



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104737008 B

(45)授权公告日 2017.06.09

(21)申请号 201380053874.7

(22)申请日 2013.10.11

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104737008 A

(43)申请公布日 2015.06.24

(30)优先权数据

61/714,400 2012.10.16 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2015.04.15

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/IB2013/059296 2013.10.11

(87)PCT国际申请的公布数据

W02014/060916 EN 2014.04.24

(73)专利权人 皇家飞利浦有限公司

地址 荷兰艾恩德霍芬市

(72)发明人 J·H·克鲁特维杰克 M·梅舍

P·德格拉夫 B·马塞利斯

(74)专利代理机构 北京市金杜律师事务所

11256

代理人 王茂华 吕世磊

(51)Int.Cl.

G01N 27/414(2006.01)

(56)对比文件

US 2006/0263255 A1,2006.11.23,

CN 102414560 A,2012.04.11,

CN 102132154 A,2011.07.20,

US 2010/0325073 A1,2010.12.23,

US 2011/0147802 A1,2011.06.23,

US 2006/0246497 A1,2006.11.02,

US 2008/0210987 A1,2008.09.04,

审查员 苗君叶

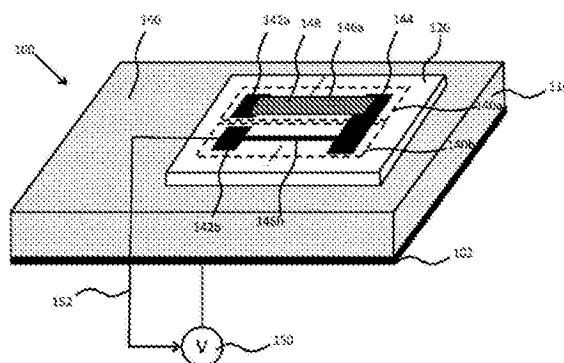
权利要求书2页 说明书7页 附图6页

(54)发明名称

具有感测晶体管阵列的集成电路、感测装置及测量方法

(57)摘要

一种集成电路(100)传感器阵列,包括:半导体衬底(110);在所述衬底之上的绝缘层(120);在所述绝缘层上的第一晶体管(140a),第一晶体管包括在源极区(142a)与漏极区(144)之间的暴露的官能化沟道区(146a),用于感测介质中的分析物;在所述绝缘层上的第二晶体管(140b),第二晶体管包括在源极区(142b)与漏极区(144)之间的暴露的沟道区(146b),用于感测所述介质的电势;和被导电性地耦合至半导体衬底的电压偏置发生器(150),用于向所述晶体管提供偏置电压,所述电压偏置发生器可响应于第二晶体管。还公开了包括这样的IC的感测装置和利用这样的IC的分析物测量方法。



1. 一种集成电路(100),包括:
 - 半导体衬底(110);
 - 在所述衬底之上的绝缘层(120);
 - 在所述绝缘层上的第一晶体管(140a),以及
 - 在所述绝缘层上的第二晶体管(140b),所述集成电路的特征在于:
 - 所述第一晶体管包括在源极区(142a)与漏极区(144)之间的暴露的官能化沟道区(146a),所述官能化沟道区被布置用于感测介质中的分析物;
 - 所述第二晶体管包括在源极区(142b)与所述漏极区(144)之间的暴露的沟道区(146b),所述沟道区被布置用于感测所述介质的电势,所述漏极区(144)由所述第一晶体管和所述第二晶体管共用;和
 - 被导电性地耦合至所述半导体衬底的电压偏置发生器(150),用于向所述第一晶体管和所述第二晶体管提供偏置电压,所述电压偏置发生器可响应于所述第二晶体管。
2. 根据权利要求1所述的集成电路(100),其中所述官能化沟道区(146a)利用用于粘合感兴趣的分析物的粘合层(148)进行官能化。
3. 根据权利要求1所述的集成电路(100),其中所述官能化沟道区(146a)通过所述沟道区的化学改性而被官能化。
4. 根据权利要求1或2所述的集成电路(100),进一步包括晶体管的阵列,所述阵列包括多个所述第一晶体管(146a)和至少一个所述第二晶体管(146b)。
5. 根据权利要求4所述的集成电路(100),其中所述第一晶体管(146a)中的每一个被单独地官能化。
6. 根据权利要求1至5中的任一项所述的集成电路(100),其中各沟道区(146a,146b)包括纳米线或纳米管。
7. 根据权利要求6所述的集成电路(100),其中所述纳米管包括硅纳米线或由硅纳米线构成。
8. 根据权利要求6所述的集成电路(100),其中所述纳米管包括碳纳米管或由碳纳米管构成。
9. 根据权利要求1至8中的任一项所述的集成电路(100),其中各沟道区(146a,146b)由氧化物膜(540)覆盖。
10. 一种感测装置,包括样本室和权利要求1至9中的任一项所述的集成电路(100),其中所述第一晶体管(140a)和所述第二晶体管(140b)被暴露于所述样本室。
11. 根据权利要求10所述的感测装置,其中所述样本室包括流动通道。
12. 根据权利要求10或11所述的感测装置,进一步包括被分别耦合至相应的第一晶体管和所述第二晶体管(140a,140b)的信号处理器。
13. 一种测量介质中的感兴趣的分析物的方法,所述方法包括:
 - 提供根据权利要求1至9中的任一项所述的集成电路(100);
 - 使所述第一晶体管(140a)和所述第二晶体管(140b)暴露于潜在地包括所述分析物的介质;
 - 利用所述第二晶体管(140b)来感测所述介质的电势;和
 - 响应于所述介质的感测的所述电势来调整提供至所述衬底的所述偏置电压。

14. 根据权利要求13所述的方法,进一步包括:

- 在所述偏置调整步骤之后测量流过所述第一晶体管(140a)的漏极-源极电流;和
- 从测量的所述漏极-源极电流导出所述分析物的存在。

15. 根据权利要求14所述的方法,其中所述测量步骤在时间尺度上被执行,以使得所述介质的所述电势在所述测量期间是恒定的。

具有感测晶体管阵列的集成电路、感测装置及测量方法

技术领域

[0001] 本发明涉及包括了半导体衬底、在所述衬底之上的绝缘层以及在所述绝缘层上的包括了第一晶体管的晶体管阵列的集成电路(IC),其中第一晶体管包括在源极区与漏极区之间的暴露的官能化沟道区,以用于感测介质中的分析物。

