

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H01H 59/00 (2006.01)

H01H 49/00 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03152236. X

[45] 授权公告日 2006 年 9 月 27 日

[11] 授权公告号 CN 1277282C

[22] 申请日 2003.7.30 [21] 申请号 03152236. X

[30] 优先权

[32] 2002. 7. 30 [33] JP [31] 2002 - 221009

[32] 2003. 1. 30 [33] JP [31] 2003 - 021852

[32] 2003. 7. 24 [33] JP [31] 2003 - 279097

[71] 专利权人 松下电器产业株式会社

地址 日本国大阪府门真市

[72] 发明人 清水纪智 中西淑人 中村邦彦

内藤康幸

审查员 彭 慧

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司

代理人 包于俊

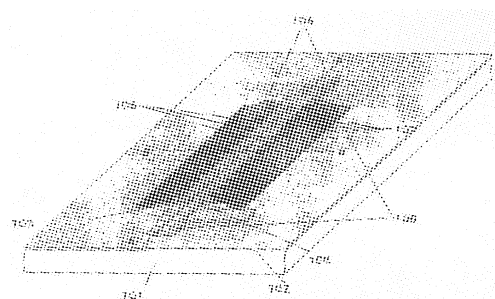
权利要求书 3 页 说明书 18 页 附图 25 页

[54] 发明名称

开关及开关的制造方法

[57] 摘要

本发明揭示一种开关。 将其活动电极上、下方向的驱动分开，以确保信号传递效率和绝缘性，而且进行信号通断的高速动作。 该开关由活动电极、位于活动电极下部的固定电极和位于活动电极长边方向两侧面的活动电极驱动用的固定电极组成。 活动电极的侧面形成凹部和凸部，并且在两端隔着空间配置具有对应的凹部和凸部的固定电极。



1.一种开关，其特征在于，

由活动电极、位于活动电极的两侧面的第1固定电极、以及与所述活动电极隔着规定的空间位于活动电极的下部的第2固定电极组成，

所述活动电极的侧面的规定位置上具有多个凸部和凹部的形状，所述第1固定电极具有分别对应于所述活动电极的侧面的凸部和凹部的凹部和凸部的形状，活动电极的侧面上形成的凸部配置成隔着短于该凸部的长度的距离构成的规定空间被所述第1固定电极上形成的凹部包围，而且所述第1固定电极的凸部配置成隔着短于所述第1固定电极凸部的长度的距离构成的规定空间被所述活动电极的侧面的凹部包围。

2.如权利要求1所述的开关，其特征在于，所述活动电极与所述第1固定电极膜厚相同。

3.如权利要求2所述的开关，其特征在于，通过蚀刻以同一工序形成的膜，形成活动电极和第1固定电极。

4.如权利要求2所述的开关，其特征在于，以同一镀覆工序形成活动电极和第1固定电极。

5.如权利要求1所述的开关，其特征在于，在同一牺牲层上形成活动电极、活动电极侧面的凸部和凹部以及第1固定电极的凹部和凸部。

6.如权利要求5所述的开关，其特征在于，在抗蚀剂构成的牺牲层上形成活动电极、活动电极侧面的凸部和凹部以及第1固定电极的凹部和凸部。

7.如权利要求5所述的开关，其特征在于，在聚酰亚胺构成的牺牲层上形成活动电极、活动电极侧面的凸部和凹部以及第1固定电极的凹部和凸部。

8.如权利要求1所述的开关，其特征在于，在所述第1固定电极下形成调整高低差用的图案。

9.如权利要求1所述的开关，其特征在于，在所述第2固定电极侧面形成调整高低差用的图案。

10.如权利要求1所述的开关，其特征在于，第2固定电极的宽度大于处在所述活动电极长边方向两侧面的第1固定电极的凹部之间的距离。

11.如权利要求1所述的开关，其特征在于，第2固定电极的宽度小于所述活动电极长边方向侧面两侧的凸部之间的距离，而且大于所述活动电极长边方向侧面两侧的凹部之间的距离。

12.如权利要求1所述的开关，其特征在于，所述第2固定电极的宽度小于活动电极长边方向侧面两侧的凹部之间的距离。

13.如权利要求1所述的开关，其特征在于，活动电极面上具有多个孔。

14.如权利要求1所述的开关，其特征在于，所述第1固定电极上具有多个孔。

15.如权利要求1所述的开关，其特征在于，所述活动电极接触第2固定电极的状态下，活动电极长边方向侧面的规定位置上形成的多个凸部和凹部具有与第1固定电极上形成的凹部和凸部在垂直方向上重叠的部分。

16.如权利要求1所述的开关，其特征在于，活动电极的侧面的多个凸部的阻抗高于多个凸部以外的活动电极的部分形成的阻抗。

17.如权利要求1所述的开关，其特征在于，所述活动电极从与第2固定电极接触的状态移动到隔着所述规定的空间与第2固定电极保持距离的位置时，在第1固定电极与活动电极之间施加电压的时间小于下述时间，即活动电极从接触第1固定电极的状态在活动电极侧面上形成的凸部与第1固定电极上形成的凹部间在电极的长度方向上的间隔和第1固定电极的凸部与活动电极的侧面的凹部间在电极的长度方向上的间隔中移动最短距离所需要的时间。

18.如权利要求1所述的开关，其特征在于，所述开关用于天线的收发开关电路，所述电路包括对信号进行放大的放大器以及天线，其中所述第2固定电极用于连接所述放大器和天线的串联开关中，所述活动电极用于作为与接地侧连接的接地连接开关中，所述串联开关和接地连接开关交互接通或切断，以进行信号的输入输出控制。

19.如权利要求1所述的开关，其特征在于，所述活动电极与第2固定电极不接触的状态下发生温度变化时，在所述活动电极与第1固定电极之间施加静电力。

20.一种开关制造方法，其特征在于，包含：

在衬底上形成氧化硅膜的步骤、

在所述氧化硅膜上形成金属的步骤、

在所述金属上形成另一氧化硅膜的步骤、

对所述金属上的氧化硅膜进行干蚀刻的步骤、

蚀刻所述金属以形成信号传递用固定电极和保持电极间绝缘用的氧化硅膜的步骤、

淀积牺牲层材料以形成牺牲层的步骤、

在整个表面上形成金属的步骤、

在所述整个表面上形成的金属上的设置活动电极和活动电极驱动用固定电极的区域中形成抗蚀掩模的步骤、

通过使用抗蚀掩模来蚀刻所述整个表面上形成的金属，以在同一牺牲层上形成侧面具有凹部和凸部的活动电极和具有与所述活动电极的侧面的凸部与凹部相对的凹部和凸部的活动电极驱动用固定电极步骤、以及

去除所述抗蚀掩模和牺牲层以形成减小电容用的空间的步骤。

21.如权利要求 20 所述的开关制造方法，其特征在于，所述牺牲层材料是聚酰亚胺，所述形成在整个表面上的金属是利用溅射法形成的 Al 膜。

22.一种开关制造方法，其特征在于，包含：

在衬底上形成氧化硅膜的步骤、

在所述氧化硅膜上形成金属的步骤、

在所述金属上形成另一氧化硅膜的步骤、

干蚀刻所述金属上的氧化硅膜的步骤、

蚀刻所述金属以形成信号传递用固定电极和保持电极间绝缘用的氧化硅膜的步骤、

在信号传递用的固定电极的侧面形成调整高低差用的图案的步骤、

淀积牺牲层材料以形成牺牲层的步骤、

在整个表面上形成金属的步骤、

在配置活动电极和活动电极驱动用固定电极的部位形成用于形成活动电极和活动电极驱动用固定电极的抗蚀掩模的步骤、

通过使用所述抗蚀掩模蚀刻所述整个表面上形成的金属，以形成所述活动电极和活动电极驱动用固定电极的步骤、以及

去除所述抗蚀掩模并去除所述牺牲层和调整高低差用的图案，以形成减小电容用的空间的步骤。

23.如权利要求 22 所述的开关制造方法，其特征在于，所述整个表面上形成的金属是利用溅射法形成的 Al 膜。

开关及开关的制造方法

技术领域

本发明涉及提高通断时的动作速度的开关和这种开关的制造方法。

背景技术

作为已有的信号开关,已公知有例如 IEEE IEDM Tech. Digest 01, p921, 2001 揭示的开关。该开关如图 1A 所示,由在高电阻硅基板 2501 上形成的信号传递线 2502、隔着规定空间配置在信号传递线 2502 上的活动接地线 2503、以及接地线 2504 组成。这样的开关中,如图 1B 所示,通过在由活动接地线 2503 和信号传递线 2504 组成的平行平板电容之间施加电压,产生静电力,使活动接地线 2503 通过高介电常数材料膜 2505 与信号传递线 2502 接触。因接触使信号传递线 2502 与活动接地线 2503 之间形成的电容变大,并传递与该电容相适应的频率分量的信号。

这样控制活动接地线 2503 与信号传递线 2502 之间的电压,可控制从信号传递线 2502 对活动接地线 2503 的信号传递的通断。而且,利用这种方式,能与 LSI 制造工艺相同的工艺形成信号开关,并且在与晶体管等的电路相同的部分形成信号开关,以此能形成对频率特性和小型化有利的开关。

作为在信号接通和切断时都使动作速度提高的手段,也有人提出过具有锯齿状,以便双向驱动活动电极的开关,如 Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 40, p2721, 2001 所记述。IEEE MEMS 2002 Tech. Dig., p523, 2002 中,还记载有这样一种结构,即在静止梳形电极与活动梳形电极之间施加电压,并使反射镜旋转运动。

这些已有的开关中,要求信号传递时的传递效率、切断时的绝缘性、信号通断高速动作。

但是,图 1 的结构中,驱动活动接地线 2503 的电极仅为信号传递线 2502,在从传递线 2502 将信号切换到接地线 2503 时,接地线 2503 与传递线 2502 之间施加电压,但在切断向接地线 2503 传递的信号时,仅利用构成接地线 2503 的材料具有的弹簧挠曲复原力动作,因而难以加快切换速度。作为接地线 2503,如果采用弹性常数高的材料,则可提高切断向接地线 2503 传递的信号的切换速度,但存在从传递线 2502 切换到接地线 2503 时的动作速度变慢,或接地线

2503 与传递线 2502 之间施加的电压需要较高等问题。

上述结构的制造工序中，通常是在形成传递线 2502 后，以正确的膜厚形成仅蚀刻规定的材料而不蚀刻传递线 2502 和接地线 2503 的牺牲层，然后形成接地线 2502。其后，通过去除传递线 2502 和接地线 2503 之间的牺牲层，正确形成规定的空间。利用这种方法，则在做成接地线 2503 上进一步固定设置活动接地线驱动电极的 3 层结构的情况下，即使是切断传往接地线 2503 的信号的情况下，也能高速驱动接地线 2503。

但是，这样的 3 层结构在制造工序中不仅接地线 2503 的下方，而且接地线 2503 的上方，都需要正确形成牺牲层，制造工序复杂。做成 3 层结构时，传递线 2502、牺牲层、接地线 2503、牺牲层、活动接地线驱动电极在实际工序中产生由 5 层组成的梯级差，对于这样的梯级差实质上不可能实施形成图案等工序。

又，如图 1A、图 1B 所示，采用梁结构形成开关时，应力因温度变化而变化。构成梁的材料与构成基板材料之间的热膨胀系数不同时产生这种应力变化。梁的应力一旦变化，则梁的弹性常数就发生变化，因而开关的响应时间和驱动电压发生变化。已知在最坏的情况下，由于温度变化，梁弯曲 $2\mu\text{m}$ 以上。为了谋求高速响应，需要使活动电极的驱动距离为取得期望绝缘所需的最低限度距离，但考虑这样的温度变化造成梁弯曲的量，需要使电极间的距离格外加长。因此，响应时间更慢。

另一方面，做成锯齿状时，以信号电极与接触电极重叠的部分的面积形成电容。根据该电容大小决定可传递的信号频率和传递效率，因而接触电极的大小取决于希望进行通断控制的信号，为了对于某确定的频率的信号取得通断特性，不可能减小接触电极的尺寸。而且，整个活动电极的质量除接触电极的质量外，还需要有与拉伸电极和按压电极的形成电容的部分。其结果是，在直接与信号通断有关的部分以外，也需要形成电极，使活动电极的总质量增加，不利于高速通断动作。

采用梳形电极的驱动方式，能比较容易形成在基板面内的方向进行驱动的开关，但在基板垂直方向进行驱动的开关需要在高度方向形成结构件，因而制造工序复杂。

发明内容

本发明的目的是，为了解决上述课题，提供这样的一种开关，即通过使可

动电极的上、下驱动分开，不需要结构件的高度，就能确保信号传递效率和绝缘性，而且能进行信号接通、切断的高速动作。

为了达到上述目的，本发明的开关由活动电极、位于活动电极的两侧面的第1固定电极、以及与所述活动电极隔着规定的空间位于活动电极的下部的第2固定电极组成，所述活动电极的侧面的规定位置上具有多个凸部和凹部的形状，所述第1固定电极具有分别对应于所述活动电极的侧面的凸部和凹部的凹部和凸部的形状，活动电极的侧面上形成的凸部配置成隔着短于该凸部的长度的距离构成的规定空间被所述第1固定电极上形成的凹部包围，而且所述第1固定电极的凸部配置成隔着短于所述第1固定电极凸部的长度的距离构成的规定空间被所述活动电极的侧面的凹部包围。

于是，活动电极下方向的驱动利用位于活动电极下部的信号传递用固定电极与活动电极之间的静电力，活动电极上方向的驱动利用活动电极驱动用固定电极的凸部与凹部以及活动电极侧面形成的凹部和凸部之间的静电力。因此，上、下方向的驱动能分开，可减小构件的高度，确保信号传递效率和绝缘性，而且能使信号的接通、断开高速进行。

又，在抗蚀剂组成的牺牲层上形成活动电极、活动电极侧面的凹部和凸部、活动电极驱动用固定电极的凹部和凸部以及部分活动电极驱动用固定电极，因而能用于工艺实施牺牲层去除工序，能防止牺牲层去除后在液体工艺中成问题的“黏着”，即因表面张力而吸附到非希望的部分的情况。

