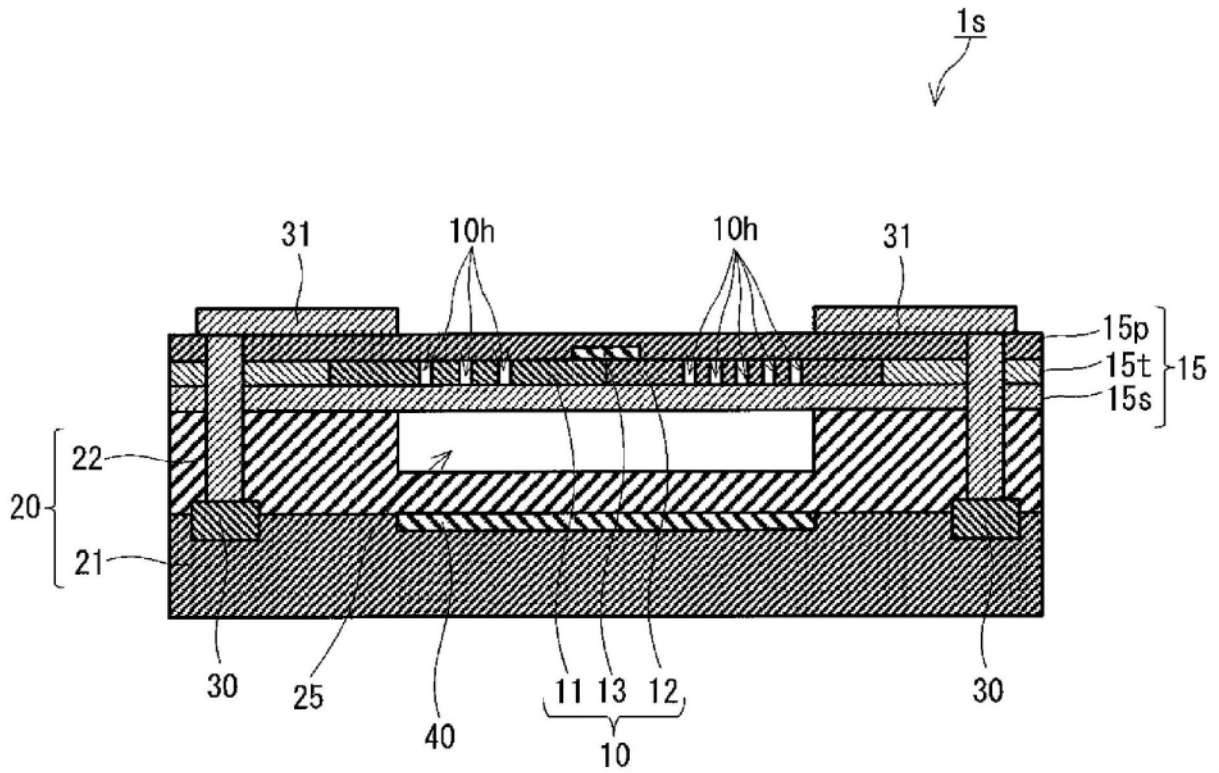


图10D

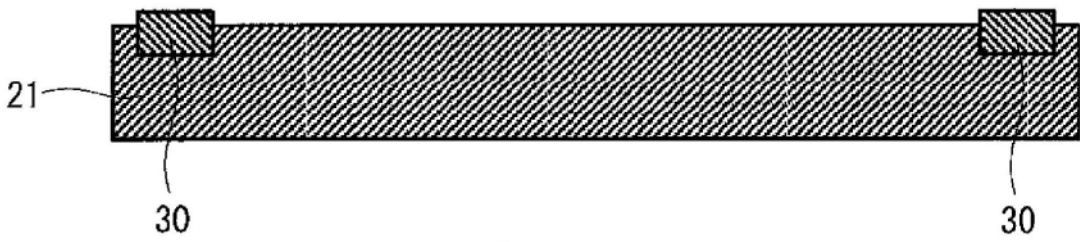


图11A

