



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106796192 B

(45)授权公告日 2019.10.29

(21)申请号 201580044629.9

(22)申请日 2015.08.13

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106796192 A

(43)申请公布日 2017.05.31

(30)优先权数据

14181602.5 2014.08.20 EP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2017.02.20

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2015/068691 2015.08.13

(87)PCT国际申请的公布数据

W02016/026771 EN 2016.02.25

(73)专利权人 ams国际有限公司

地址 瑞士拉珀斯维尔

(72)发明人 希尔科·苏伊 佐兰·日夫科维奇

弗朗西斯库斯·彼得鲁斯·威德斯  
霍芬

内博伊沙·内纳多维奇

(74)专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

代理人 李春晖 陈炜

(51)Int.Cl.

G01N 27/22(2006.01)

G01N 33/00(2006.01)

(56)对比文件

WO 0231481 A3,2002.08.29,

CN 103487474 A,2014.01.01,

EP 2565635 A1,2013.03.06,

WO 2009066992 A2,2009.05.28,

EP 1607739A1 ,2005.12.21,

审查员 温萌

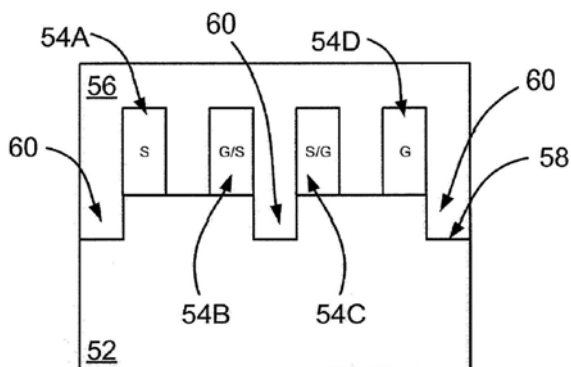
权利要求书2页 说明书15页 附图8页

(54)发明名称

电容式传感器

(57)摘要

一种电容式环境传感器和一种利用差分电容测量来确定目标物质(例如水)的存在的方法。传感器包括具有表面的半导体衬底。传感器还包括位于表面上的多个传感器电极。电极在表面上通过中间间隔横向地分隔开。所述传感器还包括覆盖电极的传感器层。所述传感器层具有对目标物质的存在敏感的介电常数。衬底的表面在使至少一对电极分隔开的间隔中包括凹槽。衬底的表面在使至少一对电极分隔开的间隔中不包括凹槽。传感器可以设置在射频识别(RFID)标签中。传感器可以设置在智能建筑物中。



1. 一种电容式环境传感器,包括:
  - 具有表面的半导体衬底;
  - 以单层电极形式的位于所述表面上的多个传感器电极,其中,每对相邻电极在所述表面上通过相应的中间间隔横向地分隔开;以及
  - 覆盖所述电极的传感器层,其中,所述传感器层具有对目标物质的存在敏感的介电常数,
  - 其中,所述衬底的所述表面在使至少一对电极分隔开的所述相应的中间间隔中包括凹槽,其中,所述衬底的所述表面在使至少其他一对电极分隔开的所述间隔中不包括凹槽;
  - 并且其中:
    - 所述电极包括布置在所述衬底上的多个单独的电极组,每个电极组具有用于在每个电极组之间进行差分电容测量的不同的电气构造;或者
    - 所述电极能够在用于进行差分电容测量的多个不同的电气构造之间切换。
2. 根据权利要求1所述的电容式环境传感器,其中,其中所述衬底的所述表面包括凹槽的间隔以周期性序列与其中所述衬底的所述表面不包括凹槽的间隔交替。
3. 根据权利要求2所述的电容式环境传感器,其中,在使成对电极分隔开的不包括凹槽的至少一个间隔中,所述衬底向上延伸成至少部分地填充所述间隔。
4. 根据权利要求3所述的电容式环境传感器,其中,所述周期性序列具有“XZXZX”的形式,其中“X”表示包括凹槽的间隔并且其中“Z”表示其中所述衬底向上延伸成至少部分地填充所述间隔的间隔。
5. 根据权利要求3所述的电容式环境传感器,其中,所述周期性序列具有“XZZXZZX”的形式,其中“X”表示包括凹槽的间隔并且其中“Z”表示不包括凹槽的间隔。
6. 根据权利要求2所述的电容式环境传感器,其中,所述周期序列具有“XYXYX”的形式,其中“X”表示包括凹槽的间隔并且其中“Y”表示不包括凹槽的间隔。
7. 根据权利要求1所述的电容式环境传感器,其能够通过以下步骤操作用于进行差分电容测量以确定所述目标物质的存在:
  - 对处于第一电气构造的电极中的至少一些电极的电容进行第一测量;
  - 对处于第二电气构造的电极中的至少一些电极的电容进行第二测量;
  - 将缩放因子应用于所述第二测量以补偿所述传感器对除了所述目标物质的存在之外的因素的敏感度;以及
  - 通过对所述第一测量与所述第二测量之间的差异进行评估来确定所述目标物质的存在。
8. 根据权利要求7所述的电容式环境传感器,其中,进行所述差分电容测量还包括:
  - 对处于第三电气构造的电极中的至少一些电极的电容进行第三测量;
  - 将缩放因子应用于所述第三测量以补偿所述传感器对除了所述目标物质的存在之外的因素的敏感度;以及
  - 通过对所述第一测量、所述第二测量和所述第三测量之间的差异进行评估来确定所述目标物质的存在。
9. 根据权利要求1所述的电容式环境传感器,其能够通过以下步骤操作用于进行差分电容测量以确定所述目标物质的存在:

对相应不同电极构造的所述电极中的至少一些电极的电容进行多次测量；

将缩放因子应用于所述测量中的至少一些测量以补偿所述传感器对除了所述目标物质的存在之外的因素的敏感度；以及

通过对所述测量之间的差异进行评估来确定所述目标物质的存在，

其中，所进行的电容测量的数目比所补偿的除了所述目标物质的存在之外的因素的数目多至少两个。

10. 根据权利要求1所述的电容式环境传感器，其中，所述衬底包括多个层，并且其中，所述传感器电极位于所述多个层中的一个层的表面上。

11. 根据权利要求1所述的电容式环境传感器，其中，所述目标物质包括水、CO<sub>2</sub>或挥发性有机化合物 (VOC)。

12. 一种智能建筑物，包括根据权利要求1所述的电容式环境传感器。

13. 一种利用差分电容测量来确定目标物质的存在的方法，所述方法包括：

提供根据权利要求1所述的电容式环境传感器；

对处于第一电气构造的电极中的至少一些电极的电容进行第一测量；

对处于第二电气构造的电极中的至少一些电极的电容进行第二测量；

将缩放因子应用于所述第二测量以补偿所述传感器对除了所述目标物质的存在之外的因素的敏感度；以及

通过对所述第一测量与所述第二测量之间的差异进行评估来确定所述目标物质的存在。

## 电容式传感器

### 技术领域

[0001] 本发明涉及电容式环境传感器以及包括该传感器的射频识别 (RFID) 标签或智能建筑物。本发明还涉及利用差分电容测量来确定目标物质的存在的方法。

### 背景技术

[0002] 图1中示出了已知类型的电容式环境传感器。该传感器包括设置在半导体衬底2的表面上的多个电极4。通常,电极4被设置为一系列交叉型指状物。传感器层6覆盖电极。传感器层具有对目标物质诸如水分或气体的存在敏感的介电常数 $\epsilon$ 。因为电极的电容至少部分地取决于传感器层6的介电常数,所以测量电极的电容可以确定目标物质的存在。根据传感器的敏感度,还可以对目标物质的浓度进行评估。通常,电极4的电容与进入传感器层6的目标物质的量成比例。

[0003] 这种传感器可能会漂移。漂移可以由许多不同的因素引起,例如:衬底2的介电常数的变化(例如由水吸收引起),其也会对电极4的电容产生影响;

[0004] 在传感器层中除了目标物质之外的物质(本文中称为干扰物)的存在,其会影响传感器层的介电常数并且因此影响电极的电容;

[0005] 与干扰物相关联的相变或化学反应——这些最有可能发生在电极4与传感器层6之间的界面处(“Water at polymer interfaces”, B.D.Vogt, University of Akron, Summer school 2012),并且导致界面层8的增长,这可能再次影响电极4的电容。

[0006] 为了应对传感器漂移而开发的策略涉及进行电容的差分测量。例如,可以将电极的电容与由对目标物质不敏感的传感器层覆盖的相邻电极集合的电容进行比较。然而,在大多数情况下,工艺和IC尺寸限制不允许在同一管芯上使用不同的功能层,而多芯片实现方式可能由于不同芯片之间的漂移的可变性而不可行。此外,对于某些目标物质,可能无法识别适当的成对的传感器层。

[0007] 在EP 1607739A1中描述的可替代方法涉及在具有单个传感器层和多层电极的传感器中进行差分测量,多层电极可以被切换成具有其中进行单独的电容测量的不同的电气构造。电气构造的变化改变传感器内的场线分布。然而,该解决方案经受电极的相对复杂的布局(特别是需要在不同层中提供电极),这可能增加制造成本并且限制衬底的其他部分中的设计自由度。

[0008] US 8,633,047 B2描述了包括衬底的传感器芯片。多个电极元件沿第一水平面布置在衬底上,其中,在相邻的电极元件之间具有至少一个间隙。金属结构沿第二水平面布置在衬底上,其中第二水平面不同于第一水平面。金属结构至少延伸过第二水平面的通过至少一个间隙朝向第二水平面的投影限定的区域。

[0009] EP 1607739 A1描述了具有单层电极的示例。然而,如本文中将要说明的,具有单层电极的已知解决方案通常是无效的,因为它们缺乏对目标物质的敏感性。

## 发明内容

[0010] 本发明的各个方面在所附的独立权利要求和从属权利要求中进行了阐述。从属权利要求的特征的组合可以适当地与独立权利要求的特征组合,而不仅仅如权利要求中明确阐述的。

[0011] 根据本发明的一个方面,提供了一种电容式环境传感器。该传感器包括具有表面的半导体衬底。该传感器还包括位于表面上的多个传感器电极。电极在表面上通过中间间隔横向地分隔开。该传感器还包括覆盖电极的传感器层。传感器层具有对目标物质的存在敏感的介电常数。衬底的表面在使至少一对电极分隔开的间隔中包括凹槽。衬底的表面在使至少一对电极分隔开的间隔中不包括凹槽。

