



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104733515 B

(45)授权公告日 2018.05.08

(21)申请号 201510170872.7

(22)申请日 2010.02.10

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104733515 A

(43)申请公布日 2015.06.24

(30) 优先权数据

2009-037912 2009.02.20 JP

(62)分案原申请数据

201010116532.3 2010.02.10

(73)专利权人 株式会社半导体能源研究所

地址 日本神奈川

(72)发明人 今藤敏和 岸田英幸

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所 11038

代理人 刘佃

(51) Int.Cl.

H01L 29/45(2006.01)

H01L 29/786(2006.01)

H01L 21/336(2006.01)

H01L 21/28(2006.01)

(56)对比文件

US 2008/0038882 A1, 2008.02.14,

US 2008/0291350 A1, 2008.11.27,

CN 1656618 A, 2005.08.17,

审查员 郑钰

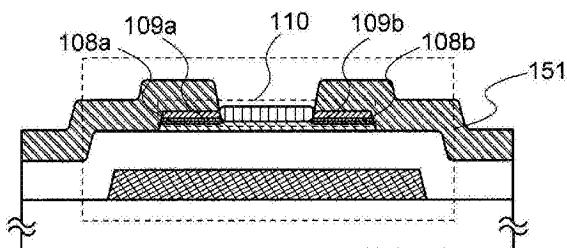
权利要求书2页 说明书15页 附图17页

(54)发明名称

薄膜晶体管及其制造方法,以及半导体装置

(57)摘要

本发明的目的之一在于防止薄膜晶体管的截止电流的增加或阈值电压的负向漂移。在薄膜晶体管中,在源电极层及漏电极层与氧化物半导体层之间设置有缓冲层。缓冲层在氧化物半导体层的中央部上具有作为绝缘体或半导体的金属氧化物层。金属氧化物层用作抑制杂质侵入到氧化物半导体层的保护层。因此,可以防止薄膜晶体管的截止电流的增加或阈值电压的负向偏移。



1. 一种晶体管,包括:

栅电极层;

设置在所述栅电极层上的栅极绝缘层;

设置在所述栅极绝缘层上的氧化物半导体层;

设置在所述氧化物半导体层上的一对导电层;

设置在所述氧化物半导体层上且在所述一对导电层之间的金属氧化物层,其中所述金属氧化物层包含与所述一对导电层相同的金属元素,并且其氧浓度高于所述一对导电层的氧浓度;

设置在所述一对导电层中的一方上的源电极层;以及

设置在所述一对导电层中的另一方上的漏电极层,

其中所述一对导电层选自钛、铜、铝或包含钛、铜和铝中的至少一种的合金,

其中所述氧化物半导体层包括第一区域以及比所述第一区域更靠近所述导电层的第二区域,

其中所述导电层包括第三区域以及比所述第三区域更靠近所述氧化物半导体层的第四区域,

其中所述第二区域具有比所述第一区域低的氧浓度,并且

其中所述第四区域具有比所述第三区域高的氧浓度。

2. 根据权利要求1所述的晶体管,其在所述氧化物半导体层和所述一对导电层的每一个之间还包括:

设置在所述氧化物半导体层上的一对氧浓度降低的氧化物半导体层;以及

设置在所述一对氧浓度降低的氧化物半导体层上的一对以高浓度含有氧的导电层。

3. 一种晶体管,包括:

栅电极层;

设置在所述栅电极层上的栅极绝缘层;

设置在所述栅极绝缘层上的氧化物半导体层;

设置在所述氧化物半导体层上的一对导电层;

设置在所述氧化物半导体层上且在所述一对导电层之间的金属氧化物层;

设置在所述一对导电层中的一方上的源电极层;以及

设置在所述一对导电层中的另一方上的漏电极层,

其中所述氧化物半导体层包括第一区域以及比所述第一区域更靠近所述导电层的第二区域,

其中所述导电层包括第三区域以及比所述第三区域更靠近所述氧化物半导体层的第四区域,

其中所述第二区域具有比所述第一区域低的氧浓度,并且

其中所述第四区域具有比所述第三区域高的氧浓度。

4. 一种晶体管,包括:

栅电极层;

设置在所述栅电极层上的栅极绝缘层;

设置在所述栅极绝缘层上的氧化物半导体层;

设置在所述氧化物半导体层上的一对导电层；

设置在所述氧化物半导体层上且在所述一对导电层之间的金属氧化物层，其中所述金属氧化物层包含与所述一对导电层相同的金属元素；

设置在所述一对导电层中的一方上的源电极层；以及

设置在所述一对导电层中的另一方上的漏电极层，

其中所述氧化物半导体层包括第一区域以及比所述第一区域更靠近所述导电层的第二区域，

其中所述导电层包括第三区域以及比所述第三区域更靠近所述氧化物半导体层的第四区域，

其中所述第二区域具有比所述第一区域低的氧浓度，并且

其中所述第四区域具有比所述第三区域高的氧浓度。

5. 一种晶体管，包括：

栅电极层；

设置在所述栅电极层上的栅极绝缘层；

设置在所述栅极绝缘层上的氧化物半导体层；

设置在所述氧化物半导体层上的一对导电层；

设置在所述氧化物半导体层上且在所述一对导电层之间的金属氧化物层，其中所述金属氧化物层具有比所述一对导电层高的氧浓度；

设置在所述一对导电层中的一方上的源电极层；以及

设置在所述一对导电层中的另一方上的漏电极层，

其中所述一对导电层选自钛、铜、铝或包含钛、铜和铝中的至少一种的合金，

其中所述氧化物半导体层包括第一区域以及比所述第一区域更靠近所述导电层的第二区域，

其中所述导电层包括第三区域以及比所述第三区域更靠近所述氧化物半导体层的第四区域，

其中所述第二区域具有比所述第一区域低的氧浓度，并且

其中所述第四区域具有比所述第三区域高的氧浓度。

6. 根据权利要求1、3、4或5所述的晶体管，其中，所述金属氧化物层是绝缘体。

7. 根据权利要求1、3、4或5所述的晶体管，其中，所述金属氧化物层是半导体。

8. 根据权利要求3或4所述的晶体管，其中，所述一对导电层选自钛、铜、锌、铝或包含钛、铜、锌和铝中的至少一种的合金。

9. 根据权利要求1、3、4或5所述的晶体管，其还包括设置在所述源电极层及所述漏电极层上的层间绝缘层。

10. 根据权利要求3、4或5所述的晶体管，其中，所述一对导电层的端表面与所述氧化物半导体层的端表面对准。

11. 根据权利要求3、4或5所述的晶体管，其中所述金属氧化物层比所述一对导电层厚。

薄膜晶体管及其制造方法,以及半导体装置

[0001] 本申请是2010年2月10日提交的、申请号为“201010116532.3”发明名称为“薄膜晶体管及其制造方法,以及半导体装置”的申请之分案申请。

技术领域

[0002] 本发明涉及使用氧化物半导体层形成的薄膜晶体管及其制造方法。另外,本发明还涉及使用该薄膜晶体管制造的半导体装置。

[0003] 注意,在本说明书中,半导体装置指的是能够通过利用半导体特性工作的所有装置,因此,电光装置、半导体电路以及电子设备都是半导体装置。

背景技术

[0004] 金属氧化物的种类繁多且用途广泛。氧化铟为较普遍的材料,其被用作液晶显示器等所需要的透明电极材料。

[0005] 在金属氧化物中存在呈现半导体特性的金属氧化物。作为呈现半导体特性的金属氧化物,例如有氧化钨、氧化锡、氧化铟、氧化锌等,并且将这些呈现半导体特性的金属氧化物用作沟道形成区的薄膜晶体管已经是众所周知的(专利文献1至4、非专利文献1)。

[0006] 另外,已知金属氧化物不仅有一元氧化物还有多元氧化物。例如,作为包含In、Ga及Zn的多元氧化物,同系物(homologous series)的 $\text{InGaO}_3(\text{ZnO})_m$ (m :自然数)是周知的(非专利文献2至4)。

[0007] 并且,已经确认到可以将上述那样的由In-Ga-Zn类氧化物构成的氧化物半导体用于薄膜晶体管的沟道层(专利文献5、非专利文献5以及6)。

[0008] [专利文件1]日本专利申请公开昭60-198861号公报

[0009] [专利文件2]日本专利申请公开平8-264794号公报

[0010] [专利文件3]日本PCT国际申请翻译平11-505377号公报

[0011] [专利文件4]日本专利申请公开2000-150900号公报

[0012] [专利文件5]日本专利申请公开2004-103957号公报

[0013] [非专利文献1]M.W.Prins,K.O.Grosse-Holz,G.Muller,J.F.M.Cillesen,J.B.Giesbers,R.P.Weening,and R.M.Wolf,"A ferroelectric transparent thin-film transistor"(透明铁电薄膜晶体管),Appl.Phys.Lett.,17 June 1996,Vol.68p.3650-3652

[0014] [非专利文献2]M.Nakamura,N.Kimizuka,and T.Mohri,"The Phase Relations in the In_2O_3 - Ga_2ZnO_4 -ZnO System at 1350°C"(In_2O_3 - Ga_2ZnO_4 -ZnO类在1350°C时的相位关系),J.Solid State Chem.,1991,Vol.93,p.298-315

[0015] [非专利文献3]N.Kimizuka,M.Isobe,and M.Nakamura,"Syntheses and Single-Crystal Data of Homologous Compounds, $\text{In}_2\text{O}_3(\text{ZnO})_m$ ($m=3,4$, and 5), $\text{InGaO}_3(\text{ZnO})_3$, and $\text{Ga}_2\text{O}_3(\text{ZnO})_m$ ($m=7,8,9$, and 16) in the In_2O_3 - ZnGa_2O_4 -ZnO System"(同系物的合成和单晶数据, In_2O_3 - ZnGa_2O_4 -ZnO类的 $\text{In}_2\text{O}_3(\text{ZnO})_m$ ($m=3,4$, and 5), $\text{InGaO}_3(\text{ZnO})_3$, and $\text{Ga}_2\text{O}_3(\text{ZnO})_m$ ($m=7,8,9$, and 16)),J.Solid State Chem.,1995,Vol.116,p.170-178

[0016] [非专利文献4]中村真佐樹、君塚昇、毛利尚彦、磯部光正,“ホモロガス相、 $\text{InFeO}_3(\text{ZnO})_m$ (m : 自然数) とその同型化合物の合成および結晶構造”(同系物、钢铁锌氧化物($\text{InFeO}_3(\text{ZnO})_m$) (m 为自然数) 及其同型化合物的合成以及结晶结构), 固体物理 (SOLID STATE PHYSICS), 1993, Vol.28, No.5, p.317-327

[0017] [非专利文献5]K.Nomura, H.Ohta, K.Ueda, T.Kamiya, M.Hirano, and H.Hosono, “Thin-film transistor fabricated in single-crystalline transparent oxide semiconductor”(由单晶透明氧化物半导体制造的薄膜晶体管), SCIENCE, 2003, Vol.300, p.1269-1272

[0018] [非专利文献6]K.Nomura, H.Ohta, A.Takagi, T.Kamiya, M.Hirano, and H.Hosono, “Room-temperature fabrication of transparent flexible thin-film transistors using amorphous oxide semiconductors”(室温下的使用非晶氧化物半导体的透明柔性薄膜晶体管的制造), NATURE, 2004, Vol.432p.488-492

发明内容

[0019] 本发明的一个方式的目的之一在于防止薄膜晶体管的截止电流的增加或阈值电压的负向漂移。

[0020] 另外, 本发明的一个方式的目的之一在于使薄膜晶体管的源电极层及漏电极层与氧化物半导体层的接合成为欧姆接合。

[0021] 另外, 本发明的一个方式的目的之一在于高效地制造一种高功能的薄膜晶体管, 其防止薄膜晶体管的截止电流的增加或阈值电压的负向漂移。

[0022] 另外, 本发明的一个方式的目的之一在于高效地制造一种高功能的薄膜晶体管, 其防止薄膜晶体管的截止电流的增加或阈值电压的负向漂移, 并且, 薄膜晶体管的源电极层及漏电极层与氧化物半导体层的接合是欧姆接合。

[0023] 另外, 本发明的一个方式的目的之一在于提供高品质或高可靠性的一种半导体装置。

[0024] 本发明的一个方式是一种反交错型的薄膜晶体管, 其中, 在氧化物半导体层上设置有缓冲层, 并且在该缓冲层上设置有源电极层及漏电极层。另外, 该缓冲层包括: 设置在氧化物半导体层的双端部上的一对导电层; 以及设置在氧化物半导体层的中央部上的具有与一对导电层相同金属元素且其氧浓度高于一对导电层的夹在所述一对导电层之间的作为绝缘体或半导体的金属氧化物层。

[0025] 另外, 本发明的一个方式是一种薄膜晶体管, 其除了包括上述结构之外, 其所包括的所述缓冲层包括: 设置在氧化物半导体层的双端部上的一对氧浓度降低的氧化物半导体层; 以及在该一对氧浓度降低的氧化物半导体层上设置的一对以高浓度含有氧的导电层。

[0026] 另外, 在本说明书中, 绝缘体是指其电阻率是 $10^6 (\Omega \cdot \text{m})$ 以上的物质, 半导体是指其电阻率是 $10^{-3} (\Omega \cdot \text{m})$ 以上且低于 $10^6 (\Omega \cdot \text{m})$ 的物质, 并且导体是指其电阻率是低于 $10^{-3} (\Omega \cdot \text{m})$ 的物质。

[0027] 本发明的一个方式是一种薄膜晶体管的制造方法, 其中, 通过对在与氧化物半导体层同一工序中形成的导电层进行氧化处理来形成金属氧化物层。另外, 在该氧化处理中将用来形成源电极层及漏电极层的抗蚀剂转用作掩模。因此, 该导电层的双端部不被该氧

化处理氧化而残留。其结果是,通过该氧化处理形成一对导电层、以及夹在该一对导电层之间的金属氧化物层。

[0028] 另外,本发明的一个方式是一种薄膜晶体管的制造方法,其中,通过对在与氧化物半导体层同一工序中形成的导电层进行氧化处理来形成金属氧化物层,接着,通过热处理的氧扩散而形成一对以高浓度含有氧的导电层及一对氧浓度降低的氧化物半导体层。

