



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200310122590.7

[45] 授权公告日 2009 年 3 月 25 日

[11] 授权公告号 CN 100472690C

[22] 申请日 2003.12.12

[21] 申请号 200310122590.7

[30] 优先权

[32] 2002.12.12 [33] JP [31] 2002-361113

[32] 2003.10.6 [33] JP [31] 2003-347181

[73] 专利权人 株式会社村田制作所

地址 日本京都府长冈京市

[72] 发明人 川合浩史

[56] 参考文献

US6376787B1 2002.4.23

US6143997A 2000.11.7

US6307452B1 2001.10.23

Innovative micromachined microwave switch with very low insertion loss. CHANG C ET AL. SENSORS AND ACTUATORS A, Vol. 79 No. 1. 2000

审查员 傅 琦

[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

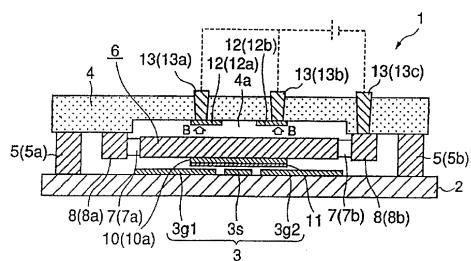
权利要求书 6 页 说明书 17 页 附图 14 页

[54] 发明名称

射频微机电系统开关

[57] 摘要

一种 RF - MEMS 开关包括其之间在 RF 信号传导单元的 RF 信号传导的方向上有间距地设置在该 RF 信号传导单元上面的多个可移动电极。该开关设置了可移动电极移动单元，用来使所有可移动电极同时向接近或离开 RF 信号传导单元的相同方向移动。夹在可移动电极之间的 RF 信号传导单元的电气长度用以下状态设定，当可移动电极从离开 RF 信号长度单元方向移动且 RF 信号传导单元的信号传导被接通时，使得由包含在面向可移动电极的 RF 信号传导单元位置处反射的信号的混合信号的振幅小于在面向可移动电极的 RF 信号传导单元位置处反射的每个信号的振幅。



1. 一种射频微机电系统开关，其特征在于，所述开关包括：

衬底；

射频信号传导单元，它被设置在所述衬底上；

多个可移动电极，所述多个可移动电极在所述射频信号传导单元的信号传导方向上相互之间有间距，并且所述多个可移动电极被设置在所述射频信号传导单元的上方；和

可移动电极移动单元，用于把所述多个可移动电极同时同方向地移向或移离所述射频信号传导单元；

其中，当所述可移动电极移动单元将所有所述多个可移动电极移离所述射频信号传导单元从而将所述多个可移动电极设置在信号接通的位置时，所述射频信号传导单元的射频信号的传导被接通；

当所述可移动电极移动单元将所有所述多个可移动电极移向所述射频信号传导单元从而将所述多个可移动电极设置在信号断开的位置时，所述射频信号传导单元的射频信号的传导被断开；和

所述射频信号传导单元夹在所述多个可移动电极之间的电气长度使得当所述多个可移动电极被设置在信号接通的位置时，在所述射频信号传导单元面向所述多个可移动电极的各位置处所反射的各射频信号所组成的混合信号的振幅小于在所述射频信号传导单元面向所述多个可移动电极的各位置处所反射的每个信号的振幅。

2. 如权利要求 1 所述的射频微机电系统开关，其特征在于，所述多个可移动电极包括一对可移动电极，并且当所述可移动电极移动单元将该对可移动电极设置在信号接通的位置时，所述射频信号传导单元夹在该对可移动电极之间的电气长度等于所述射频信号传导单元之传导射频信号波长的四分之一。

3. 如权利要求 1 所述的射频微机电系统开关，其特征在于，所述开关进一步包括绝缘薄膜，所述绝缘薄膜被设置在所述射频信号传导单元之表面和所述可移动

电极之表面中的至少一个表面上，其中所述射频信号传导单元的表面面向着所述可移动电极的表面。

4. 如权利要求 1 所述的射频微机电系统开关，其特征在于，所述射频信号传导单元包括共面线和微带线中的一种，并且所述射频微机电系统开关是用来接通或断开所述共面线或微带线之信号传导的分流开关器件，利用可移动电极和射频信号传导单元之间电容的变化，起着射频信号传导单元的作用。

5. 如权利要求 1 所述的射频微机电系统开关，其特征在于，所述射频微机电系统开关是一种开关器件，通过分离或直接接触相互面对的所述可移动电极和所述射频信号传导单元的至少一部分，来接通或断开所述射频信号传导单元的信号传导。

6. 一种射频微机电系统开关，其特征在于，所述开关包括：
衬底；
射频信号传导单元，它被设置在所述衬底上；
可移动元件，它被设置在所述衬底的上方，与所述衬底之间有一间距，并且面对所述射频信号传导单元的至少一部分；
多个可移动电极，它们被设置在所述可移动元件上，并且面对所述射频信号传导单元；和
可移动元件移动单元，用于通过静电引力使所述可移动元件移向或移离所述衬底；
其中，所述多个可移动电极被设置成在所述射频信号传导单元的信号传导方向上相互间有一间距；和
位于所述多个可移动电极之间的所述射频信号传导单元定义了一条传输线，所述传输线的长度小于或等于所述射频信号传导单元之传导信号波长的四分之一，使得位于所述多个可移动电极之间的所述射频信号传导单元具有大于系统阻抗的特性阻抗。

7. 如权利要求 6 所述的射频微机电系统开关，其特征在于，所述开关进一步

包括固定电极，所述固定电极被设置在所述衬底上，并且面对所述可移动元件的一部分，其中所述可移动元件包括一高电阻率半导体，所述高电阻率半导体对于射频信号定义为一绝缘体，对于低频信号和直流信号定义为一电极，并且所述固定电极和所述可移动元件定义为所述可移动元件移动单元，利用施加在所述固定电极和所述可移动元件之间的直流电压所产生的静电引力，使所述可移动元件移向所述固定电极。

8. 如权利要求 6 所述的射频微机电系统开关，其特征在于，所述开关进一步包括上构件，所述上构件面向所述可移动元件的顶部，与所述可移动元件之间有一间距；和固定电极，所述固定电极被设置在所述上构件上，面向所述可移动元件的至少一部分，其中所述可移动元件包括一高电阻率半导体，所述高电阻率半导体对于射频信号定义为一绝缘体，对于低频信号和直流信号定义为一电极，并且所述固定电极和所述可移动元件定义为所述可移动元件移动单元，利用施加在所述固定电极和所述可移动元件之间的直流电压所产生的静电引力，使所述可移动元件移向所述固定电极。

9. 如权利要求 6 所述的射频微机电系统开关，其特征在于，所述射频信号传导单元包括共面线和微带线中的一种，所述射频微机电系统开关是一种用来接通或断开共面线或微带线之信号传导的分流开关器件，利用可移动电极和射频信号传导单元之间电容的变化，起着射频信号传导单元的作用。

10. 如权利要求 6 所述的射频微机电系统开关，其特征在于，所述射频微机电系统开关是一种开关器件，通过分离或直接接触互相面向的可移动电极和射频信号传导单元的至少一部分，来接通或断开射频信号传导单元的信号传导。

11. 如权利要求 6 所述的射频微机电系统开关，其特征在于，所述开关进一步包括固定电极，所述固定电极被设置在所述衬底上，并且面向所述可移动元件的一部分；和用于移动可移动电极的可移动元件，它被设置在所述可移动元件上并且面向相应的固定电极，其中所述可移动元件包括对射频信号具有绝缘性能的半导体或者包括绝缘体，所述用于移动可移动电极的可移动元件和所述固定电极定义为所述

可移动元件移动单元，利用施加在所述固定电极和所述用于移动可移动电极的可移动元件之间的直流电压所产生的静电引力，使所述可移动元件移向所述固定电极。

12. 一种射频微机电系统开关，其特征在于，所述开关包括：

衬底；

射频信号传导单元，它被设置在所述衬底上；

多个可移动元件，所述多个可移动元件在所述射频信号传导单元的信号传导方向上相互间有间距，并且所述多个可移动元件被设置在所述衬底的上方，与衬底之间存在一间距，并面对所述射频信号传导单元的至少一部分；

可移动电极，它们被设置在相应的可移动元件上，并且面对所述射频信号传导单元；和

可移动元件移动单元，它利用静电引力使所述可移动元件移向或移离所述射频信号传导单元；

其中，位于所述多个可移动电极之间的所述射频信号传导单元定义了一传输线，所述传输线的长度小于或等于所述射频信号传导单元之传导信号波长的四分之一，使得位于所述多个可移动电极之间的所述射频信号传导单元具有大于系统阻抗的特性阻抗。

13. 如权利要求 12 所述的射频微机电系统开关，其特征在于，所述可移动元件包括多个可移动电极，所述多个可移动电极在所述射频信号传导单元的信号传导方向上相互间有间距。

14. 如权利要求 12 所述的射频微机电系统开关，其特征在于，所述开关进一步包括固定电极，所述固定电极被设置在所述衬底上，并且面对所述可移动元件的一部分，其中所述可移动元件包括一高电阻率半导体，所述高电阻率半导体对于射频信号定义为一绝缘体，对于低频信号和直流信号定义为一电极，并且所述固定电极和所述可移动元件定义为可移动元件移动单元，利用施加在所述固定电极和所述可移动元件之间的直流电压所产生的静电引力，使所述可移动元件移向所述固定电极。

15. 如权利要求 12 所述的射频微机电系统开关，所述开关进一步包括上构件，所述上构件面向所述可移动元件的顶部，与所述可移动元件之间有一间距；和固定电极，所述固定电极被设置在所述上构件上，面向所述可移动元件的至少一部分，其中所述可移动元件包括一高电阻率半导体，所述高电阻率半导体对于射频信号定义为一绝缘体，对于低频信号和直流信号定义为一电极，并且所述固定电极和所述可移动元件定义为所述可移动元件移动单元，利用施加在所述固定电极和所述可移动元件之间的直流电压所产生的静电引力，使所述可移动元件移向所述固定电极。

16. 如权利要求 12 所述的射频微机电系统开关，其特征在于，所述开关进一步包括一绝缘保护膜，所述绝缘保护膜被设置在所述射频信号传导单元之表面和所述可移动电极之表面中的至少一个表面上，其中所述射频信号传导单元的表面面对着所述可移动电极的表面。

17. 如权利要求 12 所述的射频微机电系统开关，其特征在于，所述射频信号传导单元包括共面线和微带线中的一种，并且所述射频微机电系统开关是一种用来接通或断开共面线或微带线之信号传导的分流开关器件，利用可移动电极和射频信号传导单元之间电容的变化，起着射频信号传导单元的作用。

18. 如权利要求 12 所述的射频微机电系统开关，其特征在于，所述射频微机电系统开关是一种开关器件，通过分离或直接接触互相面对的所述可移动电极和所述射频信号传导单元的至少一部分，来接通或断开所述射频信号传导单元的信号传导。

19. 如权利要求 12 所述的射频微机电系统开关，其特征在于，所述开关进一步包括固定电极，所述固定电极被设置在所述衬底上，并且面向所述可移动元件的一部分；和用于移动可移动电极的可移动元件，它被设置在所述可移动元件上并且面向相应的固定电极，其中所述可移动元件包括对射频信号具有绝缘性能的半导体或者包括绝缘体，所述用于移动可移动电极的可移动元件和所述固定电极定义为所述可移动元件移动单元，利用施加在所述固定电极和所述用于移动可移动电极的可移动元件之间的直流电压所产生的静电引力，使所述

可移动元件移向所述固定电极。

射频微机电系统开关

技术领域

本发明涉及用于监视雷达扫描器或其它装置的 RF 电路模块组装的射频微机电系统（RF-MEMS）开关。

背景技术

作为射频信号如毫米波和微波信号用的开关装置的例子，例如在非专利文献 1，即由 IEEE 学生会员 J. B.Muldavin 撰写题为“高绝缘 CPW MEMS 分流开关—第一部分：模型化”（IEEE Transactions on Microwave Theory Techniques, 第 48 卷，第 6 期，1045—1052 页，2000 年 6 月）中揭示了一种分流 RF-MEMS 开关（分流开关装置）。