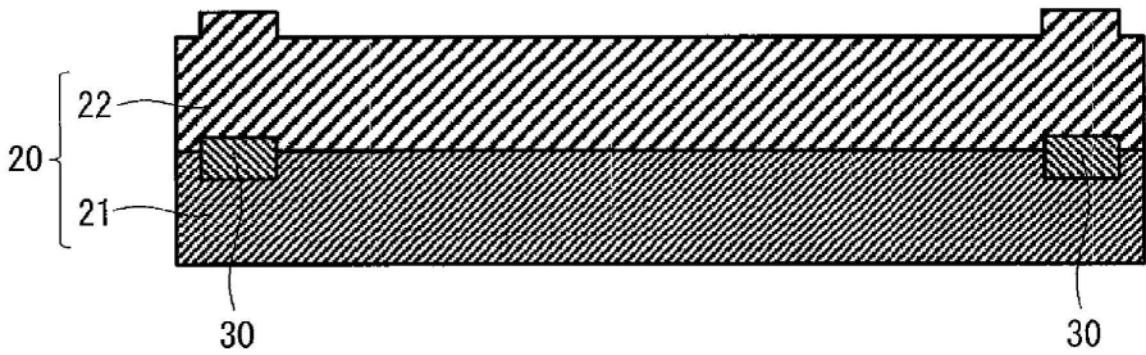


图11B



图11C

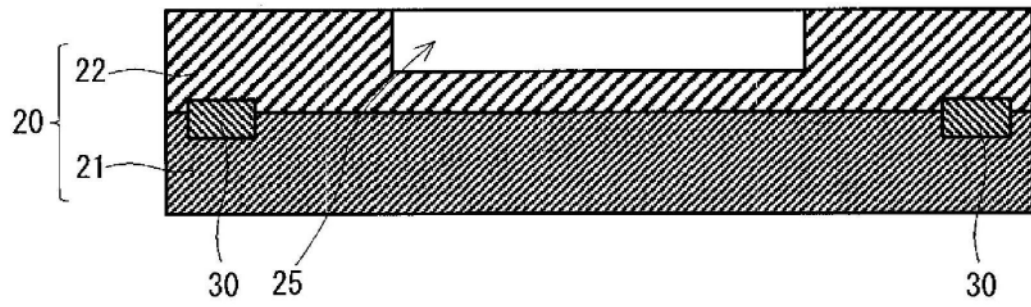


图11D