[0029] 另外,本发明的一个方式是一种薄膜晶体管的制造方法,其中,通过进行热氧化处理形成金属氧化物层、一对以高浓度含有氧的导电层及一对氧浓度降低的氧化物半导体层。

[0030] 另外,本发明的一个方式是一种薄膜晶体管的制造方法,其中,通过进行氧化处理及热氧化处理形成金属氧化物层、一对以高浓度含有氧的导电层及一对氧浓度降低的氧化物半导体层。

[0031] 另外,本发明的一个方式是一种半导体装置,其包括该薄膜晶体管以及设置在该薄膜晶体管上的层间绝缘层。

[0032] 本发明的一个方式是一种反交错型的薄膜晶体管,其中,在氧化物半导体层的中央部上具有作为绝缘体或半导体的金属氧化物层。该金属氧化物层用作抑制杂质(氢或水等)侵入到氧化物半导体层的保护层。因此,可以防止薄膜晶体管的截止电流的增加或阈值电压的负向漂移。

[0033] 另外,本发明的一个方式是一种反交错型的薄膜晶体管,其中,在氧化物半导体层的双端部和设置在该氧化物半导体层的双端部上的一对导电层之间具有一对以高浓度含有氧的导电层及一对氧浓度降低的氧化物半导体层。一对氧浓度降低的氧化物半导体层的电阻低于氧化物半导体层的电阻。因此,可以使源电极层及漏电极层与氧化物半导体层的接合成为欧姆接合。

[0034] 另外,在本发明的一个方式中,使用在与氧化物半导体层同一工序中形成的导电层来形成该金属氧化物层。因此,可以高效地形成高功能的薄膜晶体管。

[0035] 另外,在本发明的一个方式中,使用在与氧化物半导体层同一工序中形成的导电层来形成该金属氧化物层,并且通过使氧扩散到该导电层来形成该一对氧浓度降低的氧化物半导体层。因此,可以高效地形成高功能的薄膜晶体管。

[0036] 另外,在本发明的一个方式中,作为半导体装置所具有的薄膜晶体管,使用具有抑制杂质(氢或水等)侵入到氧化物半导体层的保护层的薄膜晶体管。由此,设置在薄膜晶体管上的层间绝缘层可以根据使用目的选择各种材料、制造方法。换言之,可以提供高品质或高可靠性的半导体装置。

附图说明

[0037] 图1A和图1B是在实施方式1中说明的薄膜晶体管的截面图;

[0038] 图2A至图2D是示出在实施方式2中说明的薄膜晶体管的制造工序的截面图;

[0039] 图3A至图3D是示出在实施方式2中说明的薄膜晶体管的制造工序的截面图;

[0040] 图4是示出在实施方式3中说明的液晶显示装置的像素的俯视图;

[0041] 图5是示出在实施方式3中说明的液晶显示装置的像素的截面图;

[0042] 图6是示出在实施方式3中说明的液晶显示装置的像素的等效电路图;

- [0043] 图7是示出在实施方式4中说明的发光显示装置的像素的俯视图；
- [0044] 图8是示出在实施方式4中说明的发光显示装置的像素的截面图；
- [0045] 图9是示出在实施方式4中说明的发光显示装置的像素的等效电路图；
- [0046] 图10是在实施方式5中说明的电子纸的截面图；
- [0047] 图11A至图11C是通过在实施例1中说明的计算求出的态密度图；
- [0048] 图12A至12C是通过在实施例1中说明的计算求出的态密度图；
- [0049] 图13A和图13B是通过在实施例1中说明的计算求出的态密度图；
- [0050] 图14A和图14B是示出通过通过实施例1中说明的计算求出的钛层和In-Ga-Zn-O类氧化物半导体层的接合界面中的热处理前后的原子配置的图；
- [0051] 图15是示出通过通过实施例1中说明的计算求出的钛层和In-Ga-Zn-O类氧化物半导体层的接合界面中的热处理前后的钛浓度及氧浓度的图；
- [0052] 图16A和16B是示出通过通过实施例1中说明的计算求出的钛氧化物层和In-Ga-Zn-O类氧化物半导体层的接合界面中的热处理前后的原子配置的图；
- [0053] 图17示出通过通过实施例1中说明的计算求出的钛氧化物层和In-Ga-Zn-O类氧化物半导体层的接合界面中的热处理前后的钛浓度及氧浓度的图。

具体实施方式

[0054] 以下使用附图详细地说明本发明的实施方式。但是，本发明不局限于以下的说明，只要是本领域的技术人员就容易理解一个事实是其形态和细节可以在不脱离本发明的宗旨及其范围的条件下作各种各样的变换。因此，公开的发明不应该被解释为仅限于以下所示的实施方式的记载内容。

[0055] 另外，有时为了明确起见，夸大表示在各实施方式的附图等中所示的各结构的尺寸、层的厚度或区域等。因此，不一定限定于其尺寸。另外，本说明书中使用的“第一”、“第二”、“第三”等序数是为了避免结构要素的混同，而不是为了在数目方面上限定。

[0056] 实施方式1

[0057] 在本实施方式中，使用图1A、图1B说明本发明的一个方式的薄膜晶体管的结构。接着，说明该薄膜晶体管所具有的特性。

[0058] 图1A示出形成在衬底100上的薄膜晶体管150的截面图。薄膜晶体管150包括：设置在衬底100上的栅电极层101；设置在栅电极层101上的栅极绝缘层102；设置在栅极绝缘层102上的氧化物半导体层103；设置在氧化物半导体层103上的具有作为导电体的一对导电层104a、104b及作为绝缘体或半导体的金属氧化物层105的缓冲层106；设置在导电层104a（一对导电层104a、104b中的一方）上的源电极层107a；以及设置在导电层104b（一对导电层104a、104b中的另一方）上的漏电极层107b。另外，一对导电层104a、104b设置在氧化物半导体层103的双端部上，并且金属氧化物层105设置在氧化物半导体层103的中央部上。

[0059] 换言之，图1A的薄膜晶体管150是一种反交错型的薄膜晶体管，其中，在氧化物半导体层103与源电极层107a及漏电极层107b之间包括设置有一对导电层104a、104b及金属氧化物层105的缓冲层106。

[0060] 图1B示出形成在衬底上的薄膜晶体管151的截面图。薄膜晶体管151除了包括图1A所示的薄膜晶体管150的结构以外还包括设置在氧化物半导体层103的双端部上的一对氧

浓度降低的氧化物半导体层108a、108b以及设置在一对氧浓度降低的氧化物半导体层108a、108b上的一对以高浓度含有氧的导电层109a、109b。

[0061] 换言之,图1B的薄膜晶体管151是一种反交错型的薄膜晶体管,其中,在氧化物半导体层103与源电极层107a及漏电极层107b之间包括缓冲层110,该缓冲层110设置有:一对导电层104a、104b;金属氧化物层105;一对氧浓度降低的氧化物半导体层108a、108b;以及一对以高浓度含有氧的导电层109a、109b。

[0062] 作为衬底100,可以使用钡硼硅酸盐玻璃、硼硅酸铝玻璃等玻璃衬底等。

[0063] 作为栅电极层101,可以使用选自铝(Al)、铜(Cu)、钛(Ti)、钽(Ta)、钨(W)、钼(Mo)、铬(Cr)、钕(Nd)、钪(Sc)中的元素;以上述元素为成分的合金;或者以上述元素为成分的氮化物。另外,也可以使用这些材料的叠层结构。

[0064] 作为绝缘层102,可以使用氧化硅、氮化硅、氧氮化硅、氮氧化硅、氧化铝、氧化钽等绝缘体。另外,也可以采用由这些绝缘体构成的叠层结构。注意,氧氮化硅指的是如下物质:在组成方面上氧的含量比氮的含量多,并且在浓度范围上,在包含55原子%至65原子%的氧、1原子%至20原子%的氮、25原子%至35原子%的硅、0.1原子%至10原子%的氢的范围中,以使总和成为100原子%的方式且以任意浓度包含各元素。另外,氮氧化硅指的是如下物质:在组成方面上氮的含量比氧的含量多,并且在浓度范围上,在包含15原子%至30原子%的氧、20原子%至35原子%的氮、25原子%至35原子%的硅、15原子%至25原子%的氢的范围中,以使总和成为100原子%的方式且以任意浓度包含各元素。

[0065] 作为氧化物半导体层103,可以使用In-Ga-Zn-O类氧化物半导体、In-Sn-Zn-O类氧化物半导体、In-Zn-O类氧化物半导体、Sn-Zn-O类氧化物半导体、In-Sn-O类氧化物半导体、Ga-Zn-O类氧化物半导体或Zn-O类氧化物半导体等氧化物半导体。另外,也可以使用对这些氧化物半导体添加有氮(N)、硅(Si)的氧化物半导体。另外,也可以使用这些材料的叠层结构。

[0066] 作为一对导电层104a、104b,可以使用钛(Ti)、铜(Cu)、锌(Zn)、铝(Al)等。另外,也可以使用具有上述金属元素的合金。并且,也可以使用这些材料的叠层结构。

[0067] 作为金属氧化物层105,可以使用与一对导电层104a、104b相同的材料。但是,金属氧化物层105的氧浓度比一对导电层104a、104b的氧浓度高。换言之,金属氧化物层105具有与一对导电层104a、104b相同的金属元素,并且金属氧化物层105的氧浓度比导电层104a、104b的氧浓度高。

[0068] 作为源电极层107a及漏电极层107b,可以使用选自铝(Al)、铜(Cu)、钛(Ti)、钽(Ta)、钨(W)、钼(Mo)、铬(Cr)、钕(Nd)、钪(Sc)中的元素;以上述元素为成分的合金;或者以上述元素为成分的氮化物。另外,也可以使用这些材料的叠层结构。

[0069] 作为一对氧浓度降低的氧化物半导体层108a、108b,可以使用与氧化物半导体层103相同的材料。但是一对氧浓度降低的氧化物半导体层108a、108b的氧浓度比氧化物半导体层103的氧浓度低。换言之,一对氧浓度降低的氧化物半导体层108a、108b具有与氧化物半导体层103相同的金属元素,并且一对氧浓度降低的氧化物半导体层108a、108b的氧浓度比氧化物半导体层103的氧浓度低。

[0070] 作为一对以高浓度含有氧的导电层109a、109b,可以使用与一对导电层104a、104b及金属氧化物层105相同的材料。但是一对以高浓度含有氧的导电层109a、109b的氧浓度比

一对导电层104a、104b的氧浓度高,并比金属氧化物层105的氧浓度低。换言之,一对以高浓度含有氧的导电层109a、109b具有与一对导电层104a、104b及金属氧化物层105相同的金属元素,并且一对以高浓度含有氧的导电层109a、109b的氧浓度比导电层104a、104b的氧浓度高并比金属氧化物层105的氧浓度低。

[0071] 在图1A所示的薄膜晶体管150中,在源电极层107a及漏电极层107b与氧化物半导体层103之间设置有缓冲层106。缓冲层106在氧化物半导体层103的中央部上具有作为绝缘体或半导体的金属氧化物层105。金属氧化物层105用作抑制杂质(氢或水等)侵入到氧化物半导体层103的保护层。因此,可以防止薄膜晶体管150的截止电流的增加或阈值电压的负向漂移。

[0072] 图1B所示的薄膜晶体管151的缓冲层110包括:防止截止电流的增加或阈值电压的负向漂移的金属氧化物层105;以及氧化物半导体层103的双端部上的一对氧浓度降低的氧化物半导体层108a、108b。一对氧浓度降低的氧化物半导体层108a、108b的电阻比氧化物半导体层103的电阻低。因此,可以使源电极层107a及漏电极层107b与氧化物半导体层103的接合成为欧姆接合。

[0073] 实施方式2

[0074] 在本实施方式中,使用图2A至图3D说明在实施方式1中说明的薄膜晶体管的制造方法的一例。

[0075] 另外,在本实施方式中,“膜”是指形成在衬底的整个面上的物体,虽然其根据之后进行的光刻工序等被加工为所希望形状,但这里指的是加工前的状态。并且,“层”是指由“膜”通过光刻工序等加工成所希望形状而形成的物体,以及以形成在衬底的整个面上为目的的物体。

[0076] 在衬底200上形成第一导电膜201。可以将以溅射法、真空蒸镀法、脉冲激光沉积法、离子电镀法、有机金属气相生长法等为代表的薄膜沉积法用于第一导电膜201的形成。接着,在第一导电膜201上形成第一抗蚀剂202。完成到此为止的工序的截面图相当于图2A。

[0077] 接着,通过将第一抗蚀剂202用作掩模并对第一导电膜201选择性地蚀刻,来形成栅电极层203。另外,因为作为衬底200及第一导电膜201(栅电极层203)的材料可以使用在实施方式1中举出的材料,所以在此援用上述说明。另外,在形成栅电极层203之后去除第一抗蚀剂202。完成到此为止的工序的截面图相当于图2B。

[0078] 接着,在衬底200及栅电极层203上形成栅极绝缘层204。可以将以溅射法、真空蒸镀法、脉冲激光沉积法、离子电镀法、有机金属气相生长法、等离子体CVD法等为代表的薄膜沉积法用于栅极绝缘层204的形成。

[0079] 接着,形成氧化物半导体膜205。可以将以溅射法、真空蒸镀法、脉冲激光沉积法、离子电镀法、有机金属气相生长法等为代表的薄膜沉积法用于氧化物半导体膜205的形成。在使用溅射法形成In-Ga-Zn-O类氧化物半导体的情况下,优选使用烧结有In₂O₃、Ga₂O₃、ZnO的靶材。作为溅射气体,使用以氩为代表的稀有气体。使用溅射法的成膜条件之一是如下条件:使用将In₂O₃、Ga₂O₃和ZnO(1:1:1)混合并将其烧结的靶材;压力是0.4Pa;直流(DC)电源是500W;氩流量是30sccm;并且氧气体流量是15sccm。另外,优选在形成氧化物半导体膜205之后进行100℃至600℃,典型是200℃至400℃的热处理。通过该热处理进行氧化物半导体的原子级的重新排列。从可以消除阻碍氧化物半导体膜205中的载流子移动的歪斜的观点

