



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101492149 B

(45) 授权公告日 2011. 11. 02

(21) 申请号 200910003276. 4

US 6936494 B2, 2005. 08. 30, 全文.

(22) 申请日 2009. 02. 01

JP 特开 2007-222956 A, 2007. 09. 06, 全文.

(30) 优先权数据

审查员 祁恒

015510/2008 2008. 01. 25 JP

282499/2008 2008. 10. 31 JP

(73) 专利权人 株式会社东芝

地址 日本东京都

(72) 发明人 小岛章弘 杉崎吉昭 下冈义明

(74) 专利代理机构 北京市中咨律师事务所

11247

代理人 杨晓光 于静

(51) Int. Cl.

H01L 23/31 (2006. 01)

H01L 21/56 (2006. 01)

B81B 7/02 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 2004/0173886 A1, 2004. 09. 09, 全文.

JP 特开 2005-123561 A, 2005. 05. 12, 全文.

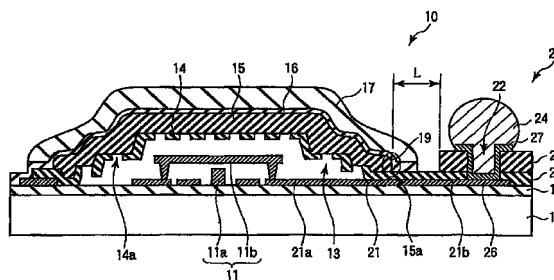
权利要求书 2 页 说明书 9 页 附图 12 页

(54) 发明名称

构建到半导体集成电路中的电器件

(57) 摘要

本发明涉及一种构建到半导体集成电路中的电器件。基底包括功能元件。绝缘的第一膜与基底一起形成容纳功能元件的腔体并且包括多个通孔。绝缘的第二膜覆盖所述多个通孔, 形成在第一膜上, 并且其透气性高于第一膜的透气性。绝缘的第三膜形成在第二膜上, 并且其透气性低于第二膜的透气性。绝缘的第四膜形成在第三膜上, 并且其弹性高于第三膜的弹性。



1. 一种电器件,包括:
基底,配置为包括功能元件;
绝缘的第一膜,配置为与基底一起形成容纳功能元件的腔体并且包括多个通孔;
绝缘的第二膜,配置为覆盖所述多个通孔,绝缘的第二膜形成在第一膜上,并且透气性高于第一膜的透气性;
绝缘的第三膜,配置为至少形成在第二膜上,绝缘的第三膜的透气性低于第二膜的透气性;以及
绝缘的第四膜,配置为形成在第三膜上,绝缘的第四膜的弹性高于第三膜的弹性。
2. 根据权利要求1所述的器件,还包括:
绝缘的第五膜,配置为覆盖第二膜的侧表面,绝缘的第五膜的透气性低于第二膜的透气性,
其中第三膜形成在第二膜的上表面上。
3. 根据权利要求2所述的器件,其中第五膜和第三膜包含相同的材料。
4. 根据权利要求2所述的器件,还包括:
电极,配置为形成在第二膜外部。
5. 根据权利要求2所述的器件,还包括:
布线,其一端连接到功能元件,另一端延伸到第二膜外部;
有机膜,其与第二膜分离,覆盖布线的所述另一端,且包括对应于布线的所述另一端的开口;以及
凸起,其形成在有机膜上,包围所述开口,并且连接到布线的所述另一端。
6. 根据权利要求1所述的器件,其中
第一膜是主要包含 Si-O 键的硅化合物;
第二膜是主要包含碳的以下树脂中的任何一种:热固型树脂、可紫外线固化的树脂和电子束固化型树脂;
第三膜是主要包含 Si-N 键的硅化合物;以及
第四膜是环氧树脂和聚酰亚胺树脂之一。
7. 根据权利要求1所述的器件,其中第二膜封闭每个通孔。
8. 一种半导体器件,包括:
基底,配置为包括功能元件;
绝缘的第一膜,配置为形成在基底上,绝缘的第一膜形成容纳功能元件的腔体并且包括多个通孔;
绝缘的第二膜,配置为形成在通孔中,绝缘的第二膜覆盖所述多个通孔中的每一个,并且透气性高于第一膜的透气性;
绝缘的第三膜,配置为形成在第一膜和第二膜上,绝缘的第三膜的透气性低于第二膜的透气性;以及
绝缘的第四膜,配置为形成在第三膜上,绝缘的第四膜的弹性高于第三膜的弹性。
9. 根据权利要求8所述的器件,还包括:
绝缘的第五膜,配置为覆盖第二膜的侧表面,该绝缘的第五膜的透气性低于第二膜的透气性。

10. 根据权利要求 9 所述的器件,还包括:

电极,配置为形成在第二膜外部,电极电连接到功能元件。

11. 根据权利要求 10 所述的器件,还包括:

布线,其一端连接到功能元件,另一端延伸到第二膜外部;

有机膜,其与第二膜分离,覆盖布线的所述另一端,并且包括对应于布线的所述另一端的开口;以及

凸起,其形成在有机膜上,包围所述开口,并且连接到布线的所述另一端。

12. 根据权利要求 8 所述的器件,其中

第一膜是主要包含 Si-O 键的硅化合物;

第二膜是主要包含碳的以下树脂中的任何一种:热固型树脂、可紫外线固化的树脂和电子束固化型树脂;

第三膜是主要包含 Si-N 键的硅化合物;以及

第四膜是环氧树脂和聚酰亚胺树脂之一。

13. 一种电器件的制造方法,包括以下步骤:

在具有功能元件的基底上形成具有多个通孔的绝缘的第一膜,第一膜与基底一起形成容纳功能元件的腔体;

在第一膜上形成覆盖所述多个通孔的绝缘的第二膜,绝缘的第二膜的透气性高于第一膜的透气性;

在形成第二膜之后,将腔体中的水蒸气释放到第二膜的外部;

在释放水蒸气之后,在第二膜上形成绝缘的第三膜,绝缘的第三膜的透气性低于第二膜的透气性;以及

在第三膜上形成绝缘的第四膜,绝缘的第四膜的弹性高于第三膜的弹性。

14. 根据权利要求 13 的方法,其中水蒸气的释放通过热处理来执行的。

15. 根据权利要求 14 的方法,还包括:

在形成第二膜之后,通过去除第二膜的一部分,暴露出第一膜的一部分,以及第三膜形成在第一膜和第二膜上。

构建到半导体集成电路中的电器件

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请基于并要求 2008 年 1 月 25 日提交的在先日本专利申请 No. 2008-15510 以及 2008 年 10 月 31 日提交的 No. 2008-282499 的优先权,在此引入其整个内容作为参考。

技术领域

[0003] 本发明涉及一种构建到半导体集成电路中的电器件及其制造方法。

背景技术

[0004] 由于微机电系统 (MEMS) 是具有可动部的功能元件,所以 MEMS 需要腔体来作为可动部的操作空间,并且该腔体被气密密封,以便防止外部空气侵入以及保护功能元件。

[0005] 通过在基底上蚀刻牺牲膜形成腔体,在腔体中气密密封功能元件,这已经是公知常识了。就在 JP 2006-7459 中公开的功能元件而言,硅基底上的功能元件被牺牲膜覆盖,并且形成在牺牲膜上具有开口的抗蚀剂膜。通过该开口蚀刻牺牲膜,通过牺牲膜形成该腔体,并且将功能元件容纳在该腔体中。此后,由于在牺牲膜上形成氮化硅膜,所以该开口被密封,然后气密密封该腔体的内部。

[0006] 然而,在 JP 2006-7459 中公开的技术中,由于氮化硅膜对硅基底具有强压缩力,所以用于形成腔体的抗蚀剂膜发生形变,并且腔体随时间推移而发生形变。

[0007] 通过让用于密封开口的氮化硅膜减薄,可以降低膜的应力。然而,在氮化硅膜减薄的情况下,需要让开口的尺寸足够小,以便防止氮化硅膜从开口落入腔体中以及密封开口。因此,该技术的问题在于,将牺牲膜从尺寸小的开口去除需要花费大量时间,并且因蚀刻不足会导致牺牲膜残留在腔体中。因此,希望提供一种具有更高可靠性的电器件。

发明内容

[0008] 根据本发明的第一个方面,提供一种电器件,包括:基底,配置为包括功能元件;绝缘的第一膜,配置为与基底一起形成容纳功能元件的腔体并且包括多个通孔;绝缘的第二膜,配置为覆盖所述多个通孔,绝缘的第二膜形成在第一膜上,并且透气性高于第一膜的透气性;绝缘的第三膜,配置为至少形成在第二膜上,绝缘的第三膜的透气性低于第二膜的透气性;以及绝缘的第四膜,配置为形成在第三膜上,绝缘的第四膜的弹性高于第三膜的弹性。

