



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114556601 A

(43) 申请公布日 2022. 05. 27

(21) 申请号 202080071284.7

(22) 申请日 2020.10.06

(30) 优先权数据

2019-194772 2019.10.25 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2022.04.11

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2020/037791 2020.10.06

(87) PCT国际申请的公布数据

W02021/079733 JA 2021.04.29

(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 藤金正树 高桥宏平 反保尚基

中村邦彦 内藤康幸

(74) 专利代理机构 北京市中咨律师事务所

11247

专利代理师 王磊 刘静

(51) Int.Cl.

H01L 35/32 (2006.01)

H02N 11/00 (2006.01)

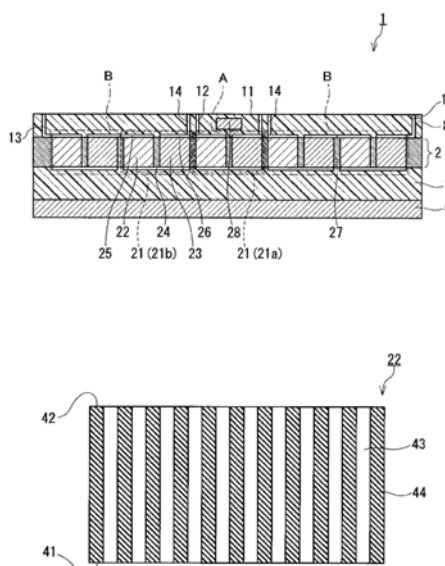
权利要求书4页 说明书24页 附图23页

## (54) 发明名称

热电转换装置、热电转换装置的控制方法、使用热电转换装置冷却和/或加热对象物的方法及电子装置

## (57) 摘要

一种热电转换装置,具备绝缘层和绝缘层上的热电转换模块,热电转换模块具备第1热电转换区域和第2热电转换区域,第1(2)热电转换区域具备1个或2个以上的热电转换元件、和第1(3)连接电极及第2(4)连接电极,第1(2)热电转换区域的热电转换元件,与第1(3)连接电极及第2(4)连接电极电连接,并且,位于将两连接电极连接的电路径上,各热电转换元件具备热电转换部,至少一个热电转换元件的热电转换部具备具有声子晶体结构的声子结晶层,所述声子晶体结构具备规则地排列的多个贯通孔,所述晶体结构中的多个贯通孔的贯通方向与垂直于绝缘层的主面的方向大致平行。



1. 一种热电转换装置,具备:  
绝缘层;和  
设置于所述绝缘层上的热电转换模块,  
其中,  
所述热电转换模块具备第1热电转换区域和第2热电转换区域,  
所述第1热电转换区域具备:  
1个或2个以上的热电转换元件;和  
第1连接电极及第2连接电极,  
所述第1热电转换区域的所述热电转换元件,与所述第1连接电极及所述第2连接电极电连接,并且,位于将所述第1连接电极和所述第2连接电极连接的电路径上,  
所述第2热电转换区域具备:  
1个或2个以上的热电转换元件;和  
第3连接电极及第4连接电极,  
所述第2热电转换区域的所述热电转换元件,与所述第3连接电极及所述第4连接电极电连接,并且,位于将所述第3连接电极和所述第4连接电极连接的电路径上,  
每个所述热电转换元件都具备热电转换部,  
至少一个所述热电转换元件的所述热电转换部具备具有声子晶体结构的声子结晶层,  
所述声子晶体结构具备规则地排列的多个贯通孔,  
所述声子晶体结构中的所述多个贯通孔的贯通方向与垂直于所述绝缘层的主面的方向大致平行。
2. 根据权利要求1所述的热电转换装置,  
所述第1热电转换区域和/或所述第2热电转换区域具备2个以上的所述热电转换元件。
3. 根据权利要求1所述的热电转换装置,  
所述热电转换装置满足以下的(a)和/或(b),  
(a) 所述第1热电转换区域具备2个以上的所述热电转换元件,所述第1热电转换区域的所述2个以上的热电转换元件在所述第1连接电极与所述第2连接电极之间相互串联地电连接;  
(b) 所述第2热电转换区域具备2个以上的所述热电转换元件,所述第2热电转换区域的所述2个以上的热电转换元件在所述第3连接电极与所述第4连接电极之间相互串联地电连接。
4. 根据权利要求1~3的任一项所述的热电转换装置,  
所述第1热电转换区域和/或所述第2热电转换区域的所述热电转换元件具备:  
作为所述热电转换部的p型热电转换部及n型热电转换部;  
第1电极;  
第2电极;和  
第3电极,  
其中,  
所述p型热电转换部的一个端部和所述n型热电转换部的一个端部经由所述第1电极电连接,

所述p型热电转换部的另一个端部与所述第2电极电连接，  
所述n型热电转换部的另一个端部与所述第3电极电连接，  
选自所述第2电极和所述第3电极中的一方电极位于所述电路径上、且位于该电路径的上游侧，

选自所述第2电极和所述第3电极中的另一方电极位于所述电路径上、且位于该电路径的下游侧。

5. 根据权利要求1~3的任一项所述的热电转换装置，  
所述第1热电转换区域和/或所述第2热电转换区域的所述热电转换元件具备：  
作为所述热电转换部且彼此相邻的2个p型热电转换部或n型热电转换部；

第4电极；

第5电极；和

第6电极，

其中，

一个所述热电转换部的一个端部和另一个所述热电转换部的一个端部经由所述第4电极电连接，

所述一个所述热电转换部的另一个端部与所述第5电极电连接，

所述另一个所述热电转换部的另一个端部与所述第6电极电连接，

选自所述第5电极和所述第6电极中的一方电极位于所述电路径上、且位于该电路径的上游侧，

选自所述第5电极和所述第6电极中的另一方电极位于所述电路径上、且位于该电路径的下游侧，

在使电流在所述电路径中流动时，所述相邻的2个热电转换部中的所述电流的流动方向相同。

6. 根据权利要求1~5的任一项所述的热电转换装置，

所述至少一个热电转换元件的所述热电转换部具备作为所述声子结晶层的第1声子结晶层及第2声子结晶层，

所述第1声子结晶层具有第1声子晶体结构，在所述第1声子晶体结构中作为所述贯通孔具备规则地排列的多个第1贯通孔，

所述第2声子结晶层具有第2声子晶体结构，在所述第2声子晶体结构中作为所述贯通孔具备规则地排列的多个第2贯通孔，

所述第1声子结晶层和所述第2声子结晶层在垂直于所述绝缘层的主面的方向上层叠。

7. 根据权利要求6所述的热电转换装置，

所述第1声子结晶层和所述第2声子结晶层相互接触。

8. 根据权利要求6或7所述的热电转换装置，

所述第2贯通孔的至少一部分不与所述第1贯通孔连通。

9. 根据权利要求1~8的任一项所述的热电转换装置，

所述声子晶体结构包含作为声子晶体区域的第1域和第2域，

所述第1域中的所述多个贯通孔，在观看与所述贯通孔的贯通方向垂直的截面时，在第1方向上规则地排列，

所述第2域中的所述多个贯通孔,在观看与所述贯通孔的贯通方向垂直的截面时,在与所述第1方向不同的第2方向上规则地排列。

10. 根据权利要求1~9的任一项所述的热电转换装置,

所述声子结晶层具备多个柱,

所述柱是直线状地延伸的柱状体,

所述柱的每一个被填充于所述声子结晶层的所述贯通孔中,

其中,在填充有所述柱的所述声子结晶层和所述柱由相同的材料构成的情况下,所述柱的周面被氧化膜被覆。

11. 根据权利要求1~10的任一项所述的热电转换装置,

还具备温度检测模块。

12. 根据权利要求1~11的任一项所述的热电转换装置,

还具备控制模块,所述控制模块控制向所述第1热电转换区域和/或所述第2热电转换区域施加的电压。

13. 一种热电转换装置的控制方法,包含:在权利要求1~12的任一项所述的热电转换装置中,对所述第1热电转换区域施加第1电压、对所述第2热电转换区域施加第2电压的工序,

所述第1电压和所述第2电压在施加模式上不同。

14. 根据权利要求13所述的控制方法,

所述热电转换装置具备第1温度检测模块,

基于所述第1温度检测模块取得的关于温度的信息来控制所述第1电压和/或所述第2电压的施加模式。

15. 根据权利要求13或14所述的控制方法,

在所述热电转换装置的附近配置有利用所述热电转换装置来冷却和/或加热的对象物。

16. 根据权利要求15所述的控制方法,

所述对象物具备第2温度检测模块、或者在所述对象物与所述热电转换装置之间配置有第2温度检测模块,

基于所述第2温度检测模块取得的关于温度的信息来控制所述第1电压和/或所述第2电压的施加模式。

17. 根据权利要求15或16所述的控制方法,

控制所述第1电压和/或所述第2电压的施加模式,以使得施加于选自所述第1热电转换区域和所述第2热电转换区域中的更靠近所述对象物的热电转换区域的电压与施加于更远离所述对象物的热电转换区域的电压相比以高的频率变化。

18. 根据权利要求15~17的任一项所述的控制方法,

控制所述第1电压和/或所述第2电压的施加模式以使得所述对象物的温度的变化处于规定的范围内。

19. 根据权利要求15~18的任一项所述的控制方法,

所述对象物为热源。

20. 一种使用热电转换装置冷却和/或加热对象物的方法,

所述热电转换装置是权利要求1~12的任一项所述的热电转换装置，

所述方法包含：在所述热电转换装置中，对所述第1热电转换区域施加第1电压、对所述第2热电转换区域施加第2电压的工序，

所述第1电压和所述第2电压在施加模式上不同。

21. 一种电子装置，具备：

集成电路；和

将所述集成电路冷却和/或加热的热电转换装置，

所述热电转换装置是权利要求1~12的任一项所述的热电转换装置。

## 热电转换装置、热电转换装置的控制方法、使用热电转换装置 冷却和/或加热对象物的方法及电子装置

### 技术领域

[0001] 本公开涉及热电转换装置、热电转换装置的控制方法、使用热电转换装置冷却和/或加热对象物的方法及具备热电转换装置的电子装置。

### 背景技术

[0002] 专利文献1、专利文献2及非专利文献1公开了利用多个贯通孔构成的周期结构。在该周期结构中，俯视薄膜，贯通孔以纳米级(1nm~1000nm的区域)内的周期规则地排列。该周期结构是声子晶体结构的一种。该类型的声子晶体结构通常具有作为构成贯通孔的排列的最小单位的单位晶格。根据该声子晶体结构，能够降低薄膜的热导率。薄膜的热导率也能够通过例如多孔化来降低。这是因为通过多孔化而进入到薄膜中的空隙使薄膜的热导率减小。但是，根据声子晶体结构，能够降低构成薄膜的母材本身的热导率。因此，与仅多孔化相比，可期待热导率的进一步降低。

[0003] 已知具备包含热电转换材料的热电转换部的热电转换元件。通过使用热电转换元件，能够构建热电转换装置。根据热电转换装置，能够利用珀尔帖效应来进行对象物的冷却和/或加热。专利文献3公开了具备p型热电转换材料和n型热电转换材料的热电转换元件。

[0004] 在先技术文献

[0005] 专利文献

[0006] 专利文献1:美国专利申请公开第2017/0047499号说明书

[0007] 专利文献2:美国专利申请公开第2017/0069818号说明书

[0008] 专利文献3:国际公开第2011/048634号

[0009] 非专利文献

[0010] 非专利文献1:Nomura et al., "Impeded thermal transport in Si multiscale hierarchical architectures with phononic crystal nanostructures", Physical Review B 91, 205422 (2015)

### 发明内容

[0011] 本公开提供适于将对象物的温度的变化保持在规定的范围内等、且对象物的冷却和/或加热的控制的自由度高的热电转换装置。

[0012] 本公开提供以下的热电转换装置。

[0013] 一种热电转换装置，具备：

[0014] 绝缘层；和

[0015] 设置于所述绝缘层上的热电转换模块，

[0016] 其中，

[0017] 所述热电转换模块具备第1热电转换区域和第2热电转换区域，

[0018] 所述第1热电转换区域具备：

- [0019] 1个或2个以上的热电转换元件;和
- [0020] 第1连接电极及第2连接电极,
- [0021] 所述第1热电转换区域的所述热电转换元件,与所述第1连接电极及所述第2连接电极电连接,并且,位于将所述第1连接电极和所述第2连接电极连接的电路径上,
- [0022] 所述第2热电转换区域具备:
- [0023] 1个或2个以上的热电转换元件;和
- [0024] 第3连接电极及第4连接电极,
- [0025] 所述第2热电转换区域的所述热电转换元件,与所述第3连接电极及所述第4连接电极电连接,并且,位于将所述第3连接电极和所述第4连接电极连接的电路径上,
- [0026] 每个所述热电转换元件都具备热电转换部,
- [0027] 至少一个所述热电转换元件的所述热电转换部具备具有声子晶体结构的声子结晶层,所述声子晶体结构具备规则地排列的多个贯通孔,
- [0028] 所述声子晶体结构中的所述多个贯通孔的贯通方向与垂直于所述绝缘层的主面的方向大致平行。
- [0029] 根据本公开,能够提供适于将对象物的温度的变化保持在规定的范围内等、且对象物的冷却和/或加热的控制的自由度高的热电转换装置。

#### 附图说明

- [0030] 图1A是示意地表示本公开的热电转换装置的一例的平面图。
- [0031] 图1B是表示图1A的热电转换装置的截面1B-1B的截面图。
- [0032] 图2是示意地表示本公开的热电转换装置能够具备的热电转换元件中的热电转换部的一例的截面图。
- [0033] 图3是示意地表示本公开的热电转换装置能够具备的热电转换元件中的热电转换部的另一例的截面图。
- [0034] 图4是从第1声子结晶层侧观看图3的热电转换部的平面图。
- [0035] 图5是从第2声子结晶层侧观看图3的热电转换部的平面图。
- [0036] 图6A是表示热电转换元件能够具有的声子晶体结构的单位晶格的一例的示意图。
- [0037] 图6B是表示热电转换元件能够具有的声子晶体结构的单位晶格的另一例的示意图。
- [0038] 图6C是表示热电转换元件能够具有的声子晶体结构的单位晶格的又一例的示意图。
- [0039] 图6D是表示热电转换元件能够具有的声子晶体结构的单位晶格的与上述区分开的一例的示意图。
- [0040] 图7是示意地表示热电转换元件能够具有的声子晶体结构的一例的平面图。
- [0041] 图8A是表示图7的声子晶体结构包含的第1域中的单位晶格和其取向的示意图。
- [0042] 图8B是表示图7的声子晶体结构包含的第2域中的单位晶格和其取向的示意图。
- [0043] 图9是图7的声子晶体结构的区域R1的放大图。
- [0044] 图10是示意地表示热电转换元件能够具有的声子晶体结构的另一例的平面图。
- [0045] 图11是图10的声子晶体结构的区域R2的放大图。

- [0046] 图12是示意地表示热电转换元件能够具有的声子晶体结构的又一例的平面图。
- [0047] 图13是图12的声子晶体结构的区域R3的放大图。
- [0048] 图14是示意地表示热电转换元件能够具有的声子晶体结构的又一例的平面图。
- [0049] 图15是示意地表示热电转换元件能够具有的声子晶体结构的与上述区分开的一例的平面图。
- [0050] 图16是示意地表示热电转换元件能够具有的声子晶体结构的与上述区分开的一例的平面图。
- [0051] 图17A是表示热电转换元件能够具有的声子晶体结构的单位晶格的一例的示意图。
- [0052] 图17B是表示热电转换元件能够具有的声子晶体结构的单位晶格的另一例的示意图。
- [0053] 图18是示意地表示热电转换元件能够具有的声子晶体结构的与上述区分开的一例的平面图。
- [0054] 图19是示意地表示热电转换元件能够具有的声子晶体结构的与上述区分开的一例的平面图。
- [0055] 图20A是示意地表示热电转换元件能够具有的声子结晶层的一例的平面图。
- [0056] 图20B是表示图20A的声子结晶层的截面20B—20B的截面图。
- [0057] 图21是示意地表示本公开的热电转换装置能够具备的热电转换元件中的热电转换部的与上述区分开的一例的截面图。
- [0058] 图22A是示意地表示热电转换元件能够具有的声子结晶层的另一例的平面图。
- [0059] 图22B是表示图22A的声子结晶层的截面22B—22B的截面图。
- [0060] 图23是示意地表示本公开的热电转换装置能够具备的热电转换元件中的热电转换部的与上述区分开的一例的截面图。
- [0061] 图24A是用于说明制造本公开的热电转换装置能够具备的热电转换元件的方法的一例的示意性的截面图。
- [0062] 图24B是用于说明制造本公开的热电转换装置能够具备的热电转换元件的方法的一例的示意性的截面图。
- [0063] 图24C是用于说明制造本公开的热电转换装置能够具备的热电转换元件的方法的一例的示意性的截面图。
- [0064] 图24D是用于说明制造本公开的热电转换装置能够具备的热电转换元件的方法的一例的示意性的截面图。
- [0065] 图24E是用于说明制造本公开的热电转换装置能够具备的热电转换元件的方法的一例的示意性的截面图。
- [0066] 图24F是用于说明制造本公开的热电转换装置能够具备的热电转换元件的方法的一例的示意性的截面图。
- [0067] 图24G是用于说明制造本公开的热电转换装置能够具备的热电转换元件的方法的一例的示意性的截面图。
- [0068] 图24H是用于说明制造本公开的热电转换装置能够具备的热电转换元件的方法的一例的示意性的截面图。

- [0069] 图24I是用于说明制造本公开的热电转换装置能够具备的热电转换元件的方法的一例的示意性的截面图。
- [0070] 图24J是用于说明制造本公开的热电转换装置能够具备的热电转换元件的方法的一例的示意性的截面图。
- [0071] 图24K是用于说明制造本公开的热电转换装置能够具备的热电转换元件的方法的一例的示意性的截面图。
- [0072] 图24L是用于说明制造本公开的热电转换装置能够具备的热电转换元件的方法的一例的示意性的截面图。
- [0073] 图24M是用于说明制造本公开的热电转换装置能够具备的热电转换元件的方法的一例的示意性的截面图。
- [0074] 图24N是用于说明制造本公开的热电转换装置能够具备的热电转换元件的方法的一例的示意性的截面图。
- [0075] 图24O是用于说明制造本公开的热电转换装置能够具备的热电转换元件的方法的一例的示意性的截面图。
- [0076] 图25A是示意地表示本公开的热电转换装置的另一例的平面图。
- [0077] 图25B是表示图25A的热电转换装置的截面25B—25B的截面图。
- [0078] 图25C是表示图25A的热电转换装置的截面25C—25C的截面图。
- [0079] 图26A是示意地表示本公开的热电转换装置的又一例的截面图。
- [0080] 图26B是表示图26A的热电转换装置的截面26B—26B的截面图。
- [0081] 图27是表示本公开的控制方法的一例的流程图。
- [0082] 图28是表示本公开的控制方法的一例中的电压的施加模式的曲线图。
- [0083] 图29是表示本公开的控制方法的一例中的电压的施加模式的曲线图。

## 具体实施方式

[0084] (成为本发明的基础的见解)

[0085] 本公开的热电转换装置具备热电转换模块,所述热电转换模块具备多个热电转换区域。各热电转换区域能够经由各区域具备的连接电极独立地控制。例如,通过实施在更靠近对象物的热电转换区域和更远离对象物的热电转换区域之间不同的控制,能够提高对象物的冷却和/或加热的控制的自由度。

[0086] 而且,本公开的热电转换装置具备热电转换元件,所述热电转换元件具备具有声子晶体结构的热电转换部。因此,能够提高具备该元件的热电转换模块的绝热性能,作为典型,能够提高热电转换模块及热电转换装置的厚度方向和面内方向这两个方向的绝热性能。在厚度方向上提高了的绝热性能使热电转换模块的热电转换效率提高。在面内方向上提高了的绝热性能使独立地控制多个热电转换区域时的各区域的控制模式的自由度提高。这些点协同地有助于对象物的冷却和/或加热的控制的自由度的提高。

