



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101803028 B

(45) 授权公告日 2013. 03. 13

(21) 申请号 200880106291. 5

(22) 申请日 2008. 08. 01

(85) PCT申请进入国家阶段日  
2010. 03. 09

(86) PCT申请的申请数据  
PCT/US2008/071890 2008. 08. 01

(87) PCT申请的公布数据  
W02009/018509 EN 2009. 02. 05

(73) 专利权人 应用材料公司  
地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 叶洋

(74) 专利代理机构 北京律诚同业知识产权代理  
有限公司 11006

代理人 徐金国 钟强

(51) Int. Cl.  
H01L 29/04 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 2006108636 A1, 2006. 05. 25,  
US 2006108636 A1, 2006. 05. 25,  
US 2006258064 A1, 2006. 11. 16,  
US 2003194839 A1, 2003. 10. 16,  
US 2007082424 A1, 2007. 04. 12,

审查员 赵凤瑗

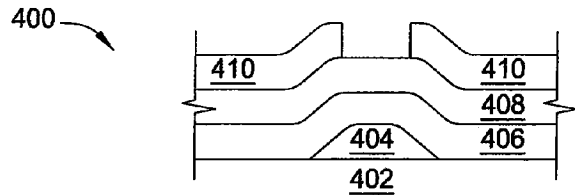
权利要求书 2 页 说明书 21 页 附图 17 页

(54) 发明名称

利用薄膜半导体材料的薄膜晶体管

(57) 摘要

本发明大体上包含具有半导体材料的薄膜晶体管 (TFT), 所述半导体材料包含氧、氮及一或多个选自于由锌、锡、镓、镉和铟所构成的群组中的元素以作为有源沟道。该半导体材料可用于底栅 TFT、顶栅 TFT 和其他类型的 TFT 中。通过蚀刻来图案化 TFT 可形成沟道和金属电极。接着, 使用该半导体材料当作蚀刻终止层来执行干法蚀刻而限定出源极 / 漏极。有源层的载流子浓度、迁移率以及与其 TFT 其他层的界面可调整成预定值。调整方式可为改变含氮气体与含氧气体的流量比例、退火及 / 或等离子体处理所沉积的半导体膜, 或是改变铝掺杂浓度。



1. 一种薄膜晶体管,所述薄膜晶体管包含:  
在薄膜晶体管中的半导体层,所述半导体层包含氮氧化物,所述氮氧化物包含氧、氮以及一或多个选自于由锌、镉、锡、镉、镓和上述元素的组合所构成的群组中的元素。
2. 如权利要求 1 所述的晶体管,其中所述晶体管为顶栅薄膜晶体管。
3. 如权利要求 1 所述的晶体管,所述薄膜晶体管还包含:  
基板;  
栅极,所述栅极设置在所述基板上;  
栅介质层,所述栅介质层设置在所述栅极上;  
设置在所述栅介质层上的所述半导体层;以及  
源极与漏极,所述源极与漏极设置在所述半导体层上,且所述源极与漏极相隔开来而限定出有源沟道。
4. 如权利要求 3 所述的晶体管,所述薄膜晶体管还包含蚀刻终止层,所述蚀刻终止层设置在所述有源沟道中的半导体层上。
5. 如权利要求 1 所述的晶体管,其中所述半导体层的迁移率大于约  $50\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ 。
6. 如权利要求 1 所述的晶体管,其中所述氮氧化物还包含掺杂剂,所述掺杂剂选自于由铝 (Al)、钙 (Ca)、硅 (Si)、钛 (Ti)、铜 (Cu)、锗 (Ge)、镍 (Ni)、锰 (Mn)、铬 (Cr)、钒 (V)、镁 (Mg) 和上述元素的组合物所构成的群组中。
7. 一种薄膜晶体管制造方法,所述方法包含:  
在基板上沉积半导体层,所述半导体层包含氮氧化物,所述氮氧化物包含氧、氮以及一或多个选自于由锌、锡、镉、镓、镉和上述元素的组合所构成的群组中的元素。
8. 如权利要求 7 所述的方法,所述方法还包含:  
在基板和栅极上沉积栅介质层;  
在所述栅介质层上沉积所述半导体层;  
在所述半导体层上沉积导电层;以及  
蚀刻所述导电层以限定出源极与漏极和有源沟道。
9. 如权利要求 8 所述的方法,所述方法还包含在沉积所述导电层之前,在所述半导体层上沉积蚀刻终止层。
10. 如权利要求 7 所述的方法,其中所述氮氧化物还包含掺杂剂,所述掺杂剂选自于由铝 (Al)、钙 (Ca)、硅 (Si)、钛 (Ti)、铜 (Cu)、锗 (Ge)、镍 (Ni)、锰 (Mn)、铬 (Cr)、钒 (V)、镁 (Mg) 和上述元素的组合物所构成的群组中。
11. 如权利要求 7 所述的方法,其中所述半导体层的迁移率大于约  $50\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ 。
12. 如权利要求 7 所述的方法,所述方法还包含退火所述半导体层。
13. 如权利要求 7 所述的方法,其中所述沉积包含供应含氮气体与含氧气体到腔室,以及溅射靶材,所述靶材包含一或多个选自于由锌、锡、镉、镓、镉和上述元素的组合所构成的群组中的元素。
14. 如权利要求 13 所述的方法,所述方法还包含在沉积期间,改变所述含氮气体的供应量。
15. 一种薄膜晶体管制造方法,所述方法包含:  
在基板上沉积半导体层,所述半导体层包含氮氧化物,所述氮氧化物包含氧、氮及一或

多个选自于由 s 轨道与 d 轨道填满的元素、f 轨道填满的元素和上述元素的组合所构成的群组中的元素；

在所述半导体层上沉积源极 - 漏极层；

第一次蚀刻所述源极 - 漏极层和所述半导体层，以形成有源沟道；以及

第二次蚀刻所述源极 - 漏极层，以限定出源极与漏极。

16. 如权利要求 15 所述的方法，其中所述半导体层的迁移率大于约  $50\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ 。

17. 如权利要求 15 所述的方法，所述方法还包含在沉积期间，改变含氮气体的供应量。

18. 如权利要求 15 所述的方法，其中所述氮氧化物还包含掺杂剂，所述掺杂剂选自于由铝 (Al)、钙 (Ca)、硅 (Si)、钛 (Ti)、铜 (Cu)、锗 (Ge)、镍 (Ni)、锰 (Mn)、铬 (Cr)、钒 (V)、镁 (Mg) 和上述元素的组合物所构成的群组中。

19. 如权利要求 15 所述的方法，所述方法还包含退火所述半导体层。

20. 如权利要求 15 所述的方法，所述方法还包含在沉积所述源极 - 漏极层之前，在至少一部分的所述半导体层上沉积蚀刻终止层。

## 利用薄膜半导体材料的薄膜晶体管

### 技术领域

[0001] 本发明的实施例一般涉及具有半导体材料的场效应晶体管 (FET) 和薄膜晶体管 (TFT), 该半导体材料包含氧、氮及一或多个选自于由锌、镓、镉、铟和锡所构成的群组中的元素。

### 背景技术

[0002] 因 TFT 阵列可用在常用于电脑和电视平面面板的液晶有源矩阵显示器 (LCD), 因此目前潮流对这些装置特别感兴趣。LCD 还设有发光二极管 (LED) 做为背光源。另外, 有机发光二极管 (OLED) 已用于有源矩阵显示器, 且这些 OLED 需要 TFT 来处理显示器的动作。

[0003] 以非晶硅制作的 TFT 已成为平面显示器产业的关键部件。可惜非晶硅本身有局限性, 例如迁移率低。OLED 所需要的迁移率至少是非晶硅的十倍以上。非晶硅的沉积温度高而造成  $V_{th}$  漂移。非晶硅需要高电流, 而高电流可能导致 OLED 不稳定。另一方面, 多晶硅的迁移率比非晶硅要高。多晶硅为结晶的, 这会引入不均匀沉积。由于非晶硅的多项限制, 导致 OLED 的发展困难重重。

[0004] 近年来, 已开发出透明 TFT, 在所述透明 TFT 中氧化锌用作有源沟道层。氧化锌是一种化合物半导体 (compound semiconductor), 所述化合物半导体可于相当低的沉积温度下在例如玻璃和塑料等各种基板上生成结晶材料。基于氧化锌的 TFT 暴露于可见光时并不会降解 (degrade)。因此, 不像基于硅的 TFT 需要防护层。没有防护层, TFT 保持透明。尽管氧化锌的迁移率高于非晶硅, 但仍不够高。

[0005] 因此此技术领域中, 需要具有透明有源沟道且迁移率高的 TFT。

### 发明内容

[0006] 本发明大体上包含具有半导体材料的薄膜晶体管 (TFT), 该半导体材料包含氧、氮以及一或多个选自于由锌、锡、镓、镉和铟构成群组中的元素, 以作为有源沟道。该半导体材料可用于底栅 TFT、顶栅 TFT 和其他类型的 TFT。通过蚀刻来图案化 TFT 以形成沟道和金属电极。接着, 使用半导体材料当作蚀刻终止层来执行干法蚀刻, 以限定出源极 / 漏极。有源层的载流子浓度、迁移率以及与 TFT 其他层的界面可调整成预定值。调整方式可为改变含氮气体与含氧气体的流量比例、退火及 / 或等离子体处理所沉积的半导体膜, 或改变铝掺杂浓度。

[0007] 在一个实施例中, 公开一种 TFT。晶体管包含半导体层, 该半导体层包含氧、氮及一或多个选自于由锌、铟、锡、镉、镓和上述元素的组合所构成的群组中的元素。在另一实施例中, 公开一种 TFT 制造方法。该方法包含沉积半导体层于基板上, 该半导体层包含氧、氮及一或多个选自于由锌、铟、锡、镉、镓和上述元素的组合所构成的群组中的元素。

[0008] 在另一个实施例中, 公开一种 TFT 制造方法。该方法包含沉积半导体层于基板上, 该半导体层包含氧、氮及一或多个选自于由 s 轨道与 d 轨道填满的元素、f 轨道填满的元素和上述元素的组合所构成的群组中的元素。该方法还包括沉积源极 - 漏极层于该半导体层

上、第一次蚀刻该源极-漏极层和该半导体层以形成有源沟道,以及第二次蚀刻该源极-漏极层以限定出源极和漏极。

### 附图说明

[0009] 为了更详细了解本发明的上述特征,可参考部分绘示于附图中的实施例来阅读本发明的进一步叙述内容。须注意的是,所述图仅图示本发明的数个代表性实施例,并非用以限定本发明范围,本发明可包含其他等效实施例。

[0010] 图 1 为根据本发明的一个实施例的 PVD 室的截面图。

[0011] 图 2A-2E 为薄膜随氧气流量变化的 XRD 图,所述 XRD 图显示形成锌和氧化锌的衍射峰。

[0012] 图 3A-3F 为根据本发明的一个实施例,在不同氮气流速下形成半导体膜的 XRD 图。

[0013] 图 4A-4G 绘示根据本发明的一个实施例形成底栅 TFT 的工艺顺序。

[0014] 图 5 为根据本发明的一个实施例的蚀刻终止 TFT 的截面图。

[0015] 图 6 为根据本发明的一个实施例的顶栅 TFT 的截面图。

[0016] 图 7 为根据本发明的一个实施例的有源矩阵型 LCD 的示意图。

[0017] 图 8 为根据本发明的一个实施例的有源矩阵型 OLED 的示意图。

[0018] 图 9A-9C 显示不同有源沟道长度与宽度的  $V_{th}$ 。

[0019] 图 10A-10C 为比较具有共同长度与宽度的有源沟道的  $V_{th}$ 。

[0020] 为助于理解,尽可能地以相同元件符号来表示各图中共有的相同元件。某一实施例所公开的元件当可用于其他实施例中,而不需特别提及。

### 具体实施方式

[0021] 本发明大体上包含具有半导体材料的薄膜晶体管 (TFT),该半导体材料包含氧、氮及一或多个选自于由锌、锡、镓、镉和铟所构成的群组中的元素以作为有源沟道。该半导体材料可用于底栅 TFT、顶栅 TFT 和其他类型的 TFT。通过蚀刻来图案化 TFT 可形成沟道和金属电极。接着,使用该半导体材料当作蚀刻终止层来执行干法蚀刻,以限定出源极/漏极。有源层的载流子浓度、迁移率与 TFT 其他层的界面可调整成预定值。调整方式可为改变含氮气体与含氧气体的流量比例、退火及/或等离子体处理所沉积的半导体膜,或是改变铝掺杂浓度。

[0022] 包含氮、氧以及一或多个选自于锌、铟、镓、镉和锡中的元素的半导体膜可由反应性溅射沉积而得。文中以反应性溅射法且施行于处理大面积基板用的 PVD 室中来作示范说明,PVD 室例如取自美国加州圣克拉拉市的应用材料公司 (Applied Materials, Inc.) 的子公司:美国 AKT 公司的 4300 PVD 室。然而,依此法制造的半导体膜由薄膜结构和组成而定,故应理解反应性溅射法当可应用到其他系统构造,包括该些设计用来处理大面积圆形基板的系统和其他制造商制造的系统,包括卷绕式 (roll-to-roll) 处理平台。应理解到,尽管本发明是以 PVD 为例进行沉积,但其他包括化学气相沉积 (CVD)、原子层沉积 (ALD) 或旋涂工艺等方法也可用来沉积本发明的薄膜。

[0023] 图 1 为根据本发明一实施例的物理气相沉积 (PVD) 室 100 的截面图。利用真空泵 114 排空腔室 100。腔室 100 内,基板 102 放置在靶材 104 对面。基板可放置在腔室 100 内

的基座 (susceptor) 106 上。致动器 112 可依箭头“A”抬高及降低基座 106。基座 106 可上升而将基板 102 抬高到处理位置,且可降下让基板 102 得以离开腔室 100。当基座 106 位于下降位置时,举升销 108 抬起基板 102 而高于基座 106。处理时,接地带 110 将基座 106 接地。于处理时抬起基座 106 有助于均匀沉积。

[0024] 靶材 104 可能包含一或多个靶材 104。在一个实施例中,靶材 104 包含大面积的溅射靶材 104。在另一个实施例中,靶材 104 包含多个靶砖。在又一个实施例中,靶材 104 包含多个靶条。再一实施例中,靶材 104 包含一或多个圆柱形旋转式靶材。接合层(未图示)可将靶材 104 接合至背板 116。一或多个磁电管 118 设在背板 116 后面。磁电管 118 可以线性移动或二维路径的方式扫过背板 116。暗区护罩 (dark space shield) 120 和腔室护罩 122 可保护腔室壁面不受沉积。

[0025] 为了能均匀溅射沉积整个基板 102,阳极 124 可放在靶材 104 与基板 102 之间。在一个实施例中,阳极 124 为涂覆电弧喷涂铝的喷珠处理 (bead blasted) 不锈钢。在一个实施例中,阳极 124 的一端透过托架 130 而装设在腔室壁面。阳极 124 提供与靶材 104 相反的电荷,使得带电离子将被阳极 124 吸引,而非被通常处于接地电位的腔室壁面吸引。通过将阳极 124 设在靶材 104 与基板 102 之间,可使等离子体更均匀并有助于沉积。为减少剥落,冷却流体可流过一个或多个阳极 124。通过减低阳极 124 的膨胀与收缩量,可减少材料从阳极 124 剥落。就较小基板和较小处理室而言,腔室壁面已足以提供接地路径以及使等离子体均匀分布,故不需使用跨越该处理空间的阳极 124。

