



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101506987 B

(45) 授权公告日 2011.02.09

(21) 申请号 200780031774.9

(22) 申请日 2007.07.20

(30) 优先权数据

280648/2006 2006.10.13 JP

(85) PCT申请进入国家阶段日

2009.02.26

(86) PCT申请的申请数据

PCT/JP2007/064368 2007.07.20

(87) PCT申请的公布数据

W02008/044381 JA 2008.04.17

(73) 专利权人 欧姆龙株式会社

地址 日本京都府

(72) 发明人 笠井隆 堀本恭弘 加藤史仁

宗近正纪 若林秀一 高桥敏幸

犬贺正幸

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 陶凤波

(51) Int. Cl.

H01L 29/84 (2006.01)

H01L 21/306 (2006.01)

H04R 19/04 (2006.01)

H04R 31/00 (2006.01)

(56) 对比文件

US 6143190 A, 2000.11.07, 全文.

JP 特开 2006-157863 A, 2006.06.15, 全文.

US 4784721, 1988.11.15, 全文.

JP 特开 2002-328117 A, 2002.11.15, 全文.

CN 1795700 A, 2006.06.28, 说明书第6页28行到第9页20行、附图1-3.

JP 特开平 9-113390 A, 1997.05.02, 全文.

审查员 王小东

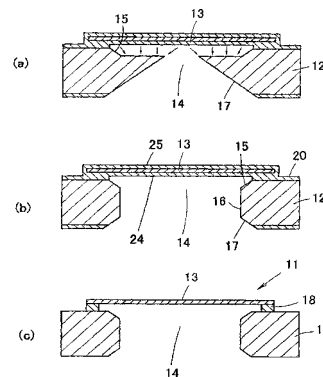
权利要求书 3 页 说明书 14 页 附图 21 页

(54) 发明名称

振动传感器及其制造方法、麦克风的制造方法

(57) 摘要

本发明提供一种振动传感器及其制造方法。在硅基板(12)的表面形成由SiO₂薄膜构成的保护膜(20),在将保护膜的一部分除去而开设的蚀刻窗(22)成膜由多晶硅构成的保护层(23)。从保护层(23)之上开始在硅基板表面形成由SiO₂构成的保护膜(24),从保护膜之上形成由多晶硅构成的元件薄膜(13)。在背面的保护膜(21)开设背面蚀刻窗(26)。将硅基板浸渍在TMAH中而从背面蚀刻窗对硅基板进行晶体各向异性蚀刻,在硅基板设置贯通孔(14)。保护层在贯通孔内露出时,将保护层蚀刻除去,在保护膜与硅基板之间生成间隙(19),从表面侧和背面侧对硅基板进行晶体各向异性蚀刻。



1. 一种振动传感器的制造方法,其特征在于,包括如下工序:

在由单晶硅构成的半导体基板的一部分表面由如下材料形成保护层,所述材料被用于蚀刻所述半导体基板的蚀刻剂各向同性地蚀刻;

在所述保护层及所述保护层周围的所述半导体基板的表面之上,由对所述蚀刻剂具有抗蚀性的材料形成第一元件薄膜保护膜;

在所述保护层的上方形成由单晶硅、多晶硅或非晶硅构成的元件薄膜;

在所述元件薄膜上由对所述蚀刻剂具有抗蚀性的材料形成第二元件薄膜保护膜;

在形成于所述半导体基板背面的背面保护膜开设背面蚀刻窗,所述背面保护膜对蚀刻所述半导体基板用的蚀刻剂具有抗蚀性;

通过利用蚀刻剂从所述背面蚀刻窗对所述半导体基板从背面侧进行晶体各向异性蚀刻,在该蚀刻到达所述半导体基板的表面后,利用所述蚀刻剂对所述保护层进行各向同性蚀刻,并且利用在所述保护层被蚀刻除去后的印记空间中扩展的所述蚀刻剂,对所述半导体基板从表面侧进行晶体各向异性蚀刻,在所述半导体基板形成贯通孔;

将所述第一元件薄膜保护膜部分地除去而使其一部分残留,利用残留的所述第一元件薄膜保护膜在所述半导体基板的上面设置用于支承所述元件薄膜的保持部。

2. 一种振动传感器的制造方法,其特征在于,包括如下工序:

在由单晶硅构成的半导体基板的一部分表面由如下材料形成保护层,所述材料对蚀刻所述半导体基板用的第一蚀刻剂具有抗蚀性;

在所述保护层及所述保护层周围的所述半导体基板的表面之上,由对所述第一蚀刻剂具有抗蚀性的材料形成第一元件薄膜保护膜;

在所述保护层的上方形成由单晶硅、多晶硅或非晶硅构成的元件薄膜;

在所述元件薄膜上由对所述第一蚀刻剂具有抗蚀性的材料形成第二元件薄膜保护膜;

在形成于所述半导体基板背面的背面保护膜开设背面蚀刻窗,所述背面保护膜对蚀刻所述半导体基板用的蚀刻剂具有抗蚀性;

利用第一蚀刻剂从所述背面蚀刻窗对所述半导体基板从背面侧进行晶体各向异性蚀刻;

在基于所述第一蚀刻剂进行的蚀刻到达所述半导体基板的表面之后,利用第二蚀刻剂从所述半导体基板的背面侧对所述保护层进行各向同性蚀刻;

在所述保护层被蚀刻除去之后,通过在所述保护层被蚀刻除去后的印记空间中从所述半导体基板的背面侧开始再次使用所述第一蚀刻剂,对所述半导体基板从表面侧进行晶体各向异性蚀刻,在所述半导体基板形成贯通孔;

将所述第一元件薄膜保护膜部分地除去而使其一部分残留,通过残留的所述第一元件薄膜保护膜在所述半导体基板的上面设置用于支承所述元件薄膜的保持部。

3. 如权利要求1或2所述的振动传感器的制造方法,其特征在于,在所述保持部之间形成使所述元件薄膜的表面侧与背面侧连通的通气孔。

4. 如权利要求1或2所述的振动传感器的制造方法,其特征在于,所述元件薄膜为矩形。

5. 如权利要求4所述的振动传感器的制造方法,其特征在于,在所述元件薄膜的四角

部设有所述保持部。

6. 如权利要求 1 或 2 所述的振动传感器的制造方法,其特征在於,通过将所述保护层设置在所述元件薄膜的形成区域的一部分,使所述元件薄膜弯曲。

7. 如权利要求 1 或 2 所述的振动传感器的制造方法,其特征在於,通过将所述保护层设置在所述元件薄膜的形成区域的一部分,在所述元件薄膜的表面形成突起。

8. 如权利要求 1 或 2 所述的振动传感器的制造方法,其特征在於,所述贯通孔内部的与所述贯通孔表面的开口平行的截面的面积比所述贯通孔表面的开口面积大。

9. 如权利要求 1 所述的振动传感器的制造方法,其特征在於,所述保护层为多晶硅或非晶硅。

10. 一种麦克风的制造方法,其特征在於,包括如下工序:

在由单晶硅构成的半导体基板的一部分表面由如下材料形成保护层,所述材料被用于蚀刻所述半导体基板的蚀刻剂各向同性地蚀刻;

在所述保护层及所述保护层周围的所述半导体基板的表面之上,由对所述蚀刻剂具有抗蚀性的材料形成第一元件薄膜保护膜;

在所述保护层的上方形成由单晶硅、多晶硅或非晶硅构成的元件薄膜;

在所述元件薄膜上由对所述蚀刻剂具有抗蚀性的材料形成第二元件薄膜保护膜;

在覆盖所述元件薄膜的方式形成在所述元件薄膜的背板的上面形成固定电极;

在形成于所述半导体基板背面的背面保护膜开设背面蚀刻窗,所述背面保护膜对蚀刻所述半导体基板用的蚀刻剂具有抗蚀性;

通过利用蚀刻剂从所述背面蚀刻窗对所述半导体基板从背面侧进行晶体各向异性蚀刻,在该蚀刻到达所述半导体基板的表面后,利用所述蚀刻剂对所述保护层进行各向同性蚀刻,并且利用在所述保护层被蚀刻除去后的印记空间中扩展的所述蚀刻剂,对所述半导体基板从表面侧进行晶体各向异性蚀刻,在所述半导体基板形成贯通孔;

将所述第一元件薄膜保护膜部分地除去而使其一部分残留,利用残留的所述第一元件薄膜保护膜在所述半导体基板的上面设置用于支承所述元件薄膜的保持部。

11. 一种麦克风的制造方法,其特征在於,包括如下工序:

在由单晶硅构成的半导体基板的一部分表面由如下材料形成保护层,所述材料对蚀刻所述半导体基板用的第一蚀刻剂具有抗蚀性;

在所述保护层及所述保护层周围的所述半导体基板的表面之上,由对所述第一蚀刻剂具有抗蚀性的材料形成第一元件薄膜保护膜;

在所述保护层的上方形成由单晶硅、多晶硅或非晶硅构成的元件薄膜;

在所述元件薄膜上由对所述第一蚀刻剂具有抗蚀性的材料形成第二元件薄膜保护膜;

在覆盖所述元件薄膜的方式形成在所述元件薄膜的背板的上面形成固定电极;

在形成于所述半导体基板背面的背面保护膜开设背面蚀刻窗,所述背面保护膜对蚀刻所述半导体基板用的蚀刻剂具有抗蚀性;

利用第一蚀刻剂从所述背面蚀刻窗对所述半导体基板从背面侧进行晶体各向异性蚀刻;

在基于所述第一蚀刻剂进行的蚀刻到达所述半导体基板的表面之后,利用第二蚀刻剂

从所述半导体基板的背面侧对所述保护层进行各向同性蚀刻；

在蚀刻除去所述保护层之后，在所述保护层被蚀刻除去后的印记空间中从所述半导体基板的背面侧开始再次使用所述第一蚀刻剂，对所述半导体基板从表面侧进行晶体各向异性蚀刻，在所述半导体基板形成贯通孔；

将所述第一元件薄膜保护膜部分地除去而使其一部分残留，通过残留的所述第一元件薄膜保护膜在所述半导体基板的上面设置用于支承所述元件薄膜的保持部。

振动传感器及其制造方法、麦克风的制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及振动传感器及其制造方法,特别是涉及具有膜片这样的元件薄膜的振动传感器及其制作方法。

[0002] 背景技术

[0003] 目前正应用半导体集成电路制造技术对如下的振动传感器进行开发,该振动传感器在硅基板上层积单晶硅或多晶硅而形成薄膜,并且将该薄膜用作膜片。由硅构成的膜片与铝或钛等金属相比,内部应力少且密度低,因此能够得到灵敏度高的振动传感器,并且与半导体集成电路制造工序的匹配性良好。作为这样的具有膜片的振动传感器,具有例如专利文献 1 所公开的电容式麦克风。在该电容式麦克风中,在由单晶硅(100)面构成的半导体基板的表面形成有膜片(可动电极)和固定电极之后,在该半导体基板的背面外周部形成蚀刻用掩模,从背面侧到表面蚀刻半导体基板,在半导体基板的中央部开设有贯通孔。其结果是,膜片将其周围固定在半导体基板的表面,中央部中空地支承在贯通孔之上,可由声音振动等而振动。

[0004] 但是,在这种结构的电容式麦克风中,对(100)面半导体基板从背面侧进行晶体各向异性蚀刻,因此在贯通孔的内周面出现基于(111)面的倾斜面,贯通孔成为在背面侧较大开口的截棱锥形的空间。因此,与膜片的面积相比,贯通孔背面侧的开口面积变大,难以将电容式麦克风小型化。另外,若减小半导体基板的厚度,则能够减小贯通孔背面的开口面积相对于表面的开口面积的比率,但是由于半导体基板的强度降低,故而制造时的处理变难,对半导体基板厚度减薄也有限。

[0005] 另外,在专利文献 2 记载的膜型传感器中,通过所谓的 DRIE(DeepReactive Ion Etching:深度反应离子蚀刻)或 ICP(电感耦合等离子体)等的垂直蚀刻,在半导体基板从背面侧开设有贯通孔。因此,贯通孔不扩展成截棱锥形状,相应地,能够谋求膜型传感器的小型化。但是,在 DRIE 或 ICP 等装置中,装置价格较高且晶片的加工多样,生产性不佳。

[0006] 另外,也具有从表面侧(膜片侧)对半导体基板进行晶体各向异性蚀刻的方法,但在这样的方法中,不得不在膜片上开设蚀刻孔,随着时间的增加,蚀刻孔会对膜片的振动特性和强度等造成不良影响。

[0007] 另外,作为对(100)面半导体基板从背面侧进行晶体各向异性蚀刻而在基板上形成贯通孔、并且可减少背面的开口面积相对于表面的开口面积的比率的蚀刻方法,具有专利文献 3 记载的方法。在该方法中,在作为半导体基板的硅晶片表面上未开设的矩形区域首先形成保护层,在其之上蒸镀由氮化硅构成的薄膜,故而硅晶片背面的开口面积只要是可通过各向异性蚀刻使贯通孔到达该保护层的大小即可。

[0008] 但是,在该蚀刻方法中,在对蚀刻表面的保护层之后的基板进行蚀刻时,薄膜曝露在基板的蚀刻剂中,故而作为薄膜的材料不能够使用单晶硅或多晶硅。另外,由于薄膜直接形成在基板上,故而难以增设用于薄膜的应力控制、用于提高通气孔等、振动传感器的特性的工序及结构。因此,专利文献 3 公开的蚀刻方法不适用于麦克风等需要高灵敏度的振动传感器的制造方法。

- [0009] 专利文献 1:(日本)特表 2004-506394 号公报
[0010] 专利文献 2:(日本)特表 2003-530717 号公报
[0011] 专利文献 3:(日本)特开平 1-309384 号公报

发明内容

[0012] 本发明是鉴于上述技术问题而作出的,其目的在于提供一种小型且生产性高、振动特性优良的振动传感器及其制造方法。

[0013] 本发明第一方面的振动传感器的制造方法,其特征在于,包括如下工序:在由单晶硅构成的半导体基板的一部分表面由如下材料形成保护层,所述材料被用于蚀刻所述半导体基板的蚀刻剂各向同性地蚀刻;在所述保护层及所述保护层周围的所述半导体基板的表面之上,由对所述蚀刻剂具有抗蚀性的材料形成元件薄膜保护膜;在所述保护层的上方形成由单晶硅、多晶硅或非晶硅构成的元件薄膜;在形成于所述半导体基板背面的背面保护膜开设背面蚀刻窗,所述背面保护膜对蚀刻所述半导体基板用的蚀刻剂具有抗蚀性;通过利用蚀刻剂从所述背面蚀刻窗对所述半导体基板从背面侧进行晶体各向异性蚀刻,在该蚀刻到达所述半导体基板的表面后,利用所述蚀刻剂对所述保护层进行各向同性蚀刻,并且利用在所述保护层被蚀刻除去后的印记空间中扩展的所述蚀刻剂,对所述半导体基板从表面侧进行晶体各向异性蚀刻,在所述半导体基板形成贯通孔;将所述元件薄膜保护膜部分地除去而使其一部分残留,利用残留的所述元件薄膜保护膜在所述半导体基板的上面设置用于支承所述元件薄膜的保持部。

[0014] 根据本发明第一方面的振动传感器的制造方法,由于对由单晶硅构成的半导体基板从表背两面进行晶体各向异性蚀刻而形成有贯通孔,故而贯通孔的开口面积不会比元件薄膜的面积大很多,能够实现振动传感器的小型化。因此,由一张晶片可制作的元件数量增加,能够降低振动传感器的成本。另外,根据本发明第一方面的振动传感器的制造方法,能够通过一次蚀刻工序从两面形成贯通孔,故而制造工序简单化。另外,由于在保护层与元件薄膜之间形成有保护膜,故而所述元件薄膜在由对半导体基板的蚀刻剂具有抗蚀性的材料形成的情况下,也能够防止在形成贯通孔时元件薄膜被蚀刻剂侵蚀。另外,由于所述元件薄膜由单晶硅、多晶硅或非晶硅形成,故而能够得到生产性高且灵敏度高的振动传感器。

[0015] 本发明第二方面的振动传感器的制造方法,其特征在于,包括如下工序:在由单晶硅构成的半导体基板的一部分表面由如下材料形成保护层,所述材料对蚀刻所述半导体基板用的第一蚀刻剂具有抗蚀性;在所述保护层及所述保护层周围的所述半导体基板的表面之上,由对所述第一蚀刻剂具有抗蚀性的材料形成元件薄膜保护膜;在所述保护层的上方形成由单晶硅、多晶硅或非晶硅构成的元件薄膜;在形成于所述半导体基板背面的背面保护膜开设背面蚀刻窗,所述背面保护膜对蚀刻所述半导体基板用的蚀刻剂具有抗蚀性;利用第一蚀刻剂从所述背面蚀刻窗对所述半导体基板从背面侧进行晶体各向异性蚀刻;在基于所述第一蚀刻剂进行的蚀刻到达所述半导体基板的表面之后,利用第二蚀刻剂从所述半导体基板的背面侧对所述保护层进行各向同性蚀刻;在所述保护层被蚀刻之后,通过在所述保护层被蚀刻除去后的印记空间中从所述半导体基板的背面侧开始再次使用所述第一蚀刻剂,对所述半导体基板从表面侧进行晶体各向异性蚀刻,在所述半导体基板形成贯通孔;将所述元件薄膜保护膜部分地除去而使其一部分残留,通过残留的所述元件薄膜保护

