



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103972155 A

(43) 申请公布日 2014. 08. 06

(21) 申请号 201310046733. 4

(22) 申请日 2013. 02. 05

(71) 申请人 中微半导体设备(上海)有限公司  
地址 201201 上海市浦东新区金桥出口加工区(南区)泰华路 188 号

(72) 发明人 许颂临

(74) 专利代理机构 上海智信专利代理有限公司  
31002

代理人 王洁

(51) Int. Cl.

H01L 21/768(2006. 01)

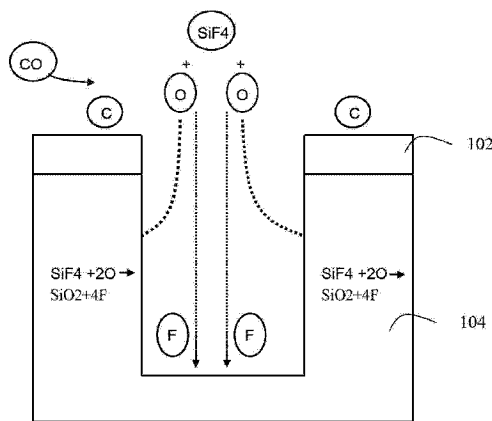
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

一种在硅基底刻蚀通孔的方法

(57) 摘要

本发明公开了一种在硅基底刻蚀通孔的方法,所述方法利用光刻胶作为掩膜替代了现有技术中的硬掩膜,避免了多个掩膜层间的图形转移可能会造成关键尺寸的变化,简化了刻蚀工艺,节省了成本,同时为了保证采用光刻胶作为掩膜与硅基底有足够的选择比,本发明采用 CO 和 / 或 CO<sub>2</sub> 代替易与光刻胶发生反应的氧气为沉积保护层的反应提供氧自由基。维持等离子体刻蚀室内的 O<sub>2</sub> 低于 5%,以提高了光刻胶掩膜层和硅基底的选择比,同时 CO 和 / 或 CO<sub>2</sub> 解离出的 C 自由基等粒子在光刻胶表面形成一层保护层,防止氧自由基与光刻胶发生反应。



1. 一种在硅基底刻蚀通孔的方法,所述硅基底表面涂覆有光刻胶掩膜层,所述的刻蚀方法在等离子体刻蚀室内进行,其特征在于:所述方法包括下列步骤:提供含氟的第一气体到等离子体刻蚀室内,所述第一气体用于对硅基底进行刻蚀;提供含硅的第二气体到等离子体刻蚀室内,所述的第二气体还包括碳氧化合物,所述第二气体中  $O_2$  含量小于 5%。

2. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于:所述的碳氧化合物为  $CO$ 、 $CO_2$  中的一种或两种的混合气体,所述  $CO$  或 / 和  $CO_2$  流量为  $50sccm-300sccm$ 。

3. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于:所述含氟的第一气体包括  $SF_6$  或  $NF_3$  中的一种或两种的混合气体,所述  $SF_6$  或 / 和  $NF_3$  的气体流量范围为  $100sccm-500sccm$ 。

4. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于:所述第二气体包括  $SiF_4$ 、 $SiCl_4$  中的一种或两种的混合气体,所述  $SiF_4$  和 / 或  $SiCl_4$  的气体流量范围为  $50sccm-300sccm$ 。

5. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于:所述第二气体中所述碳氧化合物气体的比例和所述含硅气体的比例为 4:1—1:1。

6. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于:所述第二气体包括  $NO$ 、 $NO_2$  中的一种或两种的混合气体。

7. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于:所述第一气体包括  $Cl_2$ 、 $HBr$  中的一种或两种的混合气体,所述  $Cl_2$  和 / 或  $HBr$  的气体流量范围为  $50sccm-200sccm$ 。

8. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于:所述的等离子体刻蚀室为电感耦合等离子体刻蚀室或电子回旋共振刻蚀室。

9. 根据权利要求 7 所述的方法,其特征在于:所述的等离子体刻蚀室内的高频功率源的功率范围为  $500w-1000w$ ,低频功率源的功率范围为  $50w-100w$ ,所述等离子体刻蚀室内的压力范围为  $20mT-100mT$ 。

10. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于:所述第一气体和第二气体同时注入等离子体刻蚀室内。

11. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于:所述第一气体和第二气体交替注入等离子体刻蚀室内。

## 一种在硅基底刻蚀通孔的方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及半导体基片处理技术领域,尤其涉及一种刻蚀硅基底基片的技术领域。

### 背景技术

[0002] 半导体制造技术领域,经常需要在硅衬底或者其它硅材料上构图刻蚀形成孔洞,现有技术中,通常都是采用干法的 RIE 刻蚀技术、通过含 F 元素的气体产生 F 等离子体(Plasma)来刻蚀硅材料,例如,在 MEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems,微机电系统)和 3D 封装技术等领域,通常需要进行体硅刻蚀形成深度达到几百微米的深硅通孔(Through-Silicon-Via, TSV),深硅通孔的刻蚀采用能产生氟离子的刻蚀气体和能提供侧壁保护的沉积气体配合进行。

[0003] 半导体基片刻蚀前首先要在基片表面涂覆光刻胶,利用光刻胶的准确曝光将所需的刻蚀图形转移到半导体基片的刻蚀基底上,光刻胶可以作为掩膜覆盖在刻蚀区以外的区域,保护刻蚀区以外的半导体基底不被刻蚀。在对以硅材料为基底的基片进行深孔刻蚀时,通常需要采用能产生氟离子的气体作为硅基底的刻蚀气体,由于化学反应不具有方向性,深孔刻蚀的过程中侧壁形貌很难保证光滑。为了满足深孔刻蚀的要求,通常需要在侧壁沉积保护层,以防止化学反应在通孔侧壁的各个方向进行。

[0004] 为了在硅深孔侧壁形成沉积保护层,现有技术中常采用硅的卤化物如  $\text{SiF}_4$  或  $\text{SiCl}_4$  等与  $\text{O}_2$  反应生成氧化硅沉积在硅深孔侧壁及底部,作为钝化层,由于离子对侧壁的轰击强度较弱,F 离子对硅深孔侧壁钝化层的刻蚀速率很慢,因此,在整个刻蚀过程中,横向刻蚀速率慢,具有良好的各向异性的特点。由于氧气极易与作为掩膜层的光刻胶发生反应,会降低光刻胶与目标刻蚀层的选择比,不能顺利的完成刻蚀工艺,为此,常在光刻胶与硅基底之间设置一层硬掩膜,如氧化硅层,先将待刻蚀图形转移到硬掩膜上,再将所述硬掩膜作为刻蚀硅基底的掩膜层。硬掩膜的制备需要较为复杂的步骤,首先在硅基底表面通过化学气相沉积等方法制备一定厚度的硬掩膜,再在硬掩膜上方制备光刻胶涂层;在光刻胶表面准确曝光得到所要刻蚀的图形后,需要将所述图形先转移到所述硬掩膜上并对光刻胶进行移除,然后以所述硬掩膜作为掩膜对硅基底进行刻蚀,刻蚀完成后还需要将所述硬掩膜移除。上述工艺复杂且费用高昂,不利于成本控制,而且多个掩膜层间的图形转移可能会造成关键尺寸的变化,影响基片刻蚀的准确性。

### 发明内容

[0005] 为了解决上述问题,本发明提供了一种在硅基底刻蚀通孔的方法,所述硅基底表面涂覆有光刻胶掩膜层,所述的刻蚀方法在等离子体刻蚀室内进行,所述方法包括下列步骤:提供含氟的第一气体到等离子体刻蚀室内,所述第一气体用于对硅基底进行刻蚀;提供含硅的第二气体到等离子体刻蚀室内,所述的第二气体还包括碳氧化合物,所述第二气体中  $\text{O}_2$  含量小于 5%。

[0006] 进一步的,所述的碳氧化合物为 CO、CO<sub>2</sub> 中的一种或两种的混合气体,所述 CO 或 / 和 CO<sub>2</sub> 流量为 50sccm-300sccm。

