



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101719514 B

(45) 授权公告日 2012.06.27

(21) 申请号 200910204465.8

US 2007072439 A1, 2007.03.29, 全文.

(22) 申请日 2009.09.29

US 2005059227 A1, 2005.03.17, 图3及说明书相应部分.

(30) 优先权数据

2008-261878 2008.10.08 JP

US 2007108446 A1, 2007.05.17, 说明书第[0006]-[0007]段、图7.

(73) 专利权人 佳能株式会社

审查员 陈龙

地址 日本东京

(72) 发明人 岩崎达哉 板垣奈穗

(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 刘偶

(51) Int. Cl.

H01L 29/78 (2006.01)

H01L 29/43 (2006.01)

H01L 21/34 (2006.01)

H01L 21/28 (2006.01)

(56) 对比文件

US 2007108446 A1, 2007.05.17, 说明书第[0006]-[0007]段、图7.

US 2006108636 A1, 2006.05.25, 全文.

US 2007069209 A1, 2007.03.29, 全文.

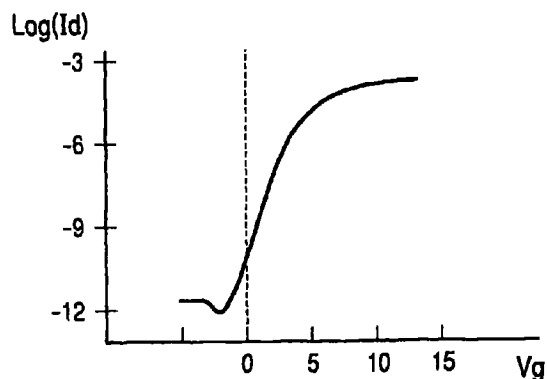
权利要求书 1 页 说明书 10 页 附图 5 页

(54) 发明名称

场效应晶体管及其制造工艺

(57) 摘要

本发明涉及场效应晶体管及其制造工艺。场效应晶体管具有栅极电极、栅极绝缘层、沟道、以及与沟道电连接的源极电极和漏极电极,所述沟道包括氧化物半导体,所述源极电极或漏极电极包括氮氧化物。



1. 一种场效应晶体管,其具有栅极电极、栅极绝缘层、沟道、以及与沟道电连接的源极电极和漏极电极,

所述沟道包括包含锌或镉并且具有非晶结构的氧化物半导体,

所述源极电极或漏极电极包括氮氧化物,所述氮氧化物包含锌或镉并且具有吸收近紫外光的光学带隙。

2. 根据权利要求1所述的场效应晶体管,其中所述氧化物半导体中包含的主金属元素和所述氮氧化物中包含的主金属元素是相同的。

3. 根据权利要求2所述的场效应晶体管,其中所述氧化物半导体包含锌、镉和氧,并且所述氮氧化物包含这样的晶体,所述晶体包含锌、镉、氧和氮。

4. 根据权利要求1所述的场效应晶体管,其中所述氮氧化物中包含的氧和氮的组分比率由以下关系表达式表示:

$$(\text{氮原子})/(\text{氮原子} + \text{氧原子}) \geq 0.01。$$

5. 根据权利要求1所述的场效应晶体管,其中所述氮氧化物的光学带隙小于所述氧化物半导体的光学带隙。

6. 根据权利要求1所述的场效应晶体管,其中所述源极电极和漏极电极是通过向构成沟道的氧化物半导体添加氮而形成的源极区域和漏极区域。

场效应晶体管及其制造工艺

技术领域

[0001] 本发明涉及采用由氧化物构成的半导体膜作为沟道的场效应晶体管。本发明还涉及用于制作所述晶体管的工艺。

背景技术

[0002] 场效应晶体管 (FET) 是包括栅极电极、源极电极和漏极电极的三端元件。该 FET 是用于通过向栅极电极施加电压来控制 and 切换流过源极电极和漏极电极之间的沟道层的电流的电子有源元件。特别是,采用半导体薄膜作为沟道层的 FET 被称为薄膜晶体管 (TFT)。

[0003] 基于薄膜技术, TFT 可有利地容易以大面积形成在衬底上。因此, TFT 被广泛地用作如液晶显示器的平板显示器的驱动元件。在液晶显示器 (LCD) 中, 通过在玻璃衬底上形成的 TFT 接通和关断像素。对于未来的高性能的有机 LED 显示器 (有机发光二极管显示器, OLED), 认为通过 TFT 的像素的电流驱动是有效的。

[0004] 目前, 采用多晶硅膜或非晶 (amorphous) 硅膜的 TFT 被广泛地用作沟道层的材料。然而, 在器件制造中必须在高温处理非晶硅 TFT 或多晶硅 TFT, 这使得难以在如塑料衬底或膜的衬底上形成薄膜。

[0005] 最近, 主要由氧化物构成的半导体材料作为用于要在聚合物衬底、膜、或玻璃衬底上形成的 TFT 的材料引起了关注。

[0006] 例如, 积极地开发了采用主要由 ZnO (氧化锌) 构成的透明氧化物薄膜的 TFT。此外, 公开了采用 In-Ga-Zn-O 型非晶氧化物的薄膜晶体管。例如美国专利申请公开 No. 2007/0194379 (对应于国际公开 No. 2005/088726) 和 Nature, vol. 432, pp. 488-492, (2004) 的文献中公开了这样的 TFT。这样的晶体管可在室温下形成在塑料或玻璃衬底上, 并在约 $6-9\text{cm}^2(\text{V}_\text{s})^{-1}$ 的电场效应迁移率下具有常断 (normally-off) 型的晶体管特性。

[0007] 为了令人满意的晶体管特性, 半导体和源极电极或漏极电极之间的电阻优选较低, 而在环境中或驱动时电连接优选更稳定。为了该目的, 公开了采用诸如 ITO ($\text{In}_2\text{O}_3:\text{Sn}$, 含锡氧化铟) 的氧化物电极和诸如 Au (金) 的金属电极的非晶氧化物薄膜晶体管的电极 (Thin Solid Films (固体薄膜), 516 (2008) 5899)。

[0008] 在文献: Journal of Crystal Growth. 287 (2006) 149 中描述了用于电连接到结晶 ZnO 半导体的各种金属电极。

[0009] 作为采用氧化物半导体的 TFT 的源极电极和漏极电极, 上面引用的文献 (Thin Solid Films, 516 (2008) 5899) 中描述了数种电极。然而, 电接触和可靠性的进一步改进是必要的。诸如金的贵金属不具有对氧化物半导体足够的粘附性, 并且较不可靠, 因为通过诸如真空沉积或溅射的制造工艺制造的金属电极容易剥落。相反, 对于粘附性, 由诸如 $\text{In}_2\text{O}_3:\text{Sn}$ (ITO) 的氧化物构成的电极是优选的。然而, 这样的氧化物电极的表面性质可在膜形成工艺中或包括热处理和溶液处理的后处理中受到影响, 从而导致与半导体的电连接的变化。

[0010] 本发明的一个目的是提供这样的电极, 其使得能够实现具有较低接触电阻的稳定

的到氧化物半导体的电连接。

[0011] 另一方面,非晶 InGaZnO_4 具有约 2.9eV 的光学带隙,对于可见光是透明的。然而,采用非晶 InGaZnO_4 作为沟道的晶体管在暴露于具有比约 450nm 短的波长(高于约 2.7eV)的近紫外光时会改变其特性。使用这样的材料的晶体管改变了它们的特性。使用该晶体管的显示装置倾向于在显示光或外部光照射到 TFT 上时引起图像质量的劣化。