而言,该热处理(还包括光退火等)很重要。

[0080] 接着,在氧化物半导体膜205上形成第二导电膜206。可以将以溅射法、真空蒸镀法、脉冲激光沉积法、离子电镀法、有机金属气相生长法等为代表的薄膜沉积法用于第二导电膜206的形成。作为第二导电膜206的材料,可以使用钛(Ti)、铜(Cu)、锌(Zn)、铝(Al)等。另外,也可以使用具有上述金属元素的合金。进而,也可以使用这些材料的叠层结构。接着,在第二导电膜206上形成第二抗蚀剂207。完成到此为止的工序的截面图相当于图2C。

[0081] 接着,通过将第二抗蚀剂207用作掩模并对氧化物半导体膜205及第二导电膜206选择性地蚀刻,来形成氧化物半导体层208及导电层209。另外,因为作为栅极绝缘层204及氧化物半导体膜205(氧化物半导体层208)的材料可以使用在实施方式1中举出的材料,所以在此援用上述说明。另外,在形成氧化物半导体层208及导电层209之后去除第二抗蚀剂207。完成到此为止的工序的截面图相当于图2D。

[0082] 接着,在栅极绝缘层204及导电层209上形成第三导电膜210。可以将以溅射法、真空蒸镀法、脉冲激光沉积法、离子电镀法、有机金属气相生长法等为代表的薄膜沉积法用于第三导电膜210的形成。接着,在第三导电膜210上形成第三抗蚀剂211a、211b。完成到此为止的工序的截面图相当于图3A。

[0083] 接着,通过将第三抗蚀剂211a、211b用作掩模对第三导电膜210选择性地蚀刻,来形成源电极层212a及漏电极层212b。另外,在该蚀刻工序中,不重叠于源电极层212a及漏电极层212b的区域(露出部)的导电层209的一部分也被蚀刻,而在不重叠于源电极层212a及漏电极层212b的区域(露出部)中形成具有凹部的导电层213。另外,因为作为第三导电膜210(源电极层212a及漏电极层212b)的材料可以使用在实施方式1中举出的材料,所以在此援用上述说明。完成到此为止的工序的截面图相当于图3B。

[0084] 接着,将第三抗蚀剂211a、211b用作掩模进行氧化处理。作为该氧化处理,可以使用氧化气氛下的热氧化处理、等离子体氧化处理、氧离子注入等。另外,也可以如在进行氧化气氛下的热氧化处理之后进行等离子体氧化处理那样组合上述多个处理。另外,作为进行热氧化处理的氧化气氛,可以采用干燥氧气氛、氧及稀有气体的混合气氛、大气气氛等。通过该氧化处理,使设置在氧化物半导体层208上的导电层213的中央部(露出部)氧化,而形成作为绝缘体或半导体的金属氧化物层214。另外,随着金属氧化物层214的形成,在氧化物半导体层208的双端部上形成一对导电层215a、215b。具体而言,源电极层212a及漏电极层212b以及第三抗蚀剂211a、211b保护重叠于源电极层212a及漏电极层212b的区域(非露出部)的导电层213免受氧化。其结果是,一对导电层215a、215b残留。另外,通过该氧化处理,被氧化的区域的体积增大。换言之,金属氧化物层214的体积比氧化前的导电层213的中央部的体积大。完成到此为止的工序的截面图相当于图3C。另外,完成到此为止的工序也就完成了图1A所示的薄膜晶体管150。

[0085] 另外,本实施方式的薄膜晶体管不局限于图1A、图3C所示的结构。具体而言,虽然在图1A、图3C中示出了通过该氧化处理,只有不重叠于源电极层212a及漏电极层212b的区域(中央部)的导电层213被氧化而形成金属氧化物层214的薄膜晶体管,但是本实施方式的薄膜晶体管还包括其他区域被氧化的薄膜晶体管。例如,本实施方式的薄膜晶体管还包括通过该氧化处理,不由第三抗蚀剂211a、211b覆盖的源电极层212a及漏电极层212b的侧部被氧化的薄膜晶体管。另外,在源电极层212a及漏电极层212b的侧面被氧化的情况下,通过

只在侧部表面区域中进行该氧化,可以将源电极层212a及漏电极层212b用作电极。与此同样,本实施方式的薄膜晶体管还包括通过该氧化处理,重叠于源电极层212a及漏电极层212b的区域(非露出部)的导电层213的一部分的内部被氧化的薄膜晶体管。

[0086] 另外,虽然在图1A、图3C中示出了利用该氧化处理形成的金属氧化物层214的厚度比一对导电层215a、215b的厚度厚的薄膜晶体管,但是本实施方式的薄膜晶体管还包括金属氧化物层214的厚度比一对导电层215a、215b的厚度薄的薄膜晶体管。另外,通过对具有凹部的导电层213进行氧化处理,来形成金属氧化物层214。另外,该凹部是当进行形成源电极层212a及漏电极层212b的蚀刻工序时形成的。换言之,通过控制形成源电极层212a及漏电极层212b的蚀刻工序的条件,可以控制金属氧化物层214的厚度。具体而言,通过将形成源电极层212a及漏电极层212b时的过蚀刻的时间设定得长,可以将该凹部形成得深。由此,可以使金属氧化物层214的厚度薄于一对导电层215a、215b的厚度。

[0087] 在制造图1B所示的薄膜晶体管151的情况下,接着进行100℃至600℃,典型为200℃至400℃的热处理。通过该热处理,氧化物半导体层208中的氧扩散到一对导电层215a、215b。另外,当比较该氧的向一对导电层215a、215b的扩散和向金属氧化物层214的扩散时,向一对导电层215a、215b扩散的氧量多于向金属氧化物层214扩散的氧量。因此,在氧化物半导体层208的双端部上形成一对氧浓度降低的氧化物半导体层216a、216b,并且在氧浓度降低的氧化物半导体层216a、216b上形成一对以高浓度含有氧的导电层217a、217b。然后,去除第三抗蚀剂211a、212b。完成到此为止的工序的截面图相当于图3D。

[0088] 虽然在此示出了在进行氧化处理之后进行在制造图1B所示的薄膜晶体管151的情况下进行的热处理的制造工序,但是只要在形成第二导电膜206之后进行该热处理,就对该热处理的时序没有特别的限制。另外,该热处理可以兼作用于上述氧化物半导体层208的原子级的重新排列的热处理。

[0089] 另外,从形成的薄膜晶体管的特性的观点而言,优选在进行氧化处理之后进行热处理。这是因为如下缘故:当在进行氧化处理之前(在形成金属氧化物层214之前)进行热处理时,不仅在氧化物半导体层208的上方双端部上,而且在氧化物半导体层208的上方整体上形成氧浓度降低的氧化物半导体层,由此所形成的薄膜晶体管的截止电流增加。

[0090] 另外,从制造工序的观点而言,优选进行如下热氧化处理作为上述氧化处理,即在形成一对氧浓度降低的氧化物半导体层216a、216b以及一对以高浓度含有氧的导电层217a、217b的温度下且氧化气氛下的热氧化处理。这是因为可以在同一工序中形成金属氧化物层214、氧浓度降低的氧化物半导体层216a、216b及以高浓度含有氧的导电层217a、217b的缘故。兼作该氧化处理和该热处理的处理条件之一是在干燥氧气氛下以350℃进行1小时的热氧化处理。

[0091] 另外,从形成的薄膜晶体管的可靠性的观点而言,优选将热氧化处理和氧化处理组合而进行。这是因为通过将金属氧化物层214的厚度设定得厚,可以提高其用作抑制杂质(氢或水等)侵入到氧化物半导体层208的保护层的功能的缘故。

[0092] 因为在薄膜晶体管150中,使用在与氧化物半导体层208同一工序中形成的导电层209(导电层213)来形成具有防止截止电流的增加或阈值电压的负向漂移的功能的金属氧化物层214,所以可以高效地形成高功能的薄膜晶体管。与此同样,因为在薄膜晶体管151中,使用与形成氧化物半导体层208同一工序中形成的导电层209(导电层213)来形成具有

防止截止电流的增加或阈值电压的负向漂移的功能的金属氧化物层214,并通过氧扩散到一对导电层215a、215b而形成具有使氧化物半导体层208与源电极层212a及漏电极层212b进行欧姆接合的功能的一对氧浓度降低的氧化物半导体层216a、216b,所以可以高效地形成高功能的薄膜晶体管。

[0093] 实施方式3

[0094] 在本实施方式中,示出使用在实施方式1中所说明的薄膜晶体管制造的半导体装置的一例。具体而言,图4至图6示出将该薄膜晶体管应用于设置在有源矩阵衬底的像素部中的薄膜晶体管的液晶显示装置。接着,说明该液晶显示装置。

[0095] 另外,因为在半导体装置中,薄膜晶体管的源极及漏极根据工作条件等交替,所以难以特定哪个是源极或漏极。于是,以下将源电极层及漏电极层中的一方称为第一电极层,并且将源电极层及漏电极层中的另一方称为第二电极层,来进行区别。

[0096] 图4是示出有源矩阵衬底的一个像素的俯视图。本实施方式的液晶显示装置的像素包括三个子像素。在每个子像素中设置对薄膜晶体管300及液晶层施加电压的像素电极301。在实施方式1中示出的薄膜晶体管可以应用于图4中的薄膜晶体管300。在像素部中设置有多个上述像素。另外,设置有多个栅极布线302、多个源极布线303、多个电容布线304。

[0097] 图5是对应于图4的A-B线的截面图。包括在图5中的薄膜晶体管450是图1A所示的薄膜晶体管。换言之,薄膜晶体管450是一种薄膜晶体管,包括:设置在衬底400上的栅电极层401;设置在栅电极层401上的栅极绝缘层402;设置在栅极绝缘层402上的氧化物半导体层403;设置在氧化物半导体层403上的具有一对导电层404a、404b及金属氧化物层405的缓冲层406;设置在导电层404a上的第一电极层407a;以及设置在导电层404b上的第二电极层407b。

[0098] 因为作为可以应用于衬底400至第一电极层407a及第二电极层407b的材料及制造方法可以使用在实施方式1中说明的材料及在实施方式2中说明的制造方法,所以在此援用上述说明。

[0099] 另外,子像素具有电容元件451。电容元件451包括其材料与薄膜晶体管450的栅电极层401相同的电容布线408、栅极绝缘层402以及延伸到子像素的薄膜晶体管450的第二电极层407b。

[0100] 在薄膜晶体管450及电容元件451上设置层间绝缘层409。因为在图5所示的薄膜晶体管450中设置有抑制杂质(氢或水等)侵入到氧化物半导体层403的金属氧化物层405,所以作为层间绝缘层409可以使用各种材料、制造方法。例如,可以使用等离子体CVD法或溅射法形成氧化硅层、氧氮化硅层、氮化硅层或氮氧化硅层等作为层间绝缘层409。另外,也可以使用:聚酰亚胺、聚酰胺、聚乙烯苯酚、苯并环丁烯、丙烯酸树脂或环氧等有机材料;硅氧烷树脂等硅氧烷材料;或噁唑树脂等且通过旋涂法等的涂敷法来形成层间绝缘层409。硅氧烷材料相当于包含Si-O-Si键的材料。硅氧烷的骨架结构由硅(Si)和氧(O)的键构成。作为取代基,可以使用有机基(例如烷基或芳烃)、氟基。有机基也可以包含氟基。另外,在设置于层间绝缘层209中的接触孔410中,薄膜晶体管450的第二电极层407b电连接到像素电极411。

[0101] 图6是对应于图4的子像素的等效电路图。薄膜晶体管500的栅电极电连接到栅极布线501,并且第一电极电连接到源极布线502。电容元件503的一方的电极电连接到薄膜晶体管500的第二电极,并且另一方的电极电连接到电容布线504。通过像素电极被施加电压

的液晶层505电连接到薄膜晶体管500的第二电极及电容元件503的一方的电极。

[0102] 液晶显示装置包括由有源矩阵衬底和其表面上设置有对置电极的对置衬底夹持的液晶层。利用施加在有源矩阵衬底的像素电极和对置衬底的对置电极之间的电压控制构成液晶层的液晶分子的取向。液晶显示装置通过该液晶层的液晶分子的取向来透过光或进行遮光而进行图像的显示。在液晶显示装置中,有源矩阵衬底的像素部的薄膜晶体管是控制施加到液晶层的电压的开关元件。

[0103] 在本实施方式的液晶显示装置中,将在氧化物半导体层403上设置有金属氧化物层405的薄膜晶体管450用于有源矩阵衬底的像素部的薄膜晶体管。金属氧化物层405用作抑制杂质(氢或水等)侵入到氧化物半导体层403的保护层。因此,可以根据使用目的选择层间绝缘层409的材料、制造方法。其结果是,可以提供高品质或高可靠性的液晶显示装置。另外,虽然在此示出应用了图1A所示的薄膜晶体管的液晶显示装置,但是在采用图1B所示的薄膜晶体管的情况下也有同样的效果。

[0104] 实施方式4

[0105] 在本实施方式中,示出使用在实施方式1中所说明的薄膜晶体管制造的半导体装置的一例。具体而言,图7至图9示出将该薄膜晶体管用于设置在有源矩阵衬底的像素部中的薄膜晶体管的发光显示装置。接着,说明本实施方式的发光显示装置。另外,作为本实施方式的发光显示装置所具有的显示元件,示出利用电致发光的发光元件。根据其发光材料是有机化合物还是无机化合物对利用电致发光的发光元件进行区别,而一般将前者称为有机EL元件,而将后者称为无机EL元件。

[0106] 在有机EL元件中,通过对发光元件施加电压,电子和空穴从一对电极分别注入到包含发光有机化合物的层,于是,电流流过。而且,通过这些载流子(电子和空穴)重新结合,发光有机化合物形成激发态,并且当该激发态恢复到基态时获得发光。根据该机理,这种发光元件称为电流激发型的发光元件。

[0107] 无机EL元件根据其元件结构分类为分散型无机EL元件和薄膜型无机EL元件。分散型无机EL元件包括在粘合剂中分散有发光材料的粒子的发光层,并且其发光机理是利用施主能级和受主能级的施主-受主重新结合型发光。薄膜型无机EL元件具有利用电介质层夹持发光层并进一步用电极夹持该夹有发光层的电介质层的结构,并且其发光机理是利用金属离子的内层电子跃迁的定域型发光。另外,在此使用有机EL元件作为发光元件而进行说明。