膜在所述半导体基板的上面设置用于支承所述元件薄膜的保持部。

[0016] 根据本发明第二方面的振动传感器的制造方法,由于对半导体基板从表背两面进行晶体各向异性蚀刻而形成有贯通孔,故而贯通孔的开口面积不会比元件薄膜的面积大很多,能够实现振动传感器的小型化。因此,由一张晶片可制作的元件数量增加,并且能够降低振动传感器的成本。根据第二方面的振动传感器的制造方法,由于在贯通孔的晶体各向异性蚀刻的工序和蚀刻保护层的工序中更换蚀刻剂,故而选择第一蚀刻剂和第二蚀刻剂时的制约减少。另外,由于所述元件薄膜由单晶硅、多晶硅或非晶硅形成,故而能够得到生产性高且灵敏度高的振动传感器。

[0017] 本发明第一方面或第二方面的振动传感器的制造方法的实施方式,其特征在于,在所述保持部之间形成使所述元件薄膜的表面侧与背面侧连通的通气孔。根据该实施方式,由于能够形成长度长的通气孔,故而在用于麦克风等时,能够增大其音响电阻,可得到良好的音响特性。另外,由于能够由通气孔将元件薄膜的表面侧和背面侧连通,故而能够使元件薄膜表背的静压力均衡。

[0018] 本发明第一方面或第二方面的振动传感器的制造方法的另一实施方式,其特征在于,所述元件薄膜为矩形。根据该实施方式,能够有效地利用对单晶硅基板进行晶体各向异性蚀刻而形成的开口部。

[0019] 本发明第一方面或第二方面的振动传感器的制造方法的又一实施方式,其特征在于,在所述元件薄膜的四角部设有所述保持部。根据该实施方式,由于元件薄膜能够柔软地变形,故而振动传感器的灵敏度提高。

[0020] 本发明第一方面或第二方面的振动传感器的制造方法的再一实施方式,其特征在于,通过将所述保护层形成在所述元件薄膜的形成区域的一部分,使所述元件薄膜弯曲。根据该实施方式,能够增大元件薄膜的位移或减少由应力引起的挠曲。

[0021] 本发明第一方面或第二方面的振动传感器的制造方法的其它实施方式,其特征在于,通过将所述保护层设置在所述元件薄膜的形成区域的一部分,在所述元件薄膜的表面形成有突起。根据该实施方式,在元件薄膜的上方配置有电极等的情况下,能够防止变形的元件薄膜与电极等面接触而粘贴于其上。

[0022] 本发明第一方面或第二方面的振动传感器的制造方法的其它实施方式,其特征在于,所述贯通孔内部的与所述开口平行的截面的面积比所述贯通孔表面的开口面积大。根据该实施方式,由于能够增大贯通孔的体积,故而在将振动传感器用于音响传感器时、能够增大音响声顺。

[0023] 本发明第一方面的振动传感器的制造方法的其它实施方式,其特征在于,所述保护层为多晶硅或非晶硅。根据该实施方式,能够与蚀刻由单晶硅构成的半导体基板同时地蚀刻保护层,可简化工序。另外,由于多晶硅或非晶硅的温度耐受性高,能够在之后的工序中使用高温工艺,并且与半导体集成电路制造工序的匹配性也良好。

[0024] 本发明第三方面提供一种麦克风的制造方法,包括如下工序:在由单晶硅构成的半导体基板的一部分表面由如下材料形成保护层,所述材料被用于蚀刻所述半导体基板的蚀刻剂各向同性地蚀刻;在所述保护层及所述保护层周围的所述半导体基板的表面之上,由对所述蚀刻剂具有抗蚀性的材料形成元件薄膜保护膜;在所述保护层的上方形成由单晶硅、多晶硅或非晶硅构成的元件薄膜;在所述元件薄膜的上方形成固定电极;在形成于所

述半导体基板背面的背面保护膜开设背面蚀刻窗,所述背面保护膜对蚀刻所述半导体基板用的蚀刻剂具有抗蚀性;通过利用蚀刻剂从所述背面蚀刻窗对所述半导体基板从背面侧进行晶体各向异性蚀刻,在该蚀刻到达所述半导体基板的表面后,利用所述蚀刻剂对所述保护层进行各向同性蚀刻,并且利用在所述保护层被蚀刻除去后的印记空间中扩展的所述蚀刻剂,对所述半导体基板从表面侧进行晶体各向异性蚀刻,在所述半导体基板形成贯通孔;将所述元件薄膜保护膜部分地除去而使其一部分残留,利用残留的所述元件薄膜保护膜在所述半导体基板的上面设置用于支承所述元件薄膜的保持部。

[0025] 根据本发明第三方面的麦克风,由于对半导体基板从表背两面进行晶体各向异性蚀刻而形成有贯通孔,故而贯通孔的开口面积不会比元件薄膜的面积大很多,能够实现振动传感器的小型化。由此,由一张晶片可制作的元件数量增加,能够降低振动传感器的成本。另外,根据本发明第三方面的麦克风的制造方法,由于能够从半导体基板的背面侧开始晶体各向异性蚀刻而对半导体基板从表背两面进行晶体各向异性蚀刻,故而无需在元件薄膜上设置蚀刻孔,不会降低元件薄膜的强度或使元件薄膜的特性变化。并且,根据该制造方法,能够通过一次蚀刻工序从两面形成贯通孔,故而制造工序简单化。

[0026] 本发明第四方面提供一种麦克风的制造方法,包括如下工序:在由单晶硅构成的半导体基板的一部分表面由如下材料形成保护层,所述材料对蚀刻所述半导体基板用的第一蚀刻剂具有抗蚀性;在所述保护层及所述保护层周围的所述半导体基板的表面之上,由对所述第一蚀刻剂具有抗蚀性的材料形成元件薄膜保护膜;在所述保护层的上方形成由单晶硅、多晶硅或非晶硅构成的元件薄膜;在所述元件薄膜的上方形成固定电极;在形成于所述半导体基板背面的背面保护膜开设背面蚀刻窗,所述背面保护膜对蚀刻所述半导体基板用的蚀刻剂具有抗蚀性;利用第一蚀刻剂从所述背面蚀刻窗对所述半导体基板从背面侧进行晶体各向异性蚀刻;在基于所述第一蚀刻剂进行的蚀刻到达所述半导体基板的表面之后,利用第二蚀刻剂从所述半导体基板的背面侧对所述保护层进行各向同性蚀刻;在所述保护层被蚀刻除去之后,在所述保护层被蚀刻除去后的印记空间中从所述半导体基板的背面侧开始再次使用所述第一蚀刻剂,对所述半导体基板从表面侧进行晶体各向异性蚀刻,在所述半导体基板形成贯通孔;将所述元件薄膜保护膜部分地除去而使其一部分残留,通过残留的所述元件薄膜保护膜在所述半导体基板的上面设置用于支承所述元件薄膜的保持部。

[0027] 根据本发明四方面的麦克风,由于对半导体基板从表背两面进行晶体各向异性蚀刻而形成有贯通孔,故而贯通孔的开口面积不会比元件薄膜的面积大很多,能够实现振动传感器的小型化。因此,由一张晶片可制作的元件数量增加,并且能够降低振动传感器的成本。根据第四方面的制造方法,由于能够从半导体基板的背面侧开始晶体各向异性蚀刻而对半导体基板从表背两面进行晶体各向异性蚀刻,故而无需在元件薄膜设置蚀刻孔,不会降低元件薄膜的强度或使元件薄膜的特性变化。并且,根据该制造方法,由于在贯通孔的晶体各向异性蚀刻的工序和蚀刻保护层的工序更换蚀刻剂,故而选择第一蚀刻剂和第二蚀刻剂时的制约减少。

[0028] 本发明提供一种振动传感器,其特征在于,包括:半导体基板,其由单晶硅构成,形成有贯通表面背面的贯通孔;保持部,其配置在所述半导体基板的表面上,通过对蚀刻所述半导体基板而形成贯通孔的蚀刻剂具有抗蚀性的材料而构成;元件薄膜,其覆盖所述贯通

孔的基板表面侧的开口,角部被所述保持部支承,所述贯通孔的与基板表面平行的截面的面积随着从所述半导体基板的表面朝向背面而逐渐减少或增加,并且在所述半导体基板的表面与背面的中间,从减少转为增加或从增加转为减少。

[0029] 根据本发明的振动传感器,由于所述贯通孔的与基板表面平行的截面的面积随着从所述半导体基板的表面朝向背面而逐渐减少或增加,并且在所述 半导体基板的表面与背面的中间,从减少转为增加或从增加转为减少,故而能够使半导体基板表面的贯通孔的开口面积与背面的贯通孔的开口面积的比率接近 1,可实现振动传感器的小型化。另外,由于可增大贯通孔的体积,故可在将振动传感器用于音响传感器时增大音响声顺。

[0030] 另外,本发明以上说明的构成要素可在适当范围内任意地组合。

附图说明

[0031] 图 1(a) 是表示本发明第一实施方式的振动传感器的构造的平面图,图 1(b) 是其剖面图;

[0032] 图 2(a) ~ (d) 是说明第一实施方式的振动传感器的制造工序的剖面图;

[0033] 图 3(a) ~ (d) 是接着图 2(d) 来说明第一实施方式的振动传感器的制造工序的剖面图;

[0034] 图 4(a) ~ (c) 是接着图 3(d) 来说明第一实施方式的振动传感器的制造工序的剖面图;

[0035] 图 5(a) 是表示本发明第二实施方式的振动传感器的平面图,图 5(b) 是其剖面图;

[0036] 图 6(a) ~ (d) 是说明第二实施方式的振动传感器的制造工序的剖面图;

[0037] 图 7(a) ~ (d) 是接着图 6(d) 来说明第二实施方式的振动传感器的制造工序的剖面图;

[0038] 图 8(a) 是表示本发明第三实施方式的振动传感器的构造的平面图,图 8(b) 是其 X-X 线剖面图;

[0039] 图 9(a)、(b) 是说明第三实施方式的振动传感器的制造工序的平面图及剖面图;

[0040] 图 10(a) ~ (d) 是接着图 9 来说明第三实施方式的振动传感器的制造工序的剖面图;

[0041] 图 11(a)、(b) 是接着图 10(d) 来说明第三实施方式的振动传感器的制造工序的平面图及剖面图;

[0042] 图 12(a)、(b) 是接着图 11 来说明第三实施方式的振动传感器的制造工序的平面图及剖面图;

[0043] 图 13(a)、(b) 是接着图 12 来说明第三实施方式的振动传感器的制造工序的平面图及剖面图;

[0044] 图 14(a) 是表示本发明第四实施方式的振动传感器的构造的平面图,图 14(b) 是其剖面图;

[0045] 图 15(a) 是表示本发明第四实施方式的其它振动传感器的构造的平面图,图 15(b) 是其剖面图;

[0046] 图 16 是说明通气孔的作用的图;

- [0047] 图 17(a) ~ (c) 是表示继续进行蚀刻直至贯通孔的内周面凹陷的工序的剖面图；
- [0048] 图 18(a) 是本发明的麦克风的平面图,图 18(b) 是去掉背板 72 后的状态的麦克风的平面图；
- [0049] 图 19 是上述麦克风的剖面图；
- [0050] 图 20(a) ~ (d) 是表示本发明的麦克风的制造工序的剖面图；
- [0051] 图 21(a) ~ (d) 是接着图 20(d) 来表示本发明的麦克风的制造工序的剖面图。
- [0052] 附图标记说明
- [0053] 11 :振动传感器
- [0054] 12 :硅基板
- [0055] 13 :元件薄膜
- [0056] 14 :贯通孔
- [0057] 18 :保持部
- [0058] 20、21 :保护膜
- [0059] 22 :蚀刻窗
- [0060] 23 :保护层
- [0061] 24、25 :保护膜
- [0062] 26 :背面蚀刻窗
- [0063] 31 :振动传感器
- [0064] 32 :保护层
- [0065] 33 :保护膜
- [0066] 41 :振动传感器
- [0067] 42 :弯曲部
- [0068] 43 :挡块
- [0069] 44a ~ 44e :保护层
- [0070] 45、46 :保护膜
- [0071] 49 :保护膜
- [0072] 50 :背面蚀刻窗
- [0073] 71 :麦克风
- [0074] 72 :背板
- [0075] 73 :金属电极
- [0076] 74 :声孔
- [0077] 75 :声孔

具体实施方式

- [0078] 以下,参照附图详细说明本发明的实施方式。但本发明不限于以下的实施方式。
- [0079] (第一实施方式)
- [0080] 图 1(a) 是表示本发明第一实施方式的振动传感器的构造的平面图,图 1(b) 是其剖面图。该振动传感器 11 例如用于半导体麦克风、超声波传感器等音响传感器、薄膜滤波器。振动传感器 11 具有硅基板 12 和元件薄膜 13(膜片)。该硅基板 12 是(100)面基

板。硅基板 12 通过从背面侧蚀刻而设有贯通表背且纵横各向的边沿着 (110) 方向的矩形贯通孔 14。贯通孔 14 在表面侧和背面侧形成由 (111) 面构成的、或者由与 (111) 面等效的晶体面构成的倾斜面 15、17, 在两倾斜面 15、17 之间形成有垂直面 16。在此, 垂直面 16 实际上由 (110) 面、(311) 面、(411) 面等多个晶体面构成, 但简单地由垂直面表示。因此, 贯通孔 14 边缘的基板截面形成在表面背面带锥形的形状。

[0081] 元件薄膜 13 覆盖上述贯通孔 14 的表面侧开口而配置在硅基板 12 的上面, 下面的整周通过保护部 18 被固定在硅基板 12 上面。通过保护膜 18 在贯通孔 14 的表面侧开口 (或者为硅基板 12 的表面的面) 与元件薄膜 13 的背面之间形成有狭窄的间隙 19。

[0082] 若为这种构造的振动传感器 11, 则尽管从背面侧蚀刻硅基板 12 而形成有贯通孔 14, 与贯通孔 14 的表面侧开口相比, 背面侧开口的面积并未变大。因此, 不会像最初的现有例那样为了形成贯通孔 14 而增大硅基板 12 的面积。硅基板 12 只要是能够安装元件薄膜 13 以及根据需要还安装电路零件的大小即可, 能够将振动传感器 11 小型化。

[0083] 接着, 根据图 2(a) ~ (d)、图 3(a) ~ (d) 以及图 4(a) ~ (c) 说明上述振动传感器 11 的制造工序。振动传感器 11 虽然在晶片上一次制造多个, 但在以下的说明中, 仅图示一个振动传感器 11 进行说明。

[0084] 首先, 如图 2(a) 所示, 通过热氧化法等 (100) 面硅基板 12 的表面及背面形成由 SiO_2 构成的保护膜 20、21。然后, 在硅基板 12 的表面使用光刻技术部分地除去欲形成上述间隙 19 的区域的保护膜 20, 开设矩形的蚀刻窗 22。

[0085] 从保护膜 20 之上开始在硅基板 12 的表面形成多晶硅薄膜, 使用光刻技术除去盖在保护膜 20 之上的多晶硅薄膜。由此, 在蚀刻窗 22 内, 在硅基板 12 的表面形成由多晶硅薄膜构成的矩形保护层 23。此时的状态表示在图 2(b) 中。

[0086] 接着, 从保护层 23 之上开始在硅基板 12 的表面形成由 SiO_2 构成的保护膜 24, 如图 2(c) 所示, 由保护膜 24 覆盖并遮住保护层 23。

[0087] 然后, 在保护膜 24 之上形成多晶硅薄膜, 使用光刻技术将多晶硅薄膜的不需要部分除去, 如图 2(d) 所示, 在保护膜 24 之上形成由多晶硅薄膜构成的元件薄膜 13。另外, 如图 3(a) 所示, 在元件薄膜 13 之上形成由 SiO_2 构成的矩形保护膜 25, 由保护膜 25 覆盖并遮住元件薄膜 13。

[0088] 之后, 如图 3(b) 所示, 在硅基板 12 的背面使用光刻技术将保护膜 21 的一部分部分地去除, 在保护膜 21 矩形地开设背面蚀刻窗 26。背面蚀刻窗 26 只要为使从背面蚀刻窗 26 开始的晶体各向异性蚀刻到达硅基板 12 表面的大小即可, 例如若为厚 $400 \mu\text{m}$ 的硅基板 12, 则背面蚀刻窗 26 为一边长 $570 \mu\text{m}$ 左右的较小的背面蚀刻窗便足够。另外, 保护层 23 的纵横尺寸的大小由必须的元件薄膜 13 的纵横尺寸的大小决定, 例如其一边为 $650 \mu\text{m}$ 左右。

