



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102346161 A

(43) 申请公布日 2012. 02. 08

(21) 申请号 201110215725. 9

(22) 申请日 2011. 07. 29

(30) 优先权数据

102010038725. 8 2010. 07. 30 DE

(71) 申请人 罗伯特·博世有限公司

地址 德国斯图加特

(72) 发明人 R. 菲克斯 D. 孔茨

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司  
72001

代理人 曹若 梁冰

(51) Int. Cl.

G01N 27/22(2006. 01)

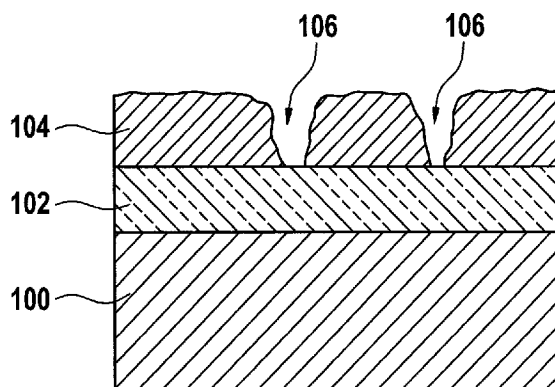
权利要求书 1 页 说明书 8 页 附图 6 页

(54) 发明名称

气体探测装置和方法

(57) 摘要

本发明提供一种气体探测装置,它具有有一种半导体材料(100),其中,半导体材料是电可接触的;并且该装置具有一种绝缘材料(102),所述绝缘材料具有预定的厚度,并且是涂覆到半导体材料上的;并且具有一个涂覆到绝缘材料上的电可接触的金属层(104),其中,这个金属层具有至少一个孔(106)、且该孔具有预定的孔隙宽度,其中,这个孔隙宽度和绝缘材料的厚度成一种预先规定的比例,并且其中,在孔的范围中绝缘材料是外露的。



1. 气体探测装置,其中,该装置具有下述特征:
  - \* 半导体材料(100),其中,该半导体材料是可电接触的;
  - \* 至少一绝缘材料(102),该绝缘材料具有预定的厚度,并且被涂覆到半导体材料上,并且
    - \* 涂覆到绝缘材料上的电可接触的金属层(104),其中,金属层具有至少一个孔(106),且该孔具有规定的孔隙宽度,其中,这个孔隙宽度和绝缘材料的厚度有规定的比例,并且其中,在孔的区域中绝缘材料是外露的。
2. 按照权利要求 1 所述的装置,其中,绝缘材料(102)的厚度小于孔隙宽度。
3. 按照前述权利要求的任一项所述的装置,其中,孔隙宽度在预先规定的公差范围内变化平均的孔隙宽度。
4. 按照前述权利要求的任一项所述的装置,其中,半导体材料(100)是掺杂的半导体材料。
5. 在按照权利要求 1 至 4 的任一项所述的探测气体的装置上用于探测气体的方法(200),其中,该方法包括下述步骤:
  - \* 调节金属层(104)和半导体材料(100)之间的预定的电的工作点电压;
  - \* 测定(220)该装置在工作点电压时的电容,以得到有关电容的信息;并且
  - \* 在使用有关电容的信息的情况下确定气体浓度和/或气体类型。
6. 按照权利要求 5 所述的方法,具有根据对有关电容的信息的反应匹配工作点电压相适配的步骤,以便将该装置的电容调节到预先规定的和/或所希望的电容。
7. 按照权利要求 5 到 6 的任一项所述的方法,具有转换到替代的工作点(406、408)的步骤,其中,给这个替代的工作点配设另一预定的工作点电压和/或另一规定的电容。
8. 按照权利要求 5 至 7 的任一项所述的方法,在确定的步骤中使用预定的电压-电容-曲线(400),所述曲线表示多个数值对,其中,当在装置上存在确定的气体浓度和/或确定的气体类型时给每个数值对分别配设预定的工作点电压和对应的、且预先规定的电容。
9. 具有程序代码的计算机程序产品,该程序代码存储在计算机可读的载体上,并且当该程序在控制器上被执行时用于执行按照权利要求 5 至 8 的任一项所述的方法。
10. 气体探测器:具有
  - \* 用于执行按照权利要求 5 至 8 的任一项所述的方法的装置;并且
  - \* 按照权利要求 1 至 4 的任一项所述的装置。

## 气体探测装置和方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种气体探测装置、一种气体探测方法以及一种计算机程序产品。

### 背景技术

[0002] 在金属-绝缘体-半导体结构部件中的气体探测是以在探测器表面上被吸附的分子的数量和在待探测的气体中每体积单位中存在的分子数量之间的平衡条件的原理为依据。其中,人们努力在探测器的表面上得到尽可能多的被吸附的分子。到目前为止这是通过将催化剂用作栅电极实现的。其中,人们试图提供更多的表面供反应使用,将催化剂尽可能精细地分布在探测器元件的表面上。

[0003] DE 10 2006 048 906 公开了一种 Chem FET。它具有一个多细孔的金属层。

### 发明内容

[0004] 面对这种背景本发明提供一种根据独立权利要求所述的用于气体探测的装置,此外还提供一种用于气体探测的方法,以及最后提供一种相应的计算机程序产品和气体探测器。从相应的从属权利要求和下述说明中可得到一些有利的方案。

[0005] 本发明是以下述认识为基础,即可通过在气体传感器的催化剂电极中的有利的孔隙尺寸影响在吸附带电荷的气体粒子时的平衡条件。其中,对带正电荷的分子的平衡位置的影响和对带负电荷的分子的平衡位置的影响可以不相同。从中可在一个工作点中优选地探测一种类型的气体离子或者使用一些工作点的办法,这些工作点对某种类型的离子具有特别高的敏感性。

[0006] 本发明提供一种气体探测装置,其中,这种装置具有下述特点:

- \* 一种半导体材料,其中,该半导体材料是可电接触的;
- \* 一种绝缘材料,它具有预定的厚度,并且是涂覆到半导体材料上的;并且
- \* 一个涂覆到绝缘材料上的电可接触的金属层,其中,金属层具有至少一个孔,且该孔具有规定的孔隙宽度,其中,这个孔隙宽度和绝缘材料的厚度有规定的比例,并且其中,在孔的区域中绝缘材料是外露的。

[0007] 此外本发明也包括一种用于在上述气体探测装置中用于探测气体的方法,其中,该方法包括下述步骤:

- \* 调节金属层和半导体材料之间预定的电的工作点电压;
- \* 测定工作点电压时该装置的电容,以得到有关电容的信息;
- \* 在使用电容信息的情况下确定气体浓度,和/或气体类型。