[0108] 图7是示出有源矩阵衬底的一个像素的俯视图。本实施方式的发光显示装置的像素包括三个子像素。在每个子像素中设置有薄膜晶体管600、601、对发光元件施加电压的像素电极602(为了方便起见,像素电极602的一部分未图示出)。在实施方式1中所示的薄膜晶体管可以用于图6中的薄膜晶体管600、601。在像素部中设置有多个上述像素。另外,设置有多個栅极布线603、多个源极布线604、多个电源线605。另外,对电源线605设定高电源电位VDD。

[0109] 图8是对应于图7的C-D线、E-F线的截面图。薄膜晶体管750、751是图1A所示的薄膜晶体管。换言之,薄膜晶体管750、751是一种薄膜晶体管,包括:设置在衬底700上的栅电极层701;设置在栅电极层701上的栅极绝缘层702;设置在栅极绝缘层702上的氧化物半导体层703;设置在氧化物半导体层703上的具有导电层704a、704b及金属氧化物层705的缓冲层

706;设置在导电层704A上的第一电极层707a;以及设置在导电层704B上的第二电极层707b。

[0110] 因为作为用于衬底700至第一电极层707a及第二电极层707b的材料及制造方法可以使用在实施方式1中所说明的材料及在实施方式2中说明的制造方法,所以在此援用上述说明。

[0111] 另外,子像素具有电容元件752。电容元件752包括其材料与薄膜晶体管750、751的栅电极层701相同的电容布线708、栅极绝缘层702以及延伸到子像素的薄膜晶体管751的第一电极层707a。

[0112] 在薄膜晶体管750、751及电容元件752上设置有层间绝缘层709。因为在图8所示的薄膜晶体管750、751中设置有抑制杂质(氢或水等)侵入到氧化物半导体层703的金属氧化物层705,所以作为层间绝缘层709可以使用各种材料、制造方法。例如,可以使用等离子体CVD法或溅射法形成氧化硅层、氧氮化硅层、氮化硅层或氮氧化硅层等作为层间绝缘层709。另外,也可以使用:聚酰亚胺、聚酰胺、聚乙烯苯酚、苯并环丁烯、丙烯酸树脂或环氧等有机材料;硅氧烷树脂等硅氧烷材料;或噁唑树脂等且通过旋涂法等的涂敷法来形成层间绝缘层709。硅氧烷材料相当于包含Si-O-Si键的材料。硅氧烷的骨架结构由硅(Si)和氧(O)的键构成。作为取代基,可以使用有机基(例如烷基或芳烃)、氟基。有机基也可以包含氟基。另外,在层间绝缘层709中设置有多个接触孔710a、710b、710c。在接触孔710c中薄膜晶体管751的第二电极层707b电连接到像素电极711。

[0113] 图9是对应于图7的子像素的等效电路图。薄膜晶体管800的栅电极电连接到栅极布线801,并且第一电极电连接到源极布线802。电容元件803的一方的电极电连接到薄膜晶体管800的第二电极,并且另一方的电极电连接到电源线804。薄膜晶体管805的栅电极电连接到薄膜晶体管800的第二电极,并且第一电极连接到电源线804及电容元件803的另一方的电极。通过像素电极被施加电压的有机EL元件806电连接到薄膜晶体管805的第二电极。

[0114] 发光显示装置包括设置在有源矩阵衬底的像素电极上的有机EL元件和设置在该有机EL元件上的共同电极。另外,对共同电极设定低电源电位VSS。当对该有机EL元件施加通过薄膜晶体管施加到像素电极的高电源电位VDD和施加到共同电极的低电源电位VSS的电位差的电压时电流流过,而得到发光。在发光显示装置中,有源矩阵衬底的像素部的薄膜晶体管是控制流过有机EL元件的电流的开关元件。

[0115] 在本实施方式的发光显示装置中,将在氧化物半导体层703上设置有金属氧化物层705的薄膜晶体管750、751用于有源矩阵衬底的像素部的薄膜晶体管。金属氧化物层705用作抑制杂质(氢或水等)侵入到氧化物半导体层703的保护层。因此,可以根据使用目的选择层间绝缘层709的材料、制造方法。其结果是,可以提供高品质或高可靠性的发光显示装置。另外,虽然在此示出了应用图1A所示的薄膜晶体管的发光显示装置,但是在采用图1B所示的薄膜晶体管的情况下也有同样的效果。

[0116] 实施方式5

[0117] 在本实施方式中,示出使用在实施方式1中所说明的薄膜晶体管制造的半导体装置的一例。具体而言,图10示出将该薄膜晶体管用于设置在有源矩阵衬底上的薄膜晶体管的电子纸。接着,说明本实施方式的电子纸。

[0118] 图10是有源矩阵型的电子纸的截面图。设置在第一衬底(有源矩阵衬底)900上的

薄膜晶体管950是在图1A中示出的薄膜晶体管。换言之,薄膜晶体管950是一种薄膜晶体管,包括:设置在第一衬底900上的栅电极层901;设置在栅电极层901上的栅极绝缘层902;设置在栅极绝缘层902上的氧化物半导体层903;设置在氧化物半导体层903上的具有一对导电层904a、904b及金属氧化物层905的缓冲层906;设置在导电层904a上的第一电极层907a;以及设置在导电层904b上的第二电极层907b。

[0119] 因为作为可以应用于衬底900至第一电极层907a及第二电极层907b的材料及制造方法可以使用在实施方式1中所说明的材料及在实施方式2中说明的制造方法,所以在此援用上述说明。

[0120] 在薄膜晶体管950上设置有层间绝缘层908。因为在图10所示的薄膜晶体管950中设置有抑制杂质(氢或水等)侵入到氧化物半导体层903的金属氧化物层905,所以作为层间绝缘层908可以使用各种材料、制造方法。例如,可以使用等离子体CVD法或溅射法形成氧化硅层、氧氮化硅层、氮化硅层或氮氧化硅层等作为层间绝缘层908。另外,也可以使用:聚酰亚胺、聚酰胺、聚乙烯苯酚、苯并环丁烯、丙烯酸树脂或环氧等有机材料;硅氧烷树脂等硅氧烷材料;或噁唑树脂等且通过旋涂法等的涂敷法来形成层间绝缘层908。硅氧烷材料相当于包含Si-O-Si键的材料。硅氧烷的骨架结构由硅(Si)和氧(O)的键构成。作为取代基,可以使用有机基(例如烷基或芳烃)、氟基。有机基也可以包含氟基。另外,在层间绝缘层908中设置有接触孔909。在接触孔909中薄膜晶体管950的第二电极层907b电连接到像素电极910。

[0121] 在像素电极910和设置在第二衬底911上的共同电极912之间设置有扭转球915,该扭转球915分别具有黑色区913a、白色区913b、以及空洞914,其中的空洞914位于黑色区913a和白色区913b的周围,并充满了液体。并且,扭转球915的周围填充有树脂等的填充材料916。

[0122] 本实施方式的电子纸使用扭转球显示方式。该电子纸在像素电极及共同电极之间具有被涂成白色和黑色的扭转球。扭转球通过根据施加到第一衬底的像素电极及第二衬底的共同电极之间的电压控制方向来进行显示。在电子纸中,有源矩阵衬底的薄膜晶体管是控制施加到扭转球的电压的开关元件。

[0123] 在本实施方式的发光显示装置中,将在氧化物半导体层903上设置有金属氧化物层905的薄膜晶体管950用于有源矩阵衬底的薄膜晶体管。金属氧化物层905用作抑制杂质(氢或水等)侵入到氧化物半导体层903的保护层。因此,可以根据使用目的选择层间绝缘层908的材料、制造方法。其结果是,可以提供高品质或高可靠性的电子纸。另外,虽然在此示出了使用图1A所示的薄膜晶体管的电子纸,但是在采用图1B所示的薄膜晶体管的情况下也有同样的效果。

[0124] 实施例1

[0125] 在此,示出关于如下的计算结果:钛及钛氧化物的电子状态的根据不同氧含量的变化;氧化物半导体层的电子状态的根据氧缺损的变化;热处理中的钛层和氧化物半导体层的接合界面近旁的氧的行动;以及热处理中的钛氧化物层及氧化物半导体层的接合界面近旁的氧的行动。接着,验证作为缓冲层的构成材料使用了钛的实施方式1的薄膜晶体管。

[0126] 首先,验证钛及钛氧化物的电子状态的根据不同氧含量的变化。在此,示出通过根据第一原理计算的结构最适化而求出的钛及多个钛氧化物的结晶结构的能态密度的结果,在该第一原理计算中使用基于密度泛函理论(Density Functional Theory:DFT)的平面波

赝势方法。具体而言,示出在对如下结构进行最适化之后的态密度图,该结构是Ti、TiO (NaCl型)、Ti₂O₃ (Al₂O₃型)、TiO₂ (Anatase型)、TiO₂ (Rutile型) 及TiO₂ (Brookite型) 的结构。另外,作为计算程序使用CASTEP,并且作为交换相关泛函使用GGA-PBE。

[0127] 图11A、图11B、图11C分别是Ti、TiO (NaCl型)、Ti₂O₃ (Al₂O₃型) 的态密度图。在图11A、图11B、图11C中没有带隙。换言之,Ti、TiO (NaCl型)、Ti₂O₃ (Al₂O₃型) 是导体。

[0128] 图12A、图12B、图12C分别是TiO₂ (Anatase型)、TiO₂ (Rutile型) 及TiO₂ (Brookite型) 的态密度图。图12A、图12B、图12C的费密能级 (0eV) 存在于价电子带的上端,并且有带隙。换言之,TiO₂ (Anatase型)、TiO₂ (Rutile型) 及TiO₂ (Brookite型) 分别是绝缘体或半导体。

[0129] 根据图11A至图12C,可知:即使钛含有一定量以下的氧,钛也是导体;并且若钛含有一定量以上的氧,钛被绝缘体化或半导体化。

[0130] 接着,验证氧化物半导体层的电子状态的根据氧缺乏的变化。在此,对于作为氧化物半导体层使用In-Ga-Zn-O类氧化物半导体材料 (In:Ga:Zn:O=1:1:1:4) 的情况进行计算。

[0131] 首先,使用根据经典分子动力学 (Classical Molecular Dynamics) 的熔融淬冷法 (melt-quenching method) 制造In-Ga-Zn-O类氧化物半导体的非晶结构。另外,在此制造的非晶结构是总原子数是84个且密度是5.9g/cm³的结构。另外,至于原子间势,在金属-氧间及氧-氧间使用Born-Mayer-Huggins型势,并且在金属-金属间使用Lennard-Jones型势,并且通过NVT系综 (正则系综; canonical ensemble) 进行计算。作为计算程序,使用Materials Explorer。

[0132] 然后,在室温 (298K) 下对通过上述计算得到的结构进行利用第一原理分子动力学法 (First Principle Molecular Dynamics; 以下称为第一原理MD) 的退火,该第一原理MD使用基于密度泛函理论 (Density Functional Theory: DFT) 的赝势平面波方法。然后对其结构进行最适化,并求出态密度。另外,对随机地去除了一个氧原子的结构 (氧缺损结构) 也进行第一原理MD计算和最适化,并计算态密度。另外,作为计算程序使用CASTEP,作为交换相关泛函使用GGA-PBE,并且对NVT系综进行第一原理MD。

[0133] 图13A、图13B是通过上述计算得到的In-Ga-Zn-O类氧化物半导体的态密度图。图13A是没有氧缺损的结构的状态密度图,而图13B是氧缺损结构的状态密度图。在图13A中费密能级 (0eV) 存在于价电子带的上端并且具有带隙,而在图13B中费密能级 (0eV) 存在于传导带内。换言之,可知氧缺损结构的电阻低于没有氧缺损的结构电阻。

[0134] 接着,验证热处理中的钛层和氧化物半导体层的接合界面近旁的氧的行动。在此,在通过上述第一原理计算得到的In-Ga-Zn-O类氧化物半导体的非晶结构上层叠钛,并对该结构进行最适化,然后通过NVT系综进行第一原理MD计算。作为计算程序使用CASTEP,并且作为交换相关泛函使用GGA-PBE。另外,将温度条件设定为350℃ (623K)。

[0135] 图14示出实施第一原理MD前后的结构。图14A是实施第一原理MD之前的结构,而图14B是实施第一原理MD之后的结构。并且,图15示出实施第一原理MD前后的钛以及氧在c轴方向上的密度。图15是对图14A和图14B的各原子分配高斯分布密度并将所有的原子加起来而求出的密度分布。另外,图15的横轴表示原子密度,而纵轴表示c轴。图15中的各曲线分别表示实施第一原理MD之前的钛密度 (Ti_before)、实施第一原理MD之后的钛密度 (Ti_

after)、实施第一原理MD之前的氧密度(O_{before})、实施第一原理MD之后的氧密度(O_{after})。根据图15, O_{after} 位于比 O_{before} 更偏向c轴的正值方向一侧,而可知在实施第一原理MD之后包含在钛中的氧浓度增加。换言之,可知通过350℃(623K)的热处理,氧化物半导体层中的氧扩散到钛层。

[0136] 接着,验证热处理中的钛氧化物(在此,使用 TiO_2 (Rutile型))层及氧化物半导体层的接合界面近旁的氧的行动。在此,在通过上述第一原理计算得到的In-Ga-Zn-O类氧化物半导体的非晶结构上层叠 TiO_2 (Rutile型),并对该结构进行最优化,然后通过NVT系综进行第一原理MD计算。作为计算程序使用CASTEP,并且作为交换相关泛函使用GGA-PBE。另外,将温度条件设定为700℃(973K)。

[0137] 图16示出实施第一原理MD前后的结构。图16A是实施第一原理MD之前的结构,而图16B是实施第一原理MD之后的结构。并且图17示出实施第一原理MD前后的钛以及氧在c轴方向上的密度,图17是对图16的各原子分派高斯分布密度并将所有的原子加起来而求出的密度分布。另外,图17的横轴表示原子密度,而纵轴表示c轴。图17中的各曲线分别表示实施第一原理MD之前的钛密度($\text{Ti}_{\text{before}}$)、实施第一原理MD之后的钛密度(Ti_{after})、实施第一原理MD之前的氧密度(O_{before})、实施第一原理MD之后的氧密度(O_{after})。在图17中,在 O_{after} 和 O_{before} 之间没有如在图15中观察到的那样的大的差异。换言之,可知:即使进行700℃(973K)的热处理,氧化物半导体层和 TiO_2 (Rutile型)层之间的氧的扩散也没有进行350℃的热处理时氧化物半导体层和钛层之间的扩散那样活跃。