这种类型的 RF-MEMS 开关包括一配置在衬底上 RF 信号传导单元。面对 RF 信号传导单元至少一部分的电极也设置在衬底上。在这种 RF-MEMS 开关中，利用静电引力把电极向衬底移动或从衬底移开，来改变电极和 RF 信号传导单元之间的电容。

例如，减少设置在 RF 信号传导单元上的信号线和可移动电极之间的间距会增加信号线和可移动电极之间的电容，从而断开信号线的 RF 信号的传导。相反，增加设置在 RF 信号传导单元上的信号线和可移动电极之间的间距会减少信号线和可移动电极之间的电容，从而导通信号线的 RF 信号的传导。换句话说，在此 RF-MEMS 开关，通过移动可移动电极来改变可移动电极和信号线之间的电容便可导通和断开 RF 信号传导单元的 RF 信号的传导。

但是，由于现有的 RF-MEMS 开关只包括一个配置只有单个可移动电极的开关器件，因此，存在着开关的插入损耗和回程损耗不能足够地降低和开关的绝缘特性不能充分地改善的可能性。

发明内容

为了克服上述问题，本发明的较佳实施例提供了一种可足够地降低开关的插入损耗和回程损耗和充分地改善开关的绝缘特性的 RF-MEMS 开关。

依照本发明的一个方面，提供了一种射频微机电系统开关。所述开关包括：

衬底；

射频信号传导单元，它被设置在所述衬底上；

多个可移动电极，所述多个可移动电极在所述射频信号传导单元的信号传导方向上相互之间有间距，并且所述多个可移动电极被设置在所述射频信号传导单元的上方； 和

可移动电极移动单元，用于把所述多个可移动电极同时同方向地移向或移离所述射频信号传导单元；

其中，当所述可移动电极移动单元将所有所述多个可移动电极移离所述射频信号传导单元从而将所述多个可移动电极设置在信号接通的位置时，所述射频信号传导单元的射频信号的传导被接通；

当所述可移动电极移动单元将所有所述多个可移动电极移向所述射频信号传导单元从而将所述多个可移动电极设置在信号断开的位置时，所述射频信号传导单元的射频信号的传导被断开； 和

所述射频信号传导单元夹在所述多个可移动电极之间的电气长度使得当所述多个可移动电极被设置在信号接通的位置时，在所述射频信号传导单元面向所述多个可移动电极的各位置处所反射的各射频信号所组成的混合信号的振幅小于在所述射频信号传导单元面向所述多个可移动电极的各位置处所反射的每个信号的振幅。

依照本发明的另一方面，提供了一种射频微机电系统开关。所述开关包括：

衬底；

射频信号传导单元，它被设置在所述衬底上；

可移动元件，它被设置在所述衬底的上方，与所述衬底之间有一间距，并且面对所述射频信号传导单元的至少一部分；

多个可移动电极，它们被设置在所述可移动元件上，并且面对所述射频信号传导单元； 和

可移动元件移动单元，用于通过静电引力使所述可移动元件移向或移离所述

衬底；

其中，所述多个可移动电极被设置成在所述射频信号传导单元的信号传导方向上相互间有一间距；和

位于所述多个可移动电极之间的所述射频信号传导单元定义了一条传输线，所述传输线的长度小于或等于所述射频信号传导单元之传导信号波长的四分之一，使得位于所述多个可移动电极之间的所述射频信号传导单元具有大于系统阻抗的特性阻抗。

依照本发明的再一方面，提供了一种射频微机电系统开关。所述开关包括：

衬底；

射频信号传导单元，它被设置在所述衬底上；

多个可移动元件，所述多个可移动元件在所述射频信号传导单元的信号传导方向上相互间有间距，并且所述多个可移动元件被设置在所述衬底的上方，与衬底之间存在一间距，并面对所述射频信号传导单元的至少一部分；

可移动电极，它们被设置在相应的可移动元件上，并且面对所述射频信号传导单元；和

可移动元件移动单元，它利用静电引力使所述可移动元件移向或移离所述射频信号传导单元；

其中，位于所述多个可移动电极之间的所述射频信号传导单元定义了一条传输线，所述传输线的长度小于或等于所述射频信号传导单元之传导信号波长的四分之一，使得位于所述多个可移动电极之间的所述射频信号传导单元具有大于系统阻抗的特性阻抗。

根据本发明的一个较佳实施例，由于在 RF 信号导通单元的信号传导方向上，多个可移动电极设置成电极之间有间距，所以获得以下效果。当所有可移动电极设置在信号被导通的位置时，在面对可移动电极的 RF 信号导通单元位置处所反映的 RF 信号被组合。例如，待组合在一起的具有相反相位的二个反映信号在组合时将相互抵消。这样，包括该反映信号的组合信号的振幅为零。因此，夹在可移动电极之间的 RF 信号导通单元的电气长度（位于可移动电极之间的 RF 信号导通单元的电气长度）被确定，当可移动电极设置在信号被导通的位置时，使包括 RF 信号在内的组合信号在面对可移动电极的 RF 信号导通单元位置处所反映的振幅小于每个

信号在面对可移动电极的 RF 信号导通单元位置处所反映的振幅。这样，当 RF 信号导通单元的 RF 信号的导通被导通时，RF 信号所反映信号的振幅（能量）就减少。因此，回程损耗降低，RF-MEMS 开关的特性得到改善。

根据本发明的一个较佳实施例，建立一使用静电引力为可在接近或离开衬底上的 RF 信号导通单元方向上移动的可移动元件，使得设置在可移动元件上的多个可移动电极设置成在 RF 信号导通方向上电极之间有间距。位于多个可移动电极之间的 RF 信号导通单元定义了具有小于或等于 RF 信号导通单元的导通 RF 信号的约四分之一的波长的传输线，使得位于多个可移动电极之间的 RF 信号导通单元具有大于系统阻抗的特性阻抗。这样，开关的插入损耗和回程损耗被降低，绝缘特性得到改善。

而且，配置包含多个电极的一可移动元件的 RF-MEMS 开关消耗非常小功率进行工作。另外，这种类型的 RF-MEMS 开关的成本只比配置包含一个电极的一可移动元件的 RF-MEMS 开关稍稍高一些。然而，开关的特性大大地改善。

再者，一开关可配置多个可移动元件，而每个可移动元件配置一可移动电极。在这种情况下，可容易地改善可移动元件的显示控制的精度。这样，开关的特性进一步得到改善。

而且，由于包含高电阻率半导体的可移动元件可具有低频信号和直流信号的电极的功能，所以，可移动元件自身就具有可移动元件移动单元的电极的功能。这样，不需要为该可移动元件移动单元的可移动元件再提供电极，从而简化 RF-MEMS 开关的结构和制造工艺。同样，包含高电阻率半导体的可移动元件具有非常低的 RF 信号的介电损耗，从而降低了信号损耗。

再者，绝缘薄膜最好设置在 RF 信号导通单元和可移动电极表面的至少一个表面。在这种情况下，RF 信号导通单元和可移动电极受到保护。同样，由于 RF 信号导通单元和可移动电极相互不接触，可确保防止因 RF 信号导通单元和可移动电极的接触而造成的信号损耗。

再者，RF 信号导通单元可为一共面线，或为一微带线，RF-MEMS 开关可以是一分流开关器件。在这种情况下，分流开关器件的导通或断开在共面线或微带线中 RF 信号导通的操作可以非常低的插入损耗、低回程损耗和高绝缘来进行。

再者，RF-MEMS 开关可通过分离或直接接触可移动电极和相互面对的 RF 信

号导通单元的至少一个部分，来导通或断开 RF 信号导通单元的信号的导通。在这种情况下，由于没有采用 LC 谐振，故可获得具有宽带绝缘特性而与 RF 信号频率无关的开关。

再者，可独立地设计用于为 RF 信号导通单元和可移动电极之间提供电容的可移动电极和可移动元件移动单元。这样，增加了电极设计中的灵活性。

本发明的上述和其它元件、特性、特点和优点，从对较佳实施例的下述说明并结合附图将变得显而易见。

附图说明

图 1A 和 1B 表示根据本发明的第一较佳实施例的 RF-MEMS 开关。

图 2A 和 2B 是根据本发明的第一较佳实施例的 RF-MEMS 开关的可移动元件的结构的说明图。

图 3A 和 3B 是模型图，示意性地表示定义根据本发明的第一较佳实施例的 RF-MEMS 开关的可移动开关和共面线位置关系的例子。

图 4A、4B、4C 和 4D 是利用构成根据本发明的第一较佳实施例的 RF-MEMS 开关的可移动电极和共面线的等效电路图，说明根据本发明的第一较佳实施例的 RF-MEMS 开关的工作的例子。

图 5 是一图表，表示当信号通过时插入损耗的频率特性的例子，用于解释根据本发明的第一较佳实施例的结构所获得的优点。

图 6 是一图表，表示当信号通过时回程损耗的频率特性的例子，用于解释根据本发明的第一较佳实施例的结构所获得的优点。

图 7 是一图表，表示当信号阻断时绝缘的频率特性的例子，用于解释根据本发明的第一较佳实施例的结构所获得的优点。

图 8 是一图表，表示把其与玻璃的频率和介电损耗之间关系作比较，高电阻率半导体的频率和介电损耗 ($\tan \delta$) 之间关系的例子。

图 9 是用于解释根据本发明的第一较佳实施例的 RF-MEMS 开关的例图。

图 10A 和 10B 是用于解释一种类型的开关工作例子的等效电路图，在此类型开关中，RF 信号导通单元的 RF 信号的导通可通过分离或直接接触可移动电极和 RF 信号传导单元来接通和断开。

图 11A 和 11B 是解释配置只有一个可移动电极的 RF-MEMS 开关的结构的例子的例图。

图 12A 和 12B 是模型图，表示配置在图 11 所示的可移动元件上的可移动电极和共面线之间的位置关系的例子。

图 13A 和 13B 是具有图 11A 所述结构的 RF-MEMS 开关的可移动电极和共面线的等效图。

图 14A 和 14B 是用于解释把具有图 11A 和 12A 所述结构的 RF-MEMS 开关的信号导通接通或断开的示意图。

较佳实施例的详细描述

现在将结合附图描述本发明的较佳实施例。

图 1A 是平面示意图，显示了根据本发明的第一较佳实施例的 RF-MEMS 开关 1。图 1B 是沿图 1A 中线 A-A'所取的剖面示意图。

根据本发明的第一较佳实施例的 RF-MEMS 开关 1 组装成一 RF 电路，定义为共面线的开关器件。RF-MEMS 开关 1 最好包括一衬底 2（例如，硅衬底或蓝宝石衬底）和形成在衬底 2 上、定义为一 RF 信号导通单元的一共面线 3（共面波导(CPW) 线）。该共面线 3 是用来传输 RF 信号的线，并包括一个信号线 3s 和二根接地线 3g1 和 3g2。该信号线 3s 设置在接地线 3g1 和 3g2 之间，但不与它们相接触。该信号线 3s 和接地线 3g1 和 3g2 最好由例如金或其它合适材料构成的导电薄膜组成。该信号线 3s 和接地线 3g1 和 3g2 的厚度设置为所需的厚度。例如，该厚度最好约为 2 微米。例如，在第一较佳实施例中，至少约为 5 兆赫的 RF 信号在共面线 3 中流动。

一上部构件 4（例如，玻璃衬底）设置在衬底 2 上面，构件和衬底之间有间距。上部构件 4 用其之间的固定单元 5（5a 和 5b）固定在衬底 2 上。可移动元件 6 设置在衬底 2 和上部构件 4 之间的空间中。该可移动元件 6 与共面线 3 的上部相分离，并面向信号线 3s 和共面线 3 的接地线 3g1 和 3g2 的某些部分。可移动元件 6 用设置在其中间的横杆 7（7a 和 7b）和支承器 8（8a 和 8b）支撑，使得该可移动元件 6 能向接近或离开衬底 2 的方向移动。

可移动元件 6 最好是一框架，由例如用金（Au）或其它合适材料组成的导电

薄膜定义的二个可移动电极 10 (10a 和 10b)，设置在该可移动元件 6 的衬底 2 的一侧的表面上。可移动电极 10a 和 10b 设置在共面线 3 的信号导通方向 (信号线 3s 的纵向方向) 上，其中间有间距。图 2A 是设置在衬底 2 上面的可移动元件连同横杆 7 (7a 和 7b) 和支承器 8 (8a 和 8b) 的结构的透视示意图。图 2B 是沿图 2A 中线 A-A'所取的剖面示意图。