[0012] 通过在衬底的表面中在电极之间的一些间隔但不是全部间隔中设置凹槽可以将一定程度的不对称性引入到传感器中。这可以使得能够进行差分电容测量,使得降低或消除传感器对除了目标物质的存在之外的一个或更多个因素的敏感度,同时保持对目标物质本身的敏感度。除了目标物质的存在之外的因素可以包括例如衬底的介电常数的变化和/或在电极与传感器层之间的界面处的界面层的存在。

[0013] 在一些示例中,在使成对电极分隔开的不包括凹槽的至少一个间隔中,衬底可以向上延伸成至少部分地填充该间隔。

[0014] 在一些示例中,其中衬底的表面包括凹槽的间隔可以以周期性序列与其中衬底的表面不包括凹槽的间隔交替。凹入的间隔和未凹入的间隔以周期性序列的交替可以增强传感器消除对除了目标物质的存在之外的因素的敏感度的能力,特别是在存在多次重复该序列的情况下更是如此。

[0015] 设想了周期性序列的各种示例。例如,周期性序列可以具有“XYXYX”的形式,其中“X”表示包括凹槽的间隔,并且“Y”表示不包括凹槽的间隔。因此,在该示例中,在每隔一个间隔处设置凹槽。在另一示例中,周期性序列可以具有“XYXYXYX”的形式。因此,在该示例中,在每隔两个间隔处设置凹槽。其中在使至少一对电极分隔开的间隔中,衬底向上延伸成至少部分地填充如上所述的电极之间的间隔(这里由“Z”表示),还设想以下周期性序列:“XZXZX”;“XZZXZZX”。

[0016] 如本文所使用的,术语“电气构造”用于指代在电容测量期间施加至每个电极的电位。例如,为了进行电容测量,电极中的一些电极可以保持接地,电极中的一些电极可以具有施加至它们的电位,并且电极中的一些电极可以保持浮置。

[0017] 在一个实施方式中,电极可以包括布置在衬底上的多个单独的电极组,每个电极组具有用于在每个电极组之间进行差分电容测量的不同的电气构造。在这样的示例中,差分电容测量可以包括将由第一电极组测量的电容与由第二电极组和/或第三电极组测量的电容进行比较,其中各个电极组设置在衬底的不同区域中。衬底的不同区域可以相邻。在该示例中,电极的电气构造可以固定。

[0018] 在另一实施方式中,同一电极集合可以用于进行差分电容测量。例如,电极能够在多个不同的电气构造之间切换。可以使用微控制器来控制该切换。

[0019] 在一个实施方式中,可以对两个不同电极构造之间的电容的测量进行比较来降低或消除对除了目标物质的存在之外的因素的敏感度。这可能涉及:

[0020] 对处于第一电气构造的电极中的至少一些电极的电容进行第一测量;

- [0021] 对处于第二电气构造的电极中的至少一些电极的电容进行第二测量；
- [0022] 将缩放因子应用于第二测量以补偿传感器对除了目标物质的存在之外的因素的敏感度,以及
- [0023] 通过对第一测量与第二测量之间的差异进行评估来确定目标物质的存在。
- [0024] 在一些示例中,这可以扩展到降低或消除对除了目标物质的存在之外的多于一种因素的敏感度。在这样的示例中通常可能需要第三电气构造。这可以涉及:
- [0025] 对处于第三电气构造的电极中的至少一些电极的电容进行第三测量;
- [0026] 将缩放因子应用于第三测量以补偿传感器对除了目标物质的存在之外的因素的敏感度;以及
- [0027] 通过对第一测量、第二测量和第三测量之间的差异进行评估来确定目标物质的存在。
- [0028] 应用于第二测量和/或第三测量的缩放因子可以以使得保持对目标物质本身的敏感度的方式降低或消除对除了目标物质的存在之外的因素的敏感度。如本文所说明的,要应用的缩放因子的值可以根据衬底的表面中的凹槽的构造(例如,它们的深度)来确定。
- [0029] 可以设想,所进行的测量的数目通常可以超过除了要考虑的目标物质的存在之外的因素的数目。例如,电容式环境传感器能够通过以下步骤操作用于确定目标物质的存在:对相应不同电极构造的电极中的至少一些电极的电容进行多次测量;将缩放因子应用于所述测量中的至少一些测量以补偿传感器对除了目标物质的存在之外的因素的敏感度;以及通过对所述测量之间的差异进行评估来确定目标物质的存在。所进行的电容测量的数目比所补偿的除了目标物质的存在之外的因素的数目多至少两个。通过进行比用于补偿除了目标物质的存在之外的因素所严格需要测量的多的测量,可以增加用于确定目标物质的存在的测量的准确性。
- [0030] 如本文所使用的,术语“衬底”用于指代可以包括多个层(例如,半导体材料层、电介质层、金属层、钝化层等)的半导体衬底。所述层可以设置在下面的半导体衬底(例如,包含硅)上。电极可以位于多个层之一的表面上。在一个示例中,电极被设置在钝化层(例如,最后的钝化层)上,并且可以在一个或更多个金属化步骤中的后端处理期间被施加至钝化层。
- [0031] 还设想电极可以被直接设置在单片衬底的表面上而没有中间层。
- [0032] 目标物质可以是例如水、CO<sub>2</sub>或挥发性有机化合物(VOC)。本发明的应用设想用于气体/水分感测(例如在智能建筑或温室中)。还设想了汽车应用、识别应用和在生物传感器中的用途。
- [0033] 根据本发明的另一方面,提供了包括上述类型的电容式环境传感器的射频识别(RFID)标签。
- [0034] 根据本发明的又一方面,提供了包括上述类型的电容式环境传感器的智能建筑物。
- [0035] 根据本发明的另一方面,提供了使用差分电容测量来确定目标物质的存在的方法。该方法包括提供上述类型的电容式环境传感器。该方法还包括对处于第一电气构造的电极中的至少一些电极的电容进行第一测量。该方法还包括对处于第二电气构造的电极中的至少一些电极的电容进行第二测量。该方法还包括将缩放因子应用于第二测量以补偿传

传感器对除了目标物质的存在之外的因素的敏感度。该方法还包括通过对第一测量与第二测量之间的差异进行评估来确定目标物质的存在。

### 附图说明

[0036] 下面将参照附图仅通过示例的方式对本发明的实施方式进行了描述,在附图中类似的附图标记涉及类似的元件,并且其中:

[0037] 图1示出了包括位于半导体衬底的表面上的多个传感器电极的电容传感器;

[0038] 图2示出了包括位于半导体衬底的表面上的多个传感器电极的电容传感器,其中衬底的表面在使每个电极分隔开的间隔中包括凹槽;

[0039] 图3A至图3C示出了用于进行差分测量的电容传感器的电极的许多电气构造;

[0040] 图4A至图4C分别示出了用于图3A至图3C中所示的电气构造的电场线分布;

[0041] 图5A和图5B示出了改变使电极分隔开的间隔中的凹槽的深度的影响;

[0042] 图6A和图6B示出了改变使电极分隔开的间隔中的凹槽的深度的影响;

[0043] 图7示出了根据本发明的实施方式的电容式环境传感器;

[0044] 图8示出了根据本发明的另一实施方式的电容式环境传感器;

[0045] 图9A和图9B示出了改变在图7的实施方式中的凹槽的深度对传感器对界面层的厚度的敏感度的影响;

[0046] 图10A和图10B示出了改变在图8的实施方式中的凹槽的深度对传感器对界面层的厚度的敏感度的影响;

[0047] 图11A和图11B示出了改变在图7的实施方式中的凹槽的深度对传感器对衬底的介电常数的变化的敏感度的影响;

[0048] 图12A和图12B示出了改变在图8的实施方式中的凹槽的深度对传感器对衬底的介电常数的变化的敏感度的影响;

[0049] 图13示出了根据本发明的又一实施方式的电容式环境传感器;以及

[0050] 图14A至图14C示出了图13中所示的电容式环境传感器的各种电气构造的电场线分布。

### 具体实施方式

[0051] 下面参照附图对本发明的实施方式进行了描述。

[0052] 本发明的实施方式可以提供电容式环境传感器,其包括具有位于其表面上的多个传感器电极的半导体衬底。如上所述,电极在表面上通过中间间隔分隔开。在衬底的表面中间隔中的一些间隔但不是全部间隔包括凹槽。在衬底的表面中存在凹槽——其中,凹槽位于电极中的一些电极但不是全部电极之间的间隔中——可以使得能够将不对称性引入到传感器的布局中,其可以使得能够进行差分测量,从而可以降低或消除对除了目标物质存在之外的因素的敏感度,同时保持对目标物质本身的敏感度。除了目标物质的存在之外的因素可以包括例如半导体衬底的介电常数的变化(例如由于水分的吸收引起的)和/或在电极与覆盖电极的传感器层之间的界面处的界面层的存在。

[0053] 图2示出了电容式环境传感器的示例。传感器包括衬底2。传感器还包括位于衬底2的表面上的多个电极4。传感器还包括传感器层6。传感器层6具有对目标物质的存在敏感的

介电常数。如上所述,包括除了目标物质之外的物质的界面层可以在电极4与传感器层6之间的界面处增长。在图2中,该界面层用附图标记8表示。

[0054] 已经提出,通过在电极4之间的衬底中设置凹槽,可以减轻对除了目标物质的存在之外的因素的敏感度。这些凹槽在图2中用附图标记7表示。从图2可以看出,凹槽设置在每对电极之间。在这方面,将被理解的是,图2是示出仅两个电极4的简化图,而实际上,通常可以设置多于两个的电极。

[0055] 图3A至图3C示出了用于图2所示类型的传感器中的多个电极的许多不同的电气构造。术语“电气构造”用于指代在电容测量期间施加至电极的电位。

[0056] 图3A示出了在本文中将被称为“单间隔”构造或“单”构造的构造中的四个电极4A、4B、4C、4D。在该构造中,通过将电极4B和电极4D连接到地,同时向电极4A、电极4C施加信号(例如,DC电位)来进行电极的电容的测量。这些信号和接地连接在附图中用“S”和“G”表示。

[0057] 图3B示出了在本文中将被称为“双间隔”构造或“双”构造的电极的电气构造。在双构造中,为了进行电容的测量,电极4A和电极4B连接到信号电位,而电极4C和电极4D连接到地。因此,参照图3A和图3B,将被理解的是,单构造包括包含连接到地的第一电极和连接到信号的第二电极的相邻的成对电极,由此在相邻电极两端出现电位差,而双构造包括连接到信号电位或者连接到地的相邻的成对电极。