[0089] 开设背面蚀刻窗 26 之后, 浸渍 TMAH、KOH、EDP 等蚀刻剂 (以下称为 TMAH 等蚀刻剂) 而从背面蚀刻窗 26 进行蚀刻。TMAH 等蚀刻剂对硅进行晶体各向异性蚀刻, 故而在硅基板 12 的背面沿着 (111) 面及与其等效的晶体面 (倾斜面 17) 进行蚀刻, 在硅基板 12 的背面形成截棱锥形的贯通孔 14。

[0090] 这样, 贯通孔 14 若到达硅基板 12 的表面, 则如图 3(c) 所示, 保护层 23 从贯通孔 14 露出。由 SiO_2 构成的保护膜 20、21、24、25 不被 TMAH 等蚀刻剂蚀刻, 但由多晶硅构成的

保护层 23 被 TMAH 等蚀刻剂各向同性蚀刻。由此,若保护层 23 在贯通孔 14 内露出,则如图 3(d) 所示,从在贯通孔 14 内露出的部分向周围蚀刻保护层 23,在保护膜 24 与硅基板 12 的表面之间形成间隙 19。

[0091] 在该状态下,元件薄膜 13 以及保护膜 24、25 通过间隙 19 而自硅基板 12 的表面浮起,故而能够作为薄膜起作用。但由于该间隙 19 为厚度薄的空间,故而若元件薄膜 13 以及保护膜 24、25 振动,则引起衰减效果,使频率高的频带的振动特性变差、或成为机械噪音的原因,元件薄膜 13 及保护膜 24、25 容易向硅基板 12 粘附。为了防止上述状况,在元件薄膜 13 的下方进一步继续进行硅基板 12 的蚀刻。

[0092] 另外,考虑如下的因素将间隙 19(保护层 23) 的厚度例如设计成 $1\ \mu\text{m}$ 左右,即,厚度较厚、其蚀刻速度加快,但厚度过厚则保护层 23 的成膜时间增加,或保护膜 24 的覆膜性变差。另一方面,考虑振动传感器 11 的灵敏度和强度的综合调整而将元件薄膜 13 的厚度设计成例如 $1\ \mu\text{m}$ 左右。

[0093] 若在保护膜 24 与硅基板 12 的表面之间产生间隙 19,则蚀刻剂侵入间隙 19 中并从表面侧对硅基板 12 进行晶体各向异性蚀刻。该各向异性蚀刻中,在图 4(a) 中沿箭头标记所示的方向进行蚀刻,在贯通孔 14 内形成倾斜面 15。另外,在贯通孔 14 的边缘的尖端部分蚀刻速度快,故而贯通孔 14 的内周面被倒角后形成垂直面 16,贯通孔 14 被蚀刻成环形孔这样的形状。这样,如图 4(b) 这样将保护层 23 完全蚀刻除去的时刻,从蚀刻剂中取出硅基板 12。

[0094] 在将硅基板 12 洗净之后,由 HF 水溶液等蚀刻由 SiO_2 构成的保护膜 20、21、24、25,并且在如图 4(c) 所示在仅将保护膜 24、24 的一部分构成的保持部 18 残留时,蚀刻结束,进行洗净及干燥而制成振动传感器 11。

[0095] 这样若制作振动传感器 11,则仅自硅基板 12 的背面侧进行蚀刻,能够开设背面侧的面积小的贯通孔 14,可将振动传感器 11 小型化。另外,通过仅从背面侧蚀刻能够开设贯通孔 14,故而无需在元件薄膜 13 开设蚀刻孔,减小了使振动传感器 11 的元件薄膜 13 的物理特性变化或使元件表面 13 的强度降低的可能性。

[0096] 另外,贯通孔 14 背面侧的开口面积由在保护膜 21 开设的背面蚀刻窗 26 的大小决定,贯通孔 14 表面侧的开口面积由保护层 23 的大小决定,故而根据上述制作方法,能够精度良好地控制贯通孔 14 的开口面积。

[0097] 另外,在上述实施方式中,通过多晶硅形成保护层 23,但也可以使用非晶硅。

[0098] (第二实施方式)

[0099] 图 5(a) 是表示本发明第二实施方式的振动传感器 31 的平面图,图 5(b) 是其剖面图。在该振动传感器 31 中,覆盖贯通孔 14 的上面而在硅基板 12 之上形成由多晶硅构成的元件薄膜 13。元件薄膜 13 在硅基板 12 的上面通过保持部 18 支承外周部下面而从硅基板 12 的上面浮起,被保持部 18 包围的区域可变形。

[0100] 图 6(a) ~ (d) 及图 7(a) ~ (d) 是说明该振动传感器 31 的制造工序的剖面图。以下,基于图 6(a) ~ (d) 及图 7(a) ~ (d) 说明振动传感器 31 的制造工序。

[0101] 首先,在硅基板 12 的上面形成 SiO_2 薄膜之后,使用光刻技术除去 SiO_2 薄膜的不需要部分,如图 6(a) 所示,仅在欲使元件薄膜 13 从硅基板 12 的上面浮起的区域形成由 SiO_2 薄膜构成的保护层 32。

[0102] 然后,从保护层 32 之上开始在硅基板 12 的表面形成由 SiN 构成的保护膜 34,如图 6(b) 所示,由保护膜 34 覆盖并遮住保护层 32。接着,如图 6(c) 所示,在保护膜 34 的表面形成由多晶硅构成的元件薄膜 13。

[0103] 如图 6(d) 所示,从元件薄膜 13 之上开始在保护膜 34 的表面形成由 SiN 构成的保护膜 35,由保护膜 35 覆盖并遮住元件薄膜 13。另外,在硅基板 12 的背面形成由 SiO₂ 之外的材料构成的保护膜 33。此时,若通过 SiN 薄膜形成保护膜 33,则能够利用同一工序一次形成保护膜 34 或保护膜 35 和保护膜 33。在硅基板 12 的背面形成保护膜 33 之后,如图 6(d) 所示,使用光刻技术将保护膜 33 的一部分矩形地开口,形成背面蚀刻窗 26。背面蚀刻窗 26 只要为使自背面蚀刻窗 26 的晶体各向异性蚀刻到达硅基板 12 表面的大小即可。

[0104] 开设有背面蚀刻窗 26 之后,将硅基板 12 浸渍在 TMAH 等蚀刻剂中而从背面蚀刻窗 26 蚀刻硅基板 12,并且在硅基板 12 上设置贯通孔 14。TMAH 等蚀刻剂是对硅进行晶体各向异性蚀刻,故而在硅基板 12 的背面沿着 (111) 面及与其等效的晶体面进行蚀刻,然后如图 7(a) 所示,贯通孔 14 到达硅基板 12 的表面而使保护层 32 在贯通孔 14 内露出。

[0105] 由 SiO₂ 构成的保护层 32 不被 TMAH 等蚀刻剂被蚀刻,故而保护层 32 露出后结束该蚀刻处理,洗净硅基板 12。

[0106] 然后,将硅基板 12 浸渍在 HF 水溶液中。HF 水溶液不侵入硅基板 12,但将 SiO₂ 各向同性地蚀刻,故而通过从硅基板 12 的背面侧进入贯通孔 14 中的 HF 水溶液,从露出部分向周围蚀刻保护层 32,如图 7(b) 所示,在元件薄膜 13 与硅基板 12 的表面之间产生间隙 19。

[0107] 通过蚀刻将保护层 32 完全除去之后,将硅基板 12 洗净,然后再次浸渍在 TMAH 等蚀刻剂中。该蚀刻剂浸入间隙 19 中而从表面侧对硅基板 12 进行晶体各向异性蚀刻。其结果,与实施方式 1 同样地,在贯通孔 14 的内周面对硅基板 12 的角进行倒角而形成倾斜面 15 和垂直面 16,贯通孔 14 被蚀刻成环形孔这样的形状。这样,如图 7(c) 所示形成有希望的贯通孔 14 之后,从蚀刻剂中取出硅基板 12,进行洗净以及干燥。最后,如图 7(d) 所示,通过加热的磷酸水溶液等将由 SiN 构成的保护膜 33、34、35 除去,并且完成振动传感器 31。

[0108] 若这样制作振动传感器 31,则仅通过自硅基板 12 背面侧的蚀刻就能够开设背面侧的面积小的贯通孔 14,能够将振动传感器 31 小型化。另外,能够通过仅自背面侧的蚀刻开设贯通孔 14,故而无需在元件薄膜 13 上开设蚀刻孔,减小了使振动传感器 13 的元件薄膜 13 的物理特性变化或使元件薄膜 13 的强度降低的可能性。

[0109] 另外,贯通孔 14 背面侧的开口面积由在保护膜 33 开设的背面蚀刻窗 26 的大小决定,并且贯通孔 14 表面侧的开口面积由保护层 32 的大小决定,故而根据上述制造方法,能够精度良好地控制贯通孔 14 的开口面积。

[0110] 另外,由于在贯通孔的晶体各向异性蚀刻的工序和蚀刻保护层的工序中更换蚀刻剂,故而减少在不同的工序选择蚀刻剂时的制约。另外,由于不从晶体各向异性蚀刻向各向同性蚀刻连续进行,故而也具有能够在各蚀刻工序进行成品率检查等工序管理。

[0111] 另外,第一实施方式的情况下,由于通过同一蚀刻剂进行晶体各向异性蚀刻和各向同性蚀刻,故而在同一装置内连续进行晶体各向异性蚀刻和各向同性蚀刻,操作效率提高。对此,在第二实施方式的情况下,晶体各向异性蚀刻和各向同性蚀刻为不同的工序,故而晶体各向异性蚀刻的方法和各向同性蚀刻的方法的制约减少,例如各向同性蚀刻也可以为使用除了水溶液之外的腐蚀性气体等的化学蚀刻。

[0112] (第三实施方式)

[0113] 图 8(a) 是表示本发明第三实施方式的振动传感器 41 的构造的平面图,图 8(b) 是图 8(a) 的 X-X 线剖面图。该振动传感器 41 在元件薄膜 13 上设有褶皱(皱)构造和挡块 43 等功能部分。

[0114] 元件薄膜 13 的褶皱构造通过形成四边环状的两个弯曲部 42 而构成。各弯曲部 42 使其截面向元件薄膜 13 的上面侧突出而弯曲。若这样在元件薄膜 13 上形成褶皱构造,则使元件薄膜 13 的位移变大、或由应力引起的挠曲减少的技术内容记载在“The fabrication and use of micromachined corrugated silicon diaphragms”(J. H. Jerman, Sensors and Actuators A21-A23 pp. 998-992, 1992)。

[0115] 挡块 43 为使元件薄膜 13 的表面突出成圆形突起状的结构。在电容式振动传感器(例如后述的麦克风等)的情况下,元件薄膜 13 为可动电极,在元件薄膜 13 的上面配置对置电极(固定电极)。在电容式振动传感器的情况下,若在元件薄膜 13 的上面设置有挡块 43,则在元件薄膜 13 较大变形的情况下,通过使挡块 43 与固定电极抵接,能够防止由振动传感器 41 的带电而引起的静电力、由附着水分而引起的毛细管力等使得元件薄膜 13 被吸附在对置电极上的状况。

[0116] 图 9(a)、(b)、图 10(a) ~ (d)、图 11(a)、(b)、图 12(a)、(b)、图 13(a)、(b) 是说明上述振动传感器 41 的制造工序的图。以下,基于附图 9 ~ 图 13 说明振动传感器 41 的制造工序。首先,如图 9(a)、(b) 所示,在硅基板 12 的表面将由多晶硅薄膜构成的保护层形成为规定图案。该保护层由位于中央部的四边形保护层 44a、形成在弯曲部 42 的形成区域的四边环状保护层 44b、44c、将保护层 44a ~ 44c 连接的线状的保护层 44d、形成在挡块 43 的形成区域的保护层 44e 构成。

[0117] 接着,如图 10(a) 所示,利用 SiO_2 构成的保护膜 45 从保护层 44a ~ 44e 之上覆盖硅基板 12 的表面,在硅基板 12 的背面也形成由 SiO_2 构成的保护膜 46。此时,保护膜 45 形成在各保护层 44a ~ 44e 之上,故而在各保护层 44a ~ 44e 的部分,保护膜 45 向上方突出。

[0118] 如图 10(b) 所示,在保护膜 45 之上形成由多晶硅薄膜构成的元件薄膜 13。元件薄膜 13 在各保护层 44a ~ 44e 的区域隔着保护膜 45 而被各保护层 44a ~ 44e 抬起,故而在保护层 44b、44c 之上形成弯曲部 42,在保护层 44e 之上形成挡块 43。另外,在保护层 44a 及 44d 之上也使元件薄膜 13 向上鼓起而形成突部 47、48。

[0119] 另外,如图 10(c) 所示,从元件薄膜 13 之上开始在保护膜 45 的表面形成由 SiO_2 构成的保护膜 49,由保护膜 49 覆盖并遮住元件薄膜 13,并且在硅基板 12 背面的保护膜 46 开设背面蚀刻窗 50。

[0120] 之后,将硅基板 12 浸渍在 TMAH 等蚀刻剂中而从背面蚀刻窗 50 进行晶体各向异性蚀刻,在硅基板 12 的背面形成截棱锥形的贯通孔 14。贯通孔 14 在硅基板 12 下面的蚀刻到达背面蚀刻窗 50 的边缘时停止。

[0121] 若贯通孔 14 到达硅基板 12 的表面,则如图 10(d) 所示,保护层 44a 在贯通孔 14 露出。若保护层 44a 露出,则保护层 44a 被 TMAH 等蚀刻剂各向同性蚀刻。这样,从保护层 44a 开始的各向同性的蚀刻,如图 11(a) 中细线箭头标记所示,以保护层 44a → 保护层 44d → 保护层 44b → 保护层 44c 这样的顺序进行。若蚀刻剂侵入将保护层 44a ~ 44d 蚀刻后的间隙中,则如图 11(a)、(b) 及图 12(a) (图 12(a) 表示硅基板 12 的表面) 中粗线箭头标记所示,

从保护层 44a ~ 44d 的被除去的痕迹的间隙 51a ~ 51d 的边缘部进行硅基板 12 的晶体各向异性蚀刻,从硅基板 12 的表面侧也进行贯通孔 14 的蚀刻。

[0122] 结果,在保护层 44c 外周的内侧区域,硅基板 12 的上面被蚀刻,在硅基板 12 形成被从表面侧和背面侧蚀刻的贯通孔 14。另外,此时,通过蚀刻将保护层 44e 除去。这样,在贯通孔 14 完全形成的时刻,从蚀刻剂中取出硅基板 12。

[0123] 在洗净硅基板 12 之后,利用 HF 水溶液等蚀刻除去由 SiO₂ 构成的保护膜 45、49,如图 13(a)、(b) 所示,在元件薄膜 13 的四角部仅残留由保护膜 45 构成的保持部 18 时结束蚀刻,进行洗净及干燥而完成振动传感器 41。

[0124] 在该实施方式中,也能够仅利用自硅基板 12 背面侧的蚀刻开设背面侧的面积小的贯通孔 14,能够将振动传感器 41 小型化。另外,由于能够利用仅自背面侧的蚀刻开设贯通孔 14,故而无需在元件薄膜 13 开设蚀刻孔,能够降低使振动传感器 41 的元件薄膜 13 的物理特性变化、或使元件薄膜 13 的强度降低的可能性。另外,能够利用相同的工序容易地在元件薄膜 13 上形成褶皱构造及挡块等。

[0125] (第四实施方式)

[0126] 图 14(a) 是表示本发明第四实施方式的振动传感器 61 的构造的平面图,图 14(b) 是其剖面图。在第一实施方式的振动传感器 11 中,在元件薄膜 13 的下面整周形成有保持部 18,但在第四实施方式的振动传感器 61 中仅在元件薄膜 13 的角部(四角部)形成有保持部 18。在第四实施方式的振动传感器 61 中,由于仅在元件薄膜 13 的角部设有保持部 18,故而在四边,通过元件薄膜 13 的保持部 18 间的通气孔 63 而将元件薄膜 13 的上面侧和下面侧连通。

[0127] 图 15(a) 是表示本发明第四实施方式的其他振动传感器 62 的构造的平面图,图 15(b) 是其剖面图。在该振动传感器 62 中,仅在元件薄膜 13 的一边形成有保持部 18。在该振动传感器 62 中,通过保持部 18 单臂状地支承元件薄膜 13,故而元件薄膜 13 的上面侧和下面侧通过三边的通气孔 63 而连通。

[0128] 如振动传感器 61、62 这样部分地形成保持部 18 时,在要形成保持部 18 的部分增大保护膜的宽度,或增大距离蚀刻剂投入位置的距离(从蚀刻开始位置到终止位置的距离),若通过管理蚀刻时间而将一部分保护膜除去、将一部分保护膜残留,则可由残留的保护膜形成保持部 18。例如,在振动传感器 61 中,在远离中心的位置形成有保持部 18。另外,在振动传感器 62 中,使一边的保护膜的宽度比其他三边的保护膜的宽度大而在蚀刻后使其残留。

[0129] 振动传感器 61、62 这样的构造在作为麦克风(音响传感器)的用途中是理想的。即,在振动传感器 61、62 中,元件薄膜 13 仅将一部分固定,故而元件薄膜 13 变得柔软而容易弹性变形。因此,适于作为检测动压力差的麦克风等而使用。

