(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 112335024 B
(45)授权公告日 2025.01.24

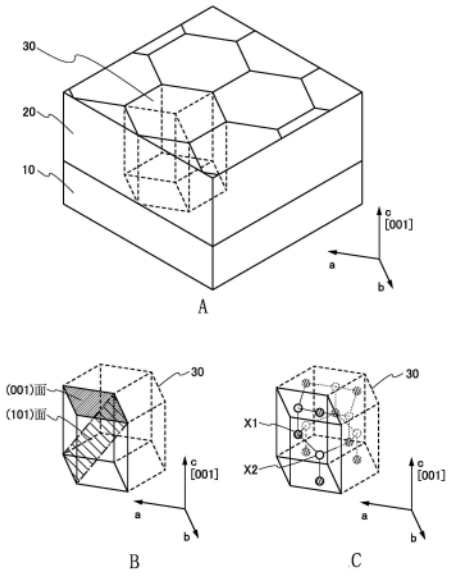
(21)申请号 201980039953.X
(22)申请日 2019.06.24
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 112335024 A
(43)申请公布日 2021.02.05
(30)优先权数据
2018-128964 2018.07.06 JP
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2020.12.14
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/IB2019/055287 2019.06.24
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2020/008294 JA 2020.01.09
(73)专利权人 株式会社半导体能源研究所
地址 日本神奈川
(72)发明人 种村和幸 三本菅正太 奥野直树
(74)专利代理机构 中国贸促会专利商标事务所有限公司 11038
专利代理师 张智慧
(51)Int.Cl.
H01L 21/363(2006.01)
C23C 14/06(2006.01)
C23C 14/08(2006.01)
C23C 14/34(2006.01)
H10D 30/67(2025.01)
H10H 20/817(2025.01)
(56)对比文件
JP 2001044500 A,2001.02.16
JP 2011029238 A,2011.02.10
US 2010092800 A1,2010.04.15
审查员 乔思梦
权利要求书2页 说明书23页 附图33页

(54)发明名称

金属氧氮化物膜的制造方法

(57)摘要

提供一种在低温下通过外延生长形成金属氧氮化物膜的方法。金属氧氮化物膜的制造方法,包括如下步骤:在单晶的衬底上,导入含有氮气体的气体,通过使用氧化物靶材利用溅射法对金属氧氮化物膜进行外延生长,其中,氧化物靶材包含锌,形成金属氧氮化物膜时的衬底为80℃以上且400℃以下,氮气体的流量为气体的总流量中的50%以上且100%以下。



CN 112335024 B

1.一种金属氧氮化物膜的制造方法,包括如下步骤:

在单晶的衬底上,导入含有氮气体的气体,通过使用氧化物靶材利用溅射法对所述金属氧氮化物膜进行外延生长,

其中,所述氧化物靶材包含锌,

所述氧化物靶材包含铟和镓中的至少一个,

形成所述金属氧氮化物膜时的所述衬底为80℃以上且400℃以下,

所述氮气体的流量为所述气体的总流量中的50%以上且100%以下,

并且,当对所述单晶的衬底进行极点测量时,在对(111)面进行的φ扫描中,观察到表示三次对称性的衍射峰,或者在对(104)面进行的φ扫描中,观察到表示两次对称性的衍射峰。

2.一种金属氧氮化物膜的制造方法,包括如下步骤:

在单晶的衬底上,导入含有氮气体的气体,通过使用氧化物靶材利用溅射法形成面内取向了的膜,

其中,所述氧化物靶材包含锌,

所述氧化物靶材包含铟和镓中的至少一个,

形成所述金属氧氮化物膜时的所述衬底为80℃以上且400℃以下,

所述氮气体的流量为所述气体的总流量中的50%以上且100%以下,

并且,当对所述单晶的衬底进行极点测量时,在对(111)面进行的φ扫描中,观察到表示三次对称性的衍射峰,或者在对(104)面进行的φ扫描中,观察到表示两次对称性的衍射峰。

3.根据权利要求1或2所述的金属氧氮化物膜的制造方法,

其中当对所述单晶的衬底进行极点测量时,在对(111)面进行的φ扫描中,观察到表示三次对称性的衍射峰,

所述衬底为氧化钇稳定氧化锆(YSZ)衬底,

并且所述衬底的面方位为(111)。

4.根据权利要求1或2所述的金属氧氮化物膜的制造方法,

其中当对所述单晶的衬底进行极点测量时,在对(104)面进行的φ扫描中,观察到表示两次对称性的衍射峰,

所述衬底为A-plane蓝宝石衬底,

并且所述衬底的面方位为(110)。

5.根据权利要求1或2所述的金属氧氮化物膜的制造方法,

其中所述金属氧氮化物膜的结晶结构是纤锌矿型结构。

6.根据权利要求5所述的金属氧氮化物膜的制造方法,

其中当对所述金属氧氮化物膜进行极点测量时,在极点测量中的对所述金属氧氮化物膜的结晶的(101)面进行的φ扫描中,观察到表示六次对称性的衍射峰。

7.根据权利要求6所述的金属氧氮化物膜的制造方法,

其中在所述金属氧氮化物膜的广角倒易空间图中,观察到第一斑点及第二斑点,

所述第一斑点的峰位于角度2θ为30°以上35°以下且角度ψ为0°附近之处,

所述第一斑点的半宽小于2°,

所述第二斑点的峰位于角度2θ为33°以上37°以下且角度ψ为61°以上65°以下之处，并且所述第二斑点的半宽小于2°。

金属氧氮化物膜的制造方法

技术领域

[0001] 本发明的一个方式涉及一种金属氧氮化物膜以及金属氧氮化物膜的制造方法。另外,本发明的一个方式涉及一种使用该金属氧氮化物膜的发光元件、照明装置、显示装置、电子设备以及半导体装置。

[0002] 注意,在本说明书等中,半导体装置是指能够通过利用半导体特性而工作的所有装置。除了晶体管等的半导体组件之外,半导体电路、运算装置或存储装置也是半导体装置的一个方式。显示装置(液晶显示装置、发光显示装置等)、投影装置、照明装置、电光装置、蓄电装置、存储装置、半导体电路、摄像装置、电子设备等有时包括半导体装置。

[0003] 注意,本发明的一个方式不局限于上述技术领域。本说明书等所公开的发明的一个方式涉及一种物体、方法或制造方法。另外,本发明的一个方式涉及一种工序(process)、机器(machine)、产品(manufacture)或者组合物(composition of matter)。

背景技术

[0004] 作为颜料或光催化材料,已知有包含金属、氧以及氮的金属氧氮化物。此外,金属氧氮化物也受到瞩目作为用于半导体装置等的半导体材料、绝缘材料。专利文献1公开了包括含有铟、镓及锌的金属氧氮化物的半导体材料。

[0005] 另外,作为形成面内取向了的薄膜(也称为单晶薄膜)的方法之一,已知有外延生长法。在此,面内取向是指水平于衬底的方向上的晶体取向的规则性。专利文献2公开了通过反应性固相外延生长法形成单晶$InGaO_3(ZnO)_5$薄膜的方法。

[0006] [先行技术文献]

[0007] [专利文献]

[0008] [专利文献1]日本专利申请公开第2015-18929号公报

[0009] [专利文献2]日本专利申请公开第2004-103957号公报

发明内容

[0010] 发明所要解决的技术问题

[0011] 专利文献1所公开的金属氧氮化物的状态是原子间的键合没有秩序性的非晶状态。因为非晶状态的金属氧氮化物具有空洞或低密度区域,所以该金属氧氮化物的稳定性低。因此,用于半导体装置等的金属氧氮化物优选具有高结晶性。尤其是,金属氧氮化物优选面内取向。

[0012] 另外,专利文献2所公开的反应性固相外延生长法需要进行如下高温处理:在形成$InGaO_3(ZnO)_5$薄膜之前进行将衬底加热到1000℃以上的处理;在形成该薄膜之后以1300℃以上的温度进行加热扩散处理;等。另外,为了形成单晶$InGaO_3(ZnO)_5$薄膜,需要在衬底上设置外延生长了的ZnO薄膜。如此,当使用现有技术形成外延生长了的薄膜时,有各种各样的限制。注意,在本说明书中,“高温”例如是指700℃以上的温度,“低温”例如是指600℃以下的温度。

[0013] 于是,本发明的一个方式的目的之一是提供一种在低温下通过外延生长形成金属氧氮化物膜的方法。另外,本发明的一个方式的目的之一是提供一种在形成金属氧氮化物膜的前后不进行高温处理而通过外延生长形成该金属氧氮化物膜的方法。另外,本发明的一个方式的目的之一是提供一种使用通过外延生长形成的金属氧氮化物膜的半导体装置等。

[0014] 注意,这些目的的记载不妨碍其他目的的存在。注意,本发明的一个方式并不需要实现所有上述目的。除上述目的外的目的从说明书、附图、权利要求书等的描述中是显而易见的,并且可以从所述描述中抽出。

[0015] 解决技术问题的手段

[0016] 本发明的一个方式是一种金属氧氮化物膜的制造方法,包括如下步骤:在单晶的衬底上,导入含有氮气体的气体,通过使用氧化物靶材利用溅射法对金属氧氮化物膜进行外延生长,其中,氧化物靶材包含锌,形成金属氧氮化物膜时的衬底为80℃以上且400℃以下,氮气体的流量为气体的总流量中的50%以上且100%以下。

[0017] 另外,本发明的一个方式是一种金属氧氮化物膜的制造方法,包括如下步骤:在单晶的衬底上,导入含有氮气体的气体,通过使用氧化物靶材利用溅射法形成面内取向的膜,其中,氧化物靶材包含锌,形成金属氧氮化物膜时的衬底为80℃以上且400℃以下,氮气体的流量为气体的总流量中的50%以上且100%以下。

[0018] 在上述金属氧氮化物膜的制造方法中,氧化物靶材优选包含铟和镓中的至少一个。

[0019] 在上述金属氧氮化物膜的制造方法中,优选的是,衬底为氧化钇稳定氧化锆(YSZ)衬底,并且该衬底的面方位为(111)。此外,优选的是,衬底为A-plane蓝宝石衬底,并且该衬底的面方位为(110)。

[0020] 在上述金属氧氮化物膜的制造方法中,金属氧氮化物膜的结晶结构优选为纤锌矿型结构。

[0021] 另外,在上述金属氧氮化物膜的制造方法中,优选的是,当对金属氧氮化物膜进行极点测量时,在极点测量中的对金属氧氮化物膜的结晶的(101)面进行的φ扫描中,观察到表示六次对称性的衍射峰。

[0022] 另外,在上述金属氧氮化物膜的制造方法中,优选的是,在金属氧氮化物膜的广角倒易空间图中,观察到第一斑点及第二斑点,第一斑点的峰位于角度2θ为30°以上35°以下且角度ψ为0°附近之处,第一斑点的半宽小于2°,第二斑点的峰位于角度2θ为33°以上37°以下且角度ψ为61°以上65°以下之处,第二斑点的半宽小于2°。

[0023] 发明效果

[0024] 根据本发明的一个方式,可以提供一种在低温下通过外延生长形成金属氧氮化物膜的方法。另外,根据本发明的一个方式,可以提供一种在形成金属氧氮化物膜的前后不进行高温处理而通过外延生长形成该金属氧氮化物膜的方法。另外,根据本发明的一个方式,可以提供一种使用通过外延生长形成的金属氧氮化物膜的半导体装置等。

[0025] 注意,这些效果的记载不妨碍其他效果的存在。本发明的一个方式并不需要具有所有上述效果。上述以外的效果是可以从说明书、附图、权利要求书等的记载中自然得知并衍生出来的。

[0026] 附图简要说明

[0027] [图1]图1A是说明在衬底上外延生长的金属氧氮化物膜的图。图1B是说明该金属氧氮化物膜所包含的结晶的结晶面的图。图1C是说明该结晶的原子配置的图。

[0028] [图2]图2是说明构成氧化物靶材的金属的原子个数比范围的图。

[0029] [图3]图3A及图3B是说明溅射装置的示意图。

[0030] [图4]图4是广角倒易空间映射以及极点测量中的实验配置图。

[0031] [图5]图5A是说明极图的图。图5B及图5C是说明极点测量所得的强度分布的图。

[0032] [图6]图6A及图6B是示出发光元件的结构例子的图。

[0033] [图7]图7A及图7B是示出根据本发明的一个方式的照明装置的图。

[0034] [图8]图8A至图8C是示出显示装置的结构例子的图。

[0035] [图9]图9A至图9E是示出电子设备的结构例子的图。

[0036] [图10]图10A是示出实施例中的样品1的广角倒易空间图的图。图10B及图10C是示出在模拟中得到的广角倒易空间图的图。

[0037] [图11]图11A及图11B是示出对实施例中的样品1进行极点测量的结果的图。

[0038] [图12]图12A是示出实施例中的样品2的广角倒易空间图的图。图12B及图12C是示出在模拟中得到的广角倒易空间图的图。

[0039] [图13]图13A及图13B是示出对实施例中的样品2进行极点测量的结果的图。

[0040] [图14]图14A是示出实施例中的样品3的广角倒易空间图的图。图14B及图14C是示出在模拟中得到的广角倒易空间图的图。

[0041] [图15]图15A及图15B是示出对实施例中的样品3进行极点测量的结果的图。

[0042] [图16]图16A是示出实施例中的样品4的广角倒易空间图的图。图16B及图16C是示出在模拟中得到的广角倒易空间图的图。

[0043] [图17]图17A及图17B是示出对实施例中的样品4进行极点测量的结果的图。

[0044] [图18]图18A是示出实施例中的样品5的广角倒易空间图的图。图18B及图18C是示出在模拟中得到的广角倒易空间图的图。

[0045] [图19]图19A及图19B是示出对实施例中的样品5进行极点测量的结果的图。

[0046] [图20]图20A是示出实施例中的样品6的广角倒易空间图的图。图20B及图20C是示出在模拟中得到的广角倒易空间图的图。

[0047] [图21]图21A及图21B是示出对实施例中的样品6进行极点测量的结果的图。

[0048] [图22]图22A是示出实施例中的样品7的广角倒易空间图的图。图22B及图22C是示出在模拟中得到的广角倒易空间图的图。

[0049] [图23]图23A及图23B是示出对实施例中的样品7进行极点测量的结果的图。

[0050] 实施发明的方式

[0051] 下面,参照附图对实施方式进行说明。注意,所属技术领域的普通技术人员可以很容易地理解一个事实,就是实施方式可以以多个不同形式来实施,其方式和详细内容可以在不脱离本发明的宗旨及其范围的条件下被变换为各种各样的形式。因此,本发明不应该被解释为仅限定在下面所示的实施方式所记载的内容中。

[0052] 在附图中,为便于清楚地说明,有时夸大表示大小、层的厚度或区域。因此,本发明并不局限于附图中的尺寸。此外,在附图中,示意性地示出理想的例子,因此本发明不局限

于附图所示的形状或数值等。例如,例如,在实际的制造工序中,有时由于蚀刻等处理而层或抗蚀剂掩模等被非意图性地蚀刻,但是为了便于理解有时没有反映到附图。另外,在附图中,有时在不同的附图之间共同使用相同的附图标记来表示相同的部分或具有相同功能的部分,而省略其重复说明。此外,当表示具有相同功能的部分时有时使用相同的阴影线,而不特别附加附图标记。

[0053] 另外,尤其在俯视图(也称为平面图)或立体图等中,为了便于对发明的理解,有时省略部分构成要素的记载。另外,有时省略部分隐藏线等的记载。

[0054] 在本说明书等中,为方便起见,使用了“上”、“下”等表示配置的词句,以参照附图说明构成要素的位置关系。此外,构成要素的位置关系根据描述各构成要素的方向适当地改变。因此,不局限于说明书中所说明的词句,根据情况可以适当地换词句。

[0055] 例如,在本说明书等中,当明确地记载为“X与Y连接”时,意味着如下情况:X与Y电连接;X与Y在功能上连接;X与Y直接连接。因此,不局限于附图或文中所示的连接关系等规定的连接关系,附图或文中所示的连接关系以外的连接关系也在附图或文中公开了。在此,X和Y为对象物(例如,装置、元件、电路、布线、电极、端子、导电膜、层等)。

[0056] 在本说明书等中,晶体管是指至少包括栅极、漏极以及源极这三个端子的组件。晶体管在漏极(漏极端子、漏区域或漏电极)与源极(源极端子、源区域或源电极)之间具有形成沟道的区域(以下也称为沟道形成区域),并且通过沟道形成区域电流能够流过源极和漏极之间。注意,在本说明书等中,沟道形成区域是指电流主要流过的区域。

[0057] 另外,在使用极性不同的晶体管的情况或电路工作中的电流方向变化的情况等下,源极及漏极的功能有时互相调换。因此,在本说明书等中,有时源极和漏极可以相互调换。

[0058] 注意,在本说明书等中,可以将“绝缘体”换称为“绝缘膜”或“绝缘层”。此外,可以将“导电体”换称为“导电膜”或“导电层”。此外,可以将“半导体”换称为“半导体膜”或“半导体层”。

[0059] 在本说明书等中,“平行”是指两条直线形成的角度为-10°以上且10°以下的状态。因此,也包括该角度为-5°以上且5°以下的状态。“大致平行”是指两条直线形成的角度为-30°以上且30°以下的状态。此外,“垂直”是指两条直线形成的角度为80°以上且100°以下的状态。因此,也包括该角度为85°以上且95°以下的状态。“大致垂直”是指两条直线形成的角度为60°以上且120°以下的状态。

[0060] 另外,在本说明书中,使用米勒指数表示结晶面。米勒指数以圆括号内的三个整数表示。另外,结晶面的排列方向(垂直于结晶面的方向)被称为晶体取向。晶体取向以方括号的三个整数表示。例如,在表示结晶面时记为(111),在表示晶体取向时记为[111]。此外,在是六方晶系的情况下,有时利用被称为米勒-布拉维(Miller-Bravais)指数的记载。具体而言,利用四个整数(h、k、i、l)以(hkil)表示六方晶格的面指数。在此,i＝-(h+k)。指数i可以从指数h与指数k的值算出,所以在本说明书中,六方晶系的结晶面也以使用三个整数的米勒指数(hkl)表示。

[0061] 另外,在本说明书中,有时将出现在单晶衬底的表面上的结晶面称为单晶衬底的面方位。

[0062] 另外,在本说明书中,将对应于结晶面的倒易晶格中的晶格点(也称为倒格点)记

为没有括号的指数。例如,在广角倒易空间图中观察的斑点所示的倒格点111对应于结晶面(111)。

[0063] 另外,在米勒指数中,当表示负方向时,在表示指数的数字上附上横线,但在本说明书中,为了方便起见,在表示指数的数字之前附上负符号。另外,作为相等于(111)的面,有(-111)、(1-11)、(11-1)等。在本说明书中,在记为(111)时,(111)有时包括(-111)、(1-11)、(11-1)等的相等面。

[0064] (实施方式1)

[0065] 在本实施方式中,说明本发明的一个方式的金属氧氮化物膜的制造方法。

[0066] 包含金属、氧以及氮的金属氧氮化物受到瞩目作为用于半导体装置的半导体材料或绝缘材料。优选的是,用于半导体装置的金属氧氮化物中的杂质、缺陷少且其稳定性高。在此,“金属氧氮化物的稳定性高”是指:由于起因于半导体装置工作的发热等,因此不容易与接触于该金属氧氮化物的材料起反应;该金属氧氮化物的结晶性不变;该金属氧氮化物中不产生缺陷;等。通过将杂质、缺陷少且其稳定性高的金属氧氮化物用于半导体装置,可以提高该半导体装置的可靠性。

[0067] 金属氧氮化物中的杂质例如是指除了构成金属氧氮化物的主要成分之外的成分。例如,在金属氧氮化物中,其浓度小于0.1原子%的元素可以说是杂质。作为该元素,例如有氢、硅、硼、磷、碳、除了构成金属氧氮化物的主要成分之外的过渡金属等。此外,金属氧氮化物中的缺陷是晶格缺陷,例如有氧空位、氮空位等的点缺陷、位错等的线缺陷、晶界等的面缺陷等。另外,作为金属氧氮化物中的缺陷,有空洞等的空洞缺陷等。

[0068] 另外,从结晶性的观点来看,薄膜有面内取向了的薄膜、取向性薄膜、无取向薄膜(多晶薄膜)、非晶薄膜(amorphous薄膜)等。取向性薄膜是薄膜含有的结晶中的至少一个晶轴在特定方向上对齐的薄膜。另外,面内取向了的薄膜是薄膜含有的结晶中的三个晶轴在特定方向上对齐的薄膜。