[0058] 可以设想在一些示例中,电极中的一些电极可以保持浮置。浮置电极在附图中表示为“F”。浮置电极可以位于单构造或双构造的电极之间。例如,图3C示出了可以被称为“单浮置构造”的电气构造。在该构造中,在单构造(参见图3A)中的一组电极4A、4C、4E与浮置电极4B、4D交替。设想可以设置其他浮置构造,例如通过将具有如图3B所示的双构造的电极与浮置电极交替。

[0059] 为了简单起见,在图3A至图3C中未示出可能的凹槽。

[0060] 图4A至图4C分别示出了由图3A至图3C中所示的电气构造产生的电场线分布。从图4B和图4C的比较中将理解,由双间隔构造和单浮置构造产生的场线是类似的。在下面的描述中,为了说明性目的,集中于诸如图3A中所示的单间隔构造和诸如图3B中所示的双间隔构造。然而,设想包括至少一些浮置电极的电极构造落入所要求保护的本发明的范围内。

[0061] 为了进行差分测量,可以首先利用具有第一电气构造(例如,图3A的单构造)的电极进行电容测量,然后可以利用具有第二电气构造(例如,图3B所示的双构造)的电极来进行电容的第二测量。通过对这两个测量进行比较,原则上可以从例如界面层的存在和/或衬底的介电常数的变化中分解出贡献。

[0062] 设想可以通过利用在多个不同的电气构造之间切换的单电极组,或者可替代地通过利用各自硬连线成具有不同的电气构造的多个不同电极组来进行差分测量。如下面还将更详细地描述的,在期望分解出除了目标物质的存在之外的单个因素的情况下,通常可能需要仅第一电气构造和第二电气构造,其中利用每个构造进行电容的单独测量。在期望降低或消除对除了目标物质的存在之外的两种或更多种因素的敏感度的情况下,通常可能有必要包括附加的电极构造,其中在每个构造处进行附加的电容测量。通常,利用每个电气构造进行的电容测量可以用于求解与影响电容测量的各种因素相关的联立方程,从而使得能够将目标物质的存在相关联的测量的贡献与其他因素分开。

[0063] 可以对不同电气构造中的电极的敏感度进行建模和模拟。在下文中,分别对关于

具有图3A和图3B的单构造和双构造的电极的这种建模的结果进行描述。

[0064] 首先,以下所示的表1示出了图3A和图3B的单电极和双电极构造的敏感度,其中将每个电极之间的凹槽7的深度设置为零。

[0065]

构造	$\partial C/\partial t_{\text{inter}}[\text{fF}/\text{nm}]$	$\partial C/\partial \epsilon_{\text{sub}}[\text{fF}]$	$\partial C/\partial \epsilon_{\text{sens}}[\text{fF}]$
单	6.73	25.0	122.3
双	3.57	20.4	70.8
单 - 1.9*双	- 0.05	- 13.8	- 12.2
单 - 1.2*双	2.45	0.52	37.3

[0066] 表1—在零凹槽深度下对于单电极和双电极构造的电容敏感度。

[0067] 如表1所示,每个构造(即单构造和双构造)对 $\partial C/\partial t$ (其中C是构造的电容并且其中t是界面层8的厚度,界面层8假设为由冷凝水组成( $\epsilon = 80$ ))、 $\partial C/\partial \epsilon_{\text{sub}}$ (其中 $\epsilon_{\text{sub}}$ 是衬底的介电常数)和 $\partial C/\partial \epsilon_{\text{sens}}$ (其中 $\epsilon_{\text{sens}}$ 是传感器层6的介电常数)具有一定的敏感度。

[0068] 对在单构造和双构造中得到的测量值的比较可以使得能够消除对诸如界面层的厚度或衬底的介电常数等因素的敏感度。例如,通过从在单构造中得到的测量值中减去在双构造中得到测量值,其中所减去的双构造中的测量值首先乘以缩放因子(等于1.9),从表1可以看出,可以显著降低或消除对界面层的厚度的敏感度( $\partial C/\partial t = - 0.05$ )。然而,在该示例中使用等于1.9的缩放因子不会导致完全消除对衬底的介电常数的敏感度( $\partial C/\partial \epsilon_{\text{sub}} = - 13.8$ )。此外,使用缩放因子1.9对传感器对目标物质的存在的敏感度具有不利影响(与在单构造中进行的单次测量( $\partial C/\partial \epsilon_{\text{sens}} = 122.3$ )或在双构造中进行的单次测量( $\partial C/\partial \epsilon_{\text{sens}} = 70.8$ )相比,该情况下 $\partial C/\partial \epsilon_{\text{sens}} = - 12.2$ )。

[0069] 可替代地,可以选择1.2的缩放因子来显著降低或消除对衬底的介电常数的敏感度(使用1.2的缩放因子,在表1中示出了 $\partial C/\partial \epsilon_{\text{sub}}$ 的值为0.52)。然而,使用用于降低或消除对衬底的介电常数的敏感度的适当的缩放因子基本上不会降低或消除对界面层的敏感度( $\partial C/\partial t = 2.45$ ),并且还会导致传感器对目标物质的存在的敏感度降低( $\partial C/\partial \epsilon_{\text{sens}} = 37.3$ )。

[0070] 图5和图6通过在每个电极之间引入具有非零深度的凹槽来扩展表1中所示类型的模拟结果,如以上关于图2所说明的。

[0071] 例如在图5A中,针对一系列差分测量示出了传感器对界面层的厚度(t)的敏感度。如上所述,在该示例中,差分测量涉及在应用缩放因子的情况下从单构造中得到的测量值中减去双构造中得到的测量值。类似地,在图5B中,利用与在图5A中使用的差分测量和缩放因子相同的差分测量和缩放因子示出了传感器对目标物质的敏感度。以这种方式,可以根

据凹槽的深度研究各种缩放因子的影响。图5A和图5B中所示的各种曲线的细节在下表2中列出。

[0072]

附图	附图标记	测量
5A	12	单—1.0*双
5A	14	单—1.7*双
5A	16	单—2.0*双
5B	22	单—1.0*双
5B	24	单—1.7*双
5B	26	单—2.0*双

[0073] 表2—图5中的差分测量

[0074] 对于本示例的目的,假设凹槽的深度选择为 $0.5\mu\text{m}$ 。从图5A中的曲线14可以看出,这种情况需要1.7的缩放因子,以使得对界面层的厚度的敏感度近似为零(见曲线14)。然而,转到图5B,在 $0.5\mu\text{m}$ 的凹槽深度和1.7的缩放因子下,曲线24示出了在该点处传感器对目标物质的存在的敏感度也近似为零。

[0075] 图6A和图6B包括下面在表3中汇总的数据的曲线。

[0076]

附图	附图标记	测量
6A	32	单—1.0*双
6A	34	单—1.1*双
6A	36	单—1.3*双
6A	38	单—2.0*双
6B	42	单—1.0*双
6B	44	单—1.1*双
6B	46	单—1.3*双
6B	48	单—2.0*双

[0077] 表3—图6中的差分测量

[0078] 这些曲线示出了对于许多不同的缩放因子,传感器对衬底的介电常数的敏感度(图6A)以及传感器对目标物质的存在的相应敏感度(图6B)。

[0079] 首先,在图6A中,可以看出,在例如 $0.5\mu\text{m}$ 的凹槽深度处,曲线34示出了应用于差分测量——在差分测量中从单构造中得到测量值中减去双构造中得到的测量值——的1.1的缩放因子适合于消除传感器对衬底的介电常数的敏感度。然而,从图6B可以看出,与例如在其中从单构造中的测量值中减去双构造中的测量值的简单差分测量(缩放因子=1.0)相比,在1.1的缩放因子和 $0.5\mu\text{m}$ 的凹槽深度(见曲线44)下,传感器对目标物质的敏感度降低。

[0080] 因此,已经描述了通过在包括具有不同电气构造的多个电极的传感器的差分测量中选择适当的凹槽深度和缩放因子,可以降低或消除传感器对除了目标物质的存在之外的因素的敏感度。然而,也已经证明,对于其中凹槽设置在每相邻的电极对之间的布置,难以以为凹槽深度和缩放因子选择适当的值而使得可以有效地降低或消除例如界面层的存在或衬底的介电常数的贡献而基本上不会降低传感器对目标物质本身的敏感度。

[0081] 根据本发明的实施方式,已经认识到,通过将一定程度的不对称性引入到电极和凹槽的布局中,可以减轻上述涉及基本上降低传感器对目标物质本身的存在敏感度的问题。

[0082] 图7示出了根据本发明的实施方式的电容式环境传感器。该传感器包括半导体衬底52。衬底可以例如包含硅。衬底52具有表面58。在一些示例中,衬底52可以包括设置在下面的硅管芯上的多个层。多个层可以例如包括用于在管芯中形成诸如晶体管的部件的半导体层、一个或更多个金属化层以及使金属化层分隔开的一个或更多个电介质层。这些层还可以包括一个或更多个钝化层。在本示例中的表面58是衬底的最上钝化层的表面。在其他示例中,设想表面58可以是半导体管芯的裸露表面而没有任何中间层。

[0083] 传感器包括多个传感器电极54A、54B、54C、54D。传感器电极54A、54B、54C、54D可以被设置为如本领域中已知的一系列交叉型指状物。电极的竖直厚度可以为 $0.1\mu\text{m}\leq H\leq 10\mu\text{m}$ 。电极可以包括任意合适的导电材料诸如金属或合金(例如Al、W、Cu),所述电极可以由内衬(例如 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 、Ti、TiN、 $\text{SiO}_x$ 或SiN)覆盖以用于制造中的粘合目的以及在施加期间的防潮和防腐蚀目的。除了电极54A、54B、54C、54D之外,内衬通常还可以覆盖表面58,由此可以防止水分进入衬底52。

[0084] 传感器电极位于衬底52的表面58上。如图7所示,传感器电极在表面58上通过中间间隔横向地分隔开。间隔的横向宽度通常可以为 $0.1\mu\text{m}\leq W\leq 20\mu\text{m}$ 。