[0026] 对反应性溅射来说,将反应气体供应给腔室 100 是有益的。一或多个进气管 126 还可跨越介于靶材 104 与基板 102 间的整个腔室 100 的距离。就较小基板和较小腔室而言,若常规的进气装置已可达成均匀的气体分布,则不需使用跨越处理空间的进气管 126。进气管 126 可引导来自气体控制板 (gas panel) 132 的溅射气体。利用一或多个联结器 128 耦接进气管 126 和阳极 124。联结器 128 可由导热材料组成,允许以传导方式来冷却进气管 126。此外,联结器 128 也可具导电性,使进气管 126 接地并当作阳极。

[0027] 反应溅射工艺包含将金属溅射靶材放置于溅射室中且位于基板对面。金属溅射靶材实质上包含一或多个选自由锌、镓、铟、锡和镉所构成的群组中的元素。在一个实施例中,溅射靶材包含一或多种具有填满 s 轨道与填满 d 轨道的元素。在另一实施例中,溅射靶材包含一或多种具有填满 f 轨道的元素。在又一个实施例中,溅射靶材包含一或多种二价元素。再一个实施例中,溅射靶材包含一或多种三价元素。再另一个实施例中,溅射靶材包含一或多种四价元素。

[0028] 溅射靶材还可包含掺杂剂 (dopant)。适用的掺杂剂包括铝 (Al)、锡 (Sn)、镓 (Ga)、钙 (Ca)、硅 (Si)、钛 (Ti)、铜 (Cu)、锗 (Ge)、铟 (In)、镍 (Ni)、锰 (Mn)、铬 (Cr)、钒 (V)、镁 (Mg)、氮化硅 ( $\text{Si}_x\text{N}_y$ )、氧化铝 ( $\text{Al}_x\text{O}_y$ ) 和碳化硅 (SiC)。在一实施例中,该掺杂剂包含铝。在另一实施例中,掺杂剂包含锡。另一方面,基板可包含塑料、纸、聚合物、玻璃、不锈钢和上述物质的组合物。若基板为塑料,则反应性溅射的施行温度低于约  $180^\circ\text{C}$ 。可沉积的半导体膜层实例包括  $\text{ZnO}_x\text{N}_y:\text{Al}$ 、 $\text{ZnO}_x\text{N}_y:\text{Sn}$ 、 $\text{SnO}_x\text{N}_y:\text{Al}$ 、 $\text{InO}_x\text{N}_y:\text{Al}$ 、 $\text{InO}_x\text{N}_y:\text{Sn}$ 、 $\text{CdO}_x\text{N}_y:\text{Al}$ 、 $\text{CdO}_x\text{N}_y:\text{Sn}$ 、 $\text{GaO}_x\text{N}_y:\text{Al}$ 、 $\text{GaO}_x\text{N}_y:\text{Sn}$ 、 $\text{ZnSnO}_x\text{N}_y:\text{Al}$ 、 $\text{ZnInO}_x\text{N}_y:\text{Al}$ 、 $\text{ZnInO}_x\text{N}_y:\text{Sn}$ 、 $\text{ZnCdO}_x\text{N}_y:\text{Al}$ 、 $\text{ZnCdO}_x\text{N}_y:\text{Sn}$ 、 $\text{ZnGaO}_x\text{N}_y:\text{Al}$ 、 $\text{ZnGaO}_x\text{N}_y:\text{Sn}$ 、 $\text{SnInO}_x\text{N}_y:\text{Al}$ 、 $\text{SnCdO}_x\text{N}_y:\text{Al}$ 、 $\text{SnGaO}_x\text{N}_y:\text{Al}$ 、 $\text{InCdO}_x\text{N}_y:\text{Al}$ 、 $\text{InCdO}_x\text{N}_y:\text{Sn}$ 、 $\text{InGaO}_x\text{N}_y:\text{Al}$ 、 $\text{InGaO}_x\text{N}_y:\text{Sn}$ 、 $\text{CdGaO}_x\text{N}_y:\text{Al}$ 、 $\text{CdGaO}_x\text{N}_y:\text{Sn}$ 、 $\text{ZnSnInO}_x\text{N}_y:\text{Al}$ 、

ZnSnCdO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>:Al、ZnSnGaO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>:Al、ZnInCdO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>:Al、ZnInCdO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>:Sn、ZnInGaO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>:Al、ZnInGaO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>:Sn、ZnCdGaO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>:Al、ZnCdGaO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>:Sn、SnInCdO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>:Al、SnInGaO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>:Al、SnCdGaO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>:Al、InCdGaO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>:Al、InCdGaO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>:Sn、ZnSnInCdO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>:Al、ZnSnInGaO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>:Al、ZnInCdGaO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>:Al、ZnInCdGaO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>:Sn、和 SnInCdGaO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>:Al。

[0029] 溅射工艺期间,可供给氩气、含氮气体和含氧气体至腔室,用于反应性溅射金属靶材。溅射时,诸如二硼烷 (B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>)、二氧化碳 (CO<sub>2</sub>)、一氧化碳 (CO)、甲烷 (CH<sub>4</sub>) 和上述物质的组合物等添加剂也可额外提供给腔室。在一个实施例中,含氮气体包含氮气 (N<sub>2</sub>)。在另一个实施例中,含氮气体包含一氧化亚氮 (N<sub>2</sub>O)、氨气 (NH<sub>3</sub>) 或上述物质的组合物。在一个实施例中,含氧气体包含氧气 (O<sub>2</sub>)。在另一个实施例中,含氧气体包含 N<sub>2</sub>O。含氮气体的氮和含氧气体的氧与来自溅射靶材的金属反应,而于基板上形成包含金属、氧、氮和选用性掺杂的半导体材料。在一个实施例中,含氮气体和含氧气体为不同气体。在另一个实施例中,含氮气体和含氧气体包含相同气体。

[0030] 所沉积的薄膜为半导体膜。可沉积的半导体膜例子包括 ZnO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>、SnO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>、InO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>、CdO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>、GaO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>、ZnSnO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>、ZnInO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>、ZnCdO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>、ZnGaO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>、SnInO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>、SnCdO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>、SnGaO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>、InCdO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>、InGaO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>、CdGaO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>、ZnSnInO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>、ZnSnCdO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>、ZnSnGaO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>、ZnInCdO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>、ZnInGaO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>、ZnCdGaO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>、SnInCdO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>、SnInGaO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>、SnCdGaO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>、InCdGaO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>、ZnSnInCdO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>、ZnSnInGaO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>、ZnInCdGaO<sub>x</sub>N<sub>y</sub> 和 SnInCdGaO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>。上述半导体膜各自可掺杂掺杂剂。

[0031] 半导体膜可包含氮氧化物。在一个实施例中,半导体膜包含金属氮氧化物和金属氮化物。在另一个实施例中,半导体膜包含金属氮氧化物、金属氮化物和金属氧化物。在又一个实施例中,半导体膜包含金属氮氧化物和金属氧化物。再一个实施例中,半导体膜包含金属氮化物和金属氧化物。

[0032] 含氮气体与含氧气体的比例会影响半导体膜的迁移率、载流子浓度和电阻率。表 I 显示在氩气与氮气氛围中溅射锡靶材时,氮气流速对迁移率、电阻率和载流子浓度的影响。大致说来,表 I 指出氮气流速增加,迁移率随之提高。氩气与氧气流速维持不变。表 I 中,氩气流速为 60sccm,氧气流速为 5sccm。基板温度越高,迁移率越高。载流子浓度与迁移率的关联不大。沉积薄膜为 n 型半导体材料,所述 n 型半导体材料电子载流子起主要作用,因此所示载流子浓度为负值。

[0033] 表 1

[0034]

N <sub>2</sub> 流速(sccm)	温度(°C)	迁移率(cm <sup>2</sup> /V-s)	载流子浓度 (#/cc)	电阻率(Ω-cm)
0	150	0.3	-1.00E+23	0.0005
50	150	0.2	-6.00E+20	0.12
100	150	1.1	-2.00E+15	7000
150	150	1.1	-5.00E+19	0.12
200	150	3.7	-8.00E+19	0.05
0	250	0.4	-3.00E+18	10
50	250	0.2	-3.00E+21	0.09
100	250	0.4	-9.00E+17	90
150	250	1.8	-3.00E+18	3
200	250	7.1	9.00E+19	0.01

[0035] 含氧气体也会影响半导体膜的迁移率、载流子浓度和电阻率。表 II 显示在氩气、氮气与氧气氛围中溅射锡靶材时，氧气流速对迁移率、电阻率和载流子浓度的影响。氩气流速维持不变。表 II 中，氩气流速为 60sccm。大致说来，表 II 指出若氮气与氧气呈高比例，则迁移率将高于非晶硅的迁移率。此外，氮气与氧气的比例越高，载流子浓度越低。氮气流速为 200sccm 时，迁移率先随着氧气流速增加而提高，但当氧气流速持续增加，迁移率接着将会下降。在一个实施例中，迁移率在 150°C 时介于约 4 平方厘米 / 伏特 - 秒 (cm<sup>2</sup>/V-s) 至约 10cm<sup>2</sup>/V-s 之间。迁移率提高与载流子浓度无关。故迁移率提高可能是因为载流子较少散射所致。若无使用氮气添加剂，则迁移率很低。在此情况下，随着氧气流速增加，载流子浓度大幅下降。就锡靶材而言，基板温度越高，迁移率越高。在一个实施例中，压力可介于约 5 毫托 (mTorr) 至约 20 毫托之间。

[0036] 表 II

[0037]



O <sub>2</sub> 流速 (sccm)	N <sub>2</sub> 流速 (sccm)	温度 (°C)	迁移率 (cm <sup>2</sup> /V-s)	载流子浓度 (#/cc)	电阻率 (Ω-cm)
5	0	150	0.1	-2.00E+23	0.0005
10	0	150	0.2	-2.00E+18	40
0	200	150	1.2	-3.00E+19	0.03
5	200	150	4.2	-9.00E+19	0.04
10	200	150	3.5	-1.00E+20	0.05
0	200	250	0.2	-3.00E+19	10
5	200	250	7.0	-9.00E+19	0.01
10	200	250	9.5	-9.00E+19	0.008

[0038] 掺杂的量也会影响沉积薄膜的迁移率。然不论靶材是否有掺杂,迁移率仍大致随着氮气流量增加而提高。表 III 显示掺杂对迁移率、载流子浓度和电阻率的影响。掺杂剂按重量百分比表示。各沉积薄膜的氩气流速都一样。表 III 中,氩气流速为 120sccm。使用掺杂剂的载流子浓度比没有使用掺杂剂时要低。因此,掺杂剂可用来调整载流子浓度。

[0039] 表 III

[0040]

O <sub>2</sub> 流速 (sccm)	N <sub>2</sub> 流速 (sccm)	掺杂量 (%)	温度 (°C)	迁移率 (cm <sup>2</sup> /V-s)	载流子浓度 (#/cc)	电阻率 (Ω-cm)
10	100	1	50	1	-1.00E+21	0.009
10	200	1	50	14	-4.00E+19	0.02
10	300	1	50	31	-9.00E+18	0.04
10	400	1	50	34	-5.00E+18	0.07
10	500	1	50	34	-4.00E+18	0.09
20	100	0	50	2	-1.00E+21	0.008
20	200	0	50	14	-8.00E+19	0.009
20	300	0	50	29	-2.00E+19	0.02
20	400	0	50	42	-1.00E+19	0.03
20	500	0	50	45	-8.00E+18	0.04
20	100	1	50	13	-5.00E+19	0.03
20	200	1	50	27	-3.00E+18	0.01
20	300	1	50	29	-2.00E+18	0.01
20	400	1	50	29	-2.00E+18	0.01
20	500	1	50	32	-1.00E+18	0.03

[0041] 表 IV 公开氧气流速对半导体膜的迁移率、载流子浓度和电阻率的影响。一般在氮气流量固定的情况下，薄膜的迁移率先随氧气流量增加而提高，但氧气流速进一步增加之后，迁移率将转而下降。各沉积薄膜的氩气流速都一样。表 IV 中，氩气流速为 120sccm。在一个实施例中，当含氮气体与含氧气体的比例小于约 10 : 1 时，薄膜的迁移率降低。氧气流速增加时，迁移率提高与载流子浓度增加无关。使用掺杂会降低迁移率和载流子浓度。故掺杂量可用来调整载流子浓度和迁移率。

[0042] 表 IV

[0043]

O <sub>2</sub> 流速 (sccm)	N <sub>2</sub> 流速 (sccm)	掺杂量 (%)	温度 (°C)	迁移率 (cm <sup>2</sup> /V-s)	载流子浓度 (#/cc)	电阻率 (Ω-cm)
-----------------------------	-----------------------------	------------	------------	-------------------------------	-----------------	---------------

[0044]

0	300	1	50	0	-3.00E+21	0.03
10	300	1	50	31	-9.00E+18	0.04
30	300	1	50	23	-9.00E+17	0.7
0	500	1	50	3	-2.00E+19	0.02
10	500	1	50	33	-5.00E+18	0.009
20	500	1	50	32	-1.00E+18	0.2
30	500	1	50	25	-5.00E+17	0.9
40	500	1	50	10	-1.00E+16	10
10	300	0	50	4	-2.00E+20	0.009
20	300	0	50	30	-2.00E+19	0.01
30	300	0	50	43	-1.00E+19	0.02
40	300	0	50	9	-1.00E+16	80
10	500	0	50	23	-9.00E+18	0.05
20	500	0	50	46	-8.00E+19	0.04
30	500	0	50	47	-7.00E+18	0.05
40	500	0	50	34	-9.00E+17	0.3
50	500	0	50	15	-4.00E+16	20

[0045] 表 V 显示施加功率密度对半导体膜的迁移率、载流子浓度和电阻率的影响。大致说来,功率密度对迁移率的影响并不大,但功率密度越大,载流子浓度和电阻率越高。在一实施例中,施加至溅射靶材的功率密度介于约 0.3 瓦 / 平方厘米 ( $W/cm^2$ ) 至约  $1.0W/cm^2$  之间。

[0046] 表 V

[0047]

O <sub>2</sub> 流速 (sccm)	N <sub>2</sub> 流速 (sccm)	掺杂 量 (%)	施加功 率 ( $W/cm^2$ )	温度 (°C)	迁移率 ( $cm^2/V-s$ )	载流子浓 度(#/cc)	电阻率 ( $\Omega-cm$ )
0	500	2.8	0.47	50	13	-8.00E+17	1
10	500	2.8	0.47	50	19	-1.00E+18	0.03

[0048]

20	500	2.8	0.47	50	30	-8.00E+17	0.08
30	500	2.8	0.47	50	22	-5.00E+15	95
0	500	2.8	0.7	50	3	-1.00E+18	0.8
10	500	2.8	0.7	50	30	-1.00E+18	0.3
20	500	2.8	0.7	50	29	-2.00E+18	0.1
30	500	2.8	0.7	50	20	-8.00E+17	0.9
40	500	2.8	0.7	50	4	-2.00E+16	200

[0049] 表 VI 显示使用 N<sub>2</sub>O 做为含氧气体来沉积半导体膜的影响。N<sub>2</sub>O 作为含氧气体能有效提高半导体膜的迁移率,以及产生相当低的载流子浓度。

[0050] 表 VI

[0051]

N <sub>2</sub> O 流速 (sccm)	N <sub>2</sub> 流速 (sccm)	施加功率 (W/cm <sup>2</sup> )	温度 (°C)	迁移率 (cm <sup>2</sup> /V-s)	载流子浓度 (#/cc)
10	500	0.35	50	18	-9.00E+18
20	500	0.35	50	42	-9.00E+18
30	500	0.35	50	58	-8.00E+18
40	500	0.35	50	57	-7.00E+18
50	500	0.35	50	52	-5.00E+18
60	500	0.35	50	40	-2.00E+18
70	500	0.35	50	25	-2.00E+17
10	500	0.35	180	95	-1.00E+19
20	500	0.35	180	110	-9.00E+18
30	500	0.35	180	75	-5.00E+17
40	500	0.35	180	65	-9.00E+17
50	500	0.35	180	55	-5.00E+18
60	500	0.35	180	40	-2.00E+18
70	500	0.35	180	25	-6.00E+17