[0002] 本发明进一步涉及包括这样的IC的感测装置。

[0003] 本发明又进一步涉及利用这样的IC测量介质中的感兴趣的分析物的方法。

背景技术

[0004] 半导体技术的持续小型化已使得嵌入在诸如集成电路(IC)等的半导体器件中的功能能够显著多样化,这在一些情况中已导致在单个器件上提供近全面的解决方案。例如,半导体器件小型化已导致一个或多个传感器集成到单个半导体器件内,并且在迥然不同的领域中、例如在汽车应用、医疗应用、工业气体烟道监测等等中可以看到这样的器件的部署。

[0005] 例如,在过去的几十年中,已将感测晶体管添加至IC,例如诸如离子敏感场效应晶体管(ISFET)、被酶官能化的生物分子敏感场效应晶体管(ENFET)等等的化学场效应晶体管。这些场效应器件基于器件的沟道区被暴露于待感测的介质的原理而工作,使得流过沟道区的电流变成感兴趣的分析物的函数。为此目的,器件可以包括通过栅极氧化物或充当浮置栅极的被官能化的扩展的栅极而与沟道区分开的官能化层,其中栅极电势由感兴趣的分析物与官能化层之间的相互作用的水平限定。

[0006] 在诸如IC等的电子器件上提供感测功能的主要挑战之一是确保半导体器件能够以经济上可行的方式生产。这例如在将亚微米尺寸的感测元件(例如诸如基于纳米线的晶体管等的纳米元件)集成在半导体器件中时是特别的挑战,因为根本不是利用与整体半导体器件的制造工艺兼容的处理步骤来直接制造这样的纳米元件。因此,这样的专用元件的集成会导致半导体器件的制造工艺的复杂度显著增加,由此显著地增加了这样的器件的成本。

[0007] 在这方面的特别问题在于,当感测介质是流体(例如液体或气体)时,传感器布置通常需要外部参考传感器或电极的存在,以补偿传感器漂移、即传感器对感兴趣的分析物的随时间而变化的响应。在US2004/0136866 A1中公开了这样的布置的示例,其中参考电极被放置成与待分析的流体接触以便控制溶液的相对于半导体纳米线感测元件的电势。然而,包括参考传感器或电极会使传感器布置的设计进一步复杂化,这因此可以进一步增加电子器件的成本。此外,参考电极的表面会易于积垢,在该情况中传感器读数会变得不可靠。

发明内容

[0008] 本发明旨在提供其中避免对于单独参考电极的需要的根据开篇段落的IC。

[0009] 本发明进一步旨在提供包括这样的IC的感测装置。

[0010] 本发明又进一步旨在提供利用这样的IC来测量感兴趣的分析物的方法。

[0011] 如用独立权利要求所限定的发明至少部分地实现所寻求的目标。从属权利要求提供了有利的实施例。

[0012] 根据本发明的一个方面,提供了一种如在本发明中所限定的集成电路。第一晶体管可以是分析物感测晶体管并且第二晶体管可以是介质感测晶体管。

[0013] 本发明基于如下认识:可以在时间尺度上执行利用场效应器件对感兴趣的分析物的测量,使得介质中的电荷的总量在该时间尺度期间大致保持恒定。换言之,介质可以在测量的时间尺度上被视作封闭或隔离的系统。这当然适用于真正封闭的系统,例如封闭的流体单元,但同样适用于可以在测量的时间尺度上被视作与其环境隔离的小的局部流体测量。结果,归因于在该时间尺度上的介质中的电荷的守恒,可以显示为参考电势变成背侧栅极电势的函数。因此,通过利用未被官能化的场效应器件测量介质的实际电势、即参考电势,可以响应于测量的参考电势来调整背侧栅极电势,使得在介质(例如感兴趣的流体)中维持期望的参考电势,而不需要提供用于设置介质的电势的单独的参考电极。

[0014] 第一晶体管可以被官能化为以任何合适的方式来感测感兴趣的分析物。例如,官能化沟道区可以用粘合层官能化或者代替的是可以用所述沟道区的化学改性来官能化。作为可选方案,沟道区可以经由扩展的栅极(即在空间上与沟道区分开并且通过金属化结构被导电性地耦合至沟道区的栅极)而被暴露于介质。诸如氧化物膜等的氧化物层典型地存在于沟道区与官能化层之间以将沟道区与浮置栅极电绝缘。氧化物膜可以具有被官能化的外表面以提供官能化层。

[0015] 在实施例中,IC包括如在本发明中所限定的晶体管的阵列。这具有可以同时测量许多不同的感兴趣的分析物(例如不同气体或者诸如不同DNA片段等的不同生物分子)的优点。为此目的,所述第一晶体管中的每一个可以被单独地官能化,即各第一晶体管可以被官能化为检测不同的感兴趣的分析物。于是本发明可以用于指纹识别。作为可选方案,多个第一晶体管可以被配置成感测相同的分析物,只是具有不同的灵敏度和/或检测水平。

[0016] 本发明特别适用于感测其中提供了具有亚微米尺寸沟道区的晶体管的IC,其中亚微米尺寸沟道区例如是包括了诸如硅纳米线等的纳米线或诸如碳纳米管等的纳米管的沟道区。对于这样的IC,归因于参考电极典型地必须单独并且以不同形式因素设置的事实,提供单独的参考电极是麻烦且价格昂贵的。因此,通过本发明对于单独的参考电极的需要的消除确保了可以以成本效益的方式制造出尤其是包含了这样的亚微米尺寸的器件的IC。特别地,包括硅纳米线的IC可以利用常规可得到的COMS处理步骤来制造并因此可以被以特别成本效益的方式制造。

[0017] 根据本发明的另一方面,提供了一种如在本发明中限定的感测装置。这样的感测装置从对样本室中的样本(例如流过包括暴露的第一晶体管的流动单元的流体)中的感兴趣的分析物的存在和/或浓度的可靠的精确确定中获益,而不需要单独的参考电极。