[0069] 用于半导体装置等的金属氧氮化物的薄膜优选为具有取向性的金属氧氮化物的薄膜,更优选为面内取向了的金属氧氮化物的薄膜。面内取向了的金属氧氮化物的薄膜中的杂质、缺陷少,并具有致密结构。因此,通过将面内取向了的金属氧氮化物的薄膜用于半导体装置等,可以提高该半导体装置等的可靠性。

[0070] 作为面内取向了的薄膜的形成方法,已知有外延生长。外延生长是指:构成薄膜的结晶在单晶的衬底上以特定晶体取向关系生长。注意,与该衬底所包含的结晶的晶格常数相同的结晶在单晶的衬底上使用与该衬底相同的材料生长被称为同质外延生长。另外,结晶在单晶的衬底上使用与该衬底不同的材料或与该衬底所包含的结晶的晶格常数不同的材料生长被称为异质外延生长。异质外延生长通过如下可以进行:选择相对于衬底所包含的结晶的晶格失配小的材料;在衬底与薄膜之间设置缓和晶格畸变的层(也称为缓冲层);等。

[0071] 作为外延生长的方法,有固相外延生长(SPE:Solid Phase Epitaxy)法、液相外延生长(LPE:Liquid Phase Epitaxy)法、气相外延生长(VPE:Vapor Phase Epitaxy)法。

[0072] SPE法是如下方法:在衬底表面形成薄膜;对该薄膜通过电子束照射等进行加热;来使该薄膜的结晶结构变为相同于衬底所包含的结晶的结晶结构。另外,LPE法是将结晶部分从过饱和溶液析出到衬底表面的方法。另外,VPE法是将气相中的成分沉积到衬底表面的

方法。VPE法有脉冲激光沉积(PLD:Pulsed Laser Deposition)法、原子层沉积(ALD:Atomic Layer Deposition)法、分子束外延(MBE:Molecular Beam Epitaxy)法等。MBE法是在超高真空中对构成目的结晶的元素或包含该元素的材料进行加热蒸发而在所加热的衬底上沉积结晶的方法。

[0073] 在现有技术中,使薄膜外延生长有各种各样的限制。作为该限制,例如有:以高温形成该薄膜;在形成该薄膜之后以高温(例如,1000℃以上)进行热处理;在形成该薄膜之前对衬底表面进行平坦化处理;在衬底上设置一个以上的缓冲层;选择晶格常数、热膨胀系数相似的衬底;等。作为衬底表面的平坦化处理,例如有对该衬底以高温进行热处理等。

[0074] 于是,本发明的一个方式是对金属氧氮化物膜以低温进行外延生长的金属氧氮化物膜的制造方法。具体而言,该制造方法是如下方法:通过向反应室导入气体而利用溅射法在单晶的衬底上使金属氧氮化物膜外延生长的方法。因为本发明的一个方式是通过进行外延生长来形成面内取向了的膜的制造方法,所以在该制造方法中进行外延生长的膜是面内取向了的膜。

[0075] 进行外延生长的金属氧氮化物膜的结晶结构优选为六方晶系结晶结构。在六方晶系结晶结构中,尤其优选为纤锌矿型结构。纤锌矿型结构具有能够对立方晶系(例如,钻石结构、萤石结构、闪锌矿结构等)进行外延生长的晶体取向关系。例如,立方晶的[111]和纤锌矿型结构的[001]是能够进行外延生长的晶体取向关系。因此,可以易于在具有立方晶系、六方晶系等结晶结构的单晶的衬底上使具有六方晶系的结晶结构的金属氧氮化物膜外延生长。另外,可以易于在该金属氧氮化物膜上使具有立方晶系、六方晶系等结晶结构的材料外延生长。

[0076] 作为上述单晶的衬底,可以使用蓝宝石衬底、稳定氧化锆衬底(氧化钇稳定氧化锆(YSZ)衬底等)等绝缘体衬底。当金属氧氮化物的结晶结构为纤锌矿型结构时,作为上述衬底,例如,优选使用其面方位为(111)的YSZ衬底或者其面方位为(110)的A-plane蓝宝石衬底。通过作为上述衬底使用YSZ衬底或者A-plane蓝宝石衬底,易于形成包含具有纤锌矿型结构的结晶并面内取向了的金属氧氮化物薄膜。此外,也可以使用以硅、锗、碳化硅、氮化镓、砷化镓、磷化铟、氧化锌为材料的半导体衬底。

[0077] 外延生长了的薄膜的结晶的晶格常数与衬底的结晶的晶格常数之差(也称为晶格失配)优选小。通过使晶格失配小,可以容易在单晶的衬底上使薄膜外延生长。

[0078] 作为评价晶格失配的程度的方法之一,有晶格失配度。晶格失配度Δa从外延生长了的薄膜的结晶的晶格常数a_e、衬底的结晶的晶格常数a_s和如下公式(1)算出。

[0079] [公式1]

[0080] $$\Delta a = \frac{|a_e - a_s|}{a_e} \qquad (1)$$

[0081] 进行外延生长的金属氧氮化物膜与单晶的衬底的晶格失配度优选为15%以下,更优选为10%以下。由此,可以在单晶的衬底上容易使金属氧氮化物膜外延生长。

[0082] 注意,当在立方晶系的单晶的衬底上使包含具有纤锌矿型结构的结晶的金属氧氮化物膜外延生长时,例如,该衬底表面的晶体取向为[111],该金属氧氮化物膜表面的晶体取向为[001],由此该衬底和该金属氧化物膜的晶体取向不同。于是,通过将a_s设为该衬底的结晶的晶格常数的√2/2倍的值,可以算出晶格失配度。具体而言,当作为该单晶的衬底

使用a轴方向上的晶格常数约为0.51nm的YSZ衬底时,从[111]方向上看YSZ衬底时的最邻近原子间距最小约为0.36nm。因此,根据上述晶格失配度的优选范围,金属氧氮化物膜的结晶的a轴方向上的晶格常数优选为0.31nm以上且0.41nm以下,更优选为0.32nm以上且0.40nm以下。

[0083] 图1A是在单晶的衬底上包括外延生长了的金属氧氮化物膜的结构体的示意图。图1A是在单晶的衬底10上形成金属氧氮化物膜20的结构体的示意图。图1A示出金属氧氮化物膜20包含具有纤锌矿型结构的结晶30的情况。通过本发明的一个方式的制造方法,金属氧氮化物膜20以具有纤锌矿型结构的结晶30的c轴([001])方向与单晶的衬底10表面的法线方向一致的方式外延生长。在此,因为在通过本发明的一个方式的制造方法外延生长了的膜中,该膜所包含的结晶的c轴([001])方向与单晶的衬底表面的法线方向一致,所以有时将通过本发明的一个方式的制造方法外延生长了的膜称为c轴外延膜。

[0084] 参照图1B说明纤锌矿型结构的结晶面。图1B示出纤锌矿型结构的典型的结晶面((001)面、(101)面)。图1B所示的锌矿型结构的(001)面平行于单晶的衬底10表面。

[0085] 图1C示出纤锌矿型结构中的原子配置。图1C中的配置X1是金属原子的配置,配置X2是氧原子或氮原子的配置。注意,配置X1可以是氧原子或氮原子的配置,配置X2也可以是金属原子的配置。

[0086] 用于上述溅射法的溅射靶材优选为包含锌的氧化物靶材,更优选为包含铟和镓中的至少一个以及锌的氧化物靶材。作为该氧化物靶材,例如可以使用氧化锌靶材、铟锌氧化物(In-Zn氧化物)靶材、镓锌氧化物(Ga-Zn氧化物)靶材、铟镓锌氧化物(In-Ga-Zn氧化物)靶材等。尤其是,作为该氧化物靶材,优选使用铟镓锌氧化物靶材。氮化铟、氮化镓、氧化锌的结晶结构都是纤锌矿型结构。由此,通过使用该氧化物靶材形成膜,容易形成包含具有纤锌矿型结构的结晶并面内取向了的金属氧氮化物薄膜。

[0087] 参照图2说明构成上述氧化物靶材的金属的原子个数比的优选范围。图2是示出上述氧化物靶材所包含的铟、镓及锌的原子个数比的图。注意,在图2中,没有记载氧的原子个数比。另外,将上述氧化物靶材所包含的铟、镓及锌的原子个数比的各项分别称为[In]、[Ga]及[Zn]。

[0088] 在图2中,虚线表示[In]:[Ga]:[Zn]=(1+α):(1-α):1的原子个数比(α为-1以上且1以下的实数)的线、[In]:[Ga]:[Zn]=(1+α):(1-α):2的原子个数比的线、[In]:[Ga]:[Zn]=(1+α):(1-α):3的原子个数比的线、以及[In]:[Ga]:[Zn]=(1+α):(1-α):4的原子个数比的线。

[0089] 另外,点划线表示[In]:[Ga]:[Zn]=4:1:β的原子个数比(β为0以上的实数)的线、[In]:[Ga]:[Zn]=2:1:β的原子个数比的线、[In]:[Ga]:[Zn]=1:1:β的原子个数比的线、[In]:[Ga]:[Zn]=1:2:β的原子个数比的线、以及[In]:[Ga]:[Zn]=1:4:β的原子个数比的线。

[0090] 图2所示的区域A示出上述氧化物靶材所包含的铟、镓及锌的原子个数比的优选范围的一个例子。区域A包括[In]:[Ga]:[Zn]=4:2:4.1及[In]:[Ga]:[Zn]=1:1:1的In-Ga-Zn氧化物靶材、[In]:[Ga]:[Zn]=2:0:1([In]:[Zn]=2:1)的In-Zn氧化物靶材、以及[In]:[Ga]:[Zn]=0:0:1的氧化锌靶材。

[0091] 注意,用于上述溅射法的溅射靶材不局限于氧化物靶材,也可以是氧氮化物靶材。

作为氧氮化物靶材,例如可以使用铟镓锌氧氮化物(In-Ga-Zn氧氮化物)靶材、铟镓氧氮化物(In-Ga氧氮化物)靶材、铟锌氧氮化物(In-Zn氧氮化物)靶材等。

[0092] 形成上述金属氧氮化物膜时的衬底温度优选为室温(25℃)以上且500℃以下,更优选为80℃以上且400℃以下,进一步优选为100℃以上且250℃以下。由于以500℃以下的衬底温度形成膜,因此可以提高使用该金属氧氮化物膜的半导体装置等的生产率。

[0093] 作为在形成金属氧氮化物膜时导入到反应室内的气体,优选使用含有氮气体的气体。例如,作为该气体,优选使用氮气体、氮气体和氧气体的混合气体、或者氮气体和稀有气体(氩、氦等)的混合气体等。在此,氮气体的流量优选为该气体的总流量中的50%以上且100%以下。此外,通过调整相对于该气体的流量的氮气体的流量比,可以调整所得的金属氧氮化物膜的组成。

[0094] 通过如上所述的制造方法,可以使金属氧氮化物膜外延生长而无需在衬底与薄膜之间设置缓冲层。

[0095] <溅射装置>

[0096] 接着,参照图3A及图3B说明根据本发明的一个方式的金属氧氮化物膜的制造方法的溅射装置。图3A是说明溅射装置所包括的成膜室41的截面图,图3B是溅射装置所包括的磁铁单元54a及磁铁单元54b的平面图。

[0097] 图3A所示的成膜室41包括靶材架52a、靶材架52b、垫板50a、垫板50b、溅射靶材70a、溅射靶材70b、构件58及衬底架62。溅射靶材70a配置在垫板50a上。垫板50a配置在靶材架52a上。磁铁单元54a隔着垫板50a配置在溅射靶材70a下。溅射靶材70b配置在垫板50b上。垫板50b配置在靶材架52b上。磁铁单元54b隔着垫板50b配置在溅射靶材70b下。

[0098] 如图3A及图3B所示,磁铁单元54a包括磁铁54N1、磁铁54N2、磁铁54S及磁铁架56。在磁铁单元54a中,磁铁54N1、磁铁54N2及磁铁54S配置在磁铁架56上。磁铁54N1及磁铁54N2以与磁铁54S间隔开的方式配置。磁铁单元54b具有与磁铁单元54a相同的结构。在将衬底60搬入成膜室41时,衬底60与衬底架62接触。

[0099] 溅射靶材70a、垫板50a及靶材架52a与溅射靶材70b、垫板50b及靶材架52b由构件58隔开。构件58优选为绝缘体。注意,构件58也可以为导电体或半导体。此外,构件58也可以为由绝缘体覆盖导电体或半导体表面的构件。

[0100] 靶材架52a与垫板50a被螺钉(螺栓等)固定,被施加相同电位。靶材架52a具有隔着垫板50a支撑溅射靶材70a的功能。靶材架52b与垫板50b被螺钉(螺栓等)固定,被施加相同电位。靶材架52b具有隔着垫板50b支撑溅射靶材70b的功能。

[0101] 垫板50a具有固定溅射靶材70a的功能。垫板50b具有固定溅射靶材70b的功能。

[0102] 在图3A中,示出由磁铁单元54a形成的磁力线64a和磁力线64b。

[0103] 如图3B所示,磁铁单元54a采用将方形或大致方形的磁铁54N1、方形或大致方形的磁铁54N2及方形或大致方形的磁铁54S固定于磁铁架56的结构。如图3B的箭头所示,可以在左右方向上摆动磁铁单元54a。例如,以0.1Hz以上且1kHz以下的拍子(也可以说节奏、节拍、脉冲、频率、周期或循环等)使磁铁单元54a摆动即可。

[0104] 溅射靶材70a上的磁场随着磁铁单元54a的摆动而变化。由于磁场强的区域成为高密度等离子体区域,所以其附近容易发生溅射靶材70a的溅射现象。磁铁单元54b也与此相同。

[0105] 在图3A和图3B中,示出使用平行板型溅射装置的例子,但是本实施方式所示的金属氧氮化物的形成方法不局限于此。例如,也可以使用对向靶材型溅射装置形成金属氧氮化物。

[0106] 由于溅射法能够以低温进行成膜,因此可以提高使用该金属氧氮化物膜的半导体装置等的生产率。

[0107] 根据本发明的一个方式,可以提供一种在低温下通过外延生长形成金属氧氮化物膜的方法。另外,根据本发明的一个方式,可以提供一种在形成金属氧氮化物膜的前后不进行高温处理而通过外延生长形成该金属氧氮化物膜的方法。另外,根据本发明的一个方式,可以提供一种使用通过外延生长形成的金属氧氮化物膜的半导体装置等。另外,根据本发明的一个方式,可以提高使用金属氧氮化物膜的半导体装置等的生产率。

[0108] <薄膜的结晶性及取向性的评价方法>

[0109] 外延生长的评价根据评价方法可以在形成薄膜时或者形成薄膜后进行。

[0110] 作为在形成薄膜时进行的外延生长的评价方法,例如可以举出反射高能电子衍射(RHEED:Reflecton High Energy Electron Diffraction)、表面光吸收法(SPA:Surface Photoabsorption)等。

[0111] 另外,所形成的薄膜的外延生长(结晶性及取向性)可以组合透射电子显微镜(TEM:Transmission Electron Microscope)、X射线衍射(XRD:X-ray Diffraction)法中的倒易空间映射、广角倒易空间映射(WRSM:Wide-angle Reciprocal Space Mapping)、极点测量、Out-of-Plane测量、In-Plane测量等而进行评价。

[0112] 以下说明可用于薄膜的结晶性及取向性的评价的测量方法。

[0113] <广角倒易空间映射>

[0114] 说明广角倒易空间映射。

[0115] 倒易空间是由倒易空间的基本向量(也称为倒易晶格向量)而成的空间,反映实空间的周期性。在此,倒易晶格向量b_j和实空间晶格中的基本向量a_i为如下公式(2)的关系。在公式(2)中,$\delta_{i,j}$为克罗内克函数。换言之,将在实空间的结晶中定义的面作为倒易晶格中的晶格点。

[0116] [公式2]

[0117] $$a_i \cdot b_j = 2\pi\delta_{i,j} \quad (2)$$

[0118] 在外延生长了的薄膜中,构成该薄膜的结晶的晶体取向不均匀小,即取向性高。由此,当取得外延生长了的薄膜的倒易空间图时,所观察的斑点强度较高,斑点的半宽较小。另一方面,当取得结晶的晶体取向不均匀大,即取向性低的薄膜的倒易空间图时,所观察的斑点强度较低,斑点的半宽较大。如上所述,通过取得倒易空间图,可以评价薄膜的结晶性及取向性。

[0119] 参照图4说明使用X射线分析装置的广角倒易空间映射。在此,如图4所示,将在从顶面看X射线分析装置时X射线源source、样品sample及检测器detector排列为一列的方向定为ψ轴。另外,将在从顶面看X射线分析装置时垂直于ψ轴的方向定为θ轴。另外,将垂直于ψ轴及θ轴的方向定为φ轴。换言之,φ轴平行于从顶面看X射线分析装置的方向。注意,有时在本说明书中定为ψ轴的轴根据装置被定为χ轴。因此,ψ轴也可以被换称为χ轴。与此同样,有时在本说明书中定为θ轴的轴根据装置被定为ω轴。因此θ轴也可以被换称为ω轴。

[0120] 在广角倒易空间映射中,作为检测器使用二维检测器。二维检测器在检测面具有对于2θ及ψ方向的位置信息。注意,图4所示的检测器detector模仿二维检测器。

[0121] 如图4所示,在X射线源source被固定时,广角倒易空间映射通过驱动样品sample及检测器detector来进行。在此,检测器detector可以向2θ方向倾斜,样品sample可以向θ方向、φ方向及ψ方向倾斜。广角倒易空间映射是在逐渐地向ψ方向使样品sample倾斜的同时在各ψ位置(角度)中进行2θ/θ扫描的测量方法。由此,可以取得以倒易空间内的较广范围为测量对象的倒易空间图。此外,在X射线源source为可动式时,广角倒易空间映射通过驱动X射线源source、样品sample及检测器detector来进行。在此,X射线源source可以向θ方向倾斜。注意,当没有特别说明时,在本说明书中作为X射线源使用CuKα线(波长:0.15418nm)。

[0122] 另外,进行广角倒易空间图的模拟以分析出现在上述所得的广角倒易空间图中的强度分布。作为广角倒易空间图的模拟,例如可以使用Bruker Japan提供的软件“SMAP/for Cross Sectional XRD-RSM”。通过将结晶结构、晶格常数以及取向的参数输入到该软件中,输出对应于输入值的广角倒易空间图。通过比较在该模拟中输出的广角倒易空间图和在测量中取得的广角倒易空间图,可以分析出现在测量所得的广角倒易空间图中的强度分布。

[0123] 当金属氧氮化物膜中的结晶结构为(001)取向的纤锌矿型结构时,在该金属氧氮化物膜的广角倒易空间图中观察到对应于倒格点002、倒格点101等的斑点。在此,对应于倒格点002的斑点的峰优选位于角度2θ为30°以上35°以下且角度ψ为0°附近之处。另外,对应于倒格点101的斑点的峰优选位于角度2θ为33°以上37°以下且角度ψ为61°以上65°以下之处。另外,对应于倒格点002及倒格点101的斑点的半宽优选小于2°。由此,可以作为判断为该金属氧氮化物膜以该金属氧氮化物膜含有的结晶的c轴方向与单晶的衬底表面的法线方向一致的方式外延生长了的指标之一。

[0124] <极点测量>

[0125] 极点测量是通过在使X射线源和检测器位置(角度)保持为固定的同时向各个方向旋转样品,来测量衍射强度的分布的方法。在本说明书中,在极点测量中作为检测器使用二维检测器。具体而言,在将检测器detector固定为检测角度(2θ)且将样品sample向θ方向及ψ方向倾斜的状态下,对旋转到面内方向(φ方向)而向各个方向倾斜的晶格面进行测量。从极点测量所得的衍射强度,可以评价薄膜的结晶性及取向性。注意,用于极点测量的检测器不局限于二维检测器,也可以使用零维检测器。

[0126] 使用图5A至图5C说明在极点测量中得到的衍射强度。在极点测量中得到的衍射强度以极图表示。图5A示出极图。如图5A所示,极图的中心P0的角度ψ为0°,极图的外周P1的角度ψ为90°。另外,从极图的中心P0延伸到极图的外周P1的正上部的直线(在图5A中以P0-P2的点划线表示的直线)的角度φ为0°,该直线与从极图的中心P0延伸到极图的外周P1的直线(在图5A中以P0-P3的点划线表示的直线)所形成的角为角度φ。注意,在图5A中以在向逆时针方向旋转时角度φ变大的方式表示,但是不局限于此,根据装置等有时在向时钟方向旋转时角度φ变大。此外,根据ψ扫描的范围,有时极点测量所得的极图的角度不在0°以上且90°以下的范围内取得。