[0052] 表 VII 列出利用 X 射线光电子光谱仪 (XPS) 化学分析包含锡、氧和氮的半导体膜的结果,以及显示含氧气体对薄膜的影响。薄膜 1 的沉积方式为溅射锡靶材 360 秒,同时施加 400W 的直流 (DC) 偏压于溅射靶材。氩气引入处理室的流速为 60sccm,氮气引进流速为 200sccm,氧气引进流速为 5sccm。沉积温度为 250°C。薄膜 1 的碳含量为 22.5 原子百分

比 (atomic%)、氮含量为 19.4 原子%、氧含量为 29.4 原子%、氟含量为 0.7 原子%、锡含量为 28.1 原子%。若非全部,则碳大多源自外来的碳(即来自吸附在任何接触大气的样品表面上的碳化合物)。薄膜 2 的沉积方式为溅射锡靶材 360 秒,同时施加 400W 的 DC 偏压至溅射靶材。引入处理室的氩气流速为 60sccm,氮气引进流速为 200sccm,氧气引进流速为 20sccm。沉积温度为 250℃。薄膜 2 的碳含量为 17.3 原子%、氮含量为 4.5 原子%、氧含量为 49.9 原子%、氟含量为 0.6 原子%、锡含量为 27.7 原子%。若非全部,则碳大多源自外来的碳(即吸附在任何接触大气的样品表面上的碳化合物)。如表 VII 所示,随着氧气流速(和氧气与氮气的比例)增加,氮氧化物含量增多,氧化锡含量也增多。然而氮化锡含量和氮化硅含量减少。表 VII 中,R 代表氧或氮。

[0053] 表 VII

[0054]

		薄膜 1	薄膜 2	光束能量(eV)
<u>碳的化学形态</u>				
	C-C、CH <sub>x</sub>	76.0	73.7	285.0
	C-R	12.6	12.0	286.4
	O=C	2.8	4.4	287.9
	O=C-R	8.6	10.0	289.1
<u>氮的化学形态</u>				
	氮化物	79.0	56.2	396.9
	氮氧化物	19.5	22.7	397.7
	有机 N	1.3	10.4	399.1
	NH <sup>4+</sup>	0.0	10.7	402.8

[0055]	<u>锡的化学形态</u>					
	Sn	1.4	2.1	484.8		
	SnO <sub>2</sub>	71.9	84.4	486.4		
	SnN <sub>x</sub> 、SnON	26.7	13.4	487.3		
	<u>氧的化学形态</u>					
	SnO <sub>x</sub>	51.7	69.8	530.7		
	有机 O	48.3	30.2	532.1		

[0056] 表 VIII 显示数个溅射沉积的半导体膜的结果。半导体膜包含锌、锡、氧和氮。半导体膜是使用锌含量 70 原子%、锡含量 30 原子%的溅射靶材溅射沉积而得。沉积温度为 250℃，施加至溅射靶材的功率为 400W。沉积时间为 360 秒，且氩气流速为 60sccm，氧气流速为 20sccm。数据显示，半导体膜的迁移率随氮气流速（和氮气对氧气的比例）增加而提高。

[0057] 表 VIII

[0058]

薄膜	N <sub>2</sub> (sccm)	SEM 厚度(微米)	Rs	迁移率 (cm <sup>2</sup> /V-s)	Ns	N
1	0.0	1.82	3.65E+05	0.0155	-1.10E+15	-6.06E+18
2	100.0	0.18	2.88E+07	1.1200	1.93E+11	1.05E+16
3	150.0	0.18	9.69E+03	4.7000	-1.37E+14	-7.44E+18
4	200.0	0.17	1.33E+03	14.0000	-3.34E+14	-1.93E+19

[0059] 锌、氧和氮化合物

[0060] 为测定用来形成含有锌、氧和氮的半导体膜的期望氧气流速，可选择氧气量，使得氧的量不足以将锌完全氧化而产生氧化锌。若供应太多含氧气体，则会过度氧化该薄膜，以致薄膜的迁移率不够高。锌的氧化量会影响透光率。例如，完全氧化的锌具有大于约 80% 的透光率。一种测定期望氧气流量的方法是使用氩气与氧气并且不使用氮气来施行反应性溅射工艺。可以不同氧气流速进行实验，及测量在可见光波长下的透光率。期望的氧气流量可能是在薄膜恰好达到最大透明度之前的量。表 IX 列出在不同氧气流速下，反应性溅射沉积的氧化锌的透光率。在一个实施例中，最大透光率较佳为 80%。在其他实施例中，倘若算入玻璃吸收或光干涉作用，则最大透光率可能不是 80%。实验还可采取不同的 DC 靶材功率、不同的基板温度、甚至采用不同的含氧气体，例如 N<sub>2</sub>O。

[0061] 表 IX

[0062]

氧气流速 (sccm/m <sup>3</sup> )	透光率 (%)
0	< 5
50	< 5
100	< 5
125	82
150	85
200	90

[0063] 另一种测定期望氧气流量的方法是在上述不供应氮气或供应少量氮气的条件下施行反应性溅射形成氧化锌,接着测量薄膜电阻。预定氧气流速为产生约 100  $\Omega$ /sq 至  $1.0 \times 10^7 \Omega$ /sq 的薄膜电阻。

[0064] 又一种测定期望氧气流速的方法为进行 X 射线衍射 (XRD) 薄膜结构测量。图 2A 至图 2E 为薄膜随氧气流量变化的 XRD 图,所述 XRD 图显示形成锌 (Zn) 和氧化锌 (ZnO) 的衍射峰。图 2A 至图 2E 中,各薄膜的沉积条件为:氩气流速 600sccm/m<sup>3</sup>、1000W 和不同氧气流速。

[0065] 图 2A 为溅射时不供应氧气所形成的薄膜的 XRD 图。所述 XRD 图产生数个不同强度的锌衍射峰。锌 (002) 衍射峰出现在  $2\theta$  (即入射 X 射线与衍射仪探测器的夹角) 介于约 35.5 至 37 之间,强度约 625 计数 (count)。锌 (100) 衍射峰出现在约 38 至 40 之间,强度约 450 计数。锌 (101) 衍射峰出现在约 42.5 至 44 之间,强度约 1050 计数。锌 (102) 衍射峰出现在约 53 至 55 之间,强度约 325 计数。锌 (103) 衍射峰出现在约 69.5 至 70 之间,强度约 300 计数。锌 (110) 衍射峰出现在约 70 至 71 之间,强度约 275 计数。锌 (002) : 锌 (100) : 锌 (101) : 锌 (102) : 锌 (103) : 锌 (110) 的衍射峰高度的比约为 2.27 : 1.64 : 3.82 : 1.182 : 1.091 : 1。所有衍射峰的相分析均使用国际衍射数据中心 (ICDD)PDF2 数据库 (2004 修订) 标示。

[0066] 如图 2B 所示,氧气供应流速为 50sccm/m<sup>3</sup> 时,锌衍射峰的强度减弱。锌 (002) 衍射峰减弱成约 500 计数。锌 (100) 衍射峰减弱成约 375 计数。锌 (101) 衍射峰减弱成约 750 计数。锌 (102) 衍射峰减弱成约 250 计数。锌 (110) 衍射峰减弱成约 225 计数,锌 (103) 衍射峰消失。锌 (002) : 锌 (100) : 锌 (101) : 锌 (102) : 锌 (110) 的衍射峰高度比约为 2.22 : 1.67 : 3.33 : 1.11 : 1。

[0067] 如图 2C 所示,氧气供应流速为 100sccm/m<sup>3</sup> 时,所有锌衍射峰消失,除了锌 (101) 衍射峰减弱成约 375 计数。如图 2D 所示,氧气供应流速为 150sccm/m<sup>3</sup> 时,锌衍射峰完全消失,但氧化锌 (002) 衍射峰出现在约 33.5 至 35 之间,强度约 950 计数。如图 2E 所示,氧气供应流速增加至 200sccm/m<sup>3</sup> 时,氧化锌 (002) 衍射峰强度提高到约 1000 计数。

[0068] 根据 XRD 数据,氧气供应量应小于约 150sccm/m<sup>3</sup>,因为达 150sccm/m<sup>3</sup> 时会出现强

的氧化锌衍射峰。应理解氧气流速与腔室大小成正比。故腔室尺寸增大,氧气流速随之增加。同样地,腔室尺寸缩小,氧气流速随之减小。

[0069] 为测定期望氮气流速,可进行 XRD 薄膜结构测量。图 3A 至图 3F 为根据本发明一个实施例,于不同氮气流速下形成半导体膜的 XRD 图。图 3A 至图 3F 中,各薄膜的沉积条件为:氩气流速  $600\text{sccm}/\text{m}^3$ 、 $2000\text{W}$ 、氧气流速  $100\text{sccm}/\text{m}^3$  和不同氮气流速。

[0070] 图 3A 为在无氮气下所沉积的薄膜的 XRD 图。图中显示数个强峰,包括介于约 35 至约 37 之间且强度约 575 计数的氧化锌 (101) 与锌 (002) 衍射峰、介于约 38 至 40 之间且强度约 380 计数的锌 (100) 衍射峰,以及介于约 42.5 至 44 之间且强度约 700 计数的锌 (101) 衍射峰。较小的氧化锌 (002) 衍射峰出现在约 35.5 至 37 之间,强度约 390 计数;锌 (102) 衍射峰出现在约 53 至 55 之间,强度约 275 计数;锌 (103) 衍射峰出现在约 69.5 至 70 之间,强度约 225 计数;以及锌 (110) 衍射峰出现在约 70 至 71 之间,强度约 225 计数。氧化锌 (101) : 锌 (002) : 锌 (100) : 锌 (101) : 氧化锌 (002) : 锌 (102) : 锌 (103) : 锌 (110) 的衍射峰高度比为约 2.55 : 2.55 : 1.24 : 3.11 : 1.73 : 1.22 : 1 : 1。

[0071] 如图 3B 所示,当反应性溅射期间的氮气供应流速为  $300\text{sccm}/\text{m}^3$  时,锌与氧化锌衍射峰将大幅减弱至不再存有氧化锌的一点。如图 3C 所示,氮气流速增加至  $500\text{sccm}/\text{m}^3$  时,所有锌与氧化锌衍射峰消失,薄膜则具有非晶结构。

[0072] 如图 3D 所示,氮气流速增加至  $1000\text{sccm}/\text{m}^3$  时,出现两个新的衍射峰。第一个氮化锌 ( $\text{Zn}_3\text{N}_2$ ) (222) 衍射峰介于约 31 至 33 之间,强度约 2050 计数。第二个  $\text{Zn}_3\text{N}_2$  (411) 衍射峰介于约 35 至 42 之间,强度约 1850 计数。 $\text{Zn}_3\text{N}_2$  (222) :  $\text{Zn}_3\text{N}_2$  (411) 的衍射峰高度比约为 1.11 : 1。如图 3E 所示,氮气流速增加至  $1250\text{sccm}/\text{m}^3$  时, $\text{Zn}_3\text{N}_2$  (222) 衍射峰强度为约 2500 计数, $\text{Zn}_3\text{N}_2$  (411) 衍射峰强度为约 2600 计数。 $\text{Zn}_3\text{N}_2$  (222) :  $\text{Zn}_3\text{N}_2$  (411) 的衍射峰高度比约为 0.96 : 1。如图 3F 所示,氮气流速增加至  $2500\text{sccm}/\text{m}^3$  时, $\text{Zn}_3\text{N}_2$  (222) 衍射峰和  $\text{Zn}_3\text{N}_2$  (411) 衍射峰分别减弱成约 2350 和 2050 计数,但在约 36 至 37.5 之间产生新的  $\text{Zn}_3\text{N}_2$  (400) 衍射峰,所述  $\text{Zn}_3\text{N}_2$  (400) 衍射峰的强度约 1700 计数。 $\text{Zn}_3\text{N}_2$  (222) :  $\text{Zn}_3\text{N}_2$  (411) :  $\text{Zn}_3\text{N}_2$  (400) 的衍射峰高度比为约 1.38 : 1.21 : 1。

[0073] 根据 XRD 数据,氮气供应量应大于约  $300\text{sccm}/\text{m}^3$ ,因为在  $300\text{sccm}/\text{m}^3$  时,氧化锌衍射峰会大幅减弱,以致薄膜实质上不含氧化锌。应理解到,氮气流速与腔室大小成正比。故腔室尺寸增大,氮气流速随之增加。同样地,腔室尺寸缩小,氮气流速随之减小。

[0074] 因此,结合上述氧气流速和氮气流速,可使用氮气对氧气的流速比例大于约 2 : 1 的条件来沉积本文所述的新颖的半导体膜层。在一个实施例中,氮气与氧气的流量比为 10 : 1 至 50 : 1。在另一个实施例中,氮气与氧气的流量比为 20 : 1。

[0075] 如上述,为制造该半导体材料,含氮气体的流速远大于含氧气体的流速。所沉积的半导体材料的迁移率高于非晶硅。表 X 列出根据本发明一个实施例,迁移率随氮气流速变化的关系。

[0076] 表 X



	氮气流速(sccm/m <sup>3</sup> )	氧气流速(sccm/m <sup>3</sup> )	迁移率(cm <sup>2</sup> /V-s)
[0077]	500	50	1
		100	13.5
		250	5
	1000	50	14
		100	27
	1500	0	<1
		25	8
		50	31
		150	23.5
		200	1
		250	2
	2000	0	1
		50	34
		100	29
	2500	0	2.5
		25	15
		50	33.5
		100	33
		150	25
		200	10
		250	12

[0078] 对所有氮气流速来说,在氧气供应 0sccm 的条件下沉积而得的薄膜,所述薄膜的迁移率低于 5cm<sup>2</sup>/V-s。在氧气供应 25sccm/m<sup>3</sup> 的条件下,以氮气流速为 1500sccm/m<sup>3</sup> 时所沉积而得的薄膜的迁移率为约 8cm<sup>2</sup>/V-s,氮气流速为 2500sccm/m<sup>3</sup> 时所沉积而得的薄膜的迁移率为约 15cm<sup>2</sup>/V-s。在氧气供应 200sccm/m<sup>3</sup> 的条件下,氮气流速为 1500sccm/m<sup>3</sup> 时所沉积而得的薄膜的迁移率为约 1cm<sup>2</sup>/V-s,以氮气流速为 2500sccm/m<sup>3</sup> 时所沉积而得的薄膜的迁移率为约 10cm<sup>2</sup>/V-s。在氧气供应 250sccm/m<sup>3</sup> 的条件下,氮气流速为 500sccm/m<sup>3</sup> 时所沉积而得的薄膜的迁移率为约 5cm<sup>2</sup>/V-s,氮气流速为 1500sccm/m<sup>3</sup> 时所沉积而得的薄膜的迁移率为约 2cm<sup>2</sup>/V-s,氮气流速为 2500sccm/m<sup>3</sup> 时所沉积而得的薄膜的迁移率为约 12cm<sup>2</sup>/V-s。

[0079] 以氧气流速为 50sccm/m<sup>3</sup> 至 150sccm/m<sup>3</sup> 所沉积的薄膜而言,此薄膜的迁移率明显高于以氧气流速为 25sccm/m<sup>3</sup> 所沉积的薄膜,但低于以氧气流速为 200sccm/m<sup>3</sup> 以上所沉积的薄膜。另外,以氧气流速为 50sccm/m<sup>3</sup> 至 150sccm/m<sup>3</sup> 所沉积的薄膜的迁移率远高于非晶硅的迁移率。在大部分的情况下,氮气流速介于 1000sccm/m<sup>3</sup> 至 2500sccm/m<sup>3</sup> 之间时,薄膜的迁移率高于 22cm<sup>2</sup>/V-s。相较于迁移率约 1cm<sup>2</sup>/V-s 的非晶硅,含有锌、氧和氮的半导体膜的迁移率明显较高。因此,以约 10 : 1 至约 50 : 1 的氮气对氧气流量比所形成的半导体膜,所述半导体膜的迁移率比非晶硅的迁移率要大 20 倍,并且比多晶硅的迁移率要大 2 倍。应理解到,尽管表中列出多种特定的氮气和氧气流速,但氧气和氮气流速与腔室大小有关,故可依据不同腔室尺寸做调整。