[0008] 此外,本发明还提供一种气体探测器,它具有下述特征:具有一个用于执行上述方法的装置;和上述装置。

[0009] 半导体可理解为这样一种固体,即在它的导电能力方面既可看作为导体也可看作为非导体。半导体材料可以单晶形式、多晶形式和非晶形式存在。半导体材料可以形成用于在其上设置另一些层的基质。半导体材料可通过接触接头进行电接触,为的是将电荷输

送到半导体材料,或者将其从半导体材料输送出。可将绝缘材料理解为这样一种电介质。这种绝缘材料例如可以是一种氧化物,并且不能传导电荷。绝缘材料可在半导体材料上的一定的表面上延伸,并且和这种半导体材料连接。绝缘材料在涂覆时可和半导体材料形成一种固定的连接。可将金属层理解为一种栅电极。这种金属层可和绝缘材料固定连接,特别是材料连接。这个金属层可以具有催化特性,也就是说,这个金属层可以如此地改变化学反应的作用原理,即改变化学反应的活化能。这个金属层可以具有有选择催化特性,也就是说,一些优选的反应加速地运行。这个金属层可以传导电荷。金属层可以具有孔,并且它可以不全部地覆盖绝缘材料。这些孔可以具有一定的孔宽或者孔隙宽度或者孔尺寸。这些孔可以具有位于单个分子的尺寸到几百纳米之间的尺寸大小。

[0010] 这些孔的尺寸可以和绝缘材料的厚度成一种规定的比例。例如多数孔的孔隙宽度可以具有在绝缘材料的厚度和绝缘材料的多倍厚度之间的一个区域中的尺寸。金属层中的孔例如可比绝缘层的厚度大。金属层中的孔可从绝缘材料的表面延伸到周围的大气中。因此绝缘材料对于大气是外露的。上述各元素的组合可以叫做金属-绝缘体-半导体结构。通过金属层的催化特征可将环境气体的一定的气体成分转变为离子。在这些孔中带有电荷的气体分子可吸附在绝缘材料上,并且通过它们的电荷在半导体材料中引起反应。当孔隙宽度和绝缘体的厚度为最佳比例时特别多的气体离子以阳离子或者阴离子的形式,也就是带正电荷或者负电荷的粒子吸附在绝缘体的表面上。从中可加强半导体材料中的反应,并且可以改进气体分子的探测。

[0011] 关于工作点电压可以理解为这样的一种电压,即该装置在一个工作点中运行所需要的电压。这个工作点电压可以设置在金属层和半导体材料之间,并且可通过电场效应影响装置内部的载流子的分布。通过载流子的变化可在装置中引起电容的变化。可用已公开的方法确定电容。例如装置对关于工作点电压的明显的交变电压的反应可以推断出实际存在的电容。气体浓度可以是环境大气或者室内空气中的或者气体混合物中气体的一份额。气体浓度越高,则在绝缘材料上的吸附率会更高。吸附的离子或粒子的载流子会影起装置的电容变化。按照载离子的类型可确定另一种气体类型,其中,在绝缘层上吸附的粒子可正或者负电离化。装置的电容的变化可以是气体探测装置周围环境中的气体浓度的尺度。当工作点电压确定时带正电荷的气体粒子的吸附率以及它的静电作用和带负电荷的气体粒子的吸附率和它的静电作用可以是不相同的。因此可通过选择工作点或者工作点电压影响正的或者负离子的装置的敏感性。

[0012] 在此,气体探测器可以理解为这样一种电气设备,即它处理传感器信号,并且根据这一信号输出控制信号。气体探测器可以具有接口,这个接口可以是硬件方面设计,和/或软件方面设计的。在硬件设计时这些接口可以是例如所谓的系统 ASIC 的一部分,其包含有气体探测器的不同的功能。然而,也可以是这些接口是独有的集成电路,或者至少部分地由不连续的结构部件构成。在软件设计时这些接口可以是一些软件模块,它们例如设置在微控制器上,位于其它的软件模块的旁边。

[0013] 在另一实施形式中绝缘材料的厚度可以小于孔隙宽度。通过这一措施当设置的工作点电压一定时正气体离子的吸附率和静电作用可以设计得和负气体离子的不一样。这使得人们为预定的气体预选择灵敏度成为可能。

[0014] 此外,孔隙宽度可在一个预定的公差范围内围绕一个平均的孔隙宽度变化。通过

小的公差范围虽然制造粒度不高,但仍然能达到足够均匀的孔隙宽度分布,以得到足够精确的测量结果。

[0015] 根据本发明的另一实施形式半导体材料可以是一种掺杂的半导体材料。通过掺杂可以影响半导体材料的电特性、并且优选地可实现所以希望的特性。对于掺杂可将异质原子掺杂到原材料中。所述异质原子可使有条件的导电率成为可能。掺杂可以是一种 p 掺杂,和 / 或是一种 n 掺杂。特别是通过一定的掺杂和一定的工作点的组合可精确地调节所述的装置的敏感性。

[0016] 此外,根据本发明的另一实施形式本方法还包括一个工作点电压匹配的步骤,对电容信息的反应,以便使装置的电容和规定的和 / 或所希望的电容相匹配。通过将电容调节到规定的,和 / 或所希望的电容可在一个所属的工作点中达到相对于带正的和带负的气体分子不同的敏感度。

[0017] 此外,本方法还可包括一个变换到一个替代的工作点的步骤,其中,给这个替代的工作点分配另一规定的工作点电压,和 / 或另一规定的或者所希望的电容。其中,这个替代的工作点的优点在于在金属层和半导体材料之间具有与前述工作点电压不同的(替代的)工作点电压。通过使用另一工作点可用一个唯一的传感器通过对一种气体类型或者不同的气体类型的敏感性的转换承担另一传感器的任务。通过这一措施可以降低能耗,并且可减少空间和材料的消耗。

[0018] 根据本发明的另一实施形式可在确定步骤中使用预定的电压 - 电容 - 曲线,这个曲线表示多个数据对,其中,当在装置上已存在一定的浓度和 / 或一定的气体类型时给每个数值对分别配设一个预定的工作点电压和对应预定的电容。通过使用预定的存储的曲线可在该曲线的几乎任意的点上使用前面所描述的方法。可根据应完成的测量任务的规定选择合适的工作点。

[0019] 具有程序代码的计算机程序产品是有利的,且这个程序代码存储在机器可读的载体上,如半导体存储器,固定盘存储器,或者光学存储器,并且当该程序在控制器上、气体探测装置上,或者气体探测器上被执行时为了执行按照前述任一实施形式所述的方法可使用这个程序代码。

## 附图说明

[0020] 下面借助附图示范性地对本发明进行更加详细的说明。

[0021] 这些附图是:

图 1:本发明的一个第一实施例的截面简图。

[0022] 图 2:本发明作为方法的实施例的流程图。

[0023] 图 3:现有技术的金属 - 绝缘体 - 半导体结构的特性曲线图。

[0024] 图 4:本发明的一个实施例的金属 - 绝缘体 - 半导体的实施例的特性曲线图。

[0025] 图 5:具有另一孔隙尺寸的金属 - 绝缘体 - 半导体 - 结构的实施例的特性曲线图。

[0026] 图 6:根据本发明的一个实施例的在气体探测装置上吸附不同气体类型的粒子,且设置有不同电压时的电容曲线图。

## 具体实施方式

[0027] 在这些图中用相同的或者类似的附图标记表示相同的或者类似的部件,其中,放弃重复的说明。此外,附图,附图说明以及权利要求包含有许多特征组合。其中,技术人员清楚,这些特征也可单独使用,或者可将它们组合成在此未加详细说明的另一些组合。此外,在下述说明中可能使用不同的尺寸和大小对本发明进行说明,其中,不应理解为本发明只局限于这些尺寸和大小。此外,可能会重复一些根据本发明的方法步骤,以及以不同于已说明的顺序执行这些方法步骤。当一个实施例在一个第一特征/步骤和一个第二特征/步骤之间包括一个“和/或”连接词时可如此地理解,即根据一个实施形式的该实施例既具有第一特征/第一步骤,也具有第二特征/第二步骤,并且根据另一实施形式或者只具有第一特征/步骤,或者只具有第二特征/步骤。

[0028] 以场效应为基础的半导体-气体传感器例如可以设计为金属-绝缘体-半导体结构,即所谓的 MIS 电容。分析气体和多孔的催化活性的金属电极之间的相互作用产生带电荷的反应产品,这些反应产品可附着在传感器表面上。它们的电场改变着半导体中的载流子的浓度,并且因此导致传感器信号的变化。到目前为止众所周知,金属电极的孔隙率有助于传感器的敏感性。专业人士以此出发,即在气体相、金属-和绝缘体表面之间的三相边界使得相对于不同类型气体的敏感性成为可能。为了能显示出相对于所选择的气体的选择性在到目前为止所进行的研究中通常是改变所使用的传感器材料。改变多孔电极的金属例如带来催化活性的变化,并且因此导致增加或者阻止产生形成信号的反应产品。然而在本发明中第一次得出,也可通过合适地选择结构部件的几何形状来显露选择性。从中产生以场效应为基础的,且通过参数-孔隙率和绝缘厚度调节敏感性的气体传感器。这样一种装置例如可设计成 ChemFET,也就是化学感应场效应晶体管 (Chemosensitiver Feldeffekt-Transistor)。借助在此所介绍的方案来优选相对于某种类型气体的敏感性,其办法是如此地选择传感器的设计,即纳米结构化的多孔的金属电极的孔隙尺寸和位于它下面的绝缘层的厚度彼此间处于一种合适的比例。

[0029] 图 1 示出了作为气体探测装置的一个金属-绝缘体-半导体结构的一个实施例的截面图。一个有掺杂的半导体材料 100 用作绝缘材料 102 的支承材料。给绝缘材料 102 涂覆一个金属层 104。金属层 104 具有一直通到绝缘层 102 的孔隙 106。这些孔隙也可以叫做开口。应探测的气体可和金属层 104 的大表面接触。因为金属层 104 具有催化的特性,所以气体在催化器上起反应,并且分裂成不同的带电荷的成分。这些带有电荷的成分现在通过孔隙 106 到达绝缘材料 102,并且通过吸附堆积到绝缘材料 102 上,以及金属层 104 上。在这种情况下载流子的电荷通过电场作用在半导体材料 100 中产生一种载流子移动。在孔隙 106 中在绝缘材料 102 上的带正电荷的载流子吸引在半导体材料 100 中的带负电荷的载流子,相反地在孔隙 106 中在绝缘材料 102 上的带负电荷的载流子吸引在半导体材料 100 中的带正电荷的载流子。由绝缘材料构成的层可以具有不同的绝缘材料的多(部分-)层。通过这一措施可以利用这一特性,即不同的绝缘材料在气体粒子的吸附方面特性是不同的,并且因此气体传感器对于不同的气体类型或者气体浓度具有不同的电容特性。

[0030] 金属层 104、绝缘材料和半导体材料 100 的作用如同电容器。通过在金属层 104 和半导体材料 100 之间设置电压在半导体材料 100 中的载流子是可运动的。通过改变绝缘材料 102 的两侧的载流子的间距这种可运动性引起形成的电容器的电容的可变化性。电容器的电容和工作点电压时所设置的电压的大小有关。在电压和电容之间存在一种非线性的关

系。

[0031] 图 2 示出了根据本发明的一个实施例的一个气体探测装置上进行气体探测的方法 200。该方法 200 具有一个在该装置的金属层和该装置的半导体材料之间调节预定工作电压的步骤 210。此外,本方法还具有一个求出装置的电容的步骤 220。在步骤 220 中求出有关该装置的电容的信息。在确定气体浓度和 / 或气体类型的步骤 230 中使用步骤 220 中得出的有关电容的信息,以确定待探测的气体的气体浓度,和 / 或气体类型。

[0032] 图 3 示出了在所设置的电压  $V$  和一个金属 - 绝缘体 - 半导体结构的电容  $C$  之间的一个理想的特性曲线。在横坐标上画出了增加的电压  $V$ , 零点没有标出,但是大体位于所示的横坐标的中间。在纵坐标上画出了增加的电容  $C$ 。这个特性曲线在负电压数值时以最小的电容  $C_{\min}$  开始。在电压增加的第一区域中曲线未示出电容的变化,或者示出的是电容最小的变化。从一定的电压数值起曲线接近直线急剧上升,直到电容  $C_{is}$  的最大值。只是在一些过渡区域该特征曲线有一个修圆。在随后的曲线段中这个电容  $C$  在上升的电压中没有变化,或者只有最小的变化。开始增加几乎发生在电压的过零点。不同的材料组合允许另外设置一些电压数值。通过在绝缘体的金属侧上(即这样的侧面,在这个侧面上涂覆有金属电极 - 或者层)离子化气体的堆积使正的载流子流入时(在图 3 中通过  $Q^+$  表示)曲线的急剧上升部分沿下降的电压数值方向基本上平行地移动。这种移动通过虚线曲线表示。没有示出在绝缘体的金属侧上负载流子流入的情况。在这种情况下曲线基本平行地沿着增加的电压数值的方向移动。优选地工作点区域 300 位于特性曲线的陡峭增加的直线区域中。若在这个区域 300 中调节工作电压,则在金属 - 绝缘体 - 半导体结构的传感器侧上的载流子的堆积会引起该结构的电容的几乎成比例的变化。这种变化的高度是载流子的浓度的尺度。载流子的浓度是在环境空气中应探测的气体的浓度的尺度。