[0085] 电容式环境传感器还包括传感器层56。传感器层56覆盖电极54A、54B、54C、54D。传感器层具有对目标物质的存在敏感的介电常数。目标物质可以例如包括水(例如,其中电容式环境传感器是湿度传感器或水分传感器)、 $\text{CO}_2$ 或挥发性有机化合物(VOC)。传感器层56的组成可以根据目标物质来选择。例如,在湿度传感器的情况下,传感器层56可以包含聚合物如聚酰亚胺、聚对二甲苯或PDMS。

[0086] 在该示例中的电极54A、54B、54C、54D能够在两个电气构造之间切换。在一些实施方式中,这种切换可以由微控制器控制,该微控制器还可以收集并且评估对每个电气构造所进行的测量。如上所述,在可替代示例中,可以设想,图7所示的类型的两个单独的电极组可以放置在衬底52上的不同位置处。不同的电极集合或电极组可以位于衬底52的完全不同的部分上或者在一些示例中可以布置成彼此相邻。第一组电极可以具有第一电气构造并且第二组电极可以具有第二电气构造,用于使得能够在两个组之间进行差分测量。

[0087] 图7中的第一电气构造是单间隔构造,其中电极54B被切换成接地并且电极54C被切换成具有施加至其的信号(通常为DC电位)。在该状态下的电气构造因此是“SGSG”。

[0088] 在第二电气构造中,电极54被切换成具有施加至其的信号,而电极54C被切换成接地。在该电气构造中,电极连接为如下“SSGG”,其将被识别为如上所述的双间隔构造。

[0089] 将注意到,在本示例中,在单间隔构造与双间隔构造之间的切换不涉及改变电极54A的状态(其保持连接到“S”)或电极54D的状态(其保持为连接到“G”)。

[0090] 在该实施方式中,衬底52的表面58包括多个凹槽60。凹槽60位于电极54A、54B、54C、54D之间的一些间隔但不是全部间隔中。因此,在本示例中,衬底52的表面58在使至少一对电极分隔开的间隔中包括凹槽,而衬底52的表面58在使至少一对电极分隔开的间隔中不包括凹槽。凹槽的这种布置将一定程度的不对称性引入到传感器的布局。如下面将要说明的,这种不对称性使得能够以基本上不降低或消除传感器对目标物质的敏感度的方式进

行差分测量。

[0091] 图8示出了第二实施方式的电容式环境传感器。图8中的传感器在许多方面与以上关于图7所描述的传感器类似。图8中所示的传感器与以上关于图7所描述的传感器之间的主要区别在于：在图8中的电极54之间的间隔中的一些间隔中，衬底52的表面58向上延伸成至少部分地填充电极54之间的间隔。例如，电极54A和54B之间的间隔基本上被衬底52的向上延伸部分62填充。类似地，衬底52的部分62在电极54C与电极54D之间向上延伸。已经发现这种布置在与图7所示的示例相比更大程度上降低了传感器对界面层的存在的敏感度，同时返回对目标物质的敏感度。

[0092] 图9示出了关于图7所示的类型的电容式环境传感器的模拟的结果，而图10示出了已经关于图8所示的类型的传感器执行的类似模拟的结果。图9和图10都示出了当利用图7和图8所示的类型的布置时，可以在保持对目标物质的敏感度的同时分解出对界面层的存在的敏感度。在这些模拟中，假设目标物质是水分（即，假设在该示例中传感器是湿度传感器），并且假设界面层的组成包括冷凝水（ $\epsilon = 80$ ）。为了模拟和说明的目的，假设传感器层由具有标称介电常数（ $\epsilon$ ）为3的聚酰亚胺构成，并且在整个相对湿度范围内示出约 $\pm 20\%$ 的典型变化。假设衬底介电常数为4.2，例如 $\text{SiO}_2$ 。

[0093] 图9和图10中的各种曲线和缩放因子分别汇总在下表4和表5中。

[0094]

附图	附图标记	测量
9A;9B	70	单
9A;9B	71	单-1.0*双
9A;9B	72	双
9A;9B	73	单-2.0*双
9A;9B	74	单-2.4*双
9A;9B	75	单-2.7*双

[0095] 表4—图9中的差分测量

[0096]

附图	附图标记	测量
10A;10B	80	单
10A;10B	81	单-1.0*双
10A;10B	82	双
10A;10B	83	单-2.0*双
10A;10B	84	单-2.4*双
10A;10B	85	单-2.7*双

[0097] 表5—图10中的差分测量

[0098] 根据本发明的实施方式，凹槽60的深度可以与适当的缩放因子一起选择成使得可以降低或消除传感器对除了目标物质的存在之外的因素的敏感度。图9A和图9B中的点A、B、C表示凹槽深度和缩放因子的三个相应的选择。以点B为例，凹槽深度为约 $0.4\mu\text{m}$ ，缩放因子选择为2.4（见曲线74）。图9A示出这些值，对界面层的敏感度近似为零。

[0099] 因此，为了进行差分测量，可以在单间隔电极构造中进行第一测量，然后可以在双

间隔电极构造中进行第二测量。然后可以将双间隔电极构造中的测量结果乘以2.4的缩放因子,并且从单间隔电极构造中的结果中减去双间隔电极构造中的测量结果。如从图9A清楚的,这个结果对界面层不敏感。转向图9B,并且参照其中所示的对应于相同的凹槽深度(约0.4 $\mu\text{m}$ )和缩放因子(2.4)的点B,可以看出传感器对目标物质的存在仍然敏感。

[0100] 图9A和图9B中的点C是可替代的参数选择,其中凹槽深度略大(约0.7 $\mu\text{m}$ )并且缩放因子为2.7。可以看出,然后图9B中的点C提供了对目标物质的存在比关于点B的敏感度更大的敏感度,同时降低了对界面层的敏感度。

[0101] 图10A和图10B示出了与以上关于图9A和图9B所述的那些结果类似的结果,除了它们适用于图8的实施方式之外。图10A和图10B中的点A、B和C中的每一个点表示凹槽深度和相应的缩放因子的不同的选择。通过对图9B和图10B进行比较可以理解,与图7的实施方式相比,图8的实施方式可以使得能够降低或消除对界面层的敏感度,同时保持对目标物质的增强的敏感度。例如,在图10B中的点B(凹槽深度=0.5 $\mu\text{m}$ )中传感器对目标物质的敏感度是图9B中的点B(凹槽深度=约0.4 $\mu\text{m}$ )的几乎两倍。

[0102] 图11和图12示出与以上关于图9和图10所述的那些模拟的结果类似的模拟的结果,除了它们示出了设备对衬底的介电常数的敏感度的降低或消除。图11中的结果对应于以上关于图7所述的类型的设备,而图12中的结果对应于以上关于图8所述的类型的传感器。

[0103] 表6汇总了图11A和图11B中的各种曲线和所使用的缩放因子。

[0104]

附图	附图标记	测量
11A;11B	90	单
11A;11B	91	双
11A;11B	92	单-1.0*双
11A;11B	93	单-1.3*双
11A;11B	94	单-1.7*双
11A;11B	95	单-2.0*双

[0105] 表6—图11中的测量

[0106] 再次,在图11A中,选择点A、B和C中的每一个点使得对衬底的介电常数的敏感度近似为零。转向图11B,可以看出,对于点A、B和C中的每一个点(其对应于在图11A中的点A、B和C中使用的相同的凹槽深度和缩放因子),在差分测量期间保持传感器对目标物质的敏感度。在图11B中,注意到点A和C可能优选于点B,因为所保持的传感器对目标物质的敏感度在点A和点C处比在点B处显著大。在任何情况下,图11示出了通过适当地选择凹槽的深度和相应的缩放因子,可以保持传感器对目标物质的敏感度,同时降低或消除传感器对衬底的介电常数的敏感度。

[0107] 表7汇总了图12中的各种曲线和所使用的缩放因子。

[0108]

附图	附图标记	测量
12A;12B	100	单
12A;12B	101	单-1.0*双

12A;12B	102	单—2.0*双
12A;12B	103	双
12A;12B	104	单—3.0*双
12A;12B	105	单—4.0*双

[0109] 表7—图12的测量

[0110] 在图12A中,选择凹槽深度及其相关联的缩放因子的两个说明性值(参见点A(凹槽深度约0.05 $\mu\text{m}$ ;缩放因子=3.0)和点B(凹槽深度约0.45 $\mu\text{m}$ ;缩放因子=4.0))。在点A和点B两者处,基本上消除了传感器对衬底的介电常数的敏感度。

[0111] 转向图12B,可以看出,在点A和点B两者处,保持了传感器对目标物质的敏感度。图12B与图11B的比较表明:图8中的传感器对目标物质的敏感度与图7中的传感器对目标物质的敏感度相比,在图8的传感器的情况下稍大。因此再次证明,其中在使至少一对电极分隔开的间隔中衬底向上延伸成至少部分地填充该间隔的布置可以进一步增强可以保持对目标物质的敏感度同时消除对除了目标物质之外的其他因素的敏感度的程度。

[0112] 在如上所述的示例中,一次仅考虑电容式环境传感器的输出中的电位漂移的单个原因。因此,在图9和图10的模拟结果中,考虑了界面层的存在,而在图11和图12的模拟中,考虑了传感器对衬底的介电常数的敏感度。设想在一些实施方式中,可以降低或消除对除了目标物质的存在之外的多于一种因素的敏感度。例如,在一些示例中,可以将衬底的介电常数和界面层的存在两者分解出来。现在将参照图13和图14对其示例进行描述。

[0113] 为了分解出例如除了对目标物质的存在的敏感度之外的两个单独的敏感度,可以利用第三电气构造。图13示出了根据本发明的另一实施方式的电容式环境传感器的示例。该传感器在许多方面与以上关于图7和图8所述的传感器类似,并且已经使用相似的附图标记。图13中所示的传感器与图7和图8的示例的不同之处如下。

[0114] 图13中的电极54能够在三种不同的电气构造之间切换。这些电气构造在图13中使用附图标记55、57和59示出。电气构造55是上述类型的单间隔构造,其中电极54A、54B、54C、54D、54E、54F按如下“SGSGSG”连接到信号或者接地。图13所示的电气构造57是双间隔构造,其中电极按如下“SSGGSS”连接到信号或者接地。图13中所示的第三电气构造59在本文中被称为“三间隔构造”或“三”构造。在三间隔构造中,电极按如下“SSSGGG”连接到信号或者接地。注意,单间隔构造原则上需要最少两个电极,并且双间隔构造需要最少四个电极,而三间隔构造需要最少六个电极来支持。