[0138] 以下总结在本实施例中进行的计算结果。

[0139] 根据图11A至12C,可知:多个钛氧化物的电子状态分别不同,并且当其氧浓度增高时被绝缘体化或半导体化。具体而言,可知: TiO (NaCl型)、 Ti_2O_3 (Al_2O_3 型)是导体,并且 TiO_2 (Anatase型)、 TiO_2 (Rutile型)及 TiO_2 (Brookite型)是绝缘体或半导体。换言之,可知:钛氧化物当氧含量多时被绝缘体化或半导体化,并且其电子状态根据氧的比率变化。

[0140] 根据图13A和图13B可知:通过使In-Ga-Zn-O类氧化物半导体成为氧缺损结构,其电子状态变化并被低电阻化。另外,在图13A和图13B中,比较其总原子数是84个(In:Ga:Zn:O=1:1:1:4)的非晶结构和从该结构去除一个氧原子的结构的电子状态。换言之,比较氧浓度是大约57.1at.%(氧原子数48/全原子数84)的结构和氧浓度是大约56.6at.%(氧原子数47/全原子数83)的结构。由此,可以说:与上述钛相比,In-Ga-Zn-O类氧化物半导体是氧浓度的变化对电子状态影响大的材料。

[0141] 根据图14A、图14B及图15,可知:当对钛层及In-Ga-Zn-O类氧化物半导体层的叠层进行350℃的热处理时,In-Ga-Zn-O类氧化物半导体层中的氧扩散到钛层。换言之,可知:通过热处理,形成比热处理之前的钛层含有高浓度的氧的钛层和其氧浓度比热处理之前的氧化物半导体层的氧浓度低的氧化物半导体层。另外,从上述钛及In-Ga-Zn-O类氧化物半导体层的氧浓度的变化对其电子状态的影响可见:与钛层相比以高浓度含有氧的钛层的电阻没有增加多少,与此相反,与氧化物半导体层相比氧浓度降低的氧化物半导体层的电阻降低。

[0142] 根据图16A、图16B及图17,可知:即使对 TiO_2 (Rutile型)层及In-Ga-Zn-O类氧化物半导体层的叠层进行高温,即700℃的热处理,也难以产生超过350℃时的氧化物半导体层和钛层的叠层中的扩散的扩散。换言之,可知:即使进行热处理,也难以形成其氧浓度比氧

化物半导体层和钛层的叠层的氧浓度低的氧化物半导体层。

[0143] 接着,验证将钛用于实施方式1的薄膜晶体管的缓冲层的情况。通过对钛层进行氧化处理,形成作为绝缘体或半导体的 TiO_2 (Anatase型)、 TiO_2 (Rutile型) 及 TiO_2 (Brookite型) 等钛氧化物,而可以将其用作缓冲层的金属氧化物层。另外,通过进行 350°C 的热处理,使来自氧化物半导体层的氧扩散到钛层,而形成以高浓度含有氧的钛层及氧浓度降低的氧化物半导体层。因此,可以有效地使氧化物半导体层低电阻化,并且使隔着缓冲层的源电极层及漏电极层与氧化物半导体层的接合成为欧姆接合。并且,与氧化物半导体层和导电层的界面相比,在氧化物半导体层和金属氧化物层的界面中难以产生氧的扩散。因此,在该界面中不容易形成低电阻且氧浓度降低的氧化物半导体层,而可以抑制薄膜晶体管的截止电流的增加。