[0012] 为了防止图像质量劣化,可将光屏蔽层放置在 TFT 上或下以拦截光。这将限制 TFT 的布局并增加了制造步骤。此外,即使使用了光屏蔽层,基于该构成,也有不期望的微量的杂散光(stray light)照射 TFT。(本文的杂散光是指通过元件的内部或外部的反射或折射从不特定的部分引入到 TFT 的光。)因此,需要对光不敏感的 TFT。

[0013] 本发明的第二个目的是提供一种具有较少受杂散光的照射影响的特性的薄膜晶体管。

发明内容

[0014] 本发明涉及场效应晶体管,所述场效应晶体管具有栅极电极、栅极绝缘层、沟道和与沟道电连接的源极和漏极电极,所述沟道包括氧化物半导体,所述源极电极或漏极电极包括氮氧化物。

[0015] 在场效应晶体管中,氮氧化物的主金属元素可以是锌(Zn)或铟(In)。

[0016] 氧化物半导体中包含的主金属元素和氮氧化物中包含的主金属元素可以是相同的。

[0017] 氧化物半导体可包含锌(Zn)、铟(In)和氧(O),并且可具有非晶结构,并且氮氧化物可含有包含锌(Zn)、铟(In)、氧(O)和氮(N)的晶体。

[0018] 氮氧化物中包含的氧和氮的组分比率可以由关系表达式(1)表示:

[0019] $(\text{氮原子})/(\text{氮原子} + \text{氧原子}) \geq 0.01$ (1)。

[0020] 在场效应晶体管中,氮氧化物的光学带隙可以小于氧化物半导体的光学带隙。

[0021] 源极电极和漏极电极可以通过向构成沟道的半导体添加氮而形成的源极区域和漏极区域。

[0022] 本发明涉及制造场效应晶体管的工艺,其包括下述步骤:在衬底上形成氧化物半导体膜,向氧化物半导体膜的数个部分添加氮以形成由氮氧化物构成的源极和漏极区域,并留下未添加氮的部分作为沟道区域。

[0023] 制造场效应晶体管的工艺可包括下述步骤:形成栅极电极,并且通过将栅极电极用作掩模向氧化物半导体膜的未被掩蔽的区域添加氮而通过相对于栅极电极的自对准形成源极区域和漏极区域。

[0024] 本发明的场效应晶体管采用氧化物半导体作为沟道层,并且采用氮氧化物作为源极电极和/或漏极电极,这使得沟道区域与源极电极和/或漏极电极之间的电连接稳定,并提高元件的均匀性和可靠性。

[0025] 此外,由氮氧化物构成的电极吸收近紫外光以防止近紫外光穿透源极电极部分或漏极电极部分。因此,本发明的构成即使当在 TFT 衬底(其上形成了 TFT 阵列的衬底)内产生杂散光时也防止了 TFT 特性的变化,并且提供了具有抵抗近紫外光的照射的稳定特性的 TFT 衬底。

[0026] 参照附图,本发明的其它特征将从对示范性实施例的下述描述变得显而易见。

附图说明

[0027] 图 1A 和 1B 是本发明的薄膜晶体管的构成的截面图。图 1A 示例了顶栅极结构。图 1B 示例了底栅极结构。

[0028] 图 2 是本发明的共面结构的薄膜晶体管的截面图。

[0029] 图 3A 和 3B 是含氮离子的氧化物膜(在图 3A 中为 In-Ga-Zn-O 型;图 3B 中为 Zn-In-O 型)的电阻率对于氮浓度的依赖性的图。

[0030] 图 4 是 Zn-In-O-N 型氮氧化物薄膜的光学带隙对 N/(N+O) 的组分比率的依赖性的图。

[0031] 图 5A 和 5B 是示出了本发明的薄膜晶体管的晶体管特性的图:图 5A 示出了晶体管特性(I_d - V_d 特性);而图 5B 示出了传输特性(I_d - V_g 特性)。

[0032] 图 6 示意性地示例了用于氮氧化物薄膜的制造的溅射设备。

[0033] 图 7A、7B 和 7C 示例了用于制造本发明的共面型薄膜晶体管的工艺。

具体实施方式

[0034] 现在将根据附图详细描述本发明的优选实施例。

[0035] 图 1A 和 1B 和图 2 是分别示例了本发明的场效应晶体管的构成的截面图。在图中,附图标记表示下述部件:10,衬底;11,沟道层(氧化物半导体);12,栅极绝缘层(或栅极绝缘膜);13,源极电极;14,漏极电极;和 15,栅极电极。图 1A 示例了具有顺序形成在沟道层 11 上的栅极绝缘层 12 和栅极电极 15 的顶栅极结构。图 1B 示例了具有顺序形成在栅极电极 15 上的栅极绝缘层 12 和半导体沟道层 11 的底栅极结构。图 2 示例了具有放置在相同平面上的沟道区域 18、源极区域 16 和漏极区域 17 的共面结构。本发明可应用于包括顶栅极结构(正交错结构)、底栅极结构(反交错结构)和共面结构的 TFT 构成中的任何一种。

[0036] 本发明的采用氧化物半导体作为沟道的场效应晶体管(FET)的特征在于:由包含一种或多种金属元素、氧、以及氮的材料(氮氧化物)构成的源极电极 13 和/或漏极电极 14。本发明的发明人已发现由氮氧化物构成的导电膜可很好地高可靠性地电连接至氧化物半导体(如 InGaZnO₄、ZnO 等)。

[0037] 在氮氧化物中的氧和氮的组分比率,(氮原子)/(氮原子加氧原子),优选不小于 0.01,如稍后将说明的。然而,氮和氧的组分比率不限于此。

[0038] 氮氧化物膜中的氮、氧和金属的浓度可由 SIMS(二次离子质谱法)、RBS(卢瑟福背散射谱法)、XPS(X 射线光电子能谱法)、XRF(X 射线荧光分析)等方法确定。

[0039] 构成电极的氮氧化物的金属元素包括 Zn(锌)和 In(铟)。氮氧化物包括 In-O-N、Zn-In-O-N、Zn-Ga-O-N、Zn-Ge-O-N、Zn-In-Ga-O-N、In-Sn-O-N、Zn-Sn-O-N 等类型。这其中,包含 Zn 作为主金属元素的材料对于获得较低的电阻率是优选的。特别是,Zn-In-O-N 型氮氧化物膜对于实现例如从 $1\text{m}\Omega\text{cm}$ ($1\times 10^{-3}\Omega\text{cm}$) 到 $10\text{m}\Omega\text{cm}$ 的范围内的电阻率和环境稳定性是优选的。这样的氮氧化物作为源极电极和/或漏极电极的使用使得能够在沟道区域和源极电极之间以及在沟道区域和漏极电极之间实现稳定的电连接。氮氧化物可包含不对诸如导电性和光学带隙的膜特性造成实质性不利影响的少量杂质。

[0040] 氮氧化物电极的主金属元素和氧化物半导体沟道层的金属元素优选是相同的。具有这样的构成的 TFT 元件具有均匀的特性并且在电连接上是可靠的。可以设想这是因为在氮氧化物电极中和在氧化物半导体沟道层中使用相同的金属元素使得电极和沟道层的功函数彼此相匹配,并且给出了高粘附性。此外,通过对电极和沟道采用具有同种元素的材料,抵抗在热处理工艺下和 TFT 的电驱动下它们的层之间的元素扩散的耐久性(durability) 也被增强了。例如,包括 In-Ga-Zn-O-N 型的氮氧化物电极和 In-Ga-Zn-O 型的氧化物半导体的薄膜晶体管、和包括 Zn-In-O-N 型的氮氧化物电极和 Zn-In-O 型的氧化物半导体的薄膜晶体管是优选的。