[0018] 感测装置可以进一步包括例如经由IC上的被导电性地耦合至至少一个或多个第一晶体管的源极或漏极区的接合焊盘而被分别耦合至相应的感测晶体管的信号处理器。

[0019] 根据本发明的另一方面,提供了一种如在本发明中所限定的测量介质中的感兴趣的分析物的方法。

[0020] 本发明的方法促进了对在诸如气体或液体等的流体中的感兴趣的分析物的精确

测量,而不需要参考电极来控制流体介质的电势,如在上面更多的细节中已经说明的那样。

[0021] 在实施例中,方法进一步包括在所述偏置调整步骤之后测量流过第一晶体管的漏极-源极电流;并且从所述测量的漏极-源极电流导出所述分析物的存在。特别地,可以在时间尺度上执行测量步骤,以使得在所述测量期间所述介质的电势恒定,因为在这些条件下介质的电势是背侧栅极电势的直接函数,使得该电势可由背侧栅极电势来控制,而不需要单独的参考电极。

附图说明

- [0022] 参照附图通过非限制性示例的方式更加详细地描述本发明的实施例,其中:
- [0023] 图1示意性地描绘了根据本发明的实施例的IC的一个方面;
- [0024] 图2示意性地描绘了根据本发明的实施例的IC的另一方面;
- [0025] 图3a描绘了通过参考电极(顶部框格)和通过本发明的背侧栅极偏置控制原理(底部框格)在溶液中产生的电势的轮廓绘图;
- [0026] 图3b描绘了通过参考电极(顶部框格)和通过本发明的背侧栅极偏置控制原理(底部框格)在另一溶液中产生的电势的轮廓绘图;
- [0027] 图4描绘了当利用根据本发明的实施例的背侧栅极电压波形偏置时从暴露于各种NaCl溶液的硅纳米线FET实验获得的响应;
- [0028] 图5a至图5e示意性地描绘了制造本发明的IC的方法的实施例;并且
- [0029] 图6示意性地描绘了根据本发明的实施例的IC的另外的方面。

具体实施方式

[0030] 应该理解的是,附图是仅示意性的并且未按比例绘制。还应该理解的是,在整个附图中使用相同的附图标记来指示出相同或类似的部件。

[0031] 图1示意性地描绘了IC 100,其包括硅衬底110、被图案化的掩埋氧化层120和具有诸如硅纳米线或碳纳米管的纳米结构作为沟道区的多个场效应晶体管140。多个场效应晶体管140可以布置成阵列。多个场效应晶体管140典型地包括具有在源极区142a与公共漏极区144之间延伸的硅纳米线沟道区146a的至少一个第一晶体管140a,但应该理解的是,IC 100的场效应晶体管可以具有任何合适的沟道区结构。特别地,诸如不同材料的纳米线等的其他亚微米尺寸沟道区结构或者诸如单壁或多壁纳米管(例如碳纳米管)等的不同的纳米结构是同样可行的。

[0032] 在本发明的上下文中,纳米线是具有亚微米尺寸的截面并具有可以从几百纳米至几微米范围的长度的导电的或半导体的结构。纳米线可以是实心或中空结构,并且可以具有圆形或非圆形的、例如正方形或矩形的截面。本申请中的术语“纳米管”意在包括单或多壁的纳米管。如将在后面更加详细地描述的,在优选的实施例中,纳米线是硅纳米线,其优选地具有氧化的外表面。

[0033] 第一晶体管140a的沟道区146a的暴露表面典型地被用官能化或粘合层148官能化,其可以利用任何合适的沉积技术、例如旋涂而沉积于沟道区146a的顶部,或者可以通过使沟道区146a或沟道区146a之上的栅极氧化物的暴露表面化学地改性、例如通过由栅极氧化物的暴露表面的硅烷化形成氢基团或(3-氨丙基)三乙氧基硅烷(APTES)基团来形成。这

样的感测表面的官能化对于例如来自化学FET技术领域的技术人员而言是公知的,并且沟道区146a的官能化的性质对于本发明而言不是至关重要的,从而仅为了简洁起见本申请将不以任何进一步的细节对此进行公开。

[0034] IC 100进一步包括优选地未被官能化的场效应晶体管140b,其意在测量在IC 100的操作期间IC 100的感测场效应晶体管140a、140b暴露至其的介质或液体的电势。第二晶体管140b具有沟道区146b,例如如之前所说明的在源极区142b与公共漏极区144之间延伸的硅纳米线沟道区或者任何其他合适的沟道区结构。第一沟道区146a和第二沟道区146b从而共享用于向纳米线沟道区提供公共驱动电流的漏极区,其中个体源极区142a和142b允许测量通过个体纳米线沟道区146a和146b感应的电流。应该理解的是,该布置仅作为非限制性示例;对于共享源极区并具有个体漏极区或者具有个体的源极区和漏极区的感测晶体管140而言同样是可行的,但后者归因于必须提供对于这些个体区的较大数量的接触部的事实而使IC 100的可制造性复杂化。

[0035] IC 100进一步包括偏置电压发生器150,其例如经由背侧栅极接触部102被导电性地耦合至半导体衬底110,背侧栅极接触部可以利用任何合适的导电材料、例如诸如Au、Al、Ti和/或Cu等的金属来实现。偏置电压发生器150引起衬底110充当用于IC 100的感测晶体管140a、140b的公共栅极,其中衬底110与沟道区146a、146b之间的氧化物层120充当了底部栅极氧化物。偏置电压发生器150被导电性地耦合至第二晶体管140b并且可响应于由第二晶体管140b感测的电势。具体地,偏置电压发生器150被布置成通过调整施加至衬底110的偏置电压使介质的电势维持处于预定值。

[0036] 这可以通过参照示意性地示出了根据本发明的实施例的IC 100的截面的图2来更好地理解。如可以在图2中看到的,衬底110如由电容器200所象征性地显示地那样被电容性地耦合至第一晶体管140a的纳米线沟道区146a(事实上衬底110被电容性地耦合至底部栅极氧化物120上的所有感测晶体管140a、140b)。另外,纳米线沟道区146a经由上部栅极氧化物(未示出)被电容性地耦合至由弯曲箭头指示出的介质,使得图2中的布置相当于堆叠的电容器布置。

[0037] 结果,通过由偏置电压发生器150提供的偏置电压的操控,只要归因于衬底110的可变的偏置电势被电容性地耦合至介质的事实而使得在IC 100的感测周期期间介质上的电荷的量保持恒定,就可以调整介质的电势。这对于真正封闭的系统而言总是这样的情况,但对于其中整体系统容量中的小容量可以被认为在测量的时间尺度上与剩余容量隔离的开放的系统而言同样是这样的情况。因此,作为由电流源160所感应的漏极-源极电势差支配的、流过了在漏极区144与源极区142之间延伸的纳米线沟道区146a的电流可以直接与介质中的感兴趣的分析物的存在、例如浓度有关,指示因为介质的电势被很好地限定。