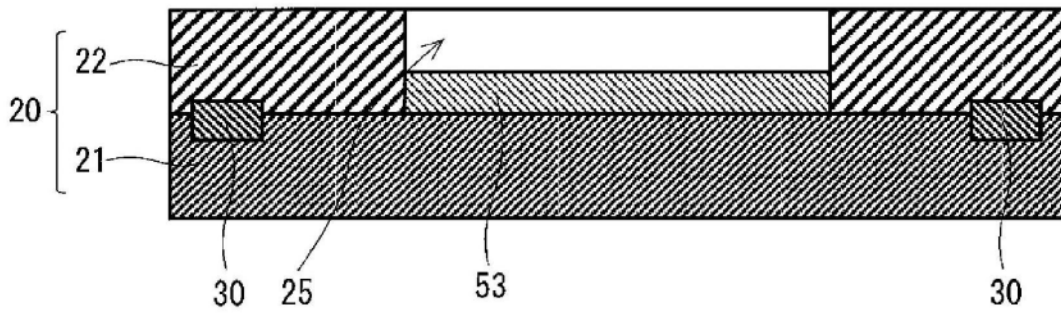


图11E

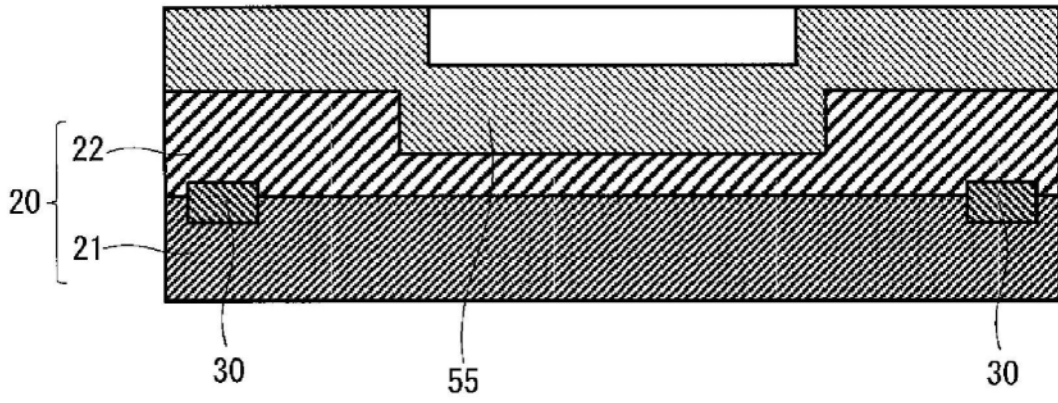


图11F

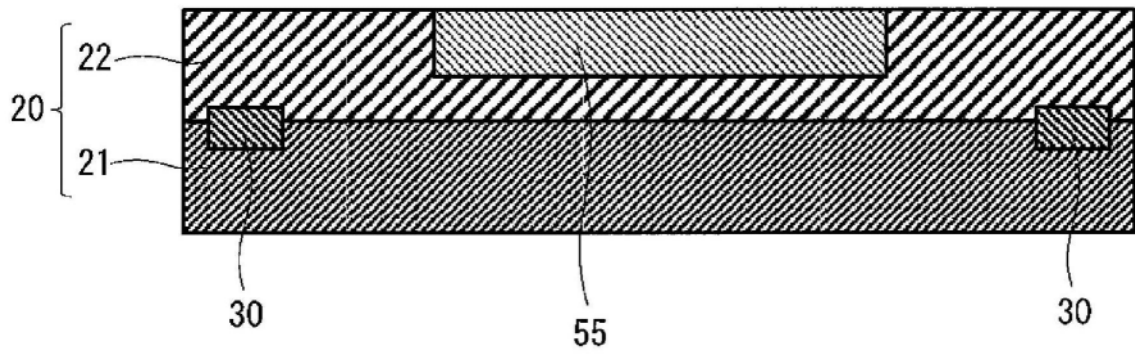