[0041] (氮氧化物膜的吸收特性)

[0042] 如上所述,采用氧化物半导体的薄膜晶体管受近紫外可见光(具有低于氧化物半导体的光学带隙的能量的光)影响。使用如 ITO 的透明电极作为源极电极或漏极电极可使得杂散光穿透电极进入沟道,从而影响氧化物 TFT 的特性。另一方面,在本发明中,吸收近紫外光的氮氧化物薄膜的使用将拦截近紫外光穿透电极进入沟道。Au 电极或类似的金属电极,尽管能够通过反射减小杂散光的穿透,但在对氧化物半导体的粘附性和电接触方面不够可靠,并且反射的光可被引入沟道。另一方面,氮氧化物电极给出了满意的电连接并且吸收近紫外光,由此可减小由通过电极到达沟道的杂散光的照射而引起的 TFT 特性的变化。近紫外光,如果被投射至氮氧化物电极,则可几乎不影响电极性能(电阻率)。具有用于拦截杂散光穿透电极到达沟道的结构的 TFT 可使得抵抗杂散光的面板设计更容易。

[0043] 由氮氧化物构成的薄膜在膜中的氮的含量较大时具有较小的光学带隙,以吸收可见光(近紫外光)。图 4 是 Zn-In-O-N 型氮氧化物薄膜的光学带隙对组分比率 $N/(N+O)$ 的依赖性的图。在图中,符号 N 表示氮原子的数量,而符号 O 表示氧原子的数量。在图中,在大于 1% ($N/(N+O) = 0.01$) 的组分比率 $N/(N+O)$ 的情况下,光学带隙较小,从而导致近紫外区域的光的吸收。例如,对于采用 Zn-In-O 型的氧化物半导体沟道的 TFT,可通过将 Zn-In-O-N 型的氮氧化物电极的组分比率 $N/(N+O)$ 调整为 0.01 或更高来防止由近紫外光引起的 TFT 特性的变化。也就是说,对于具有由氮氧化物构成的源极电极和漏极电极的薄膜晶体管, $N/(N+O)$ 的组分比率被优选调整为不小于 0.01。

[0044] 如上所述,由于影响氧化物半导体的光的吸收,由氮氧化物构成的电极的光学带隙优选小于氧化物半导体的光学带隙。例如,非晶 InGaZnO_4 具有约 2.9eV 的光学带隙,对于可见光是透明的。采用该非晶 InGaZnO_4 作为沟道的晶体管在约 2.7eV 或更高的近紫外光的照射下可引起其性质的变化。因此,氧化物半导体的光学带隙优选比由氮氧化物构成的电极的光学带隙大 0.2eV 或更大,更优选大 0.5eV(在下文中,短语“具有非晶结构”被简称为“非晶”)。

[0045] 光学带隙可从通过光谱法测量的薄膜的透射谱的光吸收边缘来估算。在本发明中,通过从 800nm 向更短波长侧扫描来测量光吸收系数,并且将光吸收系数变为 $10^4(1/\text{cm})$ 或更高的波长限定为光吸收边缘波长。光吸收边缘波长被转换为与光学带隙一样的能量单位(eV)。

[0046] (制造氮氧化物膜的工艺)

[0047] 用于制造氮氧化物膜的工艺包括将氮添加至形成的氧化物薄膜的工艺和直接形成氮氧化物膜的工艺。

[0048] 在前一工艺中,例如,通过离子注入将氮添加至氧化物薄膜中。用于离子注入的离子核素(species)包括 N^+ 离子、 N^- 离子和 N_2^+ 离子(氮分子离子)。

[0049] 本发明的发明人发现,向非晶氧化物半导体薄膜添加氮增加了氧化物薄膜的导电性。所形成的氮氧化物膜具有足够的导电性来用作电极。

[0050] 图 3A 示出了约 400nm 厚的 $InGaZnO_4$ 薄膜的导电性对其中注入的氮离子的量的依赖性。图 3B 示出了约 400nm 厚的 $Zn-In-O$ (Zn/In 组分比率, $Zn : In = 6 : 4$) 的薄膜的导电性对其中注入的氮离子的量的依赖关系。横坐标表示每单位体积注入的氮离子的量(氮浓度),而纵坐标表示电阻率。电阻率对膜中的氮浓度的依赖性取决于氧化物薄膜的组分和膜性质。

[0051] 例如,如图 3A 所示,可通过将氮离子以在 $1cm^3$ 的单位体积(在下文中简称为“每体积”)中约 10^{19} 个离子($1/cm^3$)的量注入约 $1E+8 \Omega cm$ 的 $InGaZnO_4$ 的薄膜,来获得约几十 Ωcm 的膜电阻率。此外,如图 3B 所示,可通过将氮离子以每体积约 10^{19} 个离子($1/cm^3$)的量注入约 $1E+8 \Omega cm$ 的 $Zn-In-O$ 型薄膜,来获得约 $100 \Omega cm$ 的膜电阻率。此外,可通过以每体积约 10^{20} ($1/cm^3$) 的量注入氮离子,来获得约 $10 \Omega cm$ 的电阻率的膜。为了用作源极电极或漏极电极,氮的浓度被调整为不低于约 10^{19} ($1/cm^3$)。

[0052] 如上所述,可通过将氮离子添加到所形成的氧化物薄膜的至少一部分中来形成氮氧化物薄膜。

[0053] 下面,描述形成氮氧化物薄膜的另一个工艺,其中在真空或受控的气氛中在衬底上形成氮氧化物薄膜。

[0054] 具体地讲,该工艺包括通过使用氮氧化物作为源材料的膜形成方法、通过在氮气气氛中使用氧化物作为源材料的膜形成方法、以及通过在氧气气氛中使用氮化物作为源材料的膜形成方法。此外,可通过在氧气、氮气或其混合物的气氛中使用金属源极来产生氮氧化物薄膜。例如,可通过同时用三个靶材, In_2O_3 、 ZnO 和 GaN 溅射,或在含氮气氛中用 $InGaZnO_4$ 的靶材进行溅射,来形成 $In-Ga-Zn-O-N$ 膜。此外,可通过在含氮气氛中通过同时用靶材 In_2O_3 和 ZnO 溅射来形成 $Zn-In-O-N$ 膜。通过该方法,可形成具有在 10^{-3} 量级(单位: Ωcm) 的低电阻率的 $Zn-In-O-N$ 膜:例如,具有范围从 $1m \Omega cm$ ($1 \times 10^{-3} \Omega cm$) 到 $10m \Omega cm$ 的电阻率的膜。这些膜具有适合用作电极的电阻率。

[0055] 在上述说明中,膜是通过溅射形成的。另外,也可应用其它类型的气相方法,诸如脉冲激光气相沉积(PLD 方法)和电子束气相沉积。为了增加膜中的氮浓度,在膜形成期间使用自由基源(radical source)照射 N 自由基是有效的。膜形成工艺不限于此。

[0056] 如果必要的话,可另外地在氮氧化物电极上形成导电膜,由此改善半导体和氮氧化物电极之间的电接触,并且可降低电极中的串联电阻。

[0057] (沟道层)