[0038] 在实施例中,偏置电压发生器150可以实施其中响应于由第二晶体管140b测量的介质电势来调整偏置电压的反馈回路,例如:

[0039] 重复

[0040] 如果 $(V_{\text{介质}} > V_{\text{设定}})$, 那么 $V_{\text{偏置}} := V_{\text{偏置}} - x$

[0041] 如果 $(V_{\text{介质}} < V_{\text{设定}})$, 那么 $V_{\text{偏置}} := V_{\text{偏置}} + x$

[0042] 直到 $V_{\text{介质}} = V_{\text{设定}}$

[0043] 其中 $V_{\text{介质}}$ 是介质的电势、 $V_{\text{设定}}$ 是介质的目标电势、 $V_{\text{偏置}}$ 是由偏置电压发生器150施加

至衬底110的偏置电压并且 x 是限定 $V_{\text{偏置}}$ 被调节的量的正数。量 x 可以是固定的、即预定量,或者可以是基于 $V_{\text{介质}}$ 与 $V_{\text{设定}}$ 之间的差而动态确定的量。如从上面的算法可以明显看出的,由偏置电压发生器150产生的偏置电压被逐渐地调整,即当 $V_{\text{介质}}$ 超过 $V_{\text{设定}}$ 时被降低并且当 $V_{\text{设定}}$ 超过 $V_{\text{介质}}$ 时被增加,直到 $V_{\text{介质}} = V_{\text{设定}}$ 。可以采用任何合适的调整步频,只要步频足够高以确保分析物测量可以以快到足以确保介质含有恒定的电荷的假设仍然成立的速度完成即可,这对于如之前所说明的测量容量在测量的时间尺度上被视作封闭的子系统的开放的流体系统而言特别地相关。典型地,上面的假设对于在毫秒范围或更短时间内执行的任何测量都是有效的。

[0044] 应该理解的是,通过仅非限制性示例的方式给出了上面的反馈算法,并且任何合适的反馈机制可以被用于调整施加至衬底110的偏置电压。此外,尽管偏置电压发生器150可以包括用于实施前述反馈机制的控制电路,但应该理解的是,IC 100包括用于接收从第二晶体管160读取的介质电势并且向偏置电压发生器150提供适当的控制信号的单独的控制电路同样是可行的。例如,这样的控制电路可以形成IC100的例如可以进一步适于对来自一个或多个第一晶体管146a的第一信号进行处理的信号处理器的一部分。其他合适的布置对于本领域技术人员而言是直接显而易见的。

[0045] 在该点上,需要注意的是,IC 100可以包括例如可以被组织成进一步包括一个或多个第二晶体管146b的阵列的多个第一晶体管146a。在实施例中,第一晶体管146a中的至少一些包括不同的官能化层148,使得可以在IC 100的单个测量中检测不同的感兴趣的分析物。

[0046] 需要进一步注意的是,施加至FET 140的阵列的共享漏极144的驱动电流可以具有任何合适的形式,例如直流电流或交流电流。在交流电流的应用的情况下,纳米线的阻抗将具有复杂的形式,即包括实部和虚部。这进一步增加了感测FET 140的选择性,并且归因于阻抗在交流电流匹配颗粒的平移或转动模式的共振或本征频率时展现出较大变化的事实而进一步促进了特定大小的材料或颗粒的可检测性。

[0047] IC 100可以进一步包括用于处理由FET 140a产生的信号的信号处理器(未示出)。这样的信号处理器可以为了该目的仅通过非限制性示例的方式被耦合至个体的源极区142a、142b,如本领域技术人员将容易理解到可以在分析物和第二晶体管140a、140b与信号处理器之间施加任何合适的导电性耦合。

[0048] 信号处理器可以适于从在所述信号获取周期(即一个或多个第一晶体管140a和第二晶体管140b中的一个或多个由偏置电压发生器150所使能的周期)期间获取到的第一晶体管信号导出分析物测量。因为获取到的信号的译码本身是公知的,所以仅为了简洁起见将不以任何进一步的细节对此进行说明。

[0049] 在可选的实施例中,信号处理器可以从IC 100中省略,在该情况中,例如源极区142a、142b可以被导电性地耦合至外部可访问的接合焊盘以促进感测晶体管140a、140b的感测信号的片外评价。

[0050] 图3a和图3b示出了通过参考电极(顶部框格)和通过本发明的背侧栅极偏置控制手段(底部框格)产生的 10^{-1}M NaCl溶液(图3a)和 10^{-6}M NaCl溶液(图3b)的表面电动势。这清楚地显示出用本发明的背侧栅极偏置技术在感兴趣的介质(这里是不同的NaCl水溶液)中获得期望的电势是完全可行的。

[0051] 图4描绘了通过使硅纳米线FET 140a暴露而获得的测量结果,硅纳米线FET 140a在绝缘体上硅(SOI)衬底中形成并且通过用例如 Al_2O_3 膜、选择性地用APTES官能化的 SiO_2 膜等等来覆盖硅纳米线146而被官能化为pH传感器。传感器被暴露于各包括了溶解了的 Na^+ 和 Cl^- 离子的不同pH的数个含水样本。对于各pH测量,偏置电压发生器150可响应于第二晶体管140b以确保NaCl溶液的电势被维持处于期望的电势。在各情况中,可以从传感器响应精确地获得pH,由此清楚地显示出通过响应于介质(即各种NaCl溶液)的感测的电势来调整施加至衬底110的偏置电压,能够精确地确定各溶液的pH。

[0052] 制造IC 100的示例方法示意性地被描绘在图5中。在步骤(a)中,提供承载了电绝缘层120和半导体材料层130的衬底110。优选地,将该布置提供为其中通过埋设的氧化物层120将层110与130分开的绝缘体上硅衬底,但应该理解的是,也可以以任何合适的方式用任何合适材料来提供如步骤(a)中所示的层堆叠。该方法中也可以在任何合适的点处存在或形成导电的接触部102(未示出)以向衬底110提供背侧栅极接触部,使得衬底110可以被用作背侧栅极。

[0053] 在接下来的步骤(b)中,在硅层130上形成限定了杂质被注入其中的区域的经图案化的掩模510,此后将这样的杂质注入到硅层130内,如将杂质520(例如 N^- 型杂质)注入到其中待形成纳米线沟道区146的区域中,并且将杂质530(例如 N^{++} 型杂质)注入到源极区和漏极区142和144中。由于这样的掩模的形成和这样的注入步骤对于本领域技术人员而言是常规实践,所以仅为了简洁起见将不以任何进一步的细节对它们进行说明。