[0127] 图5B及图5C是在极点测量中得到的衍射强度的示意图。图5B是在角度ψ的同心圆(在附图中以点划线表示的圆)上观察到斑点状强度分布时的衍射强度的示意图,图5C是观

察到环状强度分布时的衍射强度的示意图。

[0128] 例如,纤锌矿型结构的(101)面具有六次对称性。也就是说,当对包含具有纤锌矿型结构的结晶的c轴外延膜进行极点测量时,如图5B所示那样,在某个角度ψ的同心圆上的六个地点观察到斑点状强度分布(衍射峰)。因此,当包含具有纤锌矿型结构的结晶的薄膜在c轴上外延生长时,在极点测量中的对薄膜的结晶的(101)面进行的φ扫描中,观察到表示六次对称性的衍射峰。具体而言,在角度ψ约为62°的同心圆上的对角度φ每隔约为60°处观察到衍射峰。

[0129] 另一方面,当对没有外延生长的薄膜进行极点测量时,观察到如图5C所示那样的环状强度分布,或者观察不到衍射峰。因此,通过分析在极点测量中观察的强度分布,可以评价薄膜是否外延生长。

[0130] 此外,在极点测量中的对单晶的YSZ衬底的(111)面进行的φ扫描中,观察到表示三次对称性的衍射峰。具体而言,在角度ψ约为70°的同心圆上的对角度φ每隔约为120°处观察到衍射峰。另外,在极点测量中的对单晶的A-plane蓝宝石衬底的(104)面进行的φ扫描中,观察到表示两次对称性的衍射峰。具体而言,在角度ψ约为58°的同心圆上的对角度φ每隔约为180°处观察到衍射峰。

[0131] <Out-of-plane测量及In-plane测量>

[0132] 作为使用XRD法的测量,有Out-of-plane测量以及In-plane测量。Out-of-plane测量是评价平行于薄膜表面的结晶面的方法,In-plane测量是评价垂直于薄膜表面的结晶面的方法。在Out-of-plane测量及In-plane测量中,作为检测器也可以使用零维检测器。

[0133] 以上,本实施方式所示的结构、方法等可以与其他实施方式、实施例所示的结构、方法等适当地组合而使用。

[0134] (实施方式2)

[0135] 在本实施方式中,说明上述实施方式所示的外延生长了的金属氧氮化物膜的用途。

[0136] 作为上述金属氧氮化物膜的用途,例如有发光元件、受光元件、半导体装置等。尤其是,可以用于发光元件(也称为光电二极管或LED)。

[0137] 参照图6A及图6B说明使用上述金属氧氮化物膜的发光元件的结构例子。在本实施方式中,说明具有双异质结的发光元件。注意,本发明的一个方式不局限于此,也可以为具有量子阱结的发光元件。

[0138] 图6A及图6B是使用根据本发明的一个方式的金属氧氮化物膜的发光元件100。如图6A及图6B所示,发光元件100包括衬底102、n型的包覆层104、活性层106、p型的包覆层108、n型电极110以及p型电极112。

[0139] 活性层106被n型的包覆层104及p型的包覆层108夹持。在活性层106中,电子与空穴结合发光。也就是说,活性层106也可以被称为发光层。包括n型的包覆层104、活性层106及p型的包覆层108的叠层结构以呈现红色、黄色、绿色、蓝色等的光的方式形成。例如,可以将镓-磷化合物、镓-砷化合物、镓-铝-砷化合物、铝-镓-铟-磷化合物、镓氮化物、铟-氮化镓化合物、硒-锌化合物等用于该叠层结构。

[0140] 通过适当地选择构成根据本发明的一个方式的金属氧氮化物膜的金属的原子个数比、在形成时导入到反应室内的氮气体流量等,可以调整该金属氧氮化物膜的导电性(或

绝缘性)、带隙、光透过性等。例如,具有该氮气体流量越多而该膜的导电性越高的倾向。因此,通过调整该金属氧氮化物膜的导电性,该金属氧氮化物膜可以用于图6A所示的n型的包覆层104或图6B所示的n型电极110。

[0141] 此外,该金属氧氮化物膜也可以用于图6B所示的n型电极110及n型的包覆层104。当将该金属氧氮化物膜用于图6B所示的n型电极110及n型的包覆层104时,通过在调整氮气体流量的同时形成该金属氧氮化物膜,可以连续地形成图6B所示的n型电极110及n型的包覆层104。

[0142] 再者,该金属氧氮化物膜可以被用作用来在该膜上使薄膜外延生长的缓冲层。因此,可以提高形成在该金属氧氮化物膜上的n型的包覆层104或活性层106的结晶性。注意,该金属氧氮化物膜的结晶结构为六方晶系,尤其为纤锌矿型结晶结构。因此,作为在该金属氧氮化物膜上形成的n型的包覆层104或活性层106,优选使用镓氮化物、铟-氮化镓化合物等形成纤锌矿型结晶结构的材料。

[0143] 如上所述,该金属氧氮化物膜被用作用来使六方晶系结晶生长的基底(缓冲层),并被用作n型电极或n型的包覆层。通过将该金属氧氮化物膜用于n型电极110或n型的包覆层104,容易使n型的包覆层104或活性层106外延生长,提高n型的包覆层104或活性层106的结晶性。因此,可以提高发光效率或耐久寿命等的发光元件的特性。

[0144] 本实施方式可以与其他的实施方式及实施例适当地组合。

[0145] (实施方式3)

[0146] 在本实施方式中,参照图7A及图7B说明将本发明的一个方式的发光元件用于各种照明装置的情况的例子。通过使用本发明的一个方式的发光元件,可以制造发光效率及可靠性高的照明装置。

[0147] 图7A是将发光元件用于室内照明装置的例子。通过使用多个发光元件,可以形成大面积的照明装置8501以及具有曲面的照明装置8502。并且,室内的墙面也可以设置有大型的照明装置8503。此外,也可以在照明装置8501、照明装置8502、照明装置8503中设置触摸传感器,启动或关闭电源。

[0148] 另外,通过将发光元件用于桌子的表面一侧,可以提供具有桌子的功能的照明装置8504。另外,通过将发光元件用于其他家具的一部分,可以提供具有家具的功能的照明装置。

[0149] 另外,还可以将应用了本发明的一个方式的发光元件的发光装置用于汽车的照明,该照明例如被设置于仪表盘、挡风玻璃、天花板等。

[0150] 图7B示出汽车7900的外观。汽车7900包括车体7901、车轮7902、前挡风玻璃7903、灯7904、雾灯7905等。本发明的一个方式的发光元件例如可以用于图7B所示的灯7904及雾灯7905。另外,虽然未图示,但例如可以用于侧转向灯、倒车灯、车门灯等。

[0151] 如上所述,通过应用本发明的一个方式的发光元件,能够得到照明装置。注意,不局限于本实施方式所示的照明装置,可以应用于各种领域的照明装置。

[0152] 本实施方式所示的结构可以与其他实施方式及实施例所示的结构适当地组合而使用。

[0153] (实施方式4)

[0154] 在本实施方式中,参照图8A至图8C说明使用上述实施方式所说明的发光元件的显

示装置的结构例子。

[0155] 本实施方式的显示装置具有利用发光元件显示图像的功能。在本实施方式中,尤其说明作为发光元件使用微型发光二极管(以下也记为Micro LED)时的例子。

[0156] 通过作为显示元件使用Micro LED,可以降低显示装置的功耗。另外,可以实现显示装置的薄型化及轻量化。另外,作为显示元件使用Micro LED的显示装置具有高对比度及宽视角,因此可以提高显示品质。

[0157] Micro LED的发射光的区域的面积优选为1mm^{2}以下,更优选为10000μm^{2}以下,进一步优选为3000μm^{2}以下,更进一步优选为700μm^{2}以下。

[0158] 图8A示出使用发光元件的显示装置400的结构例子。显示装置400包括像素部401、驱动电路402以及驱动电路403。

[0159] 像素部401由多个像素pix构成。像素pix的每一个与布线SL及布线GL连接。此外,布线GL的每一个与驱动电路402连接,布线SL的每一个与驱动电路403连接。布线GL被供应选择信号,布线SL被供应图像信号。

[0160] 驱动电路402具有将选择信号供应到像素pix的功能。具体而言,驱动电路402具有将选择信号供应到布线GL的功能,布线GL具有将从驱动电路402输出的选择信号传送到像素pix的功能。此外,也可以将驱动电路402称为栅极侧驱动电路或栅极驱动器,将布线GL称为选择信号线、栅极线等。

[0161] 驱动电路403具有将图像信号供应到像素pix的功能。具体而言,驱动电路403具有将图像信号供应到布线SL的功能,布线SL具有将从驱动电路403输出的图像信号传送到像素pix的功能。此外,也可以将驱动电路403称为源极侧驱动电路或源极驱动器,将布线SL称为图像信号线、源极线等。

[0162] 图8B示出作为显示元件使用发光元件的像素pix的结构例子。图8B所示的像素pix包括晶体管Tr31、晶体管Tr32、电容器C31及发光元件LE。此外,这里晶体管Tr31、晶体管Tr32为n沟道型,但是也可以适当地改变晶体管的极性。上述实施方式所说明的发光元件可以用于发光元件LE。

[0163] 晶体管Tr31的栅极与布线GL连接,晶体管Tr31的源极和漏极中的一个与晶体管Tr32的栅极及电容器C31的一个电极连接,晶体管Tr31的源极和漏极中的另一个与布线SL连接。晶体管Tr32的源极和漏极中的一个与电容器C31的另一个电极及发光元件LE的一个电极连接,晶体管Tr32的源极和漏极中的另一个与被供应电位Va的布线连接。发光元件LE的另一个电极与被供应电位Vc的布线连接。将与晶体管Tr31的源极和漏极中的一个、晶体管Tr32的栅极及电容器C31的一个电极连接的节点称为节点N31。此外,将与晶体管Tr32的源极和漏极中的一个、电容器C31的另一个电极及发光元件LE的一个电极连接的节点称为节点N32。

[0164] 这里,对电位Va为高电源电位且电位Vc为低电源电位的情况进行说明。电位Va及电位Vc在多个像素pix中可以为共同电位。电容器C31被用作用来保持节点N31的电位的存储电容器。

[0165] 晶体管Tr31具有控制对节点N31供应布线SL的电位的功能。具体而言,通过控制布线GL的电位,使晶体管Tr31处于开启状态,对应于图像信号的布线SL的电位被供应到节点N31,由此进行对像素pix的写入。然后,通过控制布线GL的电位,使晶体管Tr31处于关闭状

态,由此保持节点N31的电位。

[0166] 根据节点N31与节点N32之间的电压控制流过晶体管Tr32的源极与漏极之间的电流量,由此发光元件LE以对应于该电流量的亮度发光。因此,可以控制像素pix的灰度。此外,优选使晶体管Tr32在饱和区域中工作。

[0167] 在此,晶体管Tr31和晶体管Tr32可以在同一层上设置,也可以层叠地设置。通过将晶体管Tr31和晶体管Tr32设置在同一层上,可以同时制造晶体管Tr31和晶体管Tr32,并可以缩减显示装置的制造工序。此外,通过层叠地设置晶体管Tr31和晶体管Tr32,可以提高显示装置的集成度。

[0168] 另外,如图8B所示优选像素pix内包括两个晶体管(Tr31及Tr32)。但是,本发明的一个方式不局限于此,像素pix内也可以包括三个以上的晶体管。

[0169] 图8C示出与图8B不同的例子,即作为显示元件使用发光元件的像素pix的结构例子。图8C所示的像素pix包括晶体管Tr31、晶体管Tr32、晶体管Tr33、电容器C31及发光元件LE。换言之,图8C所示的像素pix是对图8B所示的像素pix追加了用来监视流过晶体管Tr32中的电流量的晶体管Tr33的像素。

[0170] 晶体管Tr31的栅极与布线GL连接,晶体管Tr31的源极和漏极中的一个与晶体管Tr32的栅极及电容器C31的一个电极连接,晶体管Tr31的源极和漏极中的另一个与布线SL连接。晶体管Tr32的源极和漏极中的一个与电容器C31的另一个电极、发光元件LE的一个电极及晶体管Tr33的源极和漏极中的一个连接,晶体管Tr32的源极和漏极中的另一个与被供应电位Va的布线连接。发光元件LE的另一个电极与被供应电位Vc的布线连接。晶体管Tr33的栅极与布线GL连接,晶体管Tr33的源极和漏极中的另一个与监视线ML连接。将与晶体管Tr31的源极和漏极中的一个、晶体管Tr32的栅极及电容器C31的一个电极连接的节点称为节点N31。此外,将与晶体管Tr32的源极和漏极中的一个、电容器C31的另一个电极、发光元件LE的一个电极及晶体管Tr33的源极和漏极中的一个连接的节点称为节点N32。

[0171] 通过按每个布线GL依次进行上述工作,可以显示第一帧的图像。

[0172] 当选择布线GL时,既可以使用逐行扫描方式,又可以使用隔行扫描方式。另外,当将图像信号供应到布线SL时,既可以使用向布线SL依次供应图像信号的点顺序驱动,又可以使用向所有布线SL一齐供应图像信号的线顺序驱动。此外,也可以以多个布线SL为单位依次供应图像信号。

[0173] 然后,在第二帧期间,通过与上述第一帧期间同样的工作显示图像。由此,改写显示在像素部401上的图像。

[0174] 作为像素pix中的晶体管所使用的半导体,可以使用硅、锗等第十四族的元素、砷化镓等化合物半导体、有机半导体、金属氧化物等。另外,半导体可以为非单晶半导体(非晶半导体、微晶半导体、多晶半导体等),也可以为单晶半导体。

[0175] 像素pix中的晶体管优选在沟道形成区域中含有非晶半导体,尤其是含有氢化非晶硅(a-Si:H)。使用非晶半导体的晶体管更容易对应衬底的大面积化,例如,当制造能够对应4K2K广播或8K4K广播等的大屏幕显示装置时,可以简化制造工序。

[0176] 作为像素pix所包括的晶体管也可以使用在沟道形成区域中包含金属氧化物的晶体管(OS晶体管)。OS晶体管的场效应迁移率比使用氢化非晶硅的晶体管高。此外,在形成OS晶体管的工序中不需要在形成使用多晶硅的晶体管等中需要的晶化工序。

[0177] 由于OS晶体管的关态电流极小,当作为晶体管Tr31使用OS晶体管时,可以在像素pix中极长期间地保持图像信号。由此,在像素部401显示的图像没有变化的期间或变化为一定值以下的期间中,可以将图像信号的更新频度设定得极低。作为图像信号的更新频度,例如,可以设定为0.1秒间1次以下、1秒间1次以下或10秒间1次以下等。尤其是,当对应4K2K广播或8K4K广播等设置多个像素pix时,通过省略图像信号的更新可以有效地降低功耗。

[0178] 本实施方式可以与其他实施方式及实施例的记载适当地组合。

[0179] (实施方式5)

[0180] 在本实施方式中,参照附图说明使用上述实施方式所示的显示装置的本发明的一个方式的电子设备。

[0181] 作为电子设备,例如除了电视装置、台式或笔记本型个人计算机、用于计算机等的显示器、数字标牌、弹珠机等大型游戏机等具有较大的屏幕的电子设备以外,还可以举出数码相机、数码摄像机、数码相框、移动电话机、便携式游戏机、便携式信息终端、声音再现装置等。

[0182] 本发明的一个方式的电子设备也可以包括天线。通过由天线接收信号,可以在显示部上显示图像或数据等。注意,因为显示部可以由显示装置构成,所以显示部可以被称为显示装置。另外,在电子设备包括天线及二次电池时,可以用天线进行非接触电力传送。

[0183] 本发明的一个方式的电子设备也可以包括传感器(该传感器具有测定如下因素的功能:力、位移、位置、速度、加速度、角速度、转速、距离、光、液、磁、温度、化学物质、声音、时间、硬度、电场、电流、电压、电力、辐射线、流量、湿度、倾斜度、振动、气味或红外线)。

[0184] 本发明的一个方式的电子设备可以具有各种功能。例如,可以具有如下功能:将各种信息(静态图像、动态图像、文字图像等)显示在显示部上的功能;触摸面板的功能;显示日历、日期或时间等的功能;执行各种软件(程序)的功能;进行无线通信的功能;读出储存在存储介质中的程序或数据的功能;等。

[0185] 图9A示出电视装置的一个例子。在电视装置7100中,外壳7101中组装有显示部7000。在此示出利用支架7103支撑外壳7101的结构。

[0186] 可以对显示部7000使用本发明的一个方式的显示装置。

[0187] 可以通过利用外壳7101所具备的操作开关或另外提供的遥控操作机7111进行图9A所示的电视装置7100的操作。另外,也可以在显示部7000中具备触摸传感器,也可以通过用指头、触屏笔等触摸显示部7000进行电视装置7100的操作。另外,也可以在遥控操作机7111中具备显示从遥控操作机7111输出的数据的显示部。通过利用遥控操作机7111所具备的操作键或触摸面板,可以进行频道及音量的操作,并可以对显示在显示部7000上的图像进行操作。

[0188] 另外,电视装置7100具备接收机及调制解调器等。可以通过利用接收机接收一般的电视广播。再者,通过调制解调器将电视装置连接到有线或无线方式的通信网络,从而进行单向(从发送者到接收者)或双向(发送者和接收者之间或接收者之间等)的信息通信。

[0189] 图9B示出笔记本型个人计算机7200。笔记本型个人计算机7200包括外壳7211、键盘7212、指向装置7213、外部连接端口7214等。在外壳7211中组装有显示部7000。

[0190] 可以对显示部7000使用本发明的一个方式的显示装置。

[0191] 图9C和图9D示出数字标牌的例子。

[0192] 图9C所示的数字标牌7300包括外壳7301、显示部7000及扬声器7303等。此外,还可以包括LED灯、操作键(包括电源开关或操作开关)、连接端子、各种传感器、麦克风等。

[0193] 图9D示出设置于圆柱状柱子7401上的数字标牌7400。数字标牌7400包括沿着柱子7401的曲面设置的显示部7000。

[0194] 在图9C和图9D中,可以对显示部7000使用本发明的一个方式的显示装置。

[0195] 显示部7000越大,一次能够提供的信息量越多。显示部7000越大,越容易吸引人的注意,例如可以提高广告宣传效果。

[0196] 通过将触摸面板用于显示部7000,不仅可以在显示部7000上显示静态图像或动态图像,使用者还能够直觉性地进行操作,所以是优选的。另外,在用于提供线路信息或交通信息等信息的用途时,可以通过直觉性的操作提高易用性。

[0197] 如图9C和图9D所示,数字标牌7300或数字标牌7400优选通过无线通信可以与用户所携带的智能手机等信息终端设备7311或信息终端设备7411联动。例如,显示在显示部7000上的广告信息可以显示在信息终端设备7311或信息终端设备7411的屏幕上。此外,通过操作信息终端设备7311或信息终端设备7411,可以切换显示部7000的显示。

[0198] 此外,可以在数字标牌7300或数字标牌7400上以信息终端设备7311或信息终端设备7411的屏幕为操作单元(控制器)执行游戏。由此,不特定多个用户可以同时参加游戏,享受游戏的乐趣。

[0199] 另外,可以将根据本发明的一个方式的显示装置沿着房屋或高楼的内壁或外壁、车辆的内部装饰或外部装饰的曲面组装。图9E示出将根据本发明的一个方式的显示装置安装于车辆的例子。

[0200] 图9E示出具备显示部5001的车辆的结构例子。作为显示部5001,可以使用根据本发明的一个方式的显示装置。注意,图9E示出将显示部5001安装在右侧驾驶车辆上的例子,但不局限于此,也可以将其安装在左侧驾驶车辆上。此时,图9E所示的结构的配置的左右互换。

[0201] 在图9E中示出配置在驾驶员座位和前排乘客座位的周围的仪表盘5002、方向盘5003及前挡风玻璃5004等。显示部5001配置在仪表盘5002的预定位置(具体而言,驾驶员的周围),并具有大致T字型的形状。虽然在图9E中示出沿着仪表盘5002设置使用多个显示面板5007(显示面板5007a、5007b、5007c及5007d)形成的一个显示部5001的例子,但是显示部5001也可以以分为多个地方的方式配置。

[0202] 多个显示面板5007也可以具有柔性。在此情况下,可以将显示部5001加工为复杂形状,由此能够实现沿着仪表盘5002等的曲面设置显示部5001的结构及在方向盘的连接部分、仪表的显示部、送风口5006等上没有设置显示部5001的显示区域的结构等。