[0144] 据此,可知:钛是用于实施方式1的薄膜晶体管的缓冲层的优选的材料。

[0145] 本申请基于2009年2月20日在日本专利局受理的日本专利申请序列号2009-037912而制作,所述申请内容包括在本说明书中。

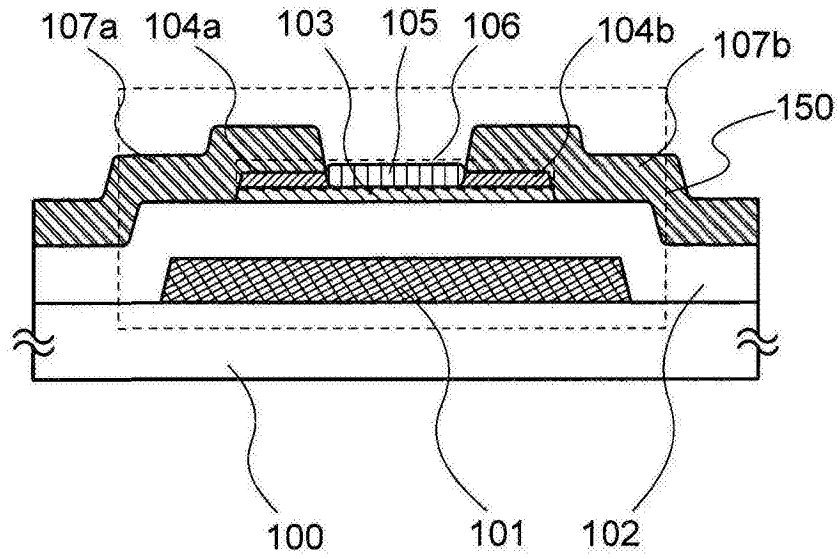


图1A

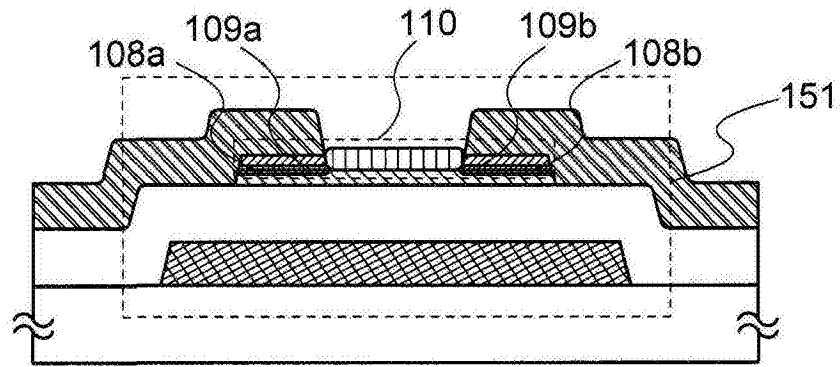


图1B

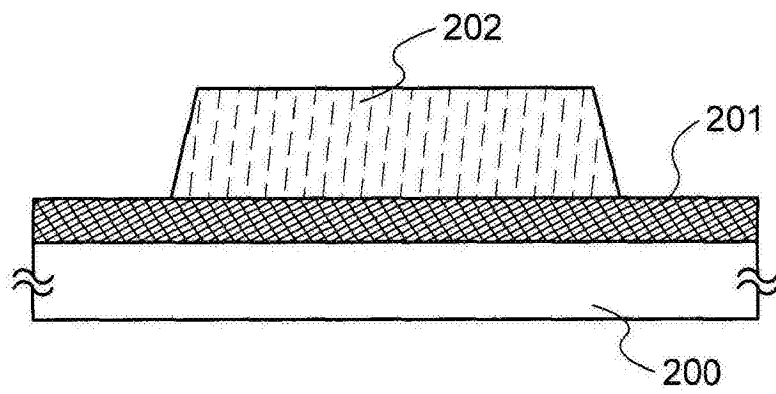


图2A

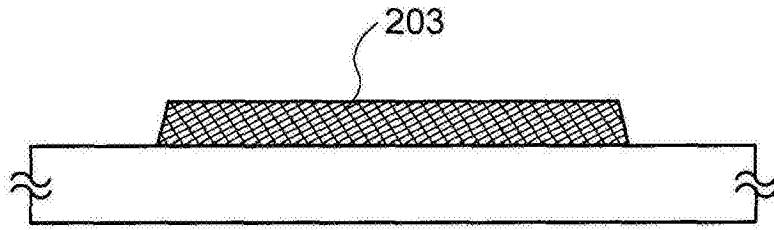


图2B

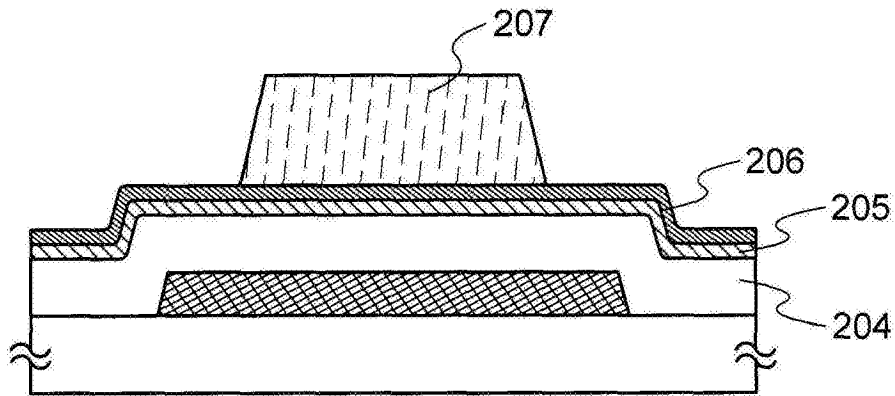


图2C

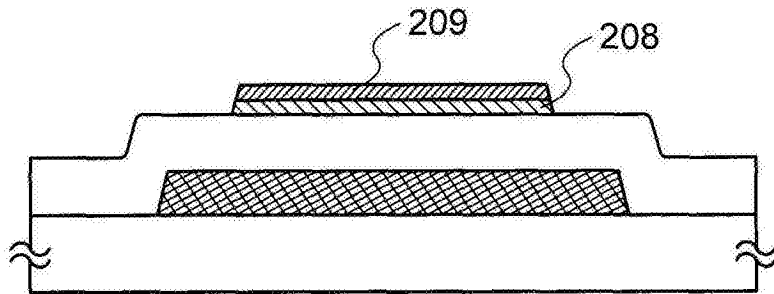


图2D

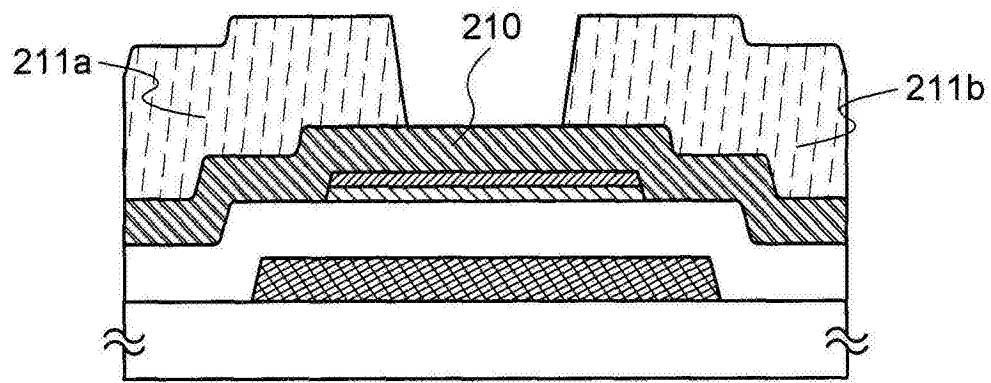


图3A

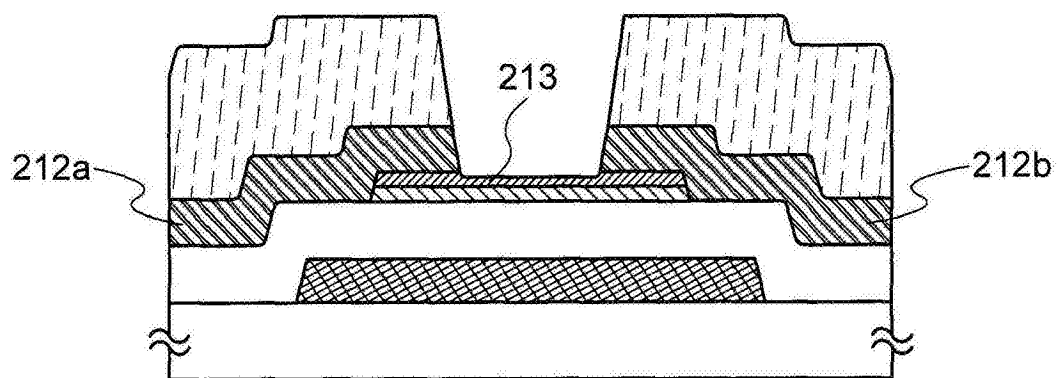


图3B

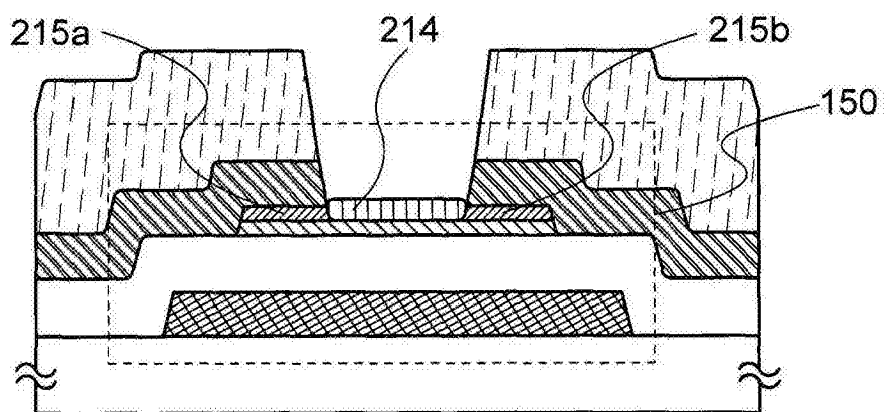