[0054] 随后,将掩模510从硅层130上去除,随后对硅层进行图案化以形成纳米线146和源极区与漏极区142和144,如步骤(c)所示。需要注意的是,与步骤(a)和步骤(b)中示出的截面相比,步骤(c)中示出的IC 100的截面被转动 90° ,使得所形成的源极区和漏极区142和144在步骤(c)的截面中未被示出。对硅层130的图案化可以以任何合适的方式实现。特别优选的是使用电子束光刻来形成纳米线146,可以与干法蚀刻组合地使用以形成源极区142和漏极区144。

[0055] 步骤(d)是可选步骤,然而对于确保纳米线146被暴露至其的介质充当浮置栅极而言它是优选的,浮置栅极在场效应晶体管140的包括了纳米线沟道区146的沟道区上。在步骤(d)中,纳米线146被设置有氧化物层540。在硅纳米线146的情况中,这优选地通过硅的部分氧化来得到,例如通过使硅纳米线146暴露在处于升高的温度、例如 300°C 或更高温度的氧化物丰富的环境中一段时间来得到。当纳米线146与介质发生接触时,该氧化物层540由此充当上部栅极氧化物。

[0056] 接下来,可以如步骤(e)所示利用官能化或粘合层148使选定的纳米线146官能化。可以以任何合适的方式形成一个或多个粘合层部分148,例如通过在所有纳米线146的之上沉积粘合层并且从未作用于与粘合层148具有亲和性的分析物的感测纳米线的那些纳米线146上将粘合层材料选择性地去除来形成,或者可选地通过仅在对与粘合层148具有亲和性的感兴趣的分析物敏感的那些纳米线146之上选择性地沉积粘合层148来形成。如对于本领域技术人员显而易见的那样,可用不同的粘合层750使不同的纳米线146官能化。因为很多这样的粘合层材料本身是公知的,所以足以说明可以使用任何合适的粘合材料。

[0057] 归因于纳米线140之间的间距是比单个纳米线140的截面或厚度大得多的因素,这样的选择性的沉积可以利用对于本领域技术人员而言可常规得到的技术来获得。图6示意

性地描绘了包括源极接触部642、漏极接触部644、与源极接触部642导电性接触的金属652 (为了简洁起见省略了接触漏极接触部的金属) 和纳米线146的单个FET140的俯视图。这清楚地显示出有充足的空间用于纳米线146之上的粘合层550的选择性的沉积。

[0058] IC 100可以被集成在任何合适的感测装置中。这样的感测装置典型地包括用于接收流动的样本的平稳样本的样本室, 在该情况中, 样本室可以包括可具有任何合适的尺寸的流动通道。IC 100被典型地放置成使得感测晶体管140a和140b被暴露在样本室中。这样的感测装置可以例如是在医疗应用中使用的基于微流体的感测装置或者基于化验的感测装置、在家庭、工业或汽车应用中使用的排气感测装置等等。感兴趣的分析物可以包括诸如O₂、CO、CO₂、NO_x等等的气体、诸如病毒和细菌等的微生物、重金属、农药、药物、葡萄糖、血细胞比容以及可在诸如唾液、尿液或血液等的体液中检测到的任何有关的身体物质。对于这样的感测装置而言的很多其他合适的应用领域和感兴趣的分析物将对于本领域技术人员是显而易见的。

[0059] 应该注意的是, 上述实施例是说明性的而不是限制本发明, 并且本领域技术人员将能够在不脱离所附权利要求的范围的情况下设计出很多可替代的实施例。在权利要求中, 置于圆括号之间的任何附图标记都不应该被解释为限制权利要求。词语“包括”不排除除了权利要求中列出的那些以外的元件或步骤的存在。元件前面的词语“一”或“一个”不排除多个这样的元件的存在。本发明可以借助于包括了数个完全不同的元件的硬件来实施。在列举了数个部件的器件权利要求中, 数个这些部件可以用硬件的一个或相同项目来体现。在相互不同的从属权利要求中记载了特定的措施这个事实并不表明不能利用这些措施的组合。