[0058] 沟道层可由任何氧化物形成而没有限制。对于较高迁移率, In 或 Zn 型氧化物是优选的,包括 $In-Ga-Zn-O$ 型、 $Zn-In-O$ 型和 $Zn-Sn-O$ 型的非晶氧化物;以及诸如 ZnO 和 In_2O_3 的结晶氧化物。特别的,沟道层优选由非晶氧化物形成。 ZnO 等的多晶薄膜不是优选的,因为取决于膜形成工艺,它会由于多晶微粒的形状及其互连的变化而改变 TFT 器件特性。特别的,包含 In 、 Ga 和 Zn 的非晶氧化物是优选的。也就是说, $In-Ga-Zn-O$ 膜和 $Zn-In-O$ 膜是优选的。可通过调整膜形成条件(膜形成中的气氛、温度和膜形成速率)、退火条件等来控制

制非晶氧化物的导电性。因此,具有小于 0.1S/cm 的导电性的非晶氧化物半导体可用于沟道。沟道的氧化物可以在其具有足够的半导体特性的限度内含有氮。

[0059] (栅极电极)

[0060] 栅极电极 15 可以是 $\text{In}_2\text{O}_3:\text{Sn}$ 、 ZnO 或类似材料的透明导电膜,或 Au、Pt、Al、Ni 等的金属膜。另外,与上述源极电极或漏极电极类似,栅极电极可以是氮氧化物的膜。

[0061] (栅极绝缘层)

[0062] 可以由具有足够的绝缘性质的任何材料形成栅极绝缘层 12 而没有限制。例如,可以由 SiO_2 、 Al_2O_3 、 Y_2O_3 或 HfO_2 ,或含有两个或更多个上述化合物的混合结晶化合物形成栅极绝缘膜 12。因此,源极电极和栅极电极之间或者漏极电极和栅极电极之间的泄漏电流可保持为小于约 10^{-10}A 。

[0063] (衬底)

[0064] 衬底 10 可以是玻璃衬底、塑料衬底、塑料膜等。

[0065] (TFT 特性)

[0066] 图 5A 和 5B 示出了本发明的场效应晶体管的典型特性。在源极电极和漏极电极之间施加约 5-15V 的电压 V_d ,可通过在 0V 和 10V 之间的栅极电压 V_g 来控制(接通或关断)源极电极和漏极电极之间的电流 I_d 。图 5A 示出了随 V_g 变化的 I_d - V_d 特性。图 5B 示出了在 10V 的 V_d 下的 I_d - V_g 特性(传输特性)。可通过通断比率(on/offratio)和场效应迁移率来评估 TFT 特性。通断比率是从 V_g 接通时的 I_d 对 V_g 关断时的 I_d 的比率估算的。场效应迁移率可从 $\sqrt{I_d}-V_g$ 的图的梯度(gradient)估算。

[0067] (例子 1)

[0068] 图 1A 示例了该例子的顶栅极型 TFT。沟道层 11 是 In-Ga-Zn-O 型的非晶氧化物半导体的膜。源极电极 13 和漏极电极 14 是 In-Ga-Zn-O-N 型的氮氧化物的膜。下面描述制造这样的 TFT 的过程。

[0069] 首先,非晶氧化物半导体层作为沟道层 11 形成在玻璃衬底 10(由 Corning Co.: 1737 制成)上。在该例子中,在氩-氧混合气的气氛中通过射频溅射方法形成 In-Ga-Zn-O 型的非晶氧化物膜。该溅射是通过在 25℃ 的衬底温度、0.45Pa 的总气体压力,Ar : O_2 (流速比率为 100 : 1)的混合气的气氛中,用 100W 的 RF 功率输入,采用 2 英寸大小的 InGaZnO_4 的多晶烧结体为靶材(材料源)来进行的。膜沉积速率为 12nm/min。在形成膜之后,在 280℃ 执行退火 40 分钟。该膜具有约 30nm 的厚度。根据荧光 X 射线分析,薄膜的金属组分比率 In : Ga : Zn 为 35 : 35 : 30。薄膜在 X 射线衍射图案中不具有明确的峰,这表示薄膜是非晶的。

[0070] 接着,形成由氮氧化物构成的漏极电极 14 和源极电极 13。通过光刻和剥离方法形成电极图案。源极电极和漏极电极是由 In-Ga-Zn-O-N 膜构成的,具有 100nm 的厚度。

[0071] 通过如图 6 所示的膜形成溅射系统形成氮氧化物膜。在图 6 中,附图标记表示如下:51,样品;52,靶材;53,真空泵;54,真空计;55,衬底支架;56,各个气体供给线的气体流速控制器;57,压力控制器;58,膜形成室。

[0072] 真空泵 53 对膜形成室 58 抽气。衬底支架 55 将衬底保持在膜形成室中。靶材 52 是与衬底支架 55 相对放置的固体材料源。溅射系统还具有用于从固体材料源蒸发材料的能量源(射频源,图中未示出)和将气体供给到膜形成室中的气体供给线。在图中,设置了

两条线用于供给氩气和氮气。通过由气体流速控制器 56 单独地控制诸气体的流速,并通过由压力控制器 57 控制抽空速率来制备膜形成室中的规定的气体气氛。

[0073] In-Ga-Zn-O-N 膜是通过在 0.4Pa 的总压力下和 10 : 1 的 Ar : N₂ 气体流速比率下使用 InGaZnO₄ 的靶材而形成的。膜中的金属组分比率 In : Ga : Zn 为 35 : 36 : 29, 而膜中的 N/O 比率为 0.1。膜的电阻率被估算为约 0.1 Ω cm。薄膜在 X 射线衍射图案中不具有明确的峰,这表示薄膜是非晶的。

[0074] 在其上,形成栅极绝缘层 12。以 150nm 的厚度通过溅射形成 SiO_x 膜作为栅极绝缘层 12。SiO_x 膜具有约 3.7 的介电常数。

[0075] 此外,以 100nm 的厚度在栅极绝缘层上形成 Mo 的栅极电极 15。该薄膜晶体管的沟道具有 50 μ m 的长度和 200 μ m 的宽度。

[0076] (特性的评估)

[0077] TFT 特性的电学评估的结果显示:阈值电压为约 +1.5V,通断比率为 10⁹,而场效应迁移率为约 8cm²(Vs)⁻¹。氮氧化物电极和氧化物半导体之间的接触电阻被估算为约 2×10⁻⁴ Ω cm²,给出了令人满意的欧姆接触。这里的欧姆接触表示这样的接触,通过该接触,电流-电压关系为线性或接近线性的。衬底上的器件当中接触电阻的变化足够小。这些器件之间的 TFT 特性的变化更小。如上所述,由 In-Ga-Zn-O-N 型的氮氧化物构成的源极电极和漏极电极给出了优良的晶体管特性。

[0078] 构成沟道的非晶氧化物 InGaZnO₄ 具有 2.9eV 的光学带隙,而氮氧化物膜具有 2.6eV 的光学带隙。

[0079] 因此,In-Ga-Zn-O-N 膜(氮氧化物膜)有效地吸收能够影响沟道的近紫外光(450nm 或更短的波长)。因此,使用氮氧化物膜作为电极拦截了近紫外光穿透电极到达沟道,这使得能够形成对于光稳定的 TFT 衬底(TFT 阵列)。