[0080] 表 XI 显示根据本发明的一个实施例,薄膜电阻 (sheet resistance)、载流子浓度和电阻率随氮气流速变化的情形。氮气与氧气的流量比介于约 10 : 1 至约 50 : 1 时,包含锌、氧和氮的半导体层的薄膜电阻为约 100 Ω/sq (或表示成 Ω/□) 至约 10000 Ω/sq 之间。随着氮气流速和氧气流速增加,电子载流子浓度下降。因此,电阻率上升。

[0081] 表 XI

[0082]

氮气流速 (sccm/m <sup>3</sup> )	氧气流速 (sccm/m <sup>3</sup> )	薄膜电阻 (Ω-cm)	载流子浓度 (#/cc)	电阻率 (Ω-cm)
500	50	400	1.00E+21	0.009
	100	800	5.00E+19	0.012
1000	50	750	5.00E+19	0.012
	100	5000	4.00E+18	0.1
1500	0	600	4.00E+21	0.014
	50	950	9.00E+18	0.014
2000	0	1000	9.00E+20	0.014
	50	2000	5.00E+18	0.017
	100	9000	2.00E+18	0.1
2500	0	6000	2.00E+19	0.11
	50	5000	4.00E+18	0.09
	100	9000	1.50E+18	0.12

[0083] 退火也可有效提高含有锌、氧和氮的半导体膜的迁移率。表 XII 显示根据本发明的一各实施例,经退火后,迁移率随氮气流速变化的情形。退火后,迁移率大于 50cm<sup>2</sup>/V-s。在一个实施例中,迁移率因退火而提高至大于 90cm<sup>2</sup>/V-s。可在氮气氛围中且于约 400℃ 下进行退火处理约 5 分钟。

[0084] 表 XII

[0085]

氮气流速(sccm/m <sup>3</sup> )	氧气流速(sccm/m <sup>3</sup> )	迁移率(cm <sup>2</sup> /V-s)
500	0	1
	50	13.5
	100	5
1000	0	28
	50	48
	100	15
1250	0	29
	100	20
1500	50	94
2000	50	92
2500	0	50
	50	65
	100	21

[0086] 掺杂量也会影响含有锌、氮和氧的半导体膜的迁移率。表 XIII 和表 XIV 列出以不同氮气与氧气流速反应性溅射掺杂铝的锌溅射靶材时的迁移率、薄膜电阻、载流子浓度和电阻率。因此,可调整溅射靶材的掺杂量,以确保达到预定的迁移率、薄膜电阻、载流子浓度和电阻率。

[0087] 表 XIII

[0088]

掺杂百分比	氧气流速 (sccm)	氮气流速 (sccm)	迁移率 ( $\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ )	薄膜电阻 ( $\Omega\text{-cm}$ )	载流子浓度 (#/cc)	电阻率 ( $\Omega\text{-cm}$ )
0.0	20	100	3	100	$1.00\text{E}+21$	0.008
		200	13	500	$8.00\text{E}+19$	0.009
		300	28	600	$2.00\text{E}+19$	0.015
		400	42	800	$1.00\text{E}+19$	0.020
		500	45	950	$9.00\text{E}+18$	0.040
1.0	10	100	1	300	$1.00\text{E}+21$	0.009
		200	14	600	$5.00\text{E}+19$	0.020
		300	31	975	$9.00\text{E}+18$	0.040
		400	33	2500	$5.00\text{E}+18$	0.080
		500	33	5000	$3.00\text{E}+18$	0.090
1.0	20	100	14	800	$8.00\text{E}+19$	0.020
		200	27	5000	$4.00\text{E}+18$	0.100
		300	29.0	5000	$4.00\text{E}+18$	0.100
		400	29.0	9000	$2.00\text{E}+18$	0.100
		500	33.0	9000	$1.50\text{E}+18$	0.200

[0089] 表 XIV

[0090]

掺杂百分比	氮气流速 (sccm)	氧气流速 (sccm)	迁移率 ( $\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ )	薄膜电阻 ( $\Omega\text{-cm}$ )	载流子浓度 (#/cc)	电阻率 ( $\Omega\text{-cm}$ )
0.0	300	0	0	100	$1.00\text{E}+21$	0.009
		10	4	200	$2.00\text{E}+20$	0.009
		20	30	500	$2.00\text{E}+19$	0.010
		30	43	800	$1.00\text{E}+19$	0.020
		40	9	4000000	$1.00\text{E}+19$	8.000
1.0	300	0	0	700	$3.00\text{E}+21$	0.030
		10	31	950	$9.00\text{E}+18$	0.020

[0091]

		20	31	1000	2.00E+18	0.040
		30	23	1200	9.00E+17	0.100
		40	15	11000	9.00E+17	0.700
1.0	500	0	2	8000	2.00E+19	0.200
		10	34	7500	5.00E+18	0.090
		20	33	9000	1.50E+18	0.100
		30	25	13000	5.00E+17	0.700
		40	15	13000	5.00E+17	0.700

[0092] 基座温度也会影响半导体膜的迁移率。表 XV 列出以不同氮气流速、在 30°C、50°C 和 95°C 下溅射锌溅射靶材时的迁移率、薄膜电阻、载流子浓度和电阻率。从表 XV 可看出，在明显低于 400°C 的温度下（包括接近室温的温度）进行反应性溅射能有效形成迁移率高于非晶硅与多晶硅的半导体膜。因此，即使没有退火处理，该半导体膜的迁移率仍高于非晶硅。

[0093] 表 XV

氮气流速 (sccm/m <sup>3</sup> )	基座温度 (°C)	迁移率 (cm <sup>2</sup> /V-s)	薄膜电阻 (Ω-cm)	载流子浓 度(#/cc)	电阻率 (Ω-cm)
500	30	1.0	200	1.00E+21	0.009
	50	1.5	210	2.00E+19	0.008
	95	2.0	300	4.00E+18	0.014
1500	30	15.0	1100	1.00E+21	0.030
	50	31.0	950	9.00E+18	0.029
	95	17.0	850	4.00E+18	0.028
2500	30	28.0	3100	7.00E+20	0.900
	50	33.0	3100	2.00E+19	0.078
	95	32.0	2950	4.00E+18	0.077

[0095] 虽然文中举出多个功率的特定值，但应理解施加至溅射靶材的功率与靶材面积成正比。因此介于约 10W/cm<sup>2</sup> 至约 100W/cm<sup>2</sup> 之间的功率值通常可达到期望的结果。表 XVI 显示氮气流速为 1500sccm/m<sup>3</sup> 至 2500sccm/m<sup>3</sup> 之间时，施加 DC 功率对迁移率、载流子浓度和电阻率的影响。以约 1000W 至 2000W 之间的功率形成薄膜的迁移率明显高于非晶硅。

[0096] 表 XVI

氮气流速 (sccm/m <sup>3</sup> )	功率 (W)	迁移率 (cm <sup>2</sup> /V-s)	载流子浓度 (#/cc)	电阻率 (Ω-cm)
[0097] 1500	1000	34	5.00E+17	0.80
	1500	41	3.10E+18	0.08
	2000	31	7.20E+18	0.05
2500	1000	30	4.00E+17	2.00
	1500	39	1.50E+18	0.10
	2000	34	2.50E+18	0.09

[0098] 依上述沉积技术沉积而得的薄膜包含具有锌、氮和氧的三元化合物半导体材料，例如  $ZnN_xO_y$ 。在一个实施例中，该三元化合物半导体材料为掺杂材料，例如  $ZnN_xO_y:Al$ 。相较于具有高电子迁移率和高电子载流子密度的氧化锌，在室温沉积的三元半导体化合物具有高迁移率和低电子载流子密度。在一个实施例中，该三元化合物的迁移率高于  $30\text{cm}^2/\text{V-cm}$ ，电子载流子密度低于  $1.0\text{E}+19\text{\#/cc}$ 。如果以约  $400^\circ\text{C}$  退火处理该薄膜，那么迁移率则提高至大于  $100\text{cm}^2/\text{V-cm}$ ，而电子载流子密度将低于  $1.0\text{E}+18\text{\#/cc}$ ，且不会改变薄膜的晶向和组成。即便薄膜为非晶化合物或缺乏定向 (poorly oriented) 的结晶化合物，该三元化合物仍可达到高迁移率和低电子密度。

[0099] 相较于氧化锌，也可改善该三元化合物的光学带隙 (band gap)。氧化锌的带隙一般为 3.2 电子伏特 (eV)。另一个方面，包含锌、氮和氧的三元化合物的带隙为约从 3.1eV 至约 1.2eV。通过改变诸如氮气与氧气的流量比例、功率密度、压力、退火与沉积温度等沉积参数，可调整带隙。由于带隙较低，该三元化合物可用于光电器件和其他电子器件。在相当高的处理温度下，例如  $600^\circ\text{C}$ ，可将三元化合物薄膜转换成 p 型或 n 型半导体材料。退火或等离子体处理可加以微调，故基本上不会改变化合物结构和化学组成。进行微调可使化合物的性质符合采用此化合物的器件性能要求。

[0100] 该三元化合物可作为 TFT 器件的透明半导体层、光电器件或太阳能面板中的化合物层，或传感器装置中的化合物层。图 4A 至图 4G 绘示根据本发明一实施例的形成底栅 TFT 400 的工艺步骤。TFT 包含基板 402。在一个实施例中，基板 402 可能包括玻璃。在另一个实施例中，基板 402 包含聚合物。在又一个实施例中，基板 402 包含塑料。在再一个实施例中，基板 402 包含金属。

[0101] 在基板上形成栅极 404。栅极 404 包含导电层，用以控制 TFT 内带电载流子的移动。栅极 404 可包含金属，例如铝、钨、铬、钽或上述物质的组合物。栅极 404 可以常规沉积技术形成，所述沉积技术包括溅射、光刻和蚀刻。栅介质层 406 沉积于栅极 404 上。栅介质层 406 可包含二氧化硅、氮氧化硅、氮化硅或上述物质的组合物。栅介质层 406 可以已有的沉积技术沉积，所述沉积技术包括等离子体增强化学气相沉积 (PECVD)。

[0102] 如图 4B 所示，在栅介质层 406 上形成有源沟道 408 (即半导体层)。在一个实施例中，有源沟道 408 经过退火处理。在另一个实施例中，有源沟道 408 经过等离子体处理。退火及 / 或等离子体处理可提高有源沟道 408 的迁移率。有源沟道 408 可包含如上述的具

有锌、氧和氮的三元化合物。在一个实施例中,该三元化合物掺杂铝。如图 4C 所示,沉积有源沟道 408 后,沉积源极-漏极层 410 于有源沟道 408 上。在一个实施例中,源极-漏极层 410 包含金属,例如铝、钨、钼、铬、钽和上述物质的组合物。为了限定有源沟道 408 和源极与漏极,可蚀刻源极-漏极层 410 和有源沟道 408。

[0103] 如图 4D 所示,掩模 412 位在源极-漏极层 410 上。掩模 412 可具有预定图案。利用包括沉积光刻胶及显影图案等常规技术,可将掩模 412 置于源极-漏极层 410 上。

[0104] 如图 4E 所示,可同时蚀刻有源沟道 408 和源极-漏极层 410。图 4F 为图 4E 的上视图。如图 4E 和图 4F 所示,利用蚀刻来暴露出有源沟道 408。在一个实施例中,可湿法蚀刻源极-漏极层 410 和一部分的有源沟道 408,而露出有源沟道 408。在另一个实施例中,可干法蚀刻源极-漏极层 410,接着湿法蚀刻一部分的有源沟道 408。在又一个实施例中,可蚀刻源极/漏极层 410,但不蚀刻有源沟道 408。在一个实施例中,可使用含有选自氯、氧、氟或上述物质的组合的元素的执行干法蚀刻。

[0105] 露出有源沟道 408 后,使用有源沟道 408 作为蚀刻终止层来干法蚀刻源极-漏极层 410,以限定出源极与漏极。图 4G 为已暴露的有源沟道 408 和已限定的源极 414 与漏极 416 的上视图。由于等离子体无法有效蚀刻含有锌、氧和氮的三元化合物(某些实施例还含铝),因此进行干法等离子体蚀刻时,有源沟道 408 的作用是当作蚀刻终止层。

[0106] 图 5 为根据本发明一个实施例的蚀刻终止 TFT 500 的截面图。蚀刻终止 TFT 包含基板 502、栅极 504 和栅介质层 506。蚀刻终止 TFT 500 类似上述图 4A-4G 的底栅 TFT,除了蚀刻终止层 510 是配置在源极 512 与漏极 514 之间的有源沟道 508 上。基板 502、栅极 504、栅介质层 506、有源沟道 508、源极 512 和漏极 514 的材料可如上述底栅 TFT 中所示的材料。蚀刻终止层 510 可包括含有硅以及氧与氮中的一个或多个的介电材料。

[0107] 图 6 为根据本发明一实施例的顶栅 TFT 600 的截面图。顶栅 TFT 600 包含基板 602,基板 602 上设置有遮光层 604。介电层 606 沉积在遮光层 604 上。源极 608 和漏极 610 沉积在介电层 606 上。有源沟道层 612 沉积于源极 608 和漏极 610 上。栅介质层 614 沉积在有源沟道 612 上,栅极 616 则沉积在栅介质层 614 上。用于基板 602、栅极 616、栅介质层 614、有源沟道 612、源极 608 和漏极 610 的材料可如上述底栅 TFT 中所示的材料。形成顶栅 TFT 600 时,可利用湿法蚀刻,或是先干法蚀刻再进行湿法蚀刻来形成沟道与电极接触区。接着,使用有源沟道作为蚀刻终止层来进行干法蚀刻,以限定出接触区。

[0108] 图 7 为根据本发明一实施例的有源矩阵型 LCD 700 的示意图。图 7 示出 TFT 基板和滤色器基板,且液晶材料夹设在所述 TFT 基板与所述滤色器基板之间。TFT 控制电流使像素电极产生电场,以控制液晶材料的方向和光线通过滤色器的量。TFT 排列在玻璃基板的矩阵中。为控制特定像素,开启适当列,接着往正确行的方向传递电荷。由于与此行相交的其他列皆为关闭,故只有位于指定像素处的电容器接收到电荷。电容器能储存电荷,直到下一个更新循环。若控制施加至晶体的电压量,则会扭开晶体让一些光线穿过。

[0109] 图 7 的有源矩阵型 LCD 700 可由 TFT 714 控制。TFT 714 可开启或关闭像素。LCD 700 包含接合焊盘 (bonding pad) 706、像素电极 708、储存电容器 728、偏光板 702、基板 704、取向层 710、衬垫料 712、短路 (short) 716、密封垫 718、黑矩阵 720、滤色器 724 和公共电极 726。

[0110] 图 8 为根据本发明一个实施例的有源矩阵型 OLED 800 的示意图。图 8 示出 TFT,

所述 TFT 控制施予 OLED 的发光有机层的电流量。有源矩阵型 OLED 具有完整的阴极层、有机分子层和阳极层,但阳极层覆盖在形成矩阵的 TFT 阵列上。TFT 阵列本身为电路,所述电路决定开启哪个像素来产生图像。有源矩阵型 OLED 的功率消耗量比无源矩阵型 OLED 要少,由于 TFT 阵列需要的功率比外部电路少,故可用于大型显示器。有源矩阵型 OLED 还具较快的更新速度,因而适合用于视频。有源矩阵型 OLED 可用于电脑屏幕、大屏幕电视、电子信号和电子看板。