[0007] 进一步的,所述含氟的第一气体包括 SF<sub>6</sub> 或 NF<sub>3</sub> 中的一种或两种的混合气体,所述 SF<sub>6</sub> 或 / 和 NF<sub>3</sub> 的气体流量范围为 100sccm-500sccm。

[0008] 进一步的,所述第二气体包括 SiF<sub>4</sub>、SiCl<sub>4</sub> 中的一种或两种的混合气体,所述 SiF<sub>4</sub> 和 / 或 SiCl<sub>4</sub> 的气体流量范围为 50sccm-300sccm。

[0009] 进一步的,所述第二气体中所述碳氧化合物气体的比例和所述含硅气体的比例为 4:1-1:1。

[0010] 进一步的,所述第二气体包括 NO、NO<sub>2</sub> 中的一种或两种的混合气体。

[0011] 进一步的,所述第一气体还包括 Cl<sub>2</sub>、HBr 中的一种或两种的混合气体,所述 Cl<sub>2</sub> 和 / 或 HBr 的气体流量范围为 50sccm-200sccm。

[0012] 进一步的,所述的等离子体刻蚀室为电感耦合等离子体刻蚀室或电子回旋共振刻蚀室。

[0013] 进一步的,所述的等离子体刻蚀室内的高频功率源的功率范围为 500w-1000w,低频功率源的功率范围为 50w-100w,所述等离子体刻蚀室内的压力范围为 20mT-100mT。

[0014] 进一步的,所述第一气体和第二气体同时注入等离子体刻蚀室内。

[0015] 进一步的,所述第一气体和第二气体交替注入等离子体刻蚀室内。

[0016] 本发明的优点在于:本发明利用光刻胶作为掩膜替代了现有技术中的硬掩膜,避免了多个掩膜层间的图形转移可能会造成关键尺寸的变化,简化了刻蚀工艺,节省了成本,同时为了保证采用光刻胶作为掩膜与硅基底有足够大的选择比,本发明采用 CO 和 / 或 CO<sub>2</sub> 代替易与光刻胶发生反应的 O<sub>2</sub> 为沉积保护层的反应提供氧自由基。维持等离子体刻蚀室内的 O<sub>2</sub> 低于 5%,以提高了光刻胶掩膜层和硅基底的选择比,同时 CO 和 / 或 CO<sub>2</sub> 解离出的 C 自由基等粒子在光刻胶表面形成一层保护层,防止氧自由基与光刻胶发生反应。

## 附图说明

[0017] 图 1 示出本发明所述 ICP 反应室结构示意图;

[0018] 图 2 示出一种硅基底基片的结构示意图。

## 具体实施方式

[0019] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0020] 本发明提供一种在硅基底刻蚀通孔的方法,本发明所述的方法在等离子体刻蚀腔室内进行,特别的,由于该刻蚀反应需要的速率较快,需要在高浓度的等离子体刻蚀室内进行,如电感耦合等离子体反应室(ICP)或者电子回旋共振反应室(ECR)中进行。图 1 示出本发明实施例所述的一种电感耦合等离子体反应室的结构示意图。ICP 反应腔 100 包括基本呈圆筒状的金属侧壁 105 和绝缘顶板 107,构成可被抽真空器 125 抽真空的气密空间。基座 110 支撑夹盘 115,所述夹盘 115 支撑待处理的基片 120。来自射频功率源 145 的射频功率被施

加到呈线圈状的天线 140。来自气源 150 的处理气体被供应到反应腔内,以点燃并维持等离子,并由此对基片 120 进行加工。在标准电感耦合反应腔中,反应气体通过在反应腔周围的注入器/喷头 130 和中间的喷头 135 之一或者两者一同注入来供应到真空容器内。反应气体进入等离子反应腔后在射频功率源 145 的作用下进行解离,并在解离区 155 处解离生成反应所需的离子和自由基

