(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 119949053 A
(43)申请公布日 2025.05.06

(21)申请号 202380067836.0
(22)申请日 2023.08.08
(30)优先权数据
2022-160638 2022.10.05 JP
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2025.03.21
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2023/028862 2023.08.08
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2024/075388 JA 2024.04.11
(71)申请人 株式会社日本显示器
地址 日本
(72)发明人 池田雅延 西村真澄
(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司 72002
专利代理师 吴倩
(51)Int.Cl.
H10H 20/815(2025.01)
H01L 21/20(2006.01)
H10H 20/825(2025.01)
H10H 20/01(2025.01)

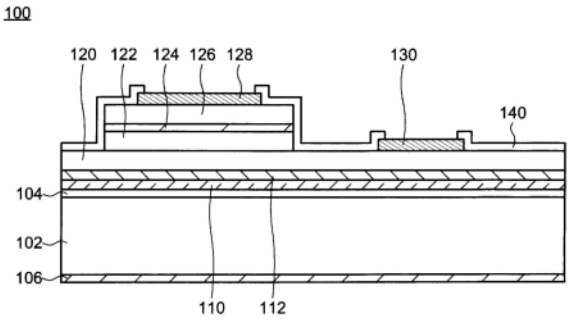
权利要求书2页 说明书11页 附图5页

(54)发明名称

发光元件及发光元件的制造方法

(57)摘要

发光元件具备包含非晶质玻璃的基板、第1缓冲层、第2缓冲层、氮化镓层、层叠体以及阴极和阳极。第1缓冲层位于基板上,并含有铝和氧。第2缓冲层位于第1缓冲层上,并含有铝和氮。氮化镓层位于第2缓冲层上。层叠体位于氮化镓层上,并包含n型包覆层、p型包覆层以及位于n型包覆层与p型包覆层之间的发光层。阴极和阳极分别位于n型包覆层和p型包覆层之上。n型包覆层、p型包覆层及发光层各自含有第13族元素和第15族元素。



CN 119949053 A

1.一种发光元件,其具备:

包含非晶质玻璃的基板,

位于所述基板上、且含有铝和氧的第1缓冲层,

位于所述第1缓冲层上、且含有铝和氮的第2缓冲层,

所述第2缓冲层上的氮化镓层,

层叠体,其位于所述氮化镓层上,且包含n型包覆层、p型包覆层以及位于所述n型包覆层与所述p型包覆层之间的发光层,以及

位于所述n型包覆层和所述p型包覆层各自之上的阴极和阳极;

其中,所述n型包覆层、所述p型包覆层及所述发光层各自含有第13族元素和第15族元素。

2.根据权利要求1所述的发光元件,其中,在面内方向上,所述第1缓冲层的热膨胀系数处于所述基板和所述氮化镓层的热膨胀系数之间,

所述第1缓冲层与所述氮化镓层之间的a轴方向上的晶格常数的差小于所述基板与所述氮化镓层之间的a轴方向上的晶格常数的差。

3.根据权利要求2所述的发光元件,其中,所述面内方向上的所述第1缓冲层的所述热膨胀系数为3.5×10^{-6}/℃以上且5.6×10^{-6}/℃以下,

所述第1缓冲层的所述a轴方向上的所述晶格常数为0.355nm以上且0.480nm以下。

4.根据权利要求2所述的发光元件,其中,在所述面内方向上,所述第2缓冲层的热膨胀系数处于所述基板和所述氮化镓层的所述热膨胀系数之间,

所述第2缓冲层与所述氮化镓层之间的所述a轴方向上的晶格常数的差小于所述基板与所述氮化镓层之间的a轴方向上的晶格常数的差,且小于所述第1缓冲层与所述氮化镓层之间的a轴方向上的晶格常数的差。

5.根据权利要求4所述的发光元件,其中,所述面内方向上的所述第2缓冲层的所述热膨胀系数为3.6×10^{-6}/℃以上且4.6×10^{-6}/℃以下,

所述第2缓冲层的所述a轴方向上的所述晶格常数为0.300nm以上且0.330nm以下。

6.根据权利要求1所述的发光元件,其中,所述第1缓冲层进一步含有氮。

7.根据权利要求6所述的发光元件,其中,所述第1缓冲层的氧浓度随着距所述基板的距离的增大而减小。

8.根据权利要求1所述的发光元件,其中,在所述第2缓冲层中,氮相对于铝的原子数比随着距所述第1缓冲层的距离的增大而接近1。

9.根据权利要求1所述的发光元件,其中,在所述基板下进一步具备含有氮化铝及/或氧化铝的底涂层。

10.根据权利要求1所述的发光元件,其中,所述氮化镓层与所述第2缓冲层直接接触。

11.一种发光元件的制造方法,其包括下述工序:

在包含非晶质玻璃的基板上形成第1缓冲层,

在所述第1缓冲层上形成第2缓冲层,

在所述第2缓冲层上通过溅射法形成氮化镓层,

通过溅射法在所述氮化镓层上形成层叠体,所述层叠体包含n型包覆层、p型包覆层以及位于所述n型包覆层与所述p型包覆层之间的发光层,以及

在所述n型包覆层和所述p型包覆层各自之上形成阴极和阳极;