本发明还提供一种开关制造方法，包含：在衬底上形成氧化硅膜的步骤、在所述氧化硅膜上形成金属的步骤、在所述金属上形成另一氧化硅膜的步骤、对所述金属上的氧化硅膜进行干蚀刻的步骤、蚀刻所述金属以形成信号传递用固定电极和保持电极间绝缘用的氧化硅膜的步骤、淀积牺牲层材料以形成牺牲层的步骤、在整个表面上形成金属的步骤、在所述整个表面上形成的金属上的设置活动电极和活动电极驱动用固定电极的区域中形成抗蚀掩模的步骤、通过使用抗蚀掩模来蚀刻所述整个表面上形成的金属，以在同一牺牲层上形成侧面具有凹部和凸部的活动电极和具有与所述活动电极的侧面的凸部与凹部相对的凹部和凸部的活动电极驱动用固定电极步骤、以及去除所述抗蚀掩模和牺牲层以形成减小电容用的空间的步骤。

本发明还提供一种开关制造方法，包含：在衬底上形成氧化硅膜的步骤、在所述氧化硅膜上形成金属的步骤、在所述金属上形成另一氧化硅膜的步骤、干蚀刻所述金属上的氧化硅膜的步骤、蚀刻所述金属以形成信号传递用固定电

极和保持电极间绝缘用的氧化硅膜的步骤、在信号传递用的固定电极的侧面形成调整高低差用的图案的步骤、淀积牺牲层材料以形成牺牲层的步骤、在整个表面上形成金属的步骤、在配置活动电极和活动电极驱动用固定电极的部位形成用于形成活动电极和活动电极驱动用固定电极的抗蚀掩模的步骤、通过使用所述抗蚀掩模蚀刻所述整个表面上形成的金属，以形成所述活动电极和活动电极驱动用固定电极的步骤、以及去除所述抗蚀掩模并去除所述牺牲层和调整高低差用的图案，以形成减小电容用的空间的步骤。

附图说明

图 1A、图 1B 是一例已有的开关的剖面图。

图 2 是本发明实施例 1 的开关的立体图。

图 3 是图 2 的 A-A' 剖面图。

图 4 是图 2 的 B-B' 剖面图。

图 5 是示出图 2 的 A-A' 剖面上开关的接通状态的剖面图。

图 6 是示出图 2 的 B-B' 剖面上开关的接通状态的剖面图。

图 7 是示出有无本发明实施例 1 的开关的梳齿结构引起的响应特性差别的特性图。

图 8 是表示本发明实施例 1 的开关的梳齿结构形状的参数示意图。

图 9 是示出不用本发明时在电极间形成的电容示意图。

图 10A 是示出本发明实施例 3 的开关的活动电极和活动电极驱动用固定电极的位置示意图。

图 10B 是示出不用本发明而形成开关时活动电极和活动电极驱动用固定电极的位置以及静电力的示意图。

图 11A~图 11C 是示出本发明实施例 4 的开关的制造工序的剖面图。

图 12A~图 12C 是示出本发明实施例 5 的开关的制造工序的剖面图。

图 13A~图 13E 是示出不用图 12A~图 12C 的高低差 (step) 调整 (modulating) 用图案而制造开关时的工序的剖面图。

图 14A~图 14E 是示出在信号传递用固定电极的短边方向侧面的位置上形成本发明实施例 6 的高低差调整用图案时的开关制造工序的剖面图。

图 15A~图 15E 是示出在信号传递用固定电极的长边方向侧面的位置上形成本发明实施例 6 的高低差调整用图案时的开关制造工序的剖面图。

图 16 是本发明实施例 7 的开关的立体图。

图 17A～图 17B 是本发明实施例 8 的开关的制造工序的剖面图。

图 18 是示出本发明实施例 9 的开关中活动电极、活动电极驱动用固定电极、信号传递用固定电极和绝缘保持用氧化膜的位置的模式图。

图 19 是示出本发明实施例 10 的开关中活动电极和活动电极驱动用固定电极的位置和在两个电极之间作用的力的关系的模式图。

图 20A 是示出应用本发明的开关中活动电极与活动电极驱动用固定电极之间施加的电压、活动电极与信号传递用固定电极之间施加的电压、信号传递用固定电极流通的信号以及活动电极通断状态的特性图。

图 20B 是示出不用本发明的开关中活动电极与活动电极驱动用固定电极之间施加的电压、活动电极与信号传递用固定电极之间施加的电压、信号传递用固定电极流通的信号以及活动电极通断状态的特性图。

图 21 是示出将本发明的开关用于对天线收发信号的例子的电路图。

图 22 是示出本发明实施例 12 的开关电路结构的立体图。

图 23 是本发明开关的内部应力与响应时间的关系特性图。

图 24 是本发明实施例 14 中所示的梳齿部分的形状的一例的示意图。

图 25 表示本发明实施例 14 中所示梳齿部分的形状的一个例子。

附图中，

103、203、303、403、503 是活动电极，

107 是活动电极侧面凸部，

104、304、504 是活动电极驱动用固定电极，

108 是活动电极驱动用固定电极凸部，

105、205、305、405、505 是信号传递用固定电极，

905、1106、1205、1306、1406 是牺牲层，

907 是抗蚀掩模，

1205、1305 是高低差调整用图案，

1612 是牺牲层去除孔。

具体实施例

下面参照附图说明本发明的示范实施例。

实施例 1

图 2 是本发明实施例 1 的开关的立体图。该开关以高阻硅衬底 101 上的氧化硅膜 102 为中介，由活动电极 103、活动电极驱动用固定电极 104 和信号传

递用固定电极 105 组成。活动电极 103 的侧面具有多个凸部 107。本实施例 1 中, 为了方便, 多个凸部 107 的形状采用全部相同的形状, 并且周期性配置。在一个凸部 107 与相邻的凸部 107 之间形成凹部, 各凹部也周期性配置。活动电极驱动用固定电极 104 的侧面也配置多个凸部 108, 使其与活动电极侧面的凸部 107 之间的凹部对应, 并隔着规定的空间配置, 使其由活动电极侧面的凹部包围着。凸部 108 也同样周期性配置。相邻的凸部 108 之间也形成凸部 108 之间的凹部, 因而该凹部同样周期性配置。

凸部 107 和凸部 108 的凸部长度具有相同的尺寸。凸部 107 由活动电极驱动用固定电极 106 的凹部隔着短于凸部 107 的长度的距离所形成的规定空间包围, 凸部 108 由活动电极 103 侧面的凹部隔着短于凸部 108 的长度的距离所形成的空间包围。因此, 配置成部分凸部 107 纳入活动电极驱动用固定电极 104 的凹部中, 部分凸部 108 纳入活动电极 103 的凹部中的形状。

图 3 是图 2 的 A—A' 剖面图, 示出信号传递用固定电极 205 与活动电极 203 不相连接的状态。隔着高阻硅衬底 201 上的氧化硅膜 202, 配置信号传递用固定电极 205。该电极 205 上形成用于保持电极间绝缘的氧化硅膜 210, 又隔着减小电容用的空间 209, 配置活动电极 203。活动电极 203 在其两端的活动电极固定区 206 固定于衬底 201 上。

图 4 是图 2 的 B—B' 剖面图, 示出信号传递用固定电极 305 与活动电极 303 不相连接的状态。隔着高阻硅衬底 301 上的氧化硅膜 302, 配置活动电极驱动用固定电极 304、信号传递用固定电极 305。信号传递用固定电极 305 上形成用于保持电极间绝缘的氧化硅膜 310, 又隔着减小电容用的空间 309, 配置活动电极 303。本实施例 1 中, 设计成活动电极驱动用固定电极 304 的凸部 108 与隔着减小电容用的空间 309 的位置上的活动电极 303 离开衬底表面的高度相同。

图 5 是图 2 的 A—A' 剖面图, 示出开关中信号传递用固定电极 405 连接着活动电极 403 的状态。通过在隔着高阻硅衬底 401 上的氧化硅膜 402 配置的信号传递用固定电极 405 与活动电极 403 之间施加电压, 利用静电力使活动电极 403 与信号传递用固定电极 405 上的保持电极间绝缘用氧化硅膜 410 接触, 并且减小电容用的空间 409 在活动电极固定区附近只留下一部分。信号传递用固定电极 405 上的保持电极间绝缘用氧化硅膜 410 防止在该信号传递用固定电极 405 与活动电极 403 之间施加电压, 在活动电极 403 接触固定电极 405 时, 也因固定电极 405 与活动电极 403 直接接触而不保持电位差, 造成活动电极 403

脱离。

信号传递用固定电极 405 和活动电极 404 所形成的电容按照式 (1)，为式 (2) 表示的保持电极间绝缘用的氧化硅膜 410 所形成电容器的电容量与式 (3) 表示的电容减小用的空间所形成电容器的电容的串联电容。

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_{ox}} + \frac{1}{C_{Air}} \quad \cdots \cdots (1)$$

$$C_{ox} = \varepsilon_s \varepsilon_0 \frac{S}{t} \quad \cdots \cdots (2)$$

$$C_{Air} = \varepsilon_0 \frac{S}{d} \quad \cdots \cdots (3)$$

式 (2) 和式 (3) 中， ε_s 是氧化硅膜的介电常数， ε_0 是真空中介电常数， S 是由信号传递用固定电极和活动电极形成的电极的面积， t 是保持电极间绝缘用的氧化硅膜的厚度， d 是电容减小用空间 409 的长度， t 的值一般是 d 的 1/10 以下。正确地说，式 (3) 是真空中电容器的电容，但大气中也大致相同。活动电极 403 与信号传递用固定电极 405 接触时，电容减小用空间 409 所形成的电容器的电容值可忽略，仅考虑保持电极间绝缘用的氧化硅膜 410 所形成的电容器的电容量不成问题。另一方面，活动电极 403 在与信号传递用固定电极 405 之间保持规定的电容减小用空间 409 的位置时，电容器的电容量受电容减小用空间所形成的电容支配。

图 6 是图 2 的 B-B' 剖面图，示出信号传递用固定电极 505 连接活动电极 503 的状态。通过在以高阻硅衬底 501 上的氧化硅膜 502 为中介配置的信号传递用固定电极 505 与活动电极 503 之间施加电压，利用静电力，使活动电极 503 与信号传递用固定电极 505 上的保持电极间绝缘用氧化硅膜 510 接触，在活动电极驱动用固定电极 504 与活动电极 503 之间增加规定的电容减小用的空间份额的距离。

从信号传递用固定电极 505 与活动电极 503 连接的状态到切断的状态的动作通过使信号传递用固定电极 505 与活动电极 503 之间施加的电压为 0，而活动电极 503 与活动电极驱动用固定电极 504 之间施加电压，使静电力起作用，让活动电极驱动用固定电极 504 与活动电极 503 之间产生的所规定电容减小用空间部分的距离为 0。结果，不仅利用活动电极 503 的弯曲复原造成的弹力，而且利用静电力，使活动电极 503 运动，从而可在短时间内离开信号传递用固定电极 505，取得能改善切断动作特性的效果。

例如，图 7 示出活动电极 503 的宽度为 $5\mu\text{m}$ ，长度为 $400\mu\text{m}$ ，厚度为 0.7

μm ，且活动电极 503 与信号传递用固定电极 505 的间隙为 $0.6\mu\text{m}$ 时的响应特性。图 7 中示出从活动电极 503 与信号传递用固定电极 505 接触的状态，在时刻 0 消除静电力，使固定电极 505 恢复原来位置的状态。为了参考，一起示出活动电极 503 形状相同而没有梳齿的情况。

图 8 是表示梳齿形状的放大图。梳齿的形状为：宽度 a 是 $1\mu\text{m}$ ，高度 h 是 $5\mu\text{m}$ ，间隔是 $1\mu\text{m}$ 。无梳齿结构时，活动电极 503 仅用本身具有的弹力恢复原位，因而其特性必然是响应时间缓慢。反之，梳齿结构中，如果活动电极 503 与活动电极驱动用固定电极 505 之间施加电压，则活动电极 503 上叠加恢复原位的静电力，因而能较高速地响应。

本实施例 1 中，在高阻硅衬底上以氧化硅膜为中介配置开关的各零件，但也可用其他绝缘材料，例如氮化硅膜。虽然采用高阻硅衬底，但使用硅以外的材料的衬底，例如砷化镓等化合物半导体衬底，石英、氧化铝等绝缘衬底时，也能得到同样的效果。再者，在衬底的电阻足够高，不会通过衬底在活动电极、信号传递用固定电极、活动电极驱动用固定电极之间产生电气上的影响时，可不必配置氧化硅膜或同等的绝缘材料。

又，本发明实施例 1 中，活动电极侧面上形成的凸部和凹部、活动电极驱动用固定电极的凹部和凸部为图 2 中的矩形，但角部具有曲率的形状也能得到同样的效果。

实施例 2

在凸部与凹部组合型的电极间作用的力，例如 IEEE MEMS 2002 Tech. Dig., p532, 2002 所述，位移为 z 时，由式 (4) 给出 z 方向的作用力。

$$F_z = \frac{\partial\left(\frac{CV^2}{2}\right)}{\partial z} \dots\dots (4)$$

式 (4) 中， V 是对电极施加的电压， C 是在电极间形成的电容量， z 按位移给出。根据式 (4) 可知，即使 z 方向的位移发生变化的情况下，电极间形成的电容量不变化时也不产生静电力。因此，如图 9 所示，例如活动电极驱动用固定电极 601 的膜厚度比活动电极 602 厚时，由活动电极驱动用固定电极 601 与活动电极 602 形成的电容形成区 603 即使活动电极 602 在 z 方向有些移动面积也不发生变化，因此不产生 z 方向的力，不能在活动电极驱动用固定电极 601 膜厚范围内利用静电力驱动。

活动电极 602 的膜厚记为 t_m ，活动电极驱动用固定电极的膜厚记为 t_d ，且两者的关系为 $t_d > t_m$ 时，存在 $l_u = t_d - t_m$ 的不能控制的位置 l_u 。

另一方面，活动电极驱动用固定电极 601 的膜厚与活动电极 602 的膜厚相同，不存在不能控制的位置 $1u$ ，可在活动电极用固定电极 601 与活动电极 602 之间施加电压，由于加上静电力，活动电极 602 总能控制在一定的位置上。

实施例 3

如图 10A 所示，活动电极 1002 侧面的凸部 1004 与活动电极驱动用固定电极 1001 的凹部 1005 之间的空间 1003 具有距离 d 均等的规定空间 1003。然而，用不同的掩模形成活动电极 1002 和活动电极驱动用固定电极 1001 时，活动电极形成用的掩模与活动电极驱动用固定电极形成用的掩模产生掩模配合偏差的情况下，如图 10B 所示，活动电极侧面的凸部 1004 与活动电极驱动用固定电极 1001 的凹部 1005 一侧的空间成为距离小的空间 1013，其距离近，等于 $d - e$ ，而与位于相反侧的凹部 1005 的距离变大，等于 $d + e$ ，成为距离大的空间 1014。即，图 10B 示出掩模配合仅在图的上方产生距离 e 时活动电极 1002 的凸部 1004 与活动电极驱动用固定电极 1001 的凹部 1005 的关系。