图 3A 是一简化的例图，表示从上部构件看到的可移动元件 6、可移动电极 10 (10a 和 10b) 和共面线 3 的位置关系。图 3B 是一例图，表示从侧面看到的可移动电极 10 (10a 和 10b) 和共面线 3 的位置关系。如图 3A 和 3B 中所示，可移动电极 10 (10a 和 10b) 设置成穿过共面线 3 的接地线 3g1、信号线 3s 和接地线 3g2，并其中间有间距地面对信号线 3s 和接地线 3g1 和 3g2。

虽然信号线 3s 和接地线 3g1 和 3g2 的宽度和它们之间的间距没有特别限制，但是，例如在图 3A 中，夹在可移动电极 10a 和 10b 之间的区域中的信号线 3s 和接地线 3g1 之间的间距的宽度 W1 和信号线 3s 和接地线 3g2 之间的间距的宽度 W3，用 $W1=W3=$ 约 41 微米来表示，夹在可移动电极 10a 和 10b 之间的区域中的信号线 3s 的宽度 W2，用 $W2=$ 约 30 微米来表示。相反，没有夹在可移动电极 10a 和 10b 之间的区域中的信号线 3s 和接地线 3g1 之间的间距的宽度 W4 和信号线 3s 和接地线 3g2 之间的间距的宽度 W6，用 $W4=W6=$ 约 31 微米来表示，没有夹在可移动电极 10a 和 10b 之间的区域中的信号线 3s 的宽度 W5，用 $W5=$ 约 50 微米来表示。因此，在第一较佳实施例中，夹在可移动电极 10a 和 10b 之间的区域中的信号线 3s 的宽度小于没有夹在可移动电极 10a 和 10b 之间的区域中的信号线 3s 的宽度。同样，在 RF-MEMS 开关 1 中信号线 3s 的整个长度最好为 2 毫米。

如图 1B 所示，在第一较佳实施例中，保护绝缘薄膜 11 设置在可移动电极 10a 和 10b 的表面。例如，绝缘薄膜 11 最好由诸如氮化硅或其它合适材料的绝缘材料组成。绝缘薄膜 11 是非常薄的薄膜，其厚度约为如 0.1 微米。

上部构件 4 包括在面对可移动元件 6 的部分中的一凹口 4a，面对可移动元件 6 的固定电极 12 (12a 和 12b) 设置在凹口 4a 的内表面上。通孔 13a、13b 和 13c 设置在上部构件 4 的表面。通孔 13a 和 13b 从上部构件 4 的表面分别延伸至固定电极 12a 和 12b。通孔 13c 从上部构件 4 的表面延伸至支承器 8b。电极极板 14a、14b 和 14c 设置在上部构件 4 的表面，并分别与通孔 13a、13b 和 13c 相连。

在第一较佳实施例中，可移动元件 6 最好由高电阻率半导体构成。高电阻率半导体对 RF 信号（例如，大约为或大于 5 兆赫的信号）起着绝缘体的作用，对低频信号（例如，大约为或小于 100 千赫的信号）和直流信号起着一电极的作用。在第一较佳实施例中，定义可移动元件 6 的高电阻率半导体具有的电阻率的范围从大约 1,000 欧姆厘米至大约 10,000 欧姆厘米。在第一较佳实施例中，横杆 7 和支撑器 8 最好由相同材料构成。

作为高电阻率半导体的例子的高电阻率硅，具有下列介电损耗 ($\tan \delta$) 特性。如图 8 中实线所示，在较高的频率，由玻璃构成的绝缘体的介电损耗随着频率增加而增加。相反，虽然高电阻率硅在较高频率时起着绝缘体的作用，但是高电阻率硅的介电损耗随着频率的增加而降低，如图 8 中实线 A 所示。在图 8 中，实线 A 代表具有约为 2,000 欧姆厘米电阻率的高电阻率硅的值。实线 a 包围的区域的值是实验值，其它为参考值。实线 B 代表的值是 Pyrex (注册商标) 玻璃的参考值。

在第一较佳实施例中，至少约 5 兆赫的 RF 信号在共面线 3 中流动，由高电阻率半导体构成的可移动元件 6 相对于 RF 信号的介电损耗相等于或优于由绝缘体构成的可移动元件的介电损耗特性。

如上所述，在第一较佳实施例中，由于由高电阻率半导体构成的可移动元件 6 自身对直流信号 (DC 电压) 起着一电极的作用，所以，可移动元件 6 和固定电极 12a 和 12b 定义了用作移动该可移动元件 6 的可移动元件移动单元。更具体地说，经由电极极板 14a、14b 和 114c 和通孔 13a、13b 和 13c 在可移动元件 6 和固定电极 12 (12a 和 12b) 之间施加一外部直流电压，产生可移动元件 6 和固定电极 12 之间的静电引力。如图 1B 中的箭头 B 所示，可移动元件 6 由此静电引力向着固定电极 12 被吸引。因此，在可移动元件 6 和固定电极 12 之间产生的静电引力移动该可移动元件 6。换句话说，在第一较佳实施例中，可移动元件 6 和固定电极 12 定义了一可移动元件移动单元，用来把可移动电极 10a 和 10b 同时移动接近或离开共面线 3。

同样，在第一较佳实施例中，当在可移动元件 6 和固定电极 12 (12a 和 12b) 之间没有施加外部直流电压时，可移动电极 10 上的绝缘薄膜 11 与共面线 3 相接触或邻近共面线 3。当可移动电极 10 上的绝缘薄膜 11 与共面线 3 相接触或邻近共面线 3 时，可移动电极 10 和共面线 3 之间的间距几乎相等于绝缘薄膜 11 的厚度 (例

如, 0.1 微米), 从而增加可移动电极 10 和共面线 3 之间的电容。

例如, 如图 11A 和 11B 所示, 已知 RF-MEMS 开关配置只有一个可移动电极 10。图 11A 是一透视示意图, 表示在配置只有一个可移动电极 10 的现有 RF-MEMS 开关中设置在衬底 2 上的可移动元件 6 连同横杆 7 (7a 和 7b) 和支承器 8 (8a 和 8b) 的结构的例子。图 11B 是沿图 11A 中线 A-A' 所取的剖面示意图。

一个可移动电极 10 和共面线 3 的位置关系示于图 12A 的平面图、图 12B 的侧视图和图 14A 的透视图。同样, 图 13A 是图 12B 所示可移动电极 10 和共面线 3 的等效电路图。在图中, C_1 代表可移动电极 10 和接地线 3g1 之间的电容, C_2 代表可移动电极 10 和接地线 3g2 之间的电容, C_3 代表可移动电极 10 和信号线 3s 之间的电容。同样, L_{S1} 和 R_{S1} 分别代表在接地线 3g1 处的可移动电极 10 的电感和电阻。 L_{S2} 和 R_{S2} 分别代表在接地线 3g2 处的可移动电极 10 的电感和电阻。

图 13A 所示的等效电路用示于图 13B(图 14B)的系统结构图来表示。电容 C 用方程式, $C = 1/((1/C_1 + C_2) + (1/C_3))$ 来计算, 电感 L_S 用方程式, $L_S = 1/((1/L_{S1}) + (1/L_{S2}))$ 来计算, 电阻 R_S 用方程式, $R_S = 1/((1/R_{S1}) + (1/R_{S2}))$ 来计算。

当把注意力仅放在根据第一较佳实施例的 RF-MEMS 开关 1 中的可移动电极 10 中的一个电极, 可移动电极 10 中的一个电极和共面线 3 的等效电路用如上所述来表示。但是, 由于二个可移动电极 10 (10a 和 10b) 设置成其中间在第一较佳实施例的共面线 3 的信号传导方向上有间距, 所以, 可移动电极 10a 和 10b 和共面线 3 的等效电路用图 4A 中所示来表示。

根据第一较佳实施例的 RF-MEMS 开关 1 设计成, 可移动电极 10 和共面线 3 中间的电容 C 的增加使得图 4A 中所示等效电路中串联 LC 谐振频率 f 大体相等于在信号线 3s 中流动的 RF 信号的频率 (换句话说, $f = 1/\{2\pi\sqrt{(L_S \cdot C_{DOWN})}\}$), 其中, C_{DOWN} 代表当可移动电极 10 降低时的等效串联电容; 而可移动电极 10 和共面线 3 中间的电容 C 的增加是由可移动元件 6 向衬底 2 降低造成可移动电极 10 和共面线 3 中间的间距的减少而引起的。通常, 如图 11A 所示的只配置一个可移动开关的现有 RF-MEMS 开关设计成如图 13B 所示的等效电路的相同方式。

结果是当可移动电极 10 降低时, 从信号线 3s 通过可移动电极 10 观看接地侧, LC 电路的阻抗 (可移动电极 10 附近的共面线 3 的信号线 3s 和接地之间的阻抗) 减少到一很小值, 如 R_S =约 0.1 至约 1 欧姆。换句话说, 从信号线 3s 通过可移动电

极 10 观看接地侧，出现等同于短路的状态。因此，共面线 3 的传导 RF 信号如在图 4B 中等效电路图中箭头 D 所示的面向可移动电极 10 的共面线 3 处被反射，共面线 3 的 RF 信号的传导被断开。

同样，在离开衬底 2 方向上移动可移动元件 6，即向上移动可移动元件 6 且增加可移动电极 10 和共面线 3 之间的间距达例如接近 3 微米，就减少可移动电极 10 和共面线 3 之间的电容 C，从而从信号线 3s 通过可移动电极 10 观看接地侧会极大地增加阻抗。换句话说，从信号线 3s 通过可移动电极 10 观看接地侧，出现等同于开路的状态。因此，共面线 3 的信号传导被接通，如图 4C 中等效电路图中箭头 U 所示那样。

换句话说，在根据第一较佳实施例的 RF-MEMS 开关 1 中，当可移动电极 10 移动接近共面线 3 而处在信号被断开的位置时，共面线 3 中的 RF 信号在面向可移动电极 10 处被反射，断开 RF 信号的传导。同样，当可移动电极 10 移动离开共面线 3 而处在信号被接通的位置时，共面线 3 中的 RF 信号在面向可移动电极 10 处被反射，共面线 3 的 RF 信号的传导被接通。

在第一较佳实施例中，位于二个可移动电极 10a 和 10b 之间的共面线 3 定义为长度小于或等于共面线 3 的传导 RF 信号的四分之一波长的传输线，因为位于二个可移动电极 10a 和 10b 之间的共面线 3 提供高于系统阻抗的特性阻抗。因此，位于二个可移动电极 10a 和 10b 之间的共面线 3 定义了一匹配电路。

更具体地说，位于二个可移动电极 10a 和 10b 之间的共面线 3 之间的特性阻抗和线长度可进行优化设计，以更加方便地传送信号，即在可移动电极 10 上升时，根据下列方程式极大地减少反射。

$$Z_1 = Z_0 / \sin \theta \quad (1)$$

$$1 / (\omega C_{UP}) - \omega L_S = Z_0 / \cos \theta \quad (2)$$

其中， Z_0 表示系统阻抗。 θ 表示位于二个可移动电极 10a 和 10b 之间的共面线 3 的电气长度，并在 θ 约为 90 度时获得 $\lambda/4$ (λ 表示共面线 3 的传导 RF 信号的波长)。同样， ω 表示共面线 3 的传导 RF 信号的角频率。 C_{UP} 表示当位于可移动电极 10a 和 10b 上升时位于二个可移动电极 10a 和 10b 中每根电极的等效串联电容。 L_S 表示可移动电极 10a 和 10b 中每根电极的等效串联阻抗。

换句话说，在第一较佳实施例中，考虑到当可移动电极 10a 和 10b 上升时位

于二个可移动电极 10a 及 10b 和共面线 3 之间的电容，位于二个可移动电极 10a 和 10b 之间的共面线 3 的长度设计成，当可移动电极 10a 和 10b 上升时（当可移动电极 10 处在信号被接通的位置），位于二个可移动电极 10a 和 10b 之间的共面线 3 的电气长度大体等于共面线 3 的传导 RF 信号的波长 λ 的四分之一或在期望的误差之内。这里，位于可移动电极 10a 和 10b 之间的共面线 3 的电气长度不同于它们的物理长度。电气长度是共面线 3 的传导 RF 信号的电气长度，根据共面线 3 的传导 RF 信号的频率而变化。同样，可移动电极 10a 及 10b 和共面线 3 之间的电容 $C(C_{UP})$ 受位于可移动电极 10a 和 10b 之间的共面线 3 的电气长度的影响。因此，位于可移动电极 10a 和 10b 之间的共面线 3 的电气长度，由于 $C(C_{UP})$ 的卷入，大于位于可移动电极 10a 和 10b 之间的共面线 3 的物理长度。