[0087] (本公开的实施方式)

[0088] 以下,对于本公开的实施方式,一边参照附图一边进行说明。再者,以下说明的实施方式均是表示总括或具体的例子的。以下的实施方式中示出的数值、形状、材料、构成要素、构成要素的配置位置及连接形态、工艺条件、步骤、及步骤的顺序等为一例,并非主旨在

于限定本公开。另外,关于以下的实施方式中的构成要素之中的、未记载在表示最上位概念的独立权利要求中的构成要素,作为任意的构成要素进行说明。再者,各图为示意图,并不一定严格地图示。

[0089] [热电转换装置]

[0090] (第1实施方式)

[0091] 图1A和图1B示出第1实施方式的热电转换装置。图1B示出图1A的热电转换装置1的截面1B-1B。图1A和图1B的热电转换装置1具备绝缘层7和热电转换模块2。热电转换模块2设置于绝缘层7上。热电转换模块2为层状。热电转换模块2具备第1热电转换区域A和第2热电转换区域B。第1热电转换区域A,从与绝缘层7的主面垂直的方向X观看,为正方形。第2热电转换区域B,从方向X观看,具有正方形的外形,并且,包围第1热电转换区域A。方向X既是热电转换装置1的厚度方向,也是热电转换模块2的厚度方向。第1热电转换区域A和第2热电转换区域B彼此相邻。第1热电转换区域A和第2热电转换区域B位于同一层。但是,在本公开的热电转换装置中,热电转换模块具备的热电转换区域的配置方式及从方向X观看到的形状并不被限定于上述例子。

[0092] 第1热电转换区域A具备:1个或2个以上的热电转换元件21(21a);和第1连接电极11及第2连接电极12。第1热电转换区域A的热电转换元件21a与第1连接电极11及第2连接电极12电连接。热电转换元件21a位于将第1连接电极11和第2连接电极12连接的电路径上。在第1热电转换区域A具备2个以上的热电转换元件21a的情况下,各个热电转换元件21a与第1连接电极11或第2连接电极12的电连接,可以是直接的连接,也可以是经由另外的热电转换元件21a的间接的连接。2个以上的热电转换元件21a可以在第1连接电极11与第2连接电极12之间相互串联地电连接。但是,第1连接电极11与第2连接电极12之间的热电转换元件21a彼此的电连接的形态不被限定。例如,也可以混合存在串联连接和并联连接。通过经由第1连接电极11和第2连接电极12施加电压,热电转换元件21a及第1热电转换区域A分别作为珀尔帖元件及珀尔帖模块来工作。珀尔帖模块例如为珀尔帖式冷却模块、珀尔帖式冷却/加热模块、珀尔帖式加热模块。

[0093] 第2热电转换区域B具备:1个或2个以上的热电转换元件21(21b);和第3连接电极13及第4连接电极14。第2热电转换区域B的热电转换元件21b与第3连接电极13及第4连接电极14电连接。图1A和图1B的例子中的各个热电转换元件21b与第3连接电极13或第4连接电极14的电连接是直接的连接或经由另外的热电转换元件21b的间接的连接。热电转换元件21b位于将第3连接电极13和第4连接电极14连接的电路径上。在图1A和图1B的例子中,2个以上的热电转换元件21b在第3连接电极13与第4连接电极14之间相互串联地电连接。但是,第3连接电极13与第4连接电极14之间的热电转换元件21b彼此的电连接的形态不被限定于上述例子。例如,也可以混合存在串联连接和并联连接。通过经由第3连接电极13和第4连接电极14施加电压,热电转换元件21b及第2热电转换区域B分别作为珀尔帖元件及珀尔帖模块来工作。

[0094] 在第1热电转换区域A和第2热电转换区域B中,作为典型,2个以上的热电转换元件21呈阵列状地排列。

[0095] 在第1热电转换区域A与第2热电转换区域B之间,热电转换元件21彼此的电连接的形态可以相同也可以不同。

[0096] 在图1A和图1B的例子中,第1连接电极11、第2连接电极12、第3连接电极13及第4连接电极14的数量分别为1个。但是,各连接电极的数量也可以为2个以上。

[0097] 向第1连接电极11与第2连接电极12之间施加的电压和向第3连接电极13与第4连接电极14之间施加的电压能够独立地控制。由此,能够进行第1热电转换区域A及第2热电转换区域B的独立的控制。例如,可以对第1热电转换区域A施加第1电压、对第2热电转换区域B施加在施加模式上与第1电压不同的第2电压。

[0098] 图1A和图1B的热电转换装置1还具备基板(基层)6和保护层8。保护层8设置于热电转换模块2上。保护层8位于热电转换装置1的最外层(与基板6侧相反的那一侧的最外层)。热电转换装置1具有:基板6、绝缘层7、热电转换模块2及保护层8依次层叠而成的结构。第1连接电极11、第2连接电极12、第3连接电极13及第4连接电极14,作为埋设于贯穿保护层8而在方向X上延伸的贯通孔内的通孔配线而到达保护层8的上表面,并在该上表面露出。连接电极的露出端例如能够成为与控制向第1热电转换区域A及第2热电转换区域B施加的电压的控制装置和/或控制模块连接的连接点。

[0099] 热电转换元件21具备作为热电转换部的p型热电转换部22及n型热电转换部23、以及第1电极24、第2电极25及第3电极26。p型热电转换部22的一个端部和n型热电转换部23的一个端部经由第1电极24电连接。p型热电转换部22的另一个端部与第2电极25电连接。n型热电转换部23的另一个端部与第3电极26电连接。选自第2电极25和第3电极26中的一方电极位于将连接电极间连接的上述电路径上、且位于该路径的上游侧。选自第2电极25和第3电极26中的另一方电极位于将连接电极间连接的上述电路径上、且位于该路径的下游侧。换言之,能够经由第2电极25和第3电极26向热电转换元件21施加电压。在相邻的热电转换元件21之间,第2电极25和第3电极相互电连接。电路径的上游和下游,例如基于在向热电转换区域施加代表性的电压时在该路径中流动的电流的朝向进行判断即可。在热电转换元件21中将夹持热电转换部的一对电极连接的方向通常为方向X。换言之,热电转换元件21及热电转换装置1中的热流的控制方向通常为方向X。再者,在图1A和图1B的热电转换元件21中,在p型热电转换部22与n型热电转换部23之间配置有绝缘部27,通过该配置,保持了热电转换部22、23两者之间的电绝缘。

[0100] 热电转换元件21的p型热电转换部22和/或n型热电转换部23,作为典型,p型热电转换部22及n型热电转换部23,具备声子结晶层。声子结晶层具备规则地排列的多个贯通孔。声子晶体结构中的多个贯通孔的贯通方向与垂直于绝缘层7的主面的方向X大致平行。声子结晶层为例如后述的第1声子结晶层及第2声子结晶层。贯通孔为例如后述的第1贯通孔及第2贯通孔。在实施方式1中,全部的热电转换元件21具备声子结晶层。但是,也可以并非全部的热电转换元件21具备声子结晶层。在本说明书中,所谓“大致平行”是指下述意思:在2个方向的关系从平行偏离了例如5度以下、优选3度以下、更优选1度以下的情况下也将该关系视为平行。

[0101] 在绝缘体及半导体中,热主要通过被称为声子的晶格振动来传递。由绝缘体或半导体构成的材料的热导率由材料具有的声子的色散关系决定。所谓声子的色散关系意味着频率与波数的关系、或能带结构。在绝缘体及半导体中,传递热的声子涉及从100GHz到10THz的宽幅的频带。该频带是热的带域。材料的热导率由处于热的带域的声子的色散关系决定。根据上述声子晶体结构,能够通过贯通孔的周期结构来控制材料具有的声子的色散

关系。换言之,根据声子晶体结构,能够控制材料例如热电转换部的母材的热导率本身。特别是,基于声子晶体结构的声子带隙(PBG)的形成能够使材料的热导率大大降低。在PBG内声子不能够存在。因此,位于热的带域的PBG能够成为热传导的间隙(gap)。另外,在PBG以外的频带中,声子的色散曲线的斜率也因PBG而变小。斜率的降低使声子的群速度降低,使热传导速度降低。这些点大大地有助于材料本身的热导率的降低。

[0102] <声子晶体结构>

[0103] 一边例示作为热电转换部的p型热电转换部22,一边说明热电转换元件21的热电转换部能够具有的声子晶体结构。n型热电转换部23也能够具有以下说明的声子晶体结构。

[0104] 图2示出p型热电转换部22的一例。图2的p型热电转换部22具备第1声子结晶层44,所述第1声子结晶层44具有第1声子晶体结构,所述第1声子晶体结构具备规则地排列的多个第1贯通孔43。图2的p型热电转换部22是第1声子结晶层44的单层结构体。第1声子晶体结构及第1声子结晶层44中的多个第1贯通孔43的贯通方向是将p型热电转换部22中的一个端部41和另一个端部42连接的方向。在一个端部41配置第1电极24。在另一个端部42配置第2电极25。该方向是相对于p型热电转换部22中的与第1电极24的连接面及与第2电极25的连接面大致垂直的方向。在本说明书中,所谓“大致垂直”是指以下意思:在2个方向的关系从垂直偏离了例如5度以下、优选3度以下、更优选1度以下的情况下也将该关系视为垂直。

[0105] 图3示出p型热电转换部22的另一例。图3的p型热电转换部22,除了第1声子结晶层44以外,还具备具有第2声子晶体结构的第2声子结晶层46,所述第2声子晶体结构具备规则地排列的多个第2贯通孔45。第1声子结晶层44和第2声子结晶层46在将p型热电转换部22中的一个端部41和另一个端部42连接的方向上层叠。另外,第1声子结晶层44和第2声子结晶层46在方向X上层叠。第1声子晶体结构及第1声子结晶层44中的多个第1贯通孔43的贯通方向与第2声子晶体结构及第2声子结晶层46中的多个第2贯通孔45的贯通方向大致平行。图3的p型热电转换部22是第1声子结晶层44与第2声子结晶层46的层叠结构体。第1声子结晶层44和第2声子结晶层46相互接触。

[0106] PBG的分布是立体的,在声子结晶层中,不仅面内方向,厚度方向的热流的控制及基于该控制的热导率的降低也被期待。再者,在图2、图3中,所谓“声子结晶层的厚度方向”意味着规则地排列的多个贯通孔的贯通方向。在图3的p型热电转换部22中,至少2层的声子结晶层在厚度方向层叠。通过由层叠带来的厚度的增大,能够期待p型热电转换部22中的厚度方向的热流的更切实的控制。

[0107] 第1声子结晶层44及第2声子结晶层46的厚度例如为10nm以上且500nm以下。在p型热电转换部22具备2个以上的声子结晶层的情况下,各声子结晶层的厚度可以相互相同,也可以相互不同。

[0108] p型热电转换部22具备的声子结晶层的数量不被限定。在p型热电转换部22具备2个以上的声子结晶层的情况下,各声子结晶层,可以以相互接触的方式层叠,也可以隔着其他的构件而层叠。其他的构件例如为SiO<sub>2</sub>等的氧化膜、后述的缓冲层。

[0109] 图4示出从第1声子结晶层44侧观看图3的p型热电转换部22的平面图。图5示出从第2声子结晶层46侧观看图3的p型热电转换部22的平面图。在图3、图4及图5的p型热电转换部22中,第1声子结晶层44具有的第1声子晶体结构的构成和第2声子结晶层46具有的第2声子晶体结构的构成不同。具体而言,第1贯通孔43的排列的周期P和第2贯通孔45的排列的周

期P不同。在第1声子晶体结构的构成和第2声子晶体结构的构成不同的情况下,通常第2贯通孔45的至少一部分不与第1贯通孔43连通。但是,在具备2个以上的声子结晶层的p型热电转换部22中,各声子结晶层的构成也可以相同。

[0110] 与贯通孔43、45的长度相当的声子结晶层44、46的厚度可以是贯通孔的直径的2倍以上。在该情况下,能够增大声子结晶层44、46的上表面和下表面之间的距离。由此,能够增大声子结晶层44、46的上表面和下表面之间的温度差,能够提高热电转换效率。再者,在本说明书中,所谓声子结晶层的“上表面”和“下表面”分别意味着在贯通孔的贯通方向上观看声子结晶层时的一个主面和与该一个主面相向的另一个主面。所谓“主面”意味着具有最大的面积的面。声子结晶层44、46的厚度的上限例如为贯通孔的直径的100倍以下,可以为80倍以下、60倍以下、50倍以下。

[0111] 各声子结晶层44、46中所含的贯通孔43、45的体积的合计相对于各声子结晶层44、46的体积的比例,换言之,声子结晶层的空隙率,可以为10%以上。在该情况下,能够减少将贯通孔43、45除外的声子结晶层44、46的体积,能够提高PBG的效果。由此,能够进一步降低声子结晶层44、46的热导率,能够提高热电转换效率。声子结晶层44、46的空隙率的上限例如为90%以下,可以为70%以下、50%以下、40%以下。

[0112] 作为第1声子晶体结构的构成和第2声子晶体结构的构成不同的情况,例示以下的各情形。也可以组合多个情形。

[0113] • 第1贯通孔43的排列的周期P和第2贯通孔45的排列的周期P不同。

[0114] • 第1贯通孔43的直径D和第2贯通孔45的直径D不同。

[0115] • 由第1贯通孔43构成的单位晶格91的种类和由第2贯通孔45构成的单位晶格91的种类不同。

[0116] 如后述的声子晶体结构A所示,第1声子晶体结构中的第1贯通孔43的排列、及第2声子晶体结构中的第2贯通孔45的排列,未必是遍及声子结晶层的整体而一定的。若考虑这一点,则作为第1声子晶体结构的构成和第2声子晶体结构的构成不同的情况,p型热电转换部22能够具有以下的各形态。p型热电转换部22也可以具有任意地组合了以下的各形态的形态。

[0117] 形态A:第1声子晶体结构包含作为声子晶体区域的域A。第2声子晶体结构包含作为声子晶体区域的域B。在第1贯通孔43和第2贯通孔45的贯通方向上观看,域A和域B重叠。域A中的第1贯通孔43的排列的周期P和域B中的第2贯通孔45的排列的周期不同。

[0118] 形态B:第1声子晶体结构包含作为声子晶体区域的域A。第2声子晶体结构包含作为声子晶体区域的域B。在第1贯通孔43和第2贯通孔45的贯通方向上观看,域A和域B重叠。域A中的第1贯通孔43的直径和域B中的第2贯通孔45的直径不同。

[0119] 形态C:第1声子晶体结构包含作为声子晶体区域的域A。第2声子晶体结构包含作为声子晶体区域的域B。在第1贯通孔43和第2贯通孔45的贯通方向上观看,域A和域B重叠。域A中的由第1贯通孔43构成的单位晶格的种类和域B中的由第2贯通孔45构成的单位晶格的种类不同。

[0120] 作为声子晶体区域的域,是在将贯通孔43、45的排列的周期设为P时在俯视下具有例如 $25P^2$ 以上的面积的区域。为了通过声子晶体结构控制声子的色散关系,域可以具有至少 $25P^2$ 以上的面积。在俯视下为正方形的域,通过设为 $5 \times P$ 以上的边,能够确保 $25P^2$ 以上的

面积。

[0121] 俯视下的各域的形状不被限定。俯视下的各域的形状例如为包括三角形、正方形及长方形在内的多边形、圆、椭圆、及它们的复合形状。俯视下的各域的形状也可以为不定形。另外，声子晶体结构具有的域的数量不被限定。声子晶体结构具有的各域的尺寸不被限定。一个域也可以扩大至声子结晶层的整体。在本说明书中，所谓“俯视”意味着在贯通孔的贯通方向上观看声子结晶层。

[0122] 贯通孔43、45的排列的周期P例如为1nm以上且300nm以下。这是因为传递热的声子的波长主要涉及1nm~300nm的范围。周期P采用在俯视下相邻的贯通孔43、45之间的中心间距离来确定。

[0123] 贯通孔43、45的直径D采用相对于周期P的比D/P来表示，例如为 $D/P \geq 0.5$ 。在比 $D/P < 0.5$ 的情况下，声子晶体结构中的空隙率过度地降低，有时热流不能被充分地控制、例如热导率未充分地降低。为了相邻的贯通孔43、45彼此不相接，比D/P的上限例如为小于0.9。直径D是贯通孔43、45的开口的直径。在贯通孔43、45的开口形状在俯视下为圆的情况下，直径D为该圆的直径。贯通孔43、45的开口形状在俯视下也可以不为圆。在该情况下，直径D采用具有与开口的面积相同的面积的假想的圆的直径来确定。

[0124] 由规则地排列的多个贯通孔43、45构成的单位晶格91的种类例如为正方晶格(图6A)、六方晶格(图6B)、长方晶格(图6C)和面心长方晶格(图6D)。但是，单位晶格91的种类不限定于这些例子。

[0125] 构成p型热电转换部22、n型热电转换部23、及p型热电转换部22和n型热电转换部23能够具备的声子结晶层的材料M，作为典型为以成为p型或n型的适当的半导体类型的方式掺杂了杂质元素的半导体材料。半导体材料例如为硅(Si)、Ge、SiGe、SiC、ZnSe、CdSn、ZnO、GaAs、InP、GaN。材料M也可以是半导体材料以外的材料，该材料例如为TiN、SiN、VO<sub>2</sub>。但是，材料M不限定于上述例子。

[0126] 再者，Si系半导体材料一般作为半导体材料具有较高的热导率。因此，在具备由Si系半导体材料构成的热电转换部的以往的热电转换元件中，难以实现高的热电转换效率。另一方面，在热电转换元件21中，热电转换部具备声子结晶层。因此，在热电转换元件21及具备该热电转换元件21的热电转换装置1中，即使在热电转换部由Si系半导体材料构成的情况下也能够实现高的热电转换效率。

[0127] 另外，热电转换部能够由Si系半导体材料构成，这带来例如以下的优点。基底(base)基板可以是基板6。

[0128] • 能够在由Si系半导体材料构成的基底基板、例如Si晶片上形成热电转换元件及具备该元件的热电转换装置。

[0129] • 能够向由Si系半导体材料构成的基底基板内部埋设热电转换元件及热电转换装置。由此，能够在例如埋设了热电转换元件或热电转换装置的基底基板上形成CPU、GPU等的集成电路。这意味着能够制造例如埋设有珀尔帖式冷却装置的集成电路装置等电子装置。集成电路装置也可以是热电转换装置和集成电路一体化并被收纳于一个封装包(package)中的半导体元件。

[0130] 第1声子晶体结构及第2声子晶体结构可以具有以下形态。声子晶体结构包含作为声子晶体区域的第1域和第2域。在观看与贯通孔的贯通方向垂直的截面时，第1域中的多

个贯通孔在第1方向上规则地排列。在观看与贯通孔的贯通方向垂直的截面时,第2域中的多个贯通孔在与第1方向不同的第2方向上规则地排列。以下,将包含这样地根据排列的方向而区分的多种域的声子晶体结构记载为声子晶体结构A。排列的方向能够通过单位晶格的取向来确定。

[0131] 根据本发明人的研究,由声子晶体结构带来的热导率的降低的程度依赖于热的传递方向与声子晶体结构的单位晶格的取向(orientation)构成的角度。认为这是因为PBG的带宽、PBG的数量及声子的平均群速度这些与热传导相关的要素依赖于该角度。另外,关于热的传递,在宏观上,声子在从高温到低温的方向上流动。另一方面,如果着眼于处于纳米级的微观领域,则在声子的流动方向上看不到指向性。即,在微观上,声子的流动方向不是一样的。