产生这样的掩模偏差时，在活动电极 1002 与活动电极驱动用固定电极 1001 之间施加电压后产生静电力的情况下，已知在图的上下方向上静电力起作用。该静电力的大小，已在例如 IEEE MEMS 1996 Tech. Dig., p216, 1996 中说明，式 (5) 所示大小的对活动电极 1002 的引力 1012、对活动电极驱动用固定电极 1001 的引力 1015 起作用。产生静电力，并超过根据活动电极 1002 的弹簧常数求出的力时，活动电极 1002 与活动电极驱动用固定电极 1001 接触，不仅活动电极 1002 的移动受阻，而且引起破坏，发生问题。然而，应用本实施例，通过用相同的掩模形成活动电极 1002、活动电极驱动用固定电极 1001，可使掩模配合偏差为 0。

$$F(x) = -\frac{V^2}{2} \frac{\partial C}{\partial x} = \frac{n}{2} h l \varepsilon_0 \left\{ \frac{1}{(d-e-x)^2} - \frac{1}{(d+e+x)^2} \right\} V^2 \quad \dots\dots (5)$$

C: 由活动电极驱动用固定电极与活动电极形成的电容

x : 从发生掩模配合偏差的位置移动距离 x 的点上产生的力

V : 活动电极驱动用固定电极与活动电极之间施加的电压

n : 活动电极的凸部数量

h : 活动电极和活动电极驱动用固定电极的膜厚中薄的一方的膜厚

l : 活动电极与活动电极驱动用固定电极两者的凸部的重叠的长度

ε_0 : 大气的介电常数

d : 活动电极驱动用固定电极和活动电极各自的凸部与相邻凹部的规定空间设计值

e: 掩模配合偏差量

实施例 4

图 11 是本发明开关的制造工序的剖面图。图 11A 中, 使高阻硅衬底 901 热氧化, 以在该衬底 901 上形成氧化硅膜 902。然后, 在氧化硅膜 902 上形成制作信号传递用固定电极 903 用的金属层, 并在其上形成制作保持电极间绝缘用氧化硅膜 904 用的氧化硅膜。然后, 利用光刻制板方法形成光刻胶图案, 并且将光刻胶作为掩模, 对金属上的氧化硅膜进行干蚀刻, 仅在规定区留下光刻胶。接着, 通过对金属进行蚀刻, 形成信号传递用固定电极 903 和保持电极间绝缘用氧化硅膜 904。进而, 在去除光刻胶后, 淀积构成牺牲层的材料, 形成图案, 然后形成牺牲层 905, 使形成活动电极、活动电极侧面凸部和凹部、活动电极驱动用固定电极的凸部和凹部、活动电极驱动用固定电极的凹部和凸部相邻的一部分的区域上留下牺牲层。其后, 如图 11B 所示, 在整个表面形成金属 906 后, 在配置活动电极和活动电极驱动用固定电极的规定部位形成抗蚀掩模 907。

然后, 如图 11C 所示, 将抗蚀掩模 907 作为掩模对金属进行蚀刻, 以形成活动电极 908 和活动电极驱动用固定电极 909。进而, 去除抗蚀掩模 907, 然后去除牺牲层 905, 从而形成电容减小用空间 910。

本实施例中, 作为信号传递用固定电极、活动电极和活动电极驱动用固定电极的材料, 采用金属, 但也可用掺入高浓度杂质的半导体、导电性高分子材料等。

高阻硅衬底 901 上, 作为绝缘膜采用氧化硅膜, 但对衬底而言, 也与实施例 1 一样, 可用其他绝缘材料。同样, 也可用砷化镓衬底等其他衬底材料, 而且衬底的电阻足够高时, 当然也可去除氧化硅膜。

实施例 5

图 12A 是不形成高度差调整用图案时的开关制造工序的剖面图。用与实施例 4 相同的工序在高阻硅衬底 1201 上制作氧化硅膜 1202、信号传递用固定电极 1204 和保持电极间绝缘用氧化硅膜 1204 后, 形成聚酰亚胺构成的牺牲层 1205。本实施例中, 与实施例 4 的情况不同, 将牺牲层 1205 的宽度设计得短, 以便能方便地去除该牺牲层。然后, 如图 12B 所示, 利用溅射法在整个表面上形成 Al 膜 1206。利用溅射法的 Al 膜的成膜中, 即使在温度较低的工序也能形成稳定的膜, 但具有难以在高低差部的侧面上进行淀积的特性。同样, 蒸镀法也难以在高低差部的侧面进行淀积。另一方面, 采用减压氛围下的 CVD 法时, 可在高低差部的侧面成膜, 但工艺温度高, 利用范围受到限制。因此, 上述 Al

膜上高低差部分上形成膜厚度较薄的薄膜区。然后，如图 12C 所示，用与实施例 4 相同的工序在配置活动电极和活动电极驱动用固定电极的规定部位形成抗蚀掩模，将该抗蚀掩模作为掩模，进行 Al 的蚀刻，以形成活动电极 1208 和活动电极驱动用固定电极 1209。进而去除抗蚀掩模和牺牲层 1205，从而形成电容减小用空间 1210。另一方面，牺牲层 1205 的高低差部分的薄膜区保持原样成为活动电极驱动用固定电极 1209 的强度不足区 1211。

图 13 是形成用于高低差覆盖补偿的高低差调整用图案时的开关制造工序剖面图。图 13A 表示用与实施例 4 的情况下的相同工序在高阻硅衬底 1101 上形成氧化硅膜 1102、信号传递用固定电极 1103 和电极间减压保持用氧化膜 1104。接着，如图 13B 所示，通过旋转涂布光刻胶、曝光、显像、在热板上烘焙，在规定的部位上形成高低差调整用图案 1105。按形成与后面的工序中所形成的活动电极驱动用固定电极，而且能划分牺牲层所形成的高低差的位置和膜厚形成高低差调整用图案 1105 的配置位置。

接着，如图 13C 所示，形成聚酰亚胺构成的牺牲层 1106。牺牲层端面 1107 的下方存在所述高低差调整用图案 1205，因而与无高低差调整用图案 1205 时在牺牲层端面形成从牺牲层 1106 的表面到氧化硅膜 1102 的表面的距离的高低差相反，利用高低差调整用图案 1205 将从牺牲层表面起的高低差二分割为从牺牲层表面到高低差调整用图案表面的级差和从高低差调整用图案表面到氧化硅膜表面的级差，可防止在一个部位形成大高低差。然后，如图 13D 所示，利用溅射法在整个表面形成 Al 膜 1108。进而，如图 13E 所示，用与实施例 4 的情况相同的工序在配置活动电极和活动电极驱动用固定电极的规定部位形成抗蚀掩模，将该抗蚀掩模作为掩模，对 Al 进行蚀刻，以形成活动电极 1109 和活动电极驱动用固定电极 1110。进而，通过去除抗蚀掩模、牺牲层和高低差调整用图案，形成电容减小用空间 1111。用于电容减小用空间的牺牲层的高低差由牺牲层和高低差调整用图案双方加以调整，因而在活动电极驱动用固定电极 1110 上不会形成膜厚极薄的强度不足的区域。

采用氧等离子处理的工序中，与溶媒中的湿蚀刻不同，可在减压氛围下进行处理。关于液体中的处理中的吸附，在例如 J. Vac. Sci. Technol., Vol. B, p. 1, 1997 中已有记述，可知在表面张力等的影响下干燥工序中吸附非期望部分的情况。因此通过采用抗蚀剂构成的牺牲层，在去除牺牲层后的工序不需要液体中的处理，可防止活动电极和信号传递用固定电极的吸附。

本实施例中，高低差调整用图案采用光刻胶，但采用聚酰亚胺也没有问题。

本实施例中，取为利用牺牲层去除工序去除的材料，但在采用牺牲层去除工序不去除的材料的情况下，活动电极驱动用固定电极的强度进一步得到加强。

实施例 6

图 14 表示在信号传递用固定电极短边方向侧面的位置上形成高低差调整用图案时的开关制造工序的剖面图，其中示出图 2 的 A-A' 剖面图。图 14A 示出用与实施例 4 的情况相同的工序中在高阻硅衬底 1301 上形成氧化硅膜 1302、信号传递用固定电极 1303 和保持电极间绝缘用氧化硅膜 1304。

接着，如图 14B 所示，在信号传递用固定电极 1303 短边方向侧面的位置通过将感光性聚酰亚胺进行旋转涂布、曝光、显像、在加热板上烘焙，形成高低差调整用图案 1305。按形成与后面的工序中所形成活动电极驱动用固定电极，而且能划分牺牲层所形成的高低差的位置和厚度形成高低差调整用图案 1305 的配置位置。接着，如图 14C 所示，形成聚酰亚胺构成的牺牲层 1306。牺牲层端面 1307 的下方存在所述高低差调整用图案 1305，因而从牺牲层表面起的高低差被分割成多个级差，可防止在一个部位形成大的高低差。然后，如图 14D 所示，利用溅射法在整个表面形成 Al 膜 1308。与实施例 5 的情况相同，可在较低温度下成膜，但高低差部的侧面具有难以进行淀积的特性。蒸镀法也具有同样的特征。

进而，如图 14E 所示，用与实施例 4 的情况相同的工序在配置活动电极的规定的部位形成抗蚀掩模，将抗蚀掩模作为掩模，对 Al 进行蚀刻，以形成活动电极 1309。进而，通过去除抗蚀掩模、牺牲层和高低差调整用图案，形成电容减小用空间 1310。用于电容减小用空间的牺牲层的高低差由牺牲层和高低差调整用图案两者加以调整，因而活动电极 1309 中不会形成膜厚极端薄的强度不足区域，能使动作稳定。本实施例利用聚酰亚胺形成高低差调整用图案，但与实施例 5 的情况相同，留到牺牲层去除工序后也没有问题。

图 15 表示在信号传递用固定电极长边方向侧面的位置上形成高低差调整用图案时的开关制造工序的剖面图，其中示出图 2 的 B-B' 剖面图。图 15A 示出用与实施例 4 的情况相同的工序在高阻硅衬底 1401 上形成氧化硅膜 1402、信号传递用固定电极 1403 和保持电极间绝缘用氧化硅膜 1404 的情况。

接着，如图 15B 所示，在信号传递用固定电极 1403 长边方向侧面的位置通过对感光性聚酰亚胺进行旋转涂布、曝光、显像、在加热板上烘焙，形成高低差调整用图案 1405。在形成后面的工序所形成的活动电极侧面的凸部和凹部以及活动电极驱动用固定电极的凹部和凸部的部份的相当于下部的位置，按信号

传递用固定电极的厚度加上保持电极间绝缘用氧化硅膜的厚度所得的厚度，换言之，按高低差调整用图案表面和保持电极间绝缘用氧化硅膜表面离开衬底表面的高度成为相同的厚度，形成高低差调整用图案 1405。

接着，如图 15C 所示，形成聚酰亚胺构成的牺牲层 1406。按信号传递用固定电极 1403 的厚度与保持电极间绝缘用氧化硅膜 1404 的厚度相加所得的厚度形成高低差调整用图案 1405，以使牺牲层的表面，从信号传递用固定电极到高低差调整用图案 1405 的大致端面，离开衬底表面的高度恒定。

然后，如图 15D 所示，利用溅射法在整个表面形成 Al 膜 1407。进而，用实施例 4 的情况相同的工序在配置活动电极和活动电极驱动用固定电极的规定部位形成光刻胶构成的活动电极形成用掩模 1408 和活动电极驱动用固定电极形成用掩模 1409。活动电极驱动用电极形成用掩模的一部份位于高低差调整用图案 1405 的上部，成为活动电极驱动用电极的凸部和凹部的形成区 1410，借助高低差调整用图案 1405，成为与活动电极掩模表面相同的高度。

图 15D 中，未标出活动电极侧面形成的凸部和凹部，但其位置与活动电极驱动用固定电极所形成的凸部和凹部相同。其结果是，活动电极驱动用固定电极的凹部和凸部以及活动电极侧面形成的凸部和凹部，其形成区高度相同。因而，由于曝光机的焦点深度的问题，在高度不同的部分不能形成的微细图案，其形成相当于对高度相同的部分形成图案，可形成较微细的图案。

接着，如图 15E 所示，将抗蚀掩模作为掩模，对 Al 进行蚀刻，形成活动电极 1411 和活动电极驱动用固定电极 1412。然后，通过去除抗蚀掩模、牺牲层和高低差调整用图案，形成电容减小用空间 1413。这样，通过应用本实施例，对活动电极侧面的凸部和凹部以及活动电极驱动用固定电极的凹部和凸部能形成较微细的图案。

实施例 7

图 16 是表示在活动电极上形成去除牺牲层用的孔的情况下的开关的立体图。活动电极 1503 上形成多个牺牲层去除用孔 1508。无牺牲层去除用孔时，仅能从活动电极侧面的凹部和凸部与活动电极驱动用固定电极 1504 的凹部和凸部组成的空间以及活动电极驱动用固定电极两端部 1509 的部分去除牺牲层。实际的开关为了在低电压高速进行通断动作，去除牺牲层需要将活动电极侧面凸部和凹部与活动电极驱动用固定电极 1504 的凹部和凸部组成的空间设计为 $1\mu\text{m}$ 以下，活动电极驱动用固定电极两端部 1509 的牺牲层空间也需要设计成 $1\mu\text{m}$ 以下。而且，活动电极 1503 的长度为约 $400\mu\text{m}$ 。仅从活动电极凸部和凹

部与活动电极驱动用固定电极 1504 的凹部和凸部组成的空间以及活动电极驱动用固定电极两端部对这样狭小的区域去除牺牲层时，不仅牺牲层去除工序花费时间，而且发生不能完全去除牺牲层的问题。通过在活动电极 1503 上形成牺牲层去除用孔 1508，能方便地去除牺牲层。尤其在本实施例中，将活动电极驱动用固定电极 1504 配置在活动电极侧面，因而与活动电极侧面没有任何成为去除牺牲层的障碍的情况不同，不设置牺牲层去除用孔的情况下，就更难去除牺牲层。上述牺牲层去除用孔即使为 $1\mu\text{m}$ 左右，也具有足够的效果。该孔的尺寸希望设计得大小不影响流过活动电极的信号。