[0115] 注意,在图13A中,与图8的示例一样,间隔中的一些间隔包括衬底52的向上延伸成填充该间隔的部分62。

[0116] 由以上关于图13所述的单间隔构造、双间隔构造和三间隔构造产生的场线分别在图14A、14B和14C中示出。

[0117] 在图13中,与以上关于图7和图8所述的示例——在图7和图8中在每隔一个电极间隔处设置凹槽60——相对,在衬底52的表面58中在每隔两个电极间隔处设置凹槽60。

[0118] 对于图13所示的每个电气构造55、57、59,可以通过计算电场分布和电极电容来模拟传感器对界面层的敏感度 $\partial C/\partial t_{\text{inter}}$ 、传感器对衬底的介电常数 $\partial C/\partial \epsilon_{\text{sub}}$ 的敏感度以及传感器对传感器层56中目标物质的存在 $\partial C/\partial \epsilon_{\text{sens}}$ 的敏感度,并且以矩阵格式表示如下:

[0119]

$$\begin{bmatrix} \partial C_{\text{单}} \\ \partial C_{\text{双}} \\ \partial C_{\text{三}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \partial \epsilon_{\text{sens}} \\ \partial t_{\text{inter}} \\ \partial \epsilon_{\text{sub}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 62.77 & 6.65 & 84.38 \\ 40.28 & 3.37 & 50.85 \\ 49.65 & 2.24 & 18.04 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \partial \epsilon_{\text{sens}} \\ \partial t_{\text{inter}} \\ \partial \epsilon_{\text{sub}} \end{bmatrix}$$

[0120] 采用三个电气构造的线性组合得到:

[0121]

$$[x_1 \quad x_2 \quad x_3] \begin{bmatrix} \partial C_{\text{单}} \\ \partial C_{\text{双}} \\ \partial C_{\text{三}} \end{bmatrix}$$

$$= (x_1 a + x_2 d + x_3 g) \partial \epsilon_{\text{sens}} + (x_1 b + x_2 e + x_3 h) \partial t_{\text{inter}} + (x_1 c + x_2 f + x_3 i) \partial \epsilon_{\text{sub}}$$

[0122] 求解  $(x_1 b + x_2 e + x_3 h) = 0$  和  $(x_1 c + x_2 f + x_3 i) = 0$ :

$$[0123] \quad x_2 = \left\{ -\frac{b}{e} + \frac{h}{e} \left( c - \frac{bf}{e} \right) \left( \frac{e}{ie - hf} \right) \right\} x_1$$

$$[0124] \quad x_3 = - \left( c - \frac{bf}{e} \right) \left( \frac{e}{ie - hf} \right) x_1$$

[0125] 选择  $x_1 = 1.0$ , 发现对于  $x_2 = -1.4390$  以及  $x_3 = -1.0164$ , 这种乘法因子的组合可以消除漂移效应 (界面层和衬底的介电常数) 两者, 同时保持在传感器层中对目标物质的存在的敏感度为  $58.84 \text{ fF}$ 。为了提高传感器对目标物质的存在的敏感度, 可以将  $x_1$  值选择成大于  $1.0$  ( $x_2$  和  $x_3$  的值需要相应地缩放)。然而, 这种缩放可能导致感测值中的噪声的增加。

[0126] 差分测量通常涉及可以利用乘法因子的两个或更多个信号的减法。在该过程期间, 来自两个或更多个信号的噪声被组合。例如, 假设存在具有不相关噪声方差  $\sigma_1^2$  和  $\sigma_2^2$  的两个信号, 则差分信号  $S_{\text{diff}} = S_1 - X S_2$  (其中  $X$  是缩放因子) 将具有  $\sigma_1^2 + X^2 \sigma_2^2$  的方差。对于大的  $X$ , 与差分信号相关联的噪声可能变得显著。

[0127] 然而, 对于电容式传感器, 漂移通常是比噪声更重要的问题。因此, 认识到, 由于在增加的噪声方面以相对适中的代价而减少的漂移, 所以使用本文所公开的类型传感器和相应的方法可以提供在信号准确度的显著改进方面的益处。

[0128] 尽管如此, 在选择所使用的缩放因子时应当注意。例如, 将单间隔电极构造中的测量值认为相互不相关的信号、漂移和噪声分量的线性叠加:

$$[0129] \quad \text{单} = \text{信号}_{\text{单}} + \text{漂移}_{\text{单}} + \text{噪声}_{\text{单}}$$

[0130] 类似地, 对于双间隔电极构造中的测量:

$$[0131] \quad \text{双} = \text{信号}_{\text{双}} + \text{漂移}_{\text{双}} + \text{噪声}_{\text{双}}$$

[0132] 因为从相同的电极结构以类似的方式获得两个测量值 (假设它们能够在各测量值对应的两个构造之间切换), 所以可以假设信号分量和漂移分量是完全相关的:

$$[0133] \quad \text{信号}_{\text{双}} = m_{\text{信号}} \text{信号}_{\text{单}}$$

$$[0134] \quad \text{漂移}_{\text{双}} = m_{\text{漂移}} \text{漂移}_{\text{单}}$$

[0135] 其中 $m_{\text{信号}}$ 和 $m_{\text{漂移}}$ 是比例因子。然后在笛卡尔单双坐标系中构造一个随角度 $\theta$ 旋转的差分测量：

[0136] 差分 $=\cos(\theta)$ 单 $+\sin(\theta)$ 双

[0137] 其中：

[0138] 信号 $_{\text{差分}}=\cos(\theta)$ 信号 $_{\text{单}}+\sin(\theta)$ 信号 $_{\text{双}}$

[0139] 漂移 $_{\text{差分}}=\cos(\theta)$ 漂移 $_{\text{单}}+\sin(\theta)$ 漂移 $_{\text{双}}$

[0140] 噪声 $_{\text{差分}}=\cos(\theta)$ 噪声 $_{\text{单}}+\sin(\theta)$ 噪声 $_{\text{双}}$

[0141] 这可以重写为：

[0142] 差分 $=$ 信号 $_{\text{差分}}+\text{漂移}_{\text{差分}}+\text{噪声}_{\text{差分}}$

[0143] 在通常的传感器中，单间隔或双间隔电气构造中的测量值具有相等的方差的无关的噪声，因为它们由同一电路独立地测量。因此：

[0144]  $\sigma_{\text{双}}=\sigma_{\text{单}}$

[0145] 其中 $\sigma_{\text{单}}^2$ 和 $\sigma_{\text{双}}^2$ 分别是噪声 $_{\text{单}}$ 和噪声 $_{\text{双}}$ 的方差。因此，噪声 $_{\text{差分}}$ 的方差作为 $\theta$ 的函数为常数：

[0146]  $\sigma_{\text{差分}}^2=\sigma_{\text{单}}^2\cos^2(\theta)+\sigma_{\text{双}}^2\sin^2(\theta)=\sigma_{\text{单}}^2$

[0147] 接下来，选择 $\theta$ 使得漂移 $_{\text{差分}}=0$ ，其中对于 $\tan(\theta_{\text{最佳}})=-\arctan(1/m_{\text{漂移}})$ 成立，注意到存在两种可能的解，即：

[0148]  $\theta_{\text{最佳}} = -\arctan\left(\frac{1}{m_{\text{漂移}}}\right) + k\pi$  其中 $k=0,1$ ，

[0149] 因此：

**信号 $_{\text{差分}}=\cos(\theta_{\text{最佳}})$ 信号 $_{\text{单}}+\sin(\theta_{\text{最佳}})$ 信号 $_{\text{双}}$**

[0150]  $=$ 信号 $_{\text{单}}\left|1-\frac{m_{\text{信号}}}{m_{\text{漂移}}}\right|\cos(\theta_{\text{最佳}})$

[0151] 为了比较单个差分测量，可以选择 $k$ ，使得信号 $_{\text{差分}}$ 的符号等于信号 $_{\text{单}}$ 的符号。对于这个 $k$ ：

[0152] 
$$\begin{aligned} \text{信号}_{\text{差分}} &= \text{信号}_{\text{单}} \left|1 - \frac{m_{\text{信号}}}{m_{\text{漂移}}}\right| \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{1}{m_{\text{漂移}}^2}}} \\ &= \text{信号}_{\text{单}} \frac{|m_{\text{漂移}} - m_{\text{信号}}|}{\sqrt{m_{\text{漂移}}^2 + 1}} \end{aligned}$$

[0153] 在实践中，可以利用测试系统或校准系统来选择 $\theta_{\text{最佳}}$ 。可以针对每个传感器单独地执行测试和校准。可替代地，可以使用传感器的代表性样品来导出跨更大批次使用的参数。这些值可以存储在传感器中（例如，在微控制器可访问的参考表中）。这些校准值还可以跨操作条件（例如，不同的温度、压力等）的范围进行存储，并且相应地用于传感器所处的环境

中。

[0154] 以上所阐述的示例涉及进行两次测量或三次测量的差分测量。设想一般来说,这可以扩展到具有任意大的K的K测量方法。

[0155] 还设想所进行的测量的数目可以比补偿除了传感器对目标物质的敏感度之外的因素所严格地需要测量的数目多。即使在要补偿除了传感器对目标物质的存在的敏感度之外的相对少量的因素的情况下,也可以在电极的多个相应电气构造中进行相对大量的电容测量。例如,可以针对考虑单个因素诸如界面层的存在或衬底的介电常数的变化在电极的相应电气构造中进行三次或更多次电容测量。在另一个示例中,可以针对补偿两个因素诸如界面层的存在或衬底的介电常数的变化在电极的相应电气构造中进行四次或更多次电容测量。通过进行比要消除的因素的数目多的测量,可以形成超定方程组(over-determined set of equations)。这样的超定方程组的解决方案通常可以比上述那些解决方案更稳定(更少噪声)。

[0156] 如果K维向量x的元素是利用至少M个不同的电极构造(其中M小于或等于K)进行的不同测量,那么我们可以计算经校正的N维向量 $y = Ax$ 的校正值,其中N小于或等于M,其中A是加权因子的N乘K矩阵(N行和K列)。最佳矩阵A可以如下找到。