在第一较佳实施例中，由于考虑到可移动电极 10a 及 10b 和共面线 3 的电容 $C(C_{UP})$ ，位于可移动电极 10a 和 10b 之间的共面线 3 的电气长度（在此为夹在可移动电极 10a 和 10b 中间的共面线 3 的电气长度）被设定为大体等于共面线 3 的传导 RF 信号的波长的四分之一或在期望的误差之内，所以，当可移动电极 10a 和 10b 上升时，RF 信号的反射就极大地降低。这是下列原因造成的。

由于当可移动电极 10a 和 10b 上升时（当共面线 3 的传导 RF 信号接通时），可移动电极 10a 及 10b 和共面线 3 之间产生非常小的电容 C_{UP} ，故共面线 3 的传导 RF 信号的一部分被位于共面线 3 位置处的可移动电极 10a 和 10b 反射，如图 4C 中箭头 d 所示。在第一较佳实施例中，由于设置来二个可移动电极 10a 和 10b，当 RF 信号在从可移动电极 10a 往可移动电极 10b 的方向上传送，在面向可移动电极 10b 的共面线 3 位置处反射的 RF 信号（被反射的信号 Sb）朝可移动电极 10a 方向返回，使 RF 信号（被反射的信号 Sb）与在面向可移动电极 10a 的共面线 3 位置处反射的 RF 信号（被反射的信号 Sa）相混合。

在第一较佳实施例中，由于位于可移动电极 10a 和 10b 之间的共面线 3 的电气长度大体等于共面线 3 的传导 RF 信号的波长的四分之一，被反射信号 Sb 在被反射信号 Sb 和被反射信号 Sa 混合过程中超前约 $\lambda/2$ 。换句话说，当被反射信号 Sa 具有如图 4D 中实线 Sa 所示的波形，与被反射信号 Sa 相混合的被反射信号 Sb 具有如图 4D 中实线 Sb 所示的波形。被反射信号 Sb 具有与被反射信号 Sa 大体相反的相位。因此，被反射信号 Sa 和 Sb，在相互混合时相互抵消，以致混合信号的振

幅近似为零。

因此，由于在根据第一较佳实施例的 RF-MEMS 开关 1 中设置了二个可移动电极 10a 和 10b，且位于可移动电极 10a 和 10b 之间的共面线 3 的电气长度大体等于第一实施例中的传导 RF 信号的波长的四分之一，故在共面线 3 的 RF 信号的传导接通时，相混合被反射信号的振幅，与现有的包含只有一个可移动电极 10 的 RF-MEMS 开关和在开关中只产生如图 14A 中箭头 D 所示的一个反射信号的情况相比由于被反射信号 Sa 和 Sb 相混合而极大地减少。

现结合图 3A 上面优化设计的一个特殊例子。其中， $Z_0 = 50$ 欧姆（如信号线 3s 的线宽 W5 为约 50 微米，信号线 3s 和接地线 3g1 之间的间距的宽度 W4 和信号线 3s 和接地线 3g2 之间的间距的宽度 W6 为约 31 微米）， $\theta = 53$ 度（如位于可移动电极 10a 和 10b 之间的信号线 3s 的长度 I_2 为约 232 微米，射频信号的频率为约 76.5 兆赫）， $Z_1=63$ 欧姆（如位于可移动电极 10a 和 10b 之间的信号线 3s 的线宽 W2 为约 30 微米，信号线 3s 和接地线 3g1 之间的间距的宽度 W1 和信号线 3s 和接地线 3g2 之间的间距的宽度 W3 为约 41 微米）， $I_1=844$ 微米， $I_s=924$ 微米， $R_s=0.25$ 欧姆， $C_{UP}=20fF$ 和 $L_s=43.28pH$ 。在此例中，RF 信号的频率和插入损耗之间的关系用图 5 中特性曲线表示，RF 信号的频率和回程损耗之间的关系用图 6 中特性曲线表示。这里，图 3A 是示意图，图 3A 中的 I_1 、 I_2 和 I_3 的长度与上述值不相对应。

图 5 和图 6 中特性曲线 b 分别表示只配置了一个可移动电极 10 的图 11 中所示的现有 RF-MEMS 开关的插入损耗的频率特性和回程损耗的频率特性。特性曲线 b 是在如上所述的条件下获得的，即 $Z_0=50$ 欧姆， $R_s=0.25$ 欧姆， $C_{UP}=20fF$ 和 $L_s=43.28pH$ ，而图 11 中所示的长度 I_1 和 I_2 设定为 $I_1=1,000$ 微米和 $I_2=1,000$ 微米。

如图 5 和图 6 所示，在根据第一较佳实施例的 RF-MEMS 开关 1 中，同时移动多个可移动电极 10（10a 和 10b），与现有的包含只有一个可移动电极 10 的 RF-MEMS 开关和在开关相比，极大地消除了输入至共面线 3 的以 76.5 兆赫为中心的 RF 信号的波长的回程损耗，并也极大地减少了插入损耗。

而且，在第一较佳实施例中，当可移动电极 10a 和 10b 降低时，信号被阻断。图 7 中的特性曲线 a 代表绝缘特性。相反，图 7 中的特性曲线 b 代表现有的包含只有一个可移动电极 10 的 RF-MEMS 开关的绝缘特性。如特性曲线 a 和 b 所示，与现有的包含只有一个可移动电极 10 的 RF-MEMS 开关相比，根据第一较佳实施例

的 RF-MEMS 开关 1 极大地改善了绝缘特性。这里，图 7 中所示的特性曲线 a 和 b 分别表示在图 5 和图 6 中所示的特性曲线 a 和 b 的相同条件下获得的绝缘特性，而 $C_{DOWN}=100\text{fF}$ 条件除外。

如上所述，根据第一较佳实施例的 RF-MEMS 开关 1 极大地降低了开关的插入损耗和回程损耗，并极大地改善来开关的绝缘特性。

同样，在第一较佳实施例中，支撑配置二个可移动电极 10 的可移动元件的横杆 7 和支承器 8 的结构可用与现有的包含只有一个可移动电极 10 的 RF-MEMS 开关的结构相类似的方式构成。同样，通过用极大降低的功率消耗同时操作可移动电极 10a 和 10b 来实现接通和断开。

再者，在第一较佳实施例中，可移动元件 6 最好包括一高电阻率半导体。这样，可移动元件 6 自身如上所述构成了可移动元件移动单元的一电极。因此，无需在可移动元件 6 上提供一电极来构成可移动元件移动单元，从而简化了 RF-MEMS 开关 1 的结构和制造工艺。因此，RF-MEMS 开关 1 的成本极大地降低。

包括一高电阻率半导体的可移动元件 6 也构成 RF 信号的绝缘体，可移动元件 6 的介电损耗小于或等于绝缘体的介电损耗，这就减少了 RF 信号的传播损耗。近年来，信号的频率已增加。由较高频率范围（参看图 8 在实线 B）的绝缘体组成的可移动元件的介电损耗的增加，使可移动元件不利地增加了信号的传播损耗。相反，由于根据第一较佳实施例的可移动元件 6 包括高电阻率半导体，可移动元件 6 的介电损耗随着信号频率的增加而减少（参看图 8 中实线 B）。这样，通过增加信号的频率，可减少由于可移动元件 6 的传播损耗。因此，根据第一较佳实施例的结构在将来会变得更有用。

如果共面线 3 和可移动电极 10（10a 和 10b）相互直接耦合，虽然能提供一具有宽带绝缘特性的开关而与 RF 相互的频率无关，但是，通过添加至电阻 R_s 的接触电阻组件，电阻 R_s 会增加，从而使信号损耗也增加。相反，在第一较佳实施例中，由于共面线 3 和可移动电极 10（10a 和 10b）通过其中间的电容相互耦合，故消除了共面线 3 和可移动电极 10（10a 和 10b）之间的接触电阻，从而极大地抑制了信号损耗。

现在将说明本发明的第二较佳实施例。在第二较佳实施例说明中，与第一较

佳实施例相同的元件用相同的标号，并在此省略对那些相同元件的说明。

在第二较佳实施例中，省略了如图 1 所示用于传导地把可移动元件 6 连接至其外侧的通孔 13c 和电极极板 14c。采用了这种结构，可移动元件 6 为电气地浮动。根据第二较佳实施例的结构除这点例外之外，与第一较佳实施例的结构相类似。因此，获得了与第一较佳实施例相类似的优点。同样，省略了通孔 13c 和电极极板 14c 的根据第二较佳实施例的结构，比根据第一较佳实施例的结构更简单，因而降低了制造成本。

现在将说明本发明的第三较佳实施例。在第三较佳实施例说明中，与第一和第二较佳实施例相同的元件用相同的标号，并在此省略对那些相同元件的说明。

本发明的第三较佳实施例，如图 9 所示，固定电极 12 被设置在可移动元件 6 的下面。换句话说，固定电极 12 设置在衬底 2 上使其面向可移动元件 6 的一部分。虽然在第一较佳实施例和第二较佳实施例中设置了图 1B 中所示的上构件 4 以便在可移动元件 6 上配置固定电极 12，在第三较佳实施例中省略了构件 4，因为固定电极 12 设置在衬底 2 上面。同样，在第三较佳实施例中，可移动元件 6 经由替代上构件 4 的固定单元 16（16a 和 16b）用该单元之间配置的横杆 7（7a 和 7b）固定在衬底 2 上面。

在第三较佳实施例中，由于固定电极 12 设置在衬底 2 上，施加在可移动元件 6 和固定电极 12 之间的直流电吸引可移动元件 6 向衬底 2 方向。这样，当在可移动元件 6 和固定电极 12 之间的不施加直流电压时，在可移动电极 10 上的绝缘薄膜 11 和共面线 3 之间提供了间距，且可移动电极 10 上升，如图 9 所示。这减少了可移动电极 10 和共面线 3 之间的电容，因而共面线 3 的 RF 信号的传导被接通。当在可移动元件 6 和固定电极 12 之间的施加直流电压时，吸引可移动元件 6 向衬底 2 方向，且可移动电极 10 下降。这就增加了可移动电极 10 和共面线 3 之间的电容，因而共面线 3 的 RF 信号的传导被断开。

在第三较佳实施例中，省略了图 1B 所示的上构件 4，因而简化了第三较佳实施例的结构和制造过程。

虽然在第三较佳实施例中省略了上构件 4，即使如在第三较佳实施例中那样在衬底 2 上设置了固定电极 12，但是，可以如在第一较佳实施例和第三较佳实施

例中那样，配置上构件 4 和固定单元 5 以保护可移动元件 6 并气密封接配置可移动元件 6 的区域。

本发明不局限于第一较佳实施例至第三较佳实施例，其它的实施例是可能的。例如，虽然在第一较佳实施例和第二较佳实施例中，在衬底 2 的两侧配置了把上构件 4 固定在衬底 2 上面的固定单元 5，但不特别局限于固定单元 5 的结构。例如，该固定单元 5 可设置在衬底 2 的四侧，使配置可移动元件 6 的区域被固定单元 5 包围。希望采用这种结构的固定单元 5，且配置上构件 4 以气密封接设置可移动元件 6 的区域。

虽然在第一较佳实施例至第三较佳实施例中，共面线配置成 RF 信号传导单元，但是，可配置例如微带线作为 RF 信号传导单元。

虽然在上述每个较佳实施例中，使用高电阻率硅作为构成可移动元件 6 的高电阻率半导体，但是，可移动元件 6 可由例如砷化镓或它合适的材料组成的高电阻率的半导体来构成。

此外，可移动元件 6 可由对 RF 信号具有绝缘性能半导体或由绝缘体构成。在这种情况下，例如，可移动电极 20 可设置在面向固定电极 12 的位置处，如图 9 中虚线所示。可移动电极 20 和固定电极 12 起着借助施加在固定电极 12 和可移动电极 20 之间直流电压而产生的静电引力把可移动元件 6 向固定电极 12 移动的可移动元件移动单元的作用。同样，可移动元件移动单元和可移动元件 6 起着把所有可移动电极 10 (10a 和 10b) 同时向接近或离开共面线 3 的方向移动的可移动电极移动单元的作用。