牺牲层去除用孔 1508 在去除牺牲层后使本开关在大气中动作时，活动电极接触信号传递用固定电极的过程中，成为活动电极下方空间内气体的退路，并且在已接触的活动电极脱离信号传递用固定电极时，成为气体的入口，能防止气体的黏性阻碍活动电极移动。

实施例 8

图 17 是在活动电极驱动用固定电极上形成牺牲层去除用孔时的开关的工序剖面图。用与本发明实施例 4 的情况相同的工序形成高阻硅衬底 1601 上的氧化硅膜 1602、信号传递用固定电极 1603、保持电极间绝缘用氧化硅膜 1604、牺牲层 1605 后，如图 17A 所示，在衬底的整个表面形成金属 1606，然后，在配置活动电极和活动电极驱动用固定电极的规定部位形成抗蚀掩模 1607。在抗蚀掩模 1607，在形成活动电极驱动用固定电极的规定区域设置形成牺牲层去除用孔用的牺牲层去除用孔形成图案 1608。然后，将所述抗蚀掩模作为掩模，对金属进行蚀刻，形成活动电极 1609 和活动电极驱动用固定电极 1610。进而如图 17B 所示，再在去除抗蚀掩模后，去除牺牲层，以形成电容减小用空间 1611，但牺牲层的去除也从牺牲层去除孔 1612 进行，因而能将牺牲层去除得无残留。

实施例 9

图 18 是表示活动电极 1702 通过绝缘保持用氧化膜 1704 接触信号传递用固定电极 1703 时的，活动电极 1702 和活动电极驱动用固定电极 1701 的位置的示意图。活动电极 1702 即使在接触信号传递用固定电极 1703 的状态下，也具有垂直方向上重叠的部分，因而形成平行平板电容形成区 1705。平行平板电容形成区 1705 中，在活动电极驱动用固定电极 1701 与活动电极 1702 之间施加电压时的静电力与实施例 2 时相同，能用式 (4) 求出。然而，不形成平行平板电容时，不产生式 (4) 的力，驱动活动电极 1702 的力非常小。这样，即使在活动电极 1702 接触信号传递用固定电极 1704 的状态下，活动电极侧面上形

成的多个凸部和凹部和活动电极驱动用固定电极 1701 上形成的凹部和凸部也是具有垂直方向上重叠的部分的结构，因而能产生较大的静电力。

实施例 10

图 19 是表示活动电极接触信号传递用固定电极时，活动电极在长度方向上偏移 g 的情况下，活动电极 1802 和活动电极驱动用固定电极 1801 的位置的示意图。由于活动电极偏移，使原来活动电极侧面上形成的凸部和活动电极驱动用固定电极上形成的凹部所形成的规定空间 d 缩小 $d - g$ 。在这种状态下，对活动电极 1802 和活动电极驱动用固定电极 1801 的作用力可用实施例 3 的情况下相同的考虑方法，活动电极 1802 与活动电极驱动用固定电极 1801 之间施加电压 V 时移动距离 x 的点上，在两电极的衬底平面方向上作用的力按照式 (6) 的关系起作用。

$$F(x) = -\frac{V^2}{2} \frac{\partial C}{\partial x} = \frac{n}{2} h l \varepsilon_0 \left\{ \frac{1}{(d - g - x)^2} - \frac{1}{(d + g + x)^2} \right\} V^2 \quad \dots\dots (6)$$

活动电极 1802 与活动电极驱动用固定电极 1801 之间持续施加电压时，与实施例 3 的情况相同，不仅阻碍活动电极 1802 移动，而且产生引起破坏的问题。然而，使在活动电极 1802 与活动电极驱动用固定电极之间施加电压的时间为在活动电极侧面形成的凸部和活动电极驱动用固定电极 1801 上形成的凹部所形成的规定空间以及活动电极驱动用固定电极 1801 的凸部和活动电极侧面的凹部所形成的空间中，移动最短距离（本实施例中移动 $d - g$ 的距离）所需的时间以下，即使活动电极 1802 以在活动电极 1802 的长度方向上偏移的状态接触信号传递用固定电极的情况下，也能防止电极吸附造成的动作受阻和破坏。

实施例 11

图 20A 和图 20B 分别表示应用本发明和不用本发明时的开关通断状态。如图 20A 所示，应用本发明时，即使在信号传递用固定电极输入大信号的情况下，活动电极也仍然保持为阻断状态。反之，不用本发明时，如图 20B 所示，对活动电极与活动电极驱动用固定电极之间电压的施加，仅在从提供活动电极与信号传递用固定电极之间施加的电压的状态变化到不提供该电压的状态时，以脉冲方式提供，其后活动电极与活动电极驱动用固定电极之间即使不施加电压，活动电极也仍然保持阻断状态。但是，信号传递用固定电极流过的信号为某固定值以上的电压时，在活动电极与信号传递用固定电极之间作用着信号引起的静电引力，产生活动电极变成接通状态的误动作。通过上述那样应用的本发明，可防止流过信号传递用固定电极的信号使活动电极与信号传递用固定电极接

触。

实施例 12

图 12 是本发明的开关用作天线收发开关时的电路的例子。为了进行天线 2007 与输入侧放大器和输出侧放大器的切换,各放大器的输入输出之间连接串联开关 2003、2005 和接地开关 2004、2006。输出侧放大器连接点 2001 与天线 2007 之间接通时,开关 2003 为导通状态,同时开关 2004 为阻断状态,因而使输出侧放大器与天线之间接通。输入侧放大器连接点 2002 与天线 2007 之间,开关 2005 为阻断状态,而且开关 2006 为导通状态,所以达到进一步完全阻断的状态。

反之,输入侧放大器连接点 2002 与天线 2007 之间接通时,开关 2005 为导通状态,开关 2006 为阻断状态,使输入侧放大器与天线之间接通。输出侧放大器连接点与天线之间因开关 2003 为阻断状态,同时开关 2004 为导通状态,所以达到进一步完全阻断的状态。

根据本实施例,输入侧、输出侧都将开关 2003、2005 的信号传递用固定电极连接到天线侧,并使开关 2004、2006 的活动电极与接地侧连接,从而可将活动电极与活动电极驱动用固定电极之间的寄生电容引起的损耗和阻断欠佳的情况抑制到最小。

图 22 是本实施例的开关电路的立体图。图 22 仅画出作为输入侧或输出侧的一侧。串联开关 2101 的信号传递用固定电极与天线接通,活动电极连接到接地开关 2102 的信号传递用固定电极和放大器。另一方面,接地开关 2102 的活动电极连接到接地侧。

放大器与天线之间接通时,串联开关 2101 的活动电极与信号传递用固定电极之间为导通状态,接地开关 2102 的活动电极与信号传递用固定电极之间为阻断状态。该状态下,仅接地开关 2102 的活动电极与活动电极驱动用固定电极之间的寄生电容的增加影响信号损耗。另一方面,放大器与天线之间阻断时,串联开关 2101 的活动电极与信号传递用固定电极之间为阻断状态,接地开关 2102 的活动电极与信号传递用固定电极之间为导通状态,对信号损耗和阻断欠佳有影响的寄生电容不增加。这样应用本实施例,寄生电容发生增加的部分仅为一处,可将损耗和阻断欠佳的情况抑制于最小。

实施例 13

组成本发明这种机构的开关时,通常多数用导电材料形成梁结构,用硅等半导体材料形成衬底。因此,如已有技术中说明的那样,工作环境变动,并产

生温度变化的情况下，由于梁材料与衬底材料的热膨胀系数不同，应力发生变化。式（7）示出该应力变化。 S'_{11} 、 S'_{12} 分别表示对结晶方向的顺应性（compliance）， $\Delta\alpha$ 表示热膨胀系数之差， Δt 表示温度变化。

$$\sigma_{11} = \frac{1}{((S')_{11} + (S')_{12})} \cdot \Delta\alpha \cdot \Delta t \quad \dots\dots (7)$$

现假设梁为铝，衬底为硅，则其热膨胀系数分别为 24×10^{-6} [1/K]、 3.0×10^{-6} [1/K]，因而产生温度差 100℃ 时，应力变化为 238MPa。本实施例补偿这种温度变化。

图 23 示出梁的内应力与响应时间的关系。这里示出梁的宽度为 $5 \mu\text{m}$ ，长度为 $400 \mu\text{m}$ ，厚度为 $0.7 \mu\text{m}$ 的情况。如果梁的内应力发生变化，则梁的弹力常数变化，但在弹力比静电力小得多的范围，静电力占支配地位，因而不影响响应时间。然而，内部应力发生变化，使残留应力接近 0 时，不能忽略重力的影响，梁发生弯曲。这时，仅用信号线电极和活动电极组成的结构需要考虑最大弯曲的大小，设计活动电极与固定电极的间隙。因此，即使内部应力为 0 的温度下，也需要使梁与电极之间充分隔开距离，以便得到期望的间隙。于是，在某一温度下存在超过需要的间隙，响应时间必然缓慢。

因此，本实施例中，在活动电极与活动电极驱动用固定电极之间施加控制电压，提供静电力，这样，即使是温度变化也不使间隙减小，形成即使温度有变化也总将活动电极拉向活动电极驱动用电极，从而具有温度补偿功能。图 23 示出使控制电压变为 3V、5V、7V 时的特性。

实施例 14

实施例 1 至实施例 13 采取向信号传递用固定电极输入信号的结构。这是因为，如图 18 所示，活动电极在接触信号传递用固定电极的状态下，与活动电极驱动用固定电极之间产生电容形成区 1705。即假设采取向活动电极输入信号后，将信号传到固定电极的结构的情况下，活动电极与固定电极接触的状态下，活动电极也与活动电极驱动用电极耦合，因而产生信号损耗。然而，为了提高布局自由度，需要采取向活动电极侧输入信号的结构。这种情况下，如图 24 所示，使梳齿电极 2401 的宽度 a 缩小，从线路看，梳齿的阻抗提高，高频信号不能进到梳齿电极侧。为了在活动电极与活动电极驱动用电极之间产生静电力，对施加直流电位用的梳齿施加电位，但梳齿区阻抗变高，因而变成高频信号不输入梳齿的结构。因此，活动电极和活动电极驱动用电极不通过梳齿部耦合高频信号。

例如梳齿电极 24 的宽度 a 为 $10 \mu\text{m}$ ，长度 b 为 $20 \mu\text{m}$ ，梳齿间的间隙为

0.6 μm 时，梳齿的形状相同，但梳齿根部具有宽 0.5 μm 台阶状的成为阻抗的线路结构（图 25）的情况下，梳齿间耦合高频信号，因而损耗发生变化。假设梳齿为 200 个，在这种情况下产生 0.1dB 左右的差。当然，梳齿的数量越多，此效果越有用。