[0132] 在上述的各专利文献和非专利文献中,公开了具有单位晶格的取向一样地一致的多个声子晶体区域的构件。然而,在这些构件中,从微观来看,虽然对于在某个特定的方向上流动的声子,相互作用最大,但是对于在其以外的方向上流动的声子,相互作用减弱。另一方面,声子晶体结构A具有单位晶格的取向相互不同的2个以上的声子晶体区域。因此,从微观来看,能够提高对于在多个方向上流动的各声子的相互作用。该特征带来热流的控制的自由度的进一步的提高。

[0133] 以下的说明涉及选自第1声子结晶层44和第2声子结晶层46中的至少一个声子结晶层能够具有的声子晶体结构A。在多个声子结晶层具有声子晶体结构A的情况下,各声子结晶层具有的声子晶体结构A的具体的构成可以相同也可以不同。

[0134] 图7示出声子晶体结构A的一例。图7示出俯视声子结晶层56的一部分的状态。声子结晶层56可以是选自第1声子结晶层44和第2声子结晶层46中的至少一个声子结晶层。声子结晶层56是具有例如10nm以上且500nm以下的厚度的薄膜。声子结晶层56在俯视下为长方形。在声子结晶层56中设置有在声子结晶层56的厚度方向延伸的多个贯通孔50。声子结晶层56具有的声子晶体结构A是多个贯通孔50在面内方向规则地排列的二维声子晶体结构。

[0135] 声子晶体结构A具有作为声子晶体区域的第1域51A和第2域51B。第1域51A具有声子单晶结构,所述声子单晶结构具备在俯视下在第1方向上规则地排列的多个贯通孔50。第2域51B具有声子单晶结构,所述声子单晶结构具备在俯视下在与第1方向不同的第2方向上规则地排列的多个贯通孔50。在各个单晶结构内,多个贯通孔50的直径及排列周期是相同的。另外,在各个单晶结构内,规则地排列的多个贯通孔50的单位晶格91A、91B的取向是相同的。第1域51A及第2域51B的形状在俯视下为长方形。第1域51A的形状和第2域51B的形状在俯视下是相同的。声子晶体结构A也是作为多个声子单晶结构的复合体的声子多晶结构52。

[0136] 如图8A和图8B所示,在声子晶体结构A中,第1域51A中的单位晶格91A的取向53A和第2域51B中的单位晶格91B的取向53B在俯视下相互不同。取向53A与取向53B构成的角度在俯视下为例如10度以上。但是,在单位晶格91A和单位晶格91B相同、且具有n次旋转对称性的情况下,取向53A与取向53B构成的角度的上限为小于 $360/n$ 度。再者,在单位晶格相对于复数的n具有n次旋转对称性时,决定上述角度的上限的n使用最大的n。例如,六方晶格具有2次旋转对称性、3次旋转对称性及6次旋转对称性。此时,决定角度的上限的n使用“6”。即,对于六方晶格的单位晶格91A、91B,取向53A与取向53B构成的角度为小于60度。声子晶体结

构A至少具有单位晶格的取向相互不同的2个以上的声子晶体区域。只要满足这个条件,声子晶体结构A也可以还包含任意的声子晶体区域和/或不具有声子晶体结构的区域。

[0137] 单位晶格的取向能够基于任意的规则来决定。但是,在不同的域间需要应用相同的规则来确定单位晶格的取向。单位晶格的取向是例如将构成单位晶格的不平行的二边构成的角进行二等分的直线的延长方向。但是,在不同的域间需要用相同的规则来确定二边。

[0138] 图9示出图7的声子晶体结构A的区域R1的放大图。在相邻的第1域51A与第2域51B的界面55处,单位晶格91A、91B的取向53A、53B变化了。单元晶格的取向变化的界面55,带来对于在声子晶体结构A中宏观地流动的热的大小的界面阻力。该界面阻力是基于在第1域51A和第2域51B之间产生的、声子群速度的不匹配(错配:mismatch)而引起的。该界面阻力有助于降低具有声子晶体结构A的声子结晶层56中的热导率。再者,图9的界面55在俯视下直线状地延伸。另外,界面55在俯视下沿着长方形的声子结晶层56的宽度方向延伸。宽度方向可以是与由宏观的热传递方向确定的声子结晶层56的中心线的伸展方向垂直的方向。界面55在俯视下与宏观的热传递方向大致垂直地分割了声子晶体结构A。

[0139] 在图7的声子晶体结构A中,第1域51A中的多个贯通孔50的排列的周期P与第2域51B中的多个贯通孔50的排列的周期P相等。

[0140] 在图7的声子晶体结构A中,在第1域51A中规则地排列的多个贯通孔50的直径与在第2域51B中规则地排列的多个贯通孔50的直径相等。

[0141] 在图7的声子晶体结构A中,第1域51A中的单位晶格91A的种类与第2域51B中的单位晶格91B的种类相同。图7的单位晶格91A和单位晶格91B均为六方晶格。

[0142] 声子晶体结构A具有的域的数量不被限定。声子晶体结构A具有的域的数量越多,由域间的界面所致的界面阻力的作用越大。

[0143] 以下示出声子晶体结构A的另一例。

[0144] 在图10和图11的作为声子晶体结构A的多晶结构52中,相邻的第1域51A和第2域51B的界面55,在俯视下沿着长方形的声子结晶层56的长边的方向延伸。除了该点以外,图10和图11的声子晶体结构A具有与图7的声子晶体结构A同样的构成。图11是图10的区域R2的放大图。

[0145] 在图7和图10的声子晶体结构A中,在俯视下,第1域51A的尺寸和第2域51B的尺寸相同。但是,在俯视下,声子结构A具有的第1域51A和第2域51B的尺寸也可以相互不同。

[0146] 在图12和图13的作为声子晶体结构A的多晶结构52中,在俯视下,第1域51B被第2域51A包围。第1域51A的外形在俯视下为长方形。第2域51B的形状在俯视下为长方形。第1域51A的尺寸和第2域51B的尺寸在俯视下不同。第2域51B与包围第2域51B的第1域51A的界面55在俯视下构成了第2域51B的外缘。除了这些点以外,图12和图13的声子晶体结构A具有与图7的声子晶体结构A同样的构成。图13是图12的区域R3的放大图。

[0147] 另外,在图12和图13的声子晶体结构A中,界面55具有屈曲部(弯曲部)。

[0148] 而且,图12和图13的声子晶体结构A,具有不与声子结晶层56的边相接的第2域51B。

[0149] 在图14的作为声子晶体结构A的多晶结构52中,在俯视下,第1域51A与第2域51B分离地配置。更具体而言,在俯视下,不具有贯通孔50的区域201设置于声子结晶层56的长边方向上的第1域51A和第2域51B之间。除了该点以外,图14的声子晶体结构A具有与图7的

声子晶体结构A同样的构成。

[0150] 在图15的作为声子晶体结构A的多晶结构52中,在俯视下,第1域51A与第2域51B分离地配置。更具体而言,在俯视下,具有随机地设置的贯通孔50的区域202被设置于声子结晶层56的长边方向上的第1域51A和第2域51B之间。在区域202中,在俯视下,贯通孔50未规则地排列。或者,在区域202中,在俯视下,规则地排列的区域的面积例如为小于 $25P^2$ 。在此,P是贯通孔50的排列的周期。除了该点以外,图15的声子晶体结构A具有与图7的声子晶体结构A同样的构成。

[0151] 图16的作为声子晶体结构A的多晶结构52,包含在俯视下具有相互不同的形状的多个域51A、51B、51C、51D、51E、51F和51G。在各个域内,多个贯通孔50的排列的周期及单位晶格的取向是相同的。但是,在域间,单位晶格的取向相互不同。另外,在俯视下,各域的尺寸及形状相互不同。在该形态中,与此前例示的形态相比,在以声子晶体结构A的整体观看时,存在更多的单位晶格的取向。因此,基于单位晶格的取向不同而得到的热导率的降低的效果变得更显著。另外,在该形态中,域间的界面55在俯视下沿多个随机的方向延伸。因此,基于界面阻力而得到的热导率的降低的效果变得更显著。

[0152] 另外,在图16的声子晶体结构A中,相邻的第1域51A和第2域51B的界面55在俯视下沿从声子结晶层56的宽度方向倾斜了的方向延伸。界面55在俯视下也具有屈曲部。

[0153] 作为声子晶体结构A的多晶结构52,也可以包含贯通孔50的排列的周期P和/或贯通孔50的直径D相互不同的第1域51A和第2域51B。图17A所示的第1域51A中的贯通孔50的直径D与图17B所示的第2域51B中的贯通孔50的直径D相互不同。再者,图17A所示的第1域51A中的贯通孔50的排列的周期P与图17B所示的第2域51B中的贯通孔50的排列的周期P相同。

[0154] 图18所示的声子晶体结构A,具有:具有相对小的周期P和直径D的多个贯通孔50规则地排列的第1域51A、和具有相对大的周期P和直径D的多个贯通孔50规则地排列的第2域51B。另外,图18的声子晶体结构A具有区域92和区域93,所述区域92具备具有相对小的周期P和直径D的多个贯通孔50,所述区域93具备具有相对大的周期P和直径D的多个贯通孔50。区域92与区域93相邻。区域92和区域93,分别与图16所示的例子同样地,包含在俯视下具有相互不同的形状、并且单位晶格的取向各自相互不同的多个域。另外,区域92和区域93,与宏观的热的传递方向大致平行地分割了声子晶体结构A。在该形态中,由于在第1域51A中形成的PBG的频带与在第2域51B中形成的PBG的频带不同,所以热导率的降低的效果变得特别显著。

[0155] 在图19所示的声子晶体结构A中,包含:具有相对小的周期P和直径D的多个贯通孔50规则地排列的第1域51A、和具有相对大的周期P和直径D的多个贯通孔50规则地排列的第2域51B。图19的声子晶体结构A包含在俯视下具有相互不同的形状、并且单位晶格的取向各自相互不同的多个域。在该形态中,由于在第1域51A中形成的PBG的频带与在第2域51B中形成的PBG的频带不同,所以热导率的降低的效果变得特别显著。

[0156] 声子结晶层56的形状在俯视下为例如包括三角形、正方形和长方形在内的多边形、圆、椭圆及它们的复合形状。但是,声子结晶层56的形状不限于上述例子。

[0157] 热电转换部的形状在俯视下为例如包括三角形、正方形和长方形在内的多边形、圆、椭圆及它们的复合形状。但是,热电转换部的形状不限于上述例子。热电转换部也可以具有长方体或立方体的形状。

[0158] 热电转换部也可以具备2个以上的第1声子结晶层44和/或2个以上的第2声子结晶层46。另外,热电转换部也可以具备:具有具体的构成与第1声子晶体结构和第2声子晶体结构不同的声子晶体结构的另外的声子结晶层。

[0159] 图20A和图20B示出声子结晶层56的与上述区分开的例子。图20B示出图20A的声子结晶层56的截面20B-20B。图20A和图20B所示的声子结晶层56还具备多个柱61。柱61是直线状地延伸的柱状体。柱61的每一个填充于声子结晶层56的贯通孔50中。柱61的周面被氧化膜62被覆着。在该形态中,作为空孔的贯通孔50被柱61填充。因此,例如,能够提高对于声子结晶层56中的贯通孔50的贯通方向的特性的控制的自由度。更具体而言,例如,在作为2个以上的声子结晶层56的层叠结构体的热电转换部中,能够在保持基于声子晶体结构的低的热导率的状态下提高一个端部41与另一个端部42之间的电子传导性。

[0160] 在填充有柱61的声子结晶层56和柱61由相同的材料构成的情况下,柱61的周面被氧化膜62被覆着。在填充有柱61的声子结晶层56和柱61由不同的材料构成的情况下,不一定需要氧化膜62。

[0161] 还具备柱61的声子结晶层56,例如为第1声子结晶层44和/或第2声子结晶层46。柱61可以填充于第1贯通孔43和第2贯通孔45这两者中。

[0162] 作为典型,柱61由半导体材料构成。构成柱61的材料例如为Si、SiGe、SiC、TiN、SiN、VO<sub>2</sub>。但是,构成柱61的材料不限于上述例子。

[0163] 氧化膜62例如为SiO<sub>2</sub>膜。但是,氧化膜62不限于上述例子。

[0164] 图21示出具备填充有柱61的第1声子结晶层44和第2声子结晶层46的p型热电转换单元22的一例。图21的p型热电转换部22具备图20A和图20B所示的声子结晶层56来作为第1声子结晶层44和第2声子结晶层46。图21的p型热电转换部22是具备2个声子结晶层56的二层结构体。在第1声子结晶层44和第2声子结晶层46之间配置有缓冲层63。构成第1声子结晶层44中的柱61(将氧化膜62除外)的材料与构成缓冲层63的材料相同。另外,构成缓冲层63的材料与构成第2声子结晶层46的材料(将柱61和氧化膜62除外)相同。

[0165] 图22A和图22B示出声子结晶层56的与上述区分开的例子。图22B示出图22A的声子结晶层56的截面22B-22B。图22A和图22B所示的声子结晶层56还具备多个柱61。柱61的每一个填充于声子结晶层56的贯通孔50中。构成柱61的材料与构成声子结晶层56的材料不同。

[0166] 图23示出具备填充有柱61的第1声子结晶层44和第2声子结晶层46的p型热电转换单元22的一例。图23的p型热电转换部22,是依次配置有第1声子结晶层44、第2声子结晶层46和第1声子结晶层44的具有3个声子结晶层56的三层结构体。在作为最下层的第1声子结晶层44与第2声子结晶层46之间配置有第1缓冲层63A。在第2声子结晶层46与作为最上层的第1声子结晶层44之间配置有第2缓冲层63B。构成第1声子结晶层44中的柱61的材料与构成第2缓冲层63B的材料相同。构成第2声子结晶层46中的柱61的材料与构成第1缓冲层63A的材料相同。构成第1声子结晶层44的材料(将柱61除外)与构成第1缓冲层63A的材料相同。构成第2声子结晶层46的材料(将柱61除外)与构成第2缓冲层63B的材料相同。图23的p型热电转换部22由两种材料构成。这两种材料都可以是半导体材料。

[0167] 第1连接电极11、第2连接电极12、第3连接电极13、第4连接电极14、第1电极24、第2电极25及第3电极26,由导电性材料构成。作为典型,导电性材料为金属。金属例如为铬(Cr)、铝(Al)、金(Au)、银(Ag)、铜(Cu)。但是,导电性材料不限于上述例子。选自第1连接

电极11、第2连接电极12、第3连接电极13、第4连接电极14、第1电极24、第2电极25及第3电极26中的至少一方电极也可以具备声子结晶层。该声子结晶层中的多个贯通孔的贯通方向可以与方向X大致平行。

[0168] 基板(基层)6,作为典型,由半导体材料构成。半导体材料例如为Si。基板6可以为Si晶片。可以在由Si构成的基板6的上表面形成氧化膜。氧化膜例如为SiO<sub>2</sub>膜。氧化膜也可以是绝缘层7。但是,基板6的构成不限于上述例子。例如,也可以在基板6的内部埋设集成电路。基板6可以具有多个层层叠而成的层叠结构。基板6的至少一部分的区域可以具备声子结晶层。该声子结晶层中的多个贯通孔的贯通方向可以与方向X大致平行。

[0169] 绝缘层7能够作为保持基板6与热电转换模块2之间的电绝缘的层发挥作用。绝缘层7及绝缘部27,作为典型,由绝缘材料构成。绝缘材料例如为含有Si的金属的氧化物、氮化物、氮氧化物。绝缘材料也可以为SiO<sub>2</sub>。但是,绝缘材料不限于上述例子。选自绝缘层7和绝缘部27中的至少一者也可以具备声子结晶层。该声子结晶层中的多个贯通孔的贯通方向可以与方向X大致平行。

[0170] 保护层8能够作为保护热电转换装置1的层发挥作用。保护层8例如由绝缘材料构成。保护层8可以是绝缘层。热电转换模块2可以是由一对绝缘层夹持的构件。绝缘材料的例子如上述所示。保护层8也可以具备声子结晶层。该声子结晶层中的多个贯通孔的贯通方向可以与方向X大致平行。

[0171] 根据热电转换元件21的热电转换部以外的构件也具备声子结晶层的形态,能够进一步降低热电转换装置1中的面内方向的热导率。通过该降低,能够进一步提高热电转换装置1的热电转换效率。另外,通过该降低,能够抑制面内方向的热扩散,能够进一步提高具备热电转换装置1的电子装置的构建的自由度。

[0172] 再者,根据面内方向的热导率的降低,例如,即使在以与热电转换区域A接触的方式配置热源的情况下,也能够使不与热源接触的热电转换区域B的温度低,作为有利的方式,能够将其保持为更恒定。另外,由此,能够在热电转换区域B上和/或更远离热电转换区域A的位置配置容易受到热的影响的构件、例如集成电路和/或集成电路装置。

[0173] 热电转换装置1也可以还具备温度检测模块。在该情况下,例如能够基于温度检测模块取得的关于温度的信息来控制第1热电转换区域A和/或第2热电转换区域B。关于温度的信息例如为温度的值、温度的变化率、温度的过程(历程)。但是,关于温度的信息不限于上述例子。图1A和图1B的热电转换装置1,在保护层8的内部具备温度检测模块28。温度检测模块28,在方向X上观看,位于热电转换装置1的中央。但是,温度检测模块28的位置不限于上述例子。温度检测模块28例如具备选自热电偶元件、测温电阻体和热敏电阻中的至少一者。

[0174] 热电转换装置1也可以还具备控制向第1热电转换区域A和/或第2热电转换区域B施加的电压的控制模块。控制模块例如能够由集成电路构成。控制模块可以具备向第1热电转换区域A和/或第2热电转换区域B施加电压的电源,可以具备向与控制模块独立地设置的电源发送控制信号的信号发送器。控制模块和温度检测模块28也可以连接。

[0175] 热电转换装置1可以还具备上述以外的任意的构件和/或模块等。本公开的热电转换装置也可以具备2个以上的热电转换模块。2个以上的热电转换模块可以进一步隔着绝缘层而在方向X上层叠。只要选自2个以上的热电转换模块中的至少一个热电转换模块是上述

的热电转换模块2即可。

[0176] 热电转换装置1能够作为珀尔帖式冷却和/或加热装置使用。成为由热电转换装置1进行的冷却和/或加热的对象的对象物例如为热源。热源是例如CPU、GPU等的集成电路、具备集成电路的集成电路装置。但是,对象物不限于上述例子。集成电路的发热量根据负载而不规则地变化。因此,尽管期望是恒定的,但是集成电路的温度还是迫不得已地不规则地变动。根据热电转换装置1,例如能够抑制上述不规则的变动,将集成电路的温度的变化保持在规定的范围内。换言之,在对象物为集成电路和/或集成电路装置的情况下,热电转换装置1特别有利。

[0177] 热电转换装置1也可以作为塞贝克式发电装置使用。

[0178] <制造方法>

[0179] 本公开的热电转换装置,能够通过化学气相沉积(CVD)、溅射和蒸镀等各种的薄膜形成方法、及电子束光刻、光刻、嵌段共聚物平版印刷、选择性蚀刻及化学机械抛光(CMP)等各种的微细加工方法及图案形成方法的组合来制造。嵌段共聚物平版印刷适于声子晶体结构的形成。

[0180] 以下,通过参照图24A~图24O来说明制造具备声子结晶层的热电转换元件21的方法的一例。制造热电转换装置1能够具备的热电转换元件的方法不限于以下的例子。

[0181] 图24A:准备基板71。在基板71的上表面设置了氧化膜72。氧化膜72例如为 $\text{SiO}_2$ 膜。

[0182] 图24B:在氧化膜72之上形成金属层73。金属层73在后面成为第1电极24。金属层73例如为Cr层。金属层73例如通过溅射来形成。金属层73的厚度例如为50nm。