再者，虽然在第一较佳实施例至第三较佳实施例中，在可移动电极 10 上设置了绝缘薄膜 11，但是，绝缘薄膜 11 可配置在面向可移动电极 10 的共面线 3 的部分上。或者，绝缘薄膜 11 可配置在相互面对的可移动电极 10 的表面和共面线表面上。

此外，虽然在第一较佳实施例至第三较佳实施例中，可移动元件 6 配置了二个可移动电极 10，但是，可移动元件 6 可配置三根或更多的可移动电极 10。或者，通过设置每个可移动元件由一个可移动电极 10 构成的多个可移动元件 6，使多个可移动电极 10 之间在 RF 信号传导单元的信号传导方向上有间距地排列。此外，

通过设置每个可移动元件由多个可移动电极 10 构成的多个可移动元件 6，使多个可移动电极 10 之间在 RF 信号传导单元的信号传导方向上有间距地排列。当配置了三个以上的可移动电极 10，夹在可移动电极 10 之间的 RF 信号传导单元的电气长度以下述方式设定，即在面向可移动电极 10 的 RF 信号传导单元的位置中反射的 RF 信号的混合信号的振幅，小于在面向可移动电极 10 的 RF 信号传导单元的位置中反射的每个信号的振幅。

同样，虽然在第一较佳实施例至第三较佳实施例中使用了分流开关，但是，通过使共面线 3 的 RF 信号传导单元和相互面向的可移动电极 10 相分离或至少一部分直接接触，RF 信号传导单元的 RF 信号的传导可被接通或断开。在这种情况下，设置二个可移动电极 10a 和 10b 的 RF-MEMS 开关的等效电路分别由图 10A 和 10B 表示。

换句话说，图 10A 所示的等效电路表示可移动电极 10a 和 10b 直接接触共面线 3（可移动电极 10a 和 10b 设置在信号被断开的位置）的状态。在这种情况下，共面线 3 的信号线 3s 经由可移动电极 10a 和 10b 直接接地短路。这样，RF 信号在与可移动电极 10a 和 10b 相接触的共面线 3 的位置处被反射，如图 10A 中箭头 D 所示，且共面线 3 的 RF 信号的传导被断开。

图 10B 所示的等效电路表示可移动电极 10a 和 10b 与共面线 3 有间距，即可移动电极 10a 和 10b 设置在信号被断开的位置的状态。在这种情况下，可移动电极 10a 和 10b 和共面线 3 之间的电容 C_{UP} 变小，当从信号线 3s 通过可移动电极 10a 和 10b 观看接地时，出现等同于开路的状态。这样，共面线 3 的 RF 信号的导通被接通。如上所述，当可移动电极 10a 和 10b 上升时，可移动电极 10a 和 10b 直接接触共面线 3 的这种开关和根据第一较佳实施例至第三较佳实施例的分流开关处于相同状态。

在可移动电极 10a 和 10b 直接接触共面线 3 的情况下，可移动电极 10a 和 10b 之间的间距、当可移动电极 10a 和 10b 设置在信号被接通的位置时可移动电极 10a 和 10b 和共面线 3 之间的间距和夹在可移动电极 10a 和 10b 之间的共面线 3 的长度在下述状况下被设定，即夹在可移动电极 10a 和 10b 之间的共面线 3 的电气长度大体等于，如第一较佳实施例至第三较佳实施例中，当可移动电极 10a 和 10b 设置在

信号被接通的位置时共面线 3 的传导 RF 信号的波长 λ 的四分之一。因而，即使可移动电极 10（10a 和 10b）与共面线 3 直接接触的这种开关，如第一较佳实施例至第三较佳实施例那样，也减少插入损耗和回程损耗。这里，即使可移动电极 10 与共面线 3 直接接触的这种开关，其频率特性大体保持恒定绝缘，与共面线 3 的传导 RF 信号的频率无关，如图 7 中虚线表示的特性曲线 c 所示。可移动电极 10 与共面线 3 直接接触的这种开关通过设置多个可移动电极 10 来改善绝缘。

本发明不局限于上述较佳实施例中的每个实施例，并可在权利要求书中所述的范围内进行各种修改。恰当地把不同较佳实施例中的每个例子中所揭示的技术特点组合而成的实施例包括在本发明的技术范围内。