[0111] OLED 800 可由 TFT 802 控制, TFT 802 用来开启或关闭像素。OLED 800 包含 TFT 802、阳极 804、空穴注入层 806、电离层 808、缓冲层 810、透明阴极 812、发光层 814 和封装层 816。

[0112] 图 9A 至图 9C 显示不同的有源沟道长度 (L) 与宽度 (W) 的阈值电压 ( $V_{th}$ )。图 9A 显示有源沟道长度 40 微米 ( $\mu\text{m}$ ) 且宽度 10 微米的  $V_{th}$ 。图 9B 显示有源沟道长度 80 微米且宽度 10 微米的  $V_{th}$ 。图 9C 显示有源沟道长度 80 微米且宽度 20 微米的  $V_{th}$ 。图 9A 至图 9C 显示,该三元化合物有源层具有高开 - 关比例和高电流。

[0113] 图 10A 至图 10C 为比较具有共同的有源沟道长度与宽度的  $V_{th}$ 。该有源沟道长度为 40 微米,宽度为 10 微米。图 10A 为非晶硅的  $V_{th}$ 。图 10B 显示未经退火处理的三元化合物。图 10C 显示退火处理后的三元化合物。图 10B 的三元化合物 TFT 在  $V_g = 1$  时的源极 - 漏极电流大于非晶硅在 10V 时的源极 - 漏极电流。因此未经退火处理的薄膜比非晶硅要好 10 倍。

[0114] 图 10C 中退火处理后的薄膜更佳。相较于未经退火处理的薄膜,经退火处理的薄膜具有较高的饱和电流。经退火处理的薄膜在  $V_d = 0.1\text{V}$  时的源极 - 漏极电流接近非晶硅 TFT 在  $V_d = 10\text{V}$  时的电流。故经退火处理的薄膜比非晶硅要好 100 倍。

[0115] 通过改变有源层载流子浓度、有源层迁移率和有源层与其他层的界面特性,可调整上述 TFT 的性能。通过改变沉积薄膜过程中的含氮气体流速,可调整 TFT。如上述,溅射沉积有源层过程中所使用的含氮气体与含氧气体比例会影响迁移率、载流子浓度和其他因素。使用者可设定载流子浓度、迁移率或其他特性的预定值,接着依此调整氮气与氧气的流速比,以得到期望的薄膜性质。甚至还可响应于现场测量值来进行调整,以即时控制沉积工艺。

[0116] 也可通过改变铝掺杂量来调整 TFT。铝的掺杂量可预先决定,而使用具有适当组成的溅射靶材放置在处理室内。另外,可在沉积之后或在整合其他薄膜时,退火及 / 或等离子体处理该有源层以调整 TFT。如上述,热处理该三元化合物可提高薄膜的迁移率。

[0117] 包含氧、氮及一或多个选自于由锌、锡、镓、铟和镉所构成群组中的元素的 TFT,所述 TFT 迁移率高于非晶硅所制成的 TFT。提高 TFT 的迁移率能让 TFT 不仅可应用于 LCD,还可应用到下一代的显示器, OLED。