[0203] 此外,也可以在车辆外部设置用来拍摄侧后方情况的照相机5005。虽然图9E示出设置照相机5005代替后视镜的例子,但是也可以设置后视镜和照相机的双方。

[0204] 作为照相机5005,可以使用CCD照相机或CMOS照相机。此外,也可以与上述照相机组合地使用红外线照相机。由于随着被摄体的温度变高而红外线照相机的输出电平会变高,因此可以检测或提取人或动物等生物体。

[0205] 可以将照相机5005所拍摄的图像输出到显示面板5007a、5007b、5007c、5007d中的任一个或多个。上述显示部5001主要用于辅助车辆的驾驶。通过使用照相机5005拍摄后方

的广视角图像并将该图像显示在面板5007上,可以使驾驶员看到死角区域而防止事故发生。

[0206] 此外,可以将距离图像传感器设置在汽车的屋顶上等,将使用距离图像传感器获得的图像显示在显示部5001上。作为距离图像传感器,可以使用图像传感器或激光雷达(LIDAR:Light Detection and Ranging)等。通过将使用图像传感器获得的图像和使用距离图像传感器获得的图像都显示在显示部5001上,可以将更多信息提供给驾驶员而辅助驾驶。

[0207] 显示部5001还可以具有显示地图信息、交通信息、电视图像、DVD图像等的功能。例如,可以以显示面板5007a、5007b、5007c及5007d为一个显示屏幕来显示大尺寸的地图信息。注意,可以根据所显示的图像增加显示面板5007的数量。

[0208] 显示面板5007a、5007b、5007c及5007d所显示的图像可以根据驾驶员的喜好自由地设定。例如,可以将电视图像或DVD图像显示在左侧的显示面板5007d上,将地图信息显示在中央部的显示面板5007b上,将仪表显示在右侧的显示面板5007c上,将音频信息显示在变速杆附近(驾驶员座位与前排乘客座位之间)的显示面板5007a上。此外,通过组合多个显示面板5007,可以对显示部5001附加故障安全的功能。例如,即使由于某种原因某个显示面板5007发生故障,通过改变显示区域,也可以使用其他显示面板5007进行显示。

[0209] 本实施方式可以与其他实施方式及实施例的记载适当地组合。

实施例

[0210] 在本实施例中,说明评价使用上述实施方式所示的方法制造的金属氧氮化物膜的结晶性及取向性的结果。具体而言,准备在衬底上以上述实施方式所示的方法形成金属氧氮化物膜的多个样品(样品1至样品7),并且对各样品进行广角倒易空间映射、极点测量、Out-of-plane测量、In-plane测量等。

[0211] <样品的制造方法>

[0212] 首先,说明样品1至样品7的制造方法。

[0213] 样品1至样品7使用实施方式1所示的金属氧氮化物膜的制造方法来制造。具体而言,准备单晶的衬底,并且在该衬底上通过向反应室导入气体并使用氧化物靶材利用溅射法来形成金属氧氮化物膜。注意,在将金属氧氮化物膜形成到该衬底上之前不对该衬底进行大气退火、真空退火等预处理。此外,不对所形成的金属氧氮化物膜进行热处理。

[0214] 作为在样品1至样品7中共同的金氧氮化物膜的成膜条件,将成膜压力设为0.4Pa,将成膜功率设为200W,将氧化物靶材与衬底的间隔设为130mm。

[0215] 对用于各样品的制造的单晶的衬底进行说明。在样品1至样品6中,作为单晶的衬底准备氧化钇稳定氧化锆(YSZ)衬底。该YSZ衬底的面方位为(111)。另外,在样品7中,作为单晶的衬底准备A-plane蓝宝石衬底。该A-plane蓝宝石衬底的面方位为(110)。

[0216] 接着,说明用于各样品的制造的氧化物靶材。在样品1、样品5、样品6及样品7中,作为氧化物靶材使用In:Ga:Zn=4:2:4.1[原子个数比]的In-Ga-Zn氧化物靶材。因此,样品1、样品5、样品6及样品7的金属氧氮化物膜为In-Ga-Zn氧氮化物膜。另外,在样品2中,作为氧化物靶材使用In:Zn=2:1[原子个数比]的In-Zn氧化物靶材。因此,样品2的金属氧氮化物膜为In-Zn氧氮化物膜。另外,在样品3中,作为氧化物靶材使用氧化锌。因此,样品3的金属

氧氮化物膜为氧氮化锌膜。另外,在样品4中,作为氧化物靶材使用In:Ga:Zn=1:1:1[原子个数比]的In-Ga-Zn氧化物靶材。因此,样品4的金属氧氮化物膜为In-Ga-Zn氧氮化物膜。

[0217] 接着,说明导入到反应室内的气体(也称为成膜气体)。在样品1、样品2、样品3、样品4、样品6及样品7中,作为成膜气体使用氮气体(N_2)45sccm。另外,在样品5中,作为成膜气体使用氮气体(N_2)45sccm和氩气体(Ar)45sccm的混合气体。

[0218] 接着,说明形成金属氧氮化物膜时的衬底温度。在样品1、样品2、样品3、样品4、样品5及样品7中,将衬底温度设为200℃。另外,在样品6中,将衬底温度设为100℃。

[0219] 如上所述那样制造样品1至样品7。表1示出各样品的处理条件的总括。

[0220] [表1]

[0221]

样品	单晶的衬底	氧化物靶材	气体流量	衬底温度
1	YSZ 衬底	In-Ga-Zn 氧化物（In：Ga：Zn=4：2：4.1[原子个数比]）	N2=45sccm	200℃
2		In-Zn 氧化物（In：Zn=2：1[原子个数比]）		
3		氧化锌		
4		In-Ga-Zn 氧化物（In：Ga：Zn=1：1：1[原子个数比]）		
5		In-Ga-Zn 氧化物（In：Ga：Zn=4：2：4.1[原子个数比]）	N2=45sccm、Ar=45sccm	
6			N2=45sccm	100℃
7	A-plane 蓝宝石衬底			200℃

[0222] 对所制造的样品1至样品7各自进行广角倒易空间映射、极点测量、Out-of-plane测量、In-plane测量等。作为用来进行广角倒易空间映射、极点测量、Out-of-plane测量及In-plane测量的装置使用Bruker Japan制造的X射线衍射装置D8 DOSCOVER,作为检测器,在广角倒易空间映射及极点测量中使用VÅNTEC--500二维检测器,在Out-of-plane测量及In-plane测量中使用零维检测器。注意,如下所述那样,Out-of-plane测量及In-plane测量主要为了估计作为广角倒易空间图的模拟的输入值使用的晶格常数进行。于是,在本实施例中,省略示出Out-of-plane测量及In-plane测量的结果。

[0223] 在广角倒易空间映射中,以二维检测器(图4中的detector)一并瞄准角度2θ,并且

在各角度ψ中扫描角度θ,而进行测量。具体而言,将样品(图4中的sample)与二维检测器(图4中的detector)间的距离设为150mm。另外,将角度2θ设定为40°,而一并记录角度2θ为20°以上且60°以下的范围。另外,在10°以上且30°以下的范围内扫描角度θ。另外,在0°以上且85°以下的范围内以每隔5°(总计为18步骤)设定角度ψ。使用准直器将入射X射线径设为0.3mmφ,X射线源使用CuKα线(波长:0.15418nm),将X射线的输出设为50kV且100mA。将每一个步骤的X射线曝光时间设为60秒钟。对各样品进行广角倒易空间映射,而得到各样品的广角倒易空间图。注意,在示出广角倒易空间图的各附图中,横轴表示角度2θ[°],纵轴表示角度ψ[°]。另外,以对应于表示在广角倒易空间图右侧的棒子的方式示出广角倒易空间图的各点中的强度。具体而言,强度越高颜色表示为越黑(越深),强度越低颜色表示为越白(越浅)。

[0224] 对应于各样品的广角倒易空间图的模拟使用Bruker Japan的软件“SMAP/for Cross Sectional XRD-RSM”。此外,假设各样品所包括的金属氧氮化物的结晶结构为纤锌矿型结构,将晶格常数设为从Out-of-plane测量、In-plane测量及其他倒格点的扫描结果估计的晶格常数。注意,在比较具有相同对称性(或空间群)且晶格常数彼此不同的结晶结构的广角倒易空间图的情况下,出现在该广角倒易空间图中的斑点的峰的位置(角度2θ、角度ψ)有时以错开的方式观察。

[0225] 在模拟所得的广角倒易空间图中示出在该模拟所假设的结晶中会观察到的所有斑点。因此,因为外延生长了的薄膜的广角倒易空间图与模拟所得的广角倒易空间图中的面内取向了的晶体取向有时根据角度φ不同,所以有时被观察的斑点不同。

[0226] 在本实施例中,调整角度φ来进行广角倒易空间映射,以使与广角倒易空间图所观察的倒格点对应的结晶面对应于极点测量所观察的结晶面。具体而言,在样品1至样品6中,优选以在广角倒易空间图中同时观察到各样品所包括的金属氧氮化物膜的(101)面和各样品所包括的衬底的(111)面的方式调整角度φ来进行广角倒易空间映射。另外,在样品7中,优选以在广角倒易空间图中同时观察到样品7所包括的金属氧氮化物膜的(101)面和样品7所包括的衬底的(104)面的方式调整角度φ来进行广角倒易空间映射。

[0227] 另外,本实施例所示的极点测量的结果以极图表示。

[0228] <样品1的评价>

[0229] 图10A是样品1的广角倒易空间图。另外,图10B及图10C是模拟所得的广角倒易空间图。图10B是对应于样品1的单晶的衬底的广角倒易空间图,图10C是对应于样品1的金属氧氮化物膜所包含的结晶的广角倒易空间图。

[0230] 在图10A中观察到多个斑点。通过比较所观察的多个斑点和图10B及图10C所示的斑点,可知:其峰位于角度2θ约为35°且角度ψ约为62°处的斑点相当于纤锌矿型结构的(101)面;其峰位于角度2θ约为44°且角度ψ约为44°处的斑点相当于纤锌矿型结构的(102)面。

[0231] 接着,图11A及图11B示出对样品1进行极点测量的结果。图11A是样品1的单晶的衬底的(111)面的结果,图11B是样品1的金属氧氮化物膜的(101)面的结果。

[0232] 如图11A中的实线圆所示,在角度ψ约为70°的同心圆上的三个地点观察到斑点状强度分布。该斑点是来源于氧化钇稳定氧化锆(YSZ)的(111)面的三次对称的斑点。另外,如图11B中的实线圆所示,在角度ψ约为62°的同心圆上的六个地点观察到斑点状强度分布。就

是说,可知:样品1的金属氧氮化物膜的(101)面具有六次对称性,而样品1的金属氧氮化物膜面内取向。另外,由于纤锌矿型结构中的(002)面与(101)面所形成的角度约为62°,因此可知样品1的金属氧氮化物膜所包含的结晶具有纤锌矿型结构。另外,从图11A及图11B可知,样品1的金属氧化物膜是不包含晶体取向在膜面内旋转的晶畴的c轴外延膜。

[0233] 如上所述可知,样品1的金属氧氮化物膜具有纤锌矿型结构并外延生长。

[0234] <样品2的评价>

[0235] 图12A是样品2的广角倒易空间图。另外,图12B及图12C是模拟所得的广角倒易空间图。图12B是对应于样品2的单晶的衬底的广角倒易空间图,图12C是对应于样品2的金属氧氮化物膜所包含的结晶的广角倒易空间图。

[0236] 在图12A中观察到多个斑点。通过比较所观察的多个斑点和图12B及图12C所示的斑点,可知:其峰位于角度2θ约为34°且角度ψ约为62°处的斑点相当于纤锌矿型结构的(101)面;其峰位于角度2θ约为44°且角度ψ约为44°处的斑点相当于纤锌矿型结构的(102)面。

[0237] 接着,图13A及图13B示出对样品2进行极点测量的结果。图13A是样品2的单晶的衬底的(111)面的结果,图13B是样品2的金属氧氮化物膜的(101)面的结果。

[0238] 如图13A中的实线圆所示,在角度ψ约为70°的同心圆上的三个地点观察到斑点状强度分布。另外,如图13B中的实线圆所示,在角度ψ约为62°的同心圆上的六个地点观察到斑点状强度分布。就是说,可知:样品2的金属氧氮化物膜的(101)面具有六次对称性,而样品2的金属氧氮化物膜面内取向。另外,由于纤锌矿型结构中的(002)面与(101)面所形成的角度约为62°,因此可知样品2的金属氧氮化物膜所包含的结晶具有纤锌矿型结构。另外,从图13A及图13B可知,样品2的金属氧化物膜是不包含晶体取向在膜面内旋转的晶畴的c轴外延膜。

[0239] 如上所述可知,样品2的金属氧氮化物膜具有纤锌矿型结构并外延生长。

[0240] <样品3的评价>

[0241] 图14A是样品3的广角倒易空间图。另外,图14B及图14C是模拟所得的广角倒易空间图。图14B是对应于样品3的单晶的衬底的广角倒易空间图,图14C是对应于样品3的金属氧氮化物膜所包含的结晶的广角倒易空间图。

[0242] 在图14A中观察到多个斑点。通过比较所观察的多个斑点和图14B及图14C所示的斑点,可知:其峰位于角度2θ约为36°且角度ψ约为62°处的斑点相当于纤锌矿型结构的(101)面;其峰位于角度2θ约为47°且角度ψ约为42°处的斑点相当于纤锌矿型结构的(102)面。

[0243] 接着,图15A及图15B示出对样品3进行极点测量的结果。图15A是样品3的单晶的衬底的(111)面的结果,图15B是样品3的金属氧氮化物膜的(101)面的结果。

[0244] 如图15A中的实线圆所示,在角度ψ约为70°的同心圆上的三个地点观察到斑点状强度分布。另外,如图15B中的实线圆所示,在角度ψ约为62°的同心圆上的六个地点观察到斑点状强度分布。就是说,可知:样品3的金属氧氮化物膜的(101)面具有六次对称性,而样品3的金属氧氮化物膜面内取向。另外,由于纤锌矿型结构中的(002)面与(101)面所形成的角度约为62°,因此可知样品3的金属氧氮化物膜所包含的结晶具有纤锌矿型结构。另外,从图15A及图15B可知,样品3的金属氧化物膜是不包含晶体取向在膜面内旋转的晶畴的c轴外

延膜。

[0245] 如上所述可知,样品3的金属氧氮化物膜具有纤锌矿型结构并外延生长。

[0246] <样品4的评价>

[0247] 图16A是样品4的广角倒易空间图。另外,图16B及图16C是模拟所得的广角倒易空间图。图16B是对应于样品4的单晶的衬底的广角倒易空间图,图16C是对应于样品4的金属氧氮化物膜所包含的结晶的广角倒易空间图。

[0248] 在图16A中观察到多个斑点。通过比较所观察的多个斑点和图16B及图16C所示的斑点,可知:其峰位于角度2θ约为35°且角度ψ约为62°处的斑点相当于纤锌矿型结构的(101)面;其峰位于角度2θ约为44°且角度ψ约为44°处的斑点相当于纤锌矿型结构的(102)面。

[0249] 接着,图17A及图17B示出对样品4进行极点测量的结果。图17A是样品4的单晶的衬底的(111)面的结果,图17B是样品4的金属氧氮化物膜的(101)面的结果。

[0250] 如图17A中的实线圆所示,在角度ψ约为70°的同心圆上的三个地点观察到斑点状强度分布。另外,如图17B中的实线圆所示,在角度ψ约为62°的同心圆上的六个地点观察到斑点状强度分布。就是说,可知:样品4的金属氧氮化物膜的(101)面具有六次对称性,而样品4的金属氧氮化物膜面内取向。另外,由于纤锌矿型结构中的(002)面与(101)面所形成的角度约为62°,因此可知样品4的金属氧氮化物膜所包含的结晶具有纤锌矿型结构。另外,从图17A及图17B可知,样品4的金属氧化物膜是不包含晶体取向在膜面内旋转的晶畴的c轴外延膜。

[0251] 如上所述可知,样品4的金属氧氮化物膜具有纤锌矿型结构并外延生长。

[0252] <样品5的评价>

[0253] 图18A是样品5的广角倒易空间图。另外,图18B及图18C是模拟所得的广角倒易空间图。图18B是对应于样品5的单晶的衬底的广角倒易空间图,图18C是对应于样品5的金属氧氮化物膜所包含的结晶的广角倒易空间图。

[0254] 在图18A中观察到多个斑点。通过比较所观察的多个斑点和图18B及图18C所示的斑点,可知:其峰位于角度2θ约为35°且角度ψ约为62°处的斑点相当于纤锌矿型结构的(101)面;其峰位于角度2θ约为44°且角度ψ约为44°处的斑点相当于纤锌矿型结构的(102)面。

[0255] 接着,图19A及图19B示出对样品5进行极点测量的结果。图19A是样品5的单晶的衬底的(111)面的结果,图19B是样品5的金属氧氮化物膜的(101)面的结果。

[0256] 如图19A中的实线圆所示,在角度ψ约为70°的同心圆上的三个地点观察到斑点状强度分布。另外,如图19B中的实线圆所示,在角度ψ约为62°的同心圆上的六个地点观察到斑点状强度分布。就是说,可知:样品5的金属氧氮化物膜的(101)面具有六次对称性,而样品5的金属氧氮化物膜面内取向。另外,由于纤锌矿型结构中的(002)面与(101)面所形成的角度约为62°,因此可知样品5的金属氧氮化物膜所包含的结晶具有纤锌矿型结构。另外,从图19A及图19B可知,样品5的金属氧化物膜是不包含晶体取向在膜面内旋转的晶畴的c轴外延膜。

[0257] 如上所述可知,样品5的金属氧氮化物膜具有纤锌矿型结构并外延生长。

[0258] <样品6的评价>

[0259] 图20A是样品6的广角倒易空间图。另外,图20B及图20C是模拟所得的广角倒易空间图。图20B是对应于样品6的单晶的衬底的广角倒易空间图,图20C是对应于样品6的金属氧氮化物膜所包含的结晶的广角倒易空间图。

[0260] 在图20A中观察到多个斑点。通过比较所观察的多个斑点和图20B及图20C所示的斑点,可知:其峰位于角度2θ约为35°且角度ψ约为62°处的斑点相当于纤锌矿型结构的(101)面;其峰位于角度2θ约为44°且角度ψ约为44°处的斑点相当于纤锌矿型结构的(102)面。

[0261] 接着,图21A及图21B示出对样品6进行极点测量的结果。图21A是样品6的单晶的衬底的(111)面的结果,图21B是样品6的金属氧氮化物膜的(101)面的结果。

[0262] 如图21A中的实线圆所示,在角度ψ约为70°的同心圆上的三个地点观察到斑点状强度分布。另外,如图21B中的实线圆所示,在角度ψ约为62°的同心圆上的六个地点观察到斑点状强度分布。就是说,可知:样品6的金属氧氮化物膜的(101)面具有六次对称性,而样品6的金属氧氮化物膜面内取向。另外,由于纤锌矿型结构中的(002)面与(101)面所形成的角度约为62°,因此可知样品6的金属氧氮化物膜所包含的结晶具有纤锌矿型结构。另外,从图21A及图21B可知,样品6的金属氧化物膜是不包含晶体取向在膜面内旋转的晶畴的c轴外延膜。

[0263] 如上所述可知,样品6的金属氧氮化物膜具有纤锌矿型结构并外延生长。

[0264] <样品7的评价>

[0265] 图22A是样品7的广角倒易空间图。另外,图22B及图22C是模拟所得的广角倒易空间图。图22B是对应于样品7的单晶的衬底的广角倒易空间图,图22C是对应于样品7的金属氧氮化物膜所包含的结晶的广角倒易空间图。

[0266] 在图22A中观察到多个斑点。通过比较所观察的多个斑点和图22B及图22C所示的斑点,可知:其峰位于角度2θ约为35°且角度ψ约为62°处的斑点相当于纤锌矿型结构的(101)面;其峰位于角度2θ约为44°且角度ψ约为44°处的斑点相当于纤锌矿型结构的(102)面。

[0267] 接着,图23A及图23B示出对样品7进行极点测量的结果。图23A是样品7的单晶的衬底的(104)面的结果,图23B是样品7的金属氧氮化物膜的(101)面的结果。

[0268] 如图23A中的实线圆所示,在角度ψ约为58°的同心圆上的两个地点观察到斑点状强度分布。该斑点是来源于A-plane蓝宝石的(104)面的两次对称的斑点。另外,如图23B中的实线圆所示,在角度ψ约为62°的同心圆上的六个地点观察到斑点状强度分布。就是说,可知:样品7的金属氧氮化物膜的(101)面具有六次对称性,而样品7的金属氧氮化物膜面内取向。另外,由于纤锌矿型结构中的(002)面与(101)面所形成的角度约为62°,因此可知样品7的金属氧氮化物膜所包含的结晶具有纤锌矿型结构。另外,从图23A及图23B可知,样品7的金属氧化物膜是不包含晶体取向在膜面内旋转的晶畴的c轴外延膜。