[0183] 图24C:在金属层73之上形成半导体层74。半导体层74例如为多晶Si层。半导体层74例如通过CVD来形成。半导体层74的厚度例如为200nm。

[0184] 图24D:在半导体层74之上形成硬掩模75。硬掩模75例如为 $\text{SiO}_2$ 层。硬掩模75例如通过CVD来形成。硬掩模75的厚度例如为30nm。硬掩模75被使用于针对半导体层74进行的声子晶体结构的形成。

[0185] 图24E:在硬掩模75之上形成嵌段共聚物的自组织化膜76。自组织化膜76被使用在用于形成声子晶体结构的嵌段共聚物平版印刷。

[0186] 图24F:通过嵌段共聚物平版印刷,在硬掩模75中形成规则地排列的多个贯通孔77。

[0187] 图24G:通过将硬掩模75作为抗蚀剂的选择性蚀刻,针对半导体层74,在俯视时与多个贯通孔77对应的位置形成规则地排列的多个贯通孔50。所形成的多个贯通孔50构成声子晶体结构。半导体层74成为声子结晶层56。

[0188] 图24H:除去硬掩模75和自组织化膜76。

[0189] 图24I:在声子结晶层56中的贯通孔50的内周面形成氧化膜62。氧化膜62例如为 $\text{SiO}_2$ 膜。氧化膜62例如通过热氧化来形成。氧化膜62的厚度例如为1nm。

[0190] 图24J:向声子结晶层56中的贯通孔50的内部填充半导体,形成在周面具有氧化膜62的柱61。柱61例如由多晶Si构成。柱61例如通过CVD来形成。另外,此时在声子结晶层56之上形成了由构成柱61的半导体材料形成的层78。

[0191] 图24K:通过CMP等方法除去层78。这样地形成还具备柱61的声子结晶层56。

[0192] 图24L:使用光刻等方法,向声子结晶层56的一部分的区域注入和掺杂杂质离子,

来形成p型热电转换部22。杂质离子例如为硼离子。

[0193] 图24M:使用光刻等方法,向声子结晶层56中的与p型热电转换部22不同的区域注入和掺杂杂质离子,来形成n型热电转换部23。杂质离子例如为磷离子。p型热电转换部22和n型热电转换部23相互分离开。

[0194] 图24N:整体进行热处理(退火),使掺杂了的杂质离子活性化。

[0195] 图24O:在p型热电转换部22之上形成第2电极25。在n型热电转换部23之上形成第3电极26。第2电极25和第3电极26例如由A1构成。由此,形成了热电转换元件21。声子结晶层56中的p型热电转换部22和n型热电转换部23之间的区域作为绝缘部27而残留。绝缘部27具有声子晶体结构,所述声子晶体结构具备规则地排列的多个贯通孔50。根据该形态,能够降低p型热电转换部22和n型热电转换部23之间的元件21的面内方向的热导率。另外,通过该降低,能够进一步提高热电转换元件21及热电转换装置1的热电转换效率。

[0196] (第2实施方式)

[0197] 图25A、图25B和图25C示出第2实施方式的热电转换装置。图25B是表示图25A的热电转换装置1的截面25B-25B的截面图。截面25B-25B包含第1热电转换区A和第2热电转换区B。图25C是表示图25A的热电转换装置1的截面25C-25C的截面图。截面25C-25C包含第2热电转换区B和第3热电转换区C。第2实施方式的热电转换装置1,除了热电转换模块2还具备第3热电转换区域C以外,具有与第1实施方式的热电转换装置1同样的构成。第1热电转换区域A,从与绝缘层7的主面垂直的方向X观看,为正方形。热电转换模块2具备4个第2热电转换区域B。各第2热电转换区域B,从方向X观看,为长方形,并且,其短边与热电转换区域A的一边相接。第1热电转换区域A和各第2热电转换区域B彼此相邻。热电转换模块2具备4个热电转换区域C。各第3热电转换区域C,从方向X观看,为正方形,并且,其两个边分别与不同的第2热电转换区域B的长边相接。各第2热电转换区域B和各热电转换区域C彼此相邻。第1热电转换区域A的重心与第3热电转换区域C的重心之间的距离比第1热电转换区域A的重心与第2热电转换区域B的重心之间的距离大。换言之,第3热电转换区域C,与第2热电转换区域B相比,位于更远离第1热电转换区域A的位置。第1热电转换区域A、第2热电转换区域B及第3热电转换区域C处于同一层。第1热电转换区域A、第2热电转换区域B及第3热电转换区域C,通过它们的组合而形成了在从方向X观看时作为整体为正方形的热电转换区域。第2热电转换区域B和第3热电转换区域C的组合,从方向X观看,包围了第1热电转换区域A。但是,在本公开的热电转换装置中,热电转换模块具备的热电转换区域的数量、其配置的方式及从方向X观看到的形状不限于上述的例子。在本说明书中,所谓“重心”意指从方向X观看时的重心。

[0198] 第3热电转换区域C具备:2个以上的热电转换元件21(21c);和第5连接电极15及第6连接电极16。第3热电转换区域C的热电转换元件21c与第5连接电极15及第6连接电极16电连接。热电转换元件21c位于将第3热电转换区域C具备的连接电极15、16之间连接的电路路上。通过经由连接电极15、16施加电压,热电转换元件21c及第3热电转换区域C分别作为珀尔帖元件及珀尔帖模块工作。除了上述点以外,第3热电转换区域C能够具有与第1热电转换区域A和/或第2热电转换区域B同样的结构。在第2实施方式的热电转换装置1中,在各热电转换区域A、B、C间能够进行独立的控制。通过增加能够独立地控制的热电转换区域的数量,能够进一步提高对象物的冷却和/或加热的控制的自由度。

[0199] (第3实施方式)

[0200] 图26A和图26B示出第3实施方式的热电转换装置。图26B是表示图26A的热电转换装置1的截面26B-26B的截面图。第1实施方式和第2实施方式的热电转换元件21,是在一个元件内具备p型热电转换部22和n型热电转换部23的、被本领域技术人员称为 $\pi$ 型的元件。本公开的热电转换装置能够具备的热电转换元件不限于 $\pi$ 型。第3实施方式的热电转换装置1具备与 $\pi$ 型不同的热电转换元件31。除了代替热电转换元件21而具备热电转换元件31以外,第3实施方式的热电转换装置1具有与第1实施方式的热电转换装置1同样的构成。

[0201] 热电转换元件31具备彼此相邻的2个热电转换部32、33。热电转换部32、33具有相同的导电类型。换言之,热电转换元件31具备彼此相邻的2个p型热电转换部或n型热电转换部。另外,热电转换元件31具备第4电极34、第5电极35及第6电极36。一个热电转换部32的一个端部和另一个热电转换部33的一个端部经由第4电极34电连接。第4电极34将热电转换部32的下表面和热电转换部33的上表面电连接。第4电极34具有在方向X上延伸的通孔配线37(37a)。热电转换部32的另一个端部与第5电极35电连接。热电转换部33的另一个端部与第6电极36电连接。选自第5电极35和第6电极36中的一方电极位于将连接电极间连接的上述电路路径上、且位于该路径的上游侧。选自第5电极35和第6电极36中的另一方电极位于将连接电极间连接的上述电路路径上、且位于该路径的下游侧。换言之,能够经由第5电极35和第6电极36向热电转换元件31施加电压。在热电转换元件31中将夹持热电转换部的一对电极连接的方向通常为方向X。在使电流在电路路径中流动时,相邻的2个热电转换部32、33中的电流的流动方向相同(参照图26B中的箭头)。热电转换元件31是本领域技术人员作为单腿(uni-leg)型来认知的元件。

[0202] 图26的热电转换区域A、B具备2个以上的热电转换元件31。在相邻的元件31间,第5电极35和第6电极36经由在方向X上延伸的通孔配线37(37b)电连接。

[0203] 关于热电转换元件31,只要热电转换部具有声子结晶层,则能够采取作为单腿型来认知的任意的构成。

[0204] [热电转换装置的控制方法]

[0205] 图27示出热电转换装置1的控制方法的一例。图27的控制方法包含:对第1热电转换区域A施加第1电压、对第2热电转换区域B施加第2电压的工序。第1电压和第2电压,在施加模式上不同。图27的控制方法是对热电转换装置1的热电转换模块2具备的每个热电转换区域实施独立的控制的方法的一种。在热电转换模块2具备3个以上的热电转换区域的情况下,能够将任意的一个热电转换区域作为第1热电转换区域A、将任意的另一个热电转换区域作为第2热电转换区域B来实施上述控制。

[0206] 施加模式不同的方式的例子如下。但是,施加模式不同的方式不限于以下的例子。

[0207] • 选自实效电压值、最大电压值和最小电压值中的至少一者不同。

[0208] • 在脉冲电压的施加中,选自脉冲宽度、周期、波形和占空比中的至少一者不同。

[0209] 在热电转换装置具备第1温度检测模块28的情况下,可以基于温度检测模块28取得的关于温度的信息来控制第1电压和/或第2电压的施加模式。

[0210] 可以在热电转换装置1的附近配置利用热电转换装置1来冷却和/加热的对象物。对象物例如为热源。热源的例子如上述所示。对象物例如配置在热电转换装置1的与基板6

相反的那一侧。对象物和热电转换装置1可以接触。对象物可以与热电转换装置1的保护层、绝缘层或热电转换模块接触。对象物可以与选自热电转换模块具备的2个以上的热电转换区域中的至少一个热电转换区域接触,也可以仅与1个热电转换区域接触。另外,此时可以实施选自以下的控制A、控制B和控制C中的至少一者。

[0211] 控制A:对象物具备第2温度检测模块,或者,在对象物和热电转换装置1之间配置有第2温度检测模块,基于第2温度检测模块取得的关于温度的信息来控制第1电压和/或第2电压的施加模式。由此,能够进一步提高对象物的冷却和/或加热的控制的自由度。

[0212] 控制B:控制第1电压和/或第2电压的施加模式,以使得施加于选自热电转换模块2具备的热电转换区域群中的更靠近对象物的热电转换区域的电压与施加于更远离对象物的热电转换区域的电压相比以高的频率变化。实施方式1、3的热电转换区域群,由第1热电转换区域A和第2热电转换区域B构成。实施方式2的热电转换区域群,由第1热电转换区域A、第2热电转换区域B及第3热电转换区域C构成。但是,在由3个以上的热电转换区域构成的热电转换区域群中,可将任意的2个热电转换区域设定为第1热电转换区域A及第2热电转换区域B来施加第1电压及第2电压。热电转换区域和对象物之间的距离,能够作为各自的重心间的距离来确定。在对象物为热源的情况下,热电转换区域与对象物的距离也可以作为对象物的温度最高的点与热电转换区域的重心之间的距离来确定。

[0213] 控制C:控制第1电压和/或第2电压的施加模式以使得对象物的温度的变化处于规定的范围内。

[0214] 图28和图29示出控制B的更具体的一例。图28和图29的控制方法是具备3个热电转换区域的热电转换装置1的控制方法。在图28和图29的控制方法中,控制电压的施加模式,以使得施加于最靠近对象物的热电转换区域A的电压与施加于更远离对象物的热电转换区域B和热电转换区域C的电压相比以高的频率变化。另外,控制电压的施加模式,以使得施加于热电转换区域B的电压与施加于比热电转换区域B更远离对象物的热电转换区域C的电压相比以高的频率变化。再者,在图29的控制中,对热电转换区域A、B进行的电压的施加是不规律的。

[0215] 上述控制方法也是使用热电转换装置1来冷却和/或加热对象物的方法。换言之,本公开从与上述区分开的方面出发提供一种使用热电转换装置冷却和/或加热对象物的方法,其中,所述热电转换装置为本公开的热电转换装置,所述方法包含:在所述热电转换装置中,对所述第1热电转换区域施加第1电压、对所述第2热电转换区域施加在施加模式上与所述第1电压不同的第2电压的工序。在该方法中,能够实施上述的1种或2种以上的控制。

[0216] [电子装置]

[0217] 本公开,从另一方面出发提供一种电子装置,其具备集成电路、和冷却和/或加热所述集成电路的热电转换装置,所述热电转换装置是本公开的热电转换装置。电子装置的例子如上述所示。

[0218] 产业上的可利用性

[0219] 本公开的热电转换装置例如能够作为珀尔帖式冷却装置和/或加热装置使用。

[0220] 以下,列举从上述的公开内容导出的发明的一例。

[0221] (项目1)

[0222] 一种热电转换装置,具备:

- [0223] 绝缘层;和
- [0224] 设置于所述绝缘层上的热电转换模块,
- [0225] 其中,
- [0226] 所述热电转换模块具备第1热电转换区域和第2热电转换区域,
- [0227] 所述第1热电转换区域具备:至少一个热电转换元件;和第1连接电极及第2连接电极,
- [0228] 所述第1热电转换区域的所述至少一个热电转换元件,与所述第1连接电极及所述第2连接电极电连接,并且,位于将所述第1连接电极和所述第2连接电极连接的电路径上,
- [0229] 所述第2热电转换区域具备:至少一个热电转换元件;和第3连接电极及第4连接电极,
- [0230] 所述第2热电转换区域的所述至少一个热电转换元件,与所述第3连接电极及所述第4连接电极电连接,并且,位于将所述第3连接电极和所述第4连接电极连接的电路径上,
- [0231] 所述第1热电转换区域的所述至少一个热电转换元件及所述第2热电转换区域的所述至少一个热电转换元件各自具备热电转换部,
- [0232] 所述热电转换部具备具有声子晶体结构的声子结晶层,所述声子晶体结构具备规则地排列的多个贯通孔,并且,
- [0233] 所述多个贯通孔的贯通方向与垂直于所述绝缘层的主面的方向大致平行。
- [0234] (项目2)
- [0235] 根据项目1所述的热电转换装置,
- [0236] 所述第1热电转换区域的所述至少一个热电转换元件包含2个以上的热电转换元件。
- [0237] (项目3)
- [0238] 根据项目1所述的热电转换装置,
- [0239] 所述第2热电转换区域的所述至少一个热电转换元件包含2个以上的热电转换元件。
- [0240] (项目4)
- [0241] 根据项目2所述的热电转换装置,
- [0242] 所述2个以上的热电转换元件,在所述第1连接电极与所述第2连接电极之间相互串联地电连接。
- [0243] (项目5)
- [0244] 根据项目3所述的热电转换装置,
- [0245] 所述2个以上的热电转换元件,在所述第1连接电极与所述第2连接电极之间相互串联地电连接。
- [0246] (项目6)
- [0247] 根据项目1~5的任一项所述的热电转换装置,
- [0248] 选自所述第1热电转换区域和所述第2热电转换区域中的至少一个热电转换区域的所述至少一个热电转换元件具备:
- [0249] p型热电转换部;
- [0250] n型热电转换部;

- [0251] 第1电极；
- [0252] 第2电极；和
- [0253] 第3电极，
- [0254] 其中，
- [0255] 所述热电转换部包含所述p型热电转换部和所述n型热电转换部，
- [0256] 所述p型热电转换部的一个端部和所述n型热电转换部的一个端部经由所述第1电极相互电连接，
- [0257] 所述p型热电转换部的另一个端部与所述第2电极电连接，
- [0258] 所述n型热电转换部的另一个端部与所述第3电极电连接，
- [0259] 选自所述第2电极和所述第3电极中的一方电极位于所述电路径上、且位于该路径的上游侧，并且，
- [0260] 选自所述第2电极和所述第3电极中的另一方电极位于所述电路径上、且位于该路径的下游侧。
- [0261] (项目7)
- [0262] 根据项目1~5的任一项所述的热电转换装置，
- [0263] 选自所述第1热电转换区域和所述第2热电转换区域中的至少一个热电转换区域的所述至少一个热电转换元件具备：
- [0264] 彼此相邻的2个p型热电转换部；
- [0265] 第4电极；
- [0266] 第5电极；和
- [0267] 第6电极，
- [0268] 其中，
- [0269] 所述热电转换部包含所述2个p型热电转换部，
- [0270] 一个所述热电转换部的一个端部和另一个所述热电转换部的一个端部经由所述第4电极相互电连接，
- [0271] 所述一个所述热电转换部的另一个端部与所述第5电极电连接，
- [0272] 所述另一个所述热电转换部的另一个端部与所述第6电极电连接，
- [0273] 选自所述第5电极和所述第6电极中的一方电极位于所述电路径上、且位于该路径的上游侧，
- [0274] 选自所述第5电极和所述第6电极中的另一方电极位于所述电路径上、且位于该路径的下游侧，并且，
- [0275] 在使电流在所述电路径中流动时，所述相邻的2个热电转换部中的所述电流的流动方向相同。
- [0276] (项目8)
- [0277] 根据项目1~5的任一项所述的热电转换装置，
- [0278] 选自所述第1热电转换区域和所述第2热电转换区域中的至少一个热电转换区域的所述至少一个热电转换元件具备：
- [0279] 彼此相邻的2个n型热电转换部；
- [0280] 第4电极；

- [0281] 第5电极;和
- [0282] 第6电极,
- [0283] 其中,
- [0284] 所述热电转换部包含所述2个n型热电转换部,
- [0285] 一个所述热电转换部的一个端部和另一个所述热电转换部的一个端部经由所述第4电极相互电连接,
- [0286] 所述一个所述热电转换部的另一个端部与所述第5电极电连接,
- [0287] 所述另一个所述热电转换部的另一个端部与所述第6电极电连接,
- [0288] 选自所述第5电极和所述第6电极中的一方电极位于所述电路径上、且位于该路径的上游侧,
- [0289] 选自所述第5电极和所述第6电极中的另一方电极位于所述电路径上、且位于该路径的下游侧,并且,
- [0290] 在使电流在所述电路径中流动时,所述相邻的2个热电转换部中的所述电流的流动方向相同。
- [0291] (项目9)
- [0292] 根据项目1~8的任一项所述的热电转换装置,
- [0293] 所述声子结晶层具备第1声子结晶层和第2声子结晶层,
- [0294] 所述第1声子结晶层具有第1声子晶体结构,在所述第1声子晶体结构中作为所述贯通孔具备规则地排列的多个第1贯通孔,
- [0295] 所述第2声子结晶层具有第2声子晶体结构,在所述第2声子晶体结构中作为所述贯通孔具备规则地排列的多个第2贯通孔,并且,
- [0296] 所述第1声子结晶层和所述第2声子结晶层在与所述绝缘层的主面垂直的方向上层叠。
- [0297] (项目10)
- [0298] 根据项目9所述的热电转换装置,
- [0299] 所述第1声子结晶层和所述第2声子结晶层相互接触。
- [0300] (项目11)
- [0301] 根据项目9或10所述的热电转换装置,
- [0302] 所述第2贯通孔的至少一部分不与所述第1贯通孔连通。
- [0303] (项目12)
- [0304] 根据项目1~11的任一项所述的热电转换装置,
- [0305] 所述声子晶体结构包含作为声子晶体区域的第1域和第2域,
- [0306] 所述第1域中的所述多个贯通孔,在与所述贯通孔的贯通方向垂直的截面中,在第1方向上规则地排列,并且,
- [0307] 所述第2域中的所述多个贯通孔,在与所述贯通孔的贯通方向垂直的截面中,在与所述第1方向不同的第2方向上规则地排列。
- [0308] (项目13)
- [0309] 根据项目1~10的任一项所述的热电转换装置,
- [0310] 所述声子结晶层具备多个柱,