[0033] 换句话说,图 3 示出了具有孔隙的金属电极的金属 - 绝缘体 - 半导体结构的电容 - 电压曲线。通过电容的测量完成对金属 - 绝缘体 - 半导体(MIS- 结构)上的与气体有关的传感器信号的测量。如图 3 示出的,通过金属电极和半导体基质之间的偏置电压的变化可以调节积累、贫化和反转区域。在具有  $n$  掺杂的半导体材料的 MIS 结构中对于正的偏置电压来说半导在它的面朝绝缘体的表面上积聚有少数载流子,这样可有效地测量绝缘材料的电容。这个过程叫作积累。当人们将偏置电压朝负的数值减小时,则半导体表面上的载流子变得稀少起来,这样就形成一个空间电荷区。这个空间电荷区又通过减小测量的总的电容明确。这个过程叫做贫化。当负的偏置电压强烈时在半导体表面上聚积着少数载流子。这个过程叫做反转。总之产生在图 3 中示出的电容 - 电压曲线。

[0034] 当加载气体时会发生电容 - 电压曲线水平移动的情况。当在传感器表面上吸附带正电荷的气体类时,该曲线沿着负的偏置电压数值方向移动(在此:向左移动),而当吸附带负电荷气体类时该曲线朝正的偏置电压方向(在此:向右移动,但未示出)移动。

[0035] 图 4 示出了根据在此介绍的方案的一个金属 - 绝缘体 - 半导体结构的一个实施例的一些特性曲线。在该图的横坐标上示出了增加的电压  $U(V)$ 。在坐标原点电压为  $-2V$ , 电压的最大值为  $+5V$ 。在该图的纵坐标上示出了电容  $C$  的无量纲量。在该坐标的原点电容的最小值为 0.25, 电容的最大值为 4.75。黑的实线特征曲线 400 表示在电容不受在传感器上堆积的气体离子的影响情况下的电压和电容的曲线。虚线示出的特性曲线 402 表示在传感器上在孔隙的内部堆积有正的气体离子的情况下电压和电容的关系。细点示出的特性曲线

404 表示在传感器上在孔隙的内部堆积有负的气体离子的情况下电压和电容的曲线。在特征曲线 400 上标记了两个工作点 406 和 408。当  $-2V$  时特性曲线 400 以电容数值 0.75 开始。电容数值直到接近  $+0.8 V$  时都保持在 0.75 不变。在  $+1V$  和  $+2V$  之间的区域中特性曲线 400 急剧地上升到电容数值 3.75, 并且在  $+2$  和  $+5V$  之间的区域中逐渐地接近电容数值 4.25。曲线 402 直到电压数值 0.2V 都是和特性曲线 400 相一致。在接近 0.2V 时该曲线急剧上升, 并且在  $+2V$  时重新近似地具有如同特性曲线 400 的曲线。在  $+1V$  附近的区域中特性曲线 402 明显平缓 (Abflachung)。从中在电容数值 0.75 和 2.75 之间的区域中相对于曲线 400 产生一个急剧提高的距离。特性曲线 404 直到电压数值 1V 接近地和曲线 400 重合。直到电压数值 1.5V 曲线 404 具有比曲线 400 更为平缓的增升, 并且直到电压数值大约 1.8 都是和曲线 400 平行地延伸。从电压数值大约 1.8V 起曲线 404 朝着更高的电压数值方向具有一个弱的拐点, 这样, 在 2.5 和大约为 4 之间的电容数值的区域中在特征曲线 400 和曲线 404 之间存在一个增大的间距。在 2.5V 和接近 4V 之间曲线 404 直到电容数值 4.25 具有比曲线 400 更为平缓的渐近增升。第一工作点 406 在电容数值 1.5 上位于曲线 400 上。在没有带电荷的气体粒子对传感器施加作用的情况下第一工作点 406 和电压 1.3V 相对应。当在传感器上存在有带正电荷的气体离子的规定的浓度时, 则在电容保持不变的情况下工作点中的电压数值减小到 0.6V。当在传感器上存在有带负电荷的气体离子的规定的浓度时则在电容保持不变的情况下在第一工作点中电压数值提高到 1.7V。从中在第一工作点 406 中为正的和负的气体离子产生了不同的敏感性。在曲线 400 中示出了电容数值为 3, 电压数值为 1.7V 时的第二工作点 408。当在传感器上存在有带正电荷的气体离子的相同规定的浓度时电压只下降到 1.5V。当相反地在传感器上存在有带负电荷的气体离子的相同规定的浓度时电压扩大到 2.1V。从中在第二工作点 408 中为负的气体离子产生了更大的敏感性。正的和负的气体离子的特性曲线的这些非线性的变化是以孔的宽度或者孔隙尺寸和绝缘体的厚度的比例为基础的, 其中, 在这个实施例中孔隙宽度和绝缘层的厚度的比大约为 8 比 5。

[0036] 换句话说, 图 4 示出了在具有多孔隙的金属电极的 MIS 结构上的电容 - 电压曲线的模拟结果, 其中, 孔隙宽度 (例如 80 纳米) 情况比绝缘厚度 (例如 50 纳米) 要大。在这种情况下, 孔隙宽度可以在 20-200 纳米的数值范围之内、其中, 孔隙宽度的很有利的范围是 50-100 纳米的范围。同时绝缘厚度在 10 纳米至 150 纳米的范围中, 其中, 有利地绝缘厚度在 30 纳米至 80 纳米的范围内。其中可以看出, 当孔隙宽度例如大于绝缘材料或者绝缘层的厚度的 1.5 倍则是非常有利的。若孔隙尺寸相当于绝缘层或者绝缘材料的厚度的 1.6 倍, 或者 2 倍则是特别有利的。

[0037] 虚线示出的曲线 402 示出了在孔隙范围内的带正电荷类型的吸附情况。小圆点示出的曲线 404 示出在孔隙范围之内的带负电荷类型的吸附情况。406 和 408 表示用于转换敏感度的两个可能的工作点。通过合适地选择几何形状参数“孔隙尺寸”和“绝缘层的厚度”根据所使用的工作点可有利地探测出在以场效应为基础的半导体 - 气体传感器上确定的气体类型。图 4 示出了在孔隙尺寸和绝缘厚度最佳比例时的可利用的效应。图 5 没有示出在几何形状参数的比例不利时的效应情况。这种做法有如下优点, 即通过简单地从第一工作点转换到第二工作点可在敏感度 1 和敏感度 2 之间变换。通过这一措施在建造用于有选择地探测不同的气体类型的传感器阵列时可显著地节省成本, 因为从效果上讲需要