[0269] 如上所述可知,样品7的金属氧氮化物膜具有纤锌矿型结构并外延生长。

[0270] 本实施例所示的结构、方法等的至少一部分可以与本说明书所记载的其他实施方式适当地组合而实施。

[0271] [符号说明]

[0272] 10:衬底、20:金属氧氮化物膜、30:结晶、41:成膜室、50a:垫板、50b:垫板、52a:靶

材架、52b:靶材架、54a:磁铁单元、54b:磁铁单元、54N1:磁铁、54N2:磁铁、54S:磁铁、56:磁铁架、58:构件、60:衬底、62:衬底架、64a:磁力线、64b:磁力线、70a:溅射靶材、70b:溅射靶材、100:发光元件、102:衬底、104:包覆层、106:活性层、108:包覆层、110:n型电极、112:p型电极、400:显示装置、401:像素部、402:驱动电路、403:驱动电路、5001:显示部、5002:仪表盘、5003:方向盘、5004:挡风玻璃、5005:照相机、5006:送风口、5007:显示面板、5007a:显示面板、5007b:显示面板、5007c:显示面板、5007d:显示面板、7000:显示部、7100:电视装置、7101:外壳、7103:支架、7111:遥控操作机、7200:笔记本型个人计算机、7211:外壳、7212:键盘、7213:指向装置、7214:外部连接端口、7300:数字标牌、7301:外壳、7303:扬声器、7311:信息终端设备、7400:数字标牌、7401:柱子、7411:信息终端设备、7900:汽车、7901:车体、7902:车轮、7903:前挡风玻璃、7904:灯、7905:雾灯、8501:照明装置、8502:照明装置、8503:照明装置、8504:照明装置。

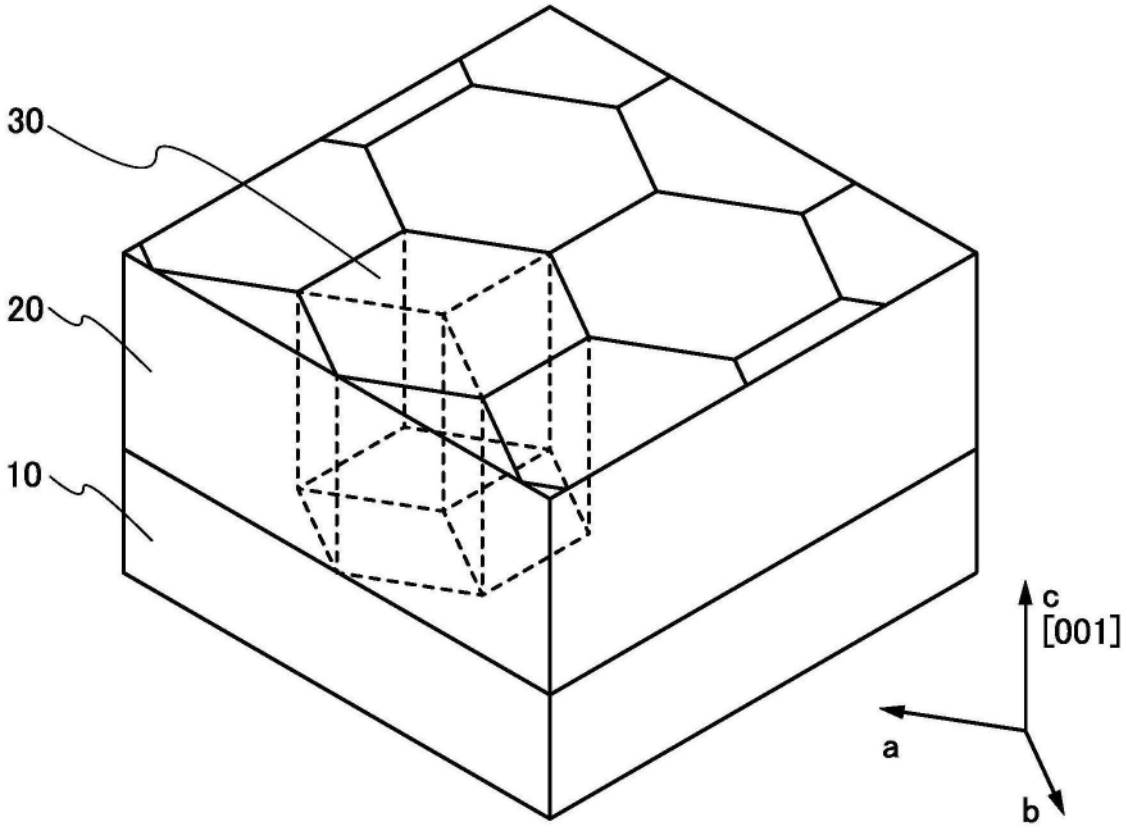


图1A

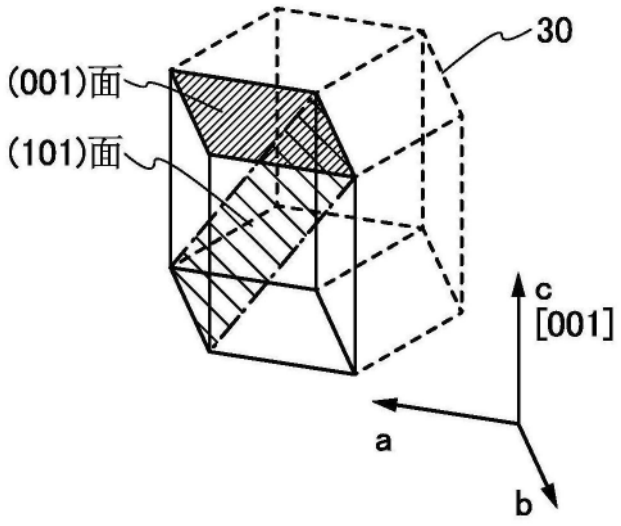


图1B

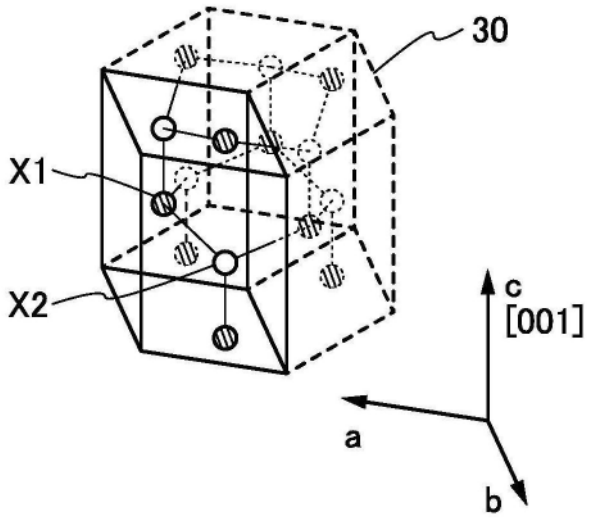

30
X1
X2
c
[001]
a
b

图1C

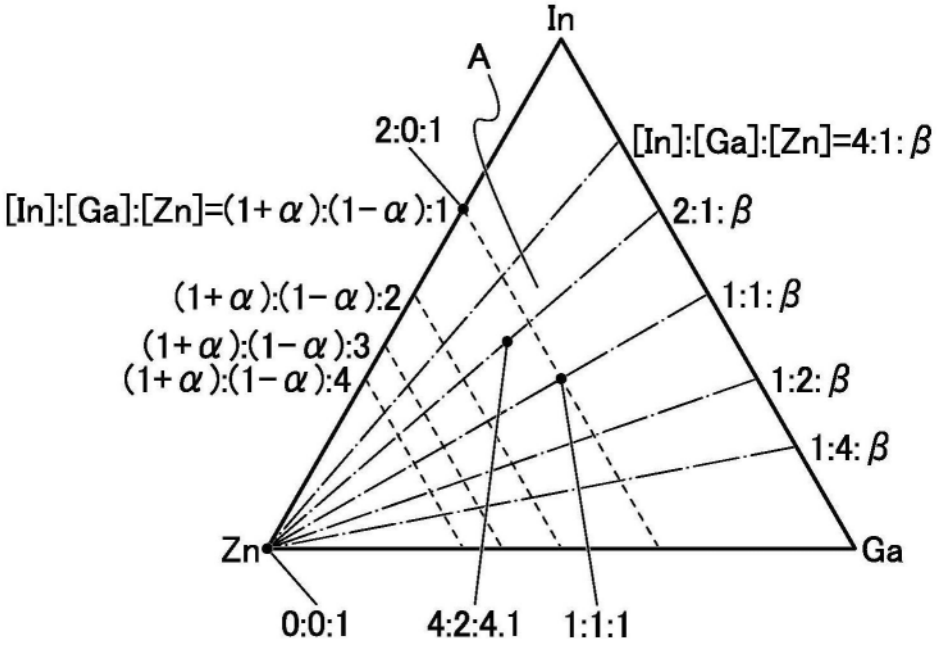

In
A
2:0:1
[In]:[Ga]:[Zn]=4:1:β
[In]:[Ga]:[Zn]=(1+α):(1−α):1
2:1:β
(1+α):(1−α):2
1:1:β
(1+α):(1−α):3
(1+α):(1−α):4
1:2:β
1:4:β
Zn
Ga
0:0:1
4:2:4.1
1:1:1

图2

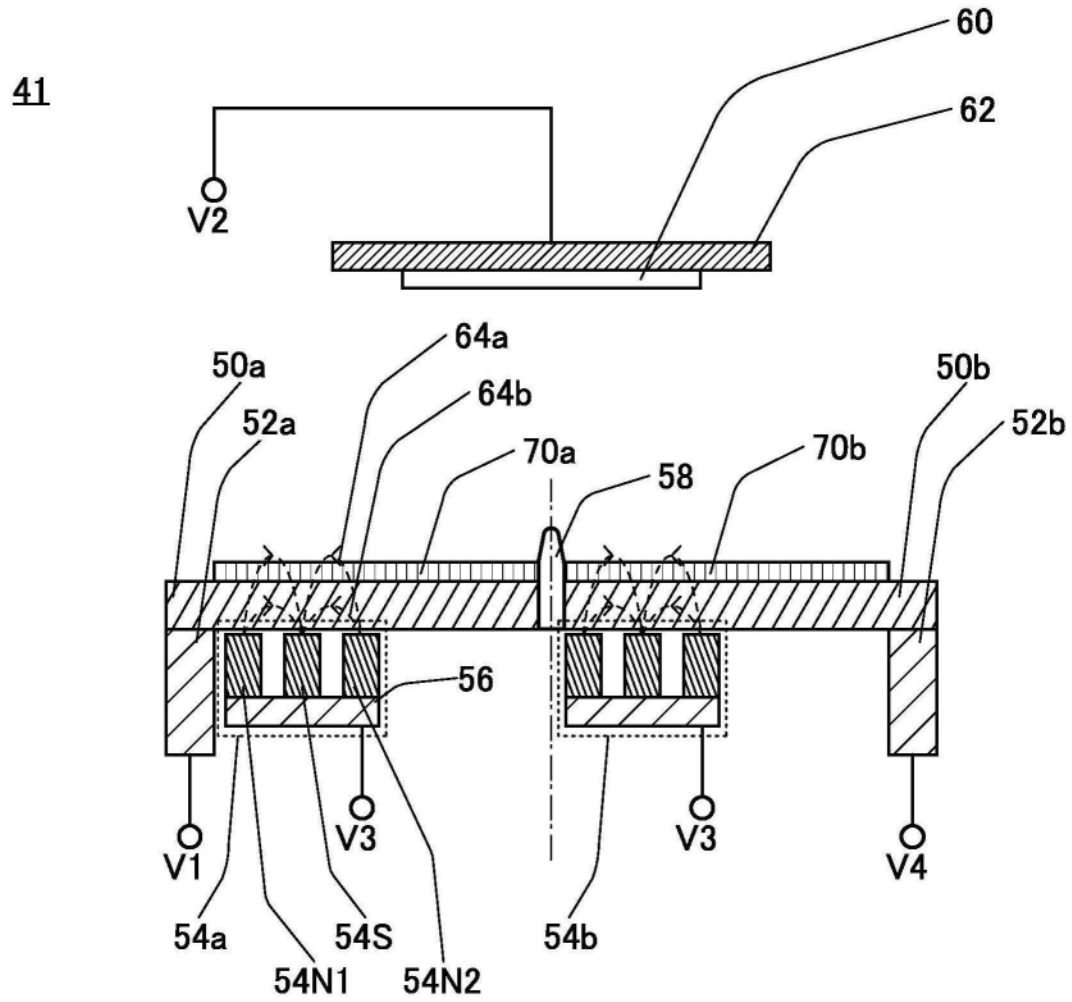

41
60
62
V2
64a
50a
64b
52a
70a
58
70b
50b
52b
56
V1
V3
V3
V4
54a
54S
54b
54N1
54N2