[0009] 根据本发明的第二个方面,提供一种半导体器件,包括:基底,配置为包括功能元件;绝缘的第一膜,配置为形成在基底上,绝缘的第一膜形成容纳功能元件的腔体并且包括多个通孔;绝缘的第二膜,配置为形成在通孔中,绝缘的第二膜覆盖所述多个通孔中的每一个,并且透气性高于第一膜的透气性;绝缘的第三膜,配置为形成在第一膜和第二膜上,绝缘的第三膜的透气性低于第二膜的透气性;以及绝缘的第四膜,配置为形成在第三膜上,绝缘的第四膜的弹性高于第三膜的弹性。

[0010] 根据本发明的第三个方面,提供一种电器件的制造方法,包括以下步骤:在具有功

能元件的基底上形成具有多个通孔的绝缘的第一膜,第一膜与基底一起形成容纳功能元件的腔体;在第一膜上形成覆盖所述多个通孔的绝缘的第二膜,绝缘的第二膜的透气性高于第一膜的透气性;在形成第二膜之后,将腔体中的水蒸气释放到第二膜的外部;在释放水蒸气之后,在第二膜上形成绝缘的第三膜,绝缘的第三膜的透气性低于第二膜的透气性;以及在第三膜上形成绝缘的第四膜,绝缘的第四膜的弹性高于第三膜的弹性。

附图说明

- [0011] 图 1 是示出本发明的第一实施例的电器件的横截面图;
- [0012] 图 2A-4B 是依次示出第一实施例的电器件的制造方法的原理的横截面图;
- [0013] 图 5 是示出第一实施例的变型例的电器件的制造方法的原理的横截面图;
- [0014] 图 6A-6C 是依次示出第一实施例的变型例的电器件的制造方法的原理的横截面图;
- [0015] 图 7A-7C 是依次示出第二实施例的电器件的制造方法的原理的横截面图;
- [0016] 图 8 是示出第二实施例的电器件的制造方法的原理的横截面图;
- [0017] 图 9 是示出应用于本发明的电器件的材料的特征的视图;
- [0018] 图 10 是示出具有本发明的实施例的另一个电极单元的电器件的横截面图;
- [0019] 图 11 是示出具有本发明的实施例的另一个电极单元的电器件的横截面图;以及
- [0020] 图 12 是示出具有本发明的实施例的另一个电极单元的电器件的横截面图。

具体实施方式

[0021] 下面,将参照附图来说明本发明的实施例。

[0022] [第一实施例]

[0023] 将参照图 1 至图 4A 和 4B 来说明本发明的第一实施例的电器件。图 1 示例电器件的横截面图,图 2A、2B、2C 和 2D 至图 4A 和 4B 依次示例电器件的制造方法的原理的横截面图。

[0024] 如图 1 所示,电器件 10 包括:具有功能元件 11 的基底 12;绝缘的第一膜 14,它与基底 12 一起形成容纳功能元件 11 的腔体 13,并且具有多个通孔 14a;以及绝缘的第二膜 15,它通过覆盖多个通孔 14a 的上表面而形成在第一膜 14 上,它的透气性高于第一膜 14 的透气性。

[0025] 此外,器件 10 包括:绝缘的第三膜 16,它形成在第二膜 15 上,它的透气性小于第二膜 15 的透气性;以及绝缘的第四膜 17,形成在第三膜 16 上,且弹性高于第三膜 16 的弹性。

[0026] 基底 12 是例如硅基底,而基底 12 上的绝缘膜 18 是例如氧化硅膜。功能元件 11 形成在绝缘膜 18 上。功能元件 11 是例如静电驱动型 MEMS 可变电容电容器。

[0027] 该 MEMS 可变电容电容器例如包括包含铝的第一电极 11a 以及包含铝的、面对第一电极 11a 的第二电极 11b。当在第一和第二电极 11a、11b 之间施加电压时,可变电容电容器的电容发生变化,这是因为静电力导致第一和第二电极 11a、11b 之间的距离发生变化。

[0028] 该腔体是用于确保功能元件 11 的操作空间的区域。腔体 13 的内部保持为干燥或真空气氛。从而,防止受到例如水蒸气(湿气)之类的有害气体对包含铝的第一和第二电

极 11a、11b 的劣化,并且防止 MEMS 可变电容电容器的性能劣化。在该实施例中,作为一个实例,将铝用于电极材料。然而,为了减小因塑性变形导致的徐变 (gradual creep) 现象,希望采用含铜 (Cu) 的铝合金,其中塑性变形伴随着电学可靠性的提高和操作次数的增加。

[0029] 第一膜 14 是主要包含 Si-O 键的硅化合物,例如厚度约为 $1\text{ }\mu\text{m}$ 的氧化硅膜,以及作为用于保护器件 11 免受外部影响的帽盖的无机膜。

[0030] 如下所述,在形成元件 11 之后,通过经蚀刻去除牺牲层,第一膜 14 的多个通孔 (开口) 14a 形成腔体 13。也就是,经通孔 14a 蚀刻牺牲层。

[0031] 第二膜 15 是有机层,例如是主要包含碳的可紫外线固化的树脂,更具体而言,例如是包含预聚物、单体、光聚合引发剂、添加剂等的树脂膜。第二膜 15 通过在形成腔体 13 之后覆盖通孔 14a 的上表面而涂覆第一膜 14,如稍后将说明的。而且,第二膜 15 具有释放腔体 13 中的有害气体以调节腔体 13 中的气氛的功能。

[0032] 因此,第二膜 15 的透气性优选高于第一膜 14 的透气性,并且根据腔体 13 的内部容量可以更高,从而有害气体例如水蒸气可以在短时间内从腔体 13 释放。

[0033] 也就是,如果假设容纳由 MEMS 代表的功能元件 11 的腔体 13 的尺寸例如是大约 $2\times 2\times 0.04$ 毫米,则从实践角度出发希望第二膜 15 的透气性例如水蒸气透气性高于 $1\times 10^{-15}\text{m}^2/\text{s}$ 。

[0034] 第三膜 16 是用于涂覆第二膜 15 的上表面的无机膜。第三膜 16 是主要包含 Si-N 键的硅化合物,它的透气性低于第二膜 15 的透气性,例如是氮化硅膜,并且防止例如水蒸气的有害气体穿过第二膜 15 而侵入腔体 13 中。

[0035] 氮化硅膜是精细膜,它的透气性非常低,气体穿透例如厚度小于 $1\text{ }\mu\text{m}$ 的薄膜的透气性可以忽略不计。

[0036] 氮化硅膜的膜应力较大,为 1.5GPa 级。因此,为了防止因膜应力导致第一膜 14 发生暂时形变,希望将氮化硅膜的膜厚度设置为小于等于 $0.3\text{ }\mu\text{m}$ 。为了确保膜的质量而没有任何针孔等,希望将氮化硅膜的膜厚度设置为大于等于 $0.1\text{ }\mu\text{m}$ 。

[0037] 而且,第二膜 15 的侧表面 15a 的整个周边覆盖有透气性低于第二膜 15 的透气性的绝缘的第五膜 19。第五膜 19 是包含与例如第三膜 16 相同的材料的膜。因此,通过引入第五膜 19,该器件 10 可以防止例如水蒸气的有害气体从第二膜 15 的侧表面 15a 侵入膜,从而侵入腔体 13。

[0038] 第四膜 17 是有机膜,例如环氧树脂,它增强具有第一至第三膜 14、15、16 的腔体结构的机械强度,防止氮化硅膜因热应力而断裂,并且确保热稳定性。

[0039] 在第二膜 15 的外部形成电极单元 20,用于将功能元件 11 电连接到外部。电极单元 20 包括布线 21、有机膜 23、凸起 24、绝缘膜 25、电极垫 26 和金属膜 27。

[0040] 更具体而言,布线 21 的一端 21a 连接到功能元件 11,另一端 21b 沿基底 12 延伸到第二膜 15 的外部,构成电极垫 26。布线 21 包含例如铝,并且形成在绝缘膜 18 上。

[0041] 布线 21 的另一端 21b 被绝缘膜 25 覆盖。该膜 25 例如是与第一膜 14 接续的氧化硅膜。

[0042] 有机膜 23 与第二膜 15 隔开距离 L,并且形成在绝缘膜 25 上。有机膜 23 例如是与第二膜 15 相同的可紫外线固化的树脂。有机膜 23 和绝缘膜 14 具有对应于电极垫 26 的开口 22。

[0043] 被称为下凸起金属 (UBM) 的金属膜 27 形成在开口 22 中的电极垫 26 上, 并且形成在开口 22 的内壁表面和开口 22 周围的有机膜 23 上。金属膜 27 是例如镍合金和金的层叠膜。凸起 24 以叠盖的方式形成在开口 22 内部和周边的金属膜 27 上。

[0044] 如此形成金属膜 27, 以便增强电极垫 26 和例如由焊料球制成的凸起 24 之间的粘接性。也就是, 因为包含铝的电极垫 26 对由焊料球制成的凸起 24 的润湿性能差, 所以难以将电极垫 26 直接接合到焊料球。