- [0311] 所述柱是直线状地延伸的柱状体,并且,
- [0312] 所述柱的每一个被填充于所述声子结晶层的所述贯通孔中。
- [0313] (项目14)
- [0314] 根据项目13所述的热电转换装置,
- [0315] 填充有所述柱的所述声子结晶层和所述柱由相同的材料构成,并且,
- [0316] 所述柱的周面被氧化膜被覆。
- [0317] (项目15)
- [0318] 根据项目1~14的任一项所述的热电转换装置,
- [0319] 还具备温度检测模块。
- [0320] (项目16)
- [0321] 根据项目1~15的任一项所述的热电转换装置,
- [0322] 还具备控制模块,所述控制模块控制施加于选自所述第1热电转换区域和所述第2热电转换区域中的至少一个热电转换区域的电压。
- [0323] (项目17)
- [0324] 一种热电转换装置的控制方法,
- [0325] 所述方法包含:
- [0326] 在项目1~16的任一项所述的热电转换装置中,
- [0327] 向所述第1热电转换区域及所述第2热电转换区域分别施加第1电压及第2电压的工序,
- [0328] 所述第1电压和所述第2电压在施加模式上相互不同。
- [0329] (项目18)
- [0330] 根据项目17所述的控制方法,
- [0331] 所述热电转换装置具备第1温度检测模块,
- [0332] 基于所述第1温度检测模块取得的关于温度的信息来控制选自所述第1电压和所述第2电压中的至少一个电压的施加模式。
- [0333] (项目19)
- [0334] 根据项目17或18所述的控制方法,
- [0335] 在所述热电转换装置的附近配置有利用所述热电转换装置来冷却和/或加热的对象物。
- [0336] (项目20)
- [0337] 根据项目19所述的控制方法,
- [0338] 所述对象物具备第2温度检测模块、或者在所述对象物与所述热电转换装置之间配置有第2温度检测模块,并且,
- [0339] 基于所述第2温度检测模块取得的关于温度的信息来控制选自所述第1电压和所述第2电压中的至少一个电压的施加模式。
- [0340] (项目21)
- [0341] 根据项目19或20所述的控制方法,
- [0342] 控制选自所述第1电压和所述第2电压中的至少一个电压的施加模式,以使得施加于选自所述第1热电转换区域和所述第2热电转换区域中的更靠近所述对象物的热电转换

区域的电压与施加于更远离所述对象物的热电转换区域的电压相比以高的频率变化。

[0343] (项目22)

[0344] 根据项目17~21的任一项所述的控制方法,

[0345] 控制选自所述第1电压和所述第2电压中的至少一个电压的施加模式,以使得所述对象物的温度的变化处于规定的范围内。

[0346] (项目23)

[0347] 根据项目17~22的任一项所述的控制方法,

[0348] 所述对象物为热源。

[0349] (项目24)

[0350] 一种使用热电转换装置冷却和/或加热对象物的方法,

[0351] 所述热电转换装置是项目1~16的任一项所述的热电转换装置,

[0352] 所述方法包含:在所述热电转换装置中,向所述第1热电转换区域及所述第2热电转换区域分别施加第1电压及第2电压的工序,

[0353] 所述第1电压及所述第2电压在施加模式上相互不同。

[0354] (项目25)

[0355] 一种电子装置,具备:

[0356] 集成电路;和

[0357] 冷却和/或加热所述集成电路的热电转换装置,

[0358] 所述热电转换装置是项目1~16的任一项所述的热电转换装置。

[0359] 附图标记说明

[0360] 1:热电转换装置

[0361] 2:热电转换模块

[0362] 6:基板

[0363] 7:绝缘层

[0364] 8:保护层

[0365] A:第1热电转换区域

[0366] B:第2热电转换区域

[0367] 11:第1连接电极

[0368] 12:第2连接电极

[0369] 13:第3连接电极

[0370] 14:第4连接电极

[0371] 21:热电转换元件( $\pi$ 型)

[0372] 22:p型热电转换部

[0373] 23:n型热电转换部

[0374] 24:第1电极

[0375] 25:第2电极

[0376] 26:第3电极

[0377] 27:绝缘部

[0378] 28:温度检测模块

- [0379] 31: 热电转换元件(单腿型)
- [0380] 32、33: 热电转换部
- [0381] 34: 第4电极
- [0382] 35: 第5电极
- [0383] 36: 第6电极
- [0384] 43: 第1贯通孔
- [0385] 44: 第1声子结晶层
- [0386] 45: 第2贯通孔
- [0387] 46: 第2声子结晶层
- [0388] 50: 贯通孔
- [0389] 51A: 第1域
- [0390] 51B: 第2域
- [0391] 52: 声子多晶结构
- [0392] 53A、53B: 取向
- [0393] 55: 界面
- [0394] 56: 声子结晶层
- [0395] 61: 柱
- [0396] 62: 氧化膜
- [0397] 91、91A、91B: 单位晶格。