图3A

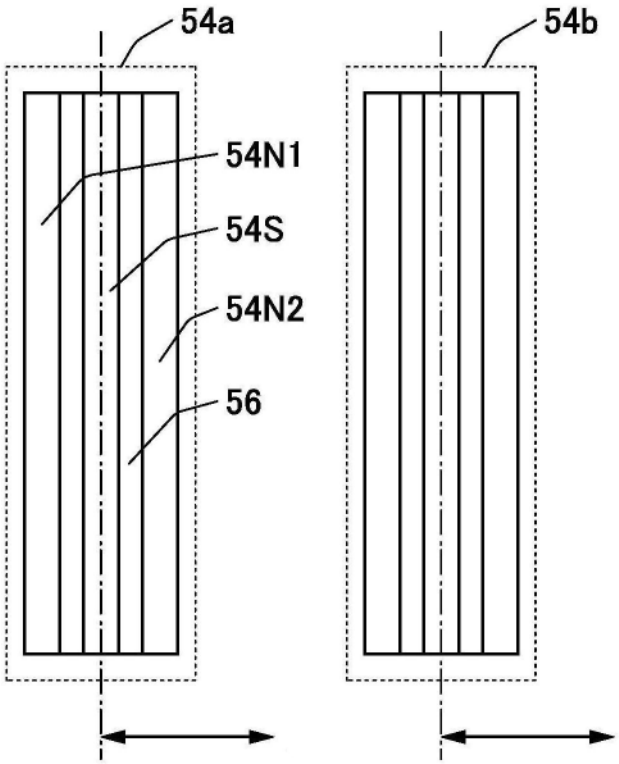


图3B

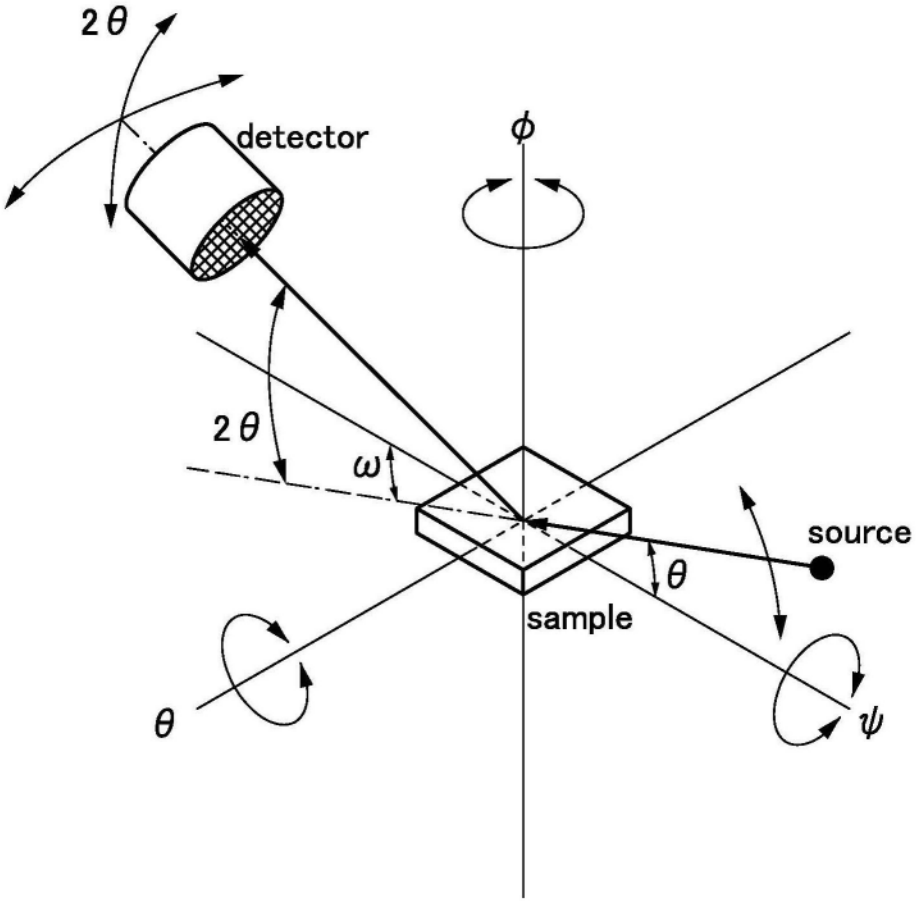


图4

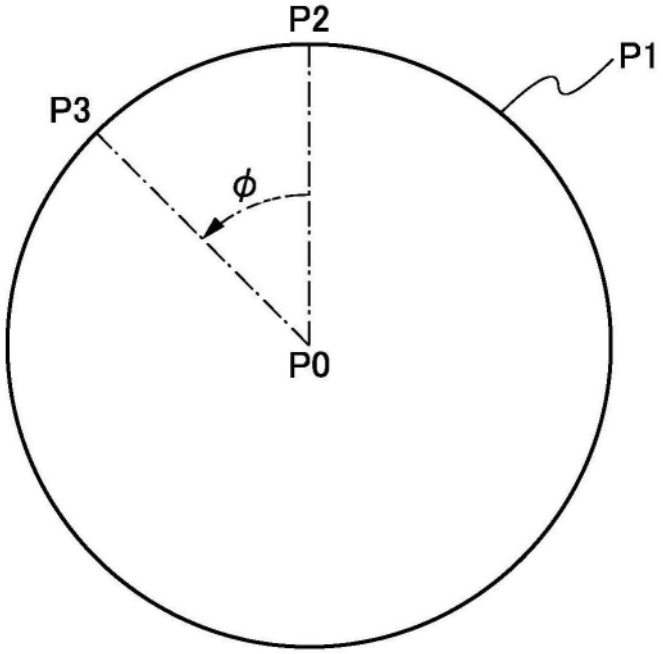


图5A

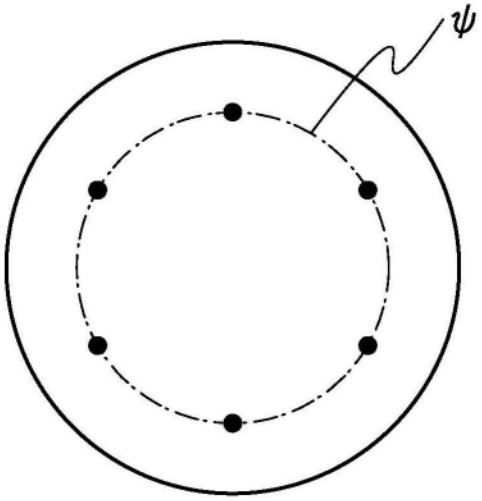


图5B

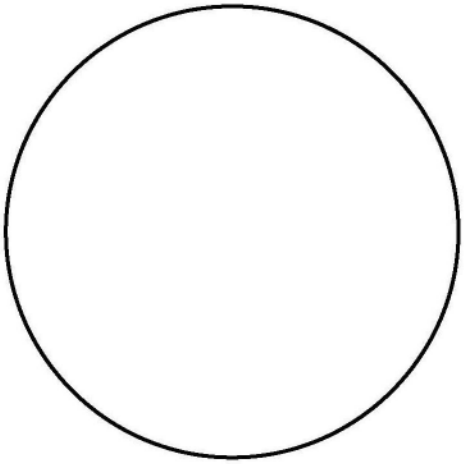


图5C

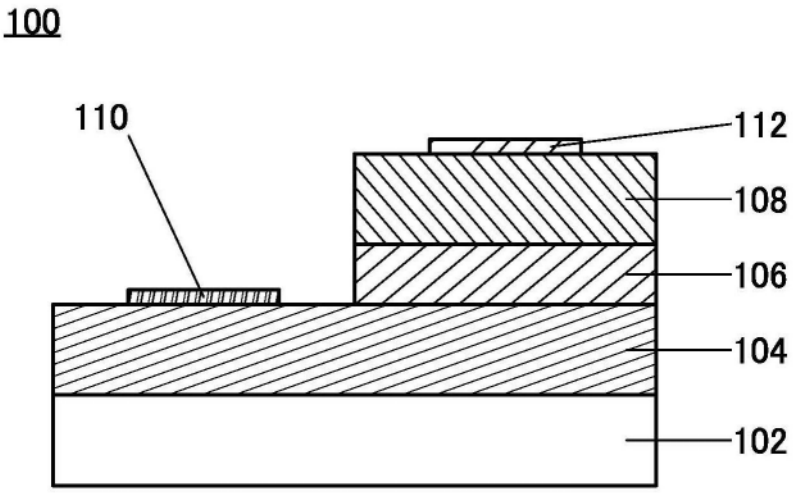


图6A

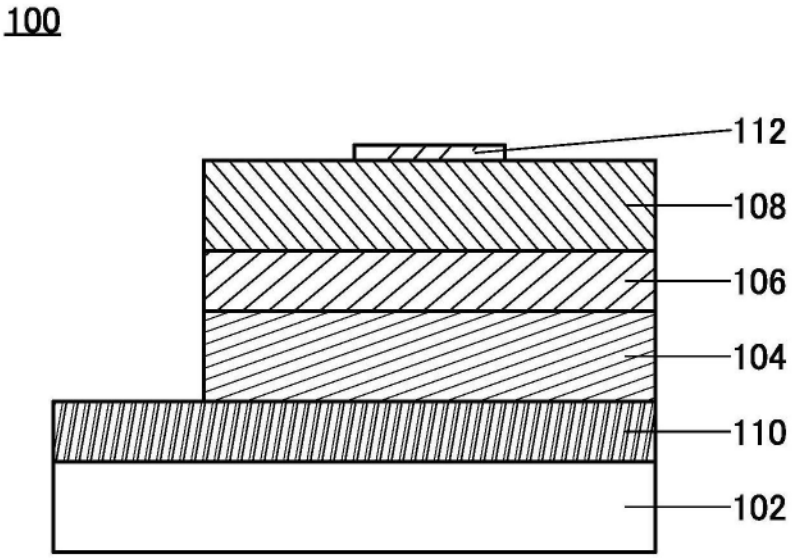


图6B

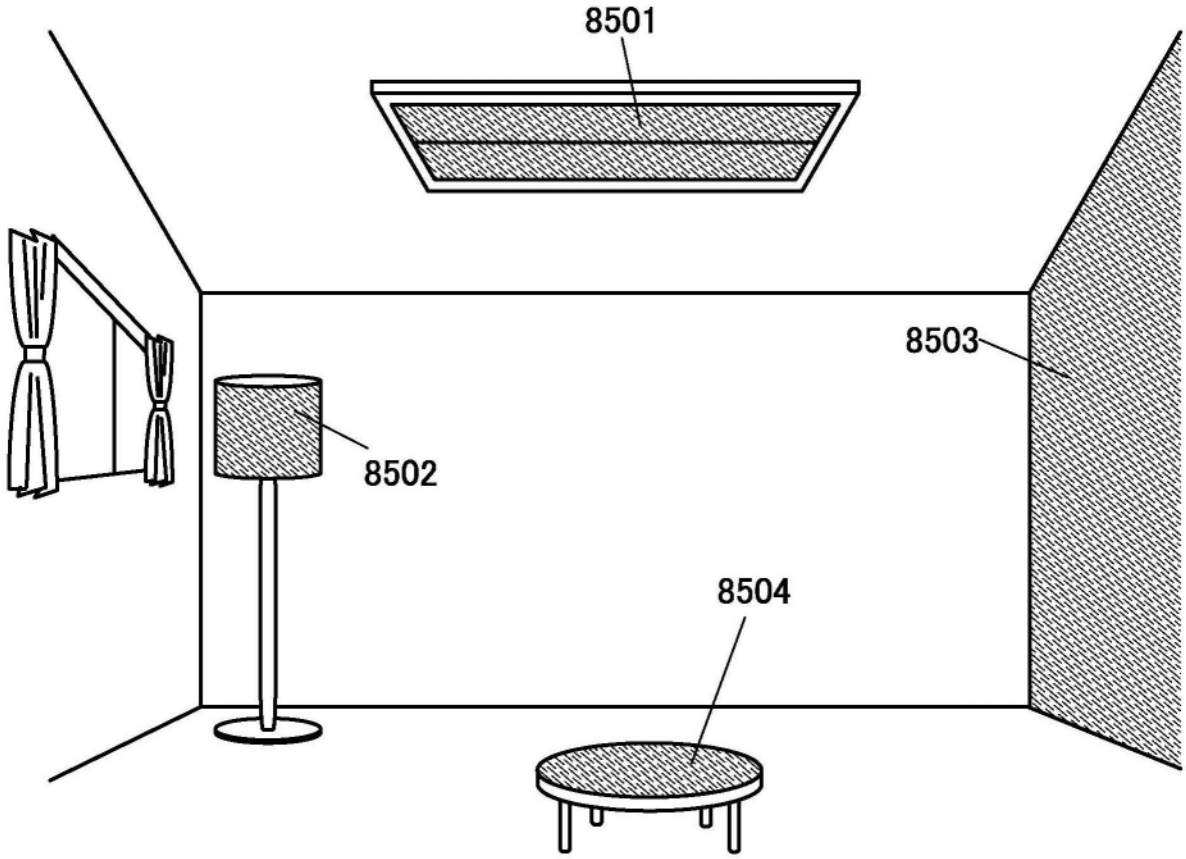


图7A

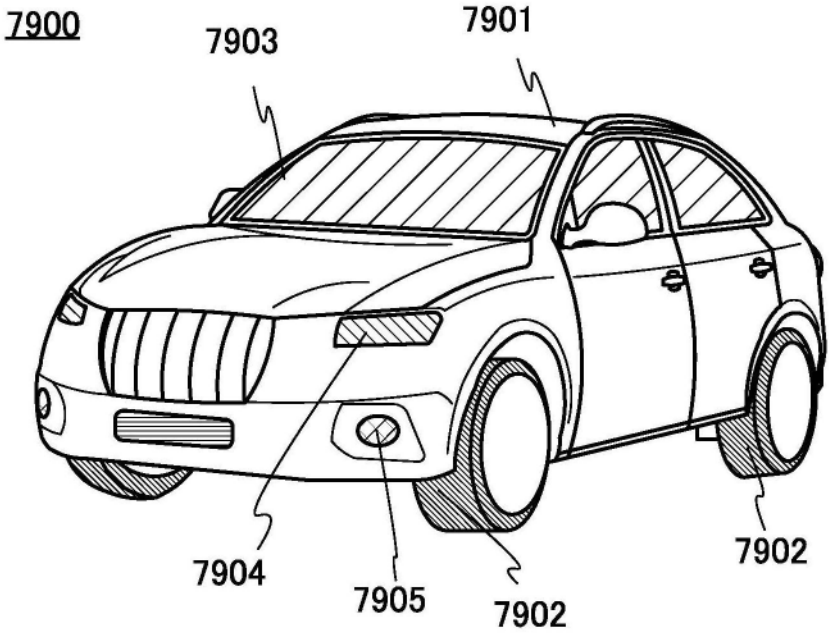


图7B

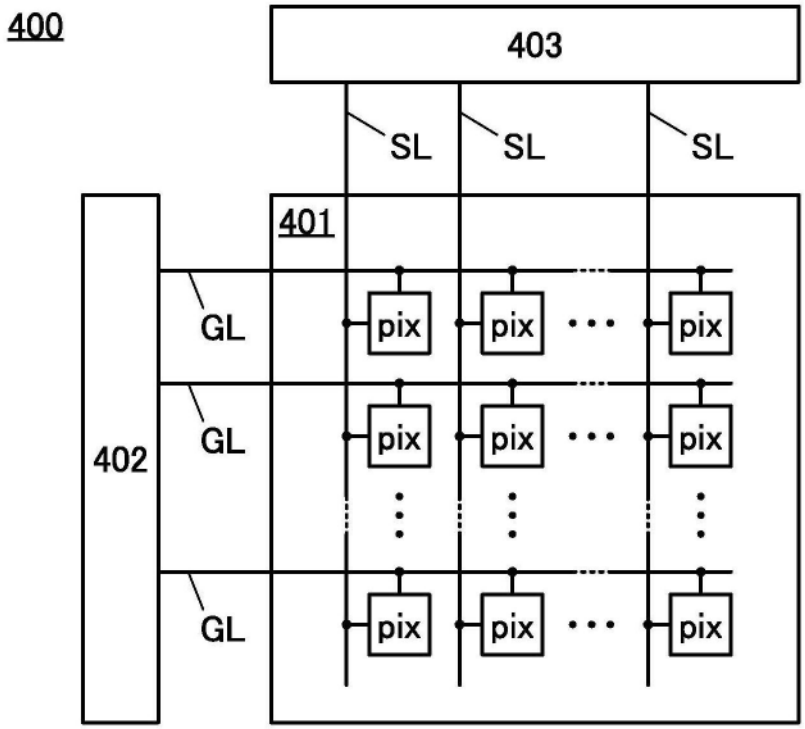

400
403
SL
SL
SL
401
GL
GL
GL
402
pix
pix
pix
pix
pix
pix
pix
pix
pix

图8A

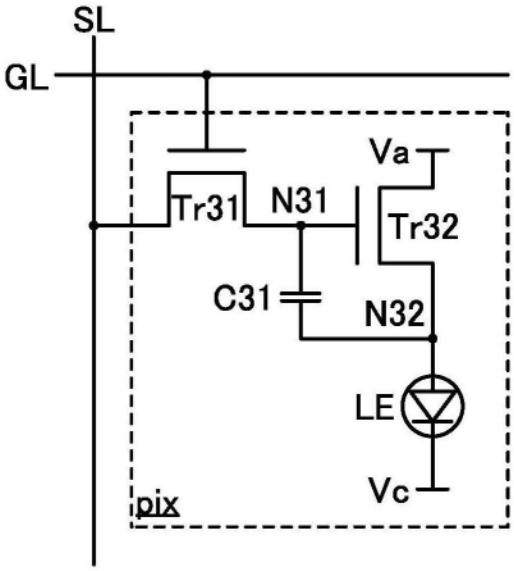

SL
GL
Va
Tr31
N31
Tr32
C31
N32
LE
Vc
pix

图8B

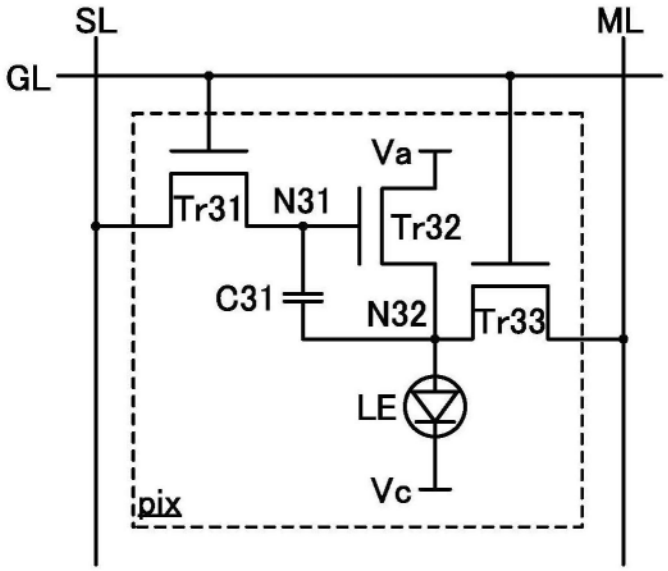

SL
ML
GL
Va
Tr31
N31
Tr32
C31
N32
Tr33
LE
Vc
pix

图8C

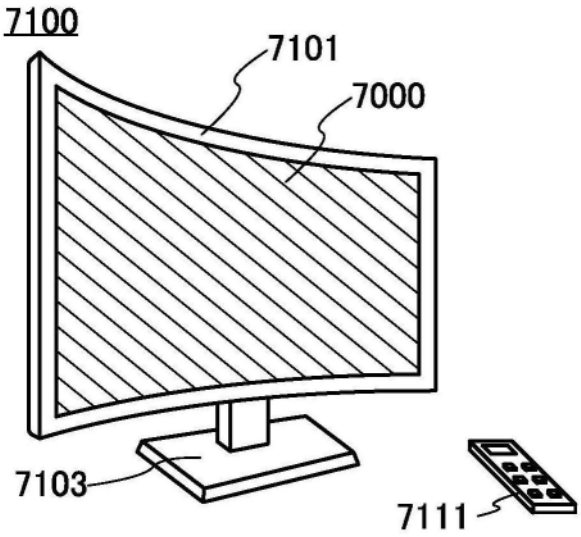

7100
7101
7000
7103
7111

图9A

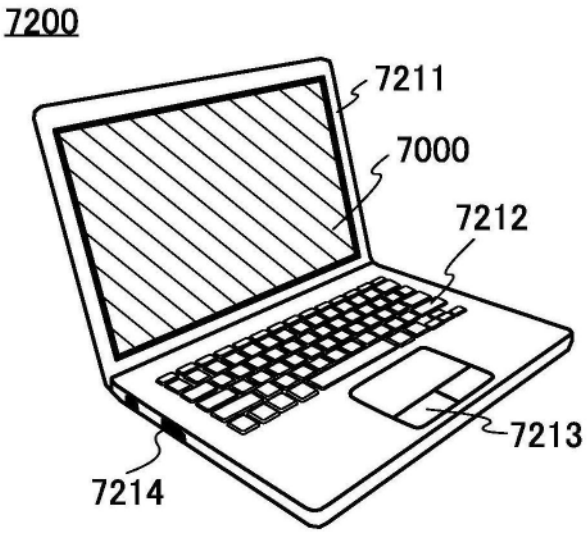


图9B

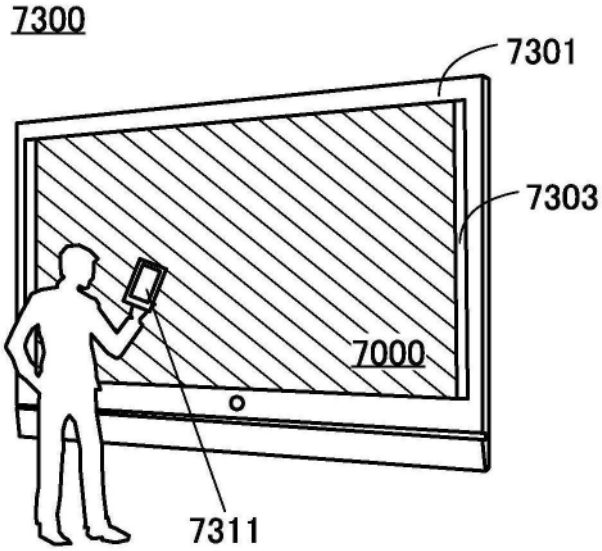


图9C

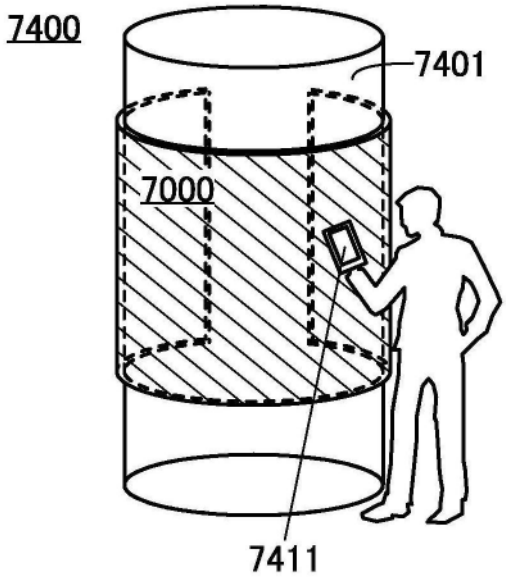

7400
7401
7000
7411

图9D

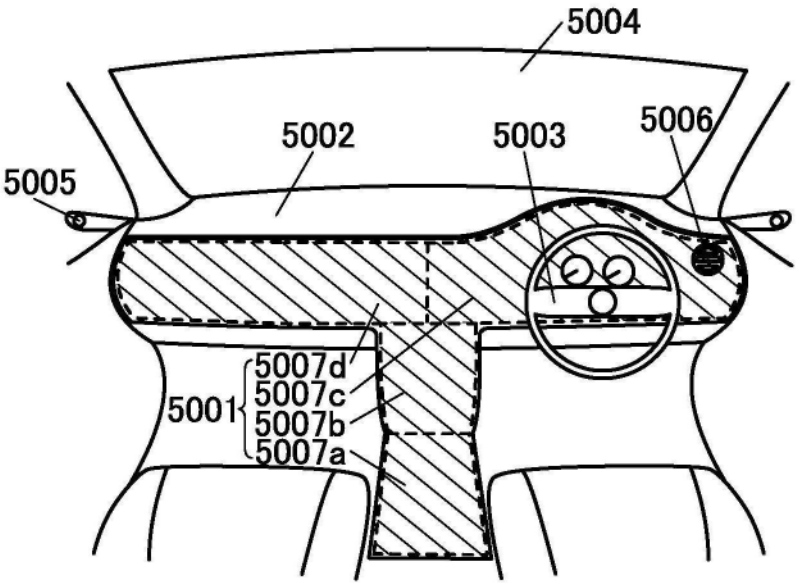

5004
5002
5003
5006
5005
5007d
5007c
5001
5007b
5007a

图9E

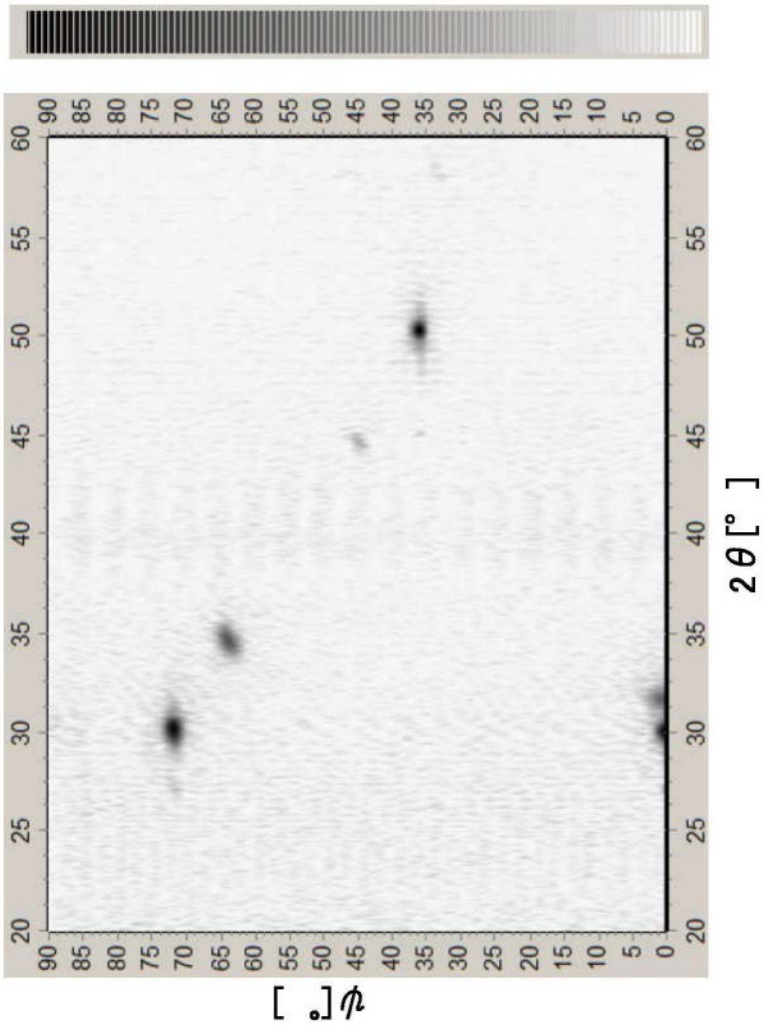

90 85 80 75 70 65 60 55 50 45 40 35 30 25 20 15 10 5 0
60 55 50 45 40 35 30 25 20
2θ[°]
[°] φ