[0045] 连接到器件 11 的第一电极 11a 的布线 (未示出) 的组分与布线 21 的组分相同, 因此省略对其的说明。

[0046] 根据图 1 所示的电器件, 具有较高透气性、覆盖通孔 14a 的上表面的第二膜 15 是涂覆型有机膜。从而, 即使每个通孔 14a 的尺寸 (开口区域的直径) 大, 第二膜 15 也可以确保密封每个通孔 14a。

[0047] 因此, 由于不限制通孔 14a 的尺寸和结构, 所以多种结构的大尺寸通孔 14a 能够确保在短时间内蚀刻下面设置的牺牲膜。

[0048] 由于形成在第二膜 15 上且具有低透气性的第三膜 16 是氮化硅薄膜, 所以该器件 10 可以防止例如水蒸气的有害气体侵入腔体 13 中。此外, 由于第三膜 16 具有小的膜应力, 所以该器件 10 可以防止第一膜 14 因氮化硅膜的膜应力而发生形变。

[0049] 而且, 由于具有大弹性的第四膜 17 覆盖该氮化硅薄膜, 所以该器件 10 可以增大腔体结构的机械强度且确保热稳定性。

[0050] 具有高透气性的第二膜 15 的侧表面 15a 被第五膜 19 覆盖, 该第五膜 19 具有与第三膜 16 相同的低透气性。从而, 例如水蒸气的有害气体几乎不可能侵入腔体 13 中。因此, 为了防止例如水蒸气的有害气体侵入腔体 13 中, 不必接续第二膜 15 形成与第二膜 15 相同类型的有机膜 23。因此, 在其中从叠盖在有机膜 23 上方的金属膜 27 的边缘到有机膜 23 产生裂缝的情况下, 该器件 10 可以防止例如水蒸气的有害气体侵入从而将气体从有机膜 23 扩散到第二膜 15 中, 并且防止气体侵入腔体 13 中。

[0051] 下面参照图 2A、2B、2C 和 2D 至图 4A 和 4B 来说明电器件 10 的制造方法。

[0052] 如图 2A 所示, 首先, 在基底 12 的绝缘膜 18 上形成铝膜。利用光刻方法对铝膜构图, 形成元件 11 的第一电极 11a 和桥形第二电极 11b 的部分 11c。

[0053] 在包括第一电极 11a 的上表面和侧表面以及第二电极 11b 的部分 11c 的绝缘膜 18 上, 形成下述牺牲层蚀刻的保护膜 (未示出)。该保护膜是例如厚度为 200nm 的氮化硅膜和厚度为 8nm 的铝膜的层叠膜。

[0054] 形成第一牺牲膜 41, 它覆盖第一电极 11a 和第二电极 11b 的部分 11c, 并且在对应于第二电极 11b 的腿部的的位置具有形成开口。该第一牺牲膜 41 是例如厚度为约 $10\mu\text{m}$ 的聚酰亚胺膜。

[0055] 在第一牺牲膜 41 上形成铝膜, 在光刻方法中对该铝膜构图, 形成桥形第二电极 11b。第二电极 11b 的尺寸为例如约 $2\mu\text{m}\times 1200\mu\text{m}$ 。

[0056] 如图 2B 所示, 再次涂覆聚酰亚胺, 然后形成将成为第二牺牲膜 42 的聚酰亚胺膜。在该聚酰亚胺膜上形成抗蚀剂膜 (未示出), 以覆盖元件形成部分。利用抗蚀剂膜作为掩模, 例如利用反应离子蚀刻 (RIE) 方法来蚀刻该聚酰亚胺膜, 形成例如 $6\mu\text{m}$ 厚度的第二牺牲膜 42。抗蚀剂膜和包含聚酰亚胺膜的第二牺牲膜 42 之间的选择比为例如 1.5-2.0。从

而,功能元件 11 附近被第一和第二牺牲膜 41、42 覆盖。为了对第二牺牲膜 42 构图,可以采用光敏材料。然而,在这种情况下,图形边缘会因由曝光工艺引起的固化和收缩而形成锐角,这导致在第二牺牲膜 42 上将形成的绝缘膜上出现裂缝。因此,如上所述,优选通过利用抗蚀剂膜作为掩模来执行构图。

[0057] 如图 2C 所示,在作为上述处理结果产生的结构上,例如在化学气相沉积 (CVD) 方法中,形成厚度为 $1\text{ }\mu\text{m}$ 的未掺杂氧化硅膜作为第一膜 14。从而,第二牺牲膜 42 的外部被第一膜 14 覆盖。

[0058] 在第一膜 14 上,如图 2D 所示,形成具有多个开口 43a 的抗蚀剂膜 43,其中每个开口的直径为例如约 $10\text{ }\mu\text{m}$ 。利用抗蚀剂膜 43 作为掩模,例如,在 RIE 方法中,形成多个通孔 14a。

[0059] 此时,希望通孔 14a 的形状是,通过调节抗蚀剂膜 43 和第一膜 14 之间的选择比,从第二牺牲膜 42 的侧面向抗蚀剂膜 43 的侧面,通孔的直径逐渐增大。换言之,希望这些通孔具有锥形,其中通过调节抗蚀剂膜 43 和第一膜 14 之间的选择比,通孔直径从抗蚀剂膜 43 的侧面向第二牺牲膜 42 的侧面逐渐减小。

[0060] 这就是在去除下述第一和第二牺牲膜 41、42 之后改进通孔 14a 的密封特性的原因。

[0061] 如图 3A 所示,在通过利用例如灰化机 (asher) 剥离抗蚀剂膜 43 之后,通过通孔 14a 蚀刻第一和第二牺牲膜 41、42。在 150°C 的基底温度下,利用例如氧气 (O_2) 和 CF_4 的混合气体,通过等离子体处理大约 15 分钟,执行该蚀刻。对第一和第二牺牲膜 41、42 的去除不仅可以通过前述干法蚀刻工艺而且可以通过利用化学液体应用湿法蚀刻来执行。

[0062] 从而,其中容纳有功能元件 11 的腔体 13 通过基底 12 和具有多个通孔 14a 的绝缘的第一膜 14 形成。

[0063] 如图 3B 所示,将可紫外线固化的环氧树脂作为光敏材料施加到作为上述处理的结果形成的结构。可紫外线固化的环氧树脂的粘度为约 2000–3000cp。因此,在其中第一膜 14 的膜厚为 $1\text{ }\mu\text{m}$ 且每个通孔 14a 的直径为 $10\text{ }\mu\text{m}$ 的情况下,即使当在第一膜 14 上形成厚度为 $10\text{ }\mu\text{m}$ 的环氧树脂时,环氧树脂也不可能从通孔 14a 侵入腔体 13 中。

[0064] 之后,利用光刻工艺,如图 3C 所示,对作为光敏材料的可紫外线固化的环氧树脂短时辐射紫外线,以构图树脂。通过在例如 $200\text{--}250^{\circ}\text{C}$ 下固化该树脂,从而使树脂硬化,形成厚度为约 $10\text{ }\mu\text{m}$ 的第二膜 15。从而,通孔 14a 的上表面被覆盖,并且腔体 13 被密封。这时,第二膜 15 的侧表面 15a 暴露。

[0065] 例如,通过热板,在约 150°C 温度下执行 30 分钟的热处理,腔体 13 中的水蒸气通过穿过具有高透气性的第二膜 15 而被去除。从而,腔体 13 中的气氛被调节到例如不高于 1% 的湿度。

[0066] 之后,如图 4A 所示,在第二膜 15 上和侧表面 15a 上形成第三膜 16。第三膜 16 是例如厚度为约 $0.3\text{ }\mu\text{m}$ 的氮化硅膜 (Si_3N_4),并且是通过利用例如 SiH_4 和 NH_3 作为工艺气体在约 $250\text{--}300^{\circ}\text{C}$ 的低温等离子体 CVD 方法中形成的。从而,形成的第三膜 16 具有优良的阶梯覆盖率 (step coverage)。

[0067] 以这种方式,同时形成绝缘的第三膜 16 和绝缘的第五膜 19,其中绝缘的第三膜 16 形成在第二膜 15 上且具有低透气性,绝缘的第五膜具有低透气性且覆盖第二膜 15 的侧表

面,并且腔体 13 被气密密封。

[0068] 在第三膜 16 上,如图 4B 所示,涂覆并固化例如厚度为约 $100\ \mu\text{m}$ 的环氧树脂。从而,第三膜 16 受到保护,并且形成具有弹性的绝缘的第四膜 17。

[0069] 利用公知方法,形成电极单元 20。例如,同时形成布线 21 和第一电极 11a,且同时形成绝缘膜 25 和第一膜 14。同时形成有机膜 23 和第二膜 15,通过蚀刻将它们相互隔开,然后形成开口 22。利用非电场镀敷方法形成金属膜 27。之后,形成延伸到金属膜 27 中的凸起 24。