[0130] 特别是在元件薄膜 13 为矩形的情况下,如振动传感器 61 这样仅将元件薄膜 13 的四个角部固定,则元件薄膜 13 成为柔软的弹簧。另外,若基于仅将该四角部固定的固定方法,则元件薄膜 13 的大部分像平行平板那样地变形,故而电容式麦克风的灵敏度显著提高。

[0131] 另外,元件薄膜 13 的四角部的固定部分形成向对角线方向延伸的形状 以不使由变形引起的来自外部的应力集中为好。另外,若在该延伸的部位连接电极焊盘 73,则能够不

阻碍元件薄膜 13 的振动而从元件薄膜 13 取出电极。

[0132] 另外,由于保持部 18 的内部应力对元件薄膜 13 的振动特性产生影响,故而通过控制保持部 18 的内部应力而使元件薄膜 13 的振动特性变化。例如,在元件薄膜 13 的拉伸应力强的情况下,通过将保持部 18 形成具有压缩应力的氧化膜来减弱元件薄膜 13 的拉伸应力,能够提高灵敏度。

[0133] 另外,根据振动传感器 61、62 这样的构造,由于在硅基板 12 的表面与元件薄膜 13 之间具有通气性,故而能够在元件薄膜 13 的两面消除静压力差,能够起到通气孔的功能。

[0134] 在美国专利第 5452268 号等中,为了提高音响电阻而缩窄平面方向的通气孔的宽度。但是,在缩窄通气孔宽度时具有工艺规则上的限度,并不能够起到多少效果。

[0135] 通气孔的电阻成分 R_v 由下式表示

$$[0136] \quad R_v = (8 \cdot \mu \cdot t \cdot a^2) / (S_v^2) \dots \dots (式 1)$$

[0137] 其中, μ 为通气孔的摩擦损失系数、 t 为通气孔的通气方向长度、 a 为膜片的面积、 S_v 为通气孔的截面面积。另外,麦克风的衰减频率 f_L (灵敏度降低的界限频率) 由下式表示

$$[0138] \quad 1/f_L = 2\pi \cdot R_v (C_{bc} + C_{sp}) \dots \dots (式 2)$$

[0139] 其中, R_v 为式 (1) 的电阻成分, C_{bc} 为贯通孔 14 的音响声顺, C_{sp} 为元件薄膜 13 的刚性常数。

[0140] 在振动传感器 61、62 中,如图 16 所示,能够增长硅基板 12 的上面与元件薄膜 13 之间的通气孔 63 的长度 t 。由此,在振动传感器 61、62 中,由上述 (式 1) 可知,能够通过增长通气孔 63 的长度 t 来显著提高音响电阻。另外如上述 (式 2) 可知,由于能够改善振动传感器 61、62 的低频特性,故而作为麦克风可得到理想的特性。

[0141] 另外,贯通孔 14 的音响声顺 (背腔的音响声顺) 的 C_{cav} 由下式表示:

$$[0142] \quad C_{cav} = V_{bc} / (\rho c^2 \cdot S_{bc}) \dots \dots (式 3)$$

[0143] 其中, V_{bc} 为贯通孔 14 的体积 (背腔体积)、 ρc^2 为空气的体积弹性率、 S_{bc} 为贯通孔 14 的开口部的面积。

[0144] 在振动传感器 61、62 中,通过从硅基板 12 的表背两面进行蚀刻,能够形成开口面积比体积小贯通孔 14,故而由上述 (式 3) 可知,能够提高贯通孔 14 的音响声顺,即使开设通气孔 63 也不易降低灵敏度。

[0145] 另外,如图 17(a) 所示,在使贯通孔 14 的中央部向内侧突出而对贯通孔 14 进行晶体各向异性蚀刻之后,继续进行蚀刻,直至经由图 17(b) 的状态最终成为图 17(c) 的状态,在 (111) 面或与其等效的晶体面显现时停止贯通孔 14 的蚀刻。因此,若进行蚀刻直至形成图 17(c) 的状态,则能够进一步增大贯通孔 14 的体积,可进一步提高音响声顺 C_{cav} 。或者,在从图 17(a) 的状态向图 17(c) 的状态蚀刻时,可通过控制蚀刻时间而得到适当的贯通孔 14 的体积和振动传感器的尺寸。

[0146] 另外,图 17(c) 的状态为晶体各向异性蚀刻的最终状态,由表面和背面的开口部大小和相对位置而决定背腔的形状。在成为最终状态时,即使增长蚀刻时间,也能够将背腔 (贯通孔 14) 的形状保持为大致一定,故而工艺稳定性良好,成品率提高。

[0147] 接着,对利用上述构造的振动传感器 61 构成的电容式麦克风 71 的构造及其制造方法进行说明。图 18(a) 是麦克风 71 的平面图,图 18(b) 是去掉背板 72 后的状态下的麦

克风 71 (即振动传感器 61) 的平面图,图 19 是麦克风 71 的剖面图。该麦克风 71 覆盖元件薄膜 13 而在振动传感器 61 之上固定有背板 72。背板 72 形成下面具有凹部的罩形状,在凹部内收纳元件薄膜 13 而固定在硅基板 12 的表面。另外,在背板 72 的下面与元件薄膜 13 之间形成有不妨碍元件薄膜 13 的振动程度的间隙。

[0148] 在背板 72 的上面设有金属电极 73。金属电极 73 不如图 18 所示地设置在背板的整个面上,而是设置在背板 72 的一部分、特别是与元件薄膜 13 的振幅较大的部分相对的部位。这是为了减少寄生电容,提高静电式麦克风 71 的特性。如本实施方式这样地在四角部固定元件薄膜 13 的情况下,若将金属电极 73 的形状形成为图 18(a) 所示地大致八边形,则能够减少寄生电容并有效地活用有限的区域。在金属电极 73 及背板 72 上开设有多个声孔 74、75。由此,自上方的音响振动通过金属电极 73 及背板 72 的声孔 74、75 而到达元件薄膜 13,使元件薄膜 13 振动。由多晶硅构成的元件薄膜 13 (可动电极) 具有导电性,元件薄膜 13 振动,则元件薄膜 13 与金属电极 73 (固定电极) 之间的电容变化,故而将其作为电信号通过元件薄膜 13 侧的电极焊盘 76、背板 72 侧的电极焊盘 77 而在外部取出,通过检测该电容的变化而可检测音响振动。

[0149] 接着,通过图 20(a) ~ (d) 及图 21(a) ~ (d) 说明麦克风 71 的制造工序。首先,如图 20(a) 所示,在硅基板 12 的表面依次层积保护膜 20、保护层 23、保护膜 24、元件薄膜 13、保护膜 25,在硅基板 12 的背面形成保护膜 21。其与第一实施方式的图 3(a) 的结构相同,经由与第一实施方式的图 2(a) ~ 图 2(d) 相同的工序制作。

[0150] 接着,如图 20(b) 所示,从保护膜 25 的表面开始遍及保护膜 24 及 25 的外周面而形成 SiN 膜,由 SiN 膜形成背板 72。之后,如图 20(c) 所示,通过蚀刻在背板 72 上开设声孔 75。此时,虽然在图 20 中未作记载,对电极取出部分的 SiN 膜也进行蚀刻。然后,如图 20(d) 所示,在背板 72 的表面形成 Cr 膜,在其之上形成 Au 膜而得到 Au/Cr 膜,之后将 Au/Cr 膜蚀刻成规定形状而制作金属电极 73 及电极焊盘 76、77。

[0151] 接着,使用光刻技术在背面的保护膜 21 上开设背面蚀刻窗 26。若为厚 400 μm 的 (100) 面硅基板 12 的话,则背面蚀刻窗 26 的大小为一边长 570 μm 左右就足够了。开设有背面蚀刻窗 26 之后,将硅基板 12 浸渍在 TMAH 等蚀刻剂中而从背面侧对硅基板 12 进行晶体各向异性蚀刻,在硅基板 12 上开设贯通孔 14。该状态表示在图 21(a) 中。

[0152] 如图 21(a) 所示,若保护层 23 在贯通孔 14 内露出,则多晶硅的保护层 23 通过 TMAH 等蚀刻剂而被各向同性蚀刻,如图 21(b) 所示,在硅基板 12 的表面形成间隙 19。若形成间隙 19,则在该间隙 19 中侵入 TMAH 等蚀刻剂,从表面侧也蚀刻硅基板 12,进而在水平方向上也进行蚀刻,故而贯通孔 14 的边缘如图 21(c) 所示地形成在表背带锥形的截面形状。

[0153] 从蚀刻剂中取出形成希望的贯通孔 14 形状的硅基板 12。然后,由 HF 水溶液等蚀刻保护元件薄膜 13 的保护膜 21、24、25,将背板 72 下面的保护膜 20 和保持部 18 残留而进行除去。此时,保护膜 25 主要利用从声孔 74、75 进入的 HF 水溶液进行蚀刻。由此,声孔 74、75 的配置间隔如图 18(a) 所示地成为使蚀刻均匀地进行的大致等间隔为好。在此,若减小配置间隔,则能够缩短蚀刻时间,但相应地,声孔 74、75 的数量增加,减小电极面积而使得灵敏度降低。另外,声孔的配置间隔也关系到保持部 18 的大小。即,配置间隔过大,则蚀刻时间增长,保持部 18 全部被蚀刻。考虑这些因素,将声孔 74、75 的间隔设为 50 μm 。保持部 18 仅形成在元件薄膜 13 的角部,在保持部 18 之间开设通气孔 63。这样,完成图 20(d) 的

构造的麦克风 71。

[0154] 这样,通过制作麦克风 71,能够从硅基板 12 的表面侧和背面侧蚀刻贯通孔 14,能够减小贯通孔 14 的倾斜面引起的面积损失,可实现麦克风 71 的小型化。并且,通过将晶体各向异性蚀刻和各向同性蚀刻组合,能够从背面侧开始蚀刻而从背面侧和表面侧开始对硅基板 12 进行晶体各向异性蚀刻而开设贯通孔 14。由此,能够通过简单的工序开设贯通孔 14,可实现低成本化和高量产性。另外,由于无需在元件薄膜 13 上开设蚀刻孔,故而降低了使元件薄膜 13 的强度降低或使振动特性变差的可能性。

[0155] 另外,由于由保持部 18 部分地支承元件薄膜 13,故而元件薄膜 13 容易振动,麦克风 71 的灵敏度提高,在保持部 18 之间,在元件薄膜 13 与硅基板 12 的间隙可形成长的通气孔 63,故而能够提高麦克风 71 的音响电阻来改善低频特性。另外,由于能够增大贯通孔 14 的体积,故而可增大音响声顺而改善麦克风 71 的特性。