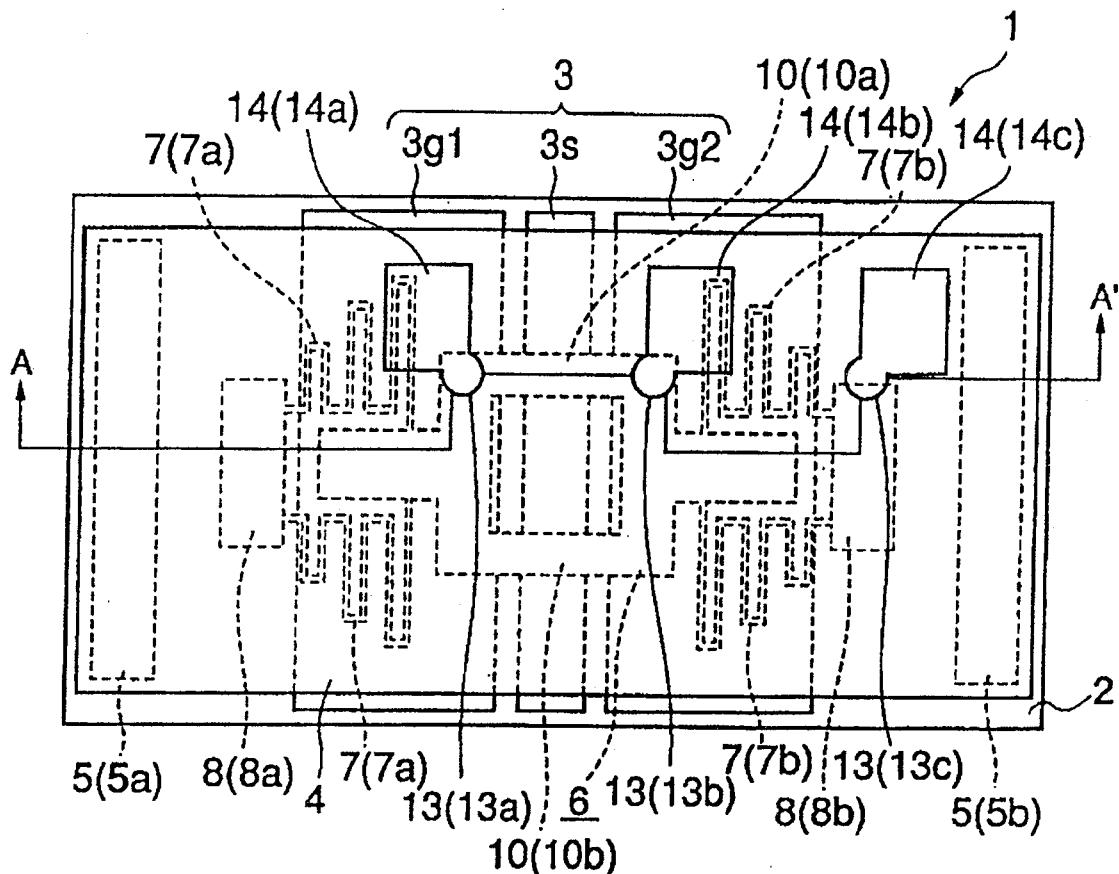


图 1A

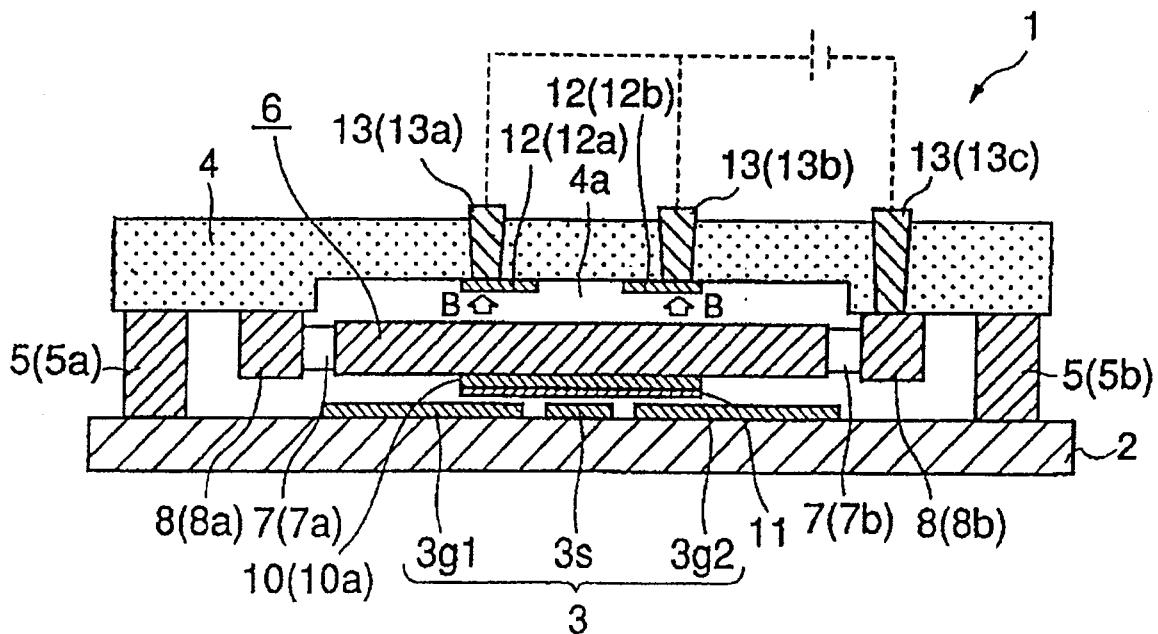


图 1B

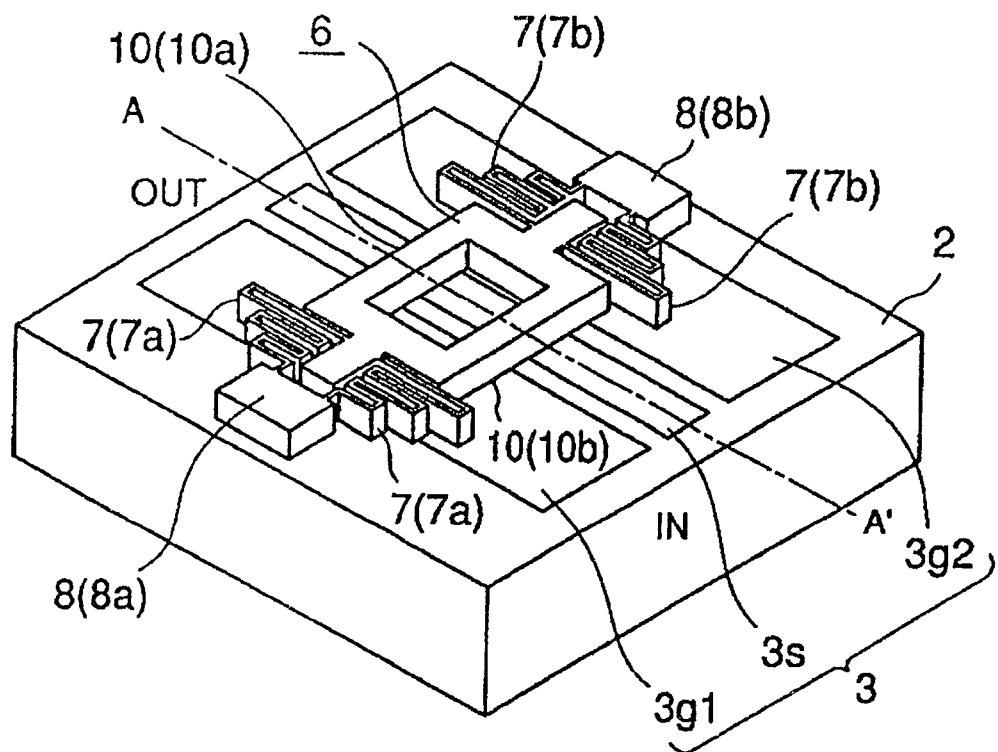


图 2A

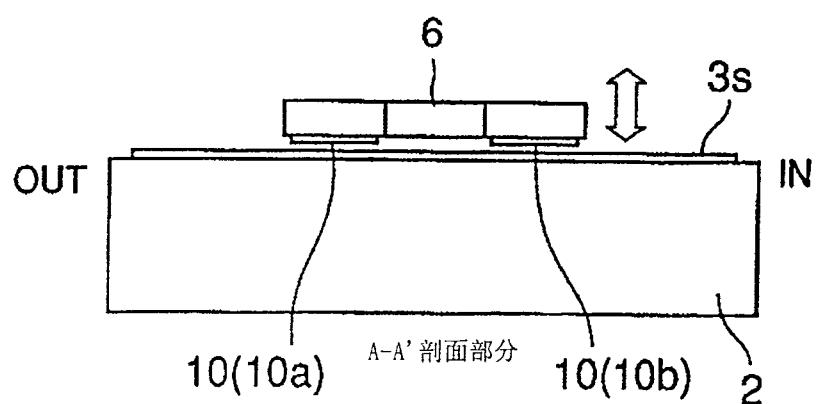


图 2B

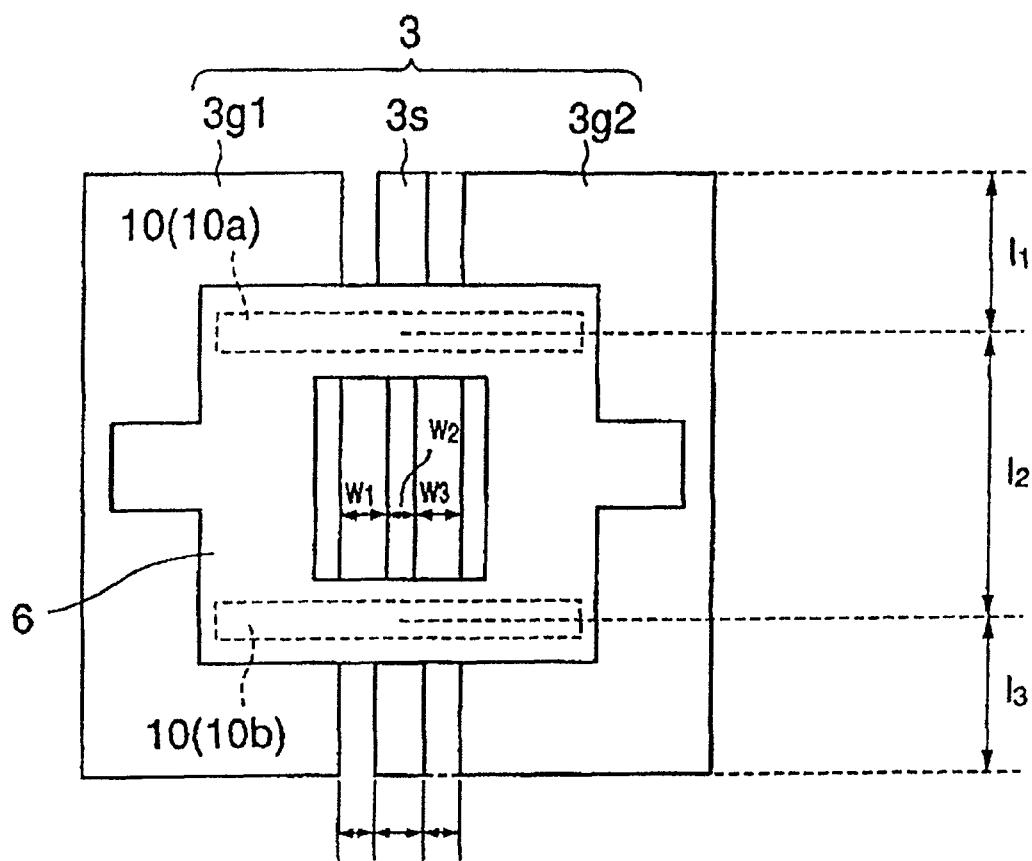


图 3A

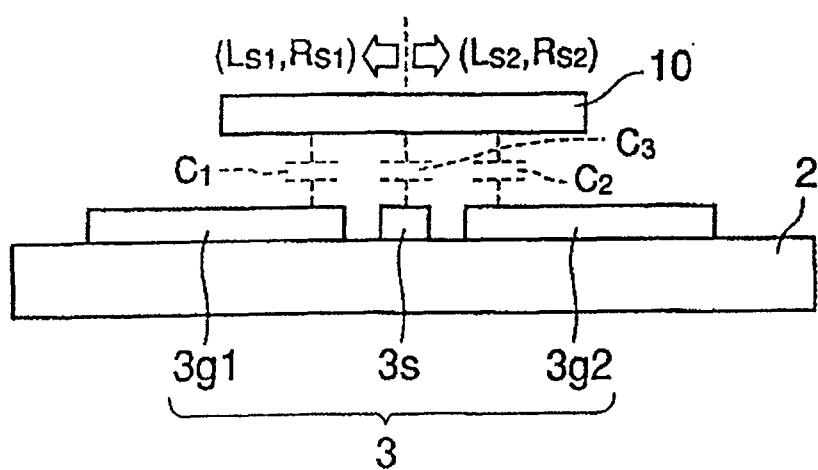


图 3B

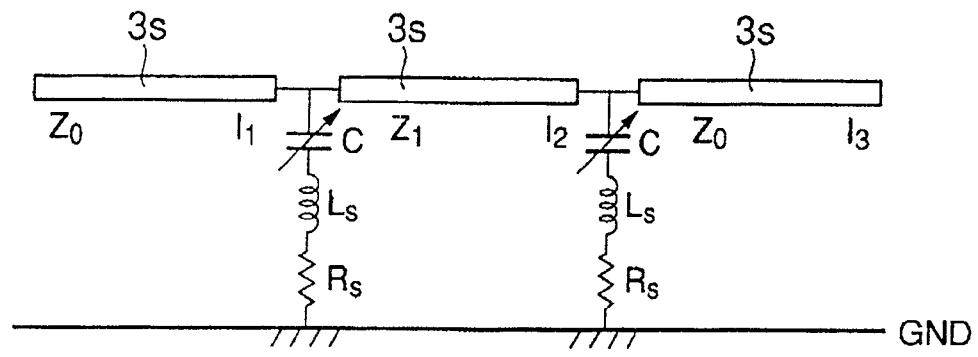


图 4A

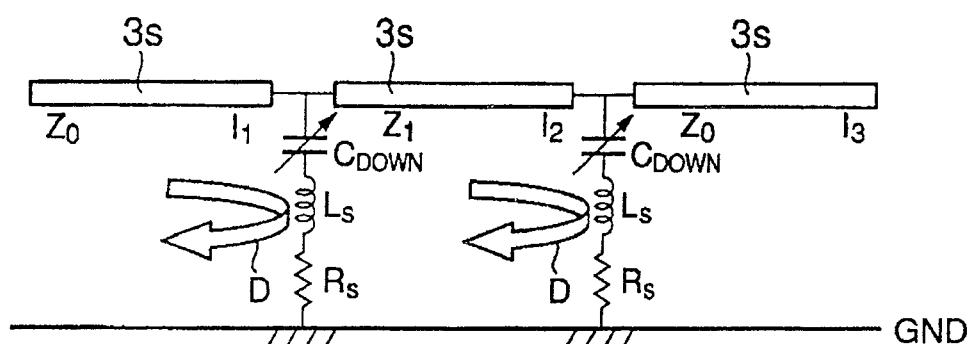


图 4B