[0070] 以这种方式,完成电器件 10,其中功能元件 11 容纳在腔体 13 中。

[0071] 如上所述,在该实施例的器件 10 中,元件 11 容纳在腔体 13 中,该腔体通过第一膜 14、透气性高于第一膜 14 的第二膜 15、透气性低于第二膜的第三膜 16、以及弹性高于第三膜 16 的第四膜的层叠结构形成。

[0072] 结果,可以容易地调节腔体 13 中的气氛。可以获得腔体 13 的高气密性。因此,可以制得具有高可靠性的电器件 10。

[0073] 虽然已经说明了其中第一膜 14 是氧化硅膜 (SiO_2) 的情形,但是还可以采用具有 Si-O 键的另一种硅化合物,例如低 k 材料 (SiO_xC_y) 以及氮氧化硅膜 (SiO_xN_y)。

[0074] 虽然已经说明了其中具有高透气性的第二膜 15 为可紫外线固化的环氧树脂的情形,但是也可以采用可紫外线固化的丙烯酸树脂作为可紫外线固化的环氧树脂的替代品。公知的热固型树脂和电子束固化型树脂可以是例如环氧丙烯酸酯树脂、酞酸酯树脂等。

[0075] 而且,虽然已经说明了其中具有低透气性的第三膜 16 为例如氮化硅膜 (Si_3N_4) 的情形,但是也可以采用另一种具有 Si-N 键的硅化合物,例如氮氧化硅膜 (SiO_xN_y)。

[0076] 在采用氮氧化硅膜的情况下,可以利用 SiH_4 、 NH_3 和 N_2O 作为工艺气体,在等离子体 CVD 中,在 $250\text{--}300^\circ\text{C}$ 的低温下形成第三膜 16。

[0077] 而且,可以采用碳化硅膜 (SiC)、氧化铝膜 (Al_2O_3) 或氮化铝膜 (AlN) 作为第三膜 16。

[0078] 如果碳化硅膜被用作第三膜 16,可以利用例如 SiH_4 和 CH_4 作为工艺气体,在等离子体 CVD 中,在 $250\text{--}300^\circ\text{C}$ 的低温下形成第三膜 16。

[0079] 虽然已经说明了在等离子体 CVD 中形成第三膜 16 的情形,但是也可以在溅射方法或真空蒸发方法中形成第三膜 16。

[0080] 由于溅射方法或真空蒸发方法可以在被屏蔽部分精确地执行阶梯覆盖,所以需要在由行星式系统使基底 12 旋转的同时整体均匀地形成第三膜 16。

[0081] 由于不必加热基底,所以溅射方法或真空蒸发方法的优点在于,它可以用于在比等离子体 CVD 方法更低的温度下形成第三膜 16。

[0082] 具有大弹性的第四膜 17 不限制为环氧树脂,可以采用聚酰亚胺树脂。

[0083] 虽然已经说明了其中同时形成第三膜 16 和第五膜 19 的情形,但是它们也可以单独形成。

[0084] 如果可以避免因例如水蒸气的有害气体从第二膜 15 的侧表面 15a 侵入的影响,则可以省去第五膜 19。

[0085] 虽然已经说明了通过加热去除腔体 13 中的水蒸气的方法,但是本发明不限于该方法,还可以在容器中容纳腔体 13,其中通过干燥的气体将该容器内部调节为低湿度气氛,

然后根据分压差去除腔体 13 中的水蒸气。

[0086] 还可以从腔体 13 中释放气体,并且保持腔体 13 的内部处于真空气氛下。

[0087] 如果使腔体 13 的内部保持在真空气氛中,则可以从腔体 13 去除除了水蒸气之外的有害气体,例如氧化气体、腐蚀气体。从而,在采用电器件 10 的情况下,可以防止功能元件 11 的特性劣化或者发生失效。

[0088] 虽然已经说明了其中元件 11 是静电驱动型 MEMS 可变电容电容器的情形,但是元件 11 不限于该情形,它还可以是压电驱动型 MEMS 可变电容电容器。而且,还可以采用另一种 MEMS 作为元件 11,例如膜体声共振器 (FBAR),它在下电极和上电极之间保持压电薄膜,并且形成在在压电薄膜下方具有凹陷的基底上,从而不会干扰机械振动。

[0089] 虽然已经说明了其中与第二膜 15 相同类型的有机膜 23 通过连接到第一膜 14 的绝缘膜 25 而形成在电极单元 20 的垫 26 上的情形,但是可以省去绝缘膜 25。

[0090] [变型例]

[0091] 图 5、6A、6B 和 6C 各示出第一实施例的变型例。在这些变型例中,与第一实施例相同的部件采用相同的附图标记表示,下面仅说明不同的部件。

[0092] 在第一实施例中,绝缘的第三膜 16 已经形成在绝缘的第二膜 15 上。而在每个变型例中,例如,氧化硅膜 44 形成在绝缘的第二膜 15 和绝缘的第三膜 16 之间。氧化膜 44 作用于加工第二膜 15 的硬掩模。

[0093] 图 6A、6B 和 6C 各示出变型例的制造方法。在该变型例中,执行与第一实施例的图 2A 至 3B 的相同工艺,直到形成绝缘的第二膜 15 的工艺。

[0094] 如图 6A 所示,例如在等离子体 CVD 方法中,在第二膜 15 上形成例如厚度为约 $2\mu\text{m}$ 的氧化硅膜 44,该氧化硅膜例如包含可紫外线固化的环氧树脂。用于加工氧化膜 44 的抗蚀剂膜 45 形成在氧化膜 44 上。

[0095] 如图 6B 所示,例如在 RIE 方法中蚀刻氧化膜 44 作为抗蚀剂掩模 45。之后,蚀刻腔体 13 外部的第二膜 15,并且通过利用氧化硅膜 44 作为掩模,经等离子体处理暴露出第二膜 15 的侧表面 15a。

[0096] 之后,如图 6C 所示,在氧化膜 44 上以及第二膜 15 的暴露侧表面 15a 上形成氮化硅膜作为第三膜 16。形成氮化硅膜的方法与第一实施例的相同。然后,以与和第一实施例的相同的方法,在第一氮化硅膜上形成第四膜 17 和电极单元 20。

[0097] 根据前述变型例,氧化硅膜 44 形成为用于加工第二膜 15 的硬掩模。从而,利用该氧化膜 44,能够完全加工第二膜 15。而且,形成氧化膜 44 能够提高腔体 13 的强度。

[0098] [第二实施例]

[0099] 图 7A、7B、7C 和 8 各示出第二实施例。在第二实施例中,与第一实施例相同的部件采用相同的附图标记表示,下面仅说明不同部件。

[0100] 在第一实施例中,第二膜 15 已经形成在整个表面上,包括第一膜 14 的通孔 14a。而在第二实施例中,第二膜 15 仅形成在通孔 14a 中。

[0101] 也就是,如图 8 所示,第二膜 15 仅形成在第一膜 14 的通孔 14a 中,并且例如包含氮化硅膜的第三膜 16 形成在第一膜 14 和第二膜 15 上。例如包含环氧树脂的第四膜 17 形成在第三膜 16 上。

[0102] 下面参照图 7A 至图 8 说明第二实施例的制造方法。

[0103] 如图 7A 所示,在通过第一膜 14 的通孔 14a 去除第一和第二牺牲膜 41、42 之后,在第一膜 14 上形成第二膜 15。第二膜 15 是涂覆型有机材料,例如可紫外线固化的环氧树脂。材料本身的表面张力与通孔 14a 和腔体 13 的内外压差之间的平衡,可以防止第二膜 15 侵入腔体 13。因此,即使在其中通孔 14a 形成在功能元件 11 上的结构中,涂覆型有机材料也不以膜的方式形成在功能元件 11 上。

[0104] 如图 7B 所示,通过利用干法工艺例如化学干法蚀刻 (CDE) 方法和 RIE 工艺,对第二膜进行蚀刻,使得第二膜 15 仅留在第一膜 14 的通孔 14a 中。以这种方式,通孔 14a 被第二膜 15 密封。

[0105] 在密封工艺中,可以对腔体 13 抽真空,然后在腔体 13 中填充惰性气体。

[0106] 然后,如图 7C 所示,在第一膜 14 和第二膜 15 上形成第三膜 16。例如在低温等离子体 CVD 方法中,将第三膜 16 形成为氮化硅膜,其膜厚例如是几 μm 至 $10\mu\text{m}$ 。第三膜 16 不限于氮化硅膜 (AlN),通过利用例如喷墨方法,可以采用陶瓷材料例如氮化铝膜。以这种方式,利用第三膜 16 覆盖第一膜 14 和第二膜 15 能够防止水蒸气和灰尘侵入腔体 13 中,并且能够防止对功能元件 11 造成不利影响。