[0157] 假设y的元素表示待确定的参数的实际值(例如,湿度、CO<sub>2</sub>浓度等)。然后假设用电极的第k电气构造获取的第k个测量 $x(k)$ 等于 $b(k)y + r(k)$ ,其中第一项是理想模型响应(没有噪声和其他干扰过程),并且第二项是第k次测量中的干扰。然后由向量x表示的整个测量集合可以被写为 $x = Cy + r$ ,其中C的第k行和第n列中的矩阵元素等于第n个元素的矢量 $b(k)$ 。在理想情况下,即在没有除了传感器对目标物质的敏感度之外的因素的影响的情况下,x可以等于Cy,即,x可以是基向量 $c(n)$ (模型响应矩阵C的列)的加权和,其中y的元素作为加权因子。因此,任何理想的模型测量应位于由基向量 $c(k)$ 跨越的N维空间中。因此,可以认为干扰向量r与该空间正交,即,对于所有n,r与 $c(n)$ 的内积 $(c(n), r)$ 应该为零。在这种情况下,对于所有n, $(c(n), x) = (c(n), Cy)$ 。这可以写为 $C^T x = C^T Cy$ (因为可以假设 $C^T r = 0$ ),其中矩阵 $C^T$ 是矩阵C的转置矩阵。假设向量 $c(n)$ 是相互独立的,则 $n \times n$ 矩阵 $C^T C$ 可以被反向,并且 $y = (C^T C)^{-1} C^T x = Ax$ ,其中矩阵 $A = (C^T C)^{-1} C^T$ 被称为矩阵C的伪逆矩阵。

[0158] 可以在受控环境条件(即已知向量y)下利用校准测量集合(通常大集合)来计算、实验性地确定所需的模型矩阵C或者两者的组合。C还可以取决于传感器的历史(例如,其使用年限或其先前已经检测到的气体的总体(ensemble))以容纳传感器的老化和/或劣化(当然这需要老化/劣化模型)。当销售传感器时,也可以初始地固定矩阵C,并且随后更新为更好的版本,或者更新为包括老化/劣化模型的更高级的矩阵。这种方法可以用于改善已经销售的具有系统内更新的产品质量,这是用于现代设备——尤其是便携式设备诸如移动电话——的常用方法。

[0159] 本发明的实施方式可以用于需要感测物质诸如水分、气体如CO<sub>2</sub>或挥发性有机化合物的应用中。设想本文所述的类型的传感器可以结合到射频识别(RFID)标签以支持这种应用。进一步设想,本文所述的类型的传感器可以用于智能建筑物或者诸如移动电话或桌面电脑的设备中。智能建筑物可以是温室。

[0160] 因此,已经描述了电容式环境传感器以及使用差分电容测量来确定目标物质(例如水)的存在的方法。传感器包括具有表面的半导体衬底。传感器还包括位于表面上的多个

传感器电极。电极在表面上通过中间间隔横向地分隔开。传感器还包括覆盖电极的传感器层。传感器层具有对目标物质的存在敏感的介电常数。衬底的表面在使至少一对电极分隔开的间隔中包括凹槽。衬底的表面在使至少一对电极分隔开的间隔中不包括凹槽。传感器可以设置在射频识别 (RFID) 标签中。传感器可以设置在智能建筑物中。