[0118] 虽然上文针对本发明的实施例,但在不脱离本发明基本范围的情况下可设计多种本发明的其他或进一步实施例,并且本发明的保护范围当视后附权利要求书所确定。



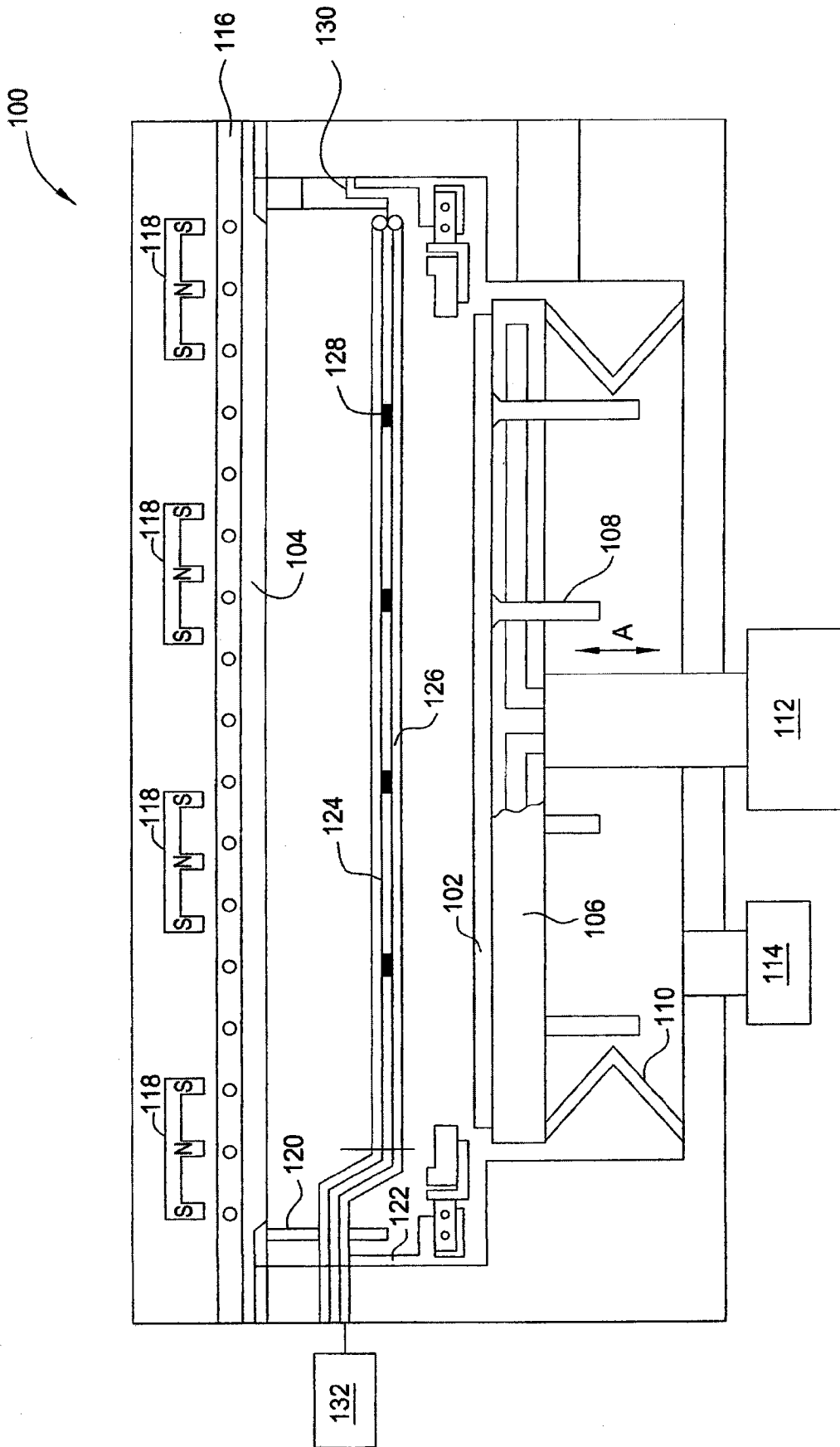


图 1

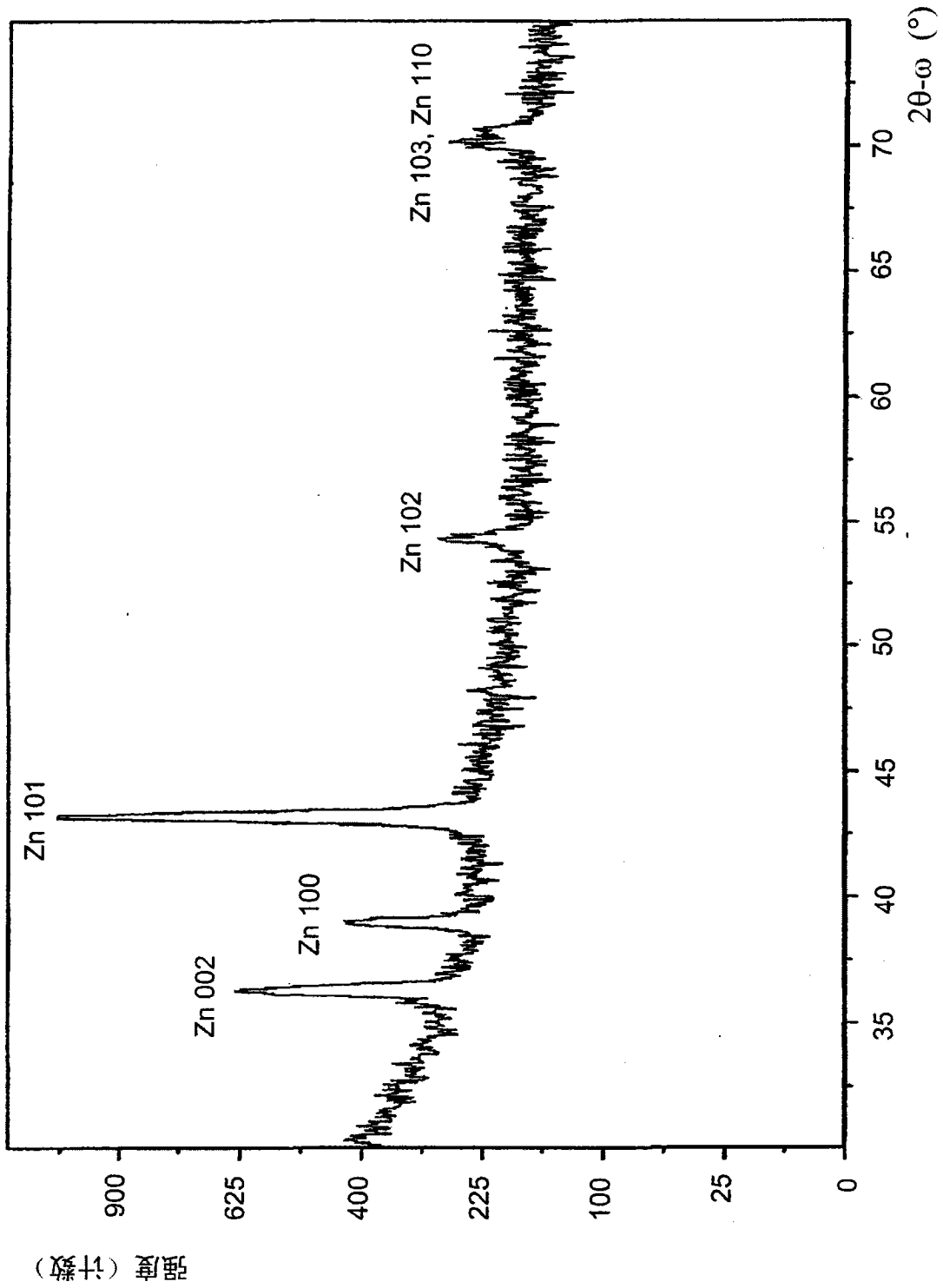


图 2A

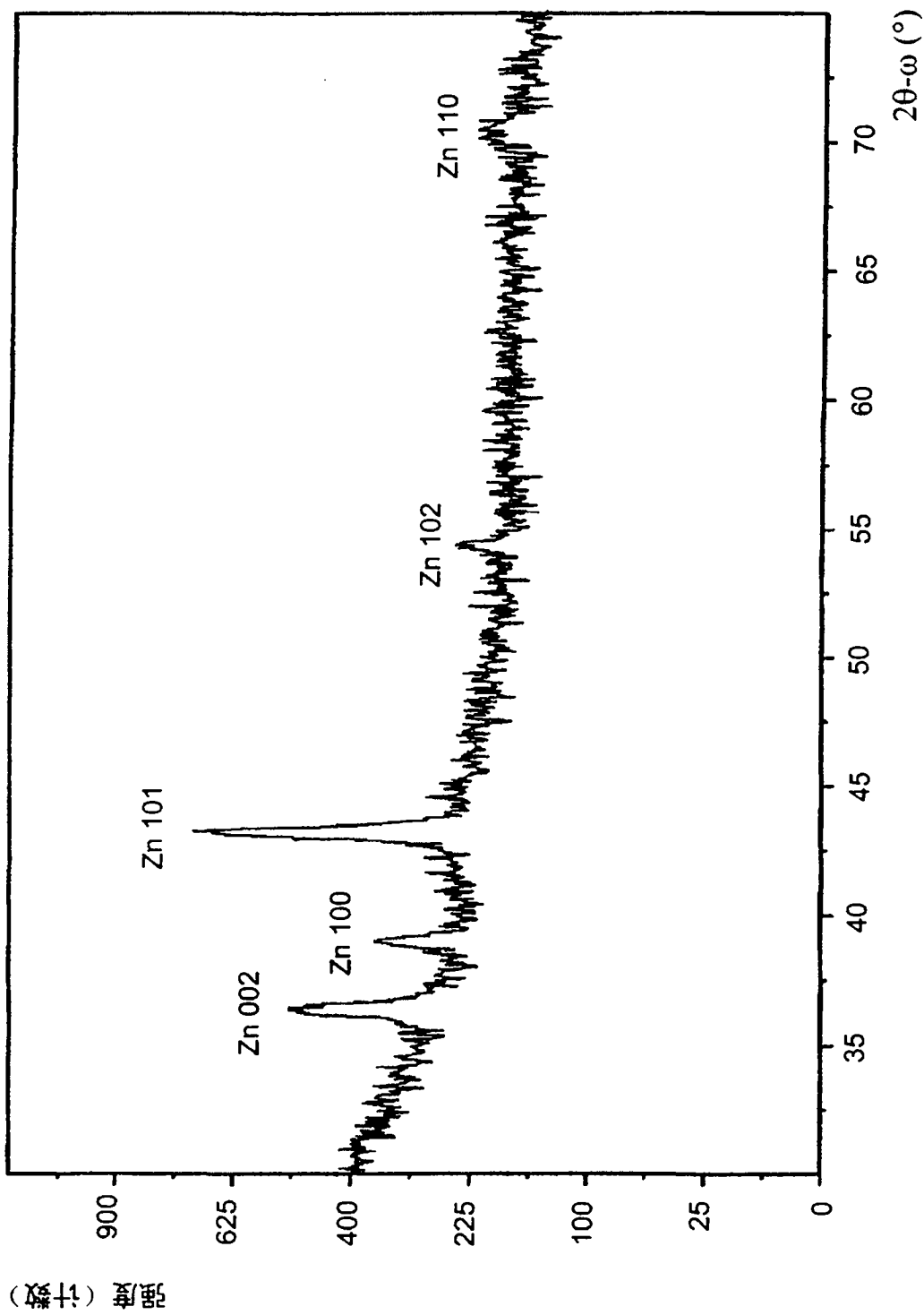


图 2B

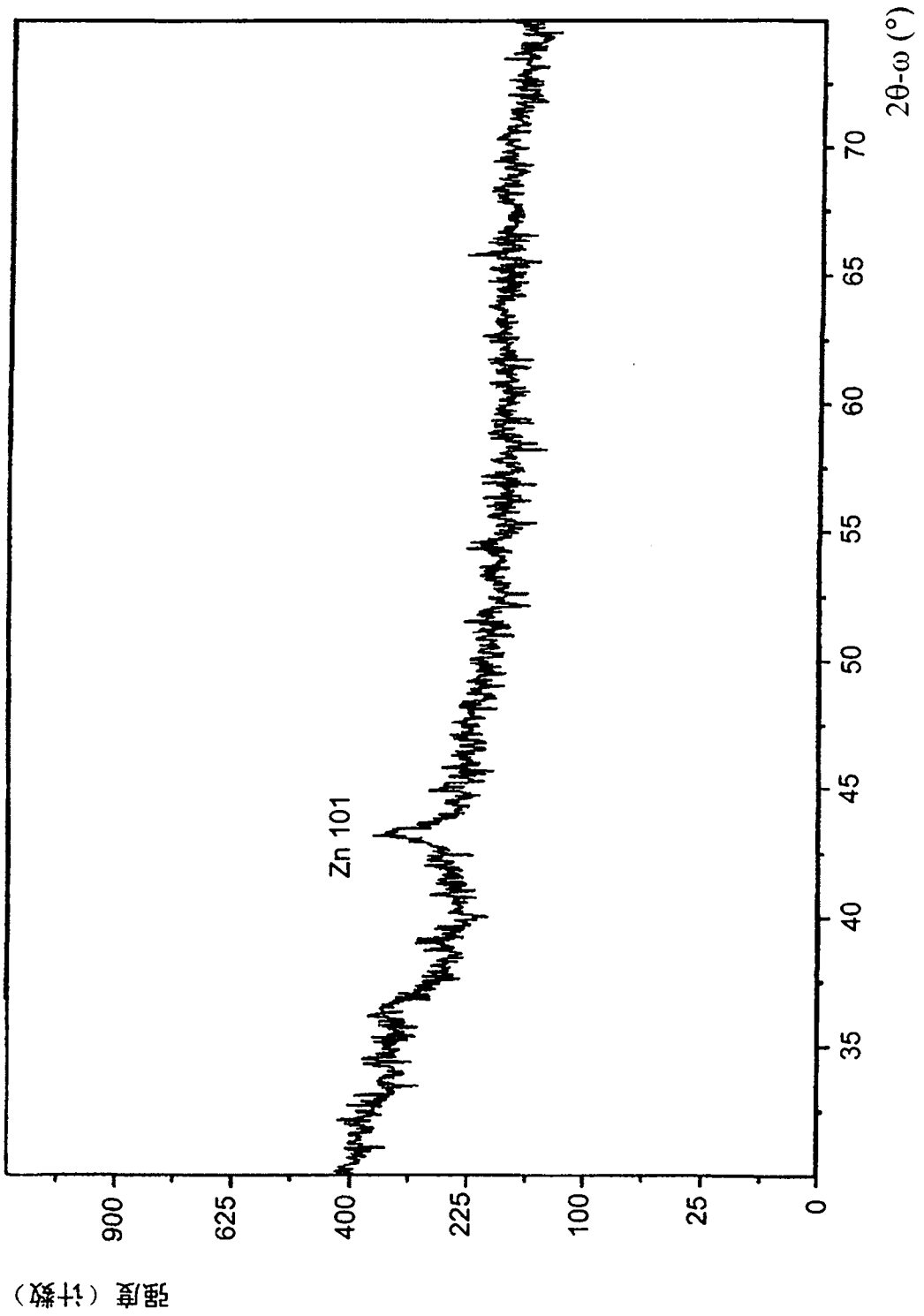


图 2C

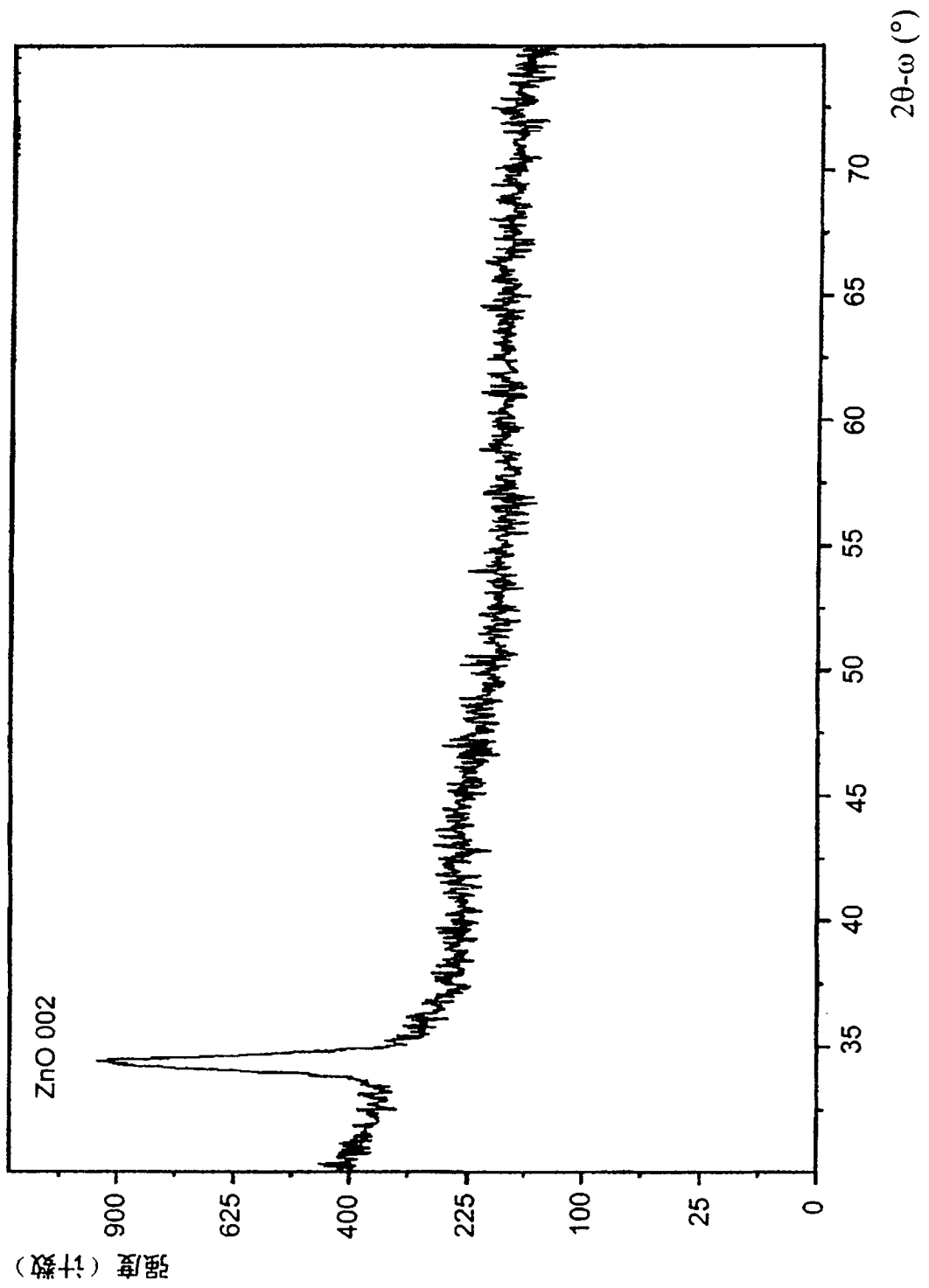


图 2D

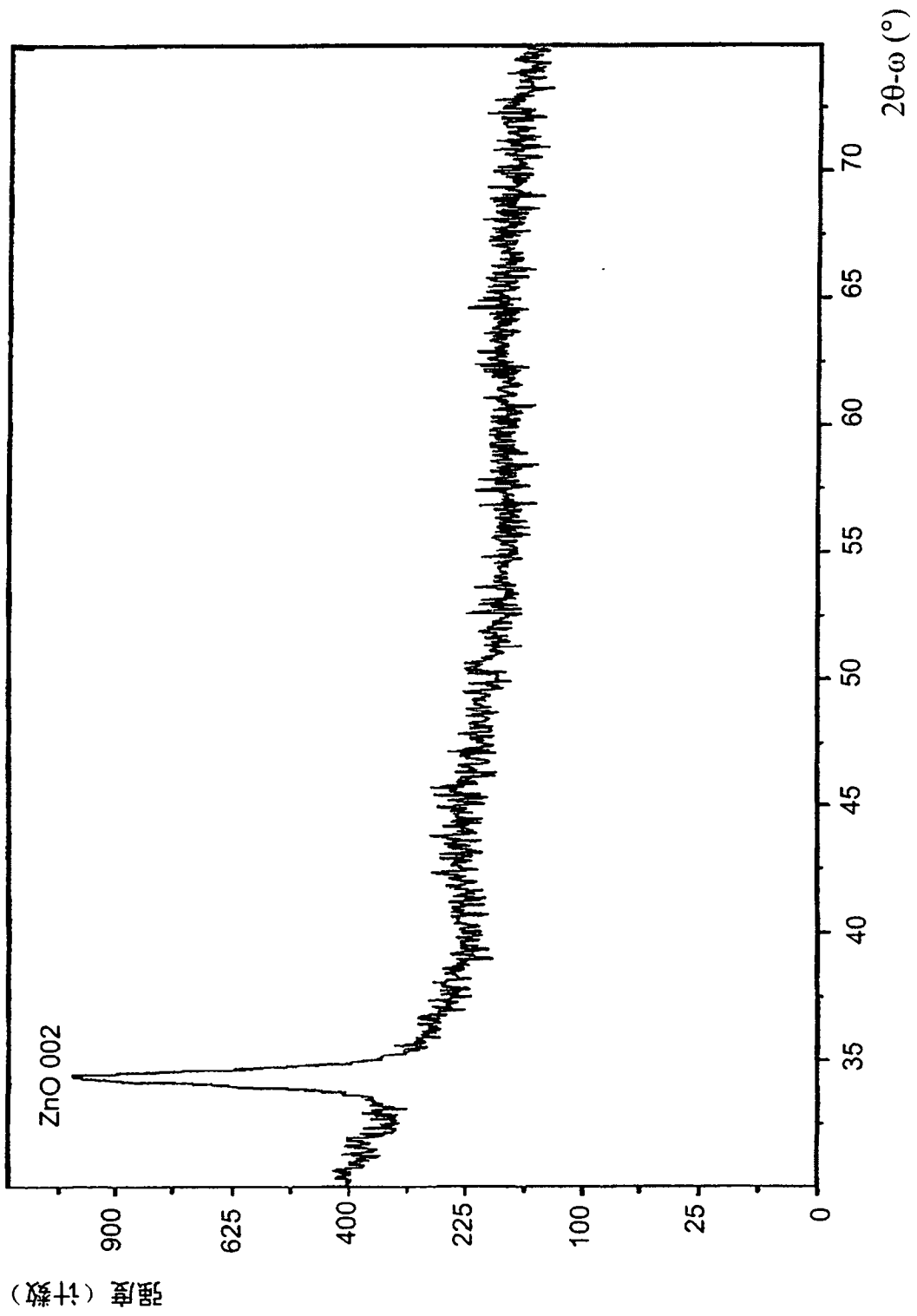


图 2E

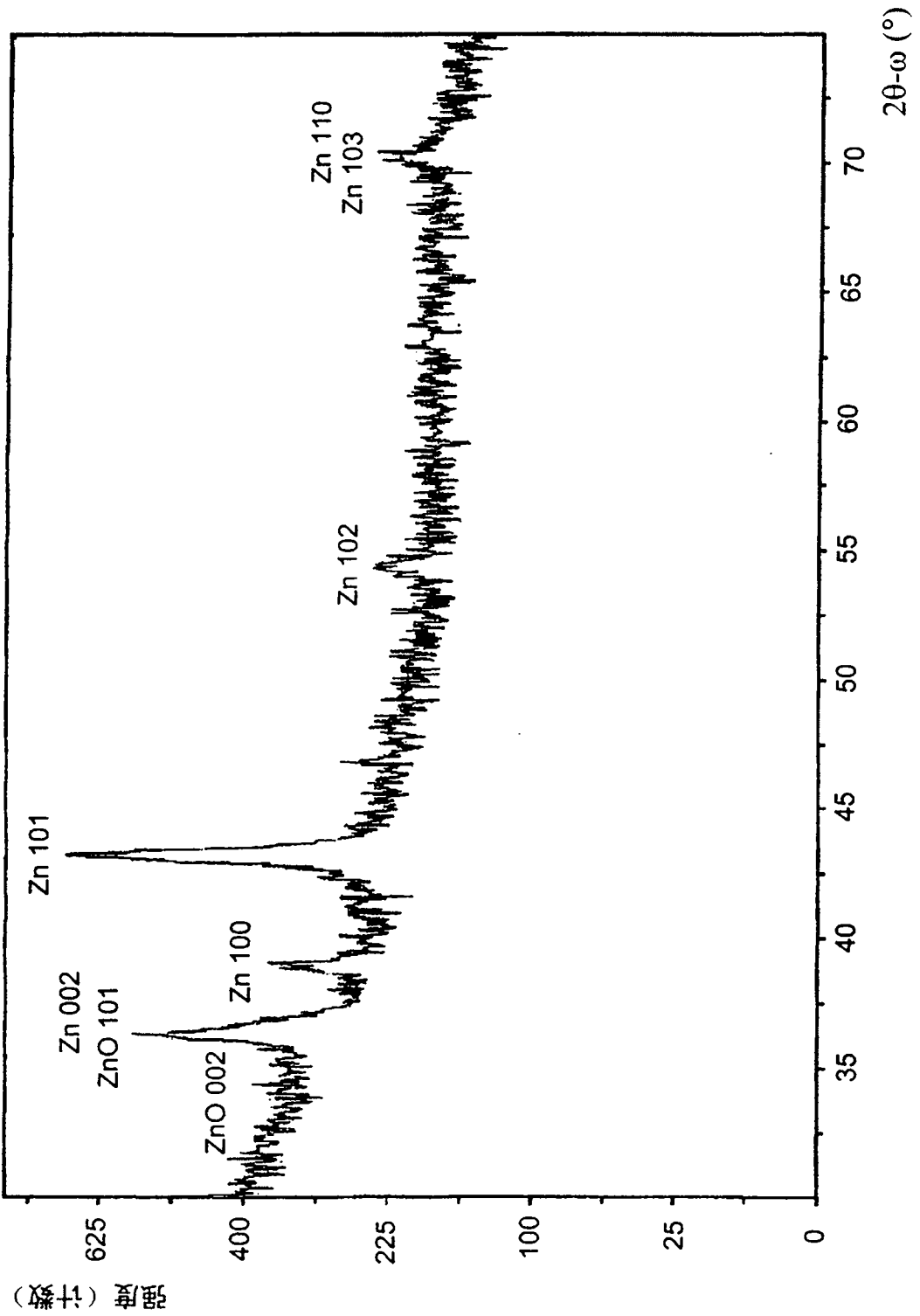


图 3A

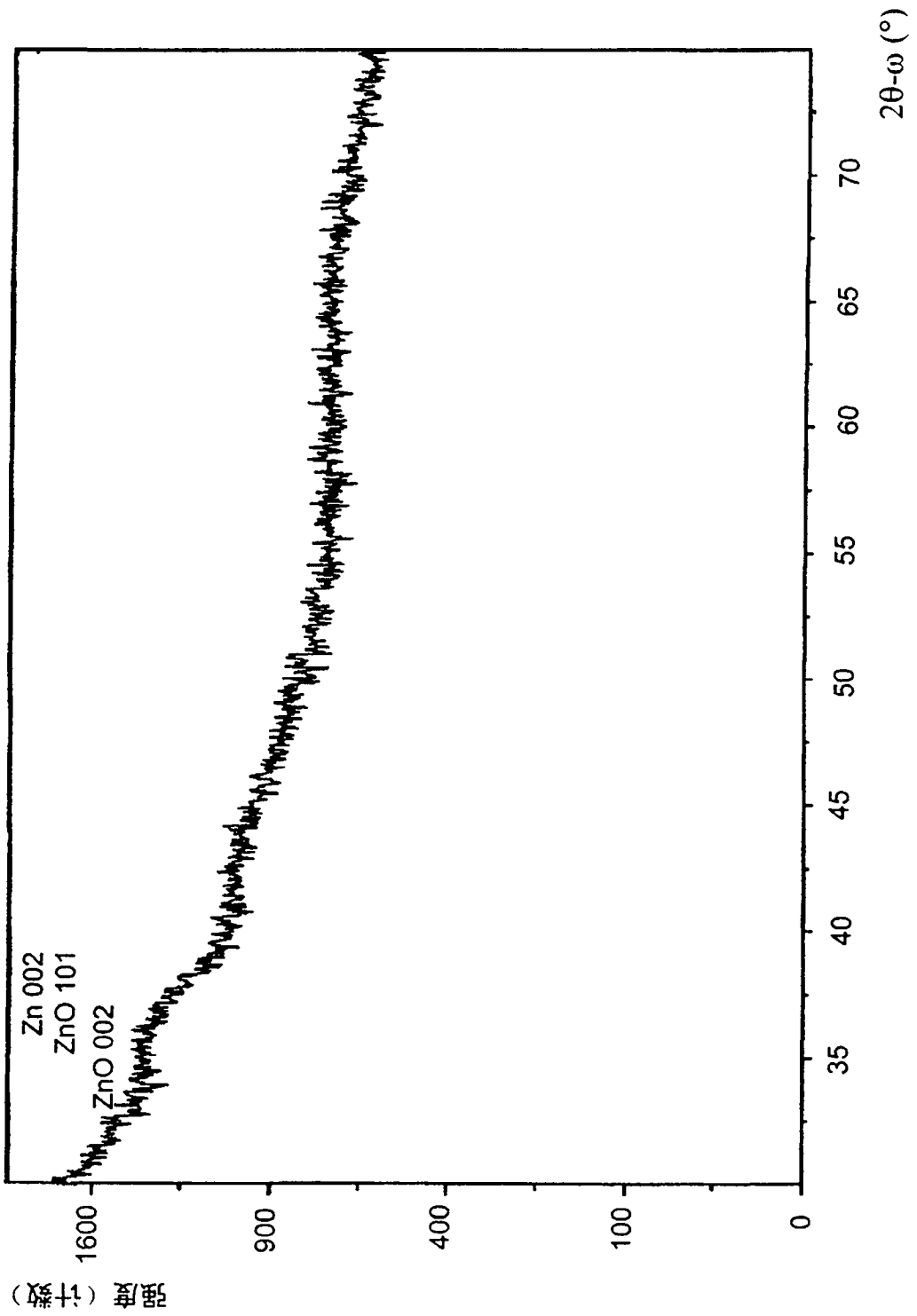


图 3B



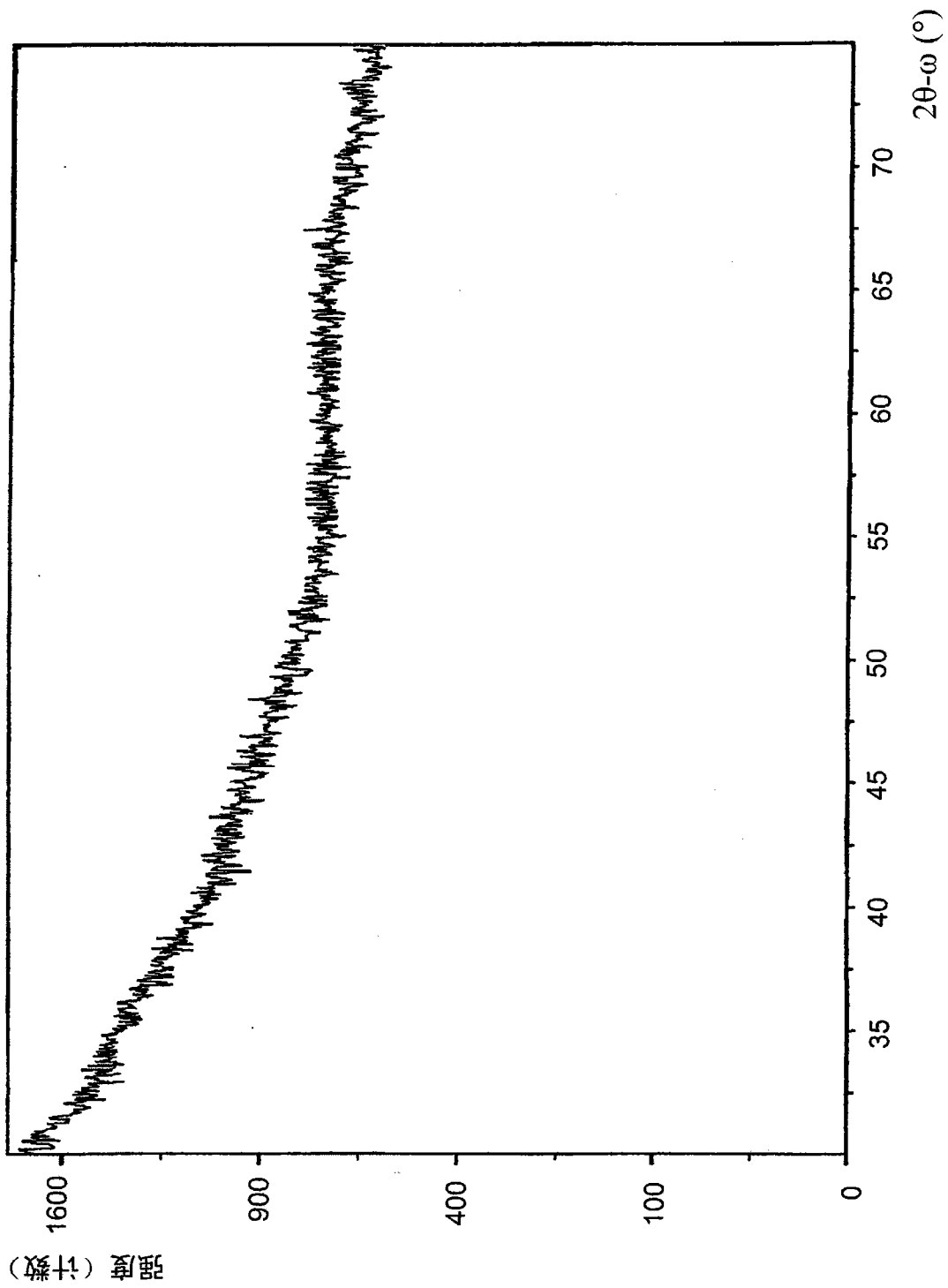