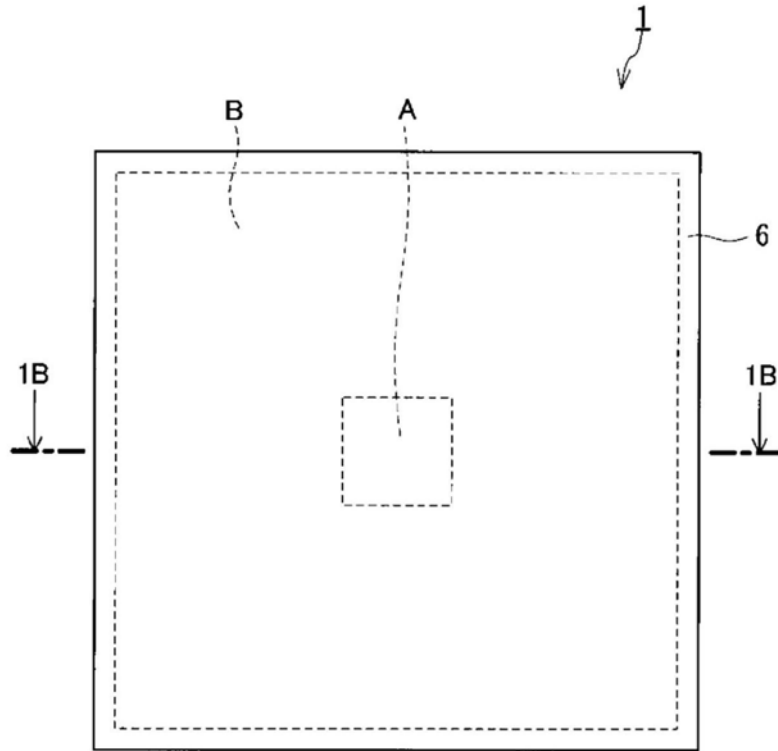


图1A

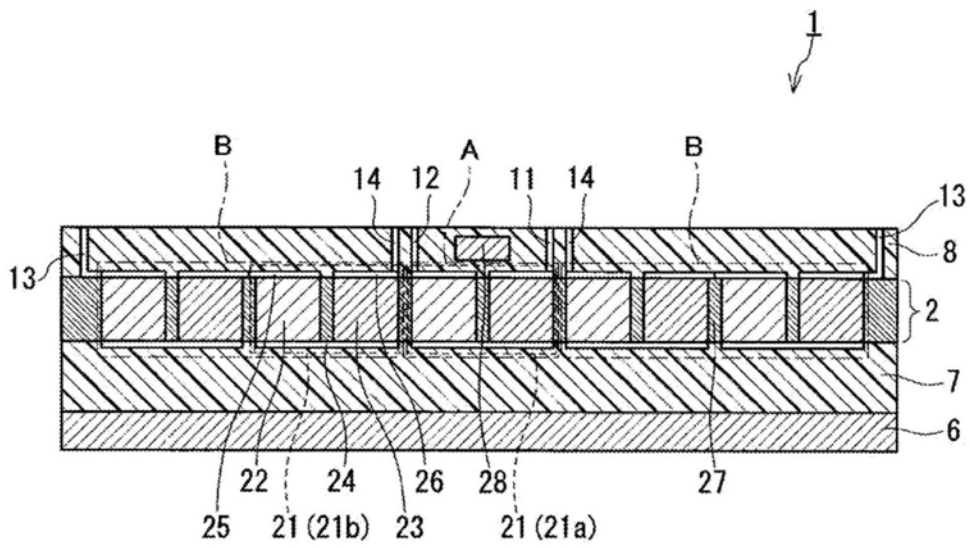


图1B

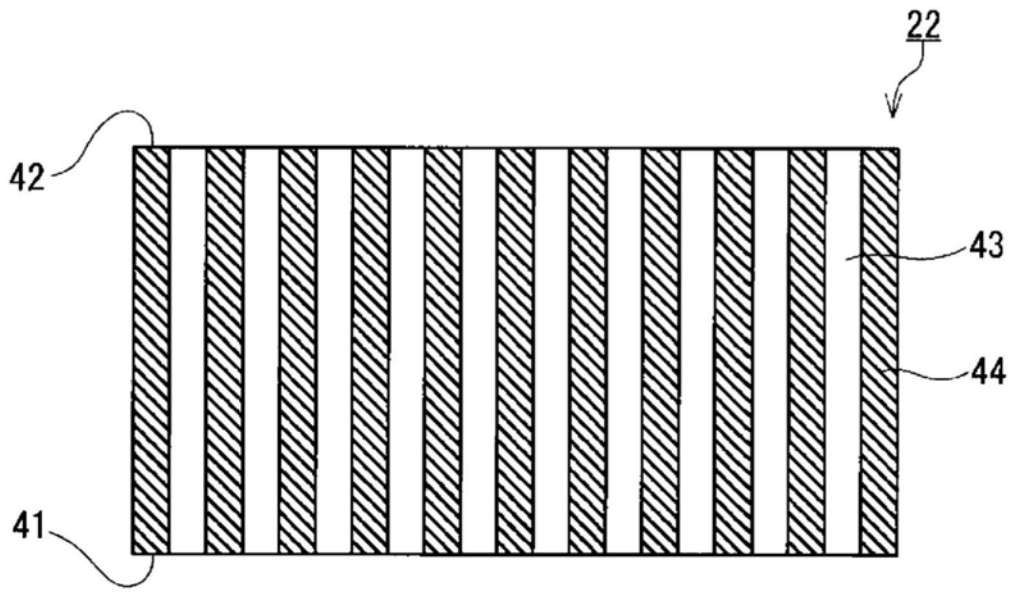


图2

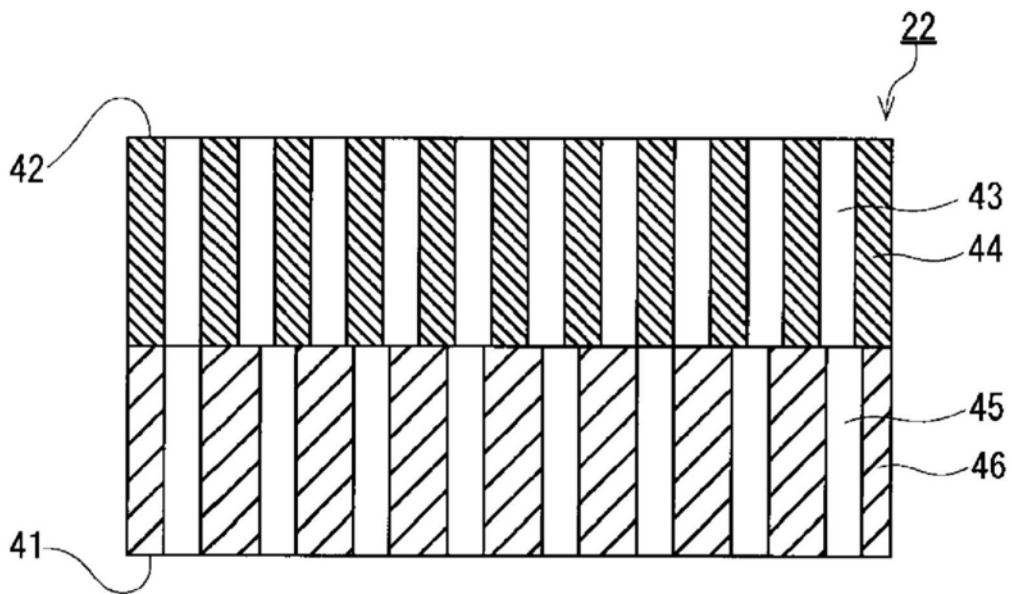


图3

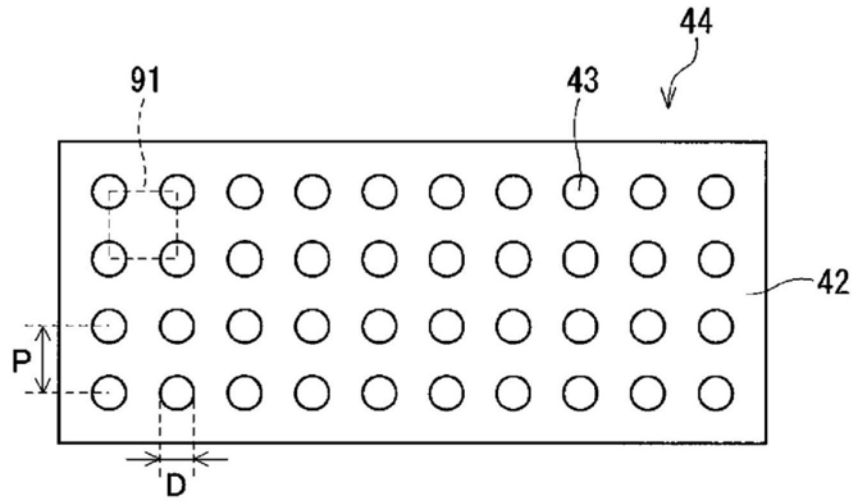


图4

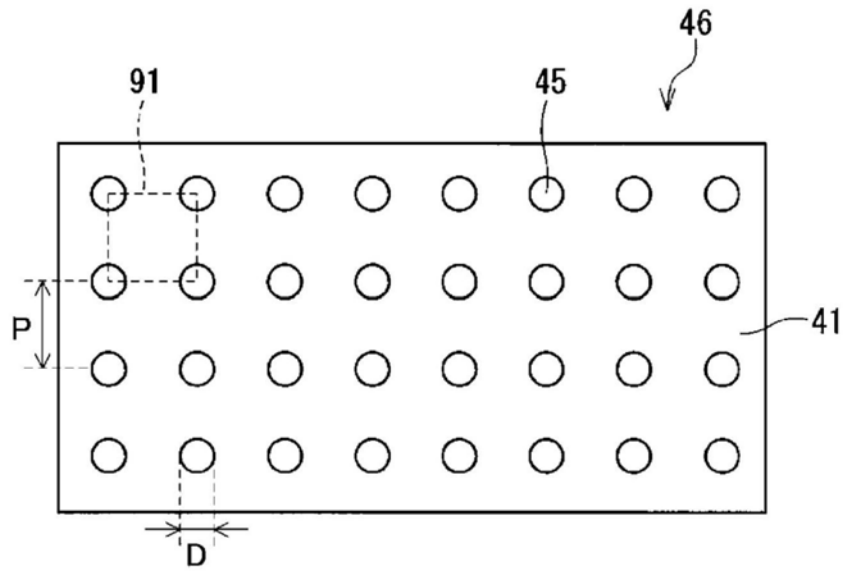


图5

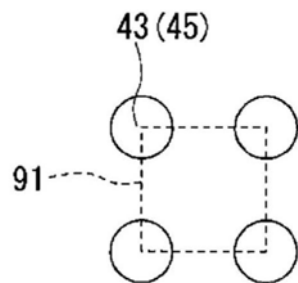


图6A

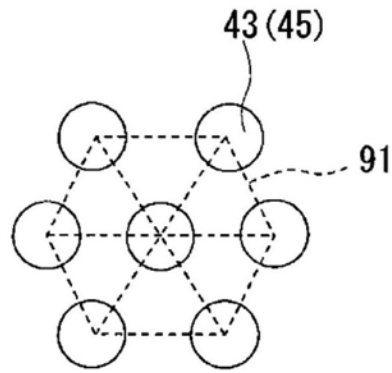


图6B

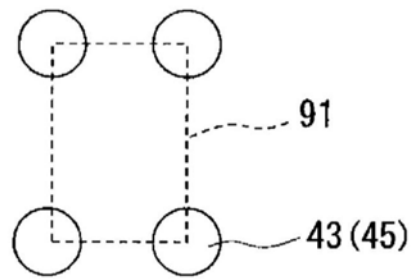


图6C

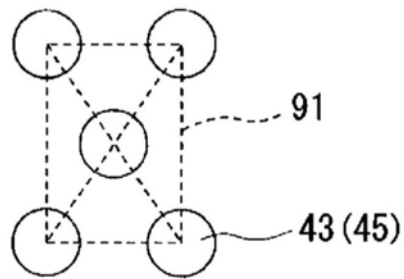


图6D

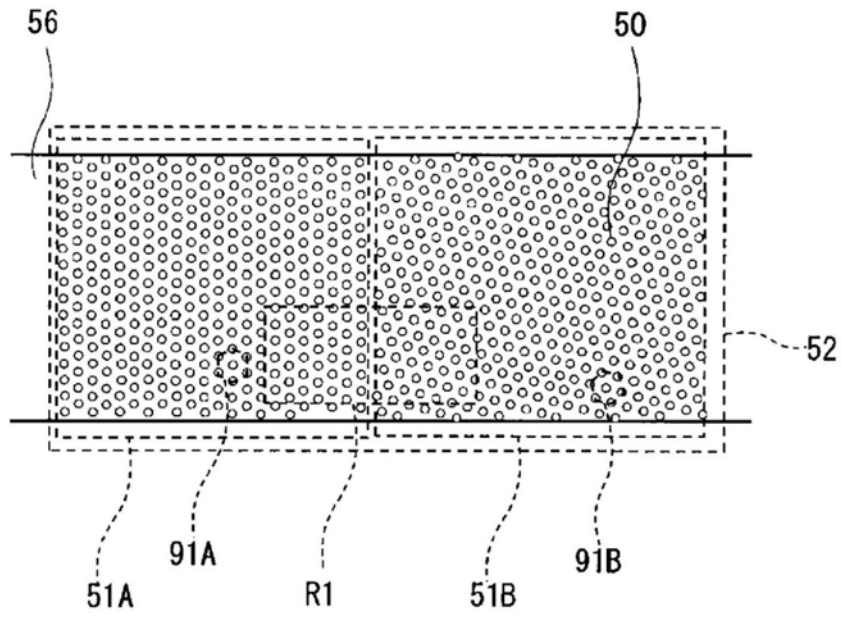


图7

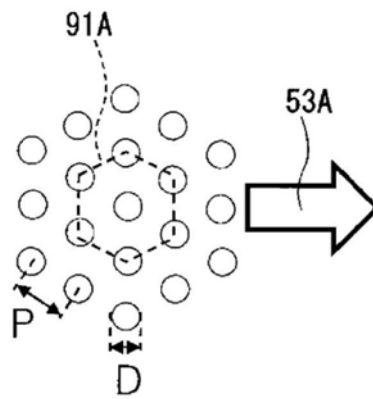


图8A

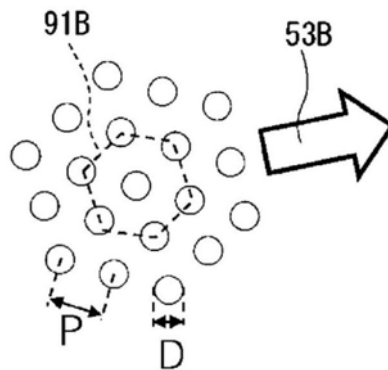


图8B

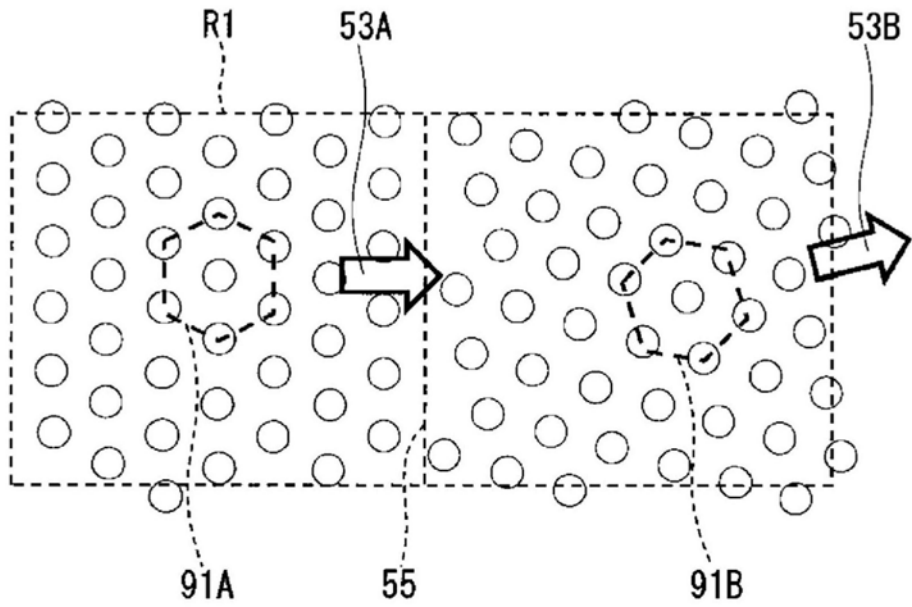


图9

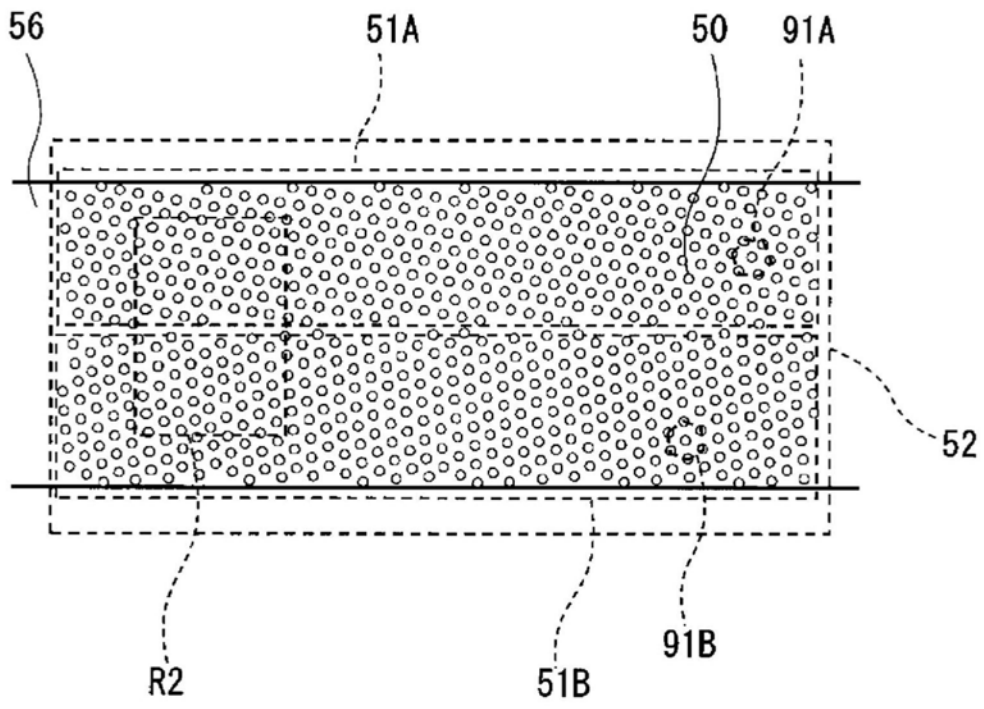


图10

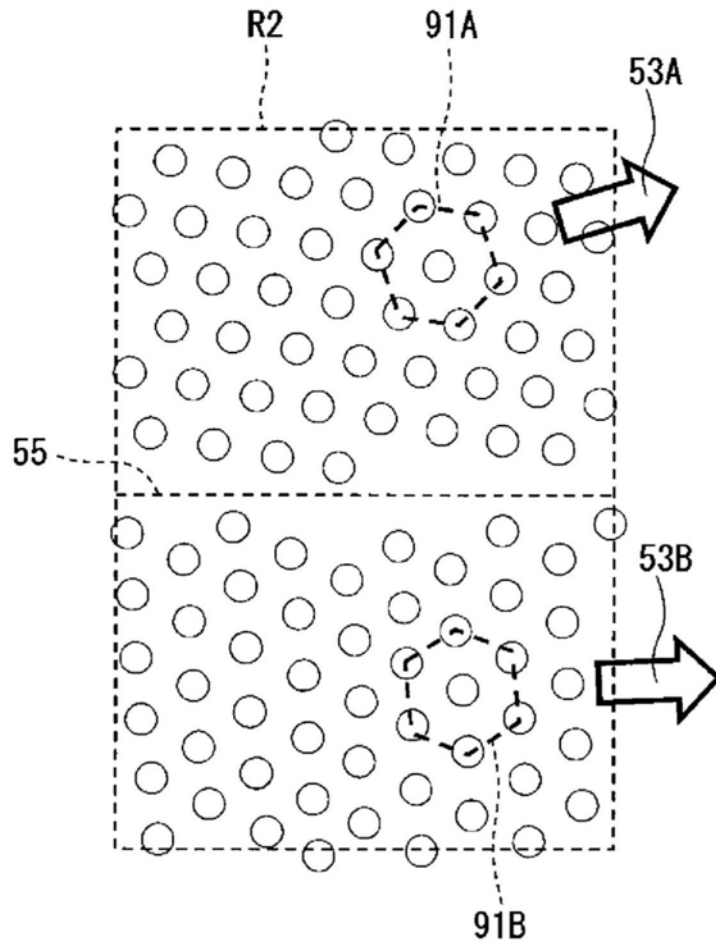


图11

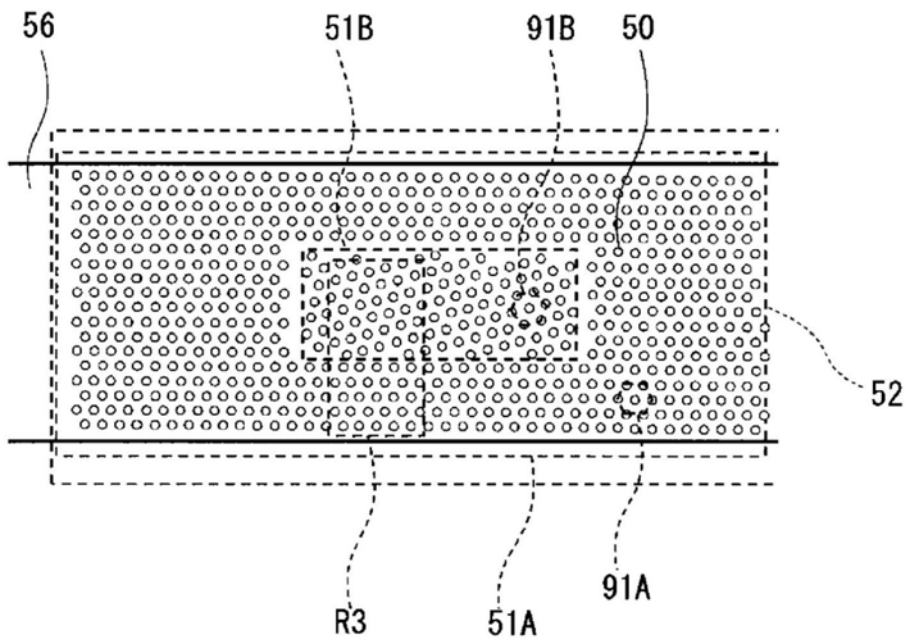


图12

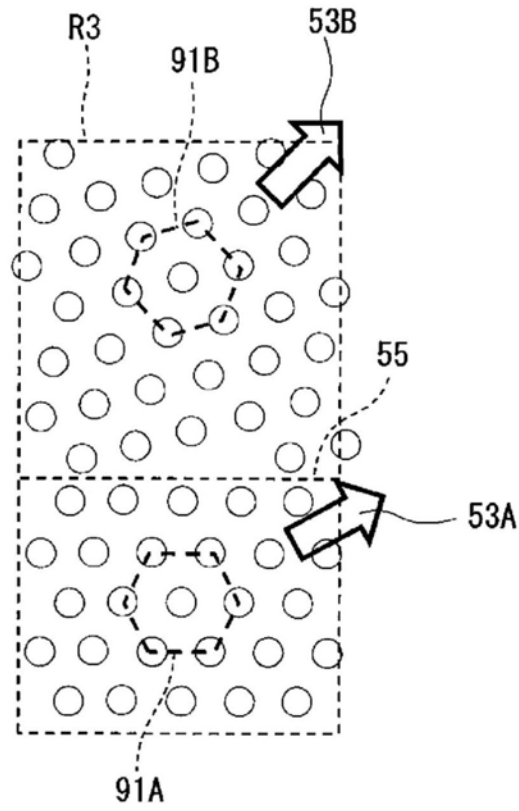


图13