[0156] 另外,在上述各实施方式中,对于使用 (100) 面硅基板作为基板的情况进行了说明,但也可以使用 (110) 面硅基板等。

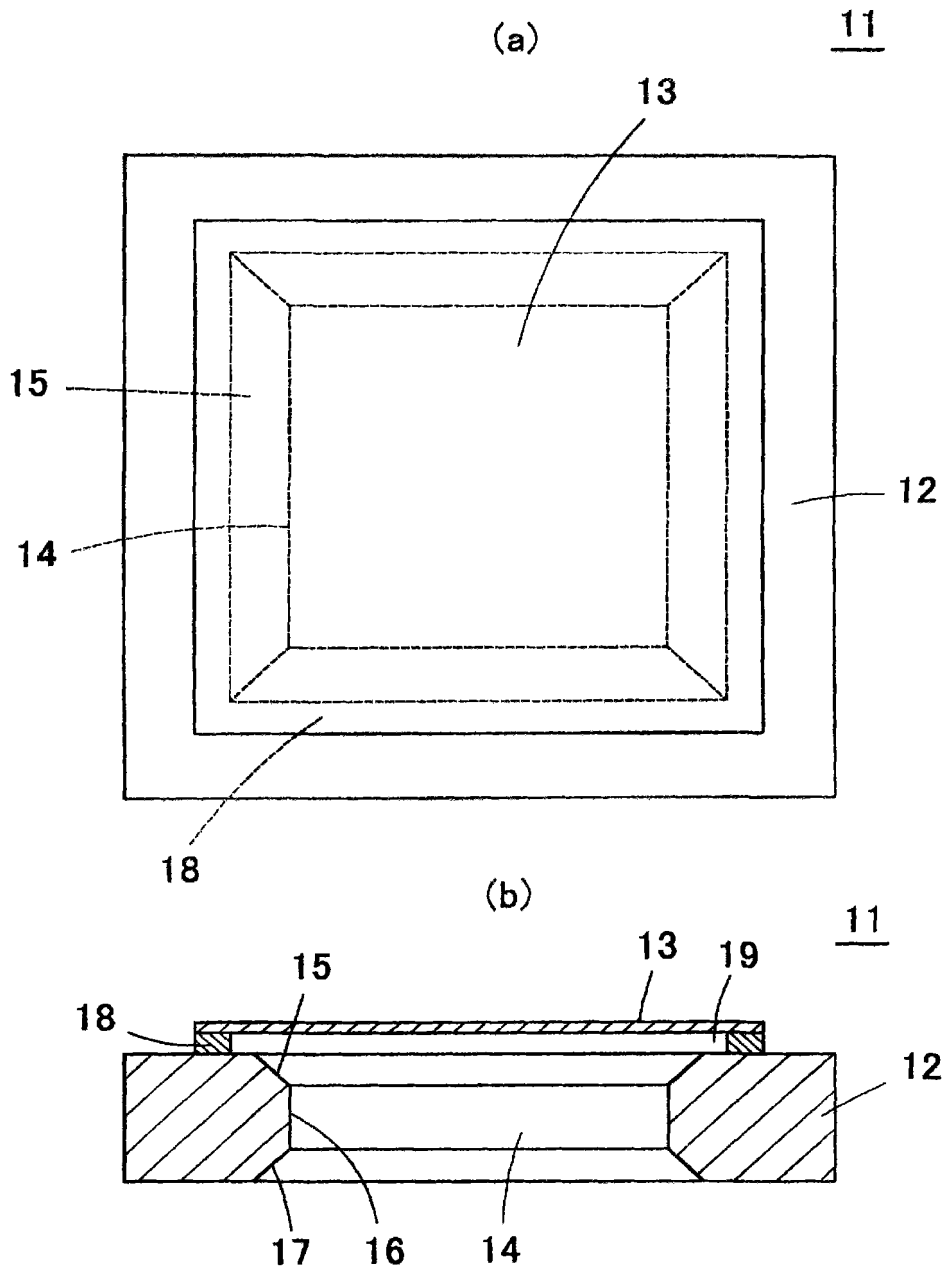


图 1

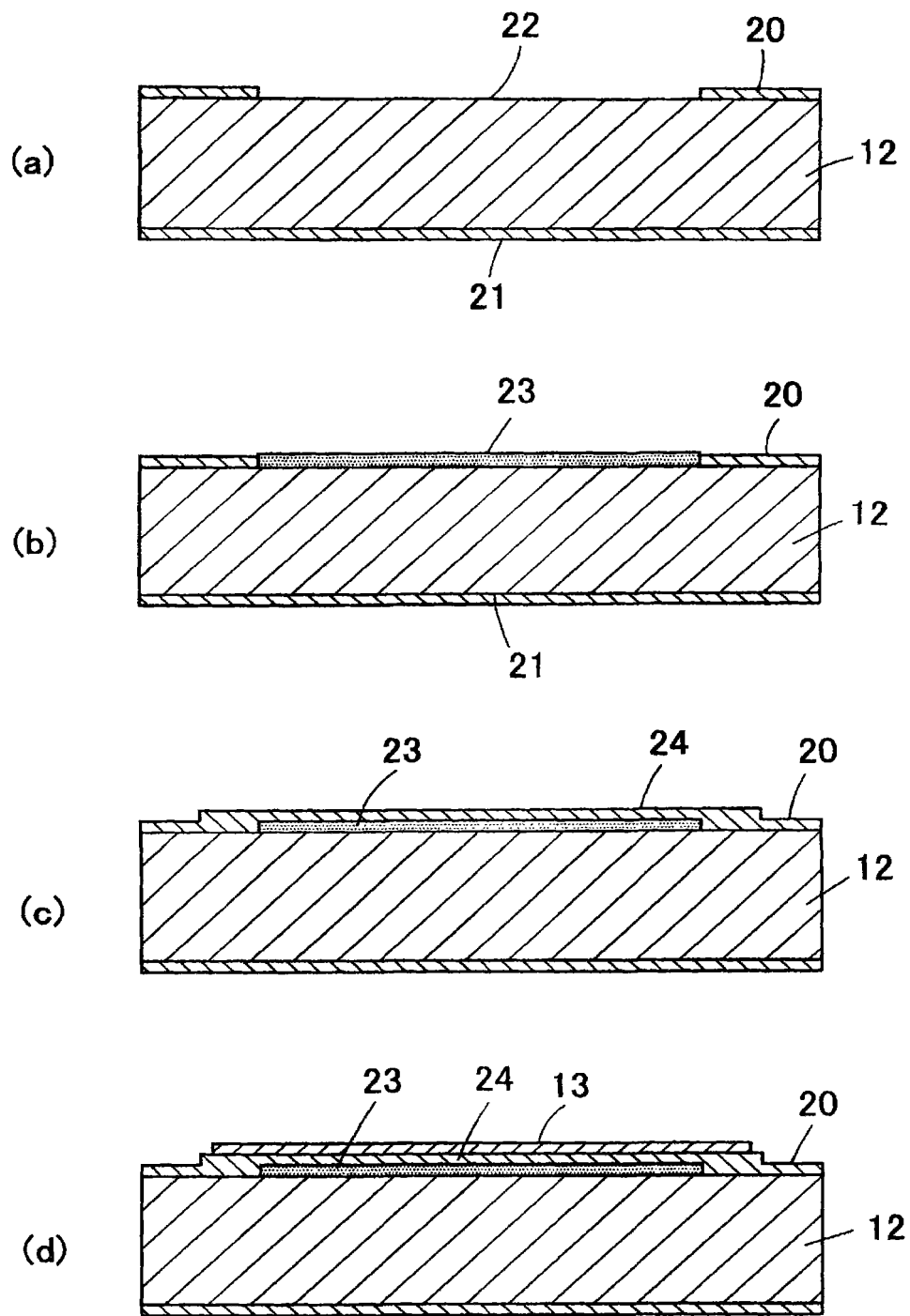


图 2

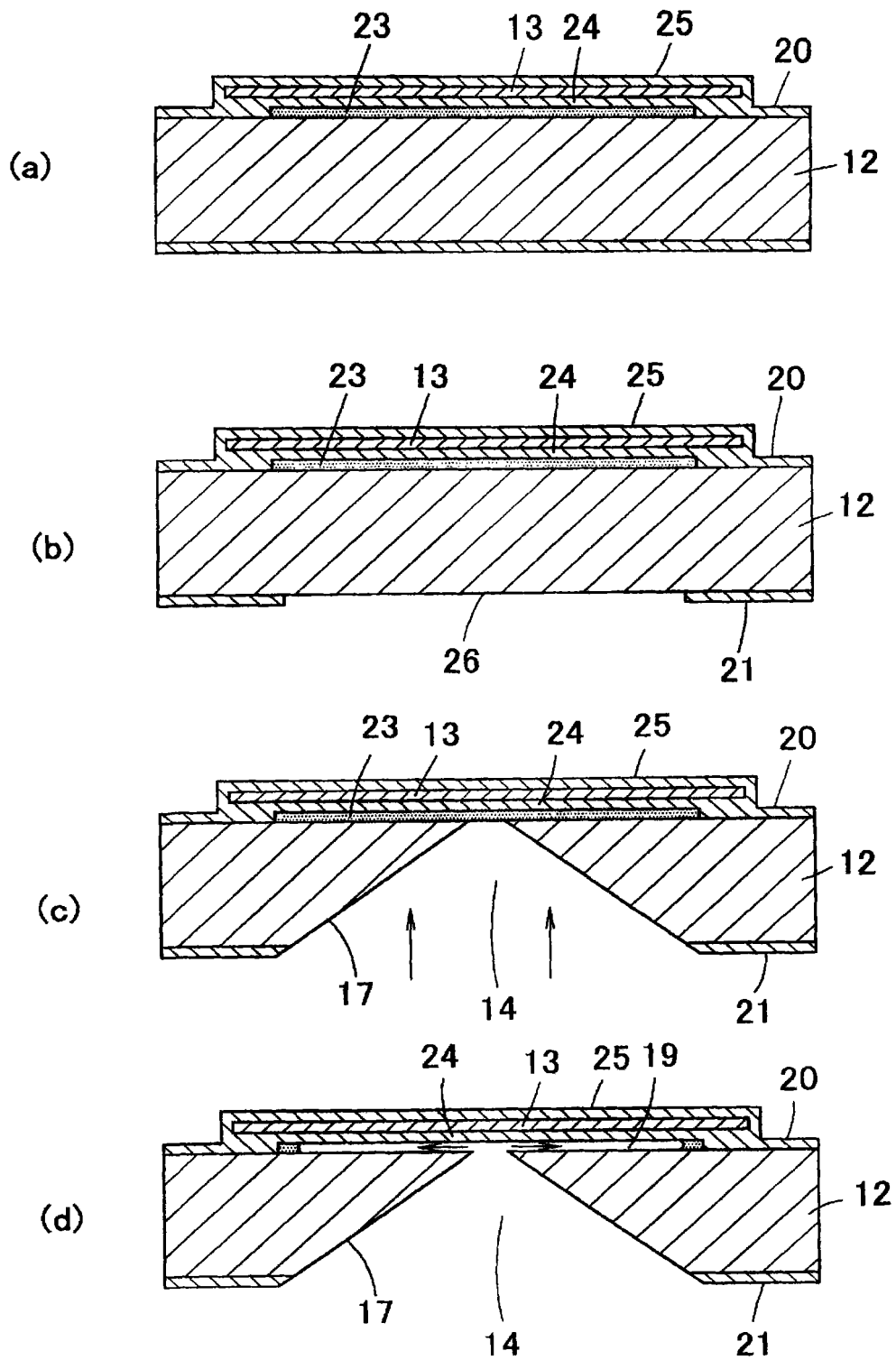


图 3

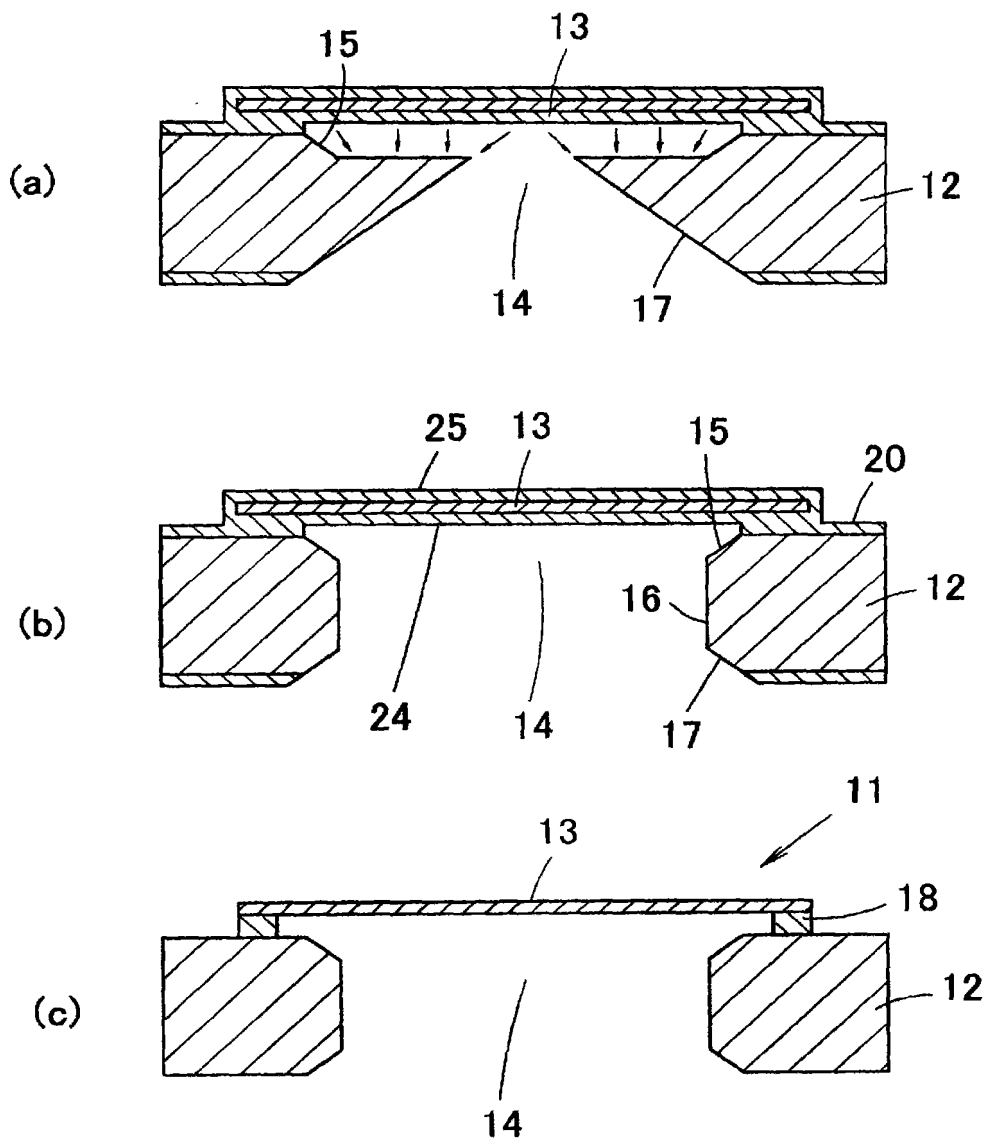


图 4

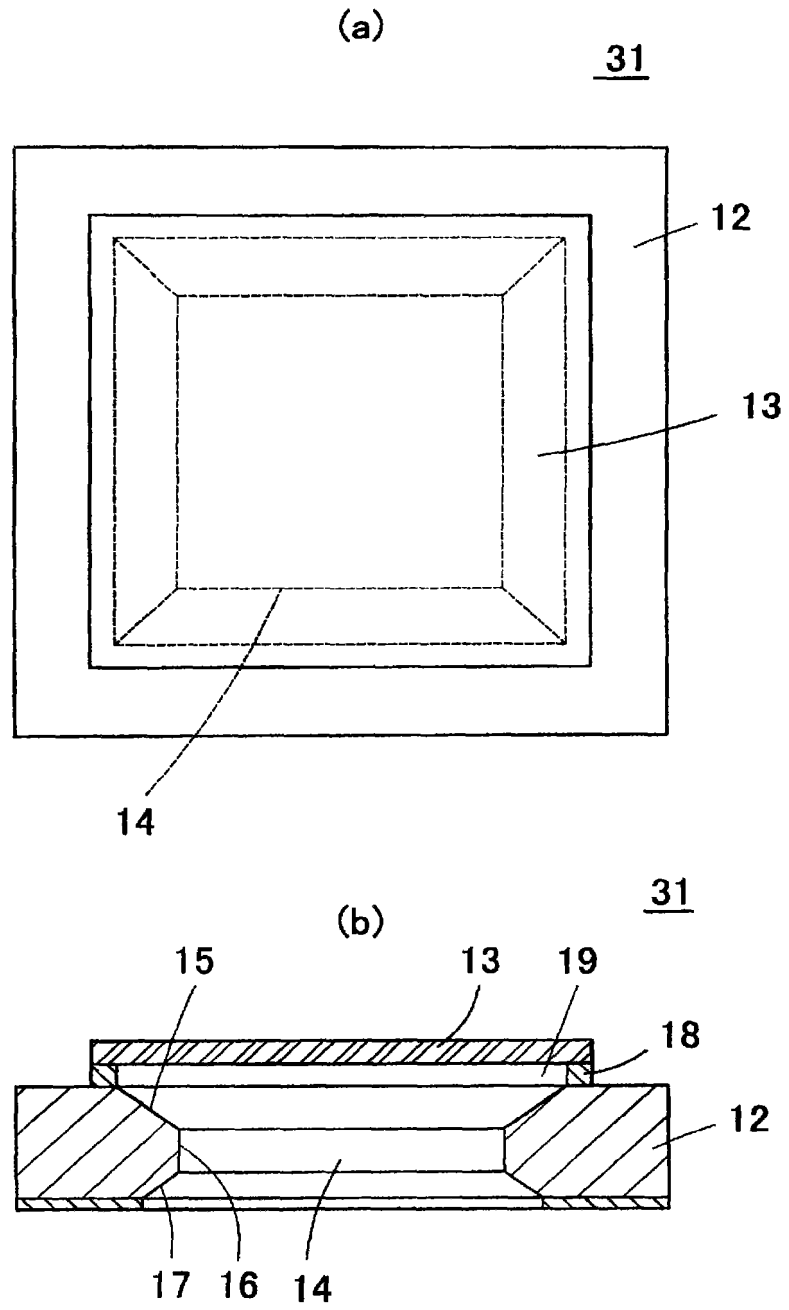