图10A

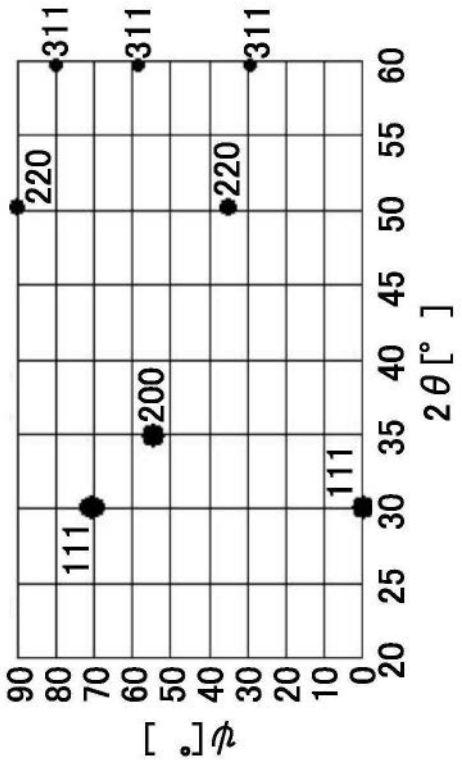


图10B

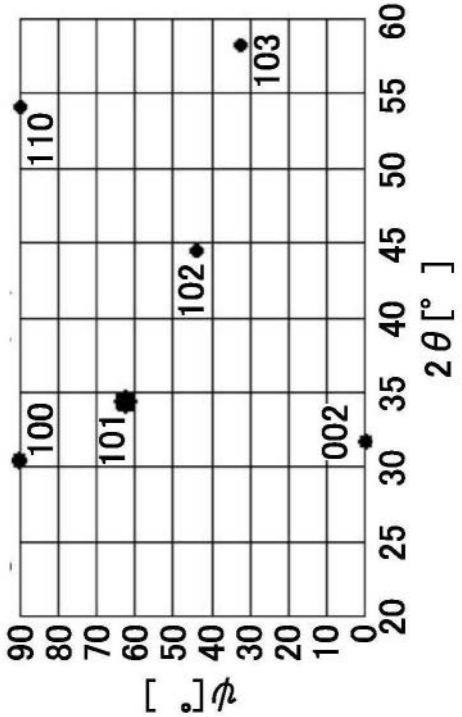


图10C

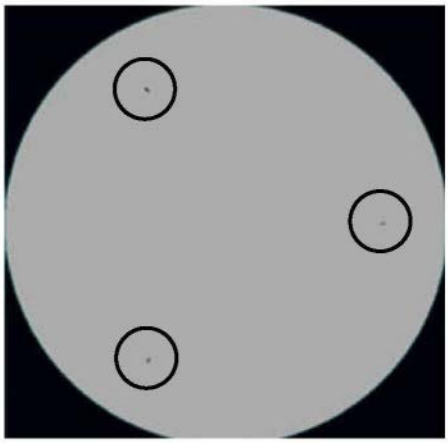


图11A

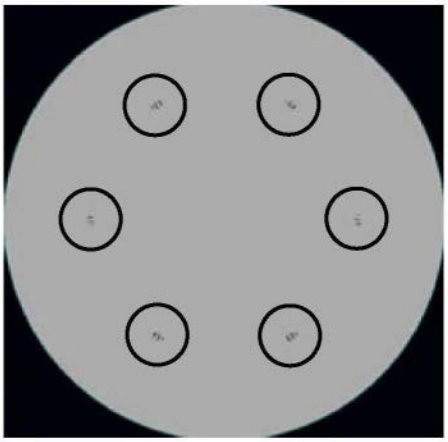


图11B

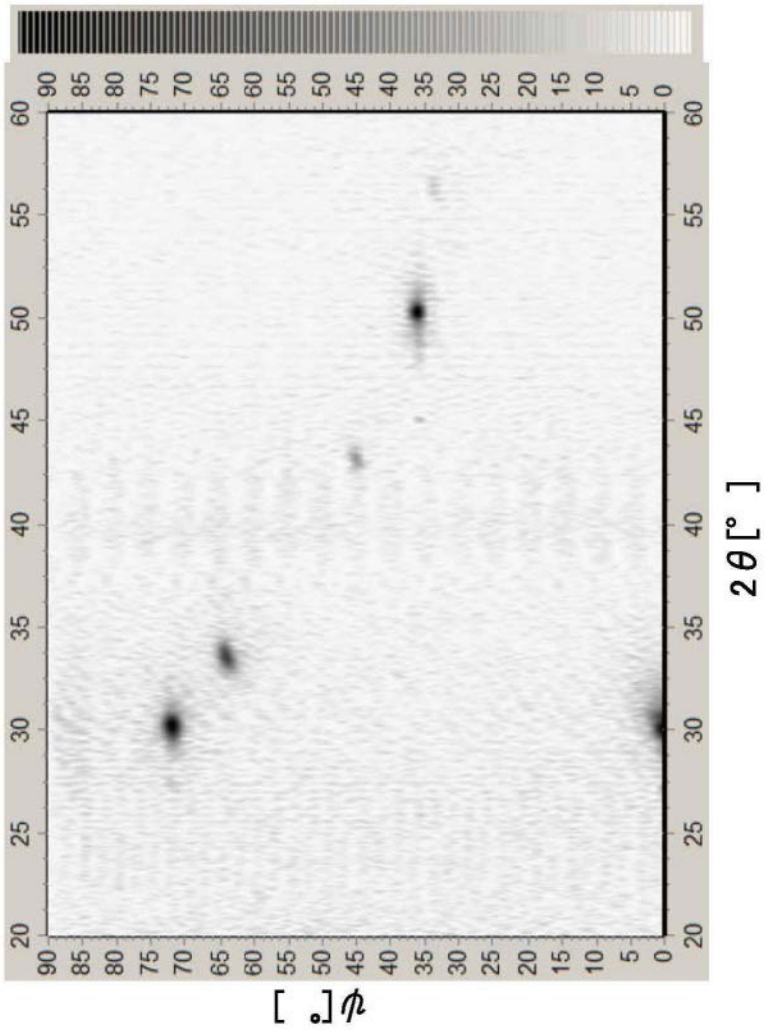

90 85 80 75 70 65 60 55 50 45 40 35 30 25 20 15 10 5 0
60 55 50 45 40 35 30 25 20
2θ[°]
[°] φ

图12A

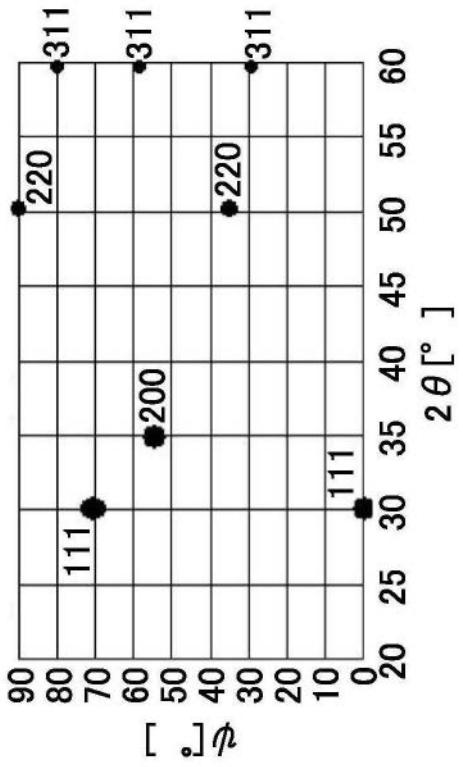


图12B

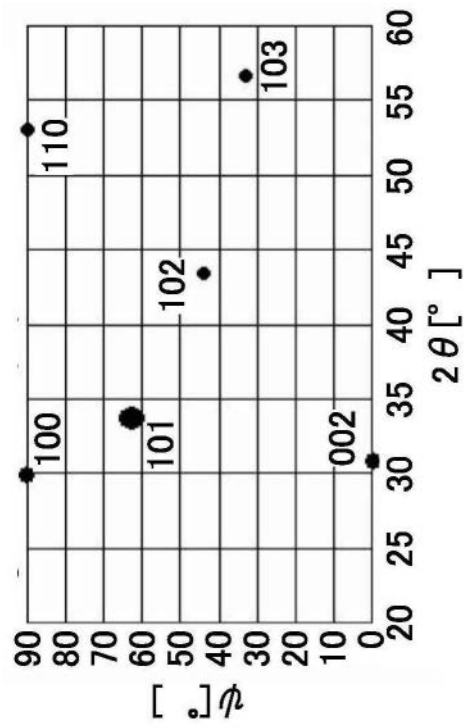


图12C

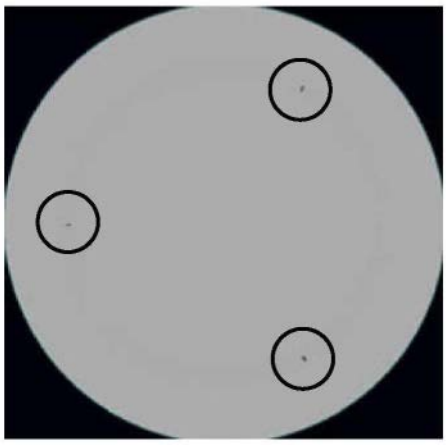


图13A

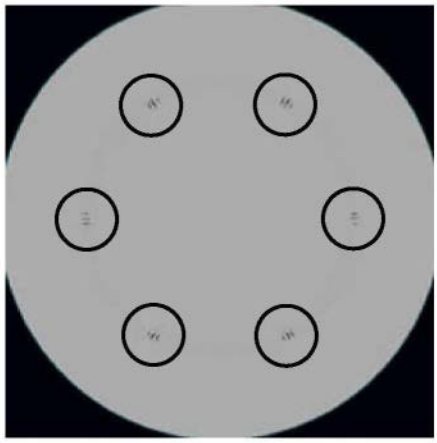


图13B

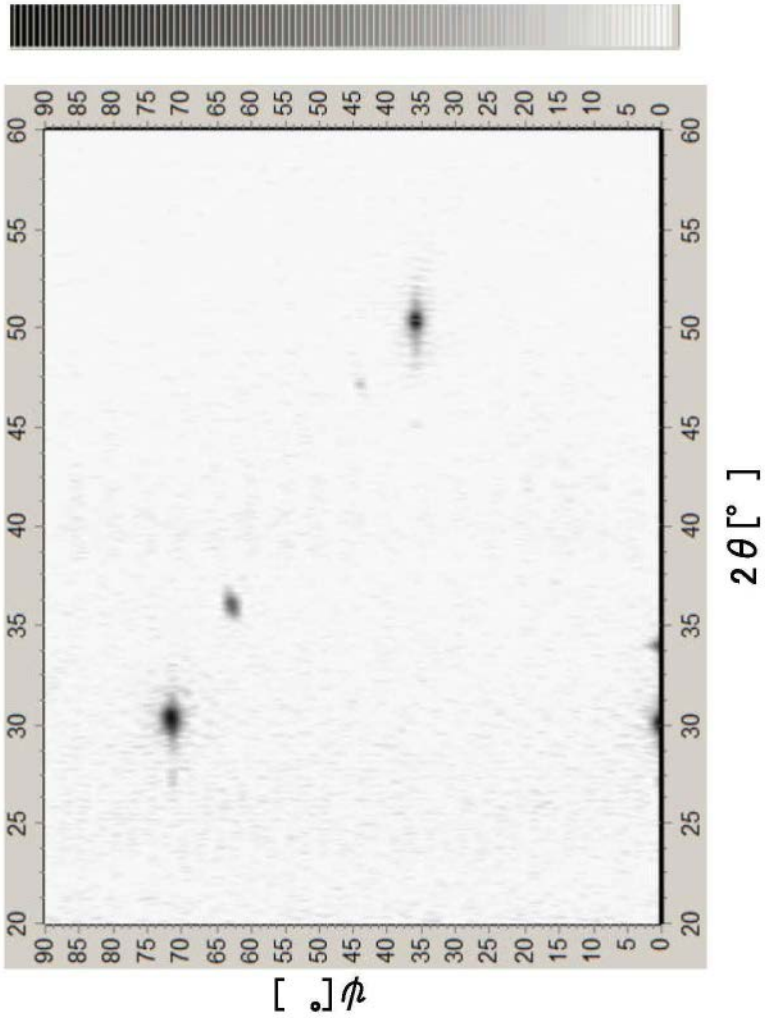


图14A

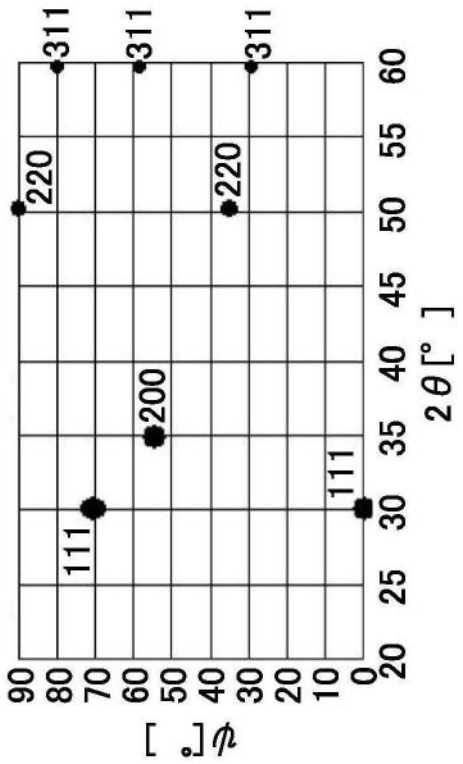


图14B

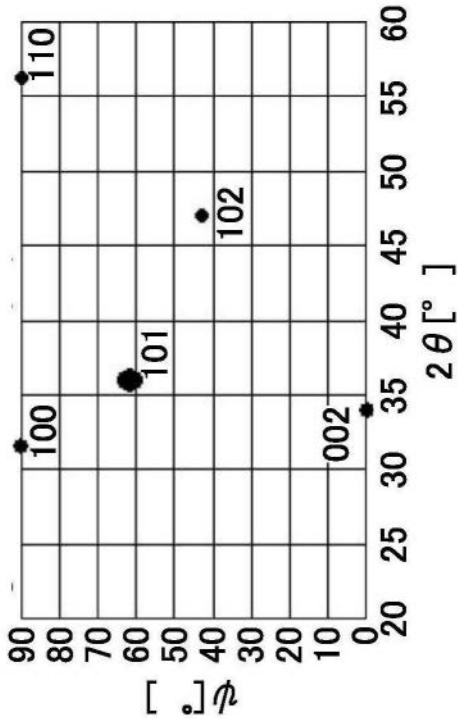


图14C

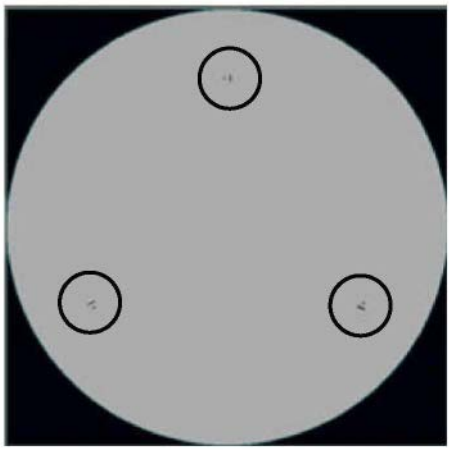


图15A

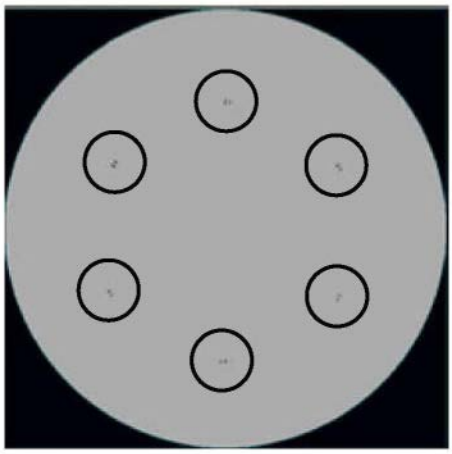


图15B

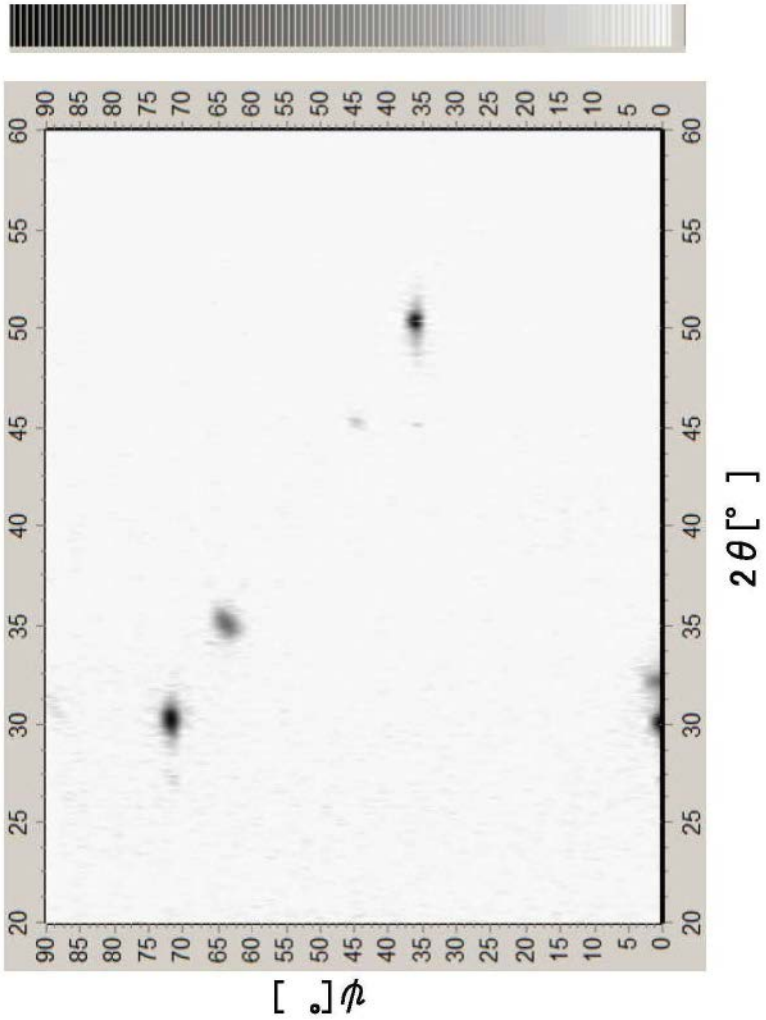


图16A

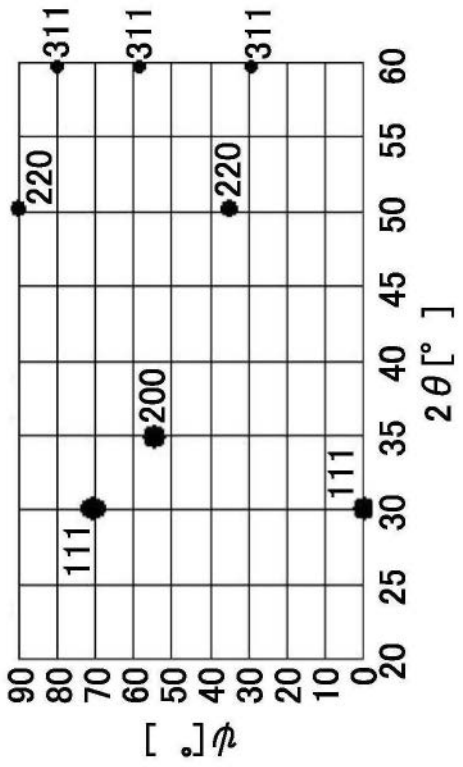

311
311
311
220
220
200
111
111
111
2θ[°]
φ[°]

图16B

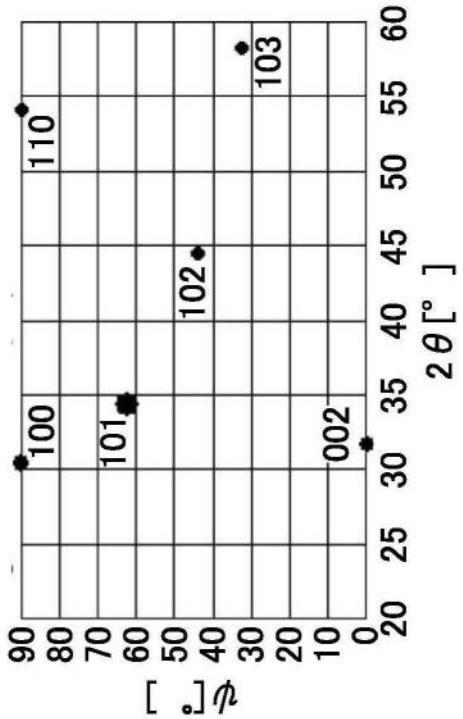

110
103
102
100
101
002
2θ[°]
φ[°]