图11G

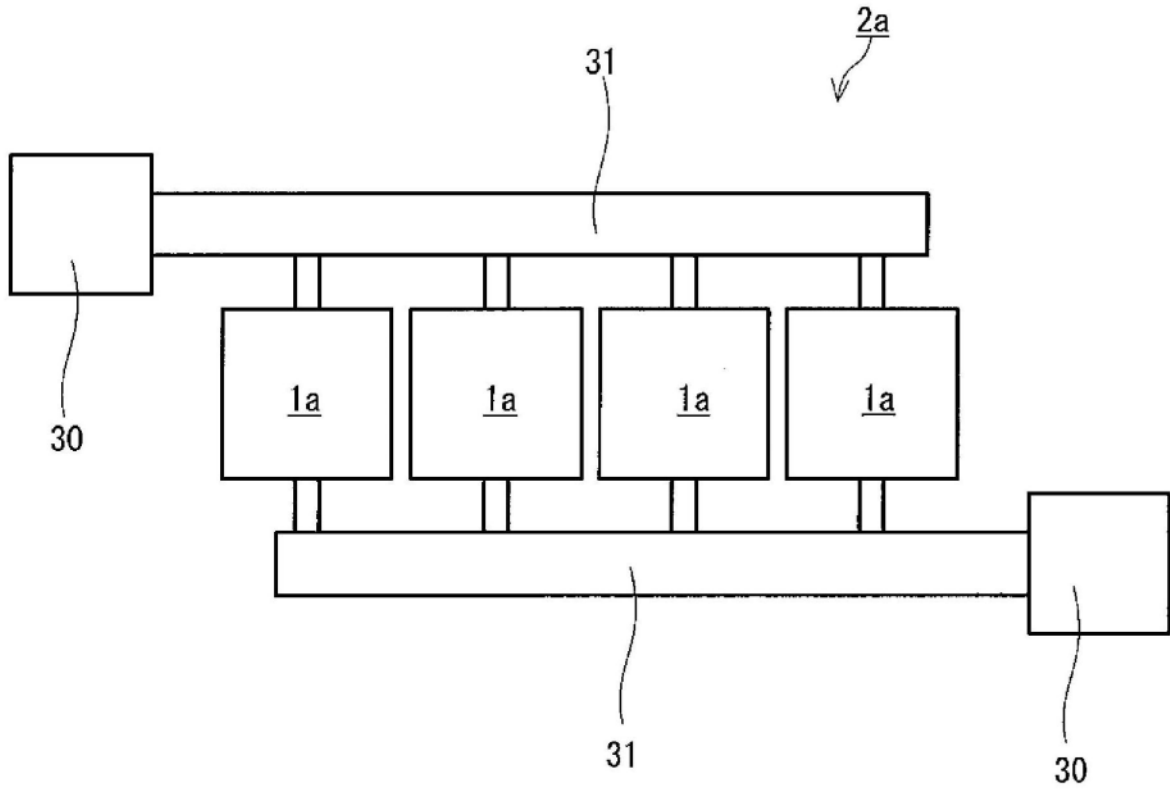


图12A

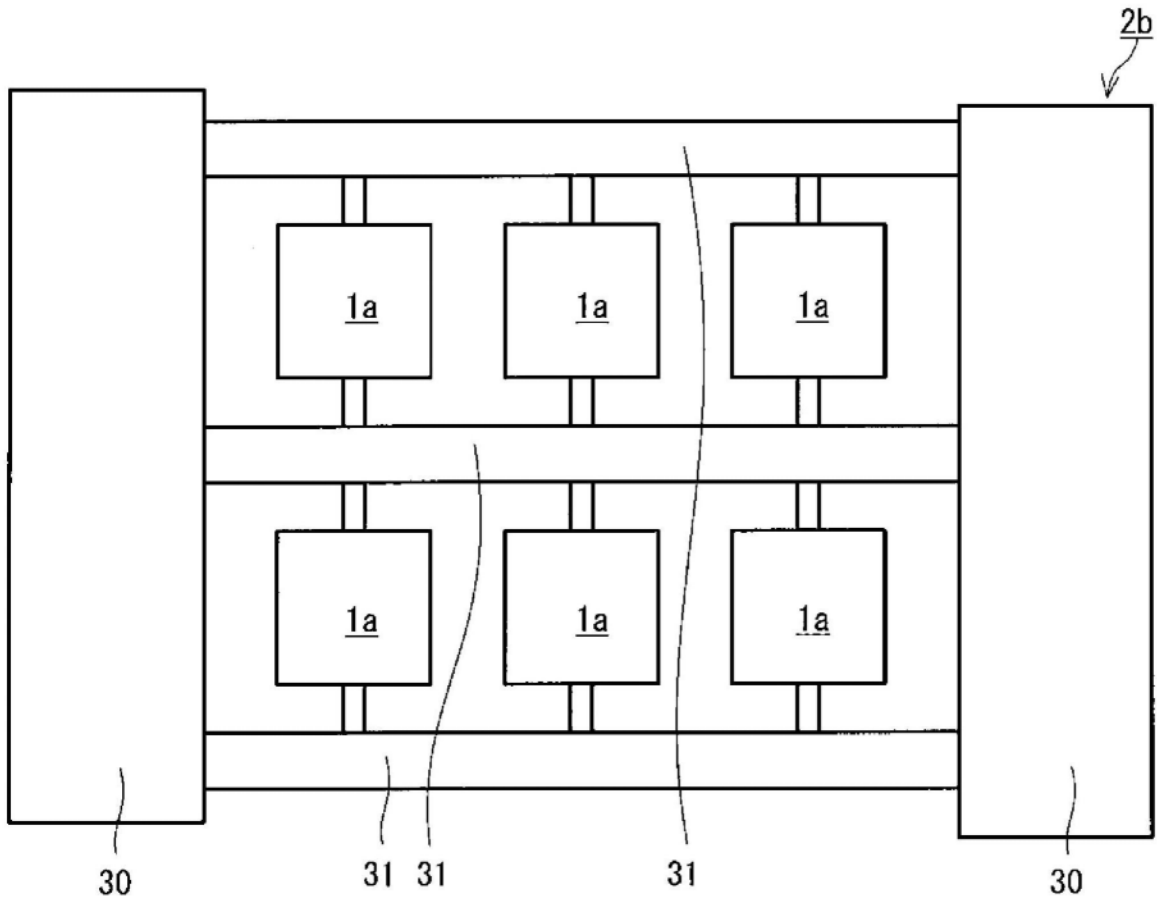


图12B