[0107] 如果需要确保用于电极垫的开口部分,可以对第三膜 16 构图。

[0108] 然后,如图 8 所示,在第三膜 16 上涂覆例如约 $100\mu\text{m}$ 厚度的环氧树脂,然后固化第三膜。从而,形成用于保护第三膜 16 且具有弹性的绝缘的第四膜 17。

[0109] 根据第二实施例,包含涂覆型有机材料的第二膜 15 仅形成在包含无机膜的膜 14 的通孔 14a 中。也就是,如图 9 所示,仅在通孔 14a 中形成环氧树脂,该环氧树脂作为涂覆型有机材料,其热膨胀系数 (CTE) 大于氧化硅膜和氮化硅膜的热膨胀系数,其杨氏模量小于氧化硅膜和氮化硅膜的杨氏模量。因此,由于可以显著减小杨氏模量和 CTE 与氧化硅膜和氮化硅膜大不相同的环氧树脂的体积,因此可以防止因工艺中的热量导致的氧化硅膜和氮化硅膜中出现裂缝以及膜剥落。因此,腔体 13 的可靠性得以提高。

[0110] [变型例]

[0111] 图 10 至 12 均示出图 1 所示的电极单元 20 的变型例,它们是示例出没有绝缘膜 25 的结构的横截面图。然而,在视图中省去了布线 21。

[0112] 在图 10 所示的电器件 50 的电极单元 51 中,在垫 26 上形成与第三膜 16 相同类型的绝缘膜 52,从而与第三膜 16 接续。绝缘膜 52 具有触及垫 26 的开口 22,并且在开口 22 中形成金属膜 27。而且,在金属膜 27 上形成凸起 24。

[0113] 在图 11 所示的电器件 60 的电极单元 61 中,在垫 26 上形成与第二膜 15 相同类型的有机膜 62,从而接触第四膜 17。有机膜 62 具有触及垫 26 的开口 22,并且在开口 22 中形成金属膜 27。而且,在金属膜 27 上形成凸起 24。

[0114] 在图 12 所示的电器件 70 的电极单元 71 中,在垫 26 上形成与第四膜 17 相同类型的有机膜 72,从而与第四膜 17 接续。该有机膜 72 具有触及垫 26 的开口 22,并且在开口 22 中形成金属膜 27。而且,在金属膜 27 上形成凸起 24。

[0115] 如上所述,在每个电极单元 20、51、61、71 中,如果与第二膜 15 相同类型的有机膜没有形成为与第二膜 15 接续,则电极单元的结构可以变化。

[0116] 根据图 10 至 12 所示的结构,即使当绝缘膜 52 和有机膜 62、72 已从均被叠置的金属膜 27 的边缘到绝缘膜 52 和有机膜 62、72 断裂,并且例如水蒸气的有害气体从裂缝进入

时,电器件 50、60、70 均可以也都可以防止例如水蒸气的有害气体在第二膜 15 中扩散和侵入腔体 13 中。

[0117] 本领域技术人员可以容易地想到其他的优点和变型。因此,本发明在其更宽的方面不限于在此所示和所述的具体细节和示范性实施例。因此,可以进行多种变型,而不脱离由权利要求及其等价物所限定的总发明构思的精神或范围。

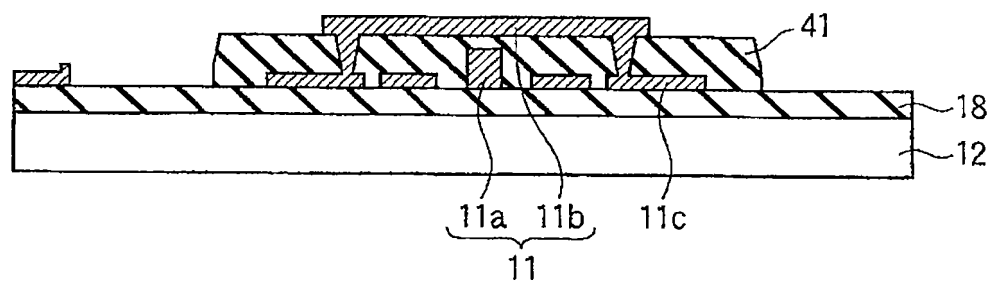


图 2A

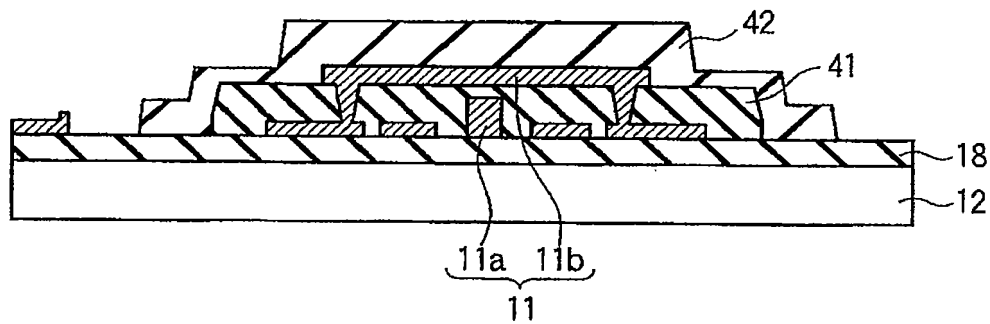


图 2B

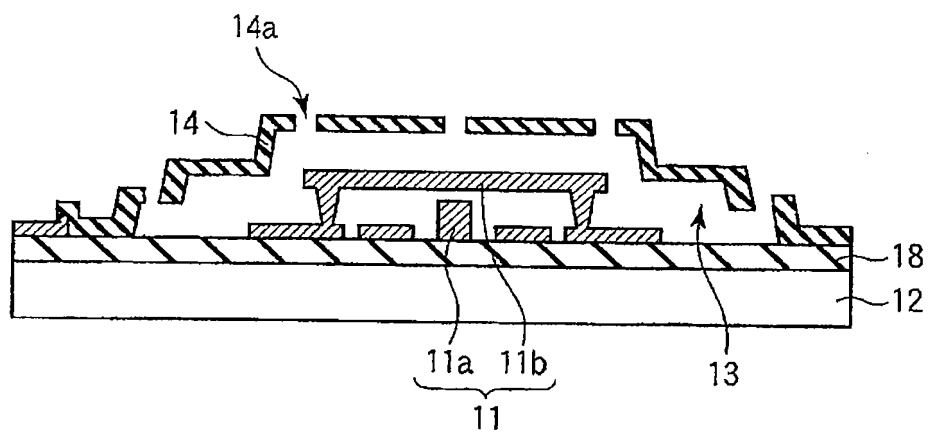
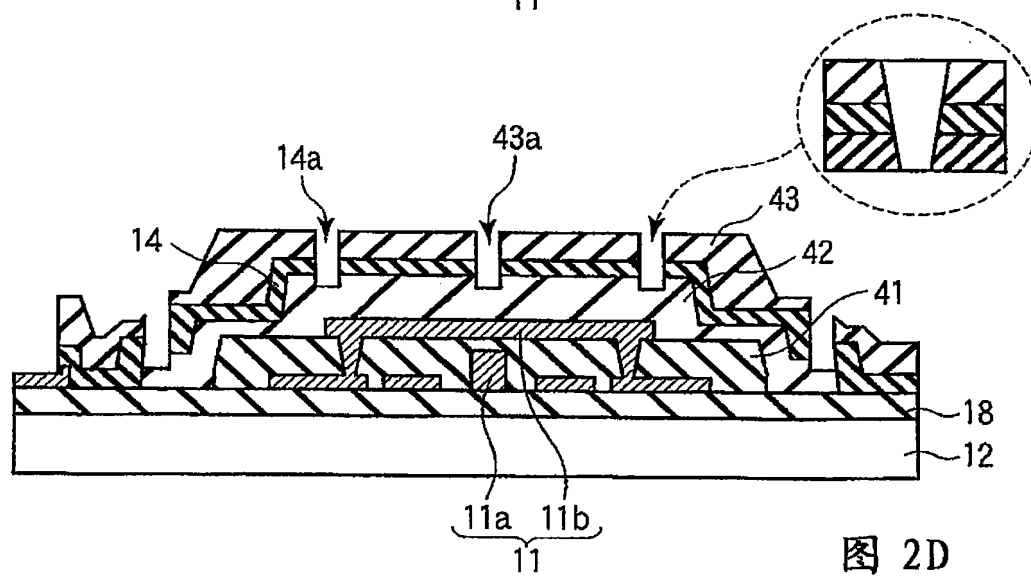
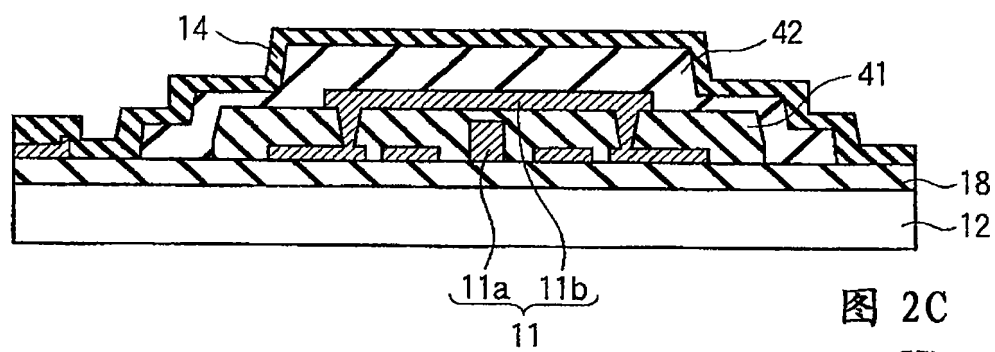