不用台阶结构而通过减小梳齿宽度提高阻抗也可。还可以仅梳齿部分用电阻分量高的材料构成，以防止耦合高频信号。

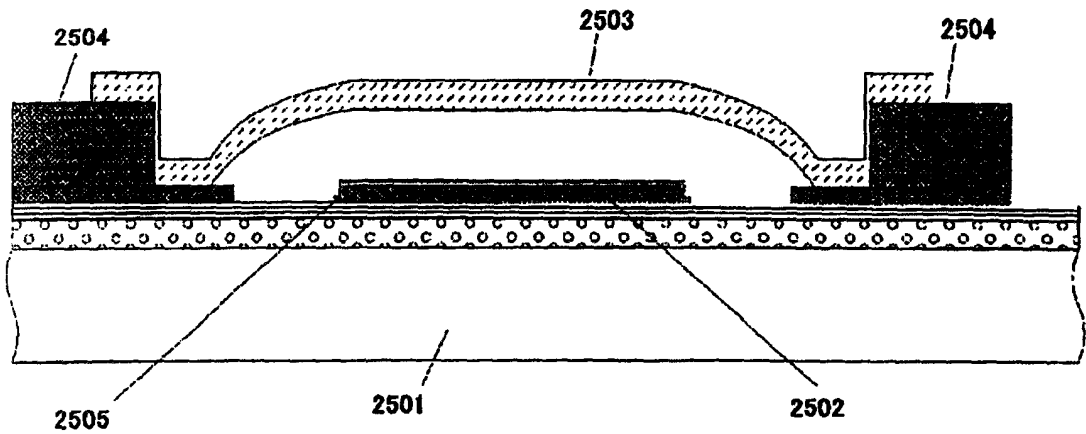


图 1A

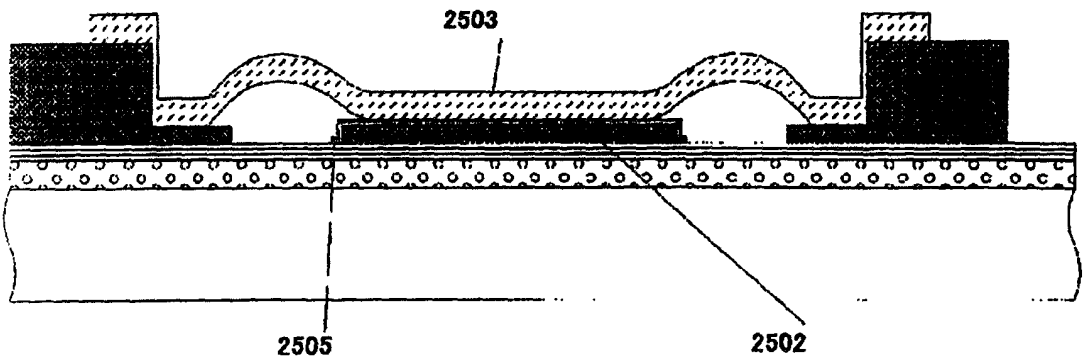


图 1B

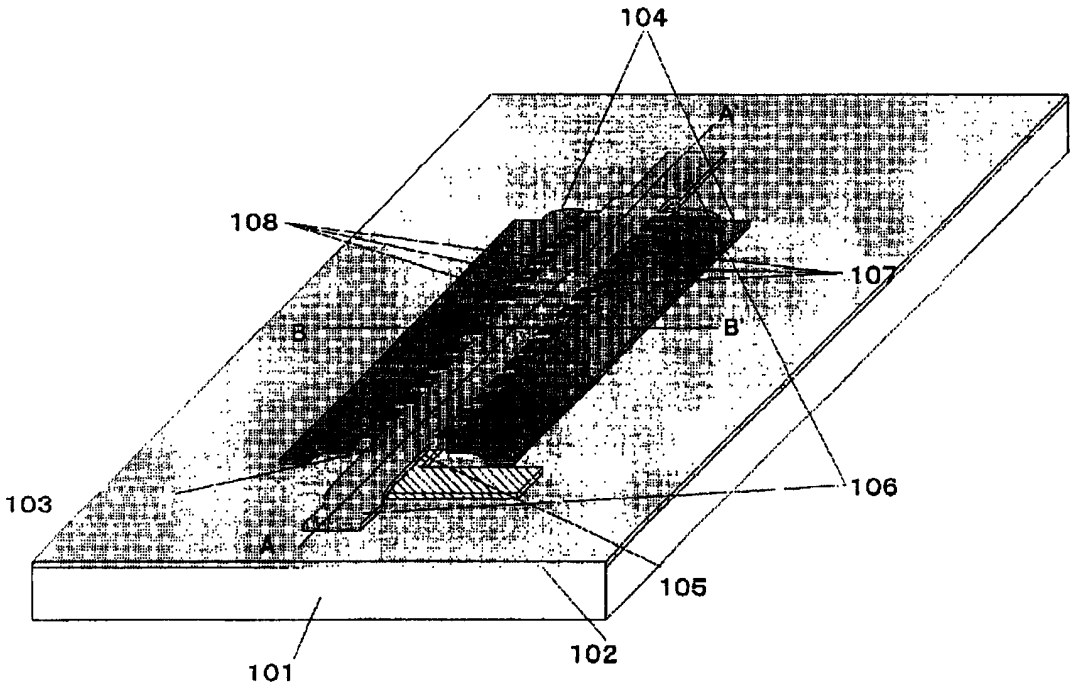


图 2

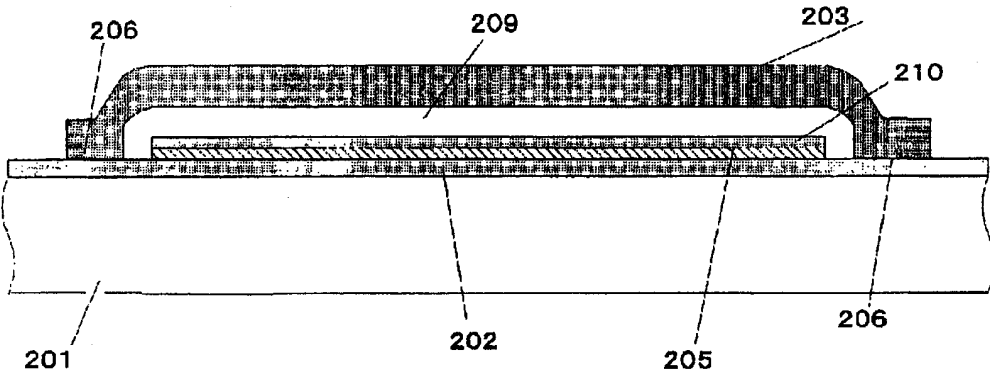


图 3

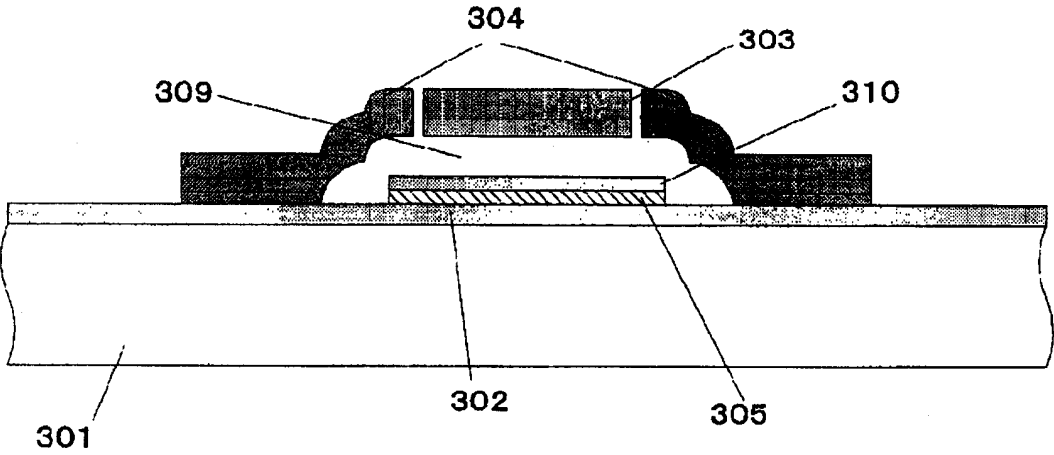


图 4

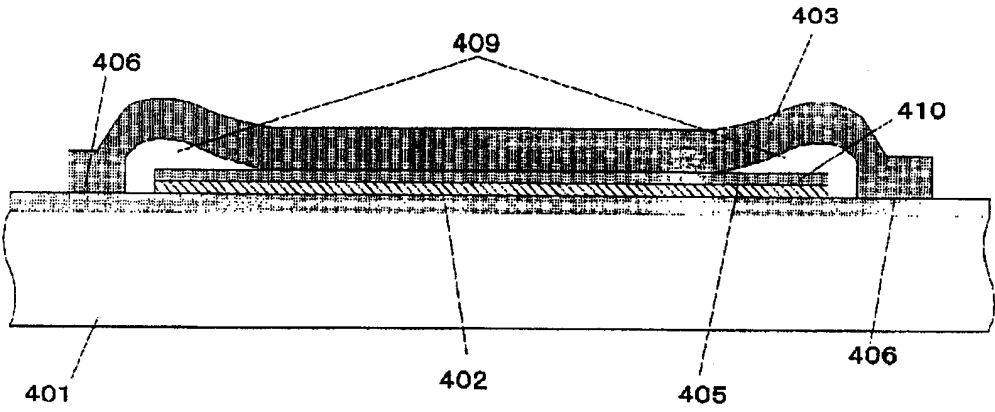


图 5

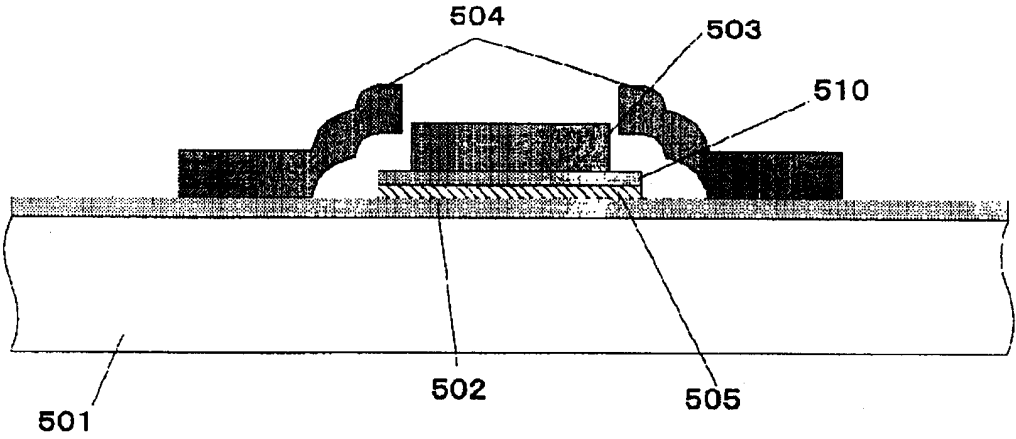


图 6

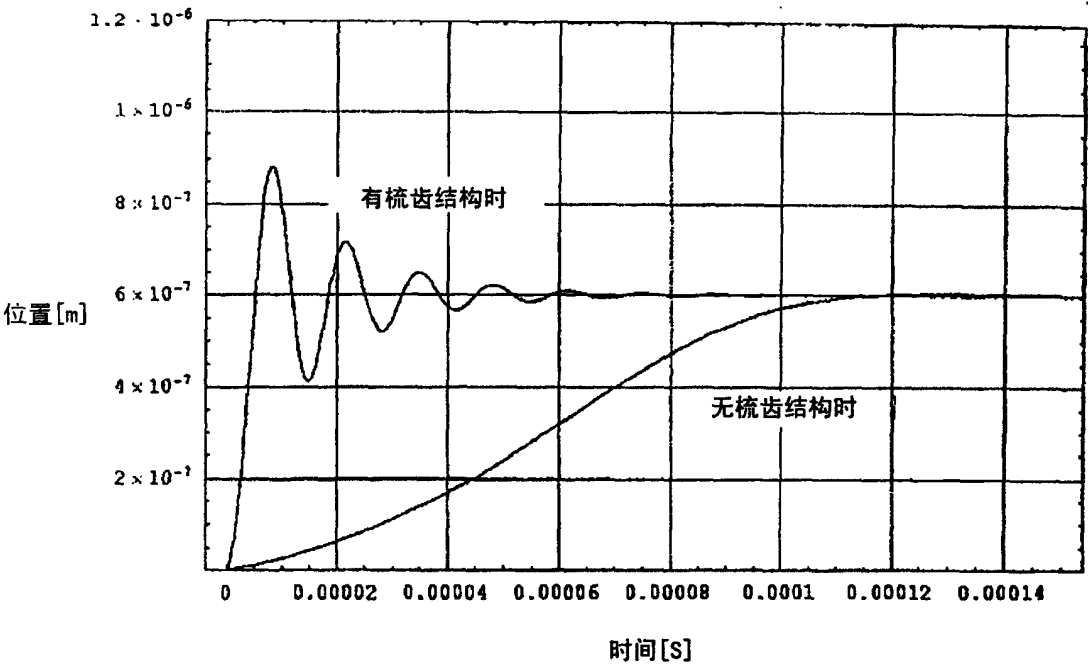


图 7

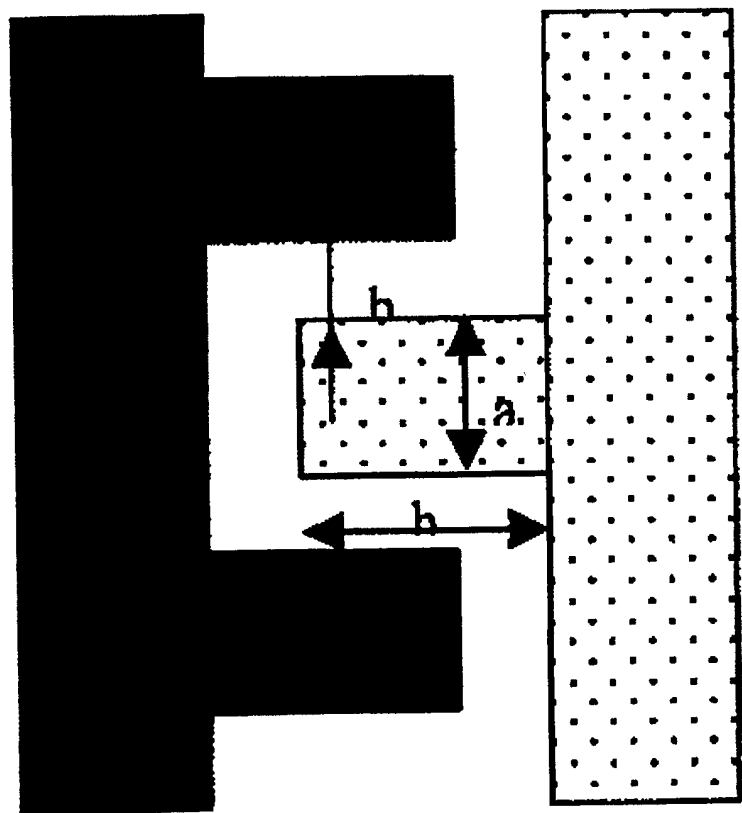


图 8

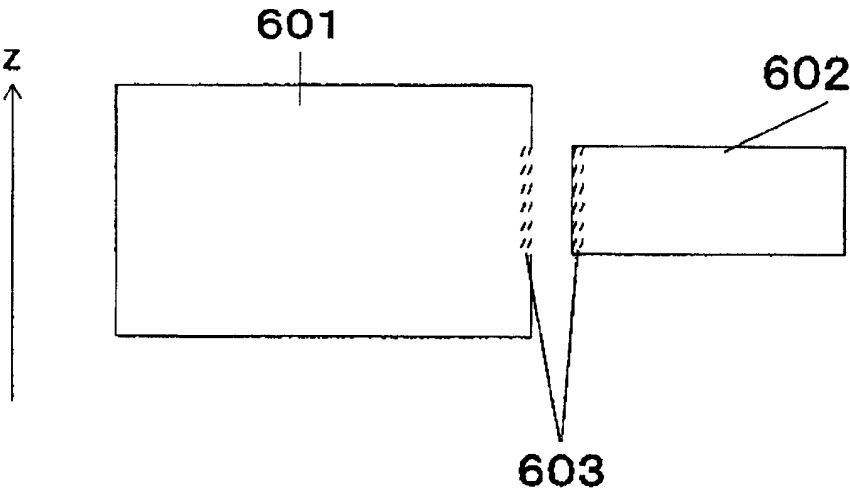


图 9

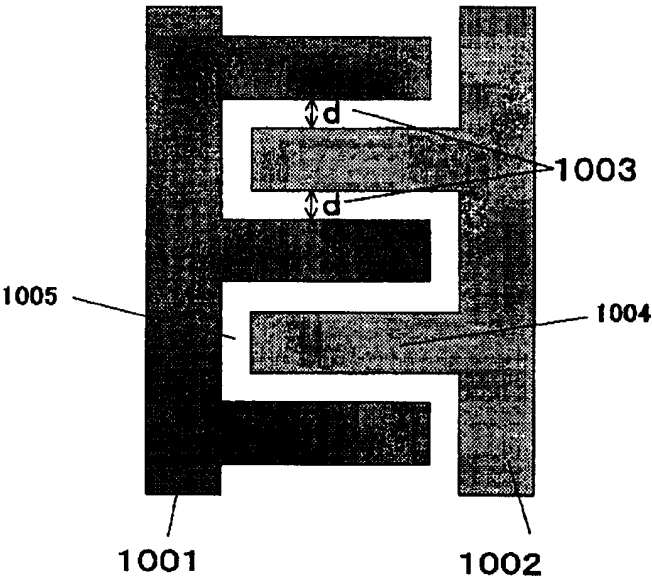