[0080] 具有对于光暴露稳定的特性的场效应晶体管有望用于诸如有机发光二极管的操作电路的应用。

[0081] (例子 2)

[0082] 图 1B 示例了该例子的底栅极型 TFT。沟道层 11 是 Zn-In-O 型的非晶氧化物的膜。源极电极 13 和漏极电极 14 是 Zn-In-O-N 型的氮氧化物的膜。下面描述制造这样的 TFT 的工艺。

[0083] 首先,通过溅射在玻璃衬底(由 Corning Co. :1737 制成)上以 100nm 的厚度形成 Mo 膜作为栅极电极。

[0084] 然后,通过溅射 150nm 的厚度形成 SiO_x 膜作为栅极电极绝缘层 12。

[0085] 然后,通过使用 ZnO 靶材和 In₂O₃ 靶材同时溅射来形成 Zn-In-O 型的非晶氧化物半导体膜作为沟道层。在溅射中,氩气和氧气的混合比率为 Ar : O₂ = 80 : 1,膜形成速率为 12nm/min,衬底温度为 25℃,并且膜厚度为约 30nm。形成的 Zn-In-O 膜是非晶的。Zn : In 的金属组分比率是 64 : 36。薄膜在 X 射线衍射图案中不具有明确的峰,这表示薄膜是非晶的。

[0086] 在其上形成由氮氧化物构成的漏极电极 14 和源极电极 13。所述电极是 150nm 厚的 Zn-In-O-N 膜。在膜形成工艺中,以 0.4Pa 的总压力和 1 : 1 的 Ar : N₂ 的气体流速比率通过使用 ZnO 和 In 的靶材同时溅射来形成 Zn-In-O-N 膜。自由基源被用于通过电子回

旋共振等离子体来激发氮气。在膜中, Zn : In 的金属组分比率为 61 : 39, 而 N : O 的组分比率为约 6 : 4。膜具有约 $10\text{m}\Omega\text{cm}$ 的电阻率, 这对于用作电极是足够低的。根据通过 X 射线衍射的评估, 该例子的氮氧化物薄膜由多晶膜构成, 可以设想这给出了低电阻率。

[0087] (特性的评估)

[0088] TFT 特性的评估结果显示: 阈值电压为约 0.5V, 通断比率为 10^9 , 并且场效应迁移率为约 $16\text{cm}^2(\text{Vs})^{-1}$ 。氮氧化物电极和氧化物半导体之间的接触电阻被估算为约 $1 \times 10^{-4}\Omega\text{cm}^2$, 给出令人满意的欧姆接触。衬底的器件当中接触电阻的变化小, 由此器件之间的 TFT 特性的变化更小。

[0089] 如上所述, 由 Zn-In-O-N 型的氮氧化物构成的源极电极和漏极电极和非晶 Zn-In-O 半导体的使用给出了优良的晶体管特性。

[0090] 构成沟道的 Zn-In-O 型非晶氧化物具有 2.6eV 的光学带隙, 而氮氧化物膜 (Zn-In-O-N 膜) 具有 1.6eV 的光学带隙。因此, Zn-In-O-N 膜有效地吸收能够影响沟道的近紫外光。因此, 使用氮氧化物膜作为电极拦截近紫外光穿透电极到达沟道, 这使得能够形成对于光稳定的 TFT 衬底。

[0091] 具有对于光暴露稳定的特性的场效应晶体管有望用于诸如有机发光二极管的操作电路的应用。

[0092] (例子 3)

[0093] 图 2 示例了该例子的共面型场效应晶体管。图 2 是截面图, 其中附图标记表示如下: 10, 衬底; 11, 沟道层 (氧化物薄膜); 12, 栅极绝缘层; 以及 15, 栅极电极。沟道层 11 具有三个区域: 包含注入的氮的源极区域 16 (对应于例子 1 中的源极电极)、包含注入的氮的漏极区域 17 (对应于例子 1 中的漏极电极), 以及沟道区域 18 (对应于例子 1 中的沟道层)。由 In-Ga-Zn-O 型非晶氧化物形成沟道层 11, 并且通过氮离子注入在其中形成源极区域 16 和漏极区域 17 作为电极。图 7A、7B 和 7C 示例了源极区域和漏极区域的形成工艺。下面描述这样的晶体管的形成步骤。

[0094] 首先, 在玻璃衬底 10 (由 Corning Co. : 1737 制成) 上形成非晶氧化物层作为沟道层 11。在该例子中, 在氩气-氧气混合气的气氛中通过射频溅射形成 In-Zn-Ga-O 型的非晶氧化物膜。在 25°C 的衬底温度, 0.45Pa 的总气体压力, Ar : O_2 (流速比率为 80 : 1) 的混合气的气氛中, 用 100W 的 RF 功率输入, 用 2 英寸大小的 InGaZnO_4 的多晶烧结体构成的靶材 (材料源) 来进行所述溅射。膜形成速率为 $11\text{nm}/\text{min}$ 。膜具有约 50nm 的厚度。根据荧光 X 射线分析, 薄膜的金属组分比率 In : Ga : Zn 为 36 : 35 : 29。薄膜在 X 射线衍射图案中不具有明确的峰, 这表示所形成的薄膜是非晶的。

[0095] 接着, 形成栅极绝缘层 12, 并将其图案化。以 150nm 的厚度通过溅射形成 SiO_x 膜作为栅极绝缘层 12。在其上, 以 100nm 的厚度形成由 Mo 组成的栅极电极 15。然后, 将氮离子注入非晶氧化物薄膜 11 中 (图 7A) 以在沟道层 11 中形成源极区域 16 和漏极区域 17 (图 7B)。如图 7A 所示, 在该离子注入中, 氮离子被注入通过栅极绝缘层 12 到沟道层 (氧化物薄膜) 11 中。在上述步骤中, 栅极电极 15 充当掩模, 并且根据栅极电极的图案自对准地放置注入了氮的源极区域 16 和注入了氮的漏极区域 17。在 30kV 的加速电压下通过采用 N^+ 作为离子核素来进行该离子注入。源极区域 16 和漏极区域 17 中的氮浓度为约 $2 \times 10^{19}(\text{1}/\text{cm}^3)$ 。已在与上述相同的条件下对其注入了氮的另一个样品具有约 $10\Omega\text{cm}$ 的电阻率。此

外,如图 7C 所示,形成了由 SiO_2 构成的绝缘层 19 和由 Mo 构成的布线 20、21。最终,产物在 300°C 退火 20 分钟。沟道区域 18 具有 $40\text{ }\mu\text{m}$ 的长度和 $200\text{ }\mu\text{m}$ 的宽度。布线是由 Mo 构成的并具有 100nm 的厚度。

[0096] (TFT 特性的评估)

[0097] TFT 示出了以下特性:约 1V 的阈值电压,通断比率为 109,而场效应迁移率为约 $9\text{cm}^2(\text{Vs})^{-1}$ 。氮氧化物电极和氧化物半导体之间的接触电阻被估算为约 $8 \times 10^{-5} \Omega \text{cm}^2$,给出了令人满意的欧姆接触。衬底上的器件当中接触电阻的变化小,由此器件当中 TFT 特性的变化更小。该例子的场效应晶体管在沟道层(氧化物薄膜)11 内具有沟道区域 18 以及含比沟道区域 18 中的浓度高的浓度的氮的源极区域 16 和漏极区域 17。向源极区域 16 和漏极区域 17 添加氮使得导电性比沟道区域 18 的导电性更高。因此,通过以与用于沟道区域 18 的材料几乎相同的材料构成源极区域 16 和漏极区域 17,可以获得沟道区域 18 与源极布线 20 和漏极布线 21 的有效电连接。也就是说,布线 20 和布线 21 通过源极区域 16 和漏极区域 17 有效地连接至沟道区域 18。由此,可使得沟道区域 18 与布线 20 和 21 的电连接稳定以提高元件的均匀性和可靠性。