图 5

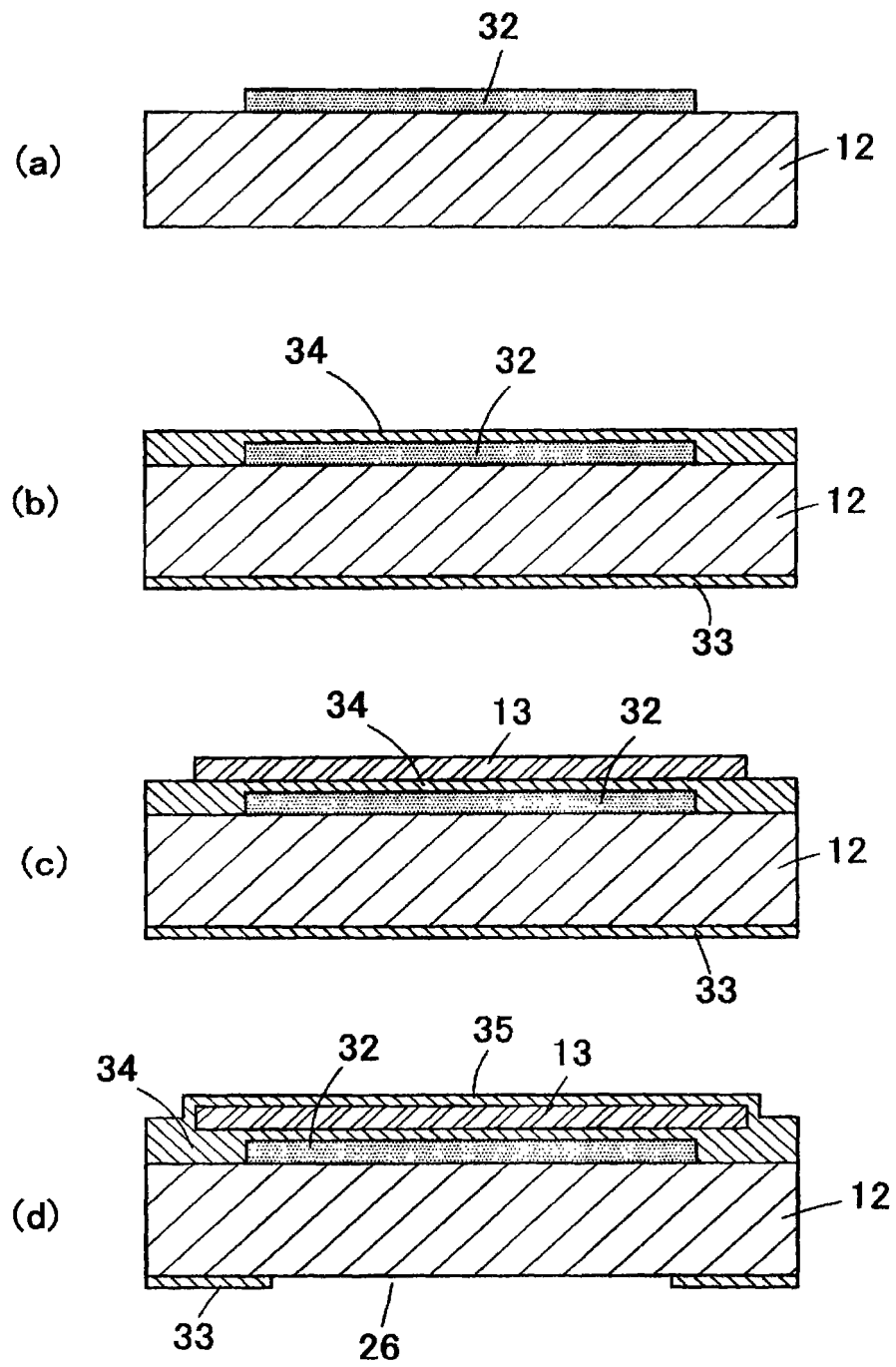


图 6

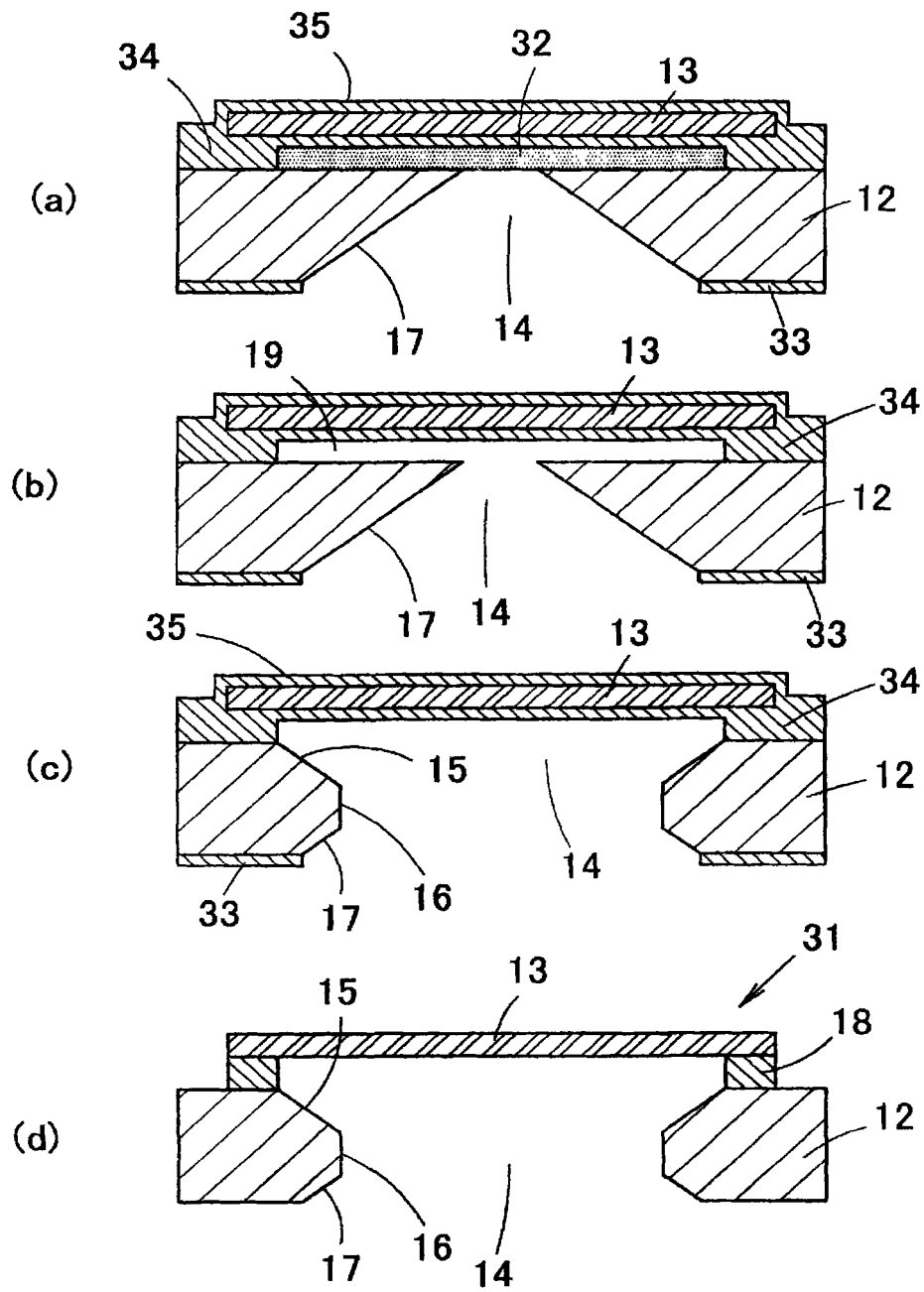


图 7

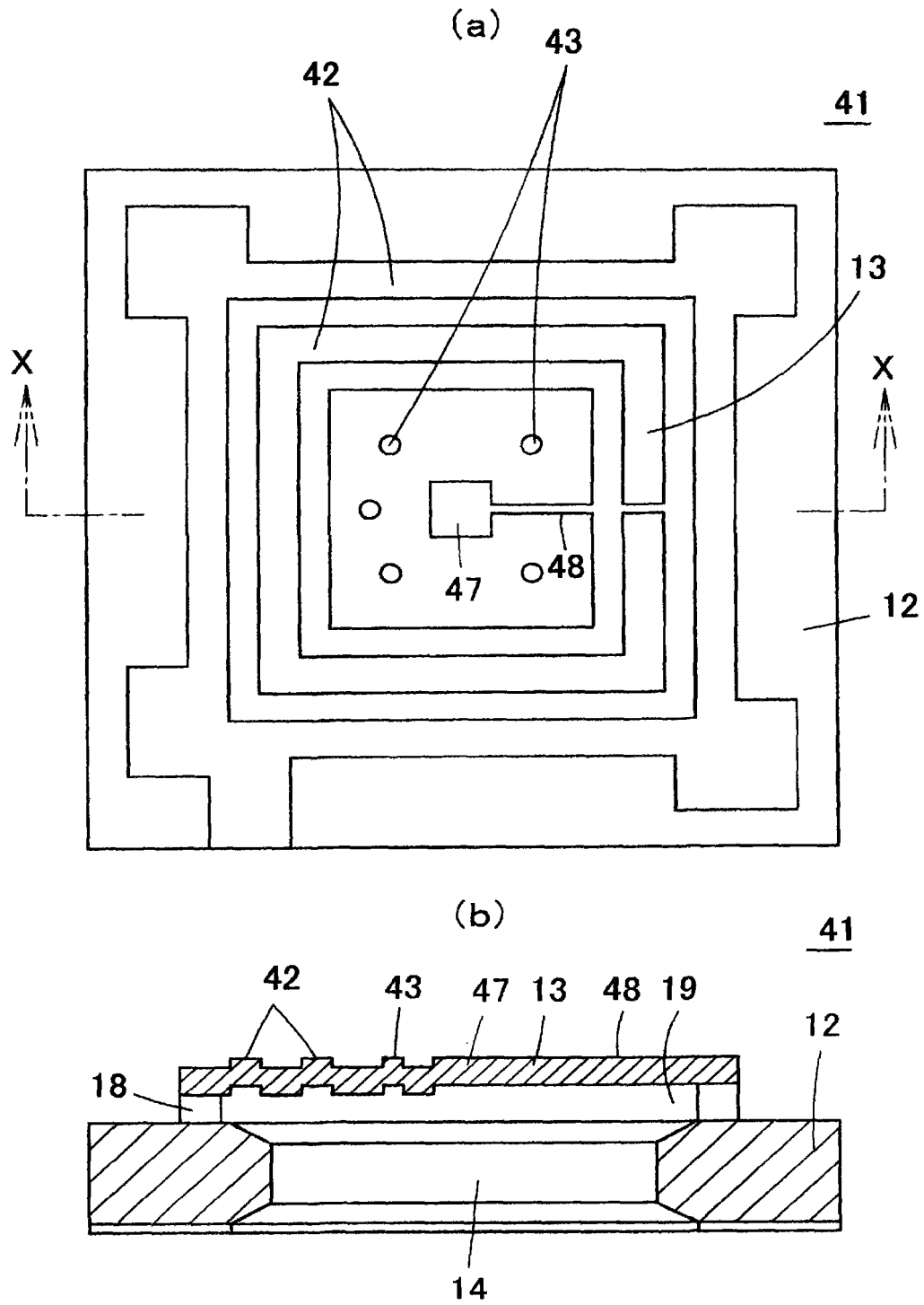


图 8

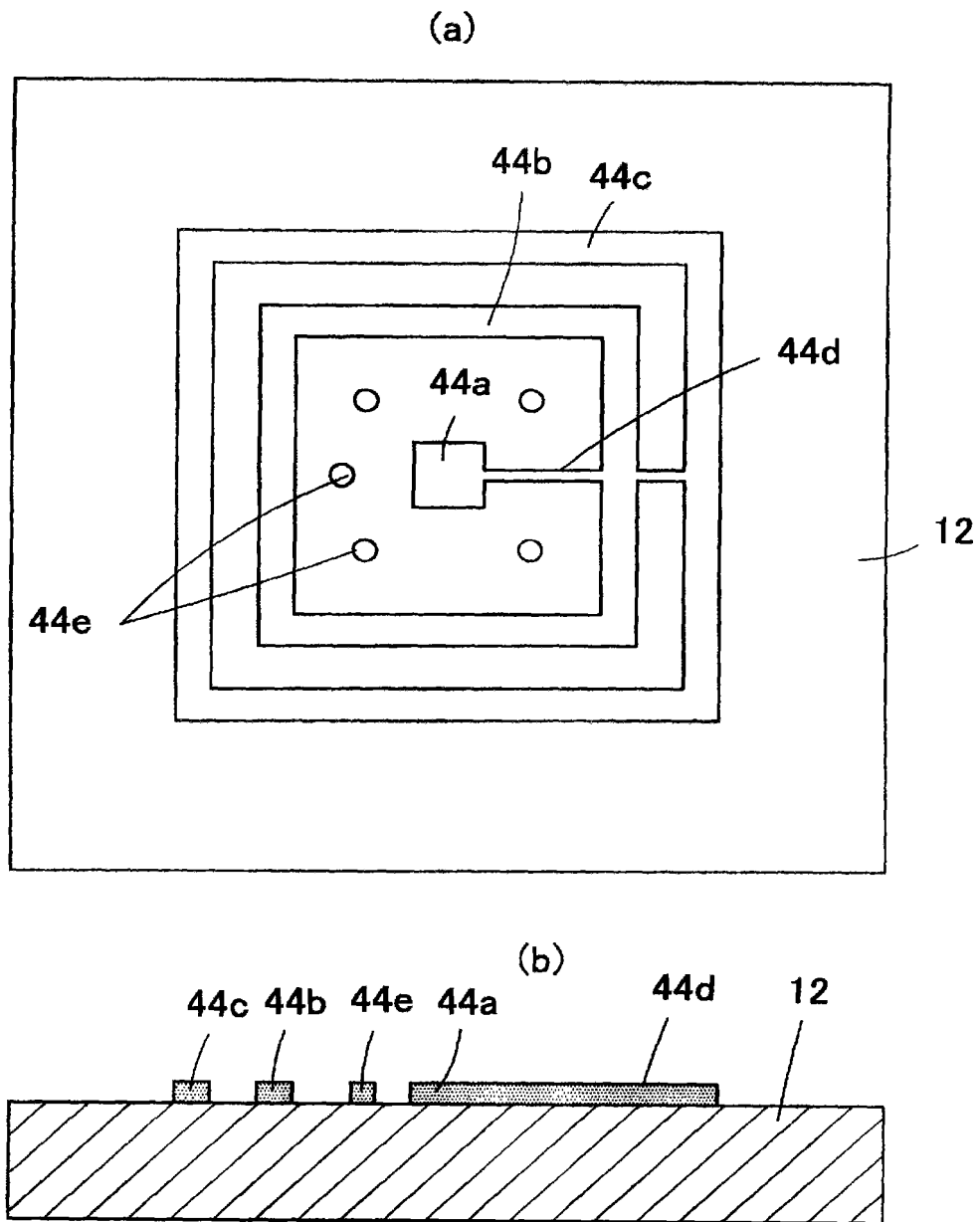


图 9

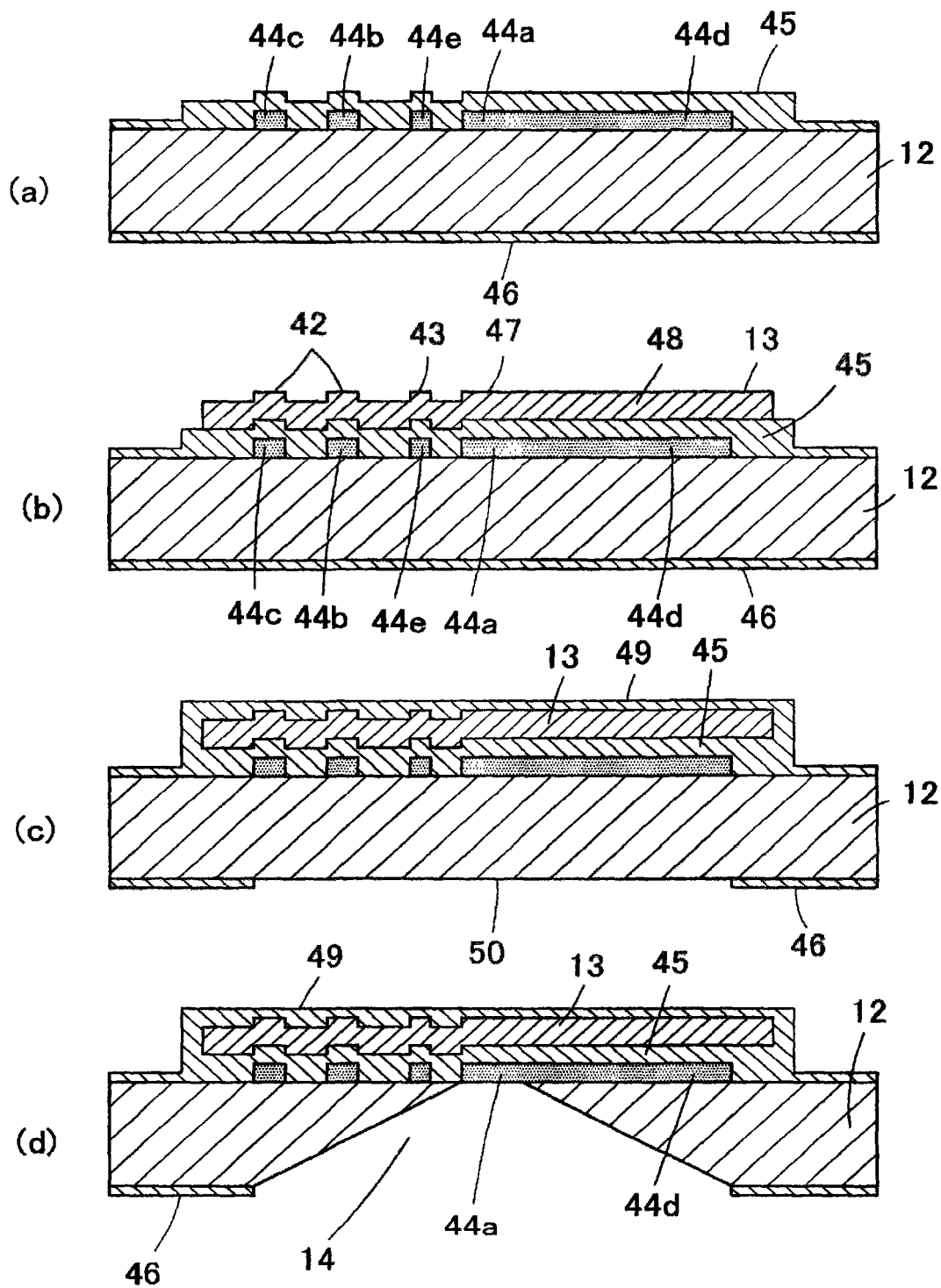
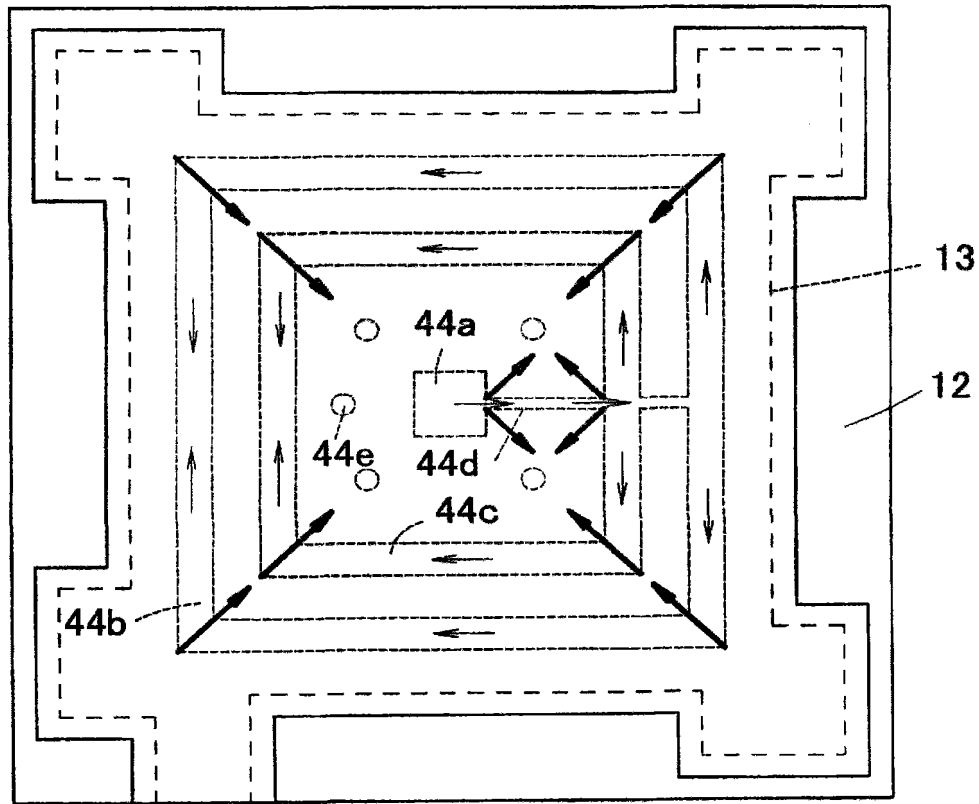


图 10

(a)



(b)