[0161] 虽然已经描述了本发明的具体实施方式,但是将理解的是,在所要求保护的发明的范围内可以进行许多修改/添加和/或替换。

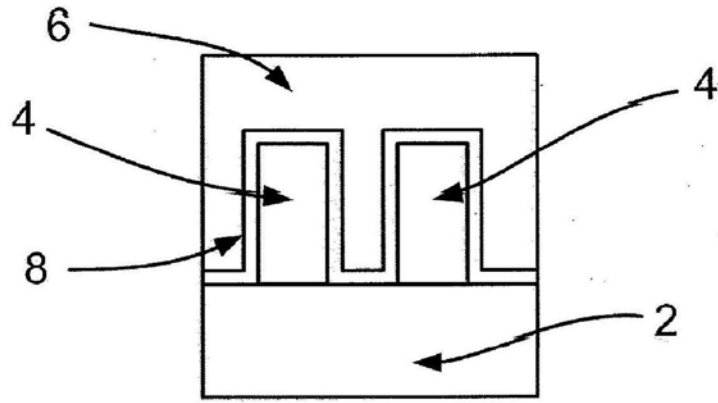


图1

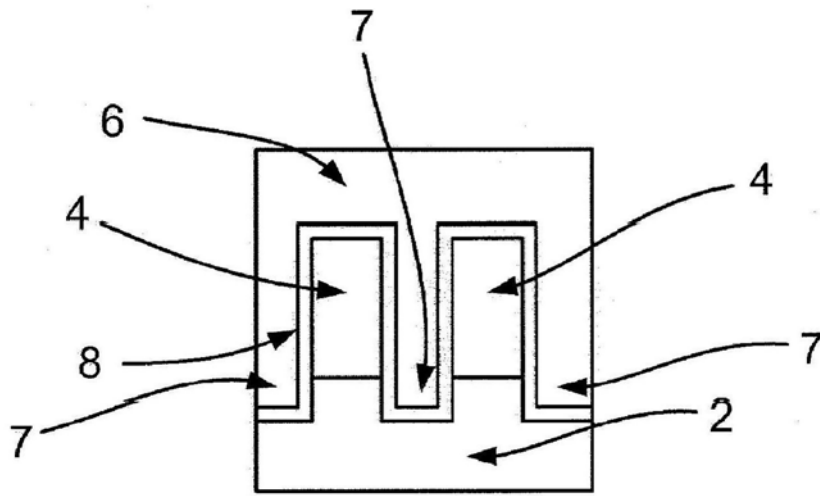


图2

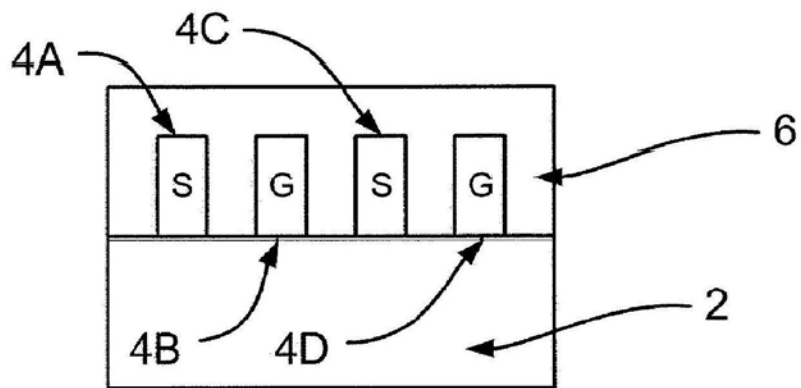


图3A

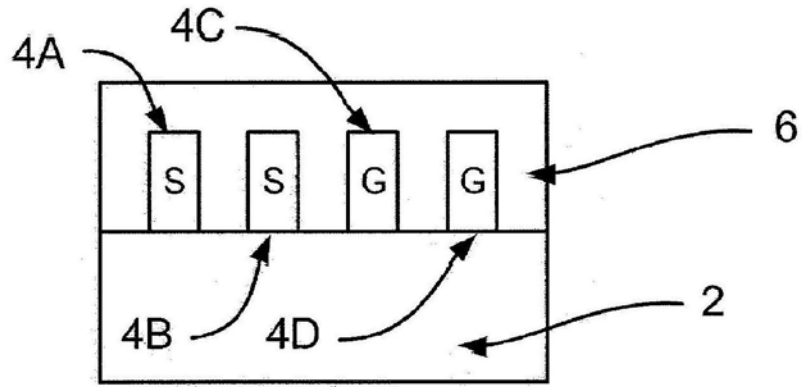


图3B

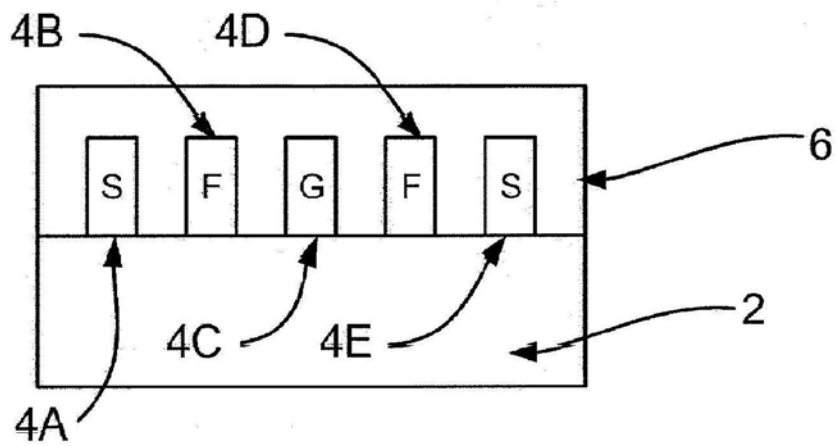


图3C

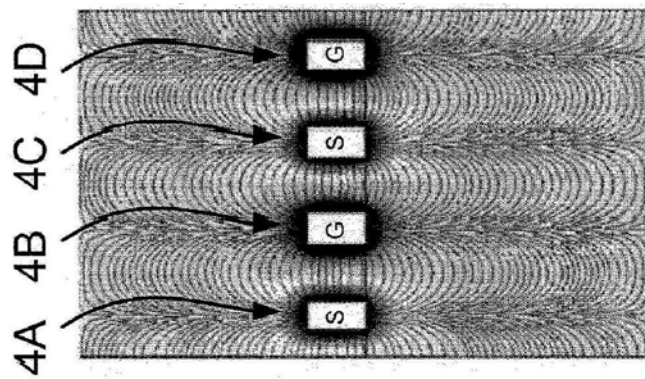


图4A

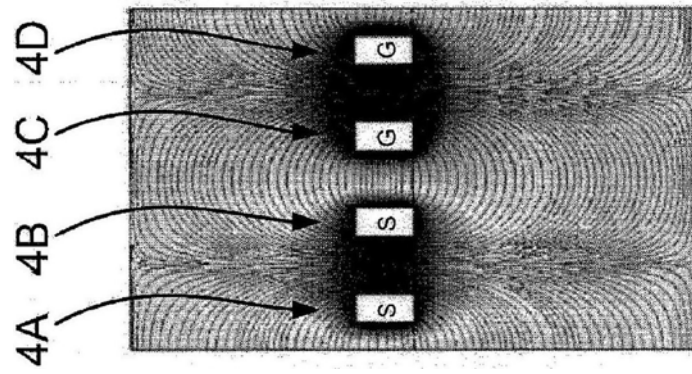


图4B

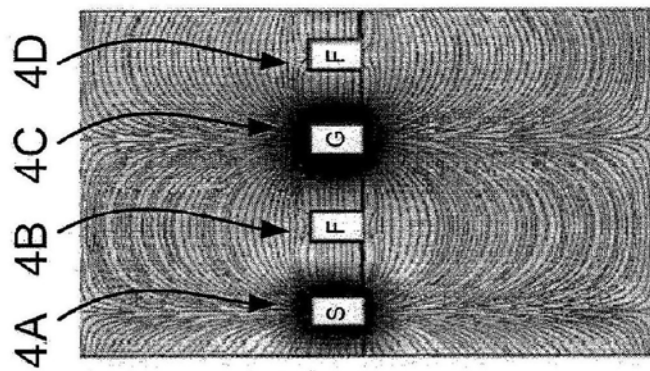


图4C

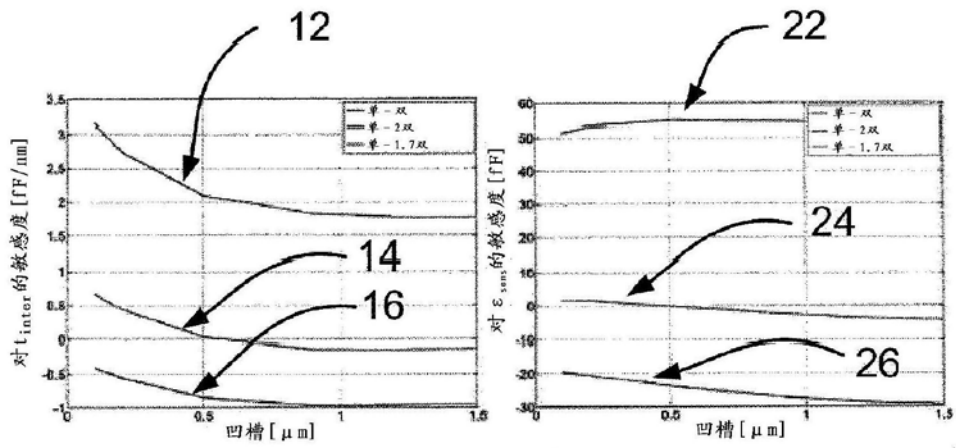