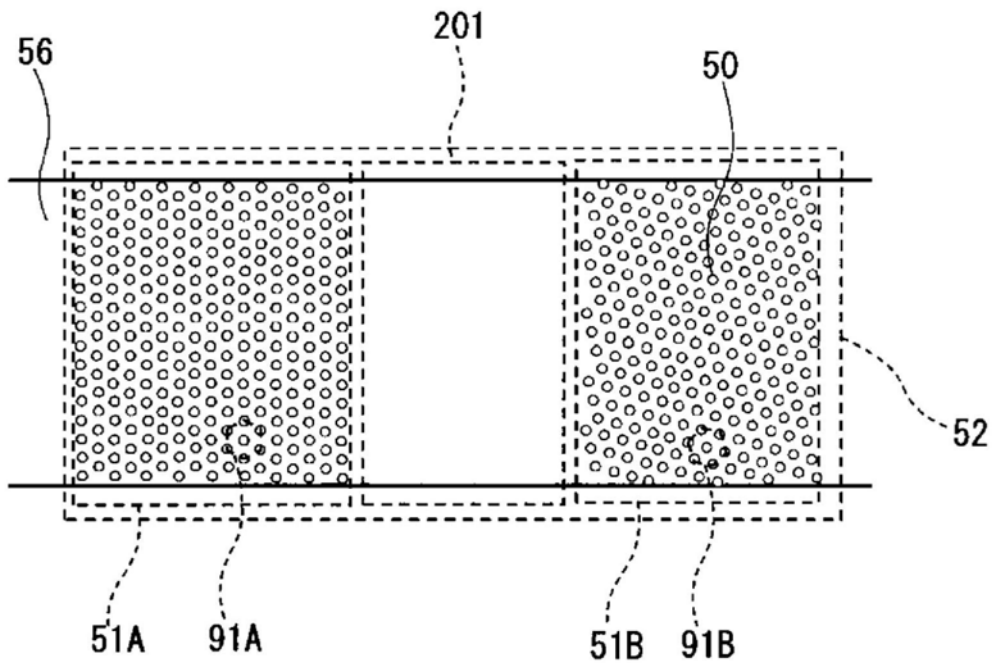


图14

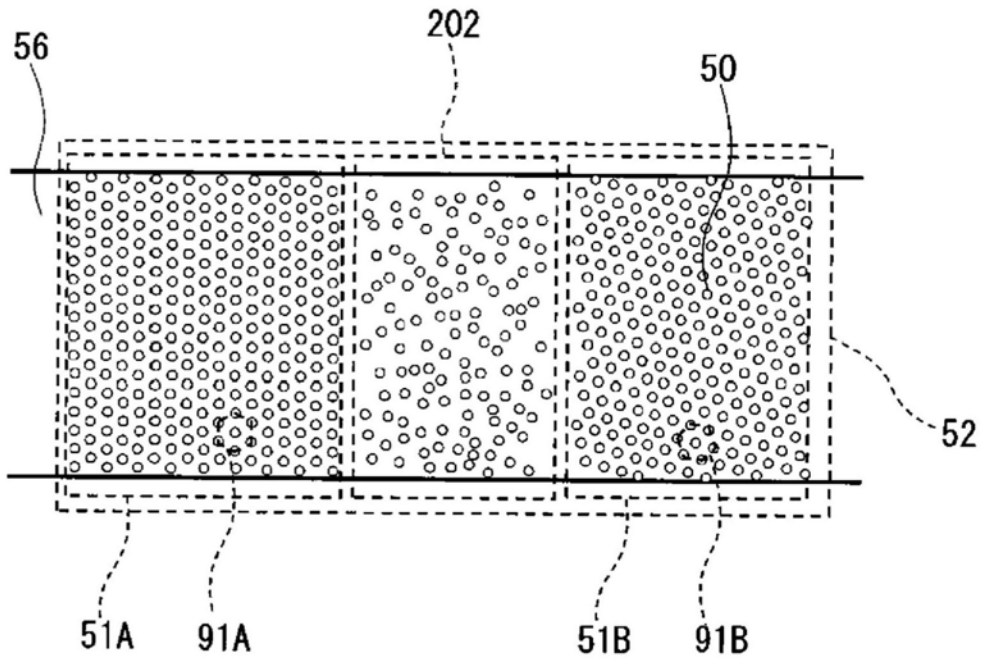


图15

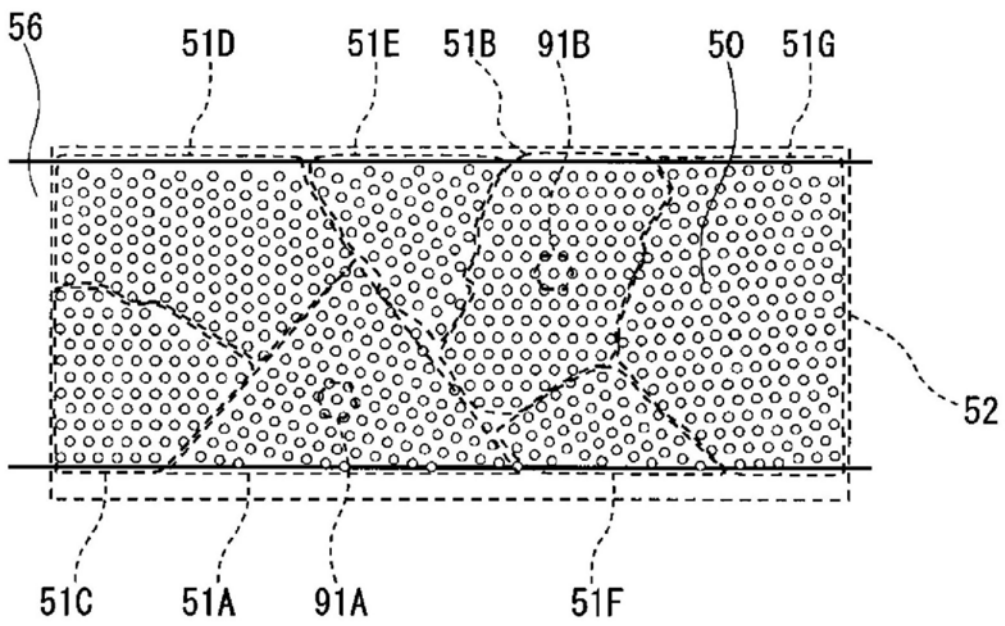


图16

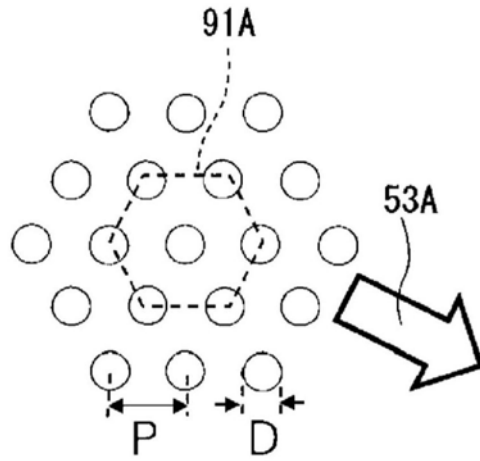


图17A

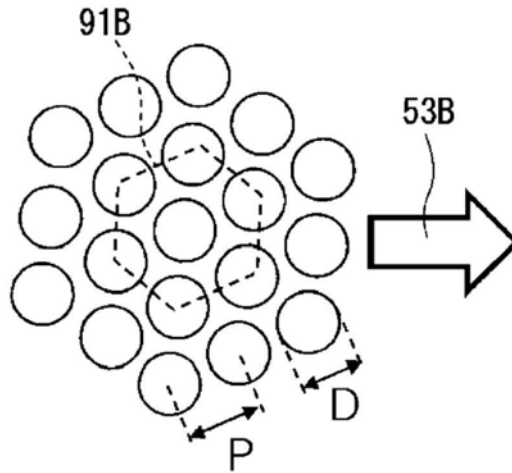


图17B

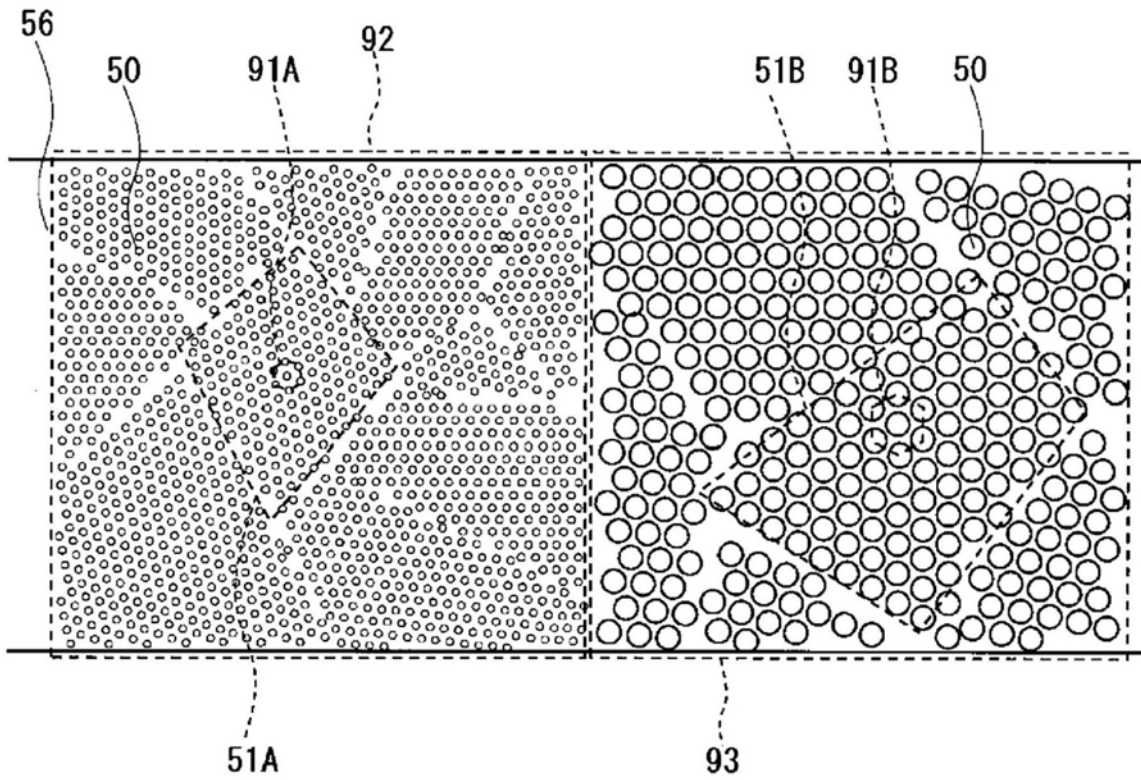


图18

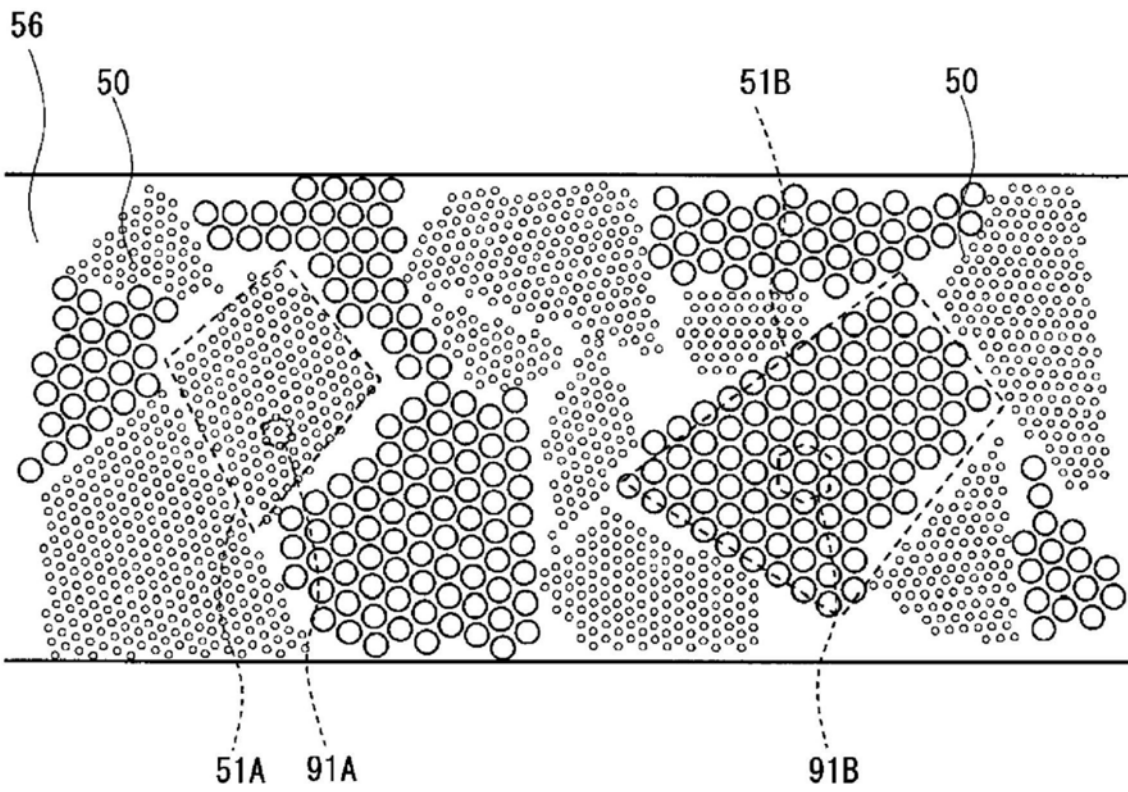


图19

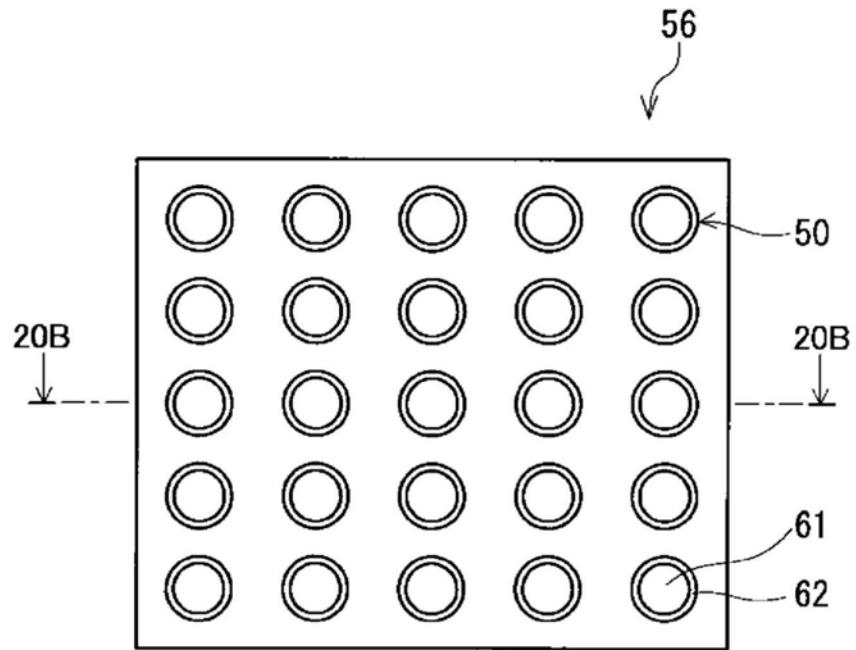


图20A

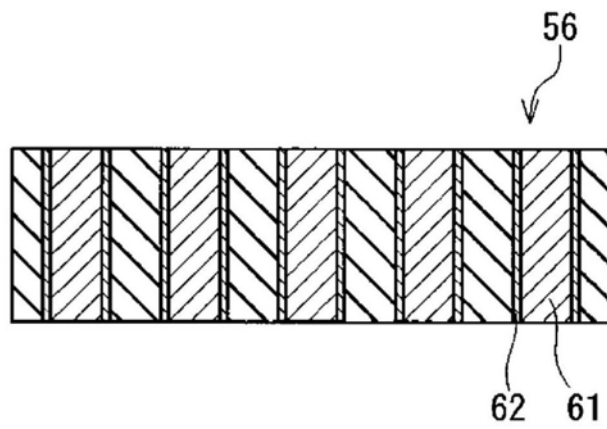


图20B

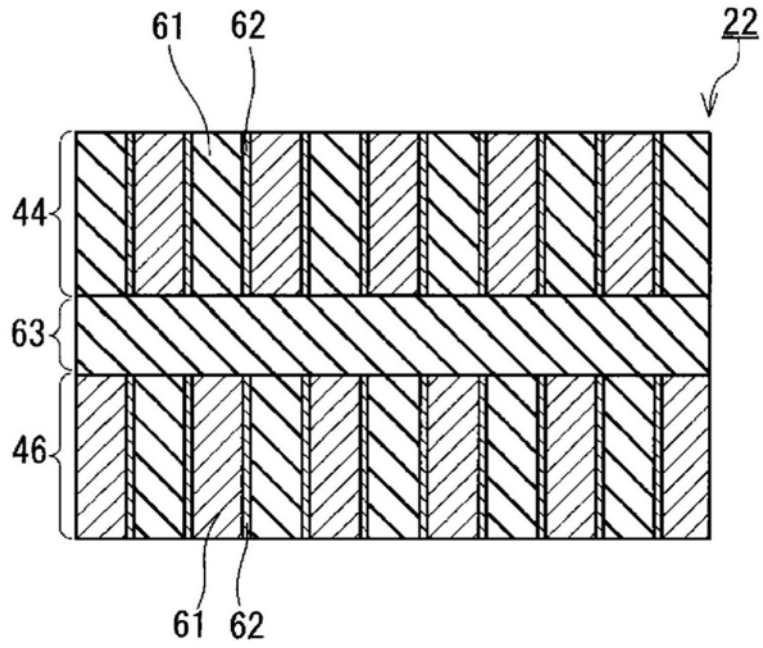


图21

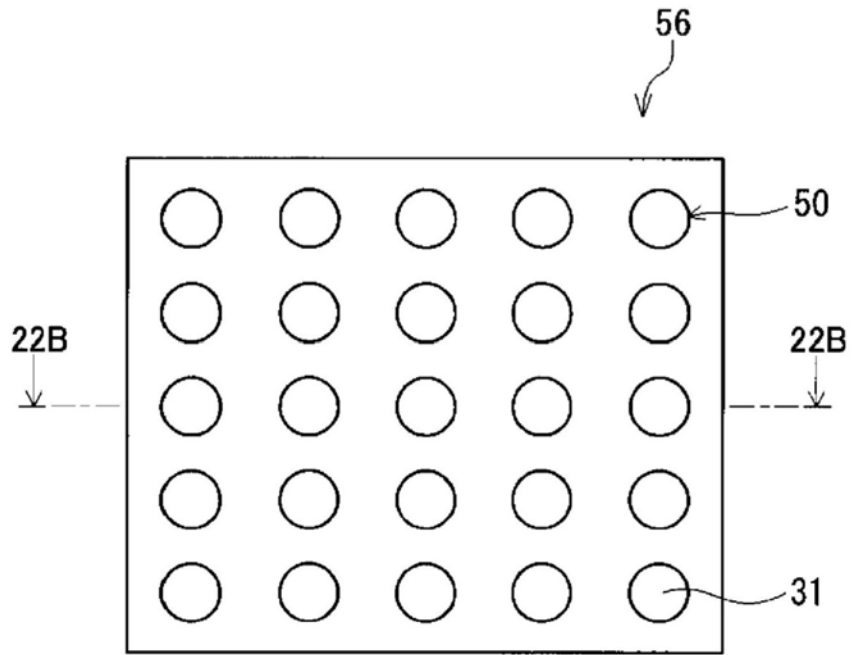


图22A

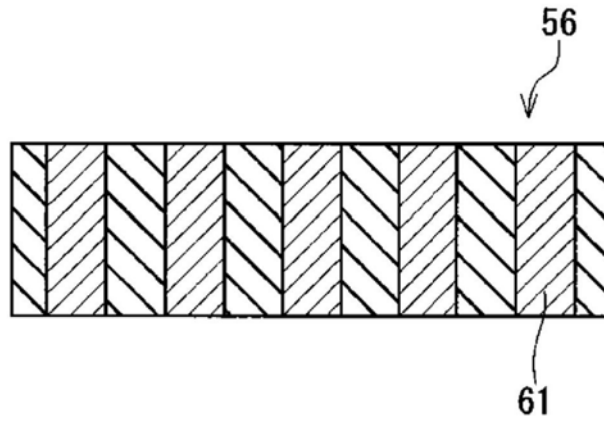


图22B

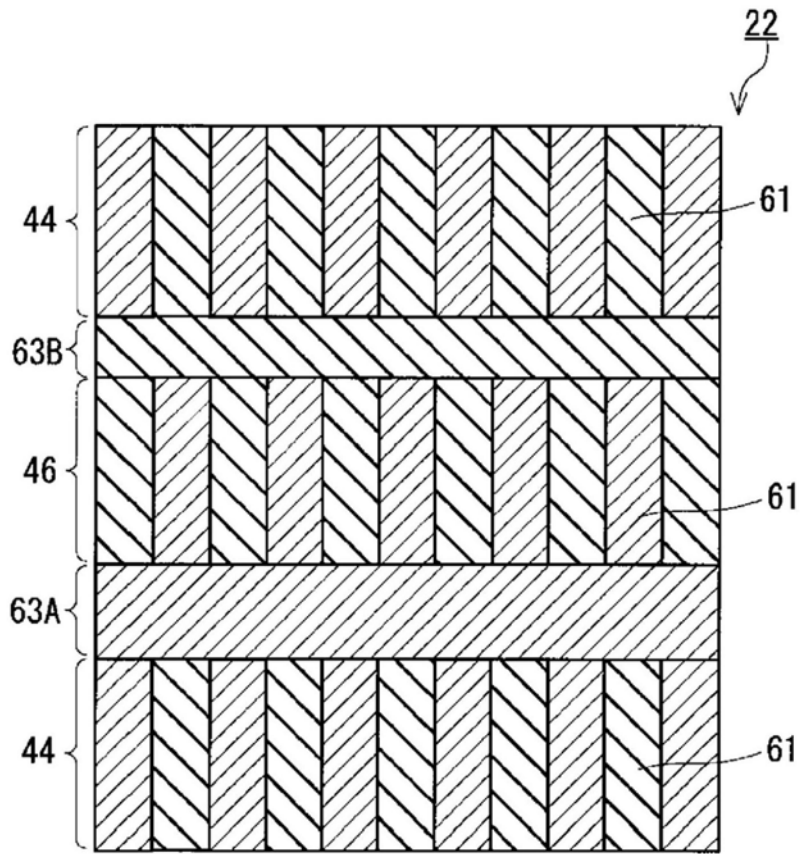


图23

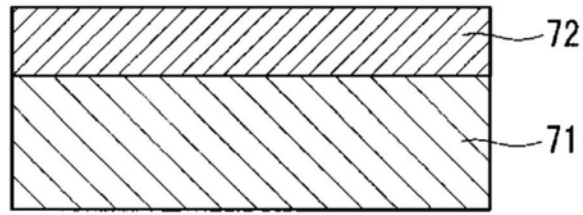


图24A

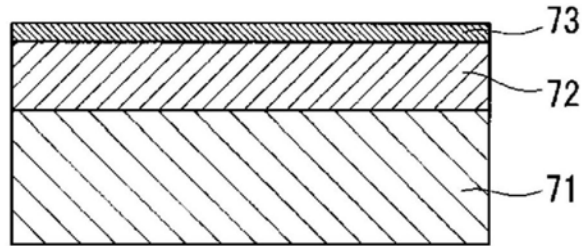


图24B

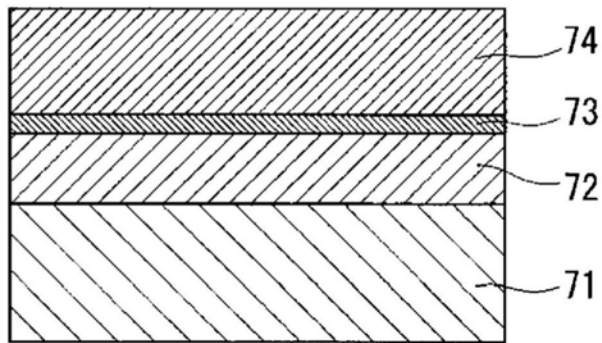


图24C

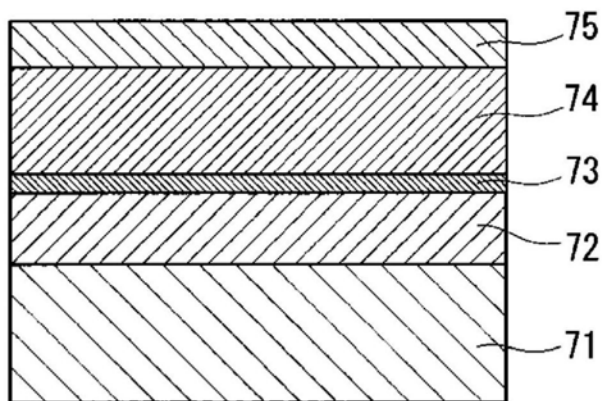


图24D

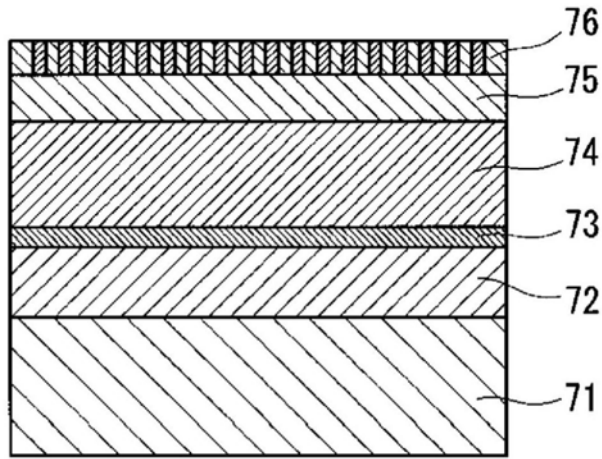


图24E