图3C

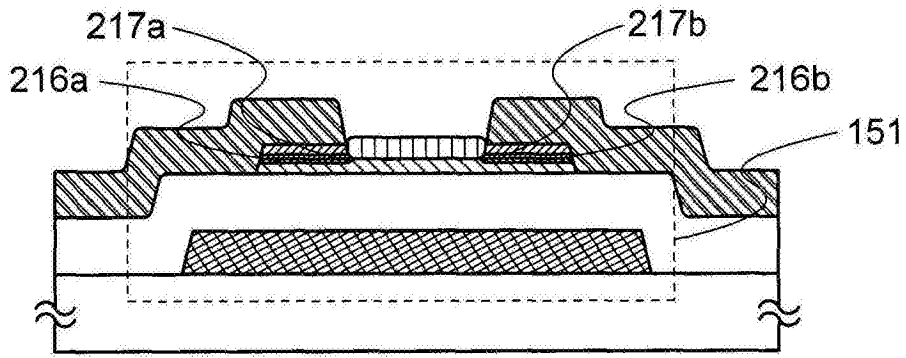


图3D

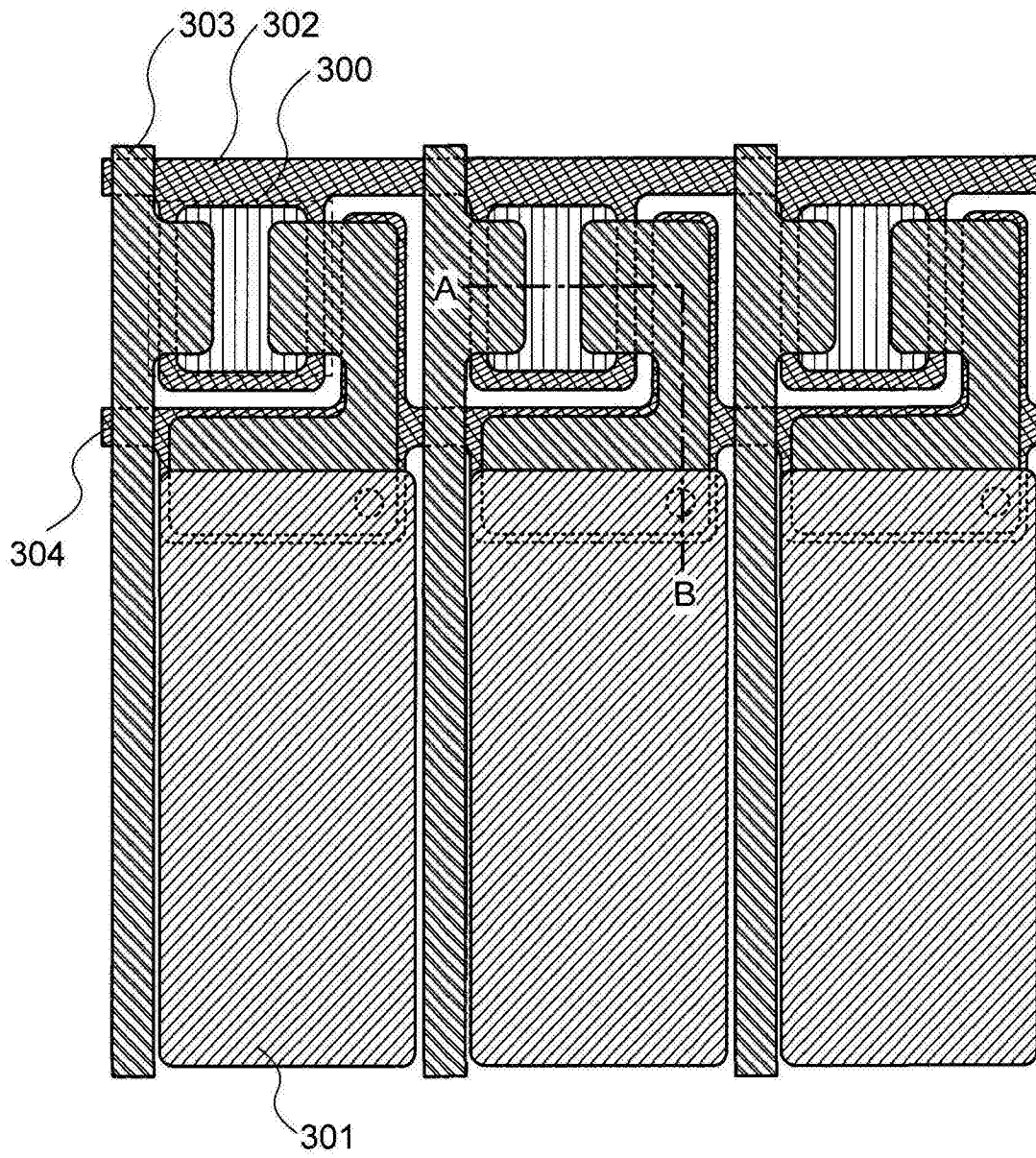


图4

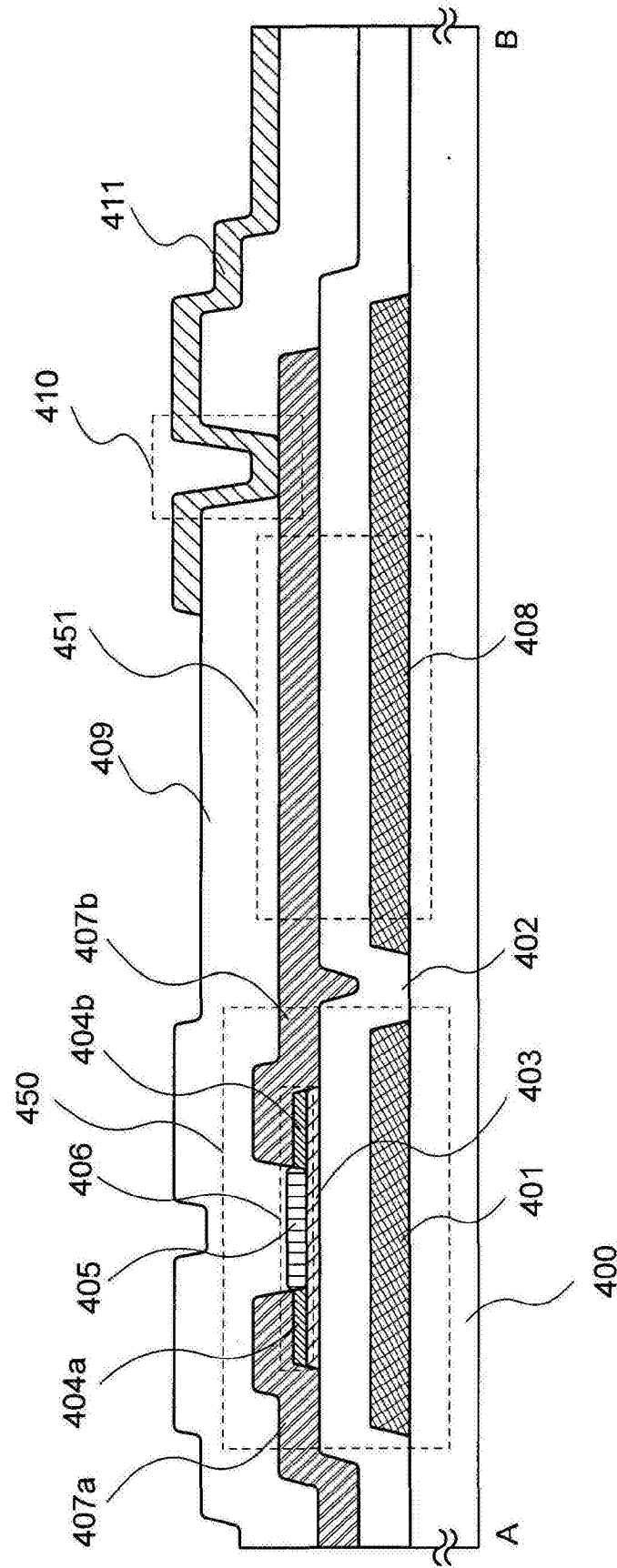


图5

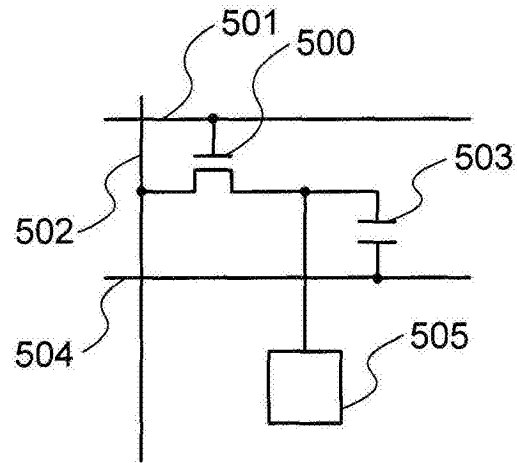


图6

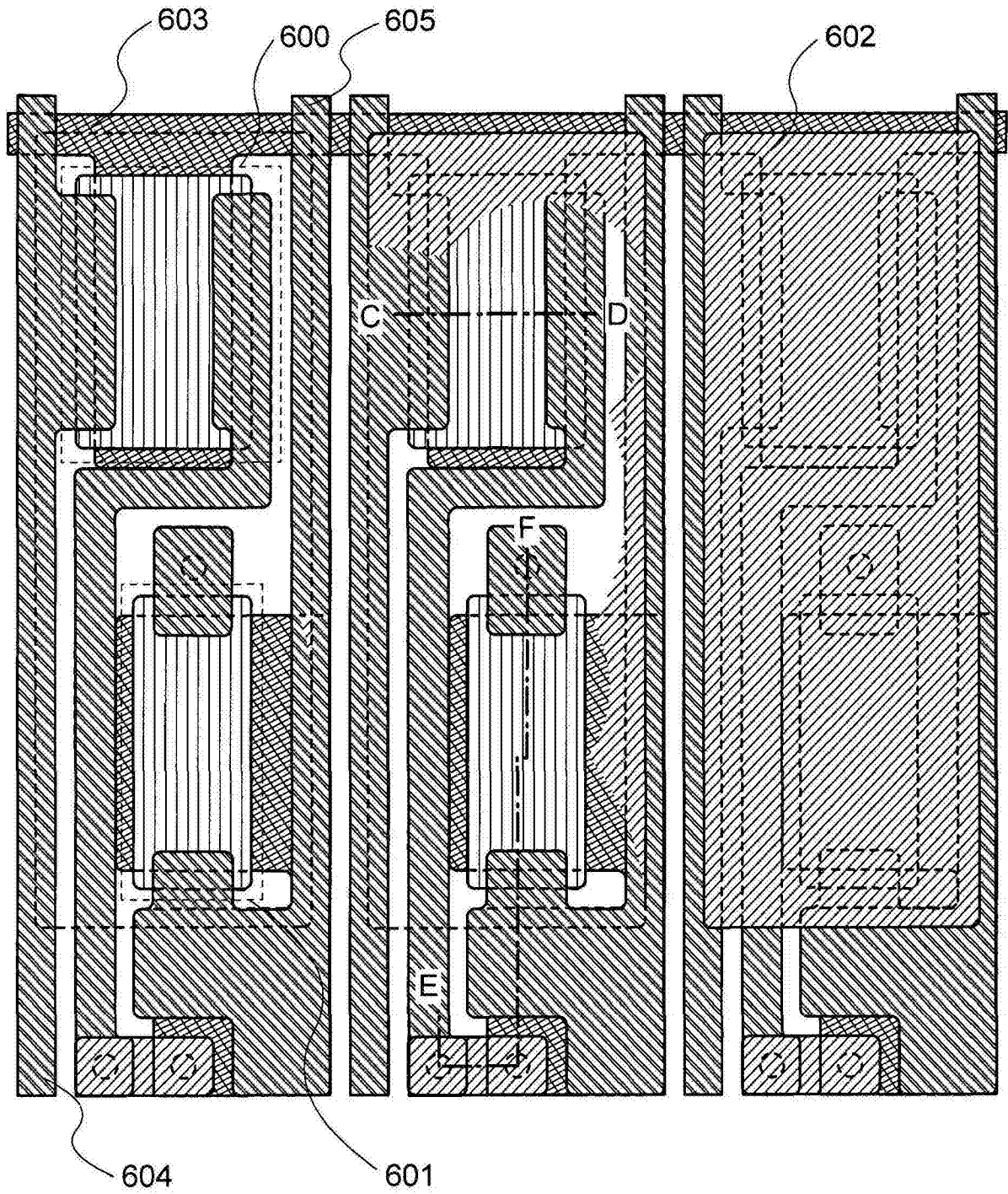


图7

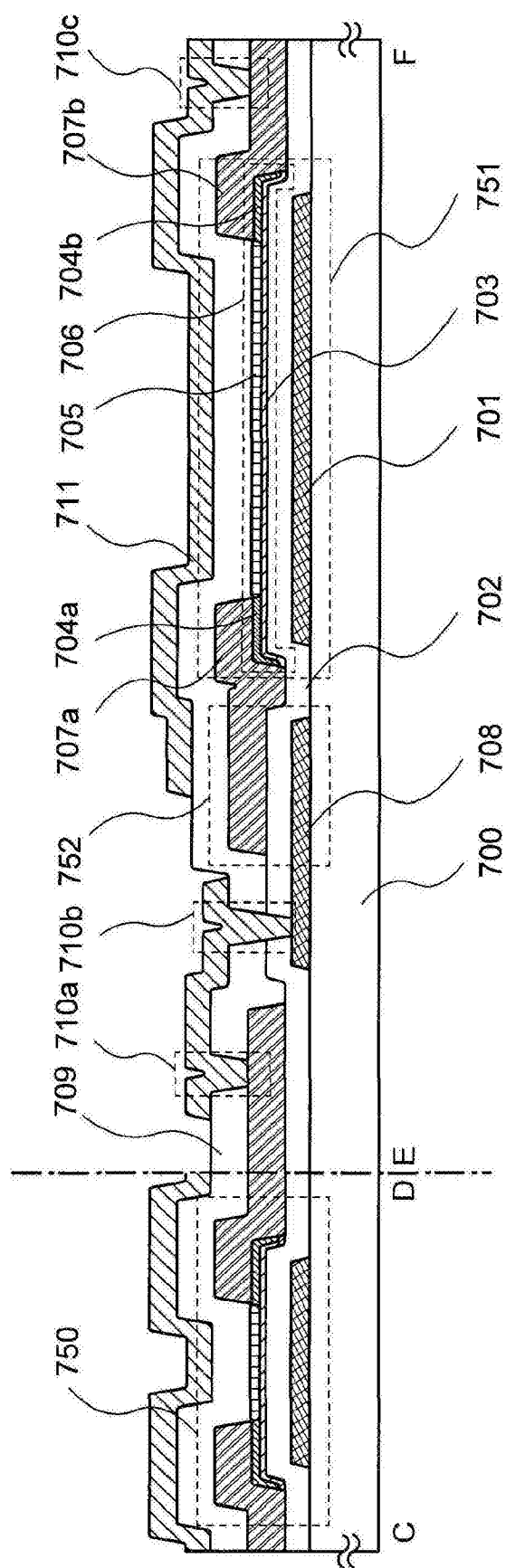


图8

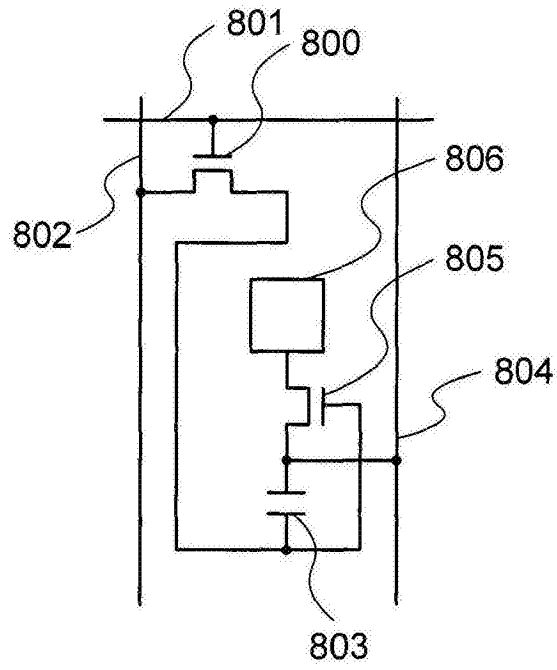


图9

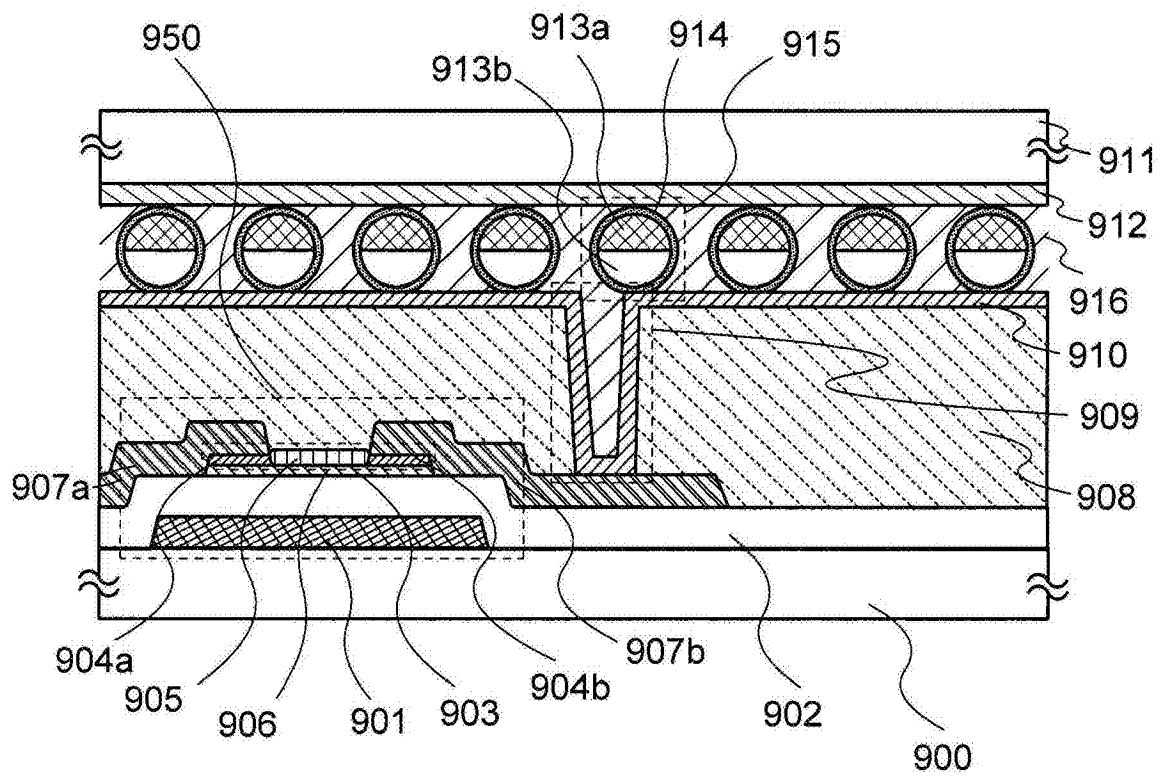


图10

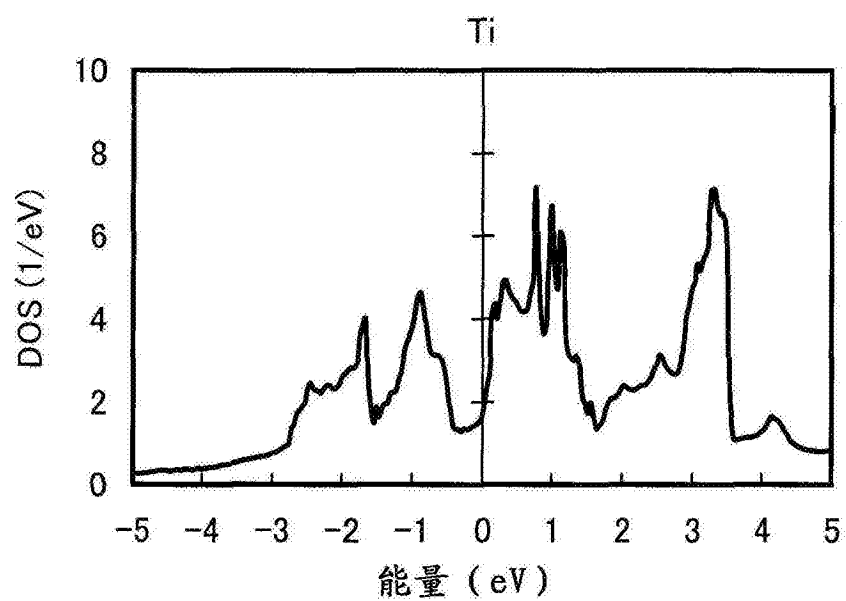


图11A

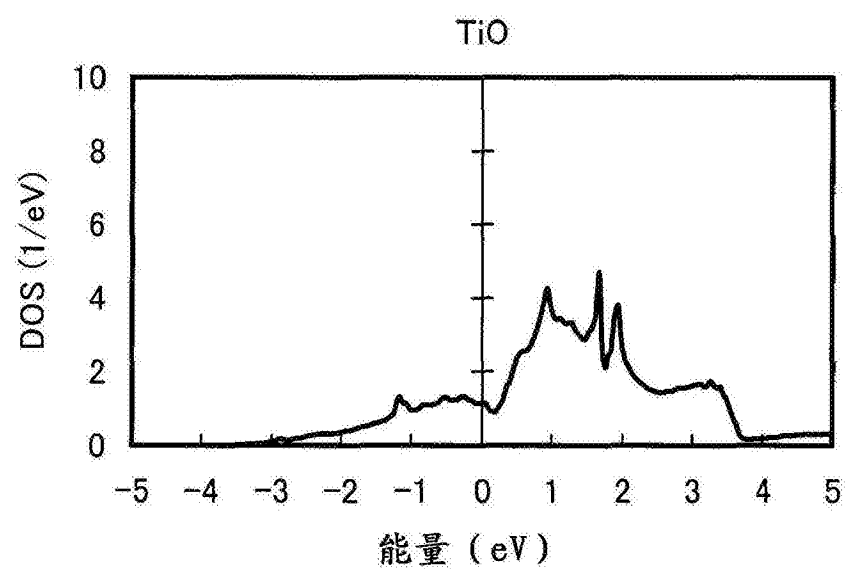


图11B

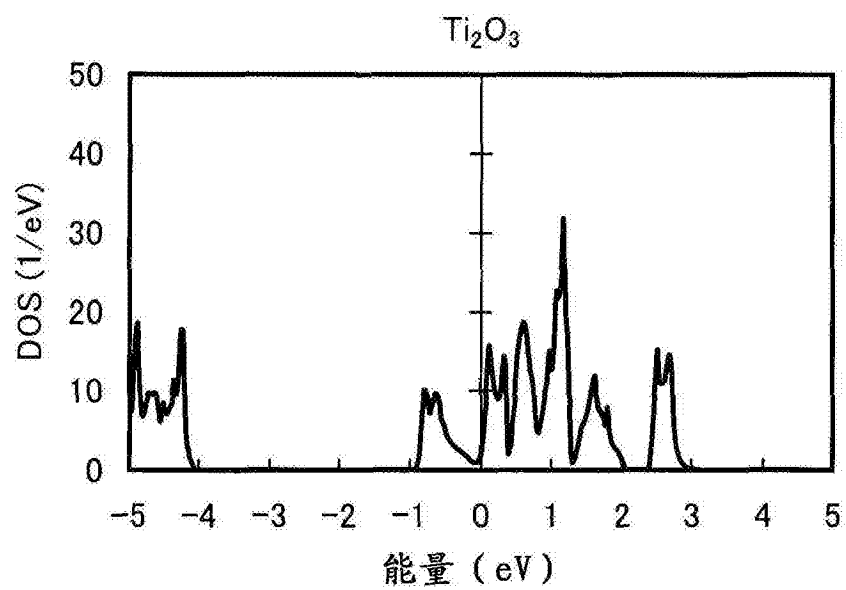


图11C