[0098] 该例子的 TFT 具有优良的迟滞(hysteresis)特性(引起较少迟滞)。这里的术语“滞回”是指这样一种现象,在扫描(sweep)(升高和降低)栅极电压 V_g 而在源极电极和漏极电极之间具有固定的电压 V_d 时,在栅极电压 V_g 的增加期间电极之间的电流 I_d 的转变与在其降低期间的转变不同。较大的滞回引起 I_d 对于设定的 V_g 的较大的偏离。因此,元件的较小的滞回是优选的。根据该例子,可实现优良的电连接,其中电荷较不易被俘获,给出薄膜晶体管的较小滞回。

[0099] 该例子的 TFT 具有优良的动态特性(脉冲响应)。为了动态特性的评估,将 5V 的电压施加在源极电极和漏极电极之间,以 $30\text{ }\mu\text{sec}$ 的脉冲宽度和 30msec 的周期交替地向栅极电极施加 $+5\text{V}$ 的电压和 -5V 的电压,电流的上升是优良的并且在元件之间上升时间的变化改变较小。在该例子中,通过采用自对准技术,源极区域与栅极电极的重叠和漏极电极与栅极电极的重叠小,并且重叠是均匀的。其结果是,在源极区域与栅极电极以及漏极区域与栅极电极的重叠部分中引起的寄生电容小,并且在器件之间是均匀的。小的寄生电容使得能够进行高速操作,并且均匀的寄生电容给出了特性高度均匀的晶体管。换句话说,该例子通过自对准技术使得能够以高的位置精确度形成栅极电极、源极区域和漏极区域,以便用于元件的具有高度均匀性的高速操作。

[0100] 本发明的发明人在日本专利申请公开 No. 2007-250983 中公开了一种为了优良的电连接,通过注入氢或重氢来形成源极区域的技术。然而,具有注入了氢的电极区域(源极区域)的 TFT 构成倾向于在例如高于约 350°C 的温度的热处理步骤中引起 TFT 特性的变化。尽管原因没有被验证,但这被认为是由氧化物半导体中的氢的扩散引起的。相反,本发明的包含注入了氮的电极区域(源极区域)的构成在热处理中将不引起 TFT 特性的变化。由于氮在氧化物半导体中的较缓慢的扩散,因此可实现较小受温度影响的电连接。本发明的场效应晶体管中氧化物半导体与电极的连接是令人满意的,该场效应晶体管有望用于有机发光二极管的操作电路等应用领域。

[0101] (例子 4)

[0102] 图 1B 示例了该例子的底栅极型 TFT。沟道层 11 是由 ZnO 构成的结晶氧化物半导

体。源极电极 13 和漏极电极 14 由 Zn-In-O-N 型的结晶氮氧化物构成。栅极电极 15 也由氮氧化物膜构成。

[0103] 首先,通过溅射在玻璃衬底 10(由 Corning Co. :1737 制成)上以 100nm 的厚度形成 Zn-In-O-N 膜作为栅极电极 15。以与例子 2 中的 Zn-In-O-N 膜的形成方式相同的方式进行膜形成。

[0104] 然后,通过溅射以 150nm 的厚度形成 SiO_x 膜作为栅极电极绝缘层 12。

[0105] 此后,通过在 25℃ 的衬底温度,12nm/min 的膜形成速率,Ar : O_2 = 10 : 1 的氩-氧混合比率下,使用 ZnO 烧结体作为靶材进行溅射,来形成多晶 ZnO 膜作为沟道层 11。所形成的膜具有约 30nm 的厚度。构成该例子的沟道层的 ZnO 膜是具有纤锌矿结构的多晶膜。

[0106] 在其上,形成由氮氧化物构成的漏极电极 14 和源极电极 13。所述电极是 150nm 厚的 Zn-In-O-N 膜。通过在膜形成工艺期间,在 0.3Pa 的总压力和 Ar : N_2 = 1 : 1 的气体流速比率下,通过使用 ZnO 和 In 的靶材同时溅射来形成该 Zn-In-O-N 膜。作为所采用的自由基源的氮气由电子回旋共振等离子体激发。Zn : In 的金属组分比率约为 1 : 1,并且 N : O 的组分比率也约为 1 : 1。膜具有约 $3\text{m}\Omega\text{cm}$ 的电阻率,这对于用作电极足够低。根据通过 X 射线衍射的评估,该例子的氮氧化物薄膜由多晶膜构成。

[0107] (性质评估)

[0108] 根据 TFT 特性的评估,阈值电压约为 0.5V,通断比率为 10^7 ,而场效应迁移率为约 $4\text{cm}^2(\text{Vs})^{-1}$ 。估算氮氧化物电极和氧化物半导体之间的接触电阻为约 $1 \times 10^{-4}\Omega\text{cm}^2$,给出令人满意的电连接。如上所述,使用由 Zn-In-O-N 型的氮氧化物构成的源极电极和漏极电极和非晶 Zn-In-O 半导体给出了优良的晶体管特性。

[0109] 氮氧化物膜 (Zn-In-O-N) 具有约 1.5eV 的光学带隙,而构成沟道的 ZnO 具有约 3.3eV 的光学带隙。因此,Zn-In-O-N 膜有效地吸收能够影响沟道的近紫外光。因此,使用氮氧化物膜作为电极拦截了近紫外光穿透电极达到沟道,这使得能够形成对于光稳定的 TFT 衬底。

[0110] 具有对于光暴露稳定的特性的场效应晶体管有望用于诸如有机发光二极管的操作电路的应用。

[0111] 本发明的采用氧化物半导体的薄膜晶体管可通过在较低的温度下形成薄膜来制造,并且在光的照射下是稳定的。因此,该薄膜晶体管可广泛地用作 LCD 和有机 EL 显示器、柔性显示器、透视 (see-through) 型显示器、IC 卡、ID 标签等的开关元件。

[0112] 尽管已参照示范性实施例描述了本发明,但应理解本发明不限于所公开的示范性实施例。下面的权利要求的范围应被赋以最宽泛的解释以包括所有这样的修改以及等同的结构和功能。