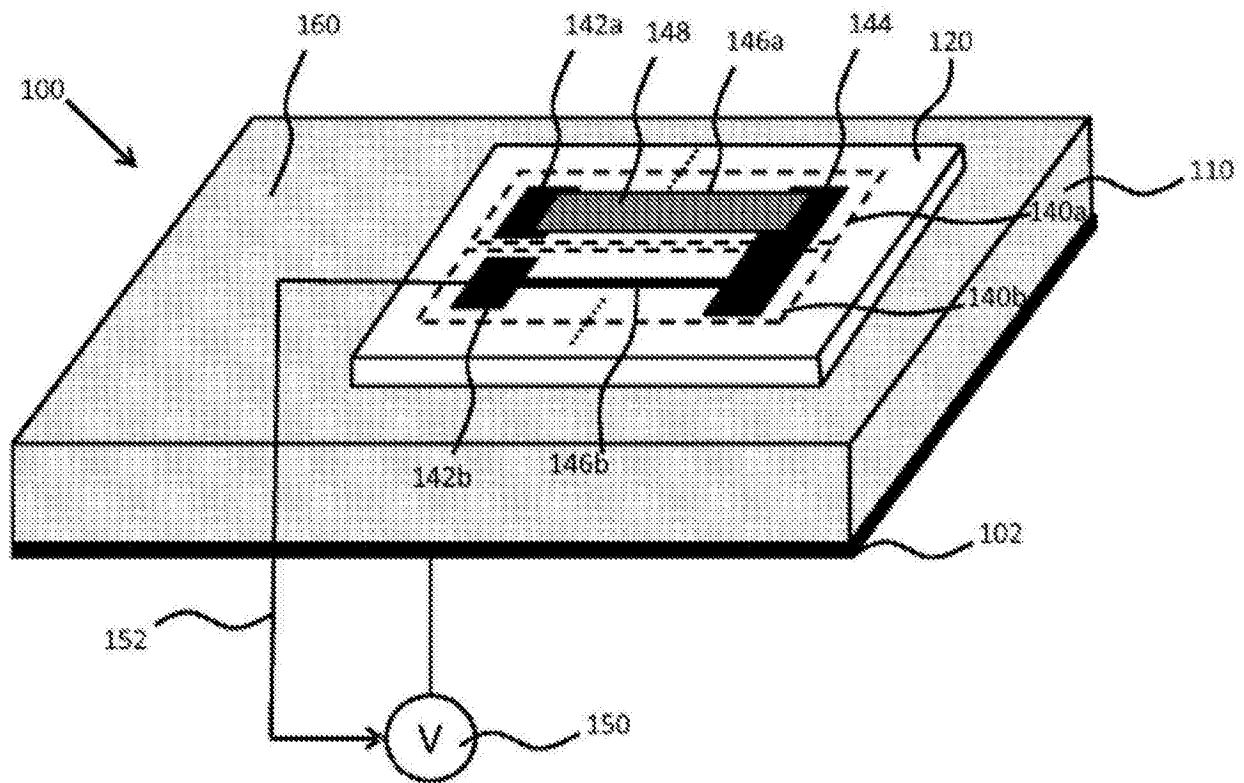


图1

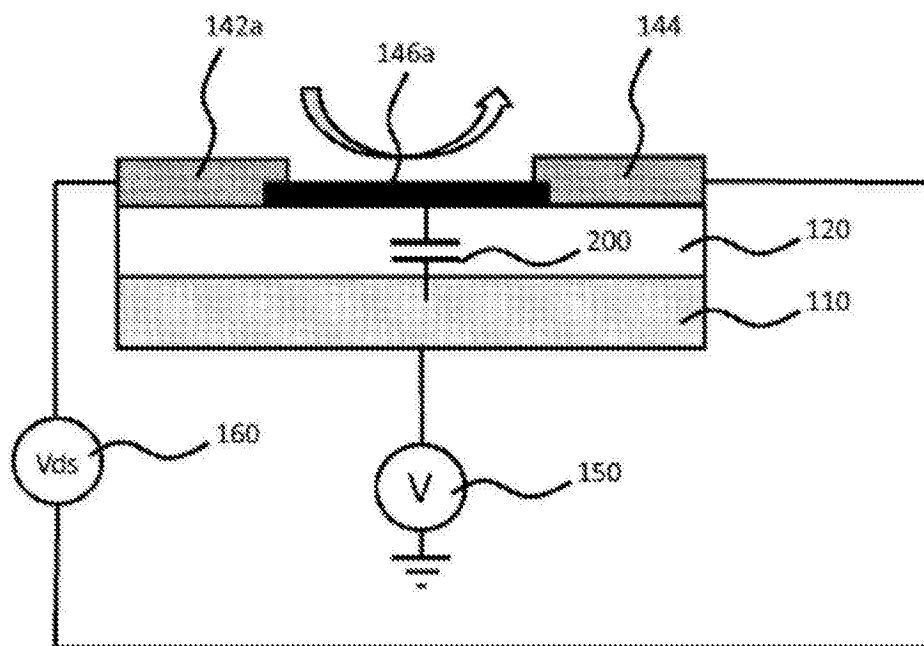


图2