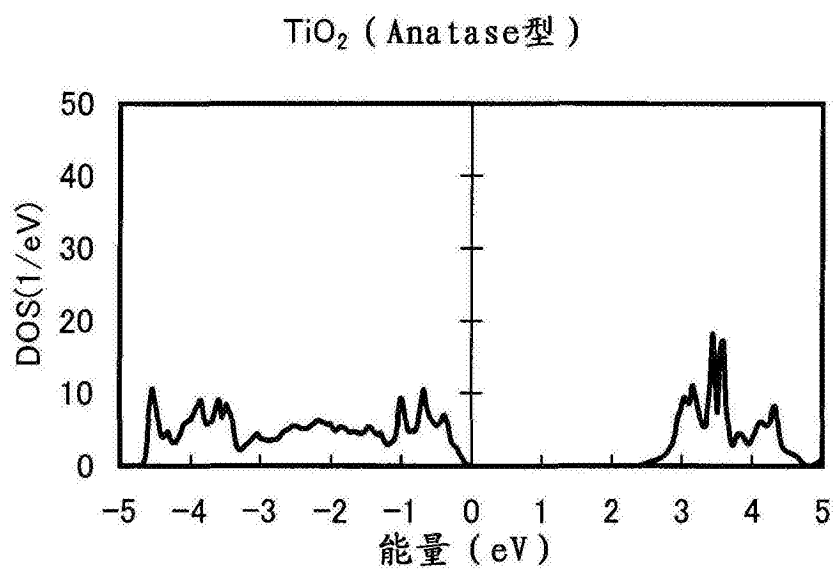


图12A

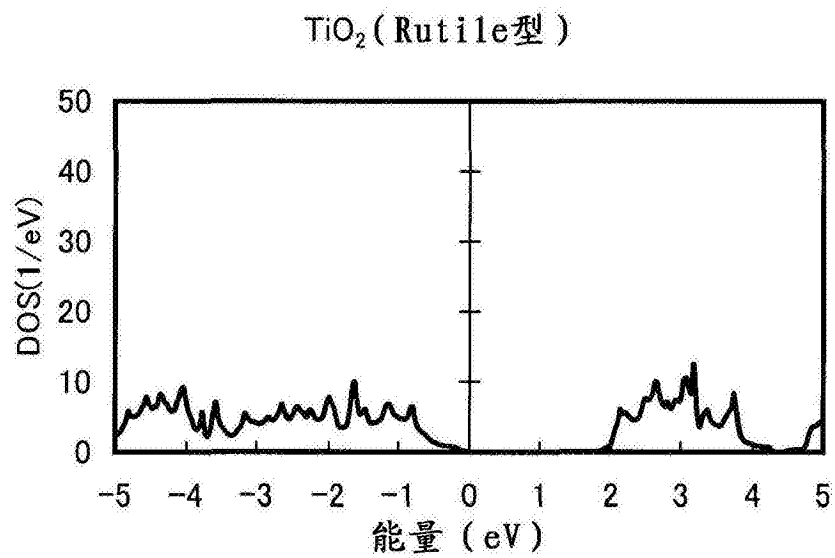


图12B

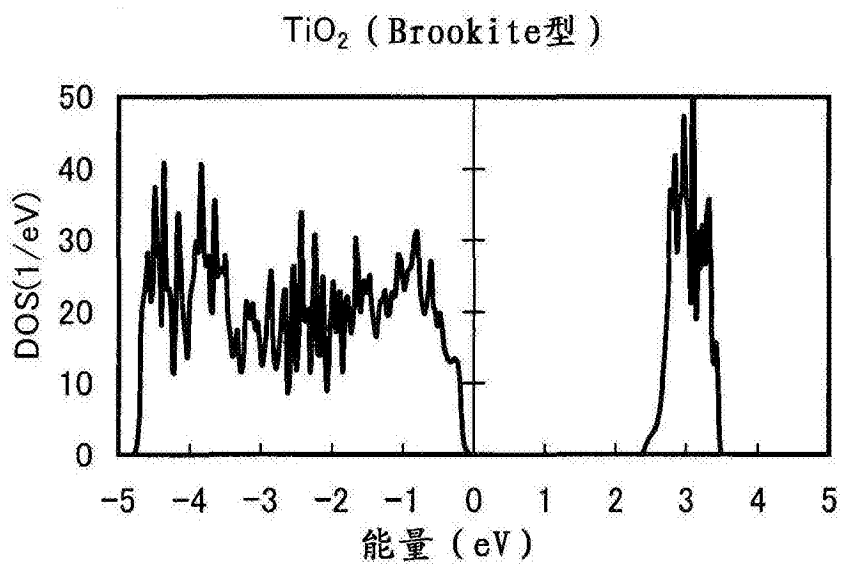


图12C

没有氧缺损的结构

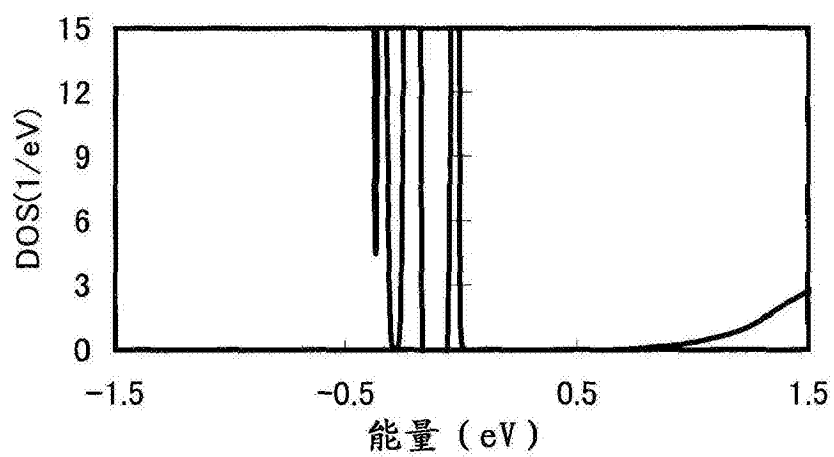


图13A

氧缺损结构

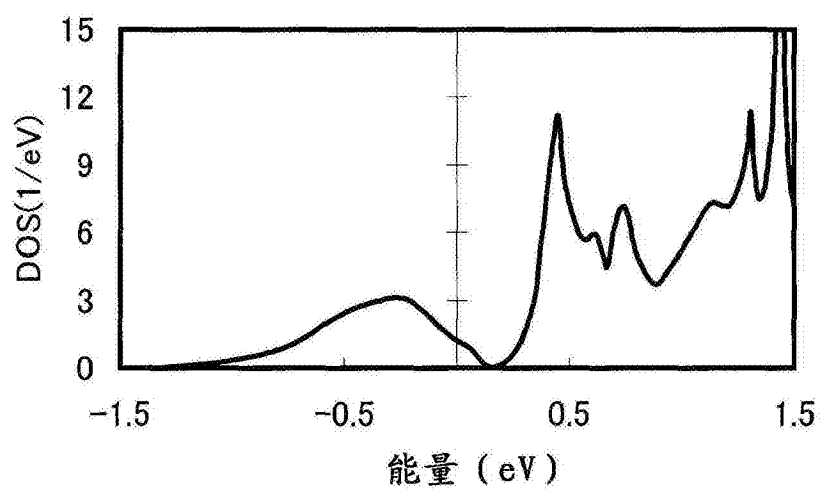


图13B

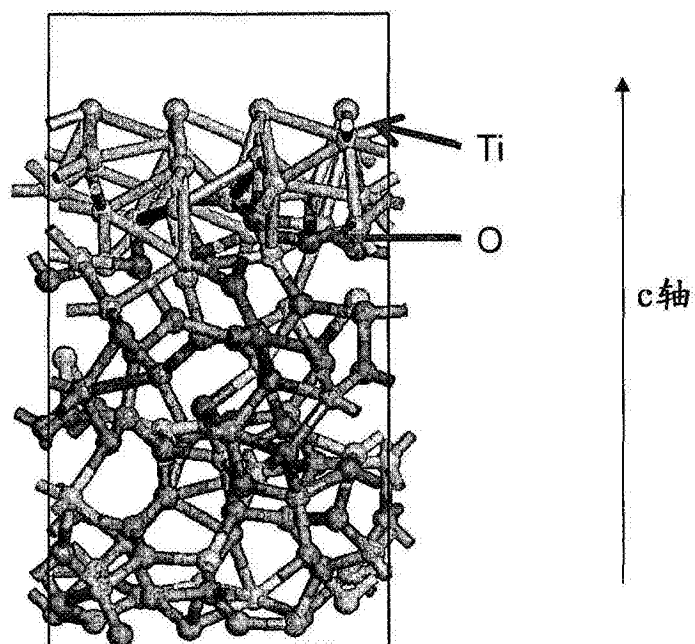


图14A

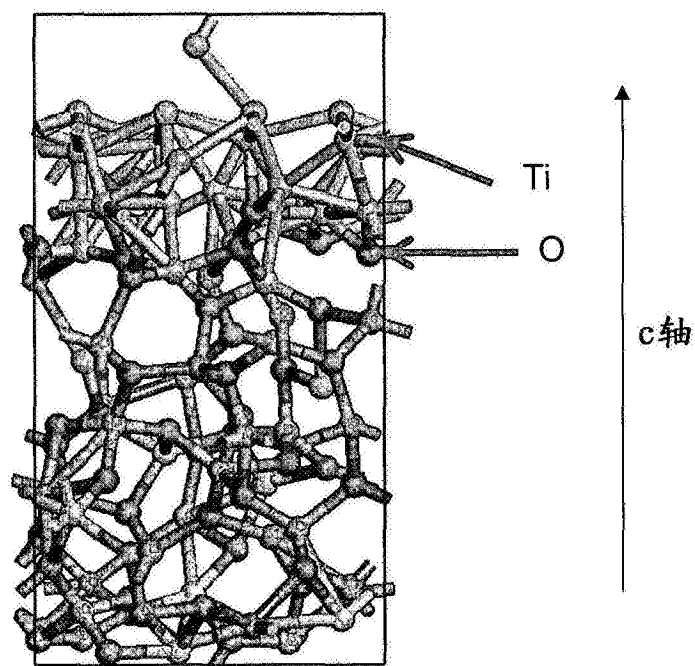


图14B

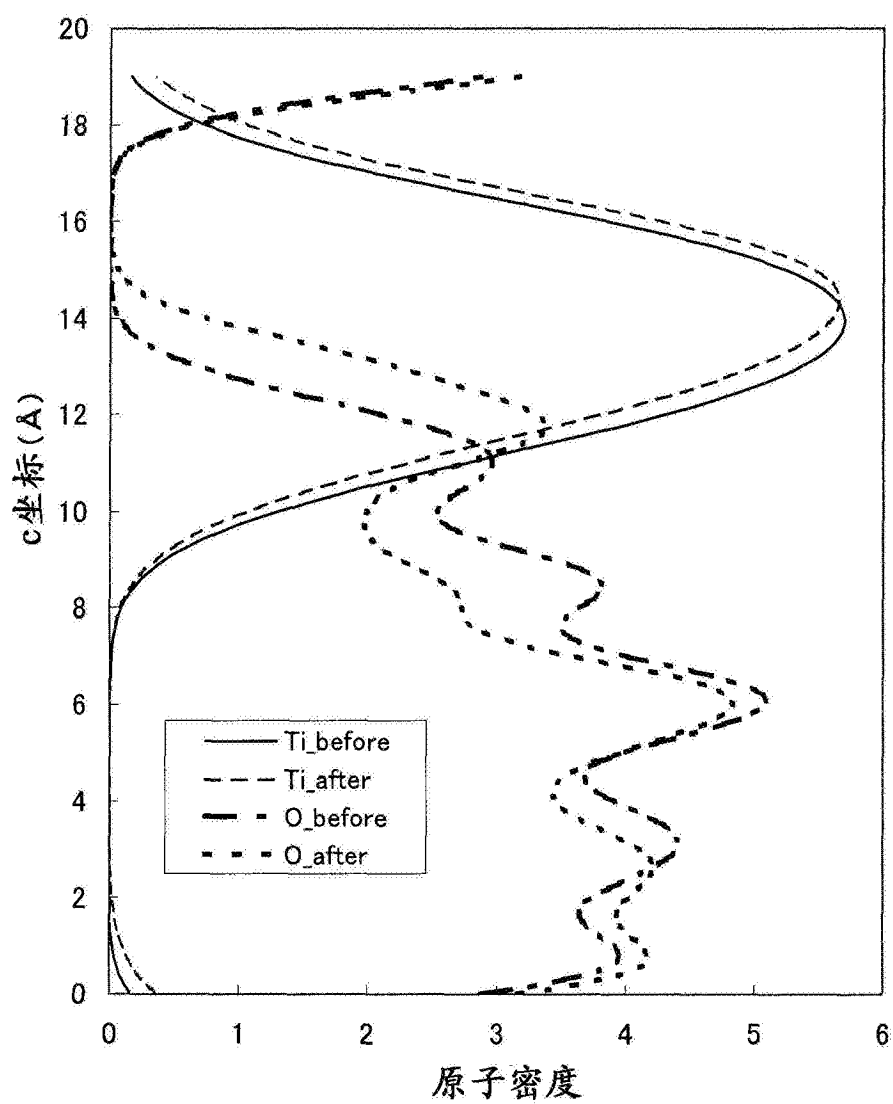


图15

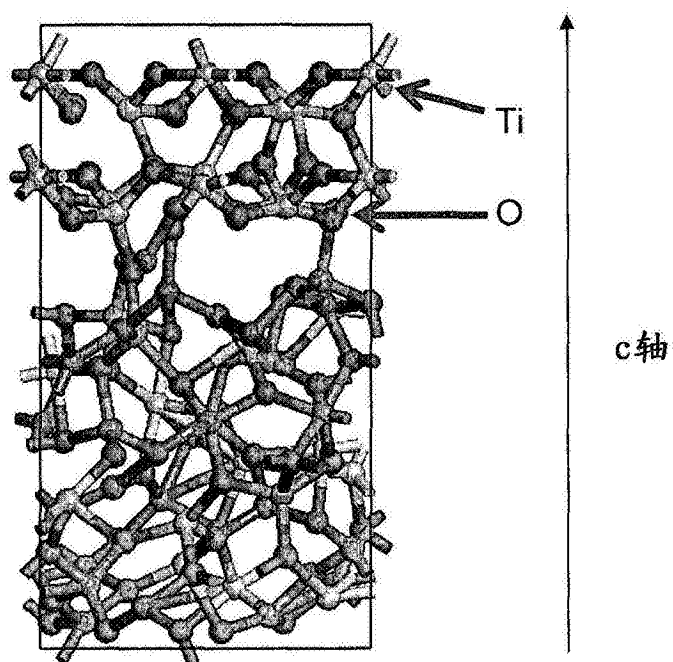


图16A

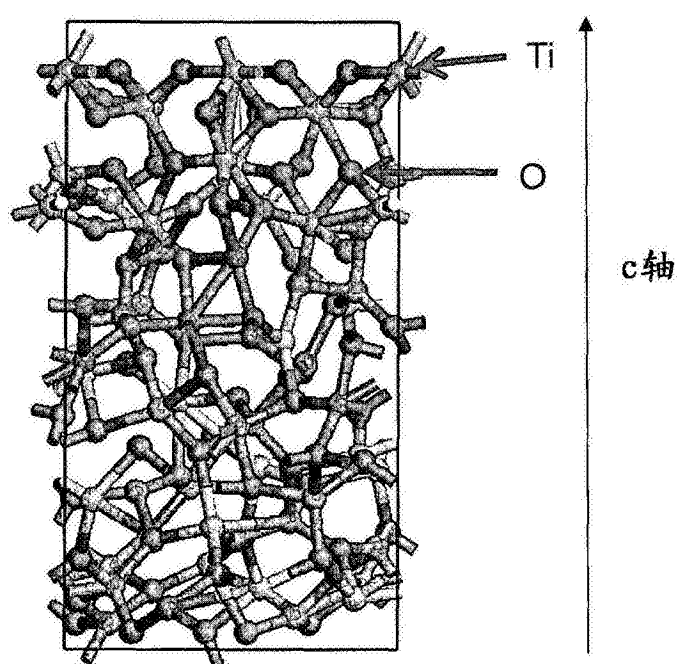


图16B

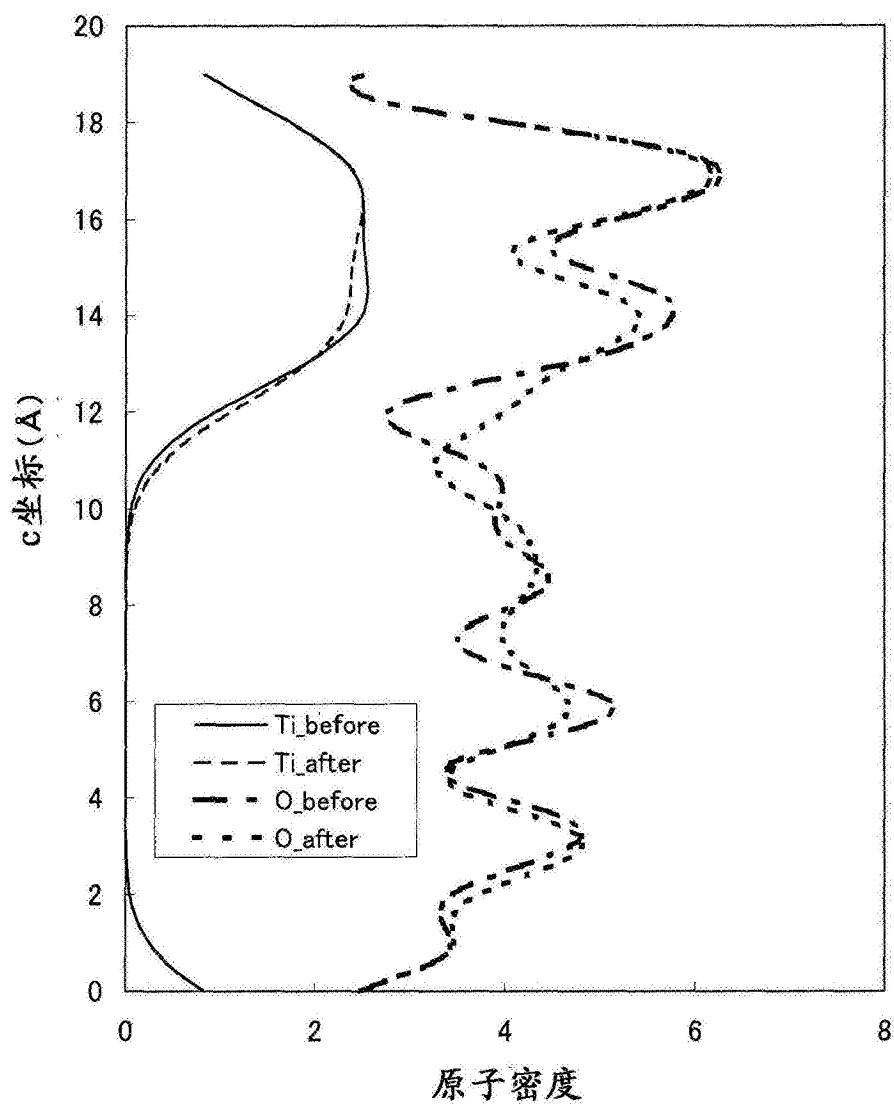


图17