图 10A

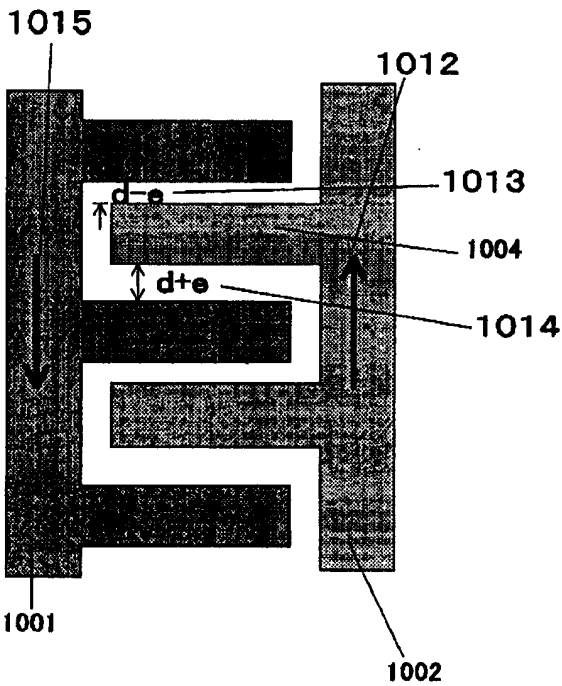


图 10B

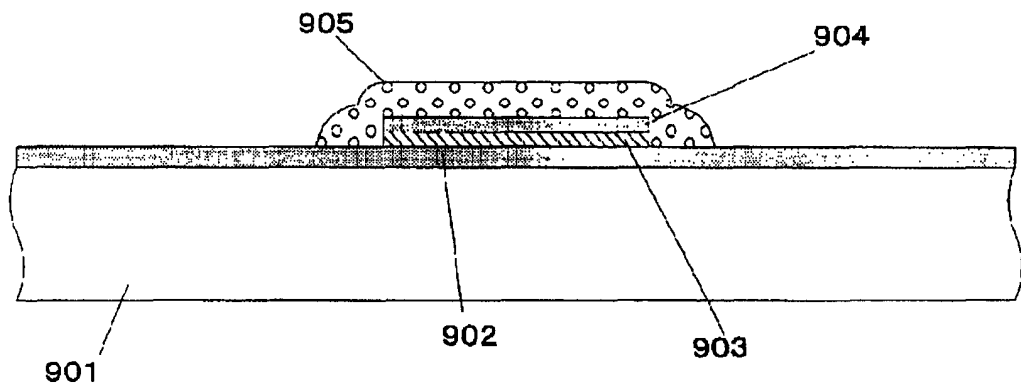


图 11A

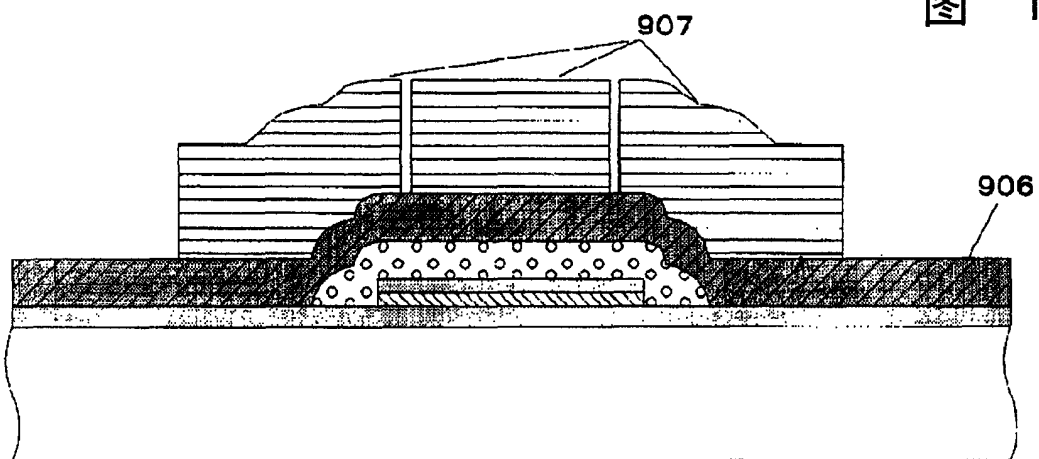


图 11B

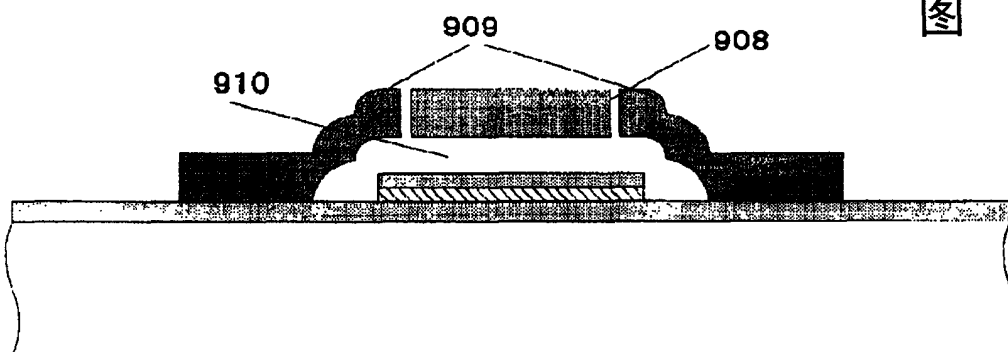


图 11C

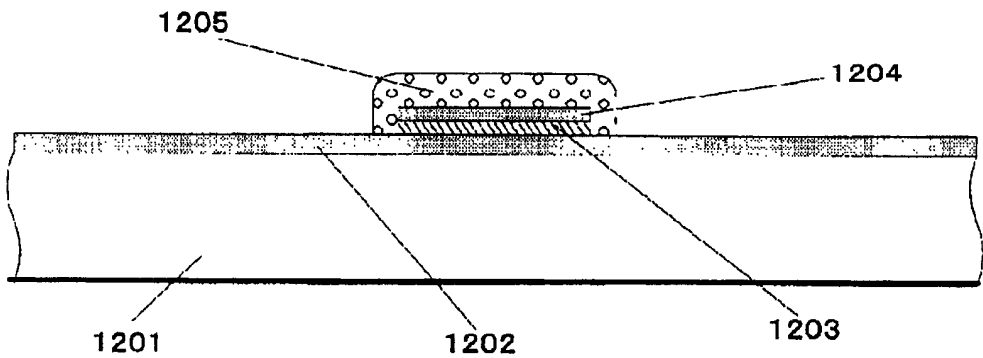


图 12A

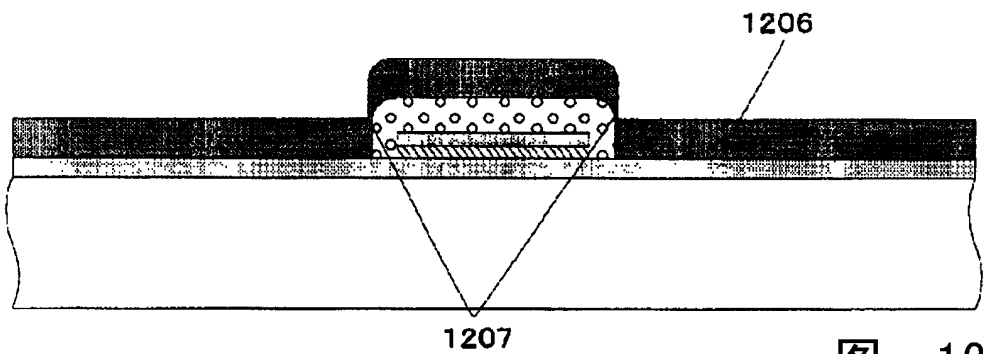


图 12B

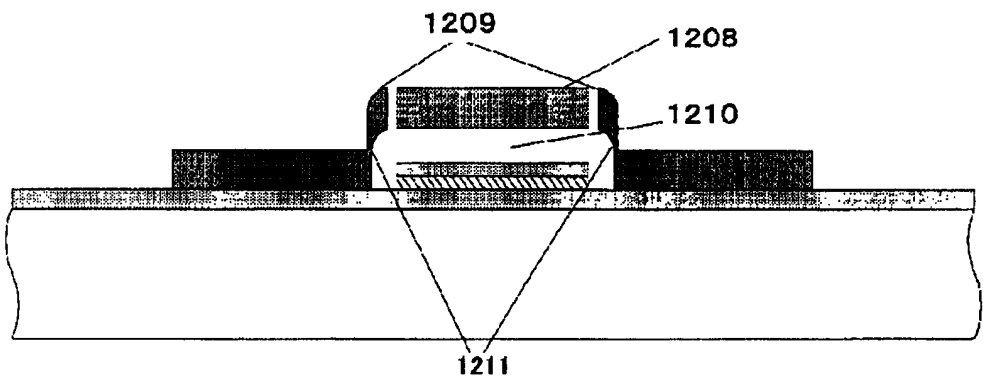
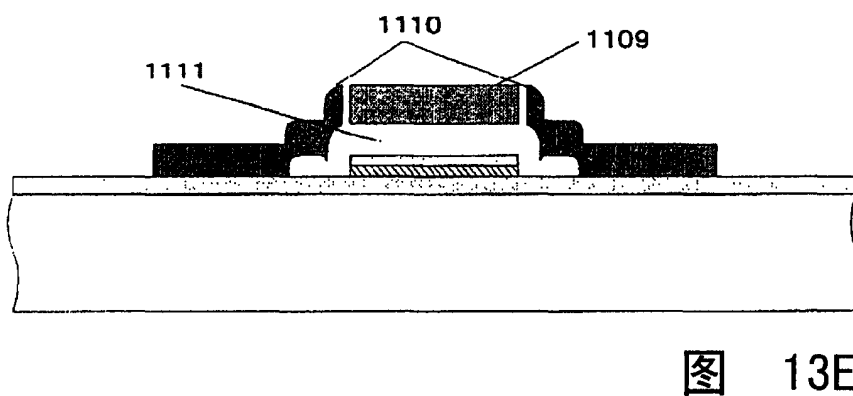
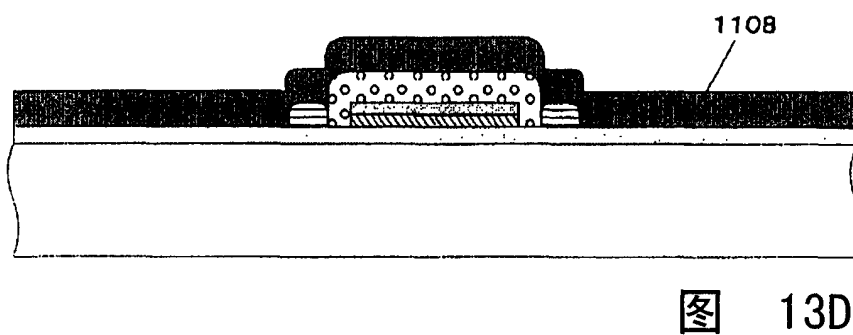
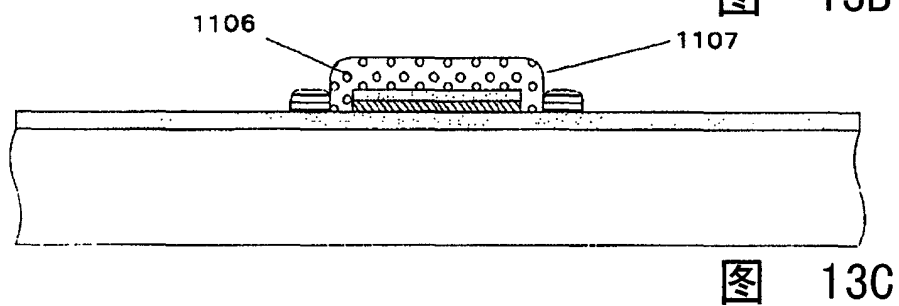
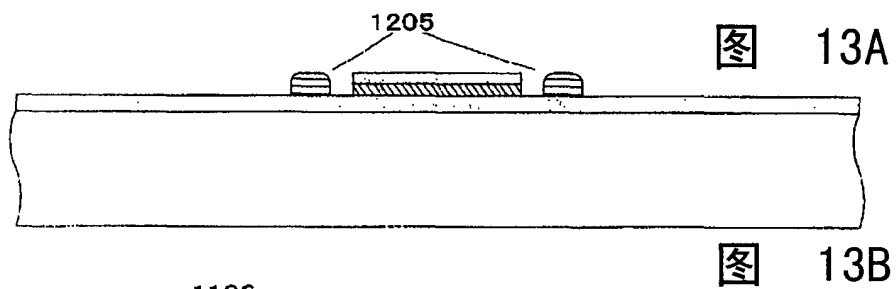
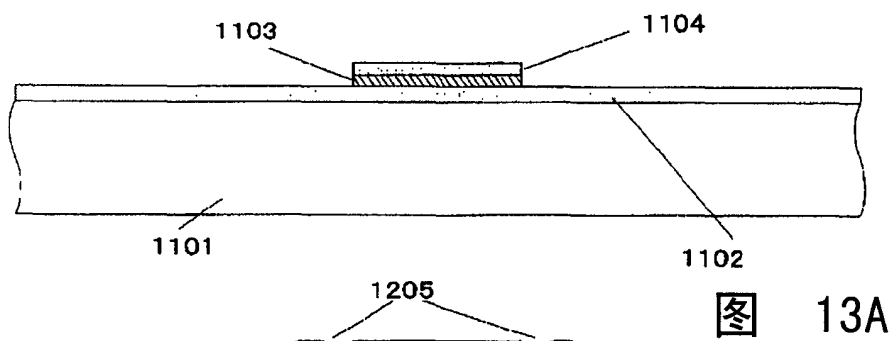