的传感器元件更少了。这样做的结果是用于每个传感器阵列的晶片表面更少了,用于触发单个的传感器元件所需的信号导线更少了,因此可进一步地减少结构成本。典型地将工作点选择在贫化区域中(请参见图 3 中的“AP 区域” 300,其中,如此地调节偏置电压,即虽然加载了气体但电容仍然保持恒定。相应需要的偏置电压的高度是传感器表面上的分析气体浓度的尺度,并且因此用作传感器信号。那些吸附在金属化的区域的表面上的带电荷的气体类在半导体中不能产生传感器信号,因为它们的电场作用被设置在它的下面的金属电屏蔽了。而那些在开口的栅区域或者孔隙内部吸附的带电荷的气体类可直接对半导体施加作用,并且因此产生传感器信号。在图 4 和图 5 中电容-电压-曲线模拟表明,可优选探测在孔隙内部吸附的带正的或者负的电荷的气体类,只要合适地选择孔隙宽度和绝缘层的厚度的比例。在图 4 中示出了是如此地选择金属电极的孔隙率的,即孔隙宽度大于或者等于绝缘层的厚度。在这种情况下带正电荷气体类的吸附会导致电容-电压-曲线的非线性的位移。不是所期待的平行移动,而是该曲线在下面的三分之一更加强烈地移向负的偏置电压数值。当吸附有带负电荷气体类时沿着正的偏置电压数值方向也产生非线性的位移。

[0038] 在图 4 中示出了两个可能的工作点。沿正方向或者负方向的箭头的长度相当于在吸附带正电荷—这通过向左的箭头表示—或者带负电荷—这通过向右的箭头表示—的气体类时的相应的工作点中的传感器信号的行程。因此,在第一工作点 406 时在加载  $H_2$ 、 $NH_3$ 、 $C_3H_6$  时优选地可探测出带正电荷气体类,这通过向左的大箭头长度表示。而带负电荷一类的气体只引起小的信号行程,这通过向右的小箭头长度表示。相应地在第二工作点 408 中例如在加载  $NO_2$  时可优选地验证带负电荷的气体类。

[0039] 然而,当选择平均的孔隙宽度小于绝缘层的厚度时,则不出现这种效应。在图 5 中示出了这种情况的模拟结果。

[0040] 在图 5 中示出了其孔隙宽度和绝缘体厚度的比例不合适时的金属-绝缘体-半导体结构的一个实施例的计算的特性曲线。在这个实施例中孔隙尺寸和绝缘层厚度的比例大约为 4 比 5。在横坐标上示出的电压  $U$  为  $-2V$  到  $+7V$ 。在纵坐标上示出无量纲的电容  $C$  为 0 到 5.0。特性曲线 500 在电容数值大约为 0.7 时开始,并且在电压数值为 0.5V 时急剧上升到电容数值 4.5,当电压数值为 3V 时紧接着逐渐接近电容数值大约 4.7。在电压数值 1.3V 和 1.9V 之间特性曲线 500 接近直线地在电容数值 1.5 和 3.5 之间延伸。特性曲线 502 和特性曲线 500 接近平行地延伸,并且只是朝更低的电压方向移动  $-0.2V$  的电压数值。特性曲线 404 和特性曲线 500 也是接近平行地延伸,并且只是朝着更高的电压数值方向移动  $+0.2V$  的电压数值。由于孔隙的开口和绝缘体的厚度的比例选择得不合适就不能取得特别合适的工作点,用于为正离子化的气体和负离子化的气体取得不同的敏感度。

[0041] 换句话说,图 5 示出了具有多孔隙的金属电极的 MIS 结构上的电容-电压曲线的模拟结果,其中,重要的是孔隙宽度(40 纳米 (nm))比绝缘体厚度(50 纳米)要小。曲线 502 表示在孔隙区域的内部吸附有带正电荷一类的气体的情况。曲线 504 表示在孔隙范围的内部吸附有带负电荷一类的气体的情况。

[0042] 图 6 示出了根据本发明的一个实施例的金属-绝缘体-半导体结构的一些测量的特性曲线。在横坐标上为  $-5V$  到  $+5V$  的电压。在纵坐标上为 45 皮法拉(Picofarad)到 60 皮法拉的电容  $C$ 。特性曲线 600 表示在此所述的金属-绝缘体-半导体结构的特征,该曲线在电容为 55.2 皮法拉开始,并且弧形地一直下降到  $-1V$  和电容为 45.8 皮法拉的低点。从

那里起特性曲线 600 具有一个近乎直线的增升,直到电压数值为 1.7V 时的 56 皮法拉。继续延伸地这个特性曲线 600 渐近地接近电容 58 皮法拉。小圆点示出的特性曲线 602 在电容为 55 皮法拉处开始,当电压为 -1.9V、电容为 46.5 皮法拉时达到低点,并且从那里起近似直线地在 -1V 时上升到 49.5 皮法拉,在 -1V 和 -0.3V 之间示出一个平缓段,并且从电容数值 50.5 皮法拉逐渐地一直上升到 56 皮法拉和 +1V。紧接着这个特性曲线 602 渐近地接近电容 58.2 皮法拉。特性曲线 602 表示吸附在绝缘体的表面上的带正电荷的气体离子  $H^+$  的一定浓度的特征。虚线示出的特性曲线 604 在 55.7 皮法拉处开始,在 46.2 皮法拉和 -0.3V 处达到低点,从那里起近似直线地一直上升到数值 52 皮法拉和 0.8V,并且具有一个轻微的拐点,并且近似直线地一直上升到数值 2.5V 和 56.3 皮法拉,并且继续延伸渐近地接近 58 皮法拉。这个特性曲线 604 表示带有负电荷且吸附在绝缘体表面上的气体离子  $O^-$  的规定量的特征。在特性曲线 600 上有两个工作点 606 和 608。工作点 606 位于这样的一个区域中,在这个区域中传感器具有对于带正电荷的气体离子比带负电荷的离子更大的敏感性。工作点 608 位于特性曲线 600 的这样一个区域中,在这个区域中,传感器具有对于带负电荷的气体离子比带正电荷的气体离子更大的敏感性。工作点 606 位于 49 皮法拉和 -0.1V 之中。工作点 608 位于 55.5 皮法拉和 1.4V 之中。在工作区域 606 中提供接近 1.1V 的电压供形成带正电荷的气体离子的预定的气体浓度使用。与此相反地只有接近 0.3V 的电压以表示带负电荷的气体离子的预定量。在工作点 608 中,接近 0.4V 的电压被提供用于表示相同量的带正电荷的气体离子,并且为了表示带负电荷的预定的量有接近 0.6V 的电压供使用。从中得到在两个工作点 606 和 608 之间转换到不同的敏感性的可能性。