图 3A

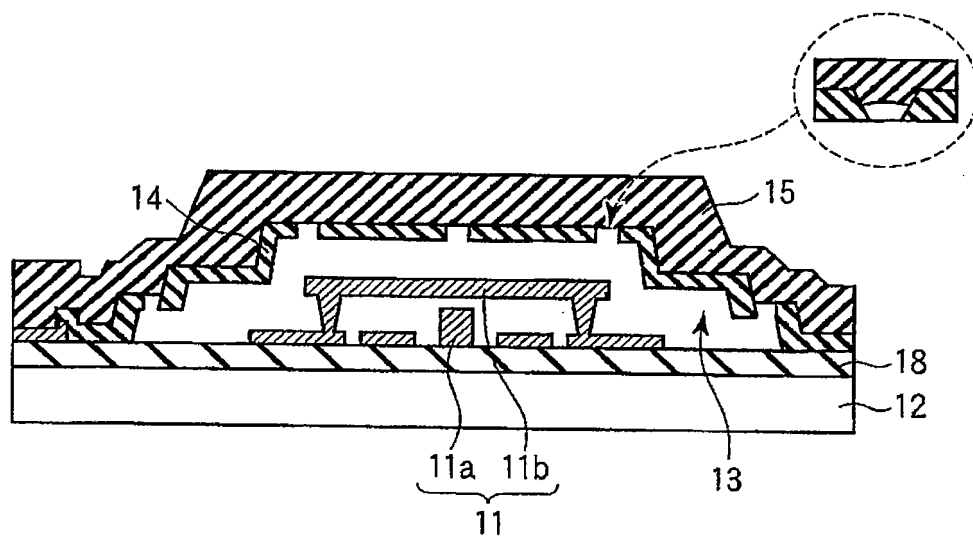


图 3B

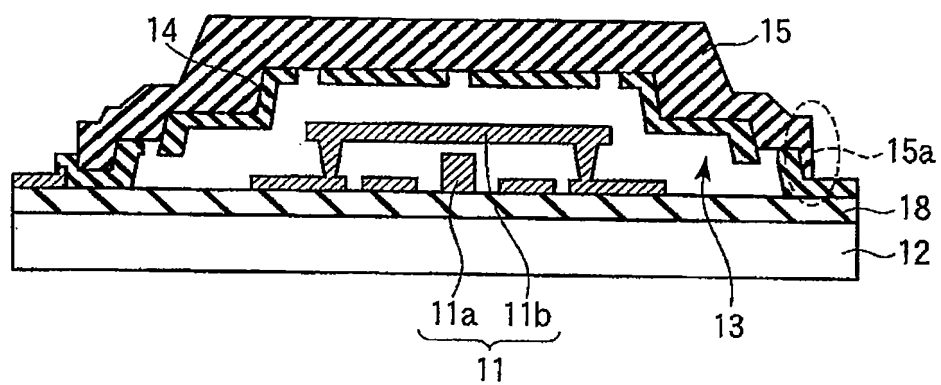


图 3C

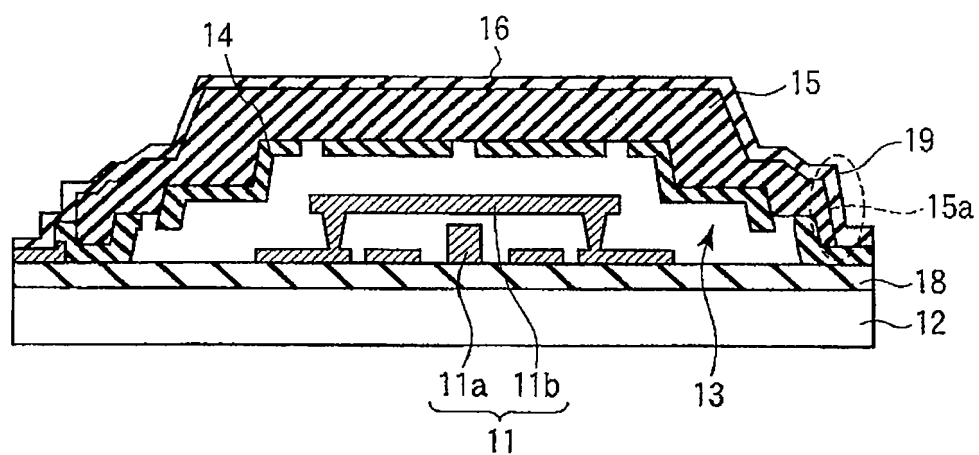


图 4A

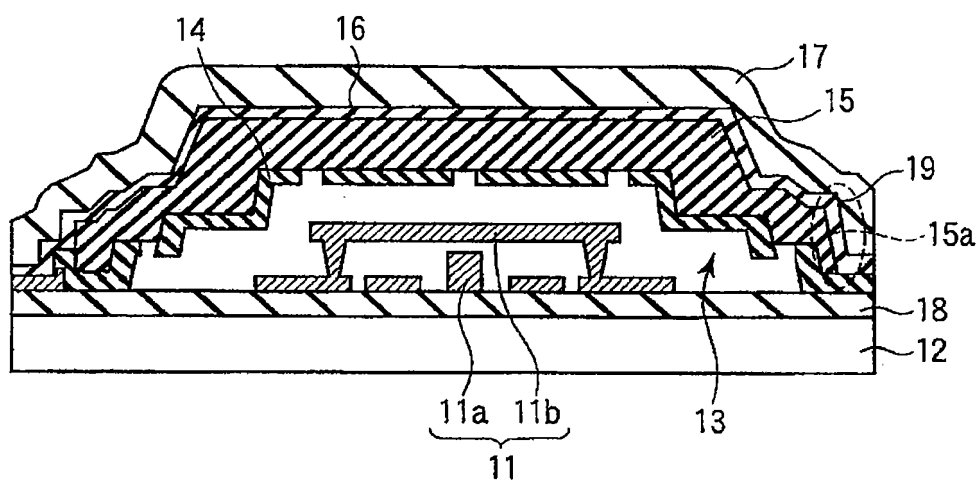


图 4B

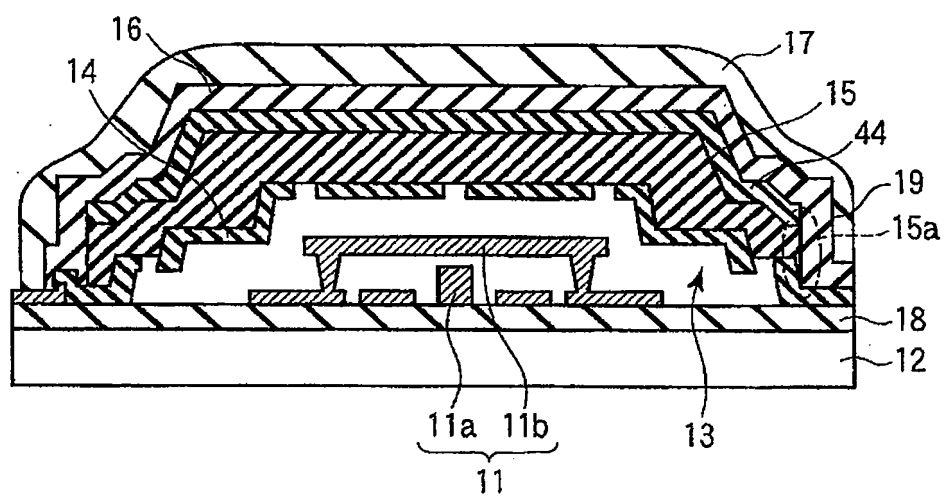


图 5