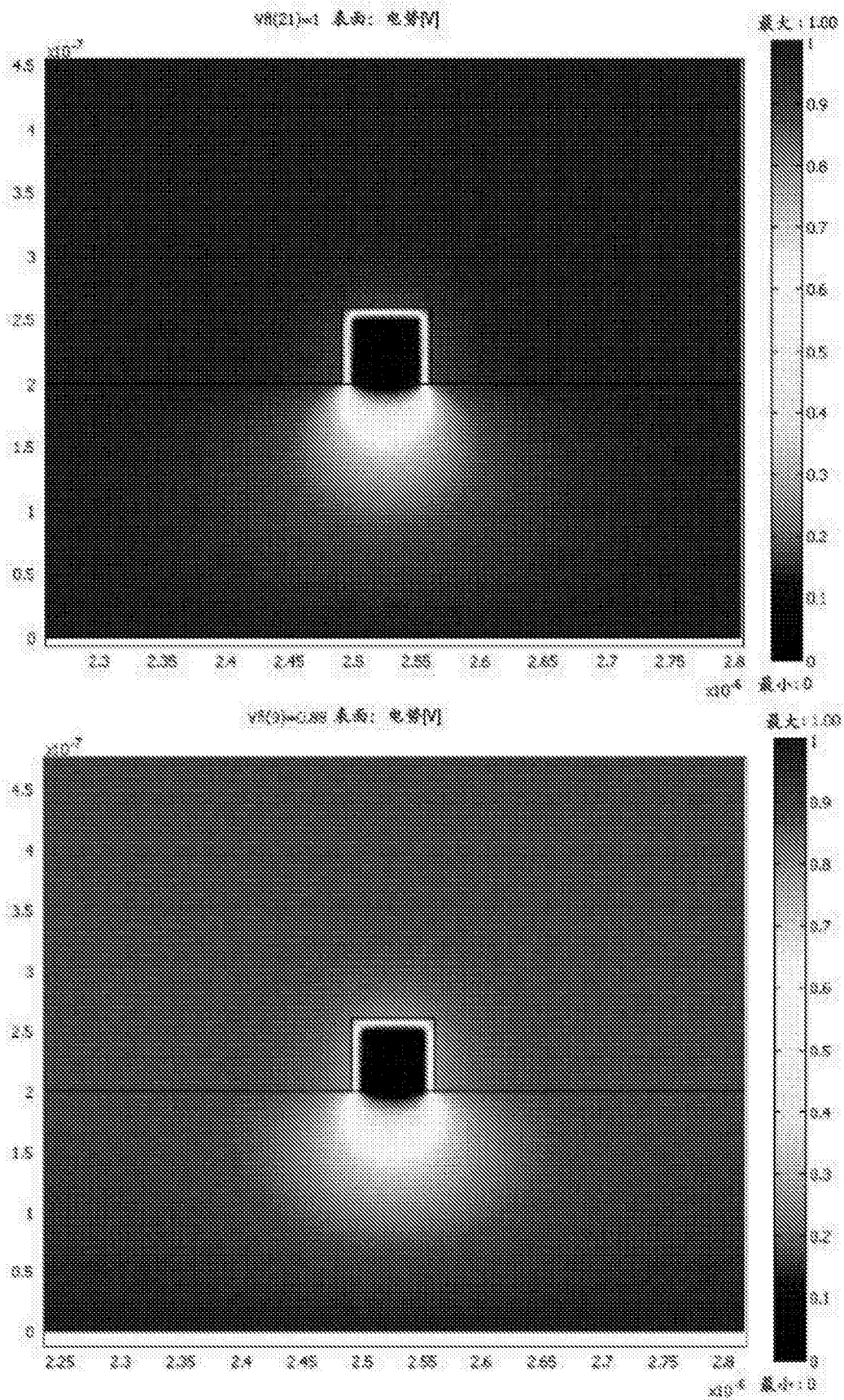


图3a

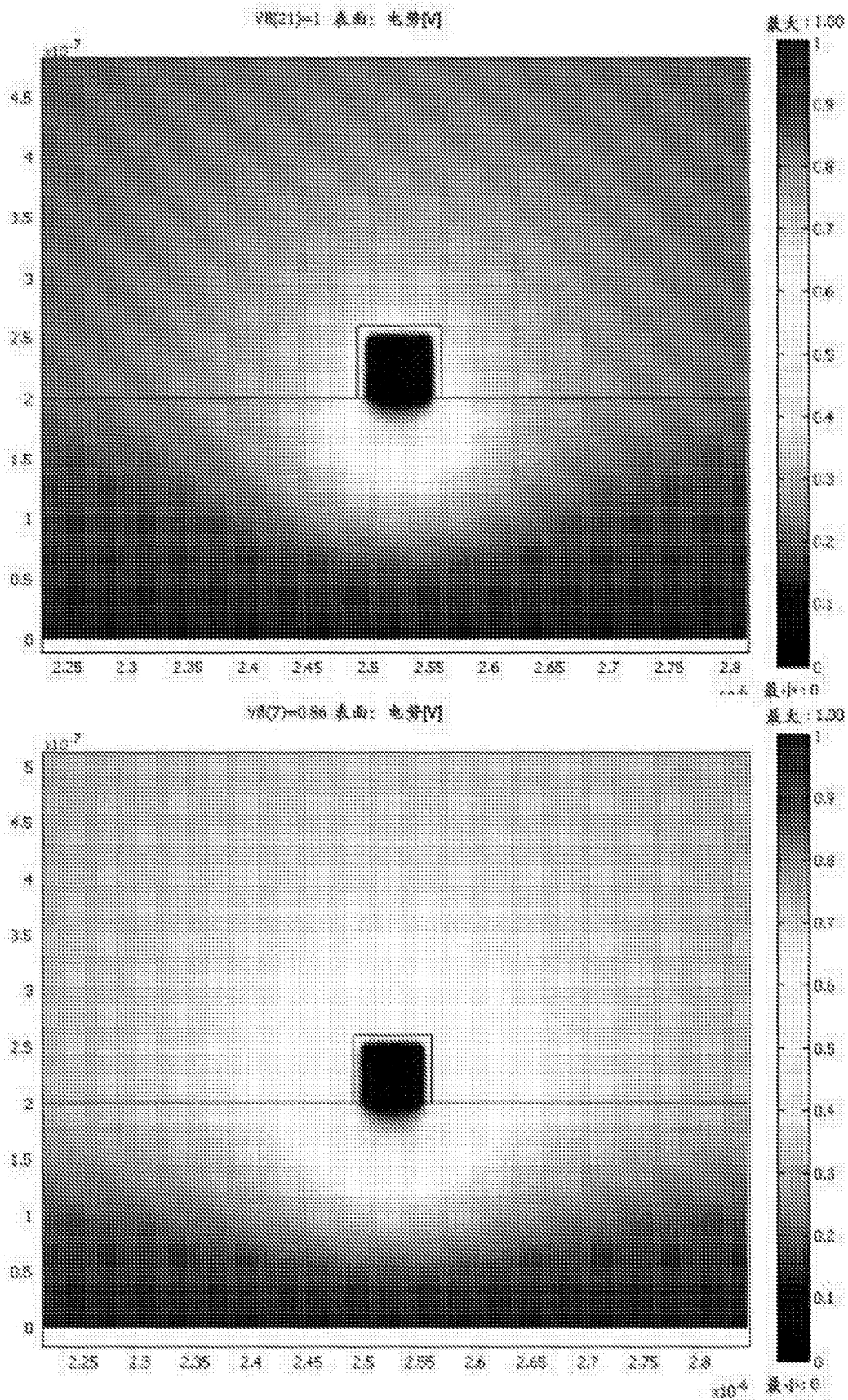


图3b

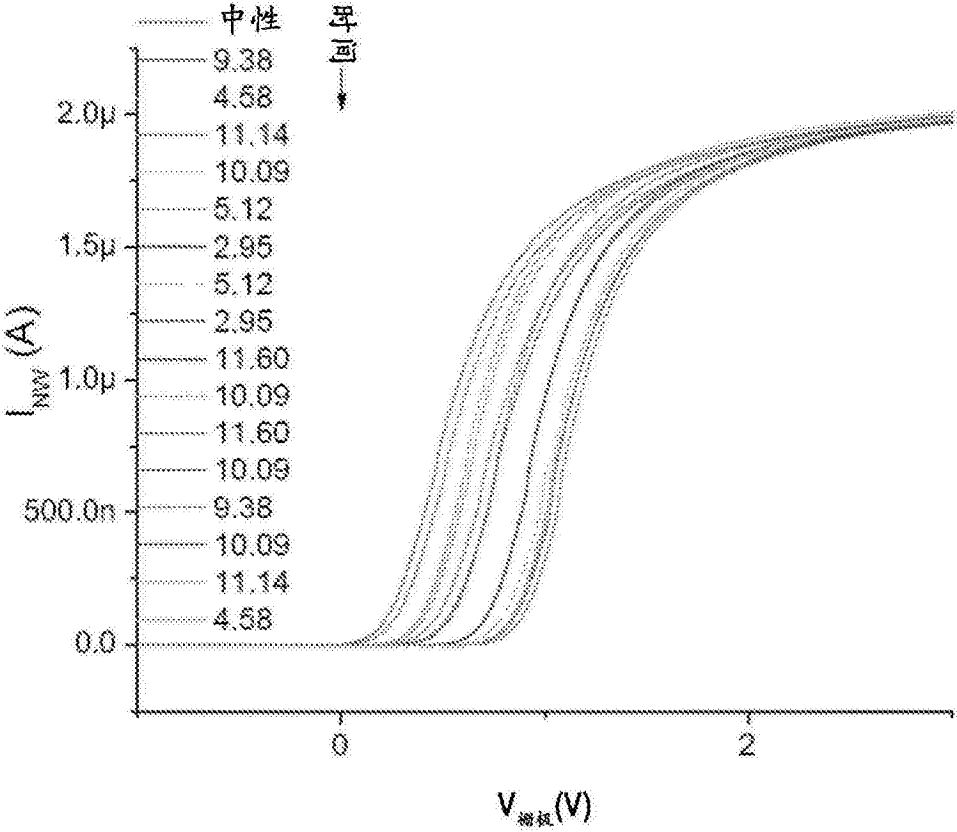