[0043] 换句话说,图 6 表示是在加载  $N_2$  600、在加载  $NH_3$  602 和在加载  $NO_2$  604 时测量的电容—电压曲线。606 和 608 是表示用于转换敏感性的两个可能的工作点。图 6 示出在  $N_2$  环境中、在加载  $NH_3$ ,以及在加载  $NO_2$  时在具有合适的多孔隙的金属电极的 MIS 结构上的三个电容—电压曲线的测量情况。因此,测量的曲线证明,上面所述的,并且经过模拟所示出的气体传感器的特性或者气体的感应电容结构的特性。

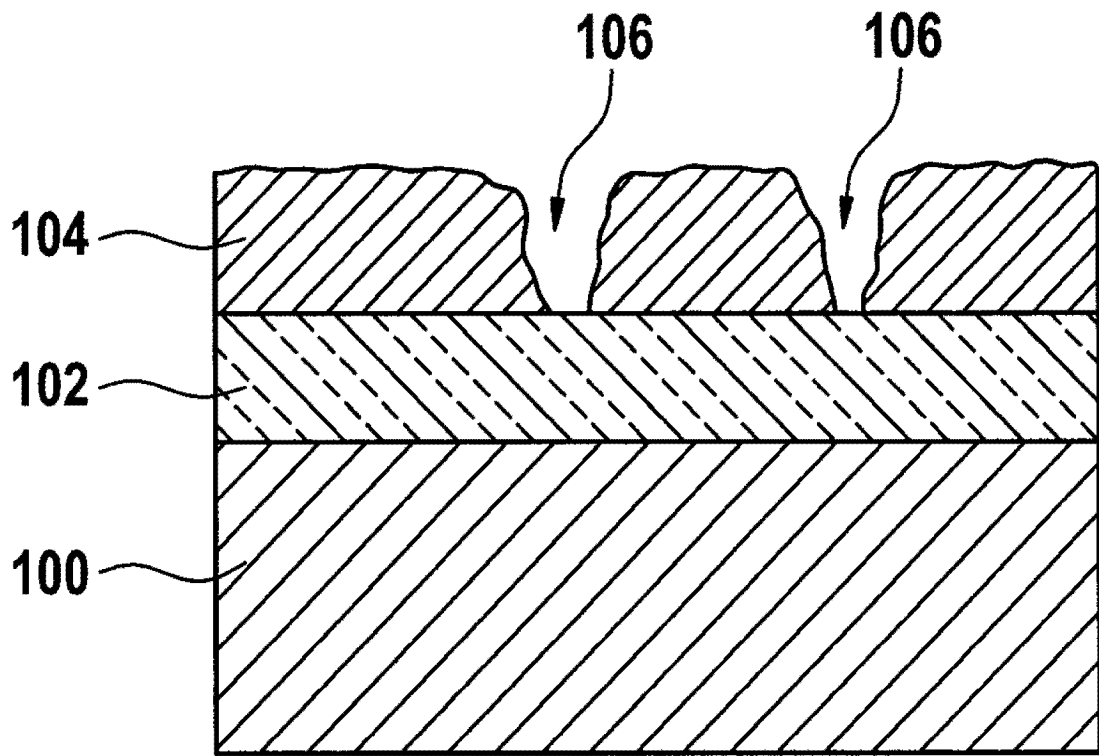


图 1

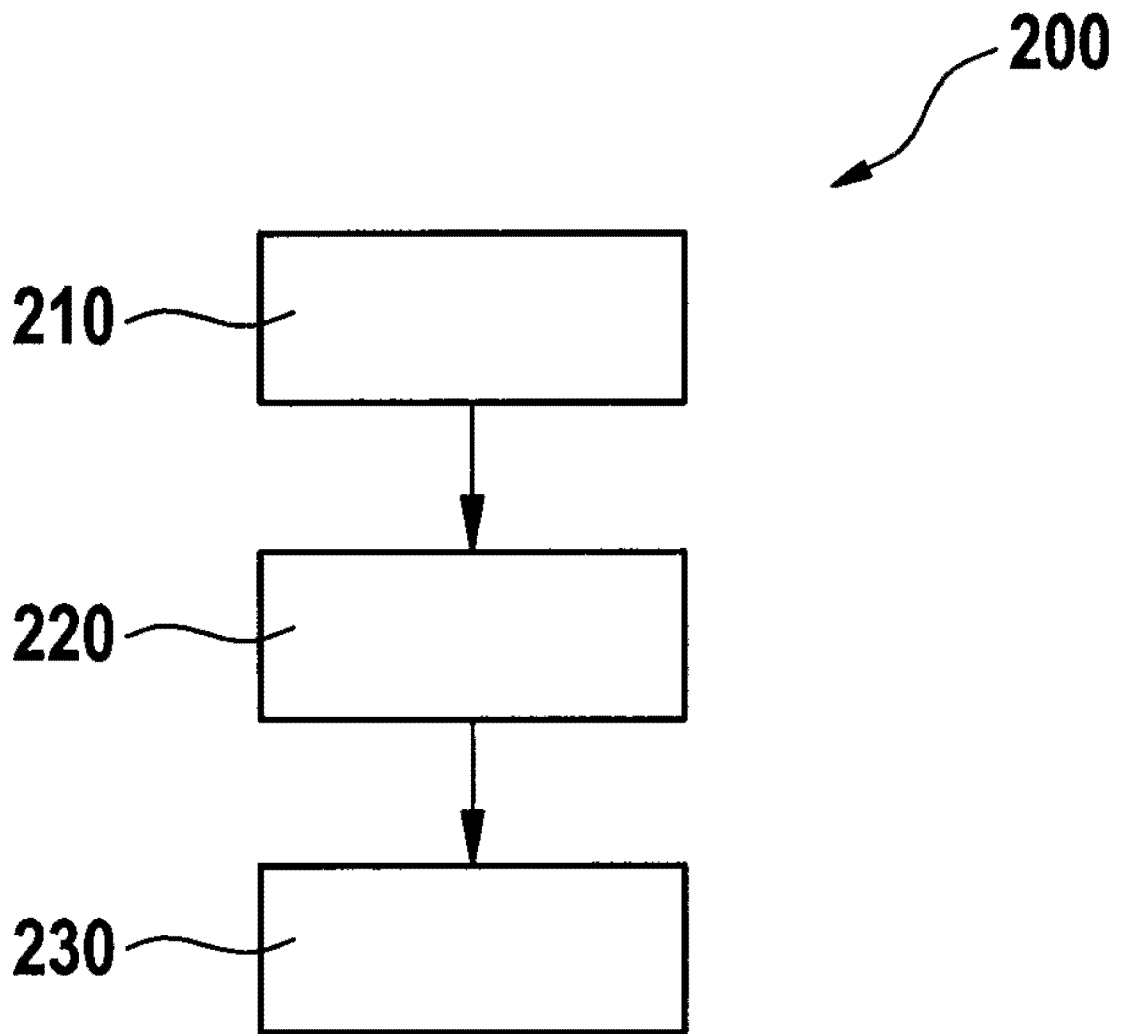


图 2