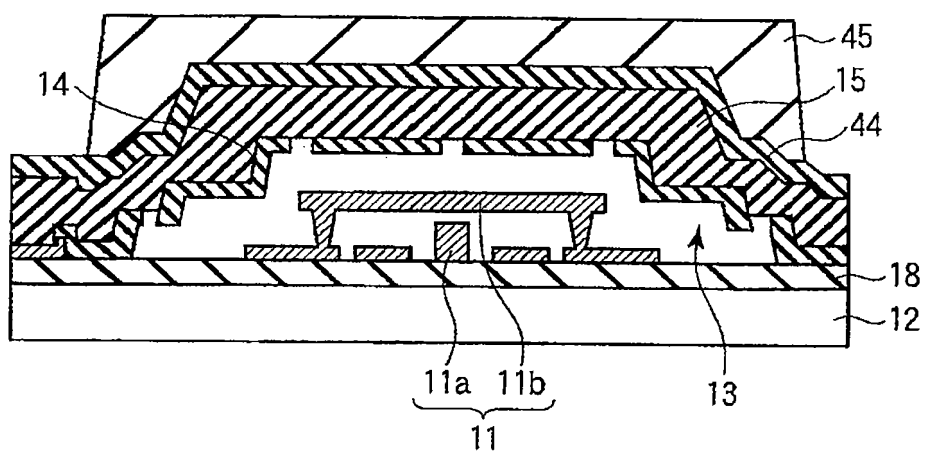


图 6A

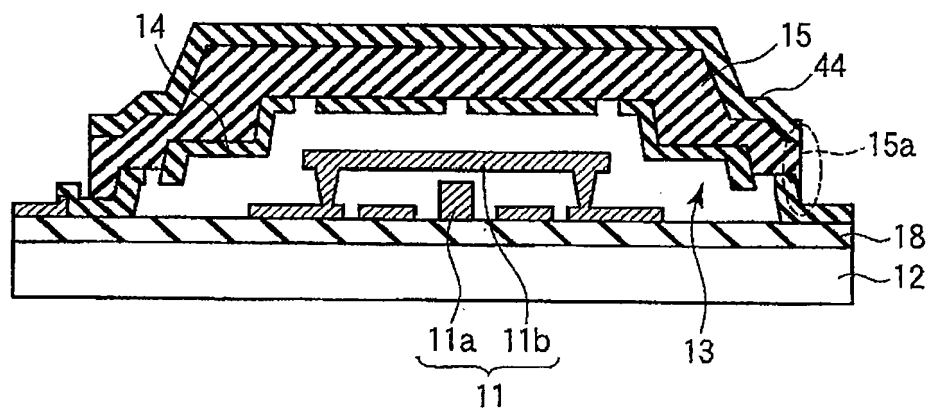


图 6B

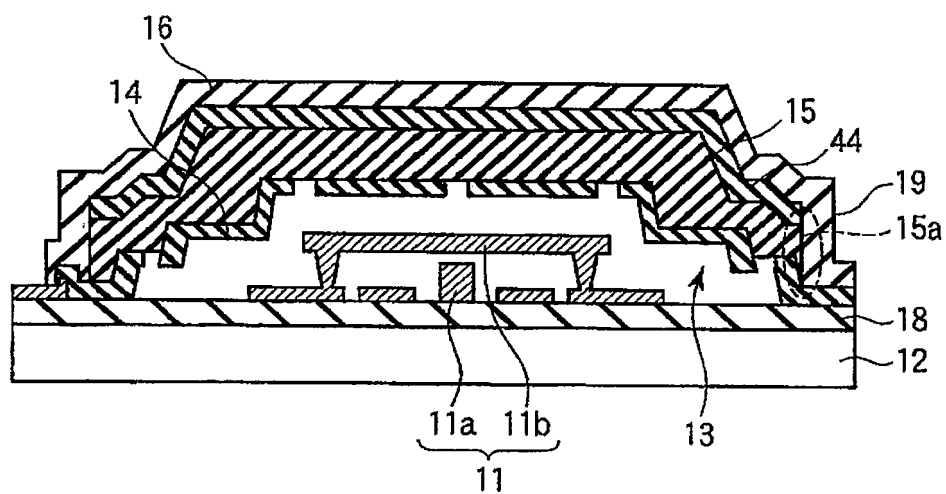


图 6C

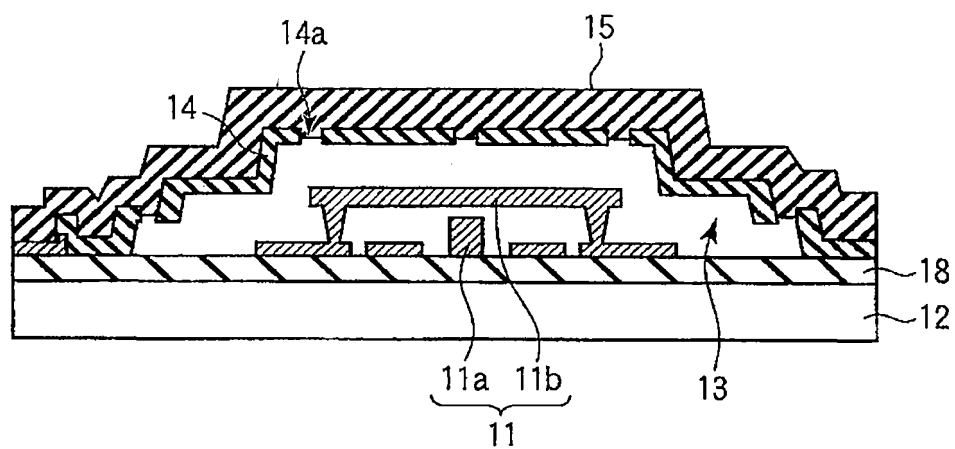


图 7A

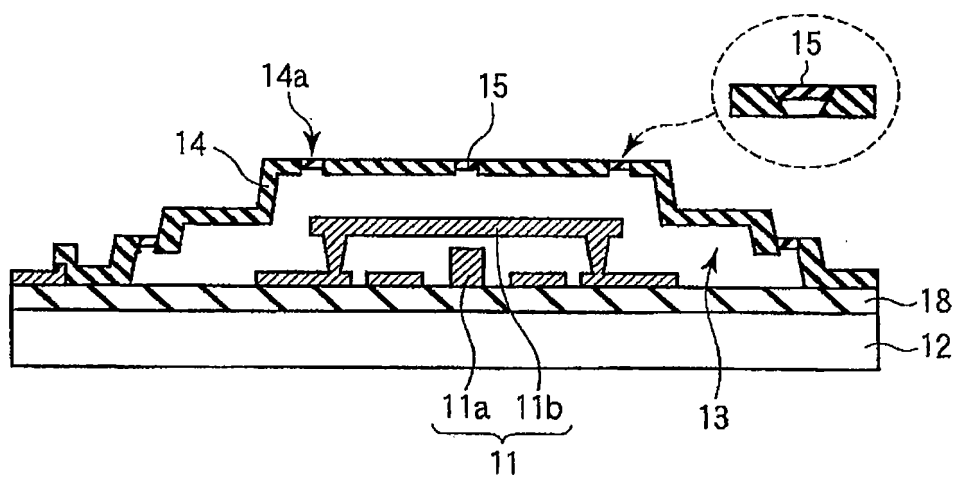


图 7B

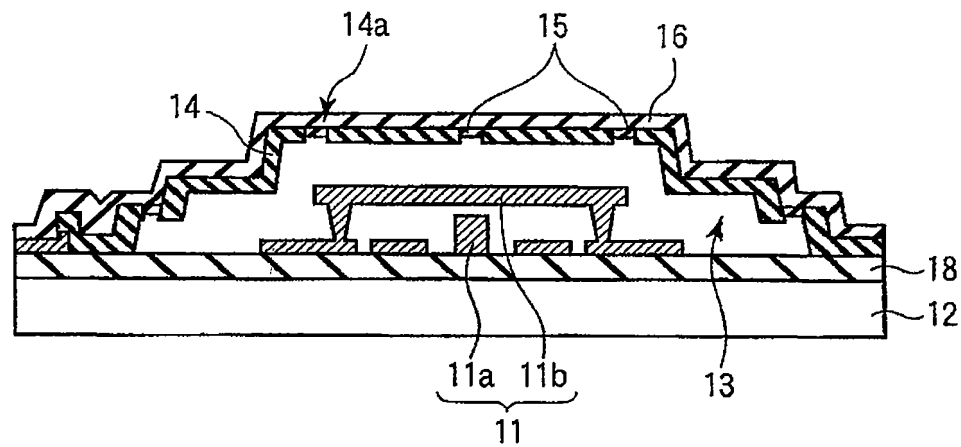


图 7C