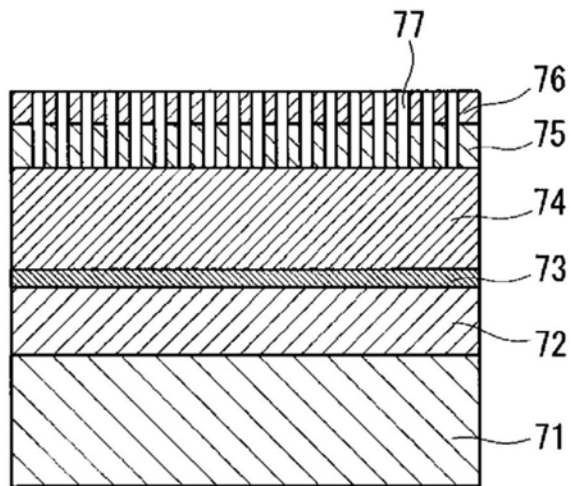


图24F

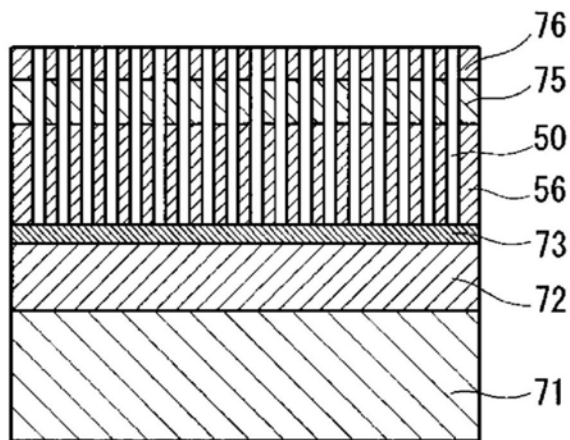


图24G

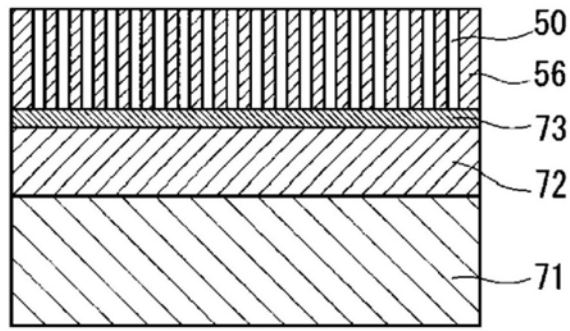


图24H

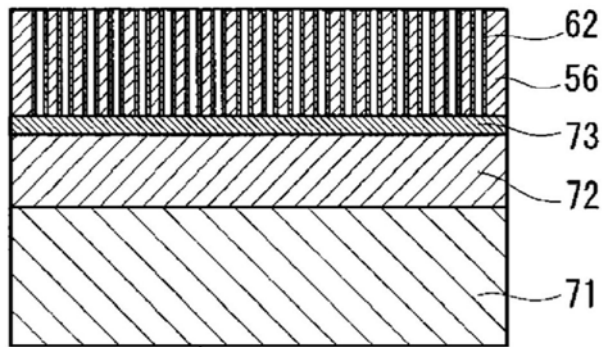


图24I

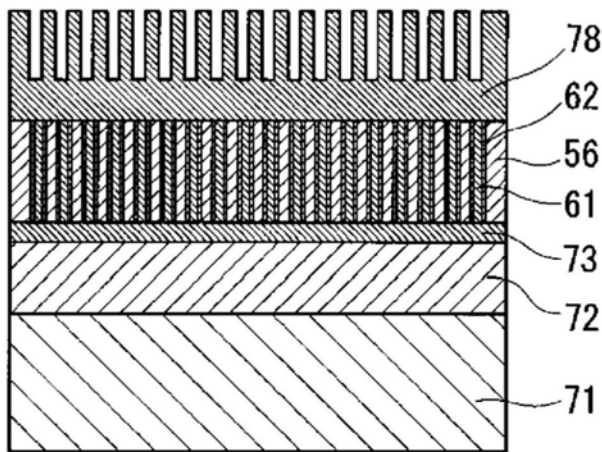


图24J

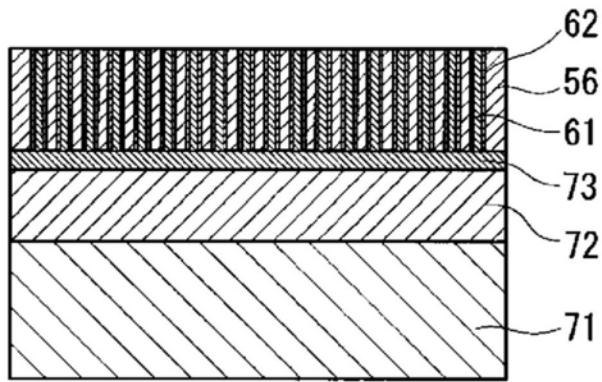


图24K

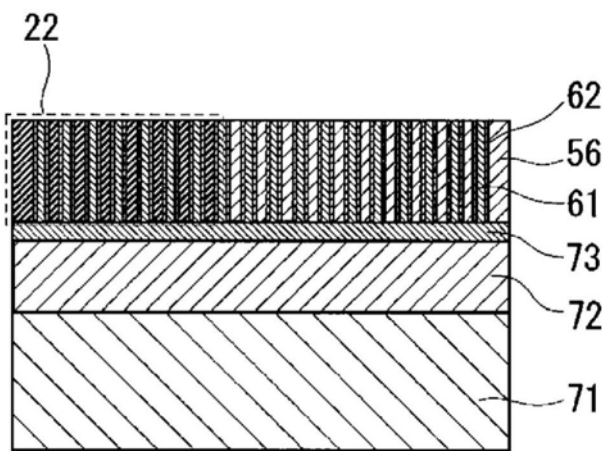


图24L

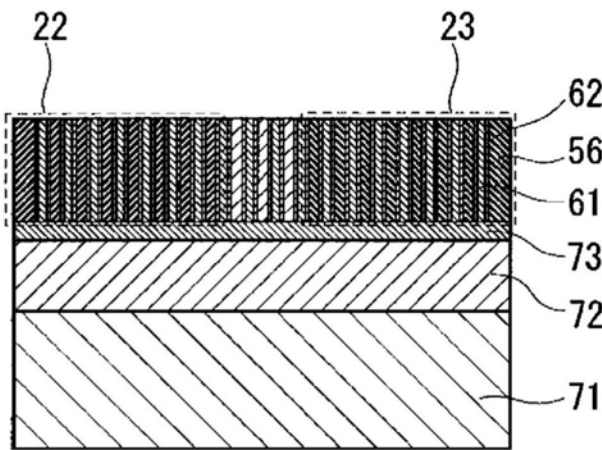


图24M

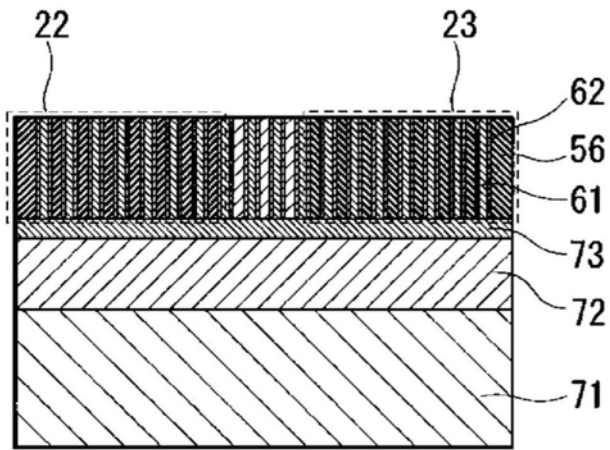


图24N

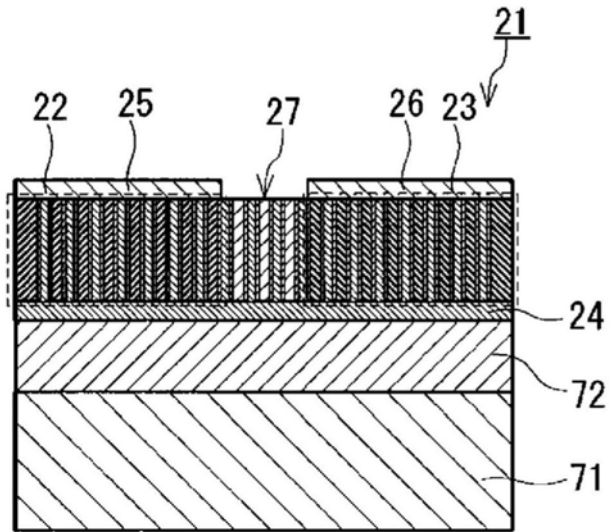


图24O

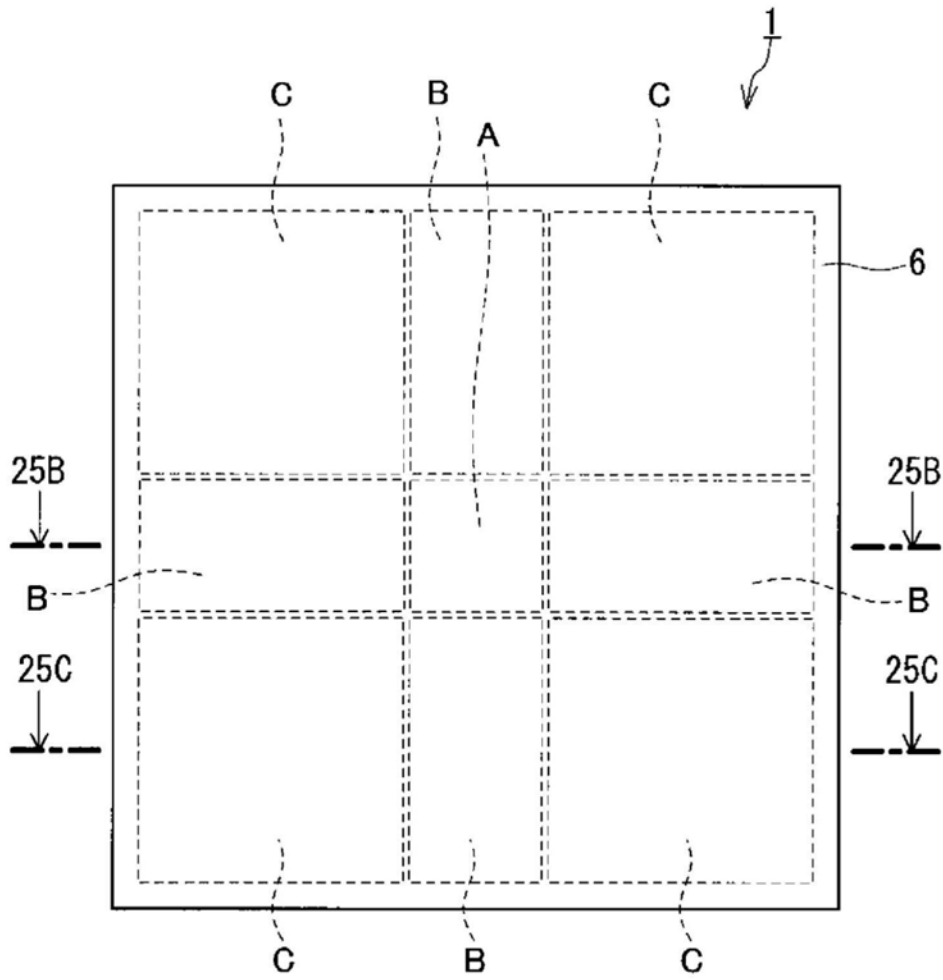


图25A

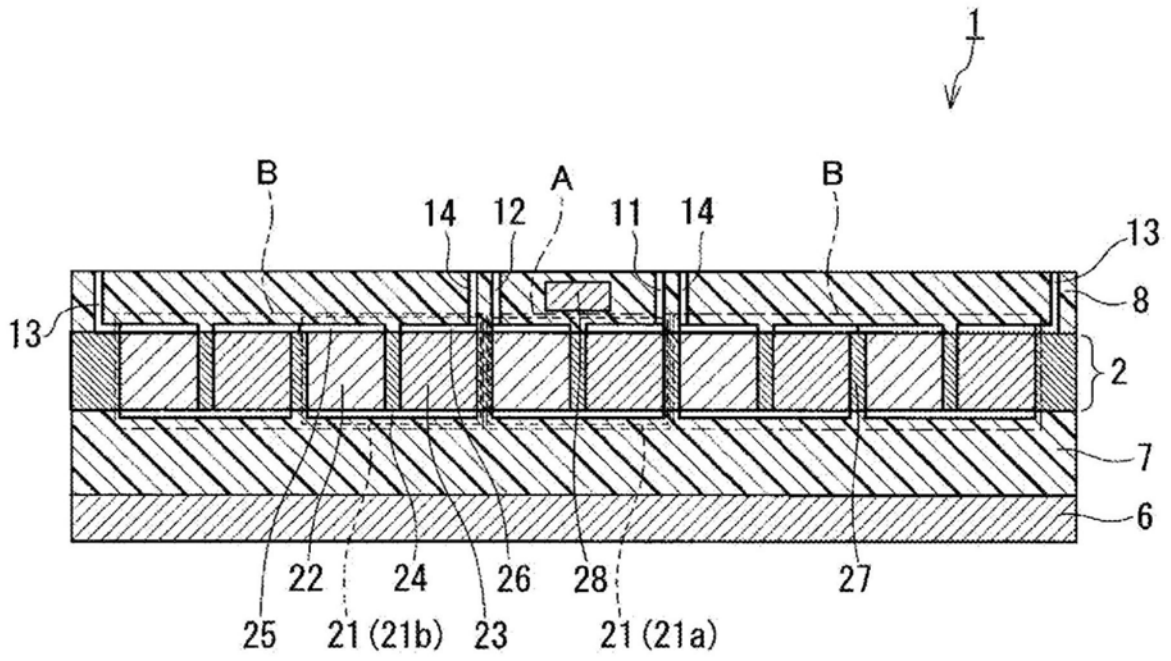


图25B

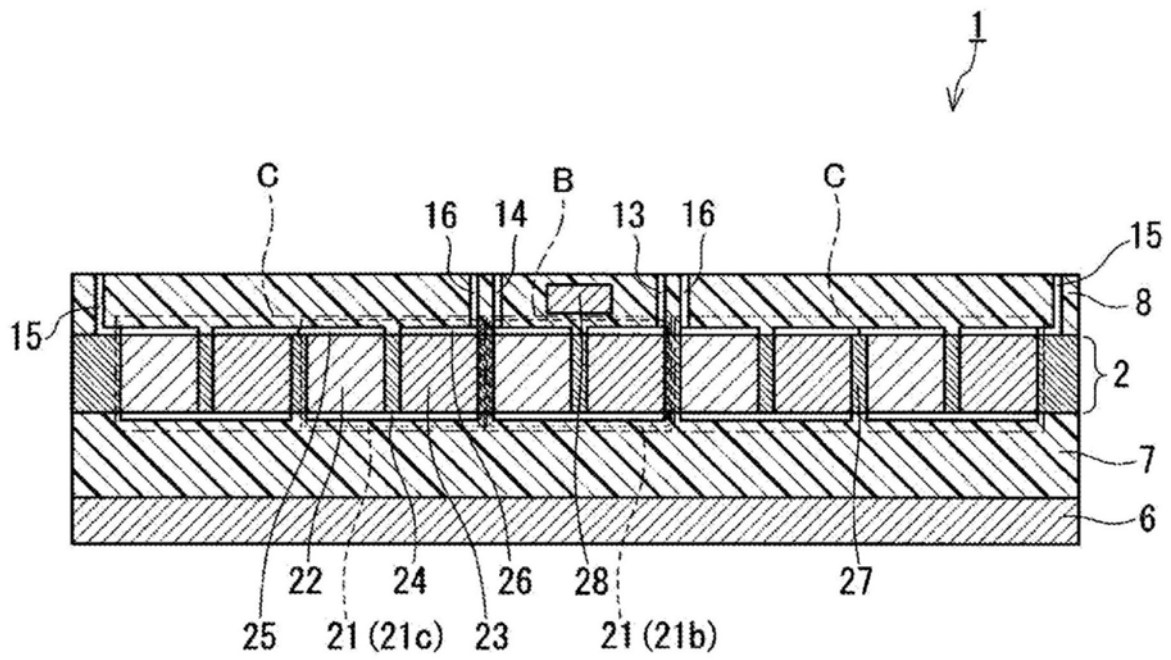


图25C

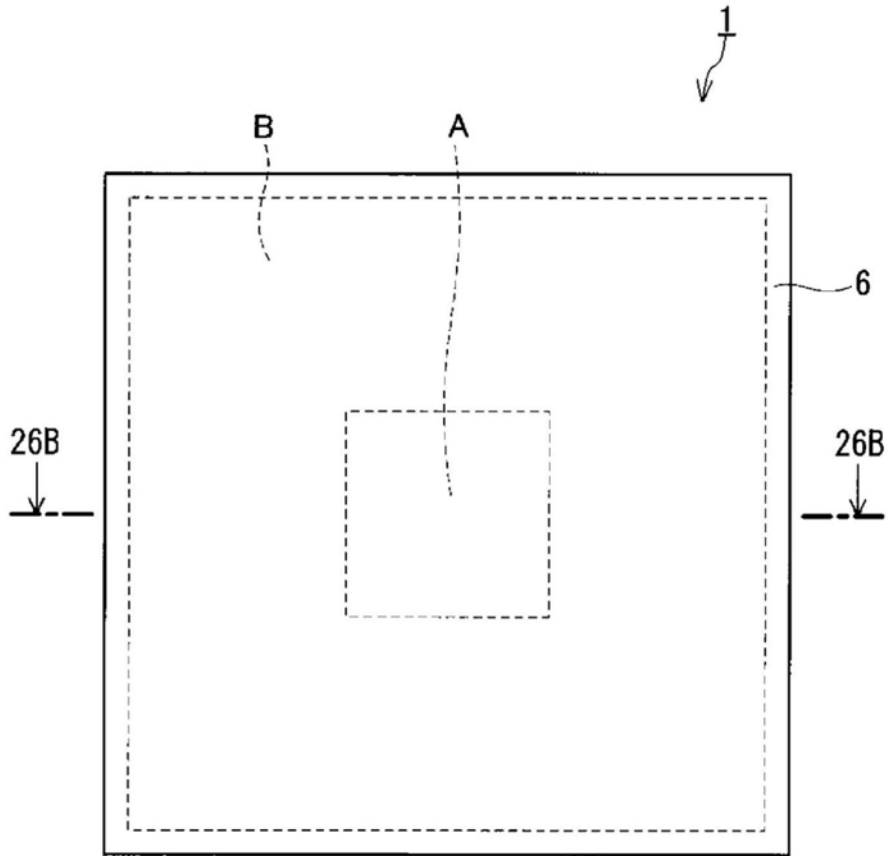


图26A

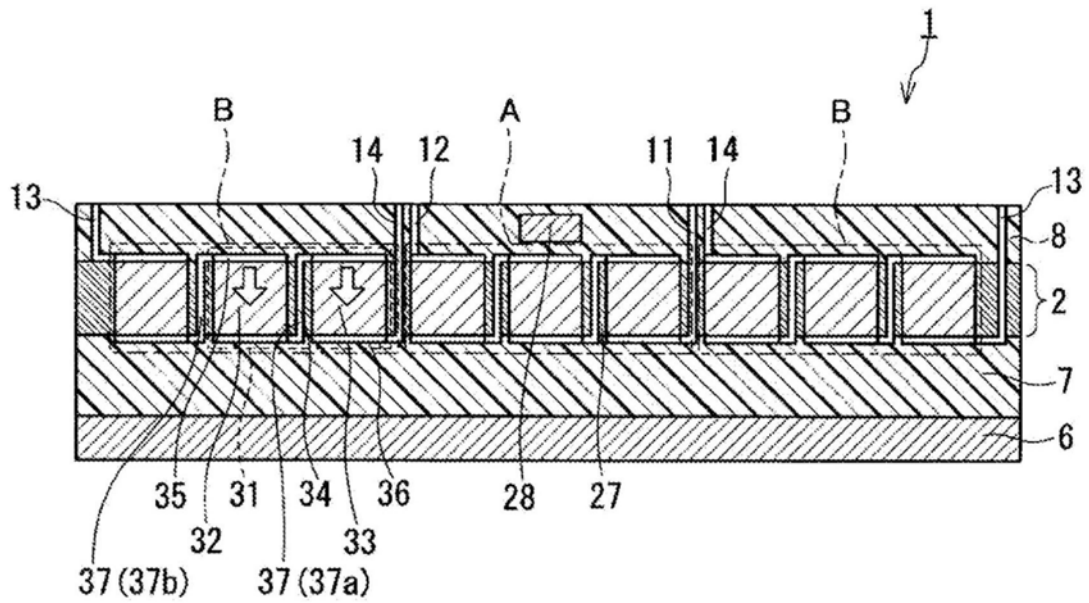


图26B

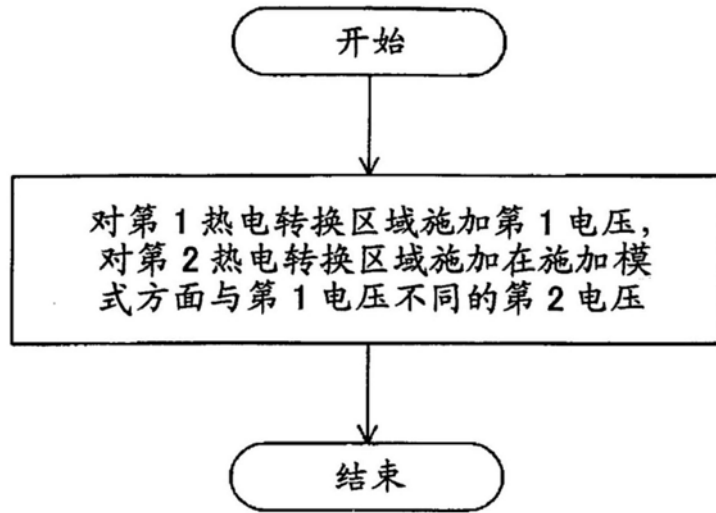


图27

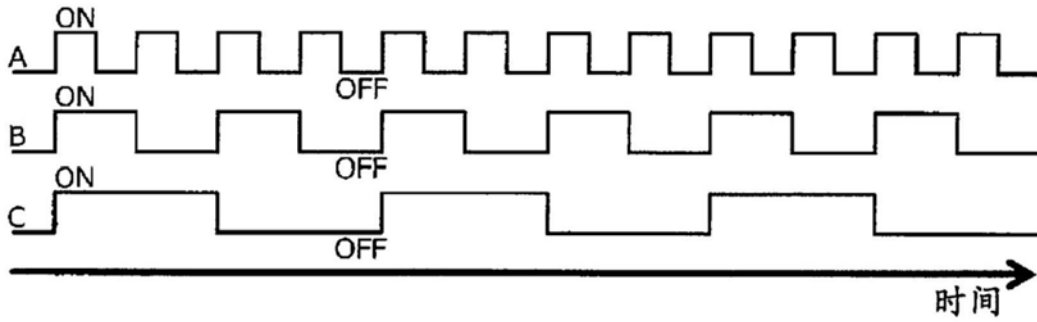


图28

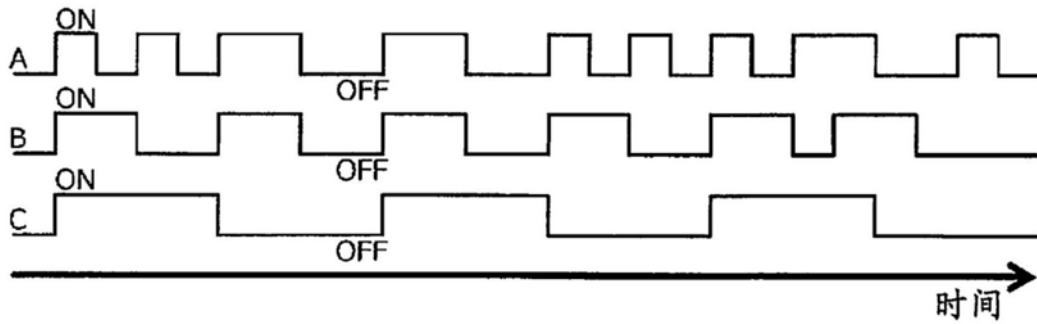


图29