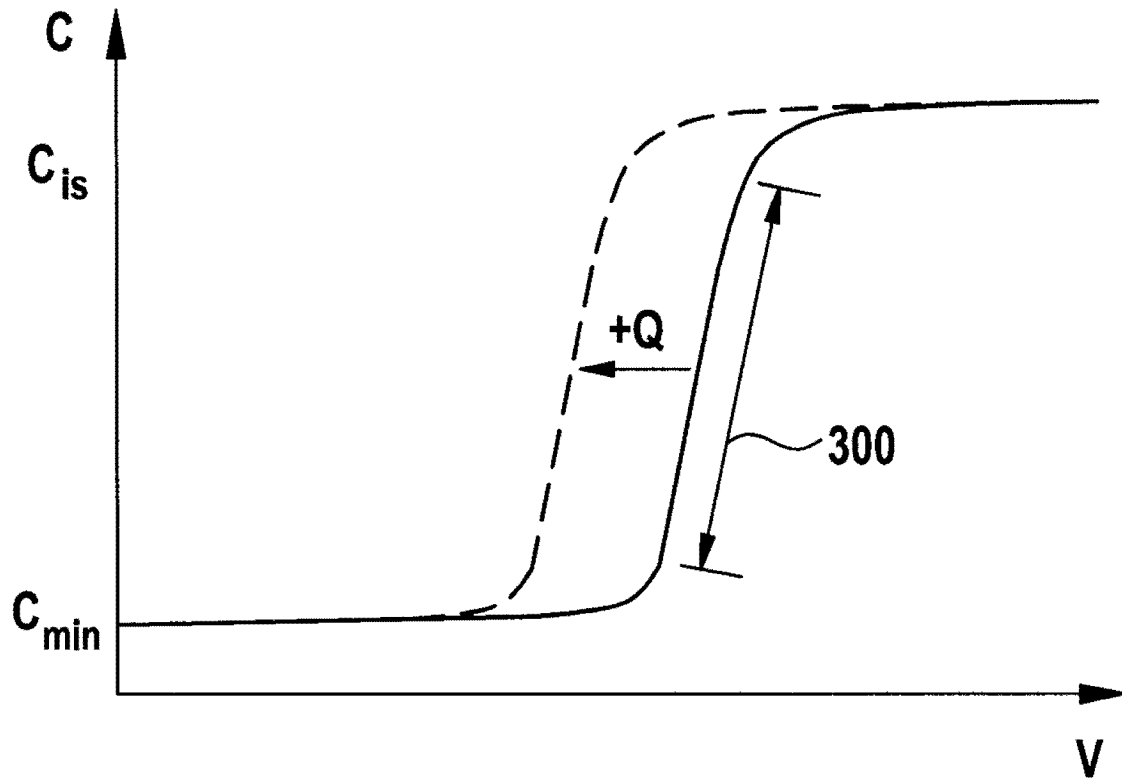


图 3

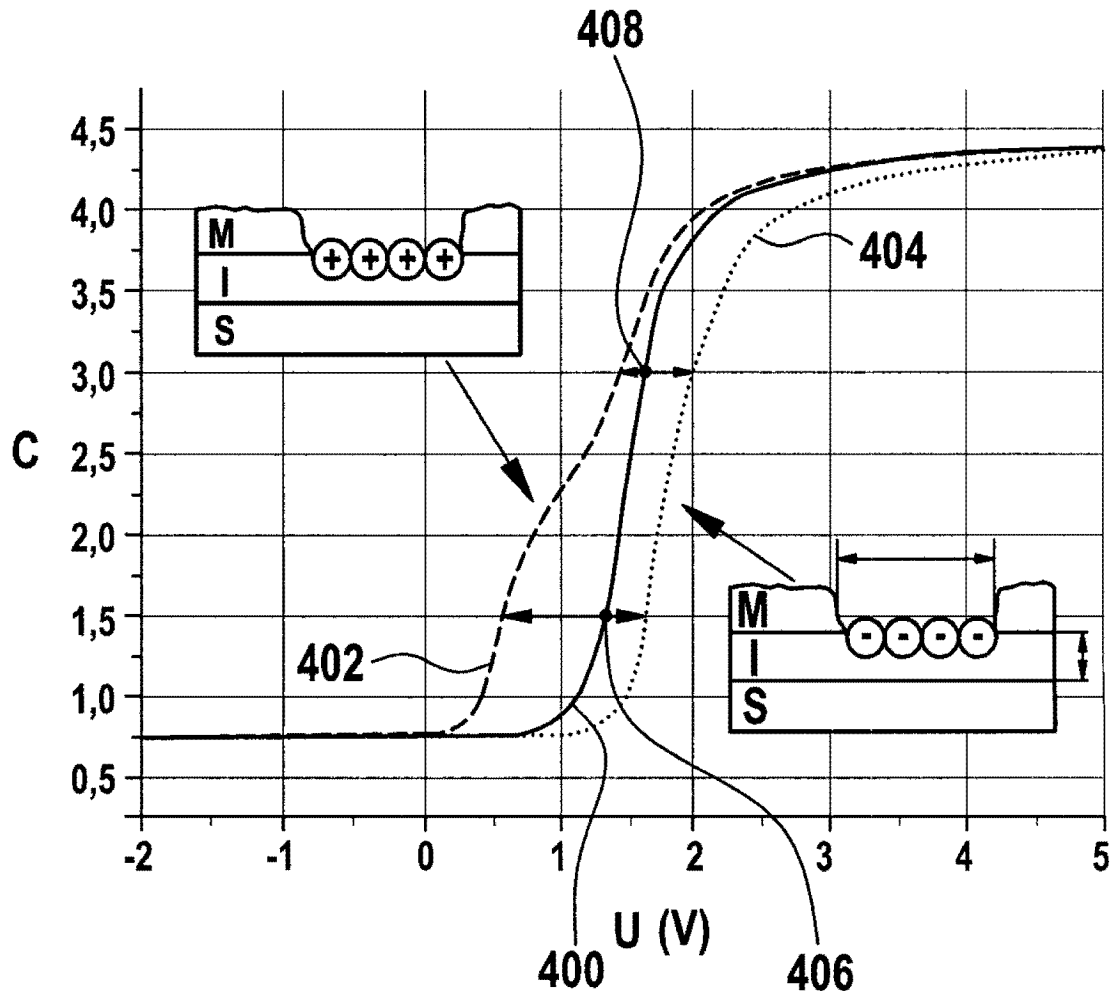


图 4

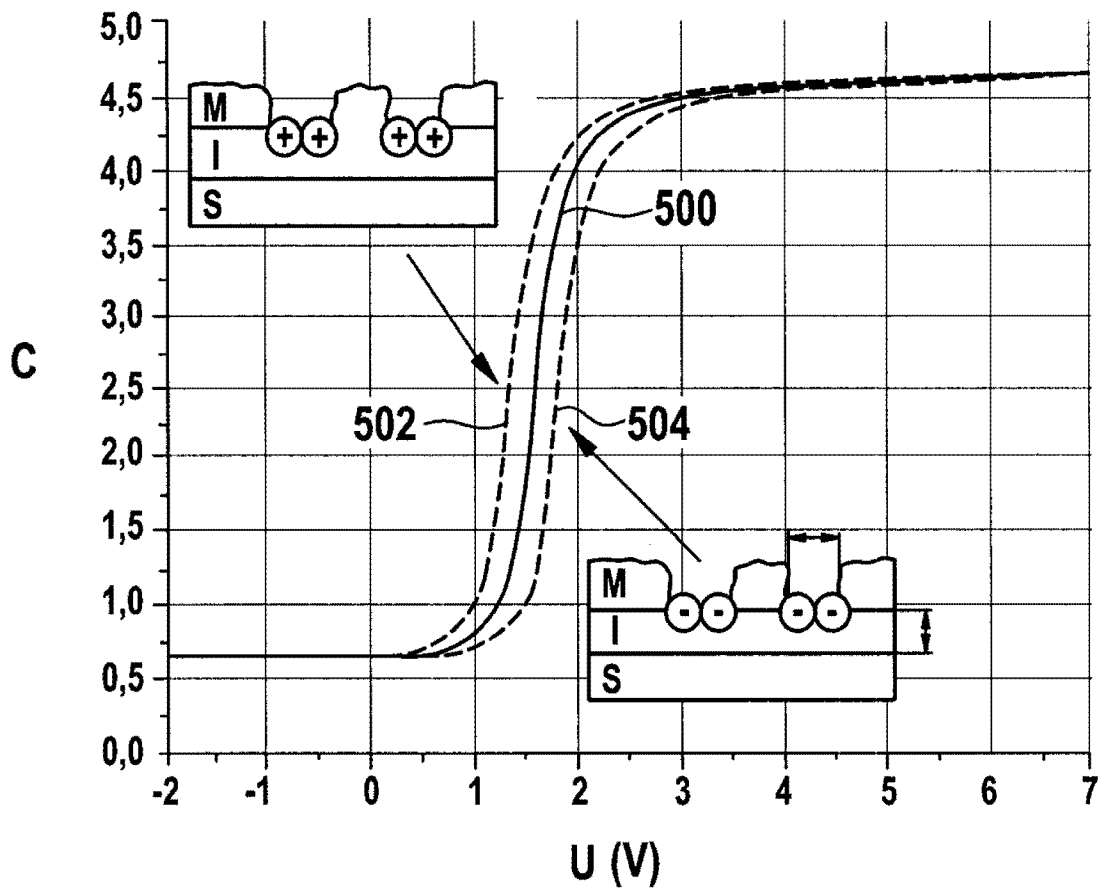


图 5

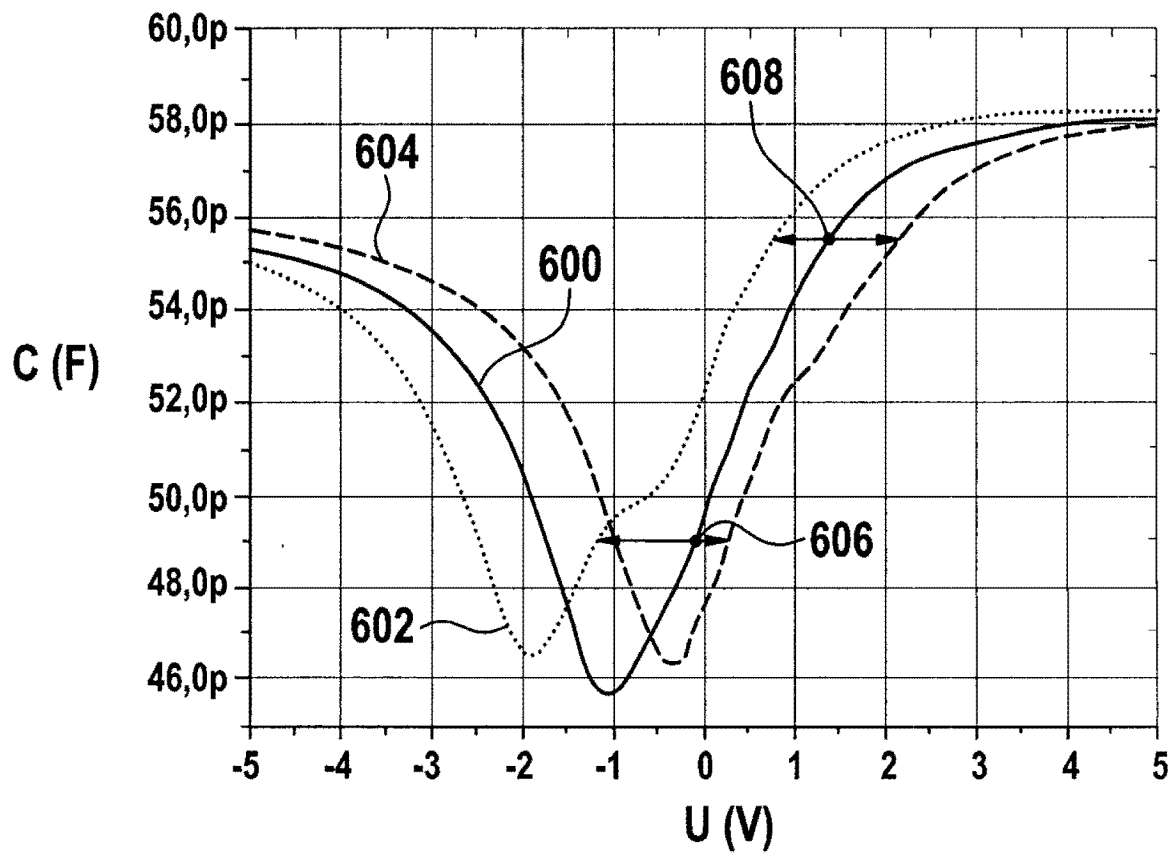


图 6