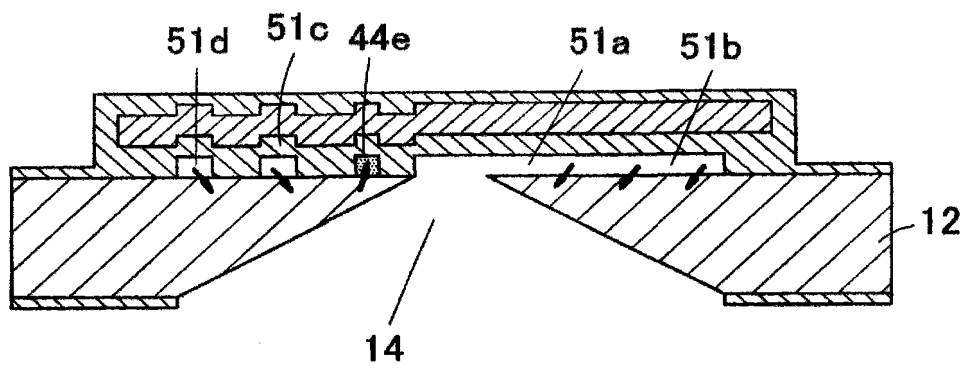


图 11

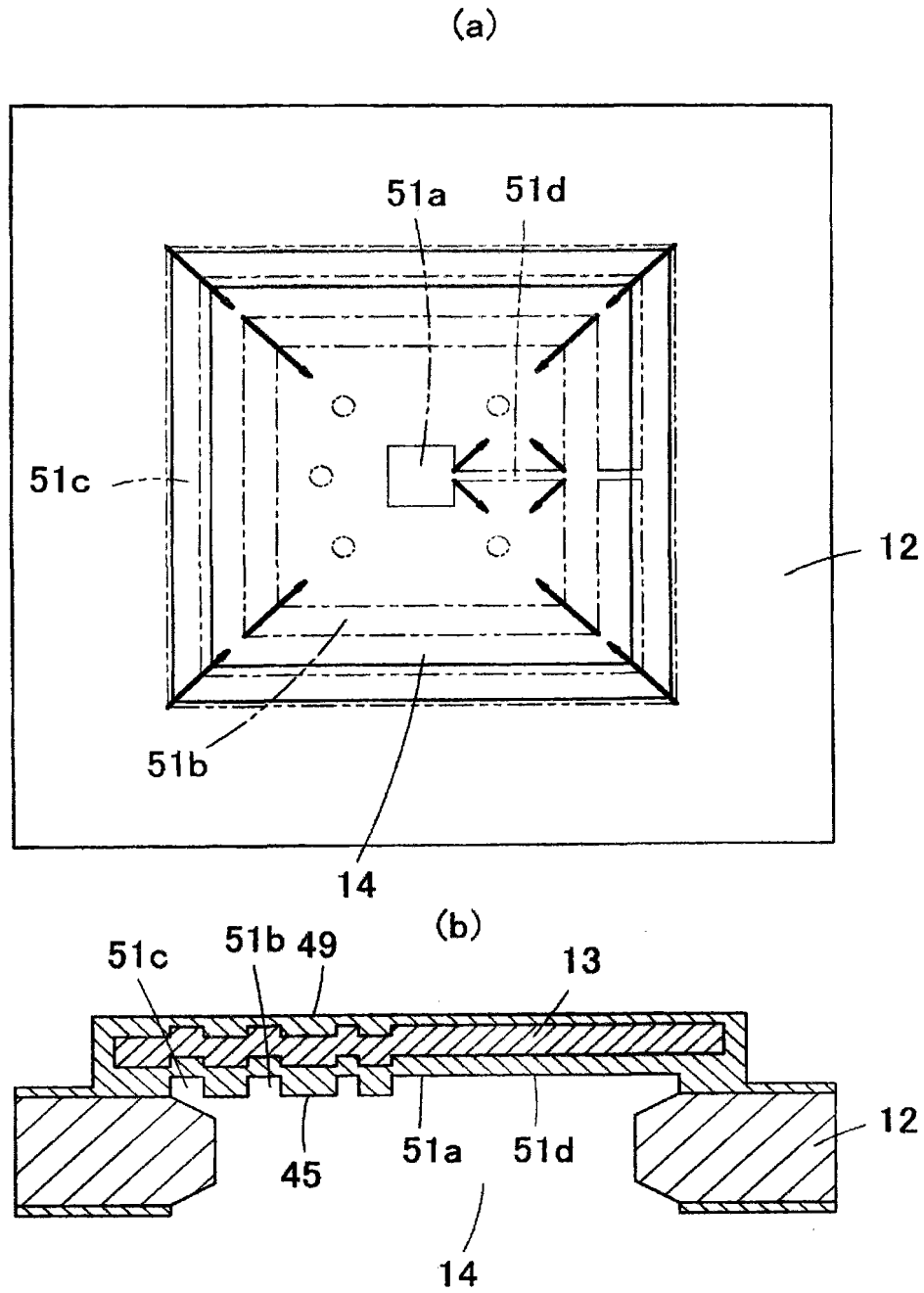


图 12

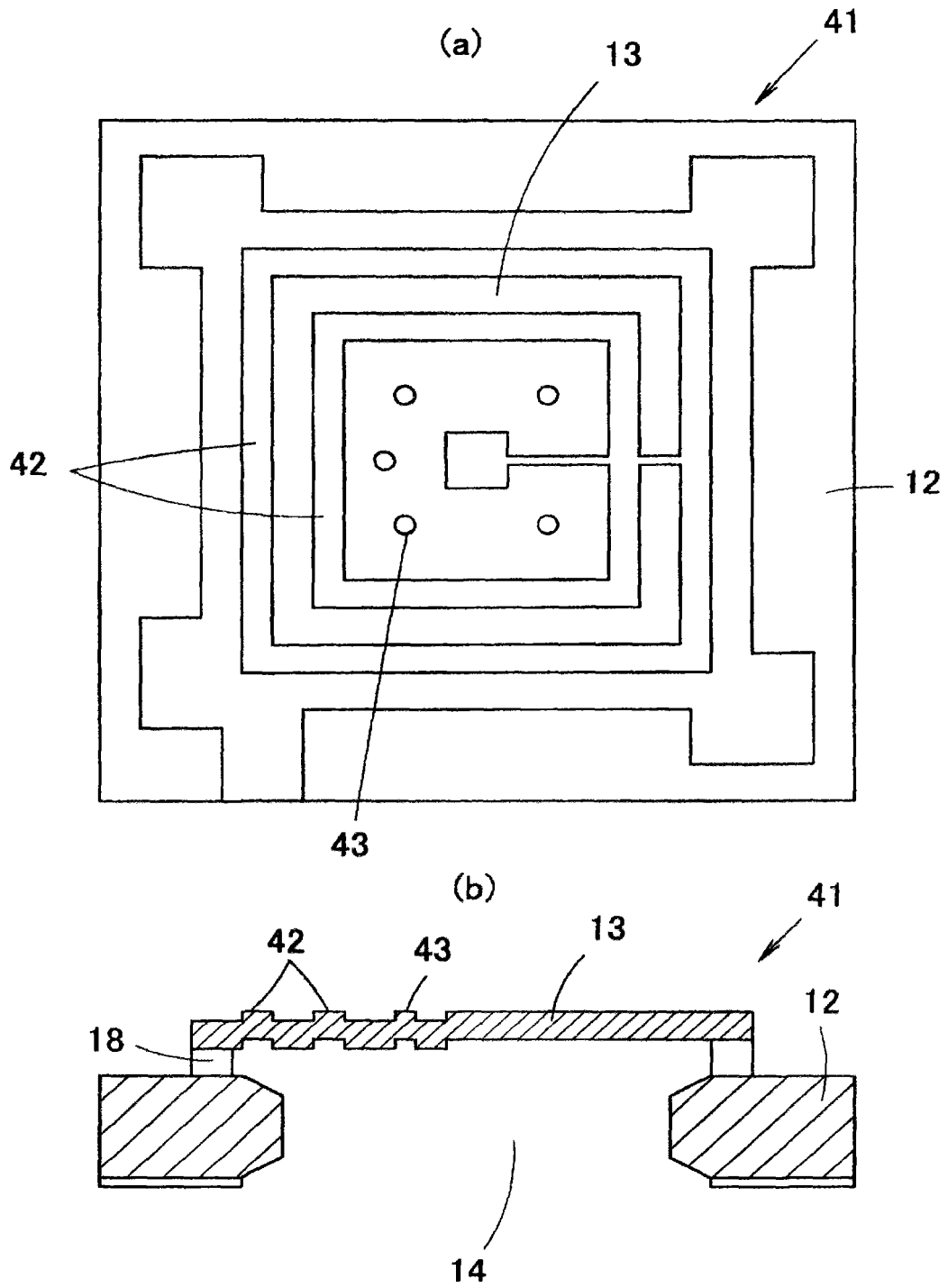


图 13

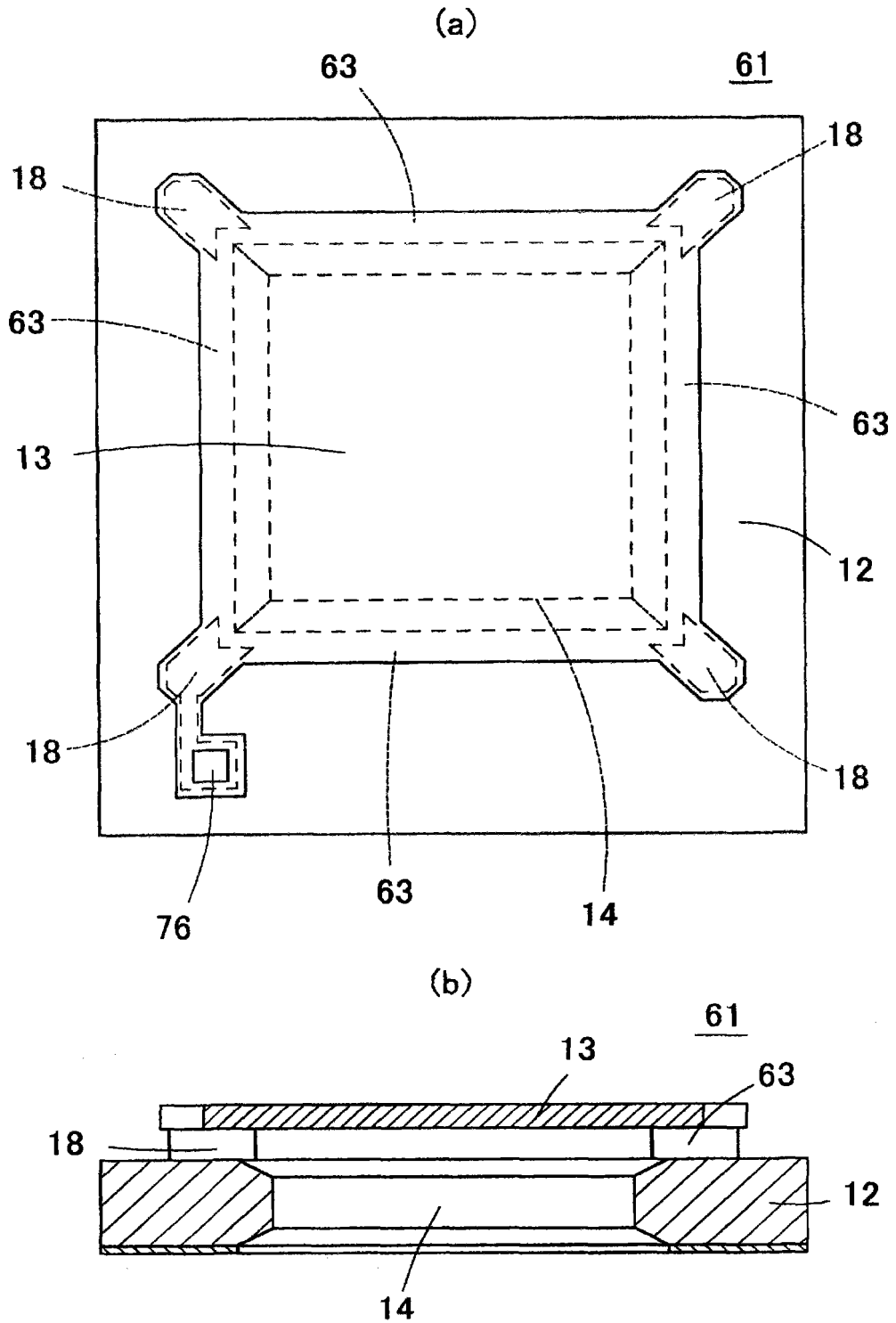


图 14

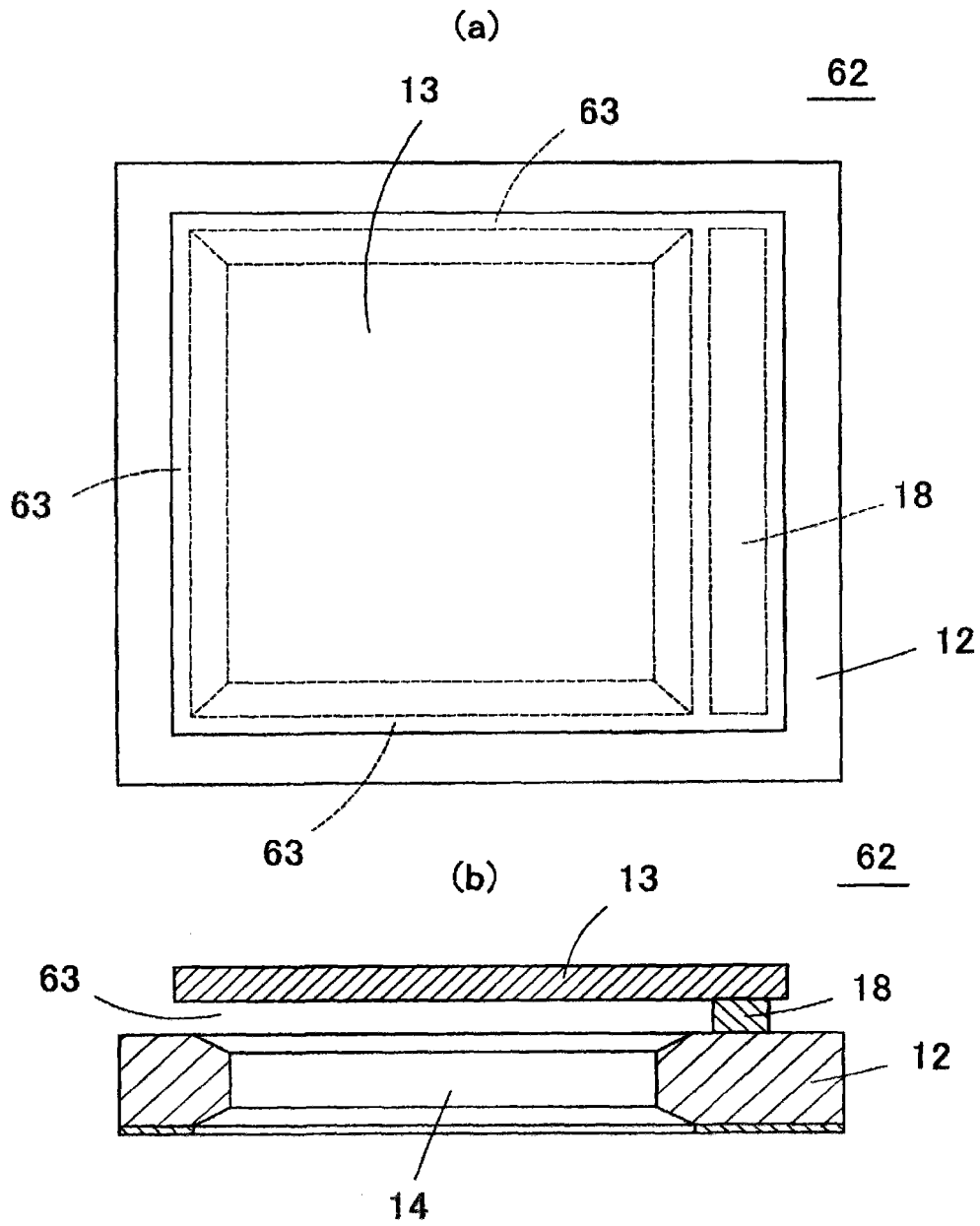


图 15

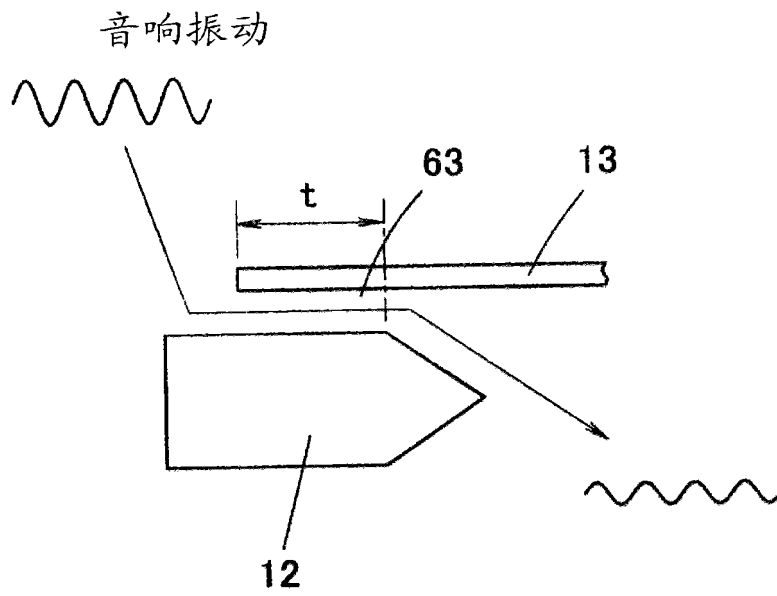