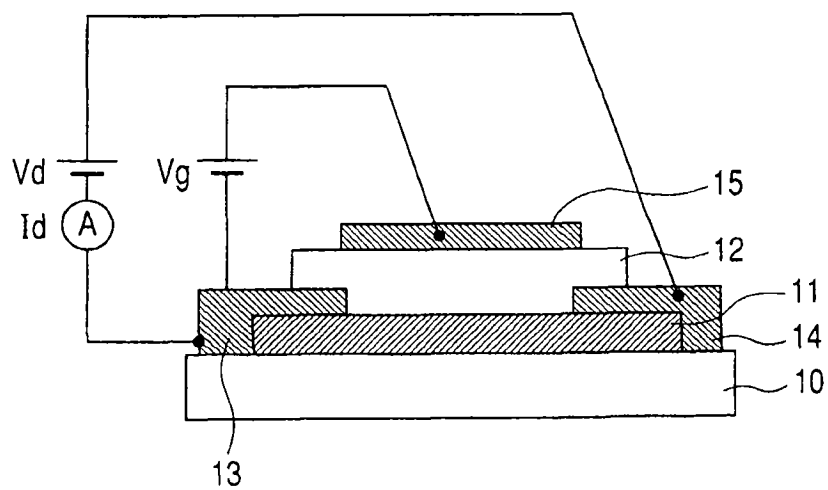


图 1A

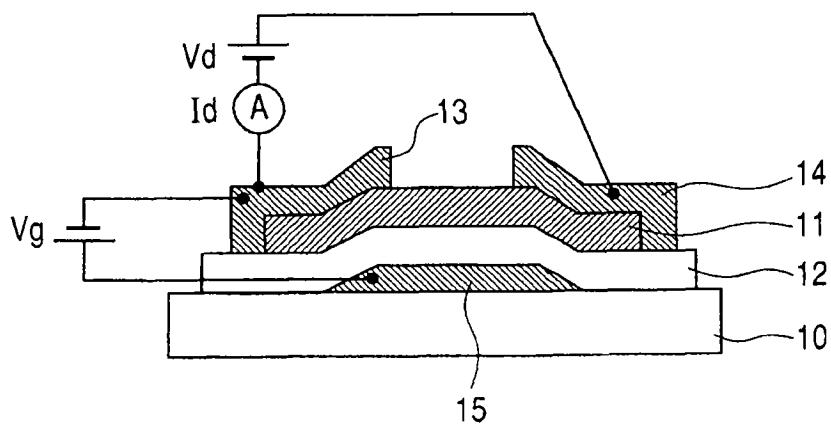


图 1B

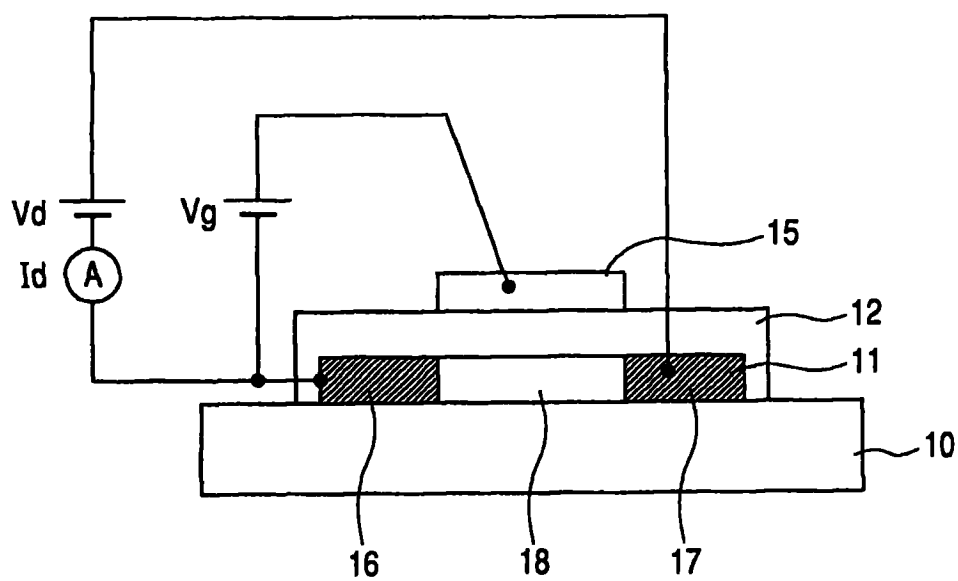


图 2

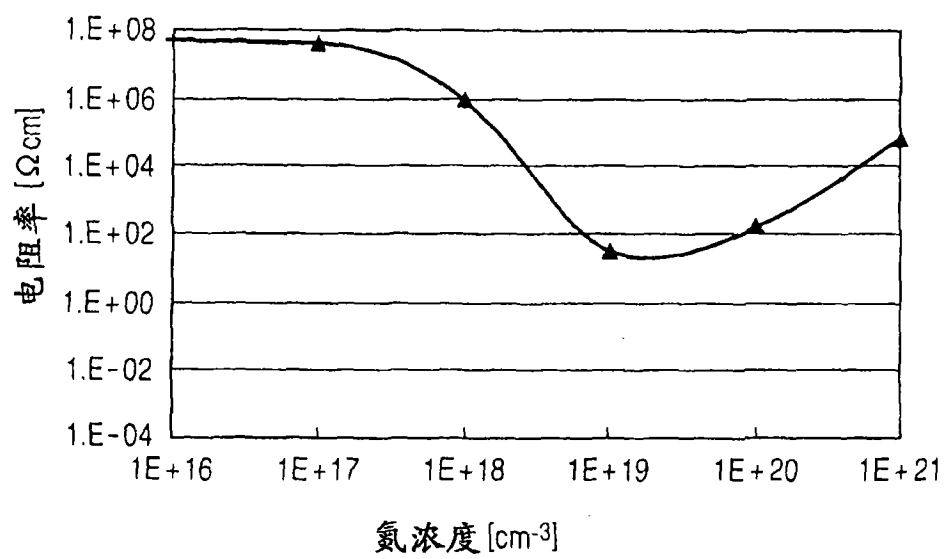


图 3A

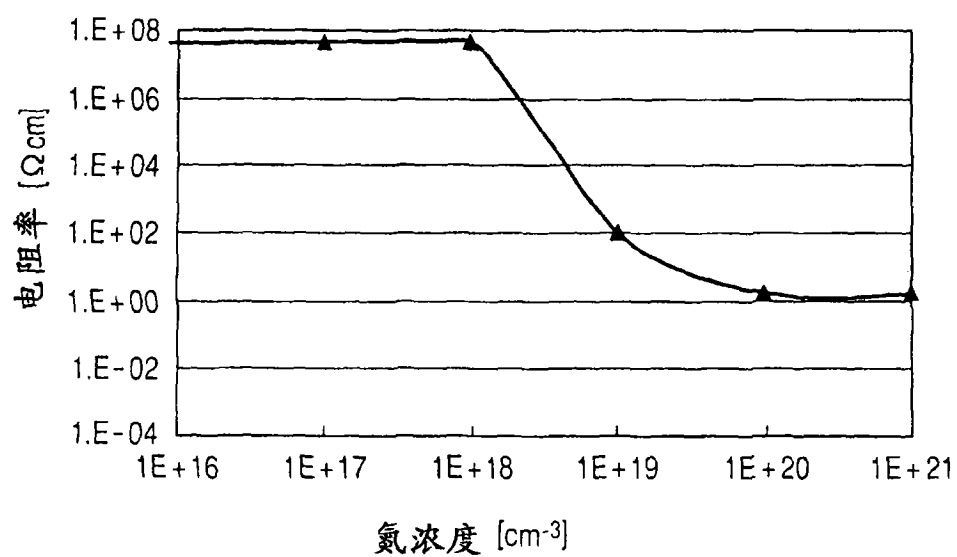


图 3B

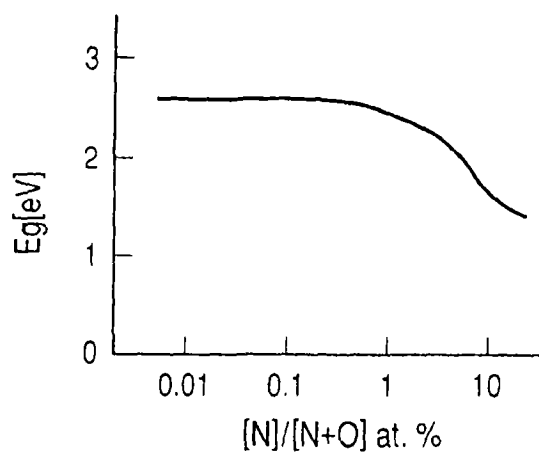


图 4