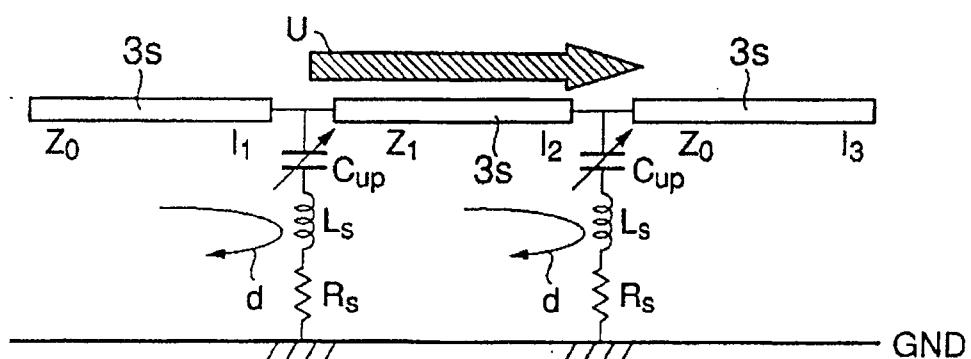


图 4C

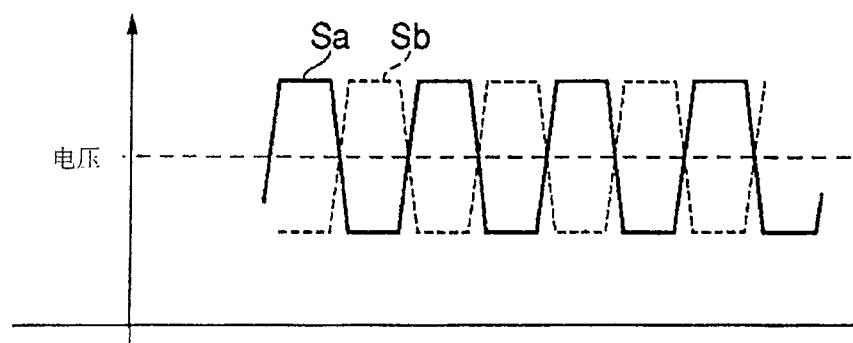


图 4D

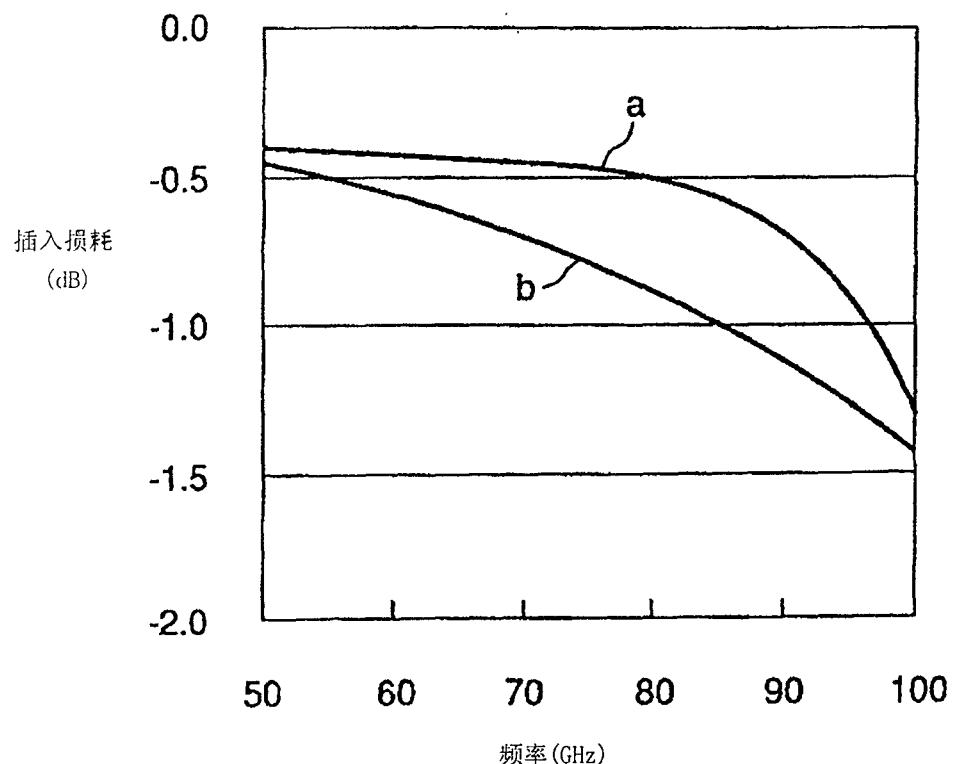


图 5

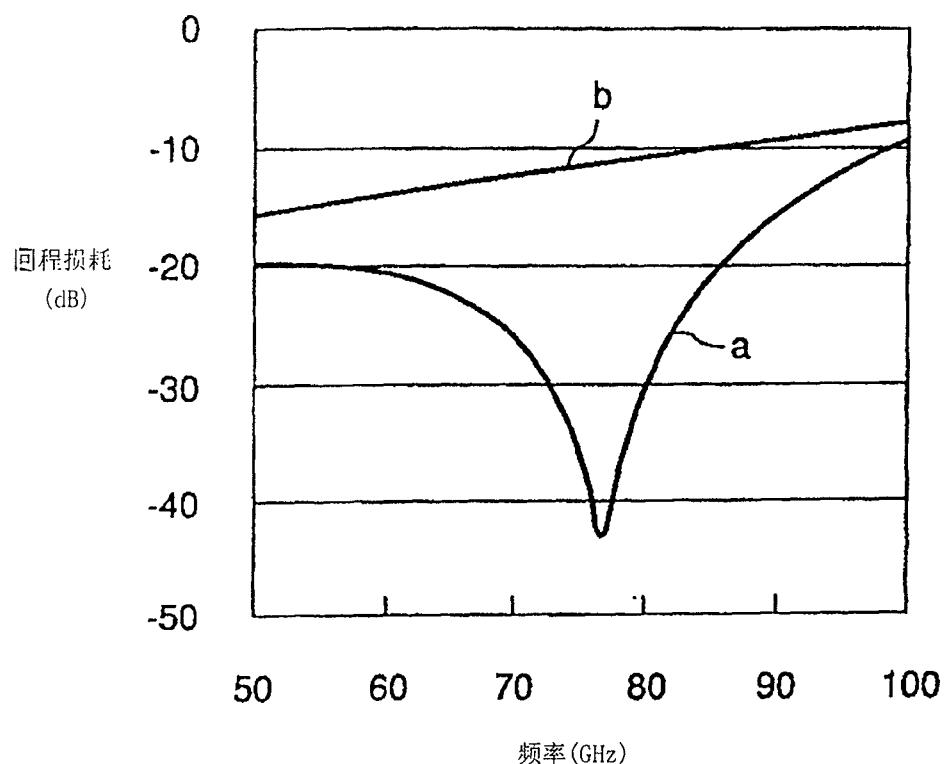


图 6

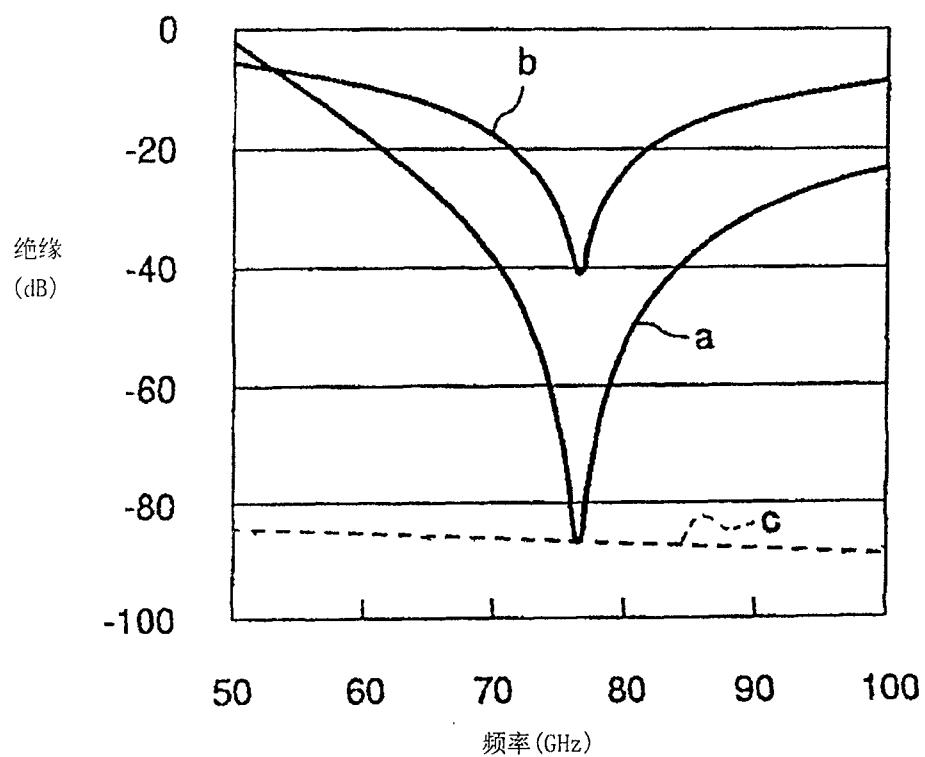


图 7

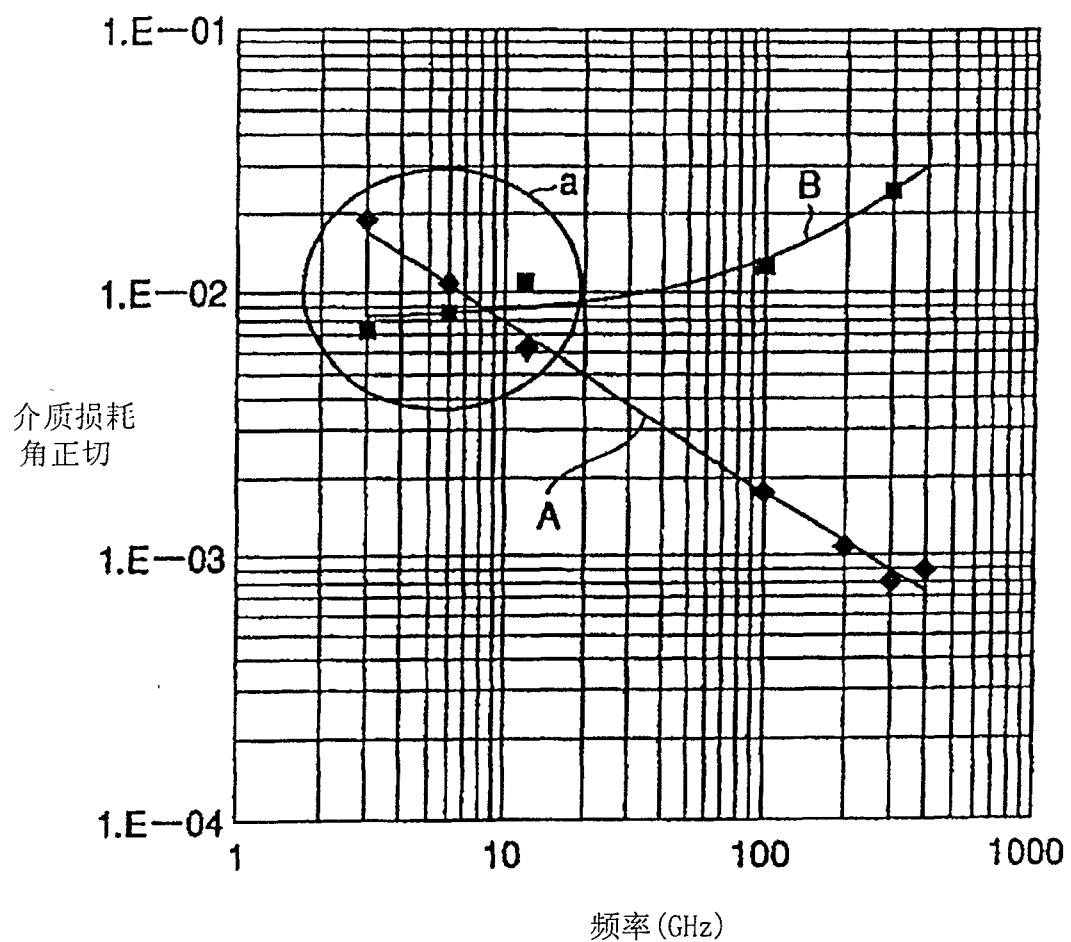


图 8

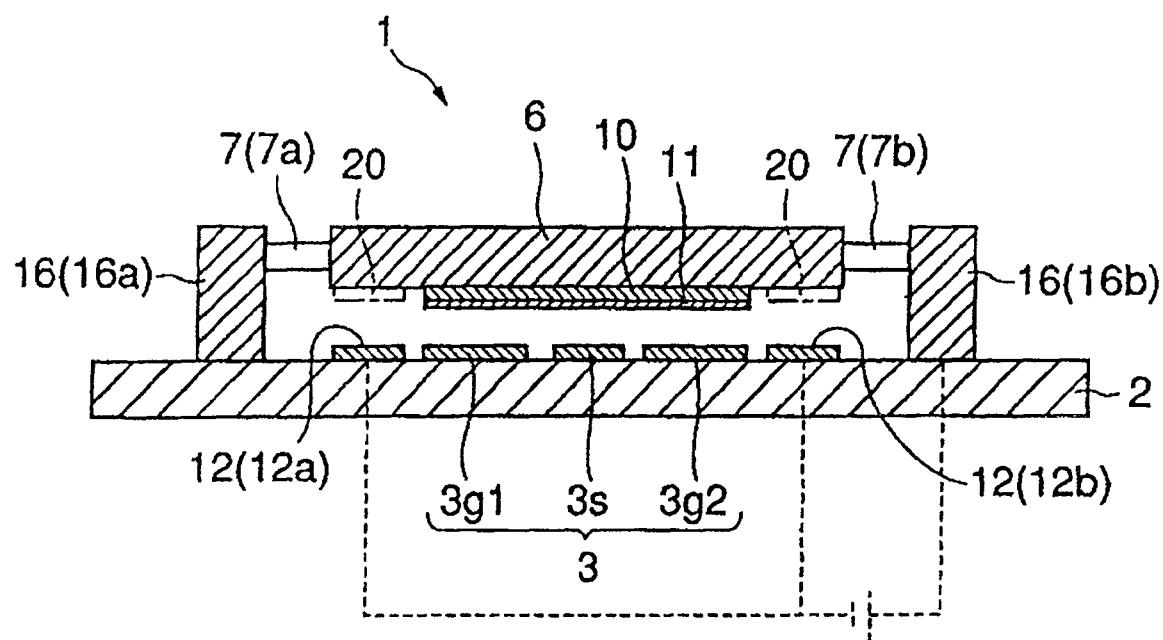


图 9

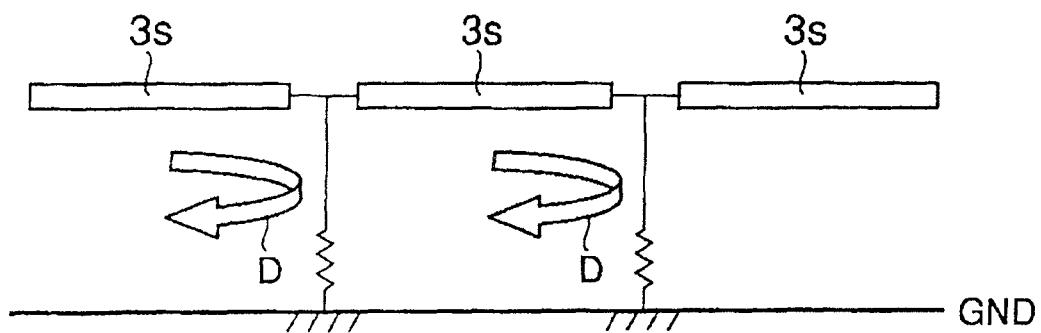


图 10A

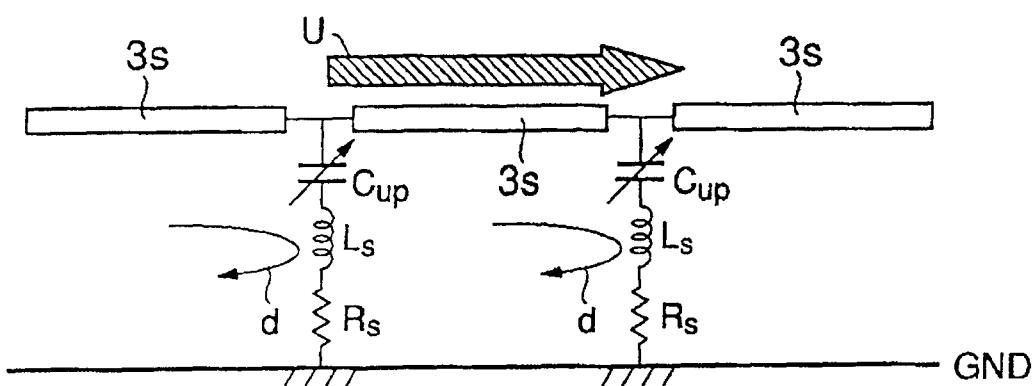