图4

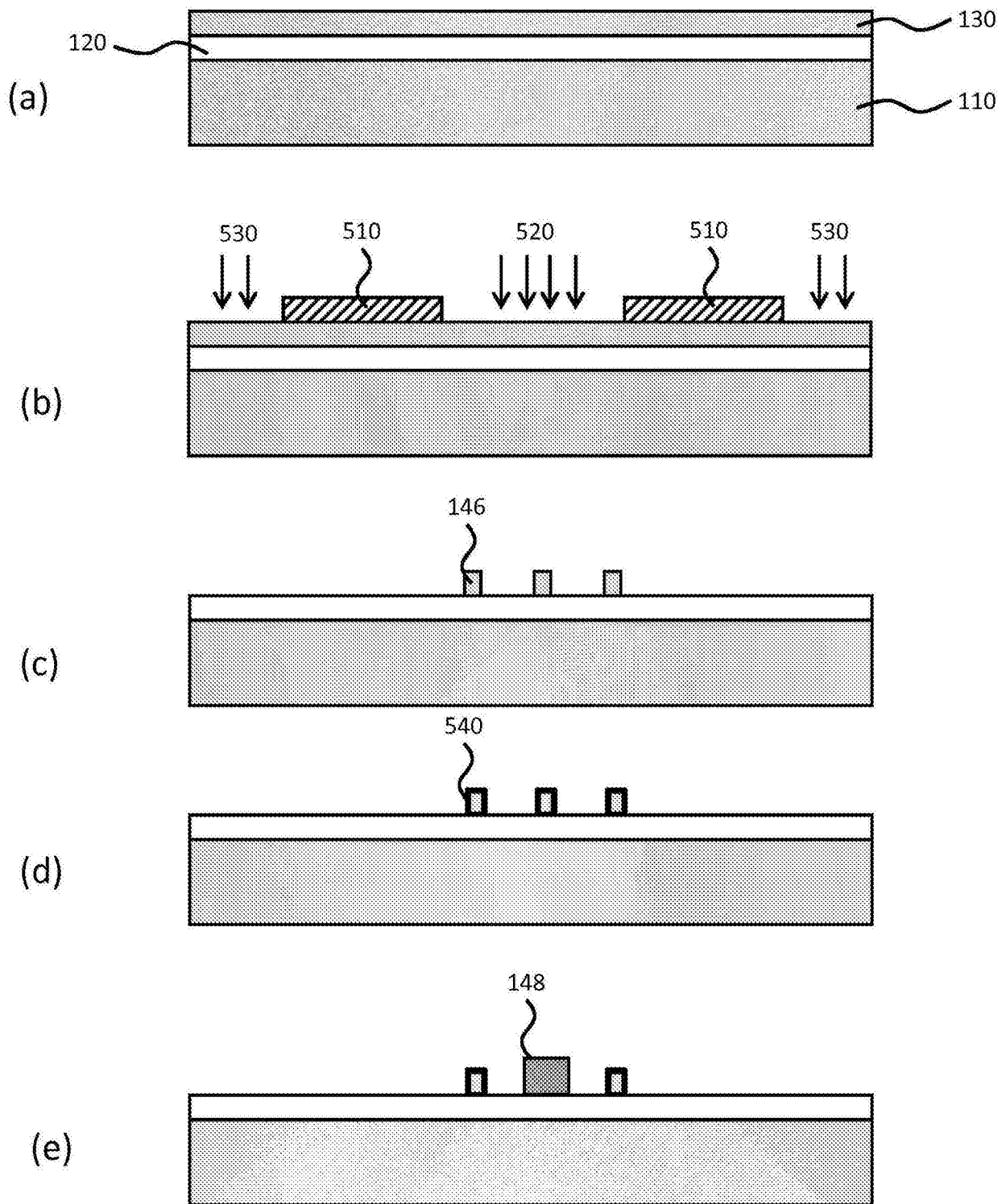


图5

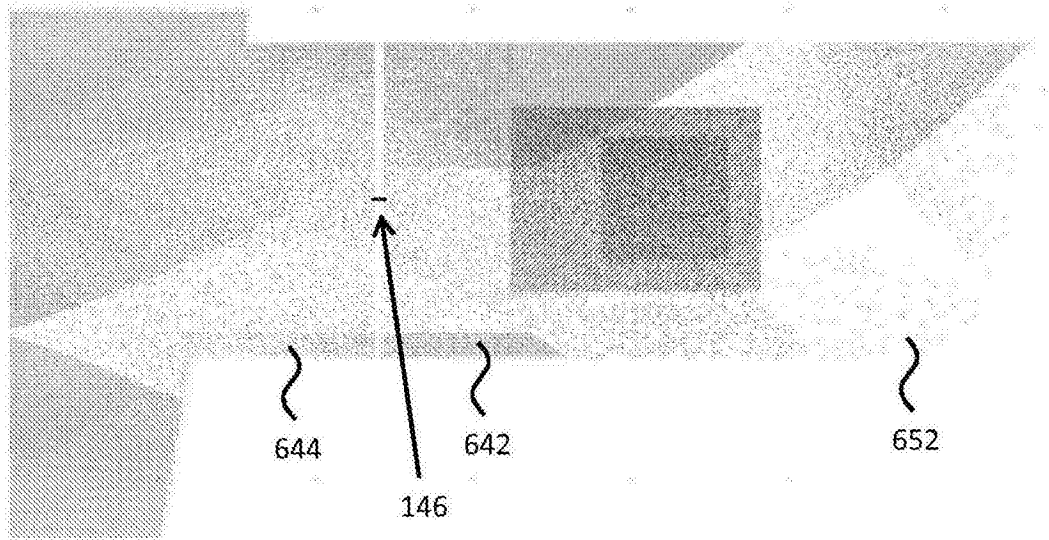


图6