[0021] 图 2 示出一种硅基底基片的结构示意图,硅基底 104 上方制备一层光刻胶掩膜层 102,光刻胶掩膜层 102 通过准确曝光得到所要刻蚀的图形。刻蚀过程中,提供含氟的第一气体到等离子体刻蚀室 100 内,所述第一气体主要包括  $\text{SF}_6$  或  $\text{NF}_3$  中的一种或两种的混合气体,用于对硅基底进行刻蚀,本实施例选用的刻蚀气体为  $\text{SF}_6$ ;提供含硅的第二气体到等离子体刻蚀室内,所述含硅的气体包括  $\text{SiF}_4$ 、 $\text{SiCl}_4$  中的一种或两种的混合气体,本实施例选用  $\text{SiF}_4$ 。所述的第二气体还包括碳氧化合物,所述的碳氧化合物为  $\text{CO}$ 、 $\text{CO}_2$  中的一种或两种的混合气体。特别的,所述的第二气体中  $\text{O}_2$  含量低于 5%。

[0022] 本实施例所述的刻蚀气体  $\text{SF}_6$  气体在等离子体刻蚀室 100 内解离生成包括但不限于下述粒子:  $\text{F}$  自由基,  $\text{F}^+$  离子,  $\text{SF}_x^+$  及其他粒子。 $\text{F}$  自由基能够与硅基底 104 进行化学反应,生成气体的  $\text{SiF}_4$ ,  $\text{F}^+$  离子能够在电场的作用下对硅基底 104 进行轰击,从而按照光刻胶掩膜层 102 的图形对硅基底 104 进行刻蚀。为了在等离子刻蚀硅的过程中有良好的各项异性特性,所述第二气体中的气体能在硅通孔侧壁产生保护作用的钝化层,本实施例选用的第二气体包括含硅的气体和碳氧化合物气体。所述含硅的气体可以为  $\text{SiF}_4$ 、 $\text{SiCl}_4$  中的一种或两种的混合。在等离子体反应室 100 内能够解离生成  $\text{SiF}_x^+$ 、 $\text{F}^+$  离子、 $\text{F}$  自由基等粒子;所述碳氧化合物气体包括  $\text{CO}$  和  $\text{CO}_2$  中的一种或两种的混合,其能够解离生成  $\text{C}^+$  离子、 $\text{C}$  自由基、 $\text{O}^+$  离子、 $\text{O}$  自由基等粒子,  $\text{O}$  自由基与  $\text{SiF}_x^+$  反应生成  $\text{SiO}_2$  和  $\text{F}$  自由基、 $\text{F}^+$  离子,  $\text{SiO}_2$  沉积在硅通孔的侧壁表面作为钝化层保护侧壁不被  $\text{F}$  自由基侵蚀,同时产生的  $\text{F}^+$  离子和  $\text{SF}_6$  解离产生的  $\text{F}^+$  离子在大功率条件下垂直轰击底部的钝化层和硅基底,从而实现硅深孔底部的快速刻蚀,而在孔洞的侧壁,  $\text{F}^+$  离子对侧壁的轰击强度较弱,  $\text{F}$  等离子对硅深孔侧壁钝化层的刻蚀速率很慢,因此,在整个刻蚀过程中,横向刻蚀速率慢,具有良好的各向异性的特点。

[0023] 由于氧气极易与光刻胶掩膜层 102 发生化学反应,而本发明又需要利用氧自由基与硅的卤化物发生反应生成保护硅通孔侧壁的保护层,故本发明用  $\text{CO}$  和  $\text{CO}_2$  中的氧代替  $\text{O}_2$  中的氧。 $\text{CO}$  或  $\text{CO}_2$  在 ICP 或 ECR 中解离生成  $\text{C}$  自由基和  $\text{O}$  自由基,  $\text{C}$  自由基在光刻胶掩膜层 102 表面聚集生成一层保护膜,保护光刻胶掩膜层 102 不与  $\text{O}$  自由基发生反应,从而提高光刻胶掩膜层 102 和硅基底 104 的选择比。