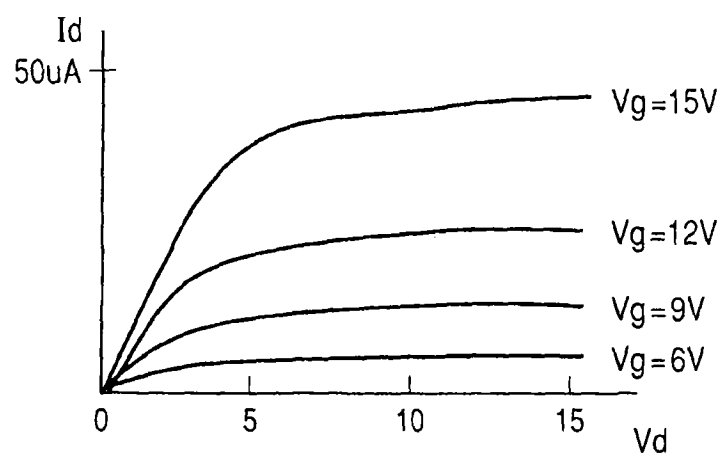


图 5A

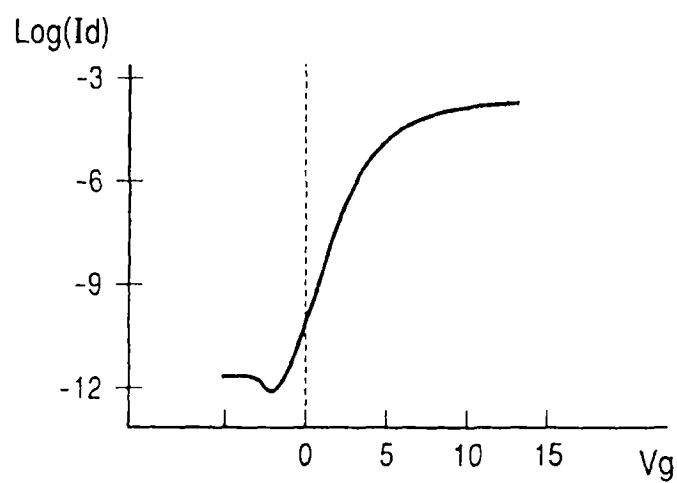


图 5B

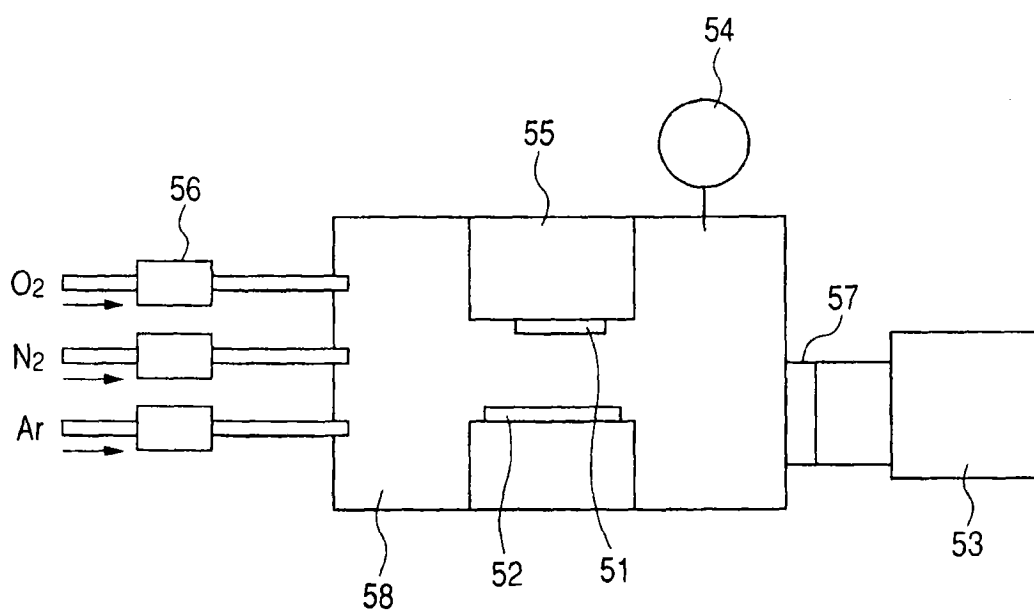


图 6

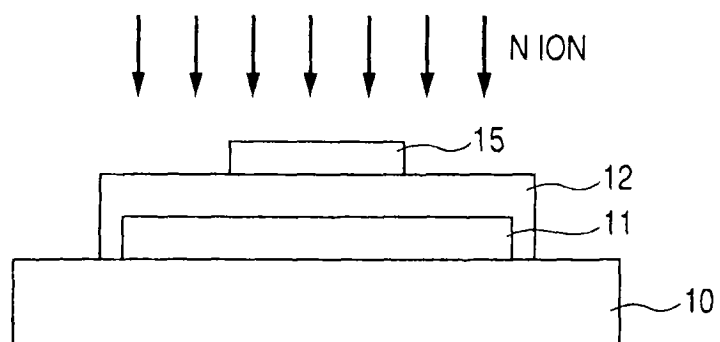


图 7A

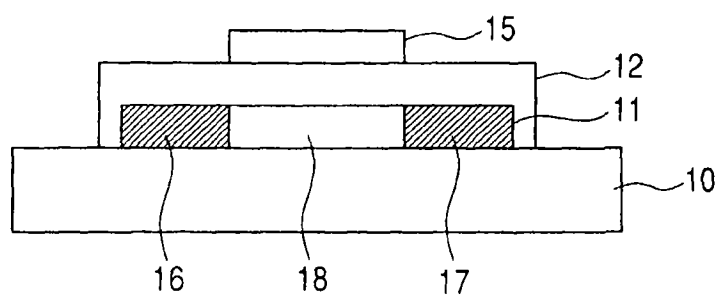


图 7B

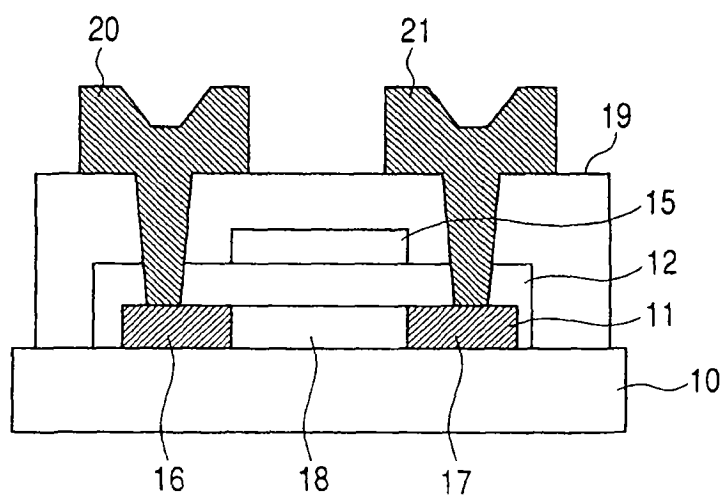


图 7C