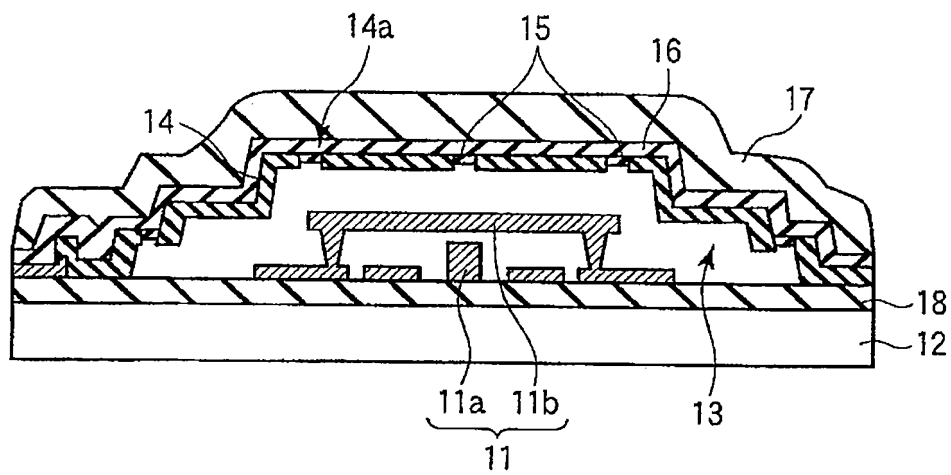


图 8

	杨氏模量(Gpa)	热膨胀系数 (CTE)(ppm)
SiN	240.0	2.8
SiO	76.0	0.5
环氧树脂	3.2	50.0

图 9

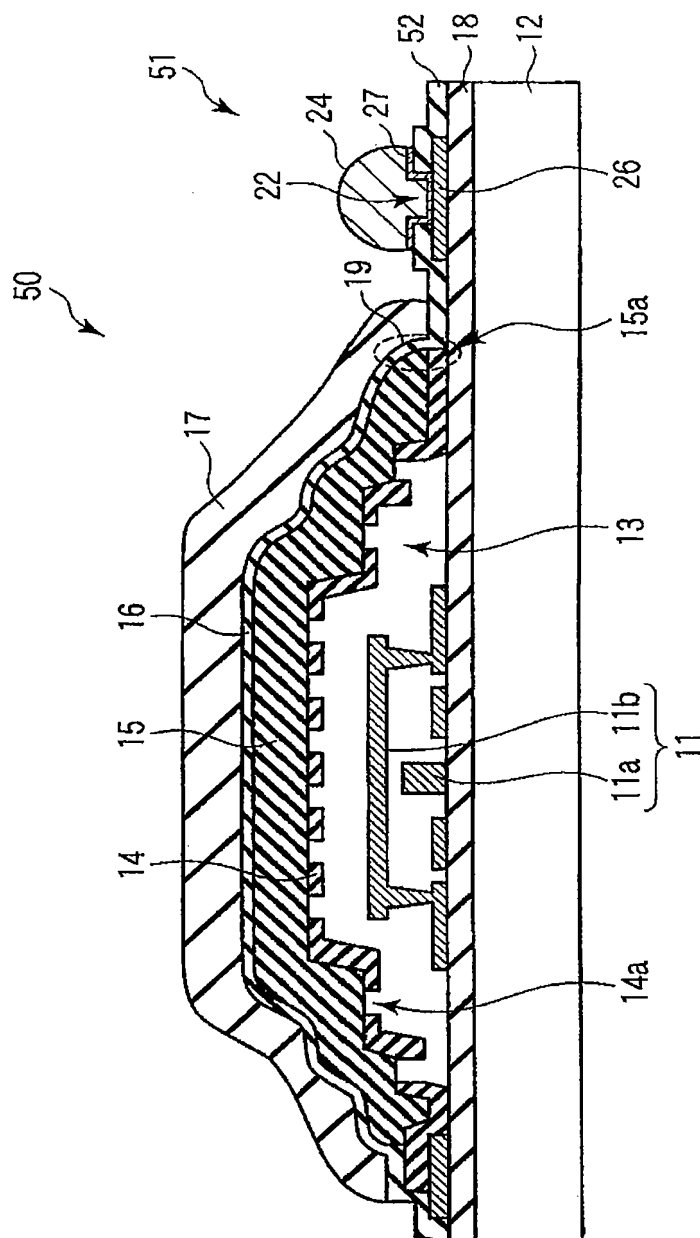


图 10

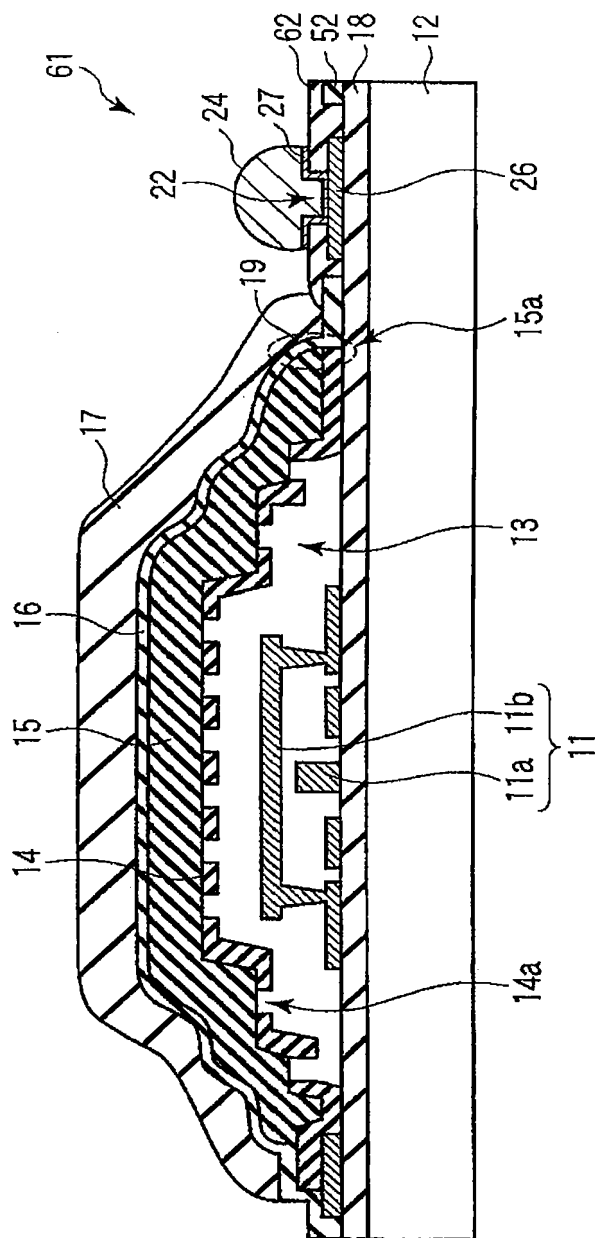


图 11

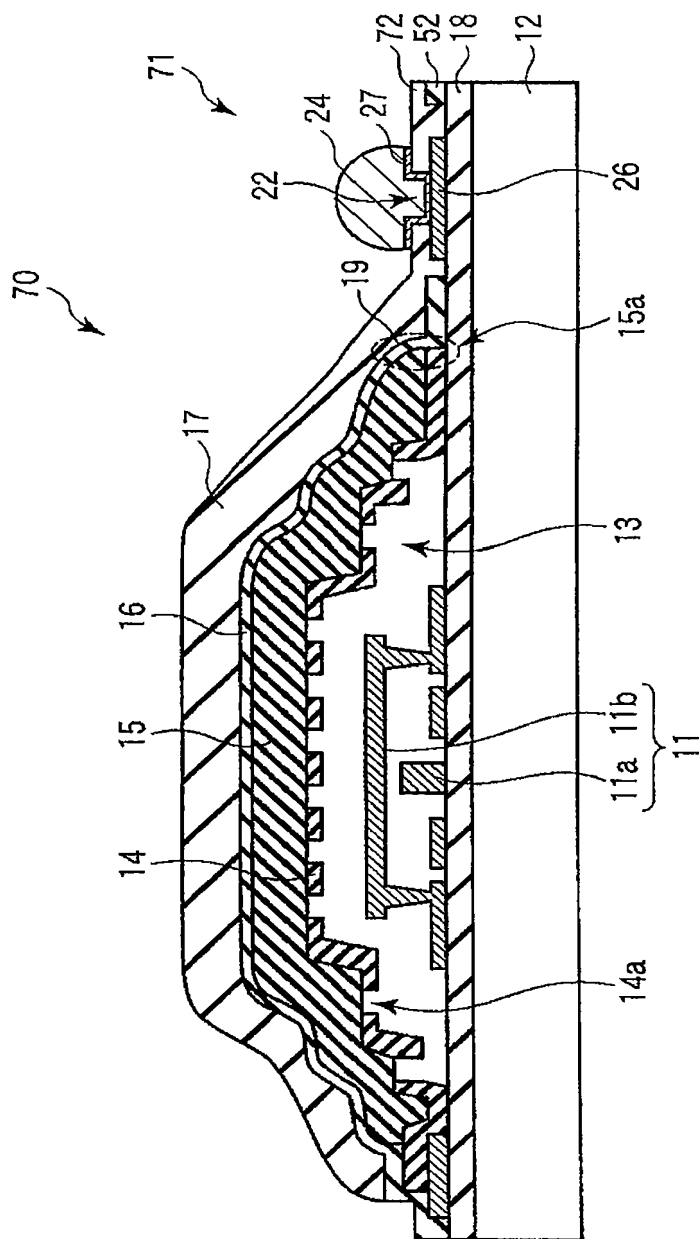


图 12