图 16

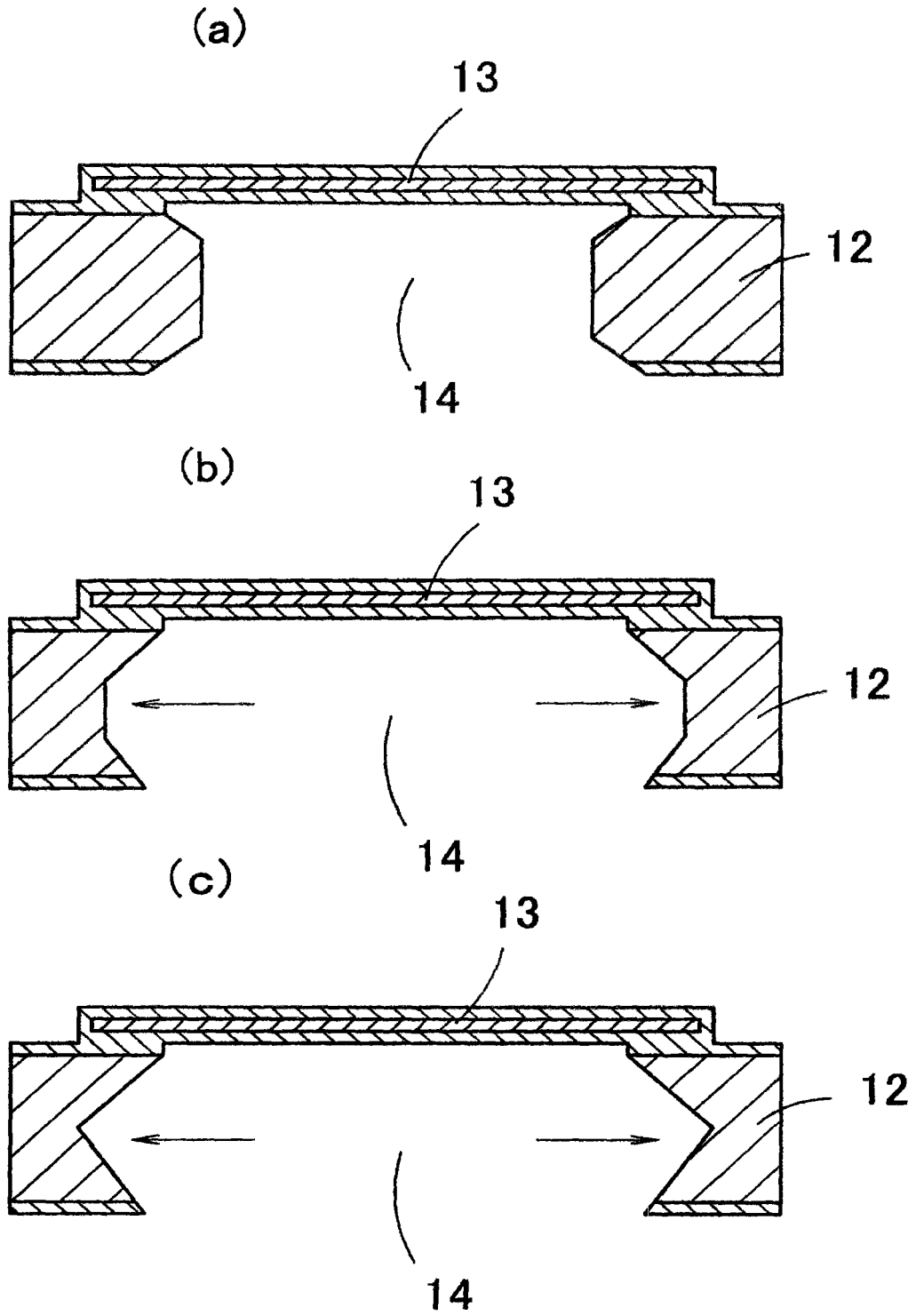


图 17

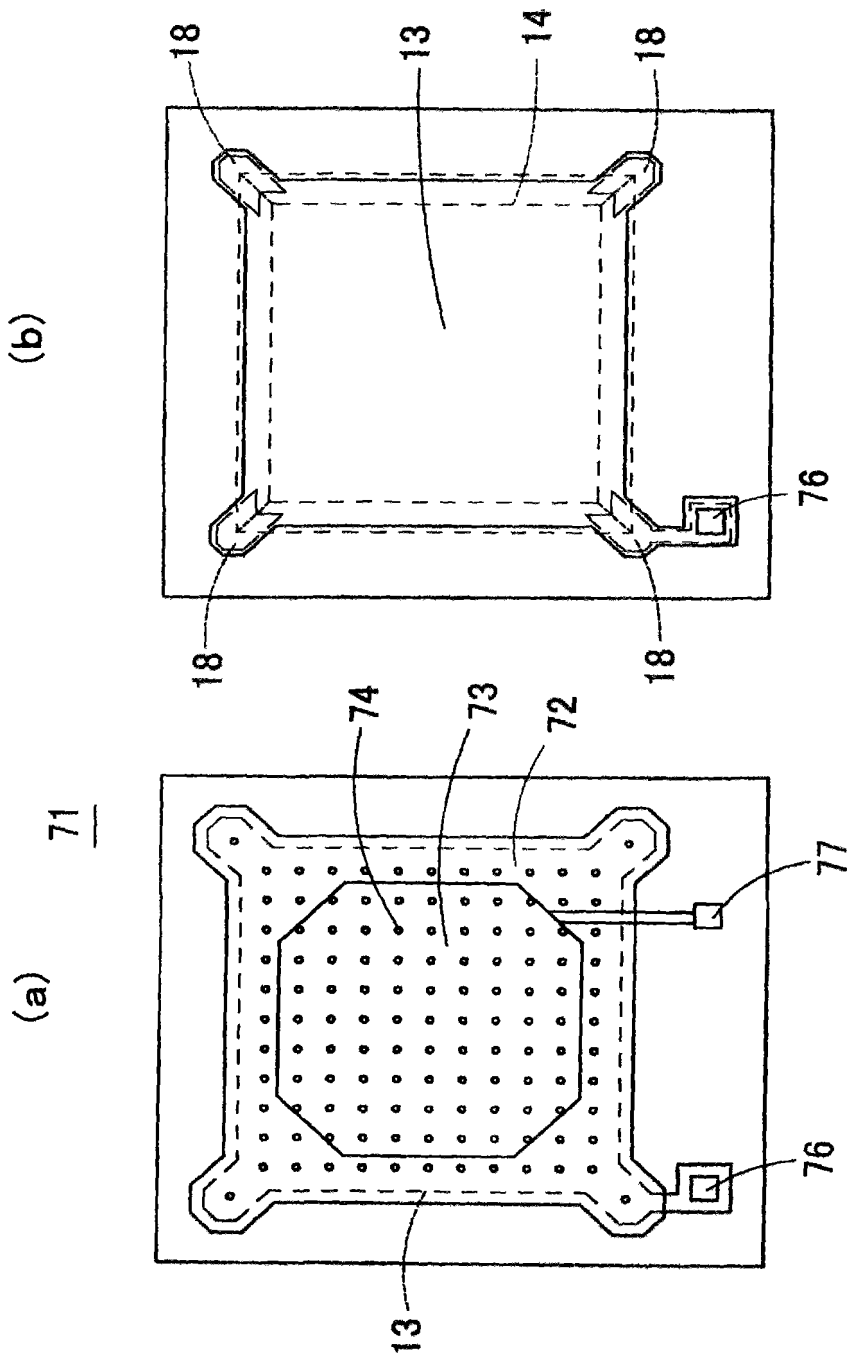


图 18

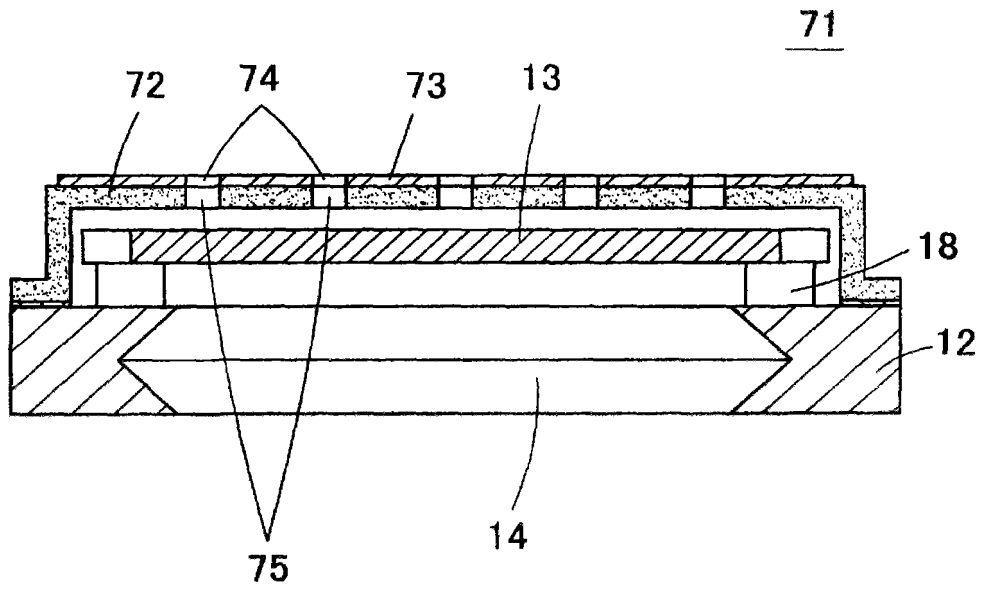


图 19

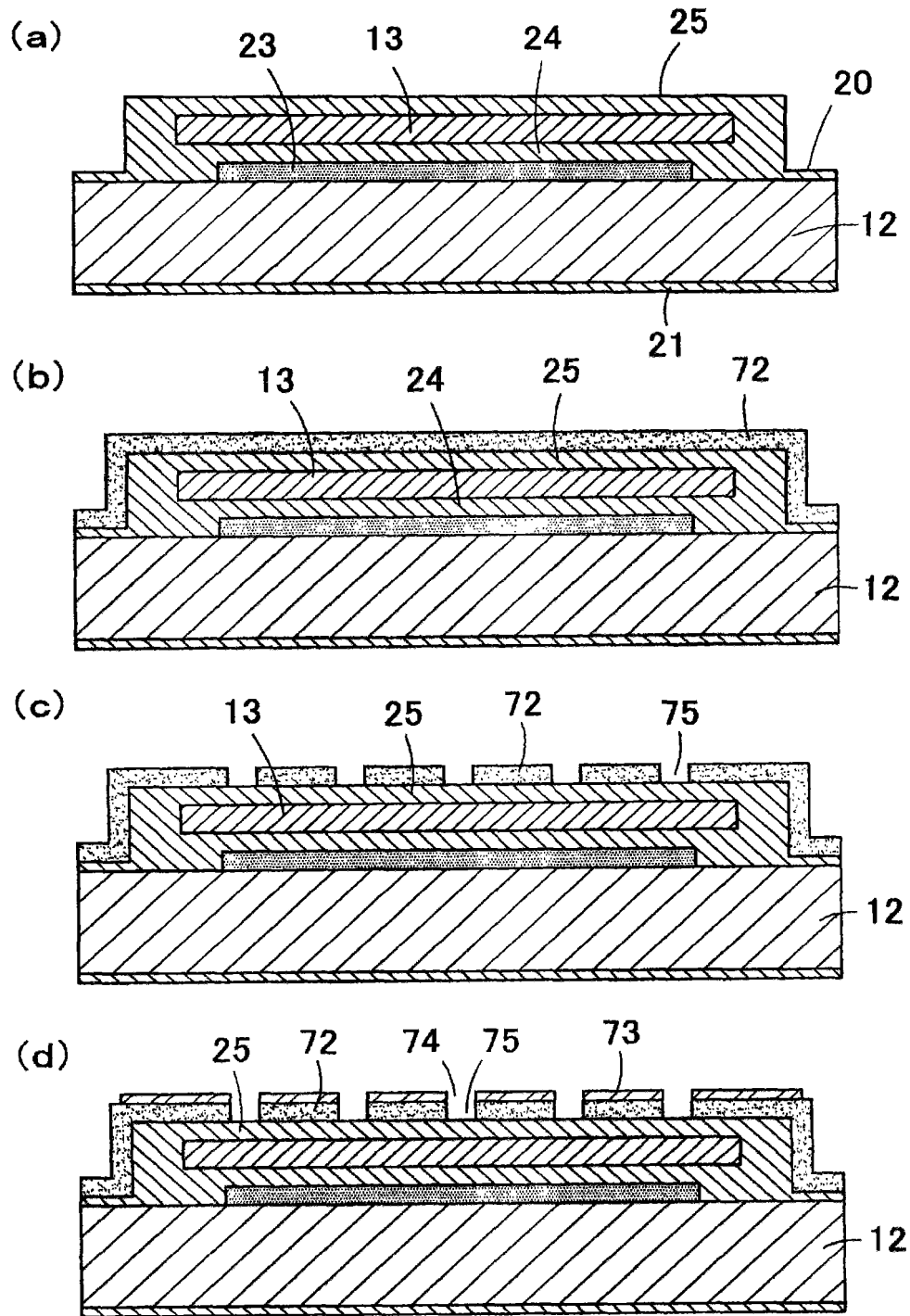


图 20

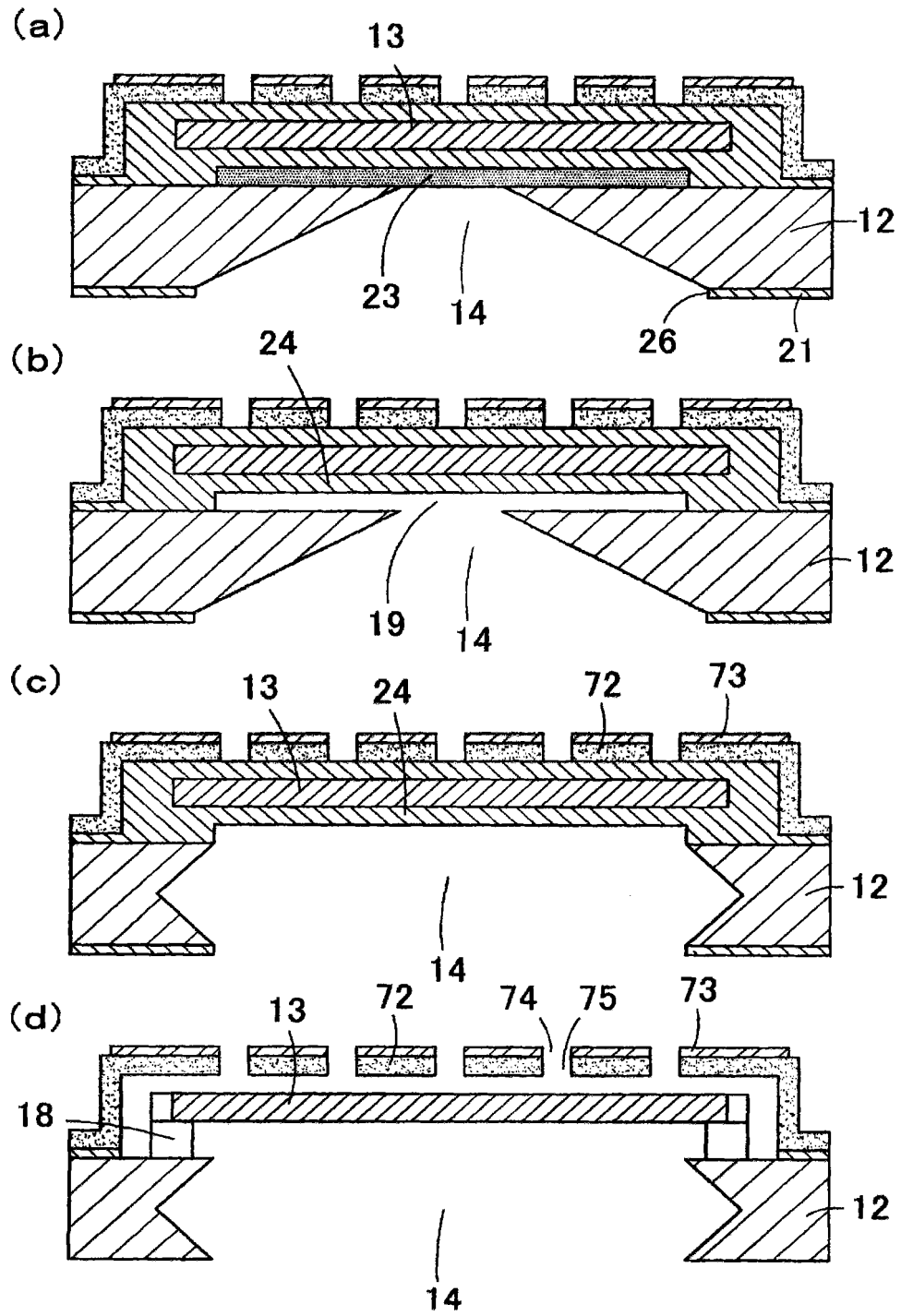


图 21