图 3C

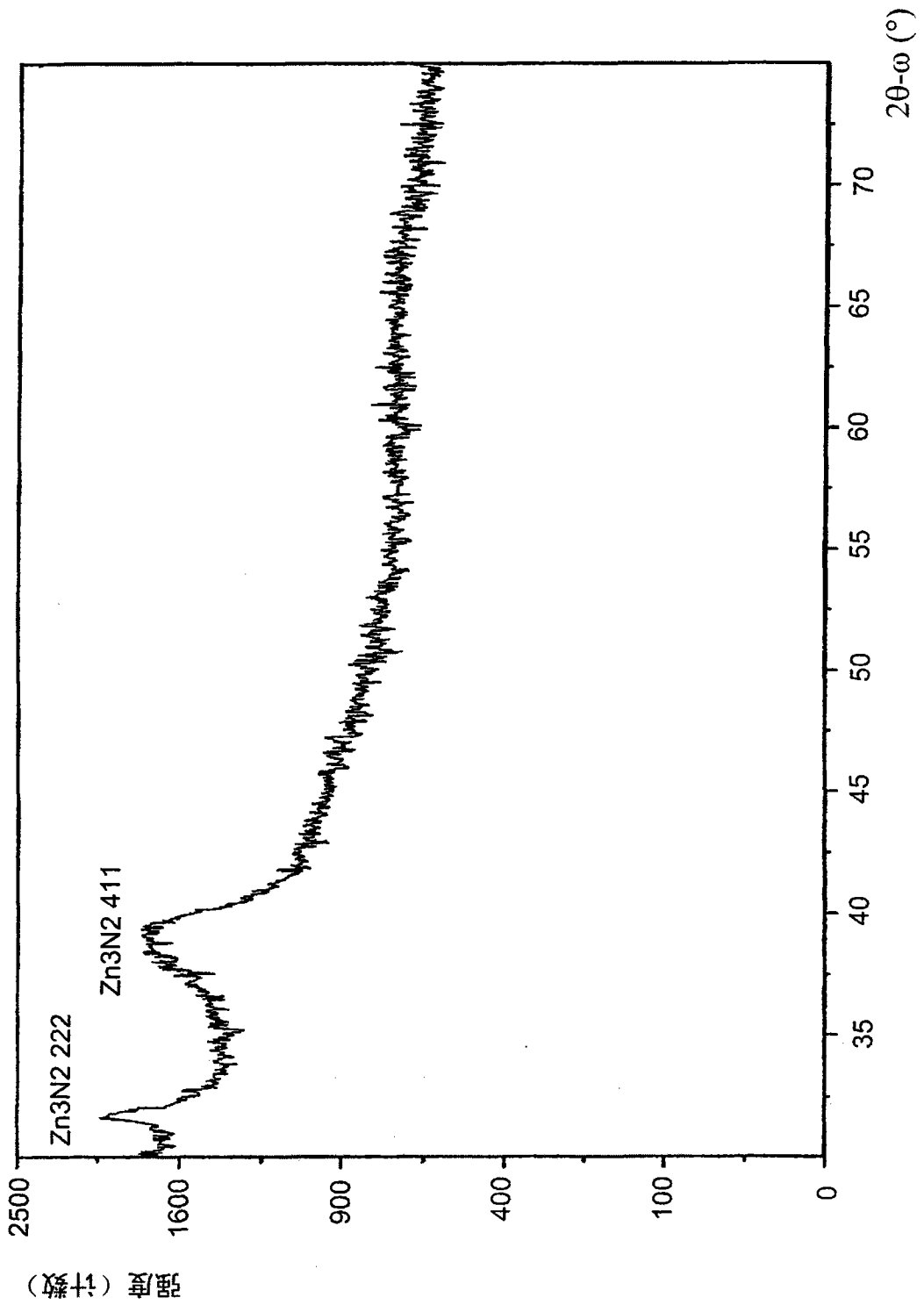


图 3D

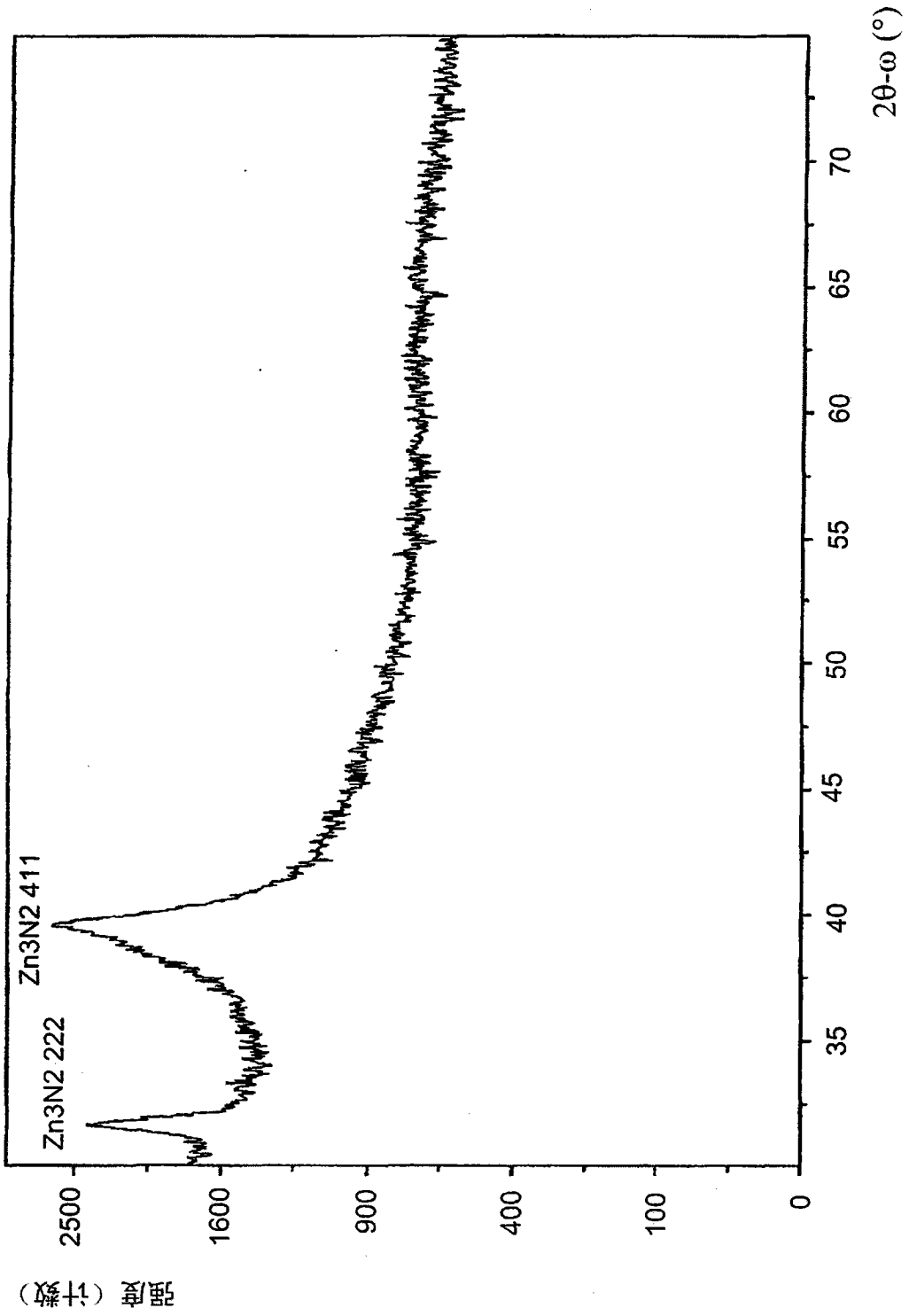


图 3E

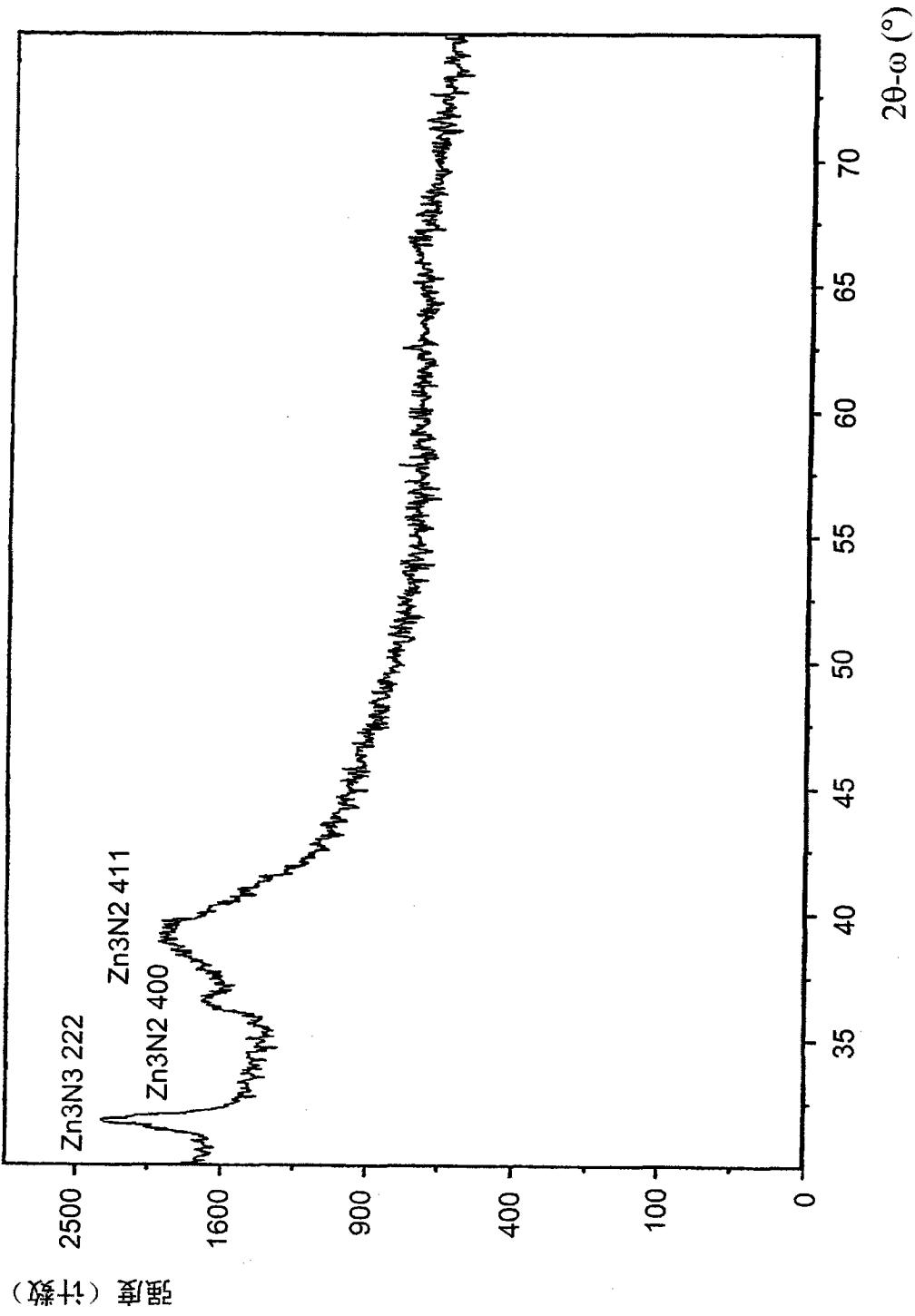


图 3F

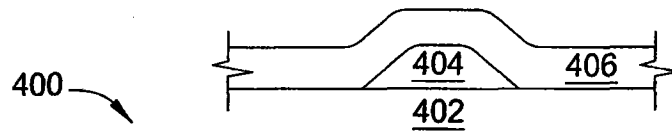


图 4A

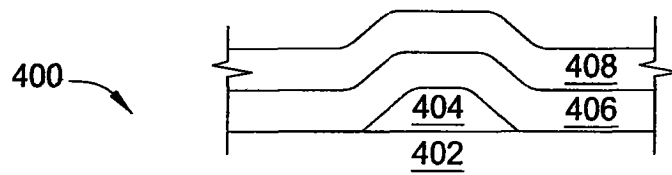


图 4B

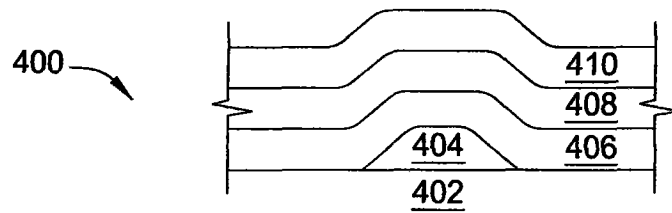


图 4C

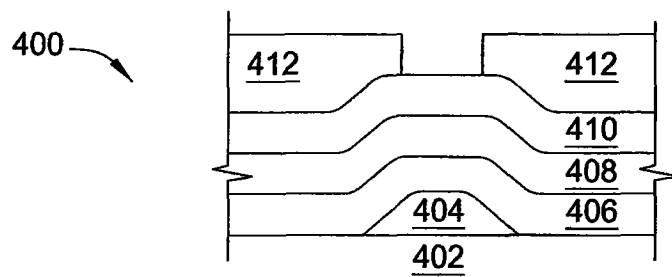


图 4D

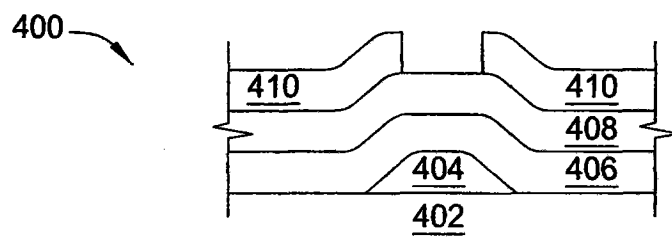


图 4E

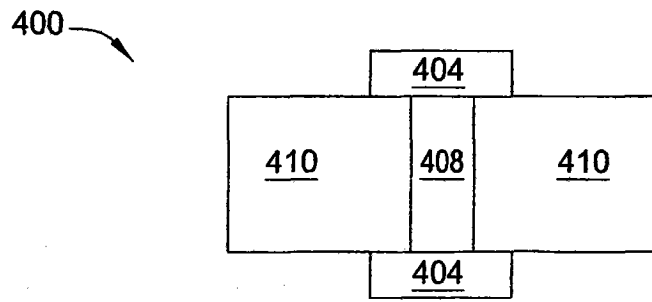


图 4F

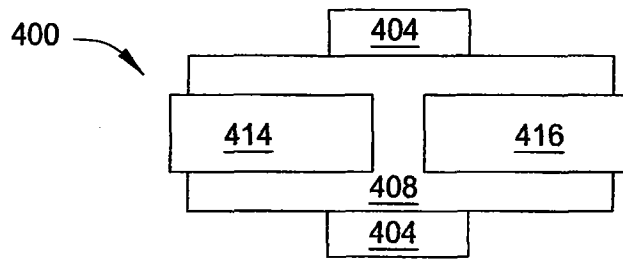