图 12C



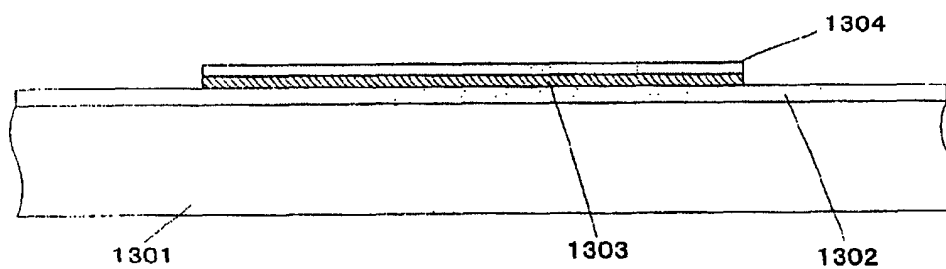


图 14A

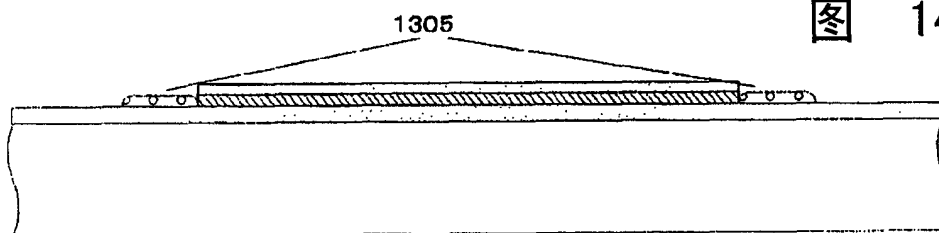


图 14B

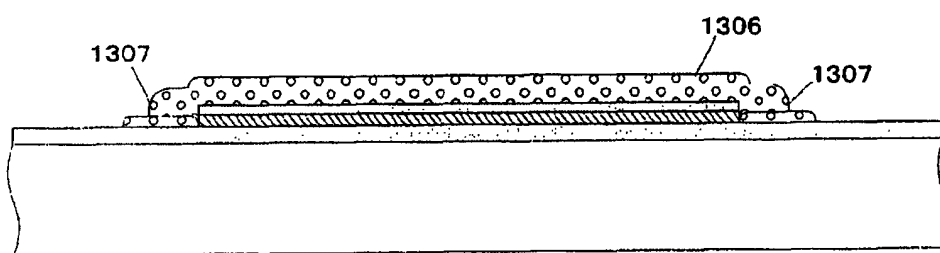


图 14C

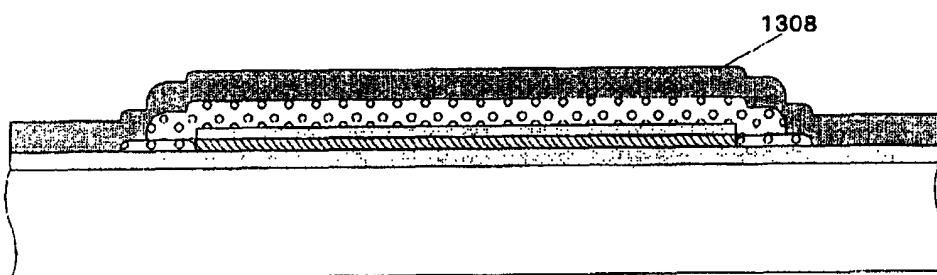


图 14D

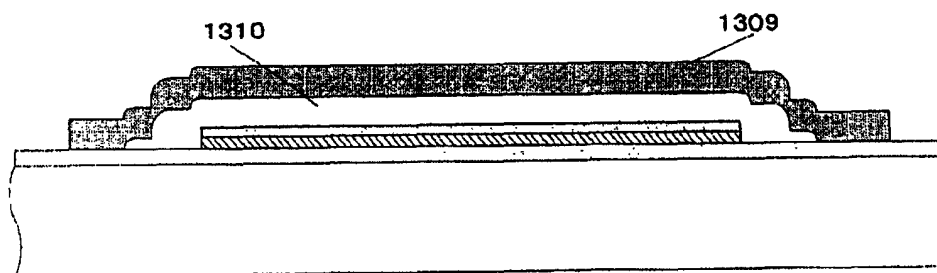


图 14E

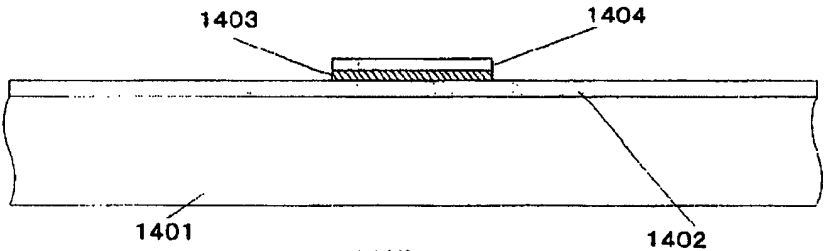


图 15A

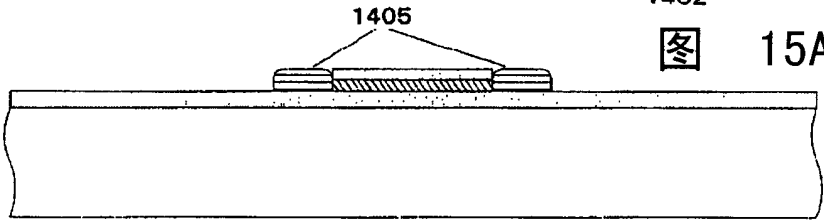


图 15B

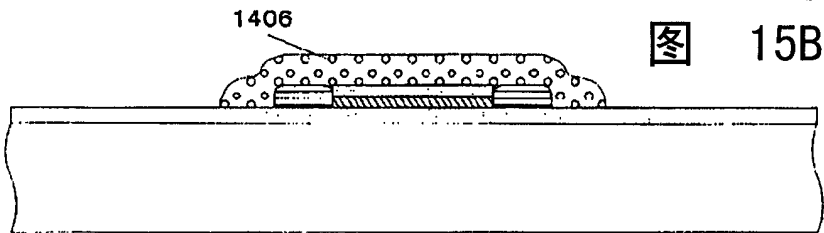


图 15C

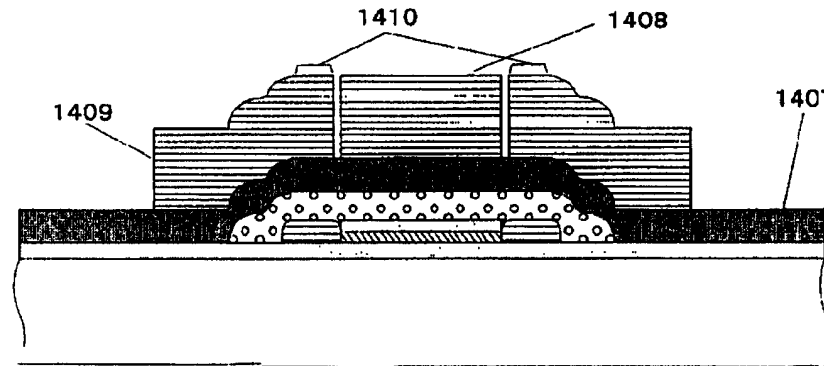


图 15D

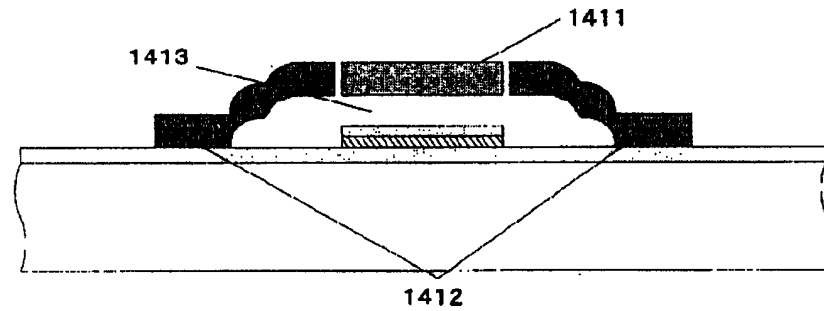


图 15E

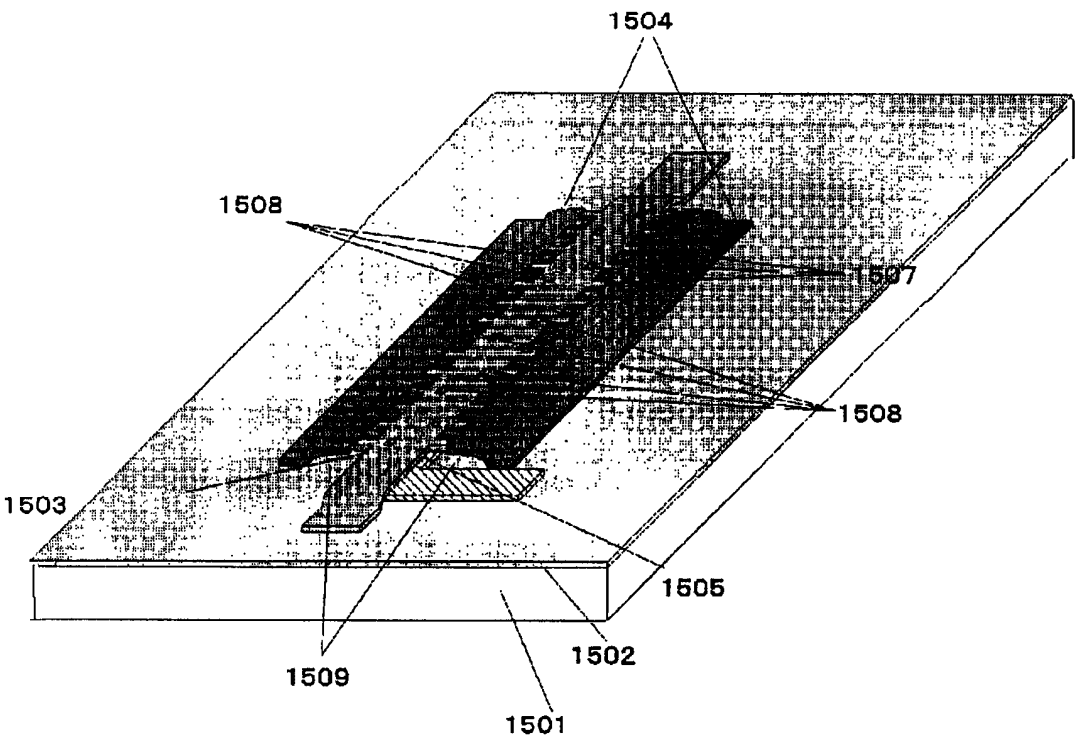