图16C

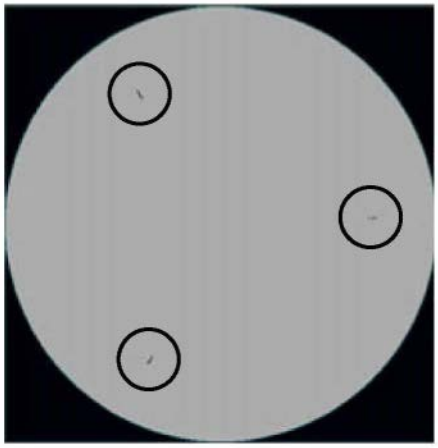


图17A

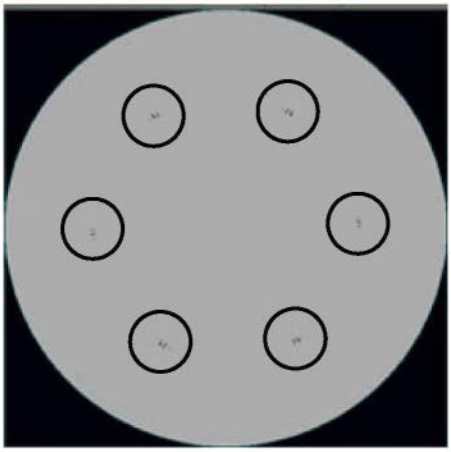


图17B

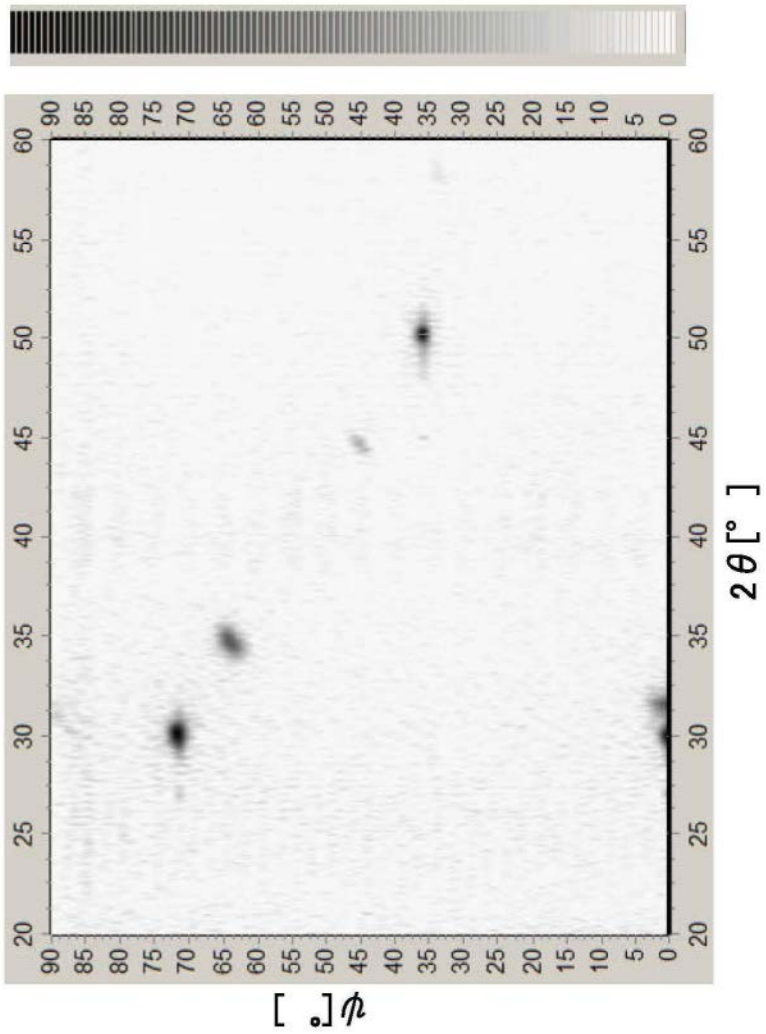

90 85 80 75 70 65 60 55 50 45 40 35 30 25 20 15 10 5 0
60 55 50 45 40 35 30 25 20
2θ[°]
[°] φ

图18A

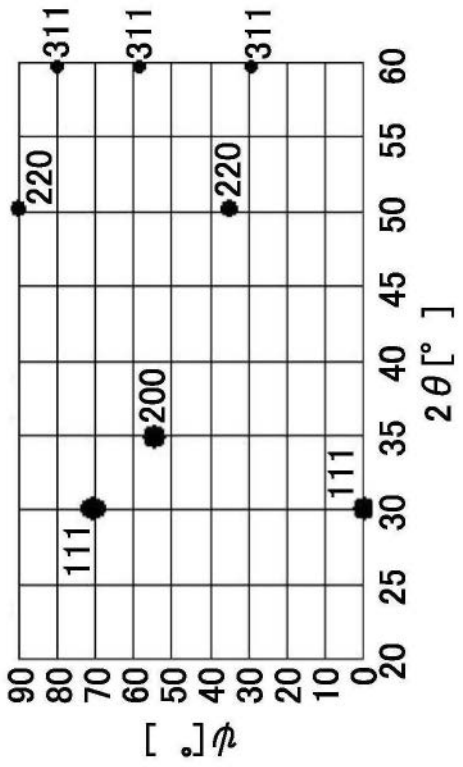

311
311
311
220
220
200
111
111
111
2θ[°]
φ[°]

图18B

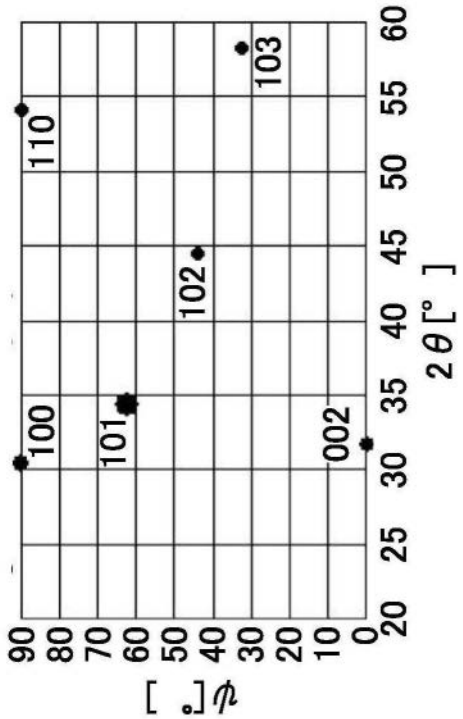

110
103
102
100
101
002
2θ[°]
φ[°]

图18C

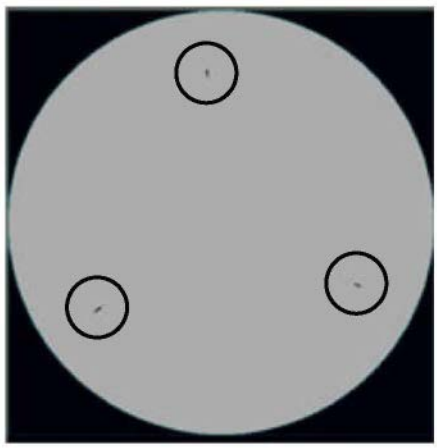


图19A

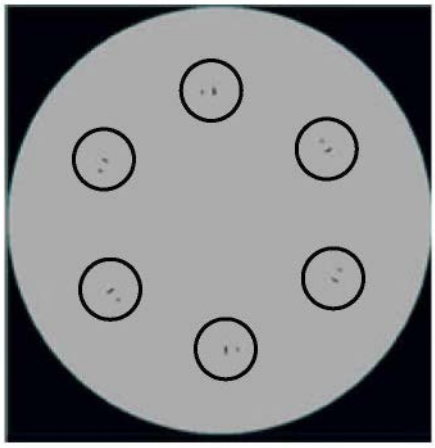


图19B

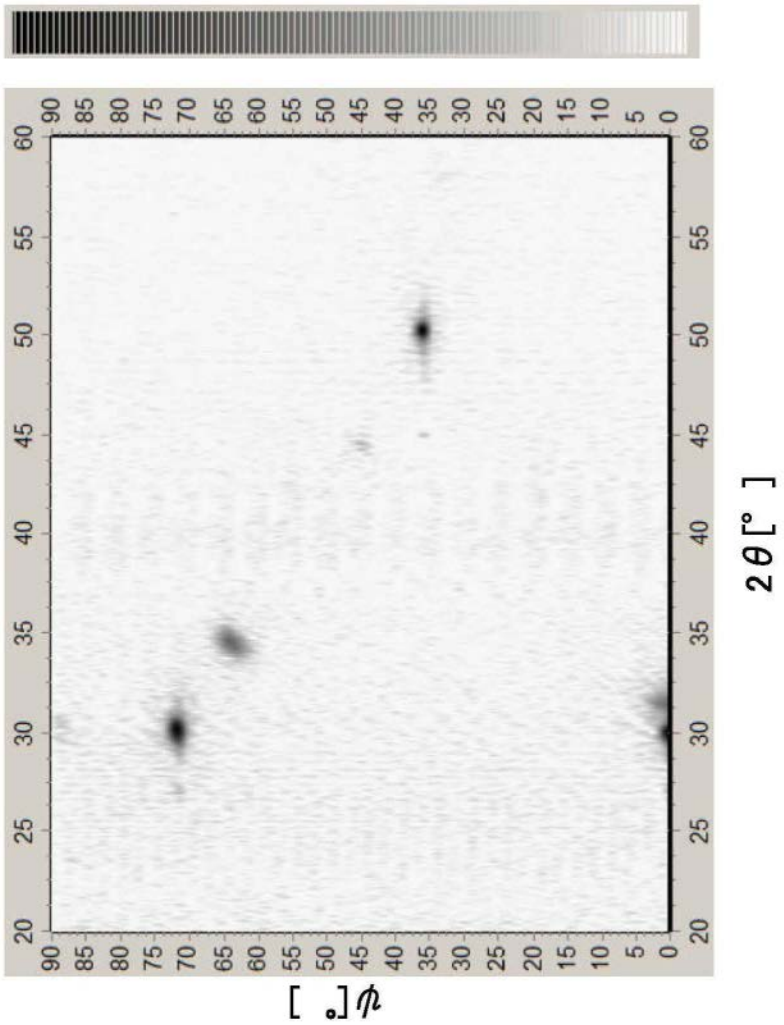

90 85 80 75 70 65 60 55 50 45 40 35 30 25 20 15 10 5 0
60 55 50 45 40 35 30 25 20
2θ[°]
[°]φ

图20A

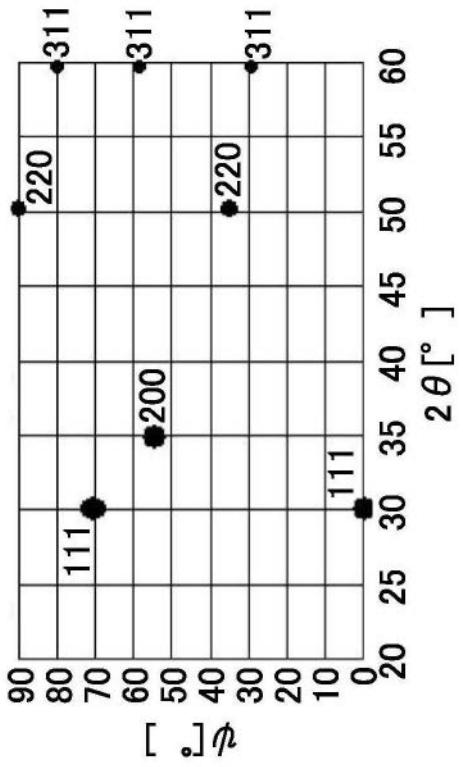

311
311
311
220
220
200
111
111
111
2θ[°]
φ[°]

图20B

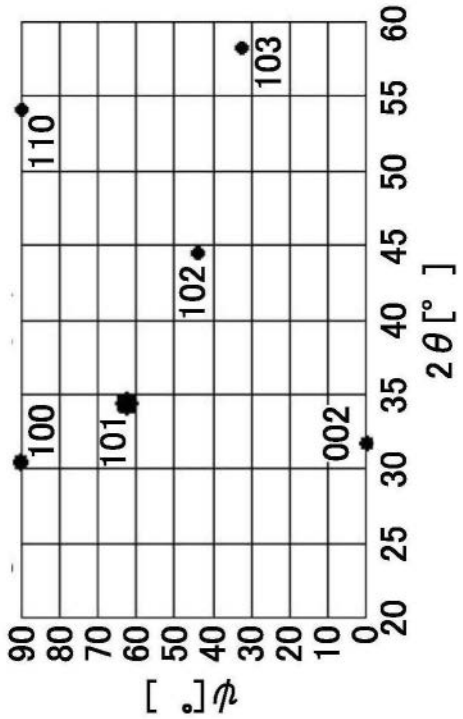

110
103
102
100
101
002
2θ[°]
φ[°]

图20C

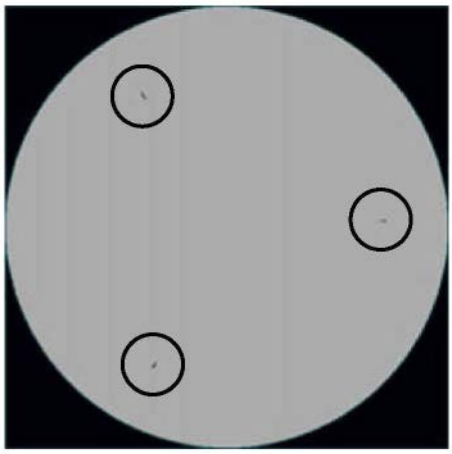


图21A

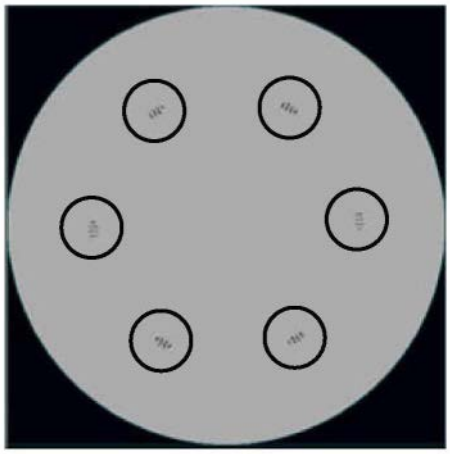


图21B

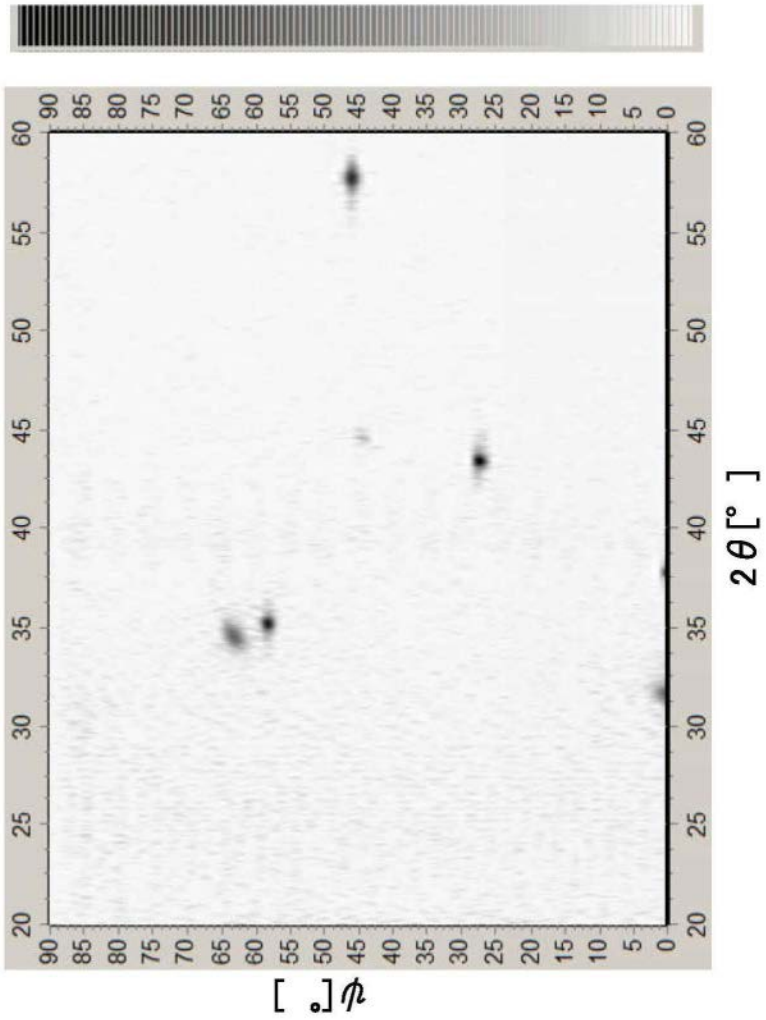


图22A

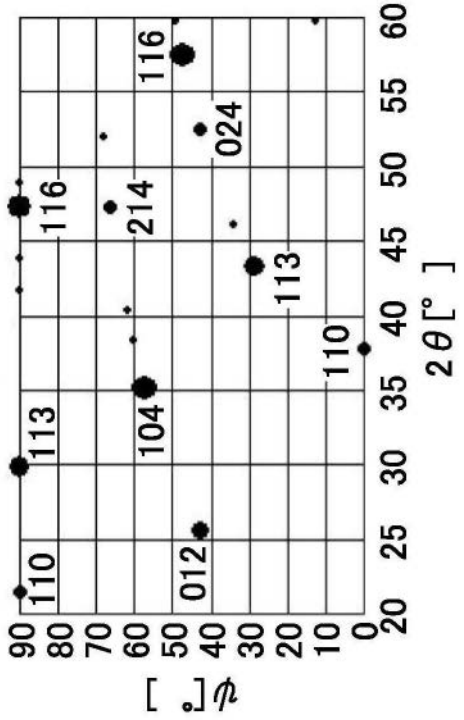

110
113
012
104
110
113
214
116
024
116
2θ[°]
φ[°]

图22B

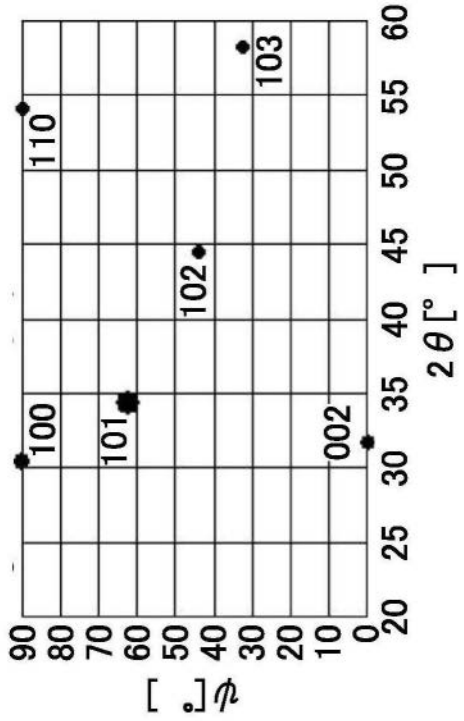

100
101
102
002
110
103
2θ[°]
φ[°]

图22C

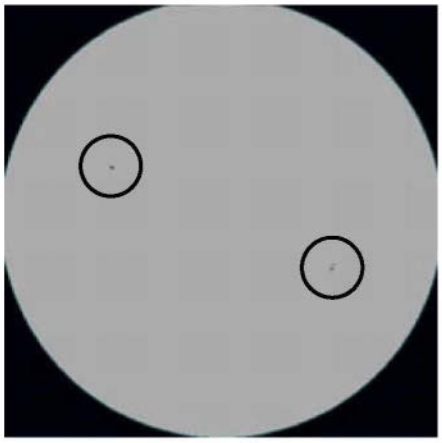


图23A

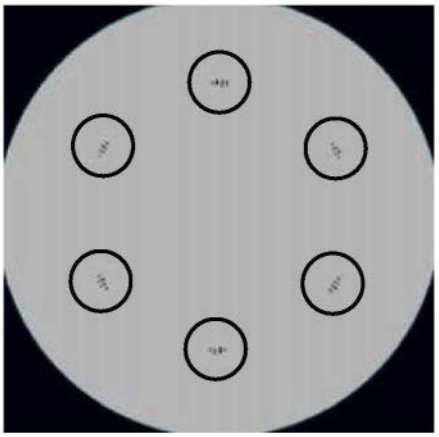


图23B