图 10B

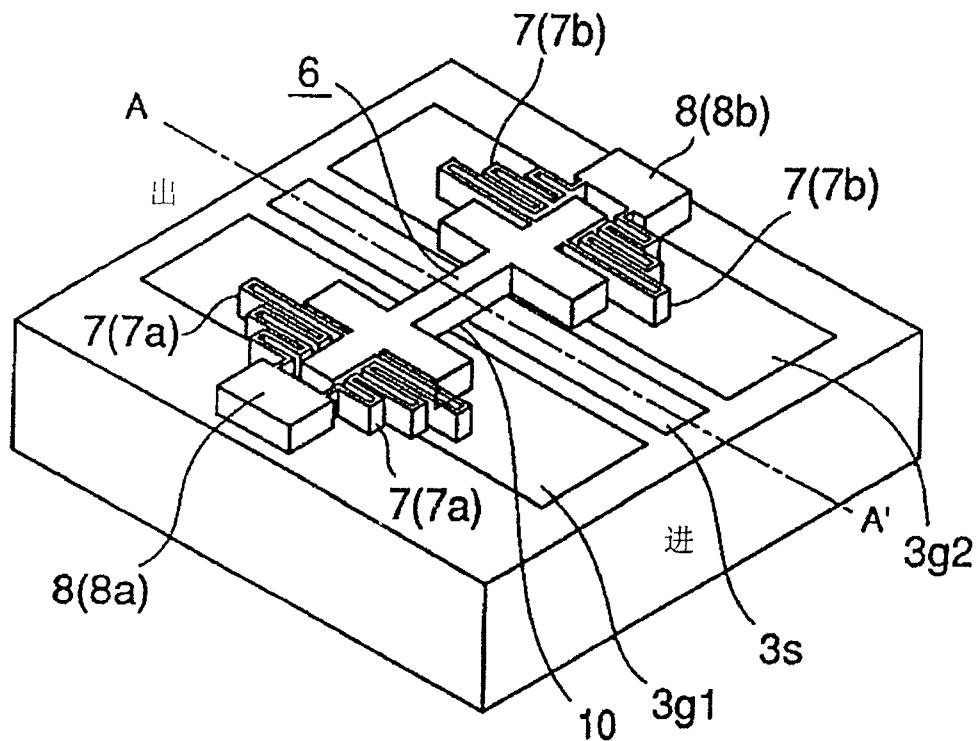


图 11A

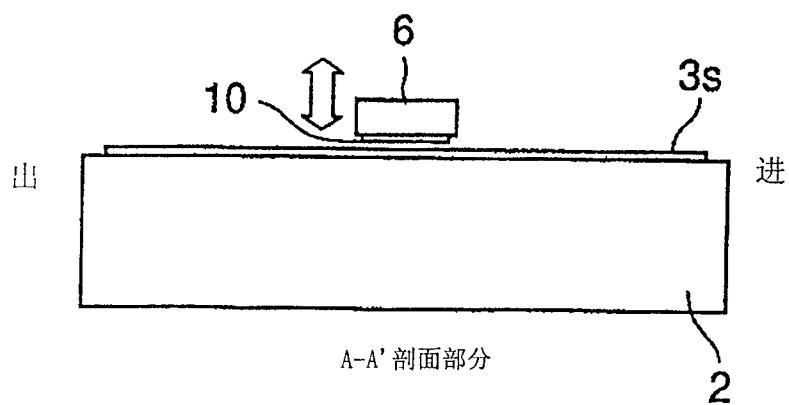


图 11B

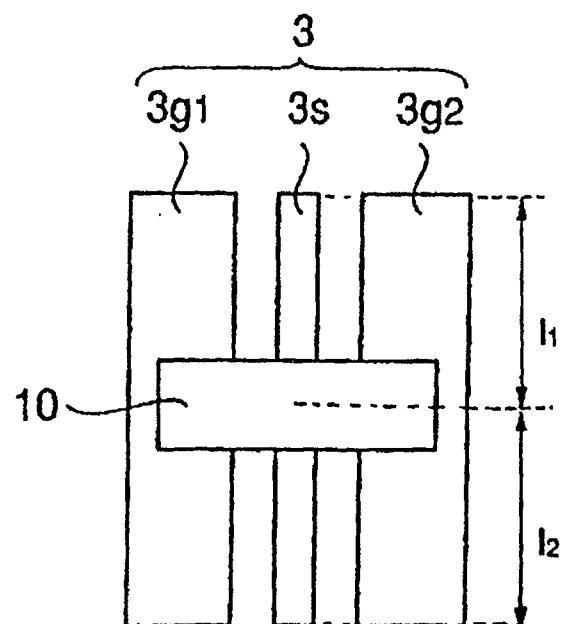


图 12A

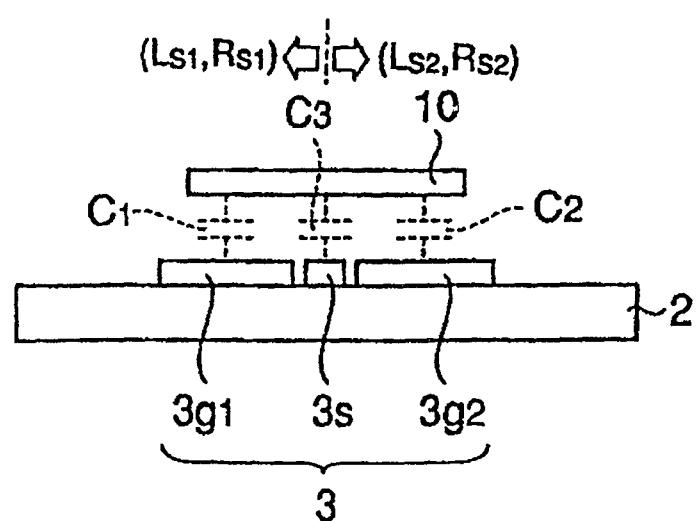


图 12B

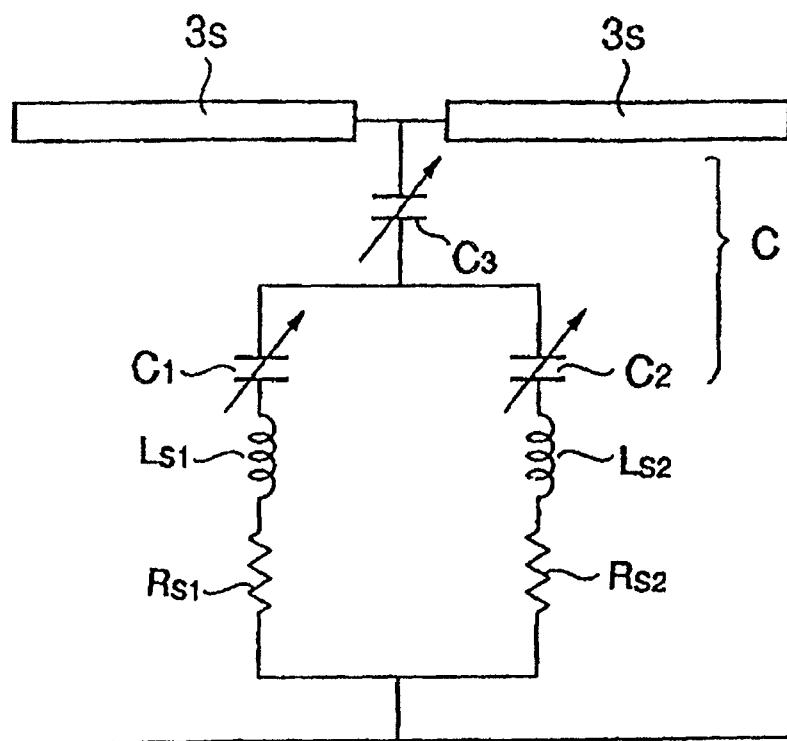


图 13A

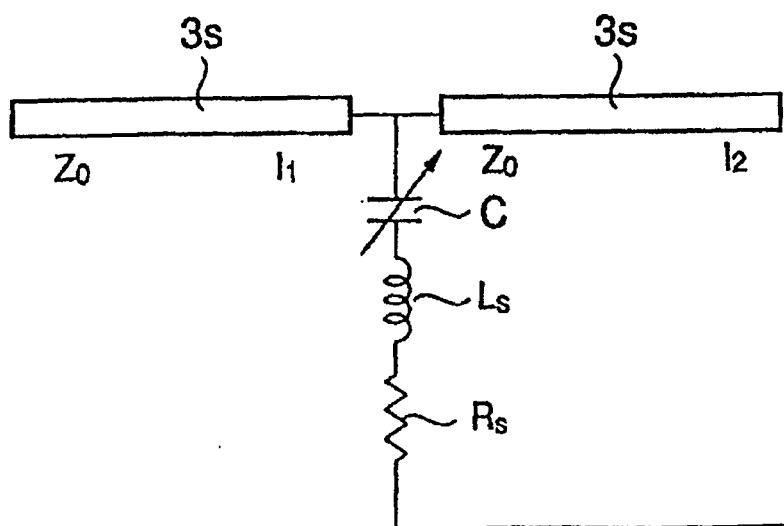


图 13B

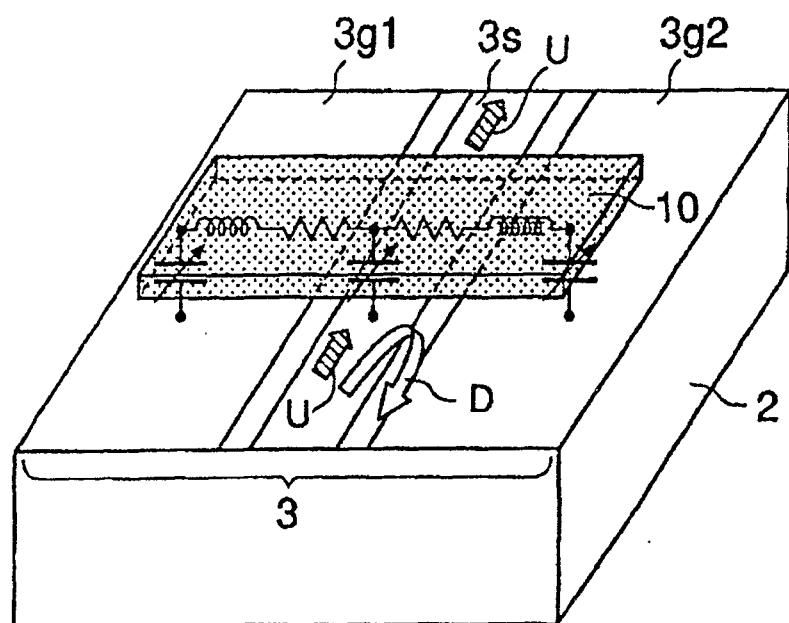


图 14A

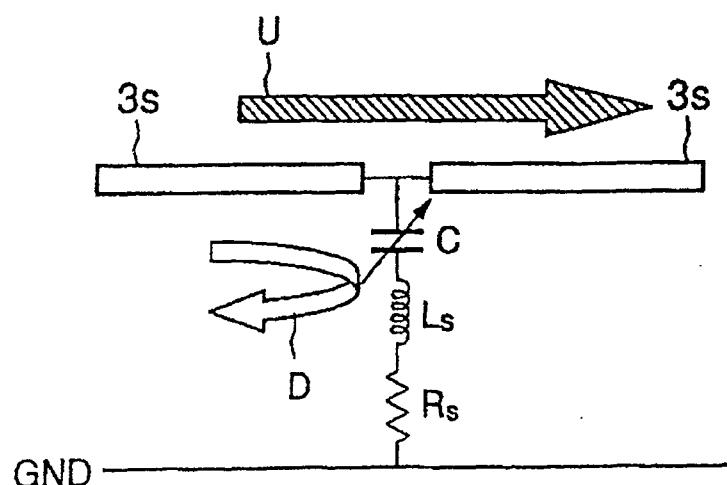


图 14B