图 16

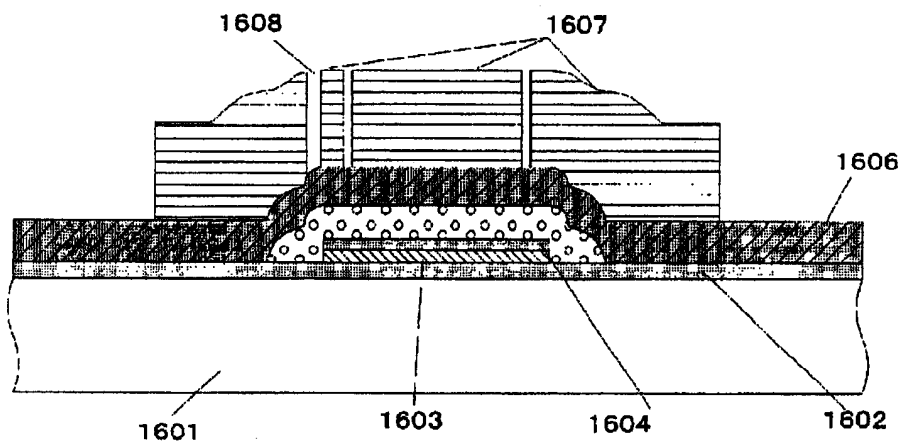


图 17A

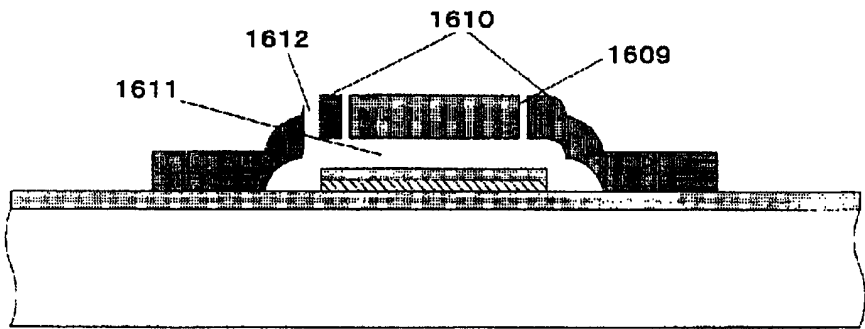


图 17B

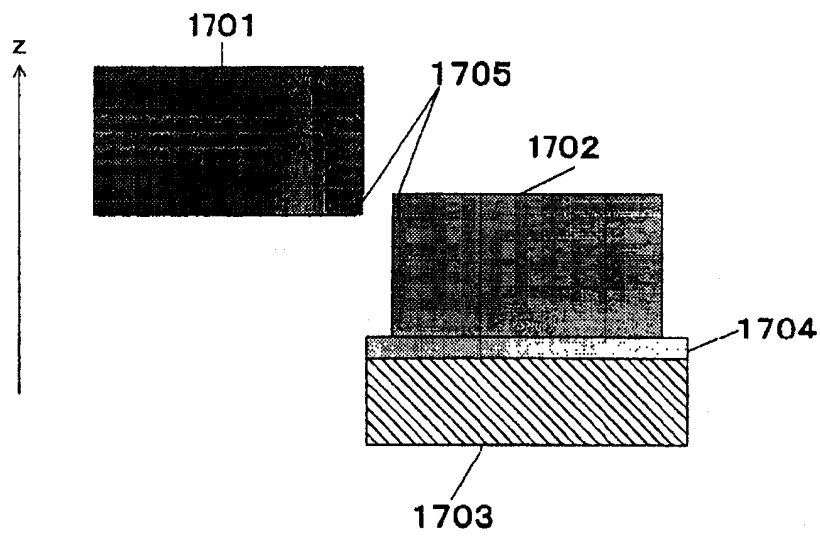


图 18

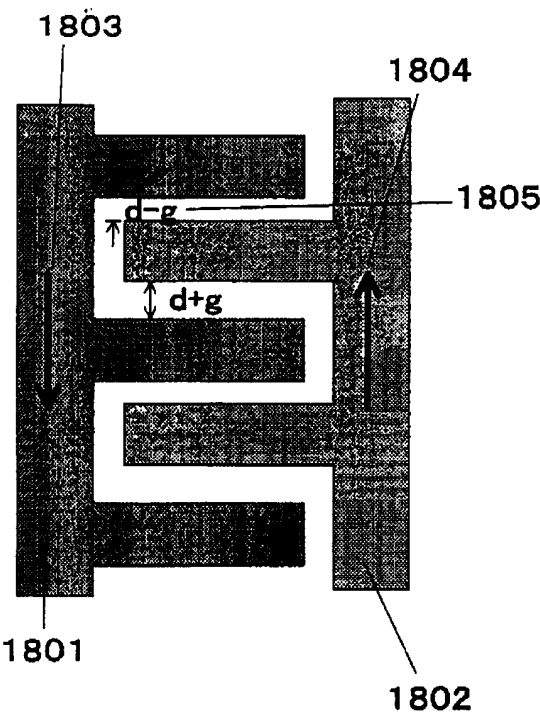


图 19

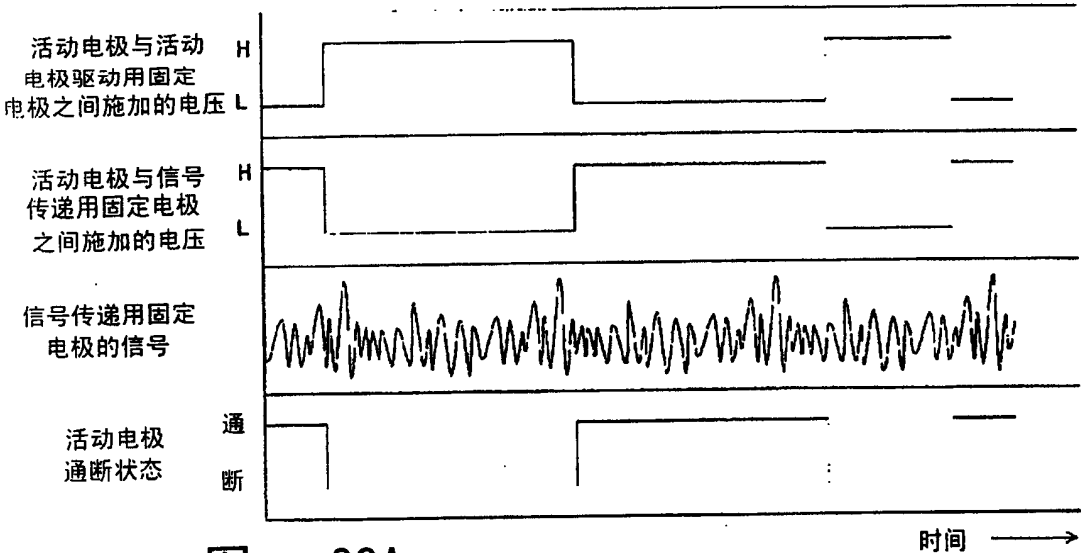


图 20A

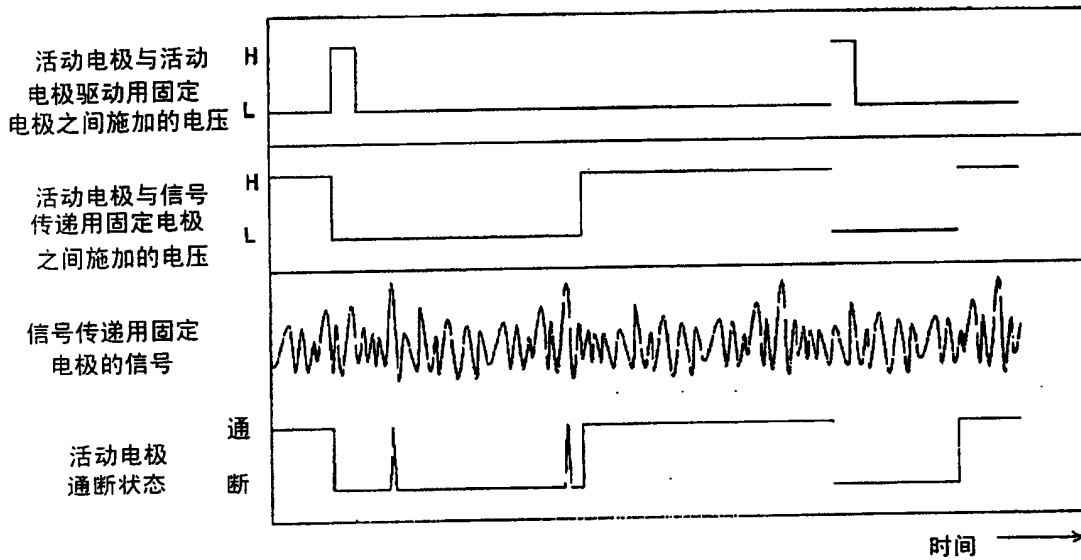


图 20B

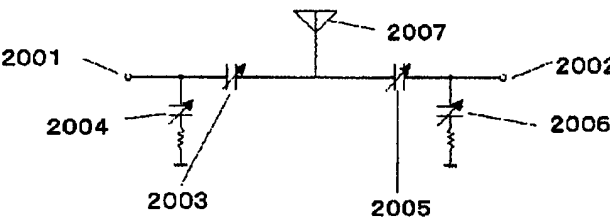


图 21

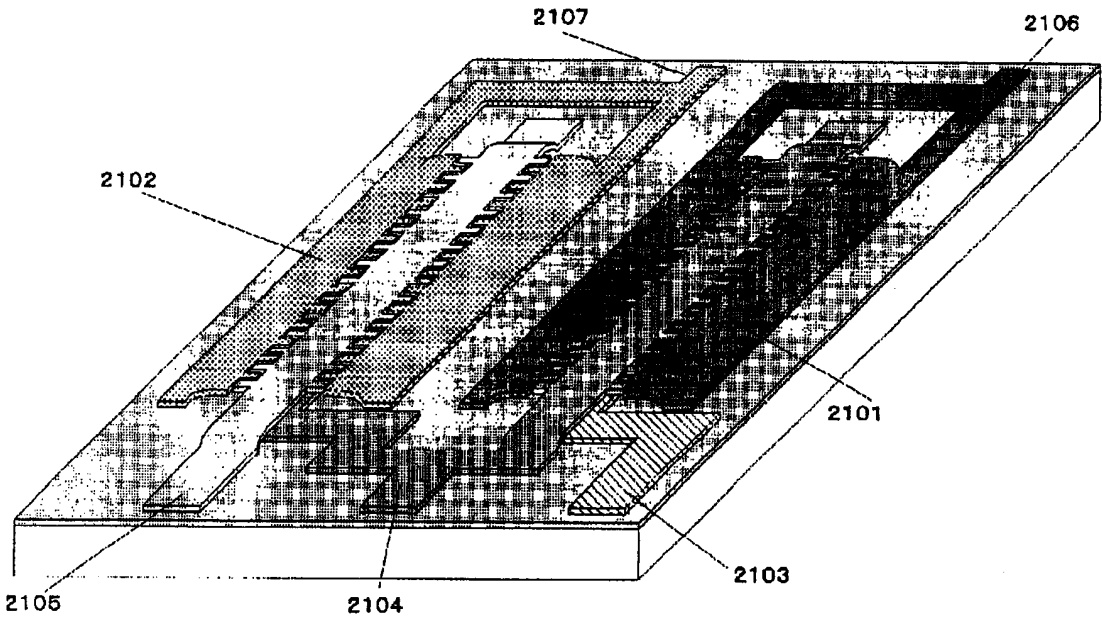


图 22

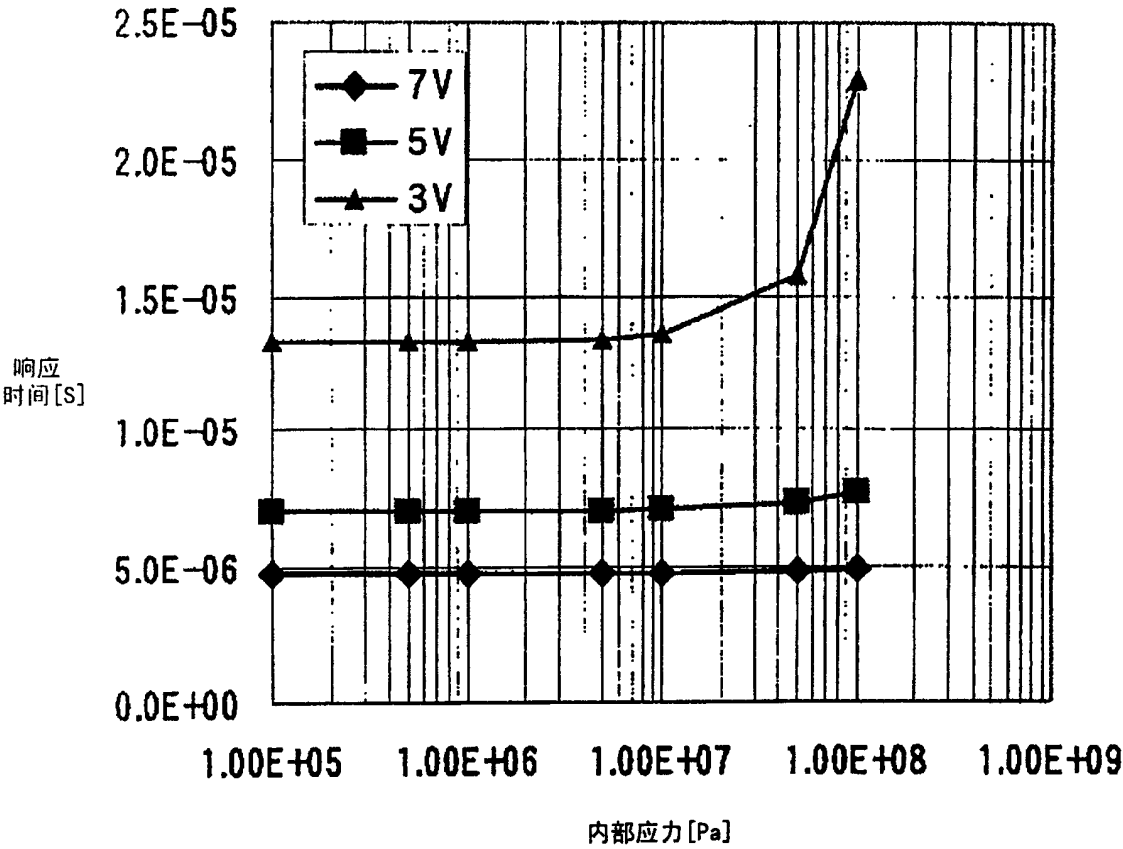


图 23

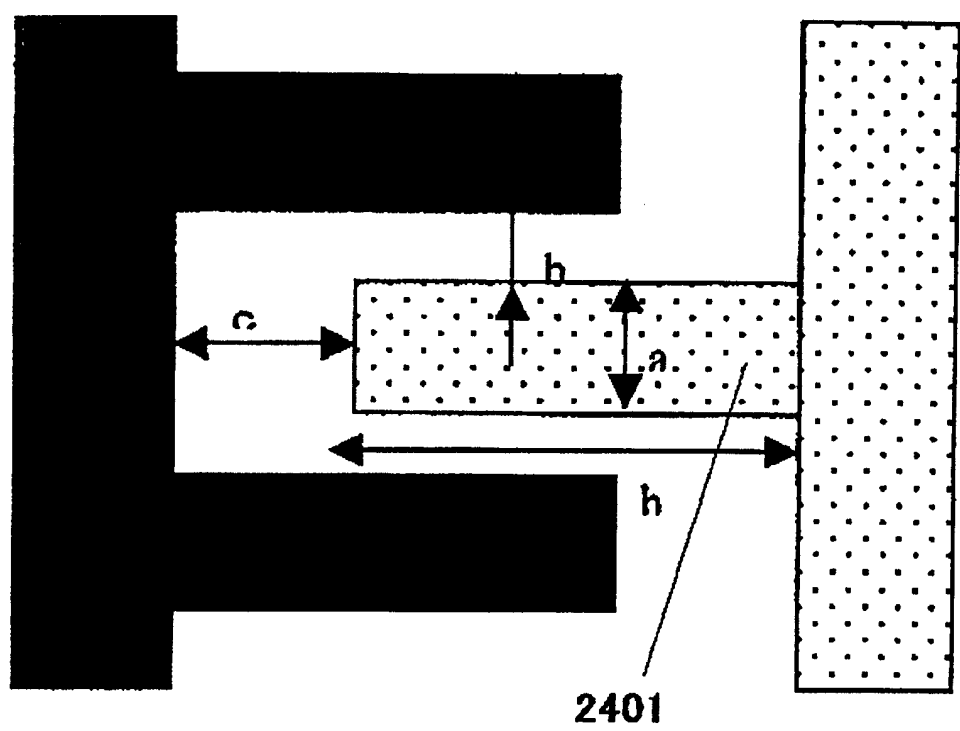


图 24

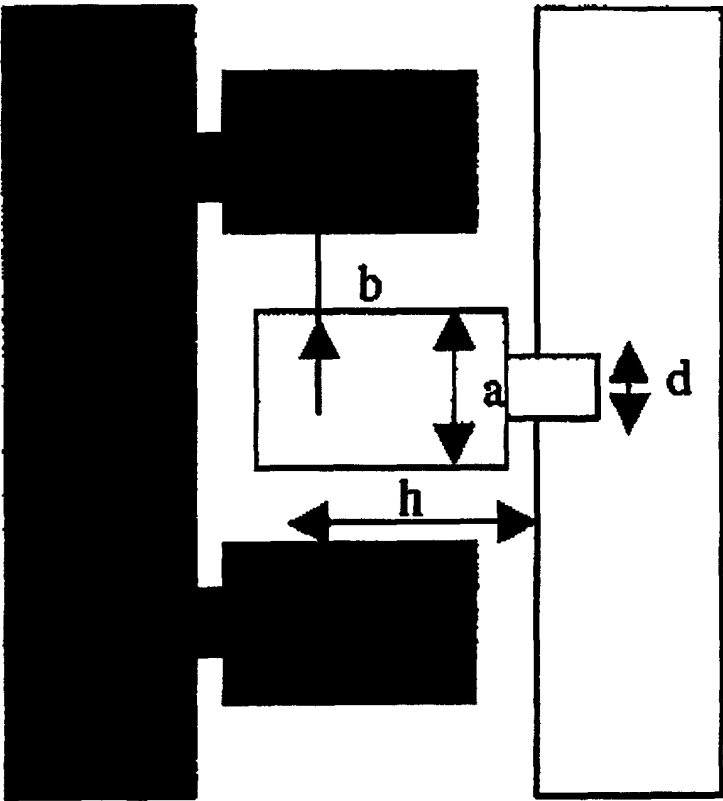


图 25