[0024] 硅基底刻蚀技术中,在利用  $\text{SiF}_4$  或  $\text{SiCl}_4$  与氧气中解离出的氧自由基反应生成硅深孔侧壁保护层的反应中,由于氧气易于光刻胶掩膜层反应,通常采用氧化硅或者氮化硅支撑的硬掩膜作为刻蚀硅基底的掩膜层。硬掩膜的制备需要较为复杂的步骤,首先在硅基底表面通过化学气相沉积等方法制备一定厚度的硬掩膜,再在硬掩膜上方制备光刻胶涂层;在光刻胶表面准确曝光得到所要刻蚀的图形后,需要将所述图形先转移到所述硬掩膜上并移除所述光刻胶层,然后以所述硬掩膜作为掩膜对硅基底进行刻蚀,刻蚀完成后还需要将所述硬掩膜移除。上述工艺复杂且费用高昂,不利于成本控制,而且多个掩膜层间的图形转移可能会造成关键尺寸的变化,影响基片刻蚀的准确性。本发明采用光刻胶作为掩膜层,替换了现有的硬掩膜,简化了基片的刻蚀工艺,节约了成本,同时为了保证采用光刻胶

作为掩膜与硅基底有足够大的选择比,本发明采用 CO 和 / 或 CO<sub>2</sub> 代替易与光刻胶发生反应的 O<sub>2</sub> 为沉积保护层的反应提供氧自由基。提高了光刻胶掩膜层和硅基底的选择比。通过采用本发明所述的方法,硅基层 104 和光刻胶掩膜层 102 的选择比大于 20。

[0025] 在本实施例中参与反应的刻蚀气体主要为 SF<sub>6</sub>,其流量可以为 100sccm-500sccm,还可以有一定量的 Cl<sub>2</sub> 或 HBr,流量可以为 50sccm-200sccm;生成保护层的第二气体包括 SiF<sub>4</sub> 或 SiCl<sub>4</sub> 中的一种或两种的混合物,流量可以为 50sccm-300sccm;生成保护层的气体还包括 CO 或 CO<sub>2</sub> 中的一种或两种的混合物,流量可以为 50sccm-300sccm。所述生成保护层的第二气体中所述碳氧化物气体的比例和所述含硅气体的比例为 4:1-1:1,为了提高硅基层 104 和光刻胶掩膜层 102 的选择比,反应腔内 O<sub>2</sub> 的含量应小于 5%。

[0026] 该实施方式中,以反应离子刻蚀形成 TSV 为例,TSV 深度达到 50-200 μm,通过定态深硅刻蚀工艺(Steady-state deep silicon etch process)的方法完成,该发明的反应离子刻蚀方法集中在刻蚀的气体流量的控制,因此,反应离子刻蚀方法的其它参数设置,例如,射频(RF)功率、气压、真空度等等不受本发明限制。在该实施方式中,刻蚀过程中,气压的范围为 20 毫托(mTorr)到 100 毫托(mTorr),射频功率范围为 500W-1000W,射频频率为 60MHz,偏置功率源的功率范围为 50W-100W。

[0027] 本发明所述的含氟的刻蚀气体和生成侧壁保护层的第二气体可以同时注入 ICP 反应腔内,刻蚀反应和保护层沉积反应同时进行;也可以通过一气体流量控制装置(图中未示出)控制两组气体分别交替进入,刻蚀反应和保护层沉积反应交替进行。

[0028] 尽管本发明的内容已经通过上述优选实施例作了详细介绍,但应当认识到上述的描述不应被认为是对本发明的限制。在本领域技术人员阅读了上述内容后,对于本发明的多种修改和替代都将是显而易见的。因此,本发明的保护范围应由所附的权利要求来限定。