图5A

图5B

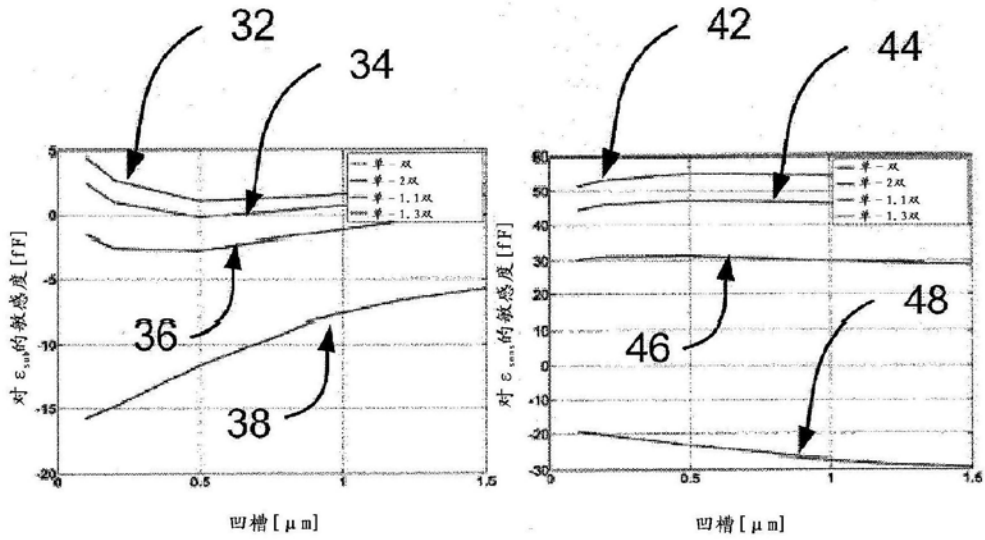


图6A

图6B

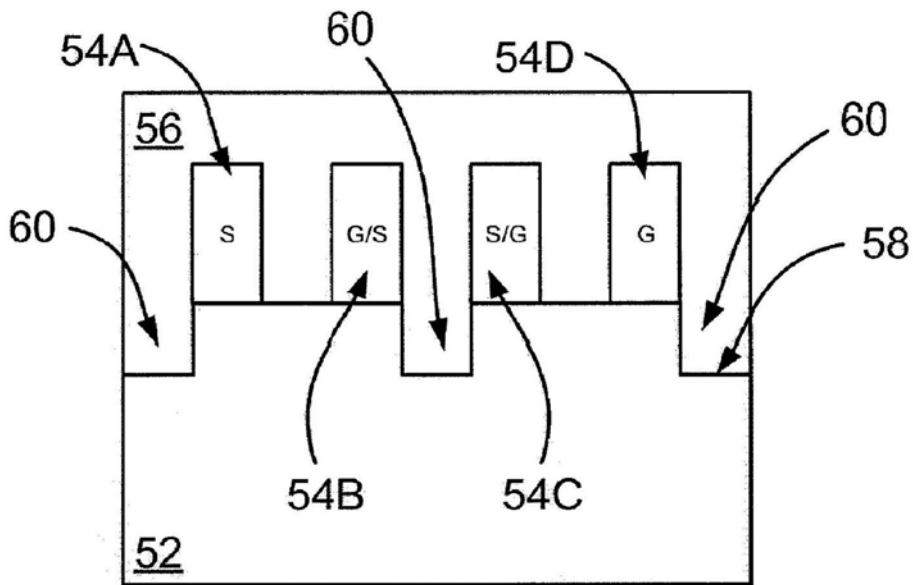


图7

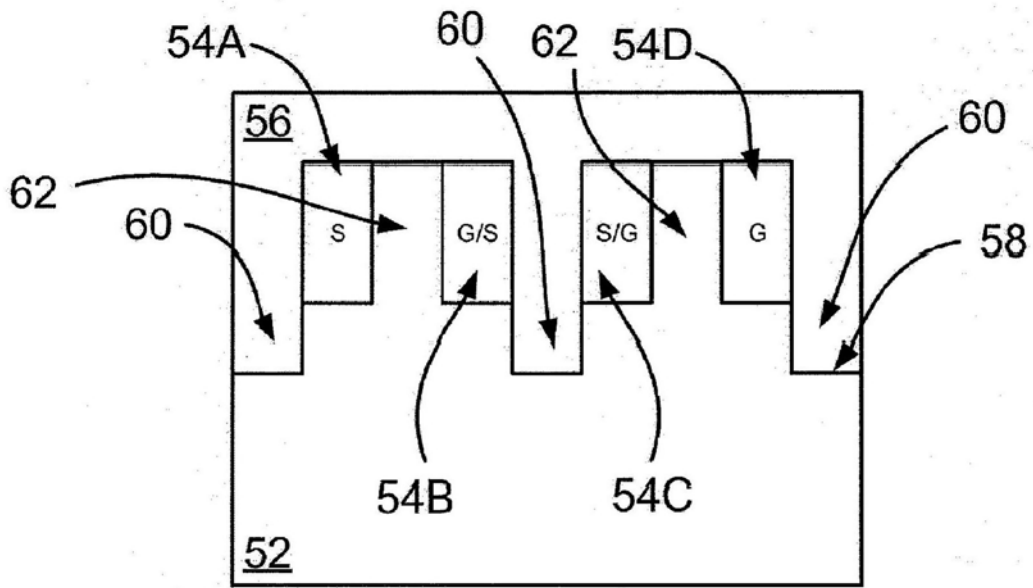


图8

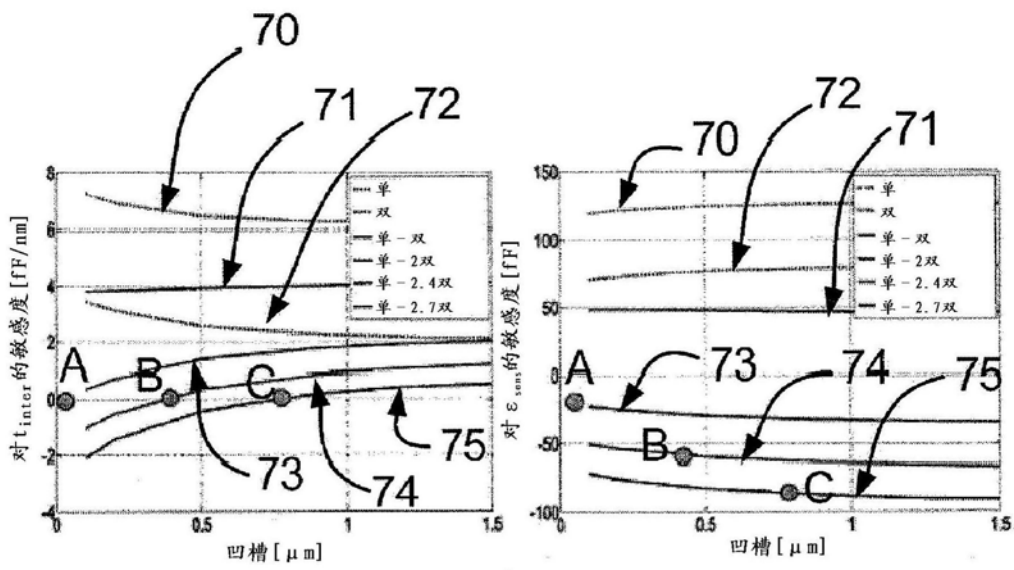


图9A

图9B

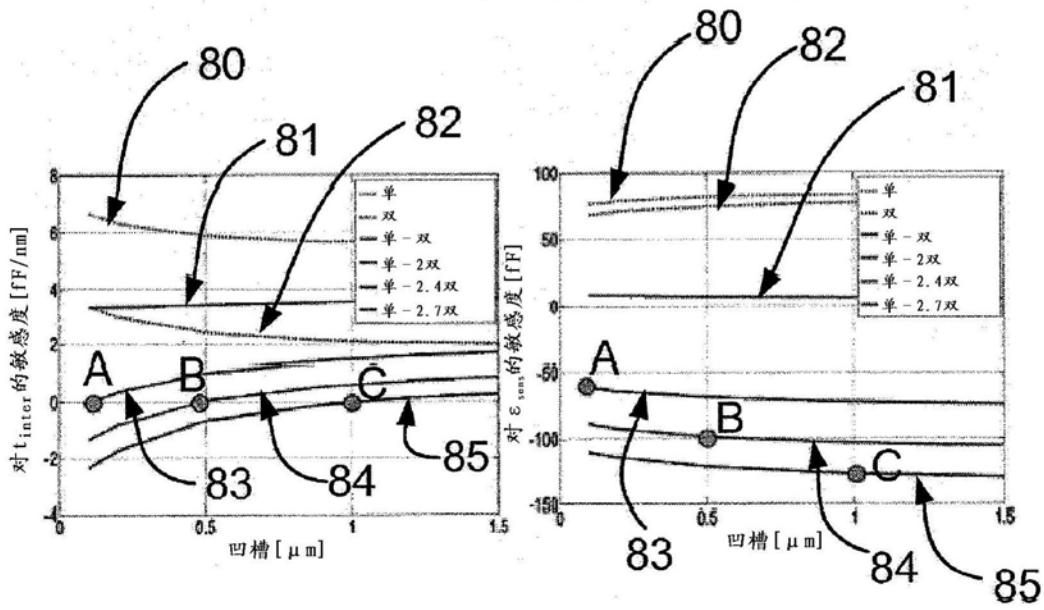


图10A

图10B

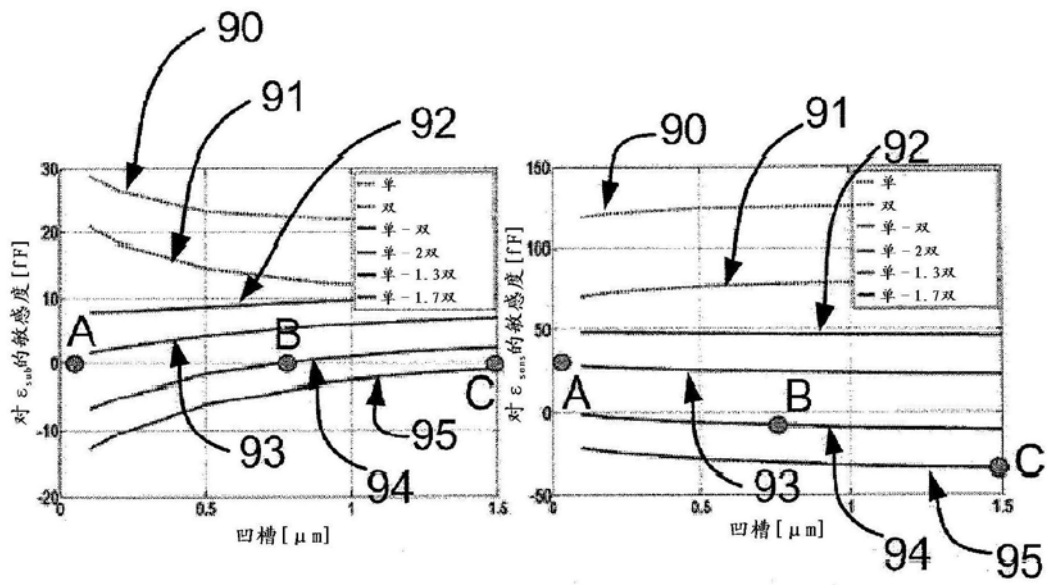


图11A

图11B

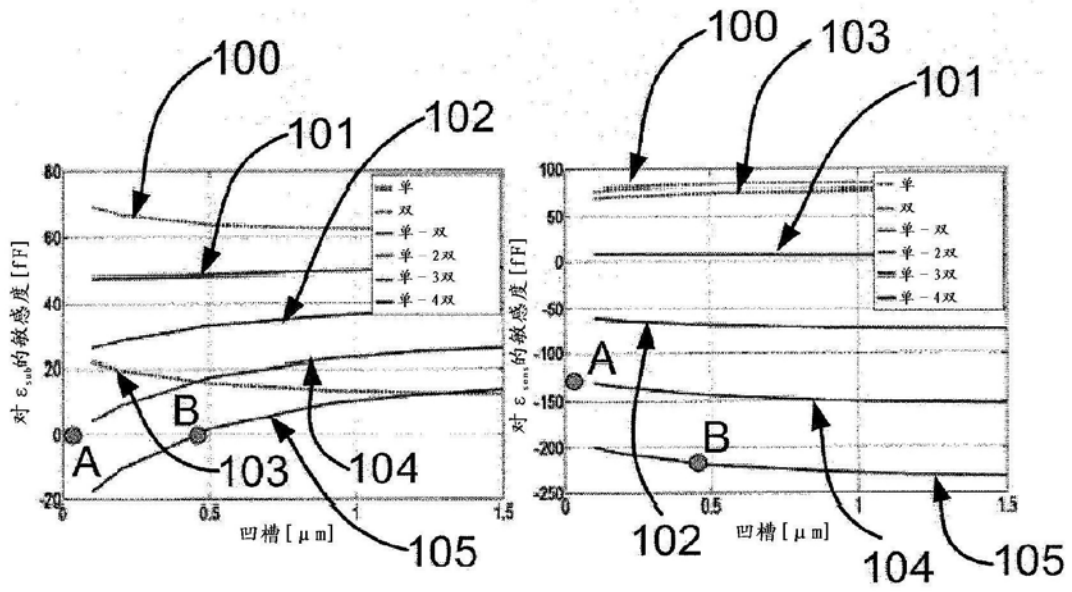


图 12A

图 12B

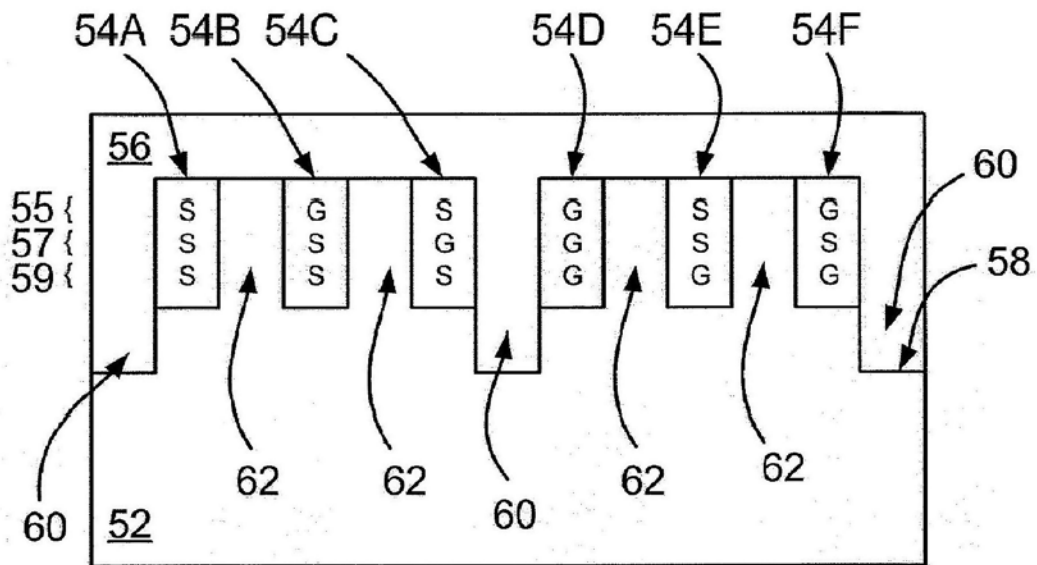


图 13

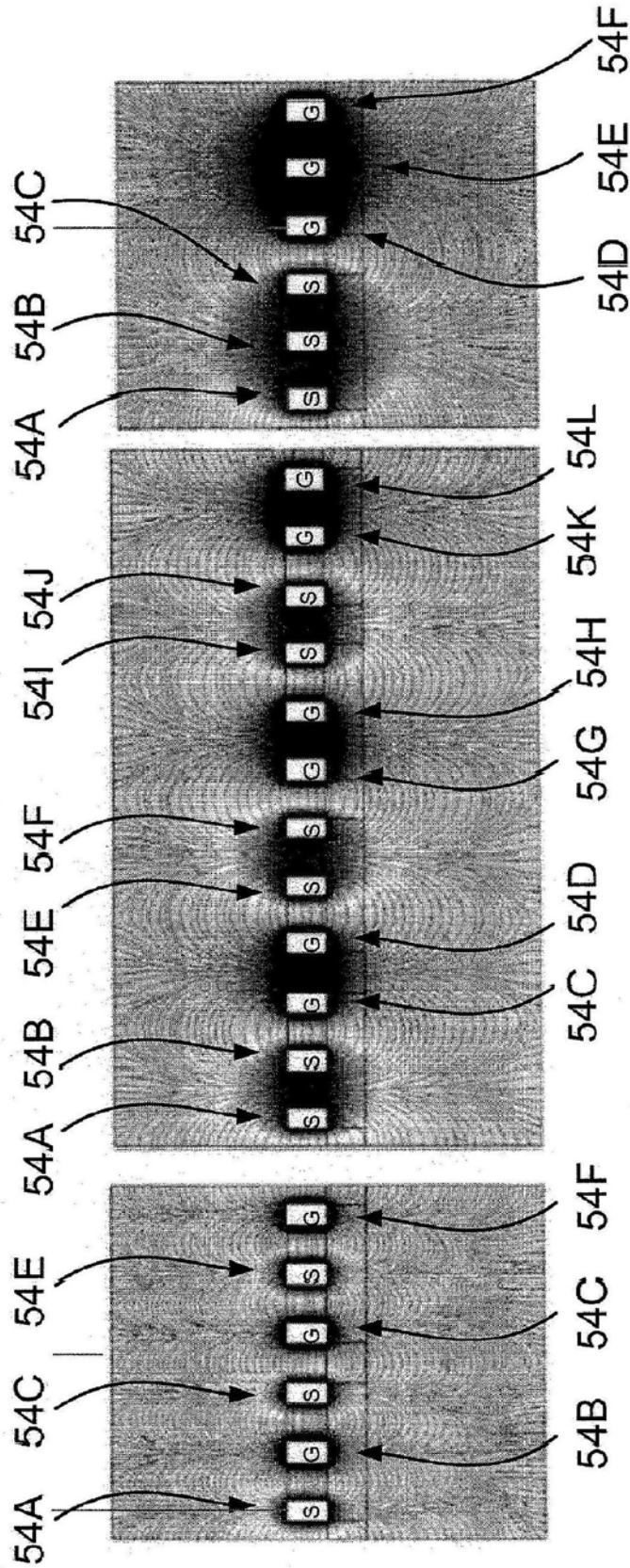


图14A

图14B

图14C