图 4G

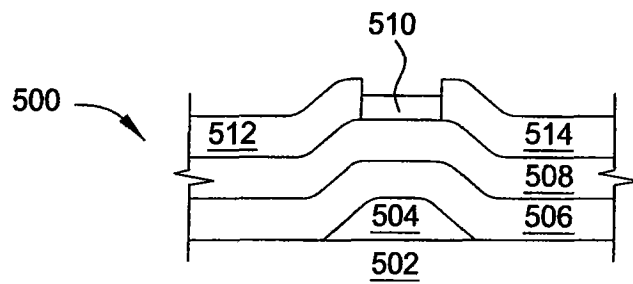


图 5

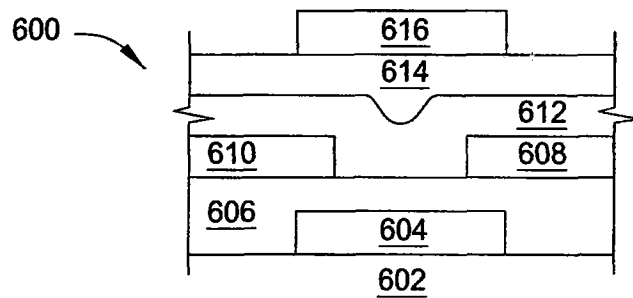


图 6

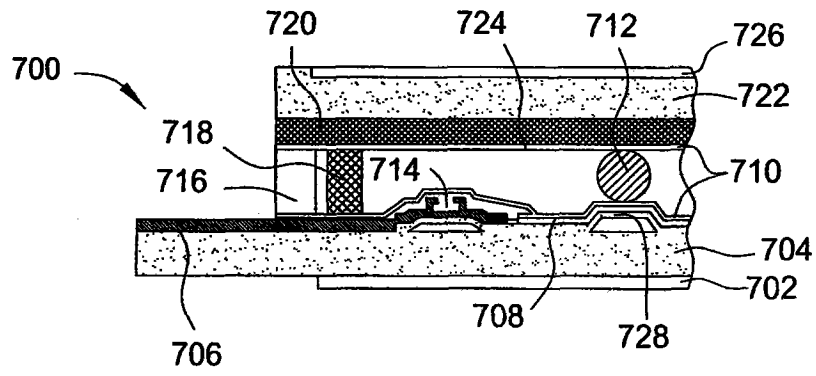


图 7

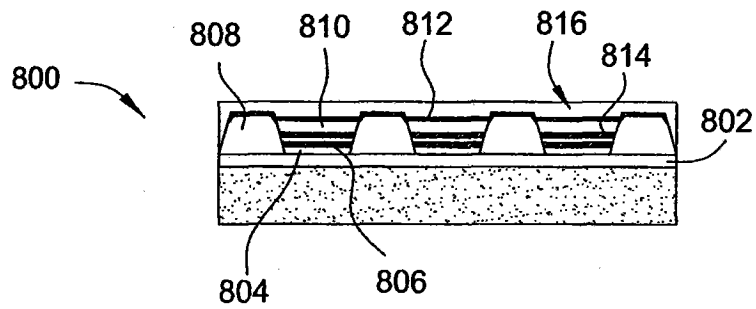


图 8

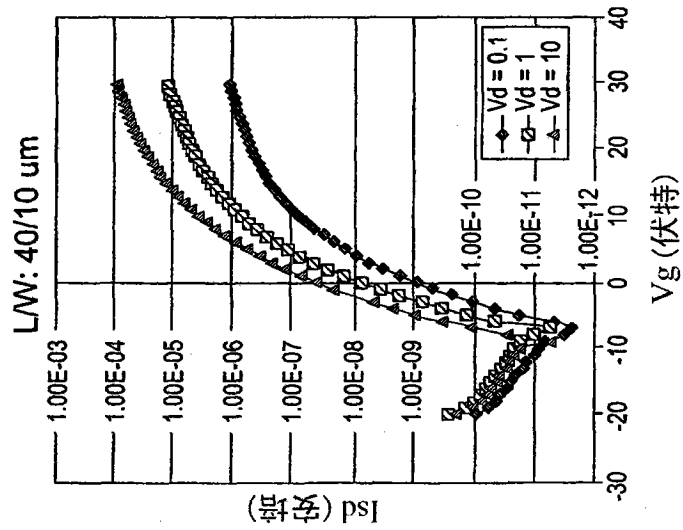


图 9A

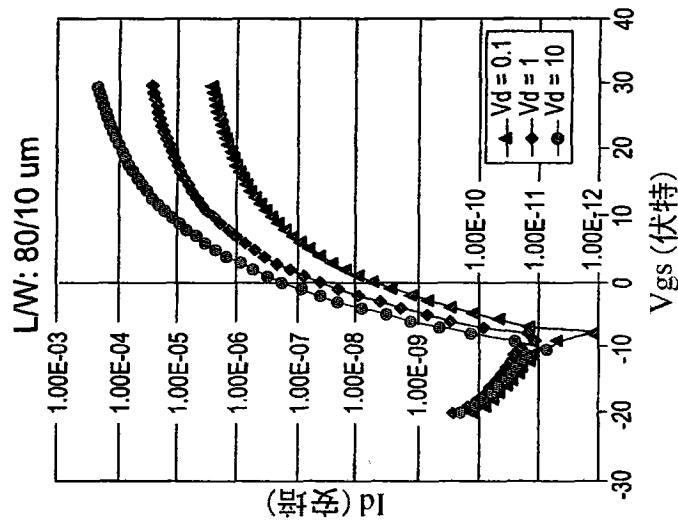


图 9B

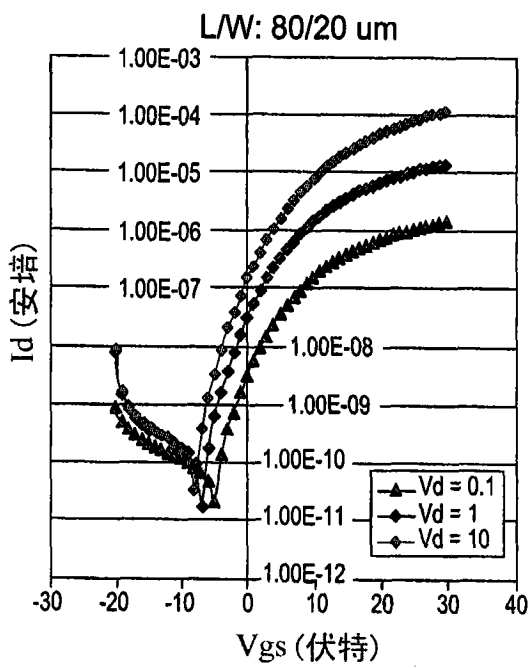


图 9C

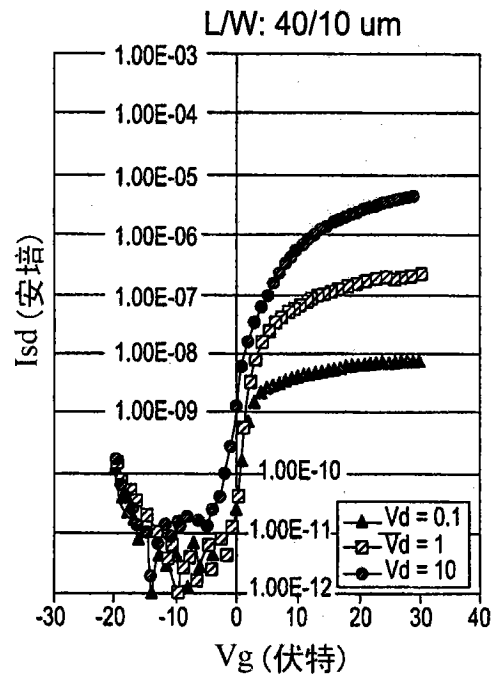


图 10A



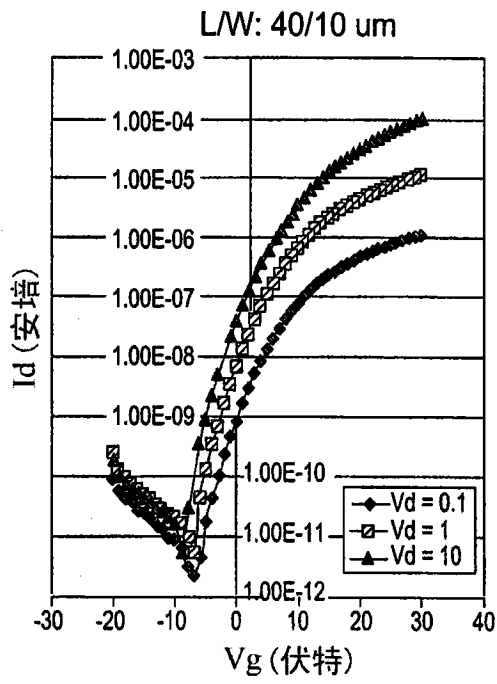


图 10B

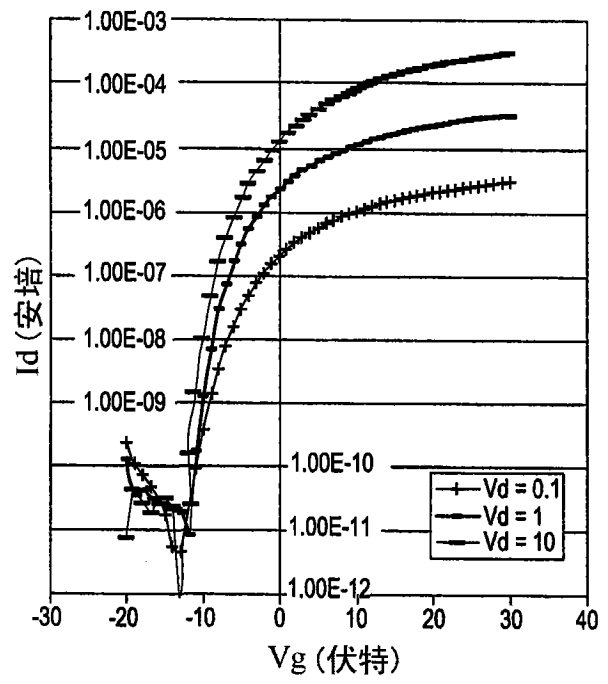


图 10C