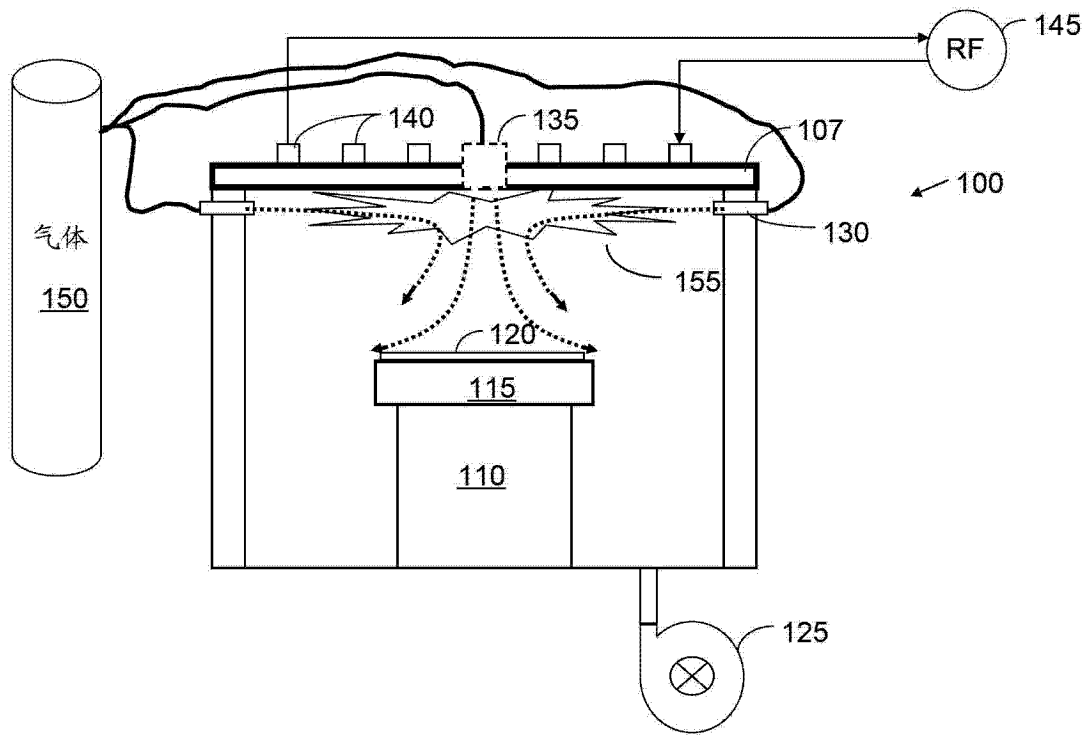


图 1

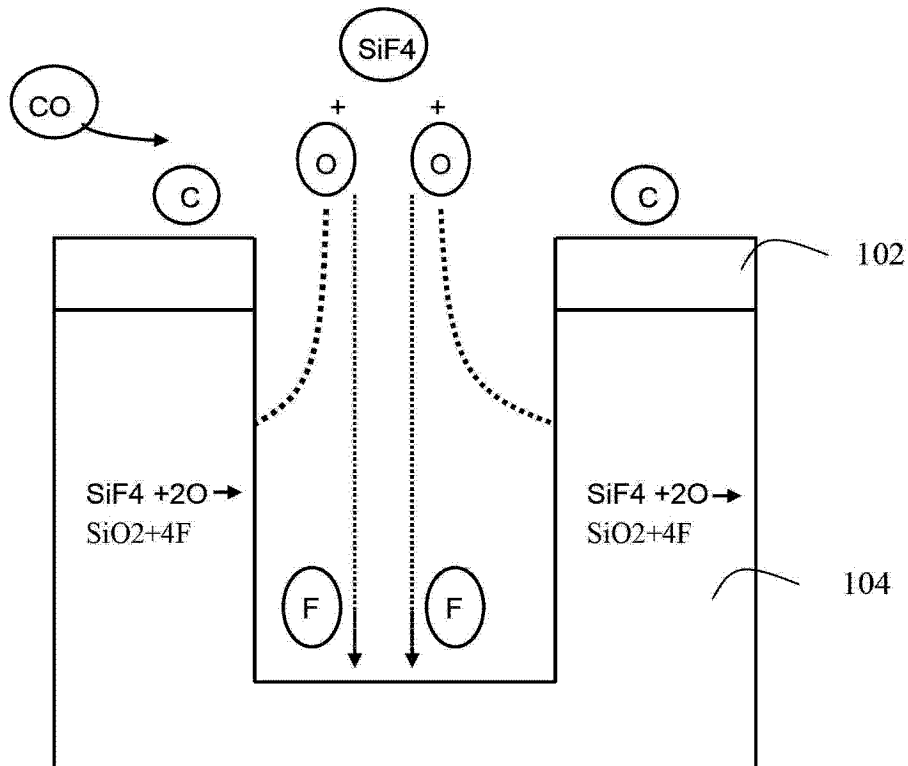


图 2