其中,所述n型包覆层、所述p型包覆层及所述发光层各自含有第13族元素和第15族元素。

12.根据权利要求11所述的制造方法,其中,在面内方向上,所述第1缓冲层的热膨胀系数处于所述基板和所述氮化镓层的热膨胀系数之间,

所述第1缓冲层与所述氮化镓层之间的a轴方向上的晶格常数的差小于所述基板与所述氮化镓层之间的a轴方向上的晶格常数的差。

13.根据权利要求12所述的制造方法,其中,所述面内方向上的所述第1缓冲层的所述热膨胀系数为3.5×10^{-6}/℃以上且5.6×10^{-6}/℃以下,

所述第1缓冲层的所述a轴方向上的所述晶格常数为0.355nm以上且0.480nm以下。

14.根据权利要求12所述的制造方法,其中,在所述面内方向上,所述第2缓冲层的热膨胀系数处于所述基板和所述氮化镓层的所述热膨胀系数之间,

所述第2缓冲层与所述氮化镓层之间的所述a轴方向上的晶格常数的差小于所述基板与所述氮化镓层之间的a轴方向上的晶格常数的差,且小于所述第1缓冲层与所述氮化镓层之间的a轴方向上的晶格常数的差。

15.根据权利要求14所述的制造方法,其中,所述面内方向上的所述第2缓冲层的所述热膨胀系数为3.6×10^{-6}/℃以上且4.6×10^{-6}/℃以下,

所述第2缓冲层的所述a轴方向上的所述晶格常数为0.300nm以上且0.330nm以下。

16.根据权利要求11所述的制造方法,其中,所述第1缓冲层进一步含有氮。

17.根据权利要求16所述的制造方法,其中,所述第1缓冲层的氧浓度随着距所述基板的距离的增大而减小。

18.根据权利要求11所述的制造方法,其中,在所述第2缓冲层中,氮相对于铝的原子数比随着距所述第1缓冲层的距离的增大而接近1。

19.根据权利要求11所述的制造方法,其中,进一步包含在所述基板下形成含有氮化铝及/或氧化铝的底涂层的工序。

20.根据权利要求11所述的制造方法,其中,所述氮化镓层与所述第2缓冲层直接接触。

发光元件及发光元件的制造方法

技术领域

[0001] 本发明的一个实施方式涉及发光元件及晶体管等中例示的半导体元件和其制造方法。例如,本发明的一个实施方式涉及包含氮化镓系半导体的半导体元件和其制造方法。

背景技术

[0002] 作为半导体元件的代表例,可列举发光元件及晶体管等。近年来,在积极进行含有氮化镓(GaN)及氮化铟(InN)等13族元素的氮化物的半导体元件的开发。以往,这样的半导体元件可利用硅基板及蓝宝石基板来制作,例如在专利文献1～3中,公开了能够在玻璃基板上形成具有含有13族元素的氮化物的半导体层的发光元件及晶体管。

[0003] 现有技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1:日本特开2019-41113号公报

[0006] 专利文献2:日本特开2018-168029号公报

[0007] 专利文献3:日本特开2000-124140号公报

发明内容

[0008] 发明所要解决的课题

[0009] 本发明的一个实施方式将提供一种具有新型结构的半导体元件和其制造方法作为一个课题。或者,本发明的一个实施方式将提供半导体层中含有13族元素和15族元素的发光元件或晶体管和它们的制造方法作为一个课题。

[0010] 用于解决课题的手段

[0011] 本发明的一个实施方式是发光元件。该发光元件具备包含非晶质玻璃的基板、第1缓冲层、第2缓冲层、氮化镓层、层叠体以及阴极和阳极。第1缓冲层位于基板上,并含有铝和氧。第2缓冲层位于第1缓冲层上,并含有铝和氮。氮化镓层位于第2缓冲层上。层叠体位于氮化镓层上,并包含n型包覆层、p型包覆层以及位于n型包覆层与p型包覆层之间的发光层。阴极和阳极分别位于n型包覆层和p型包覆层之上。n型包覆层、p型包覆层及发光层各自含有第13族元素和第15族元素。

[0012] 本发明的一个实施方式是发光元件的制造方法。该制造方法包括下述工序:在包含非晶质玻璃的基板上形成第1缓冲层;在第1缓冲层上形成第2缓冲层;在第2缓冲层上通过溅射法形成氮化镓层;通过溅射法在氮化镓层上形成包含n型包覆层、p型包覆层以及位于n型包覆层与p型包覆层之间的发光层的层叠体;以及在n型包覆层和p型包覆层各自上形成阴极和阳极,n型包覆层、p型包覆层及发光层各自含有第13族元素和第15族元素。

[0013] 本发明的一个实施方式是包含多个上述发光元件的显示装置。

[0014] 本发明的一个实施方式为晶体管。该晶体管具备包含非晶质玻璃的基板、第1缓冲层、第2缓冲层、含有第13族元素和第15族元素的活性层、栅极绝缘膜、栅极电极以及第1端子和第2端子。第1缓冲层位于基板上,第2缓冲层位于第1缓冲层上。活性层位于第2缓冲层

上,栅极绝缘膜位于活性层上。第1端子和第2端子位于活性层上,并与活性层接触。栅极电极隔着栅极绝缘膜位于活性层上。

附图说明

[0015] 图1A是本发明的一个实施方式涉及的发光元件的示意性端面图。

[0016] 图1B是本发明的一个实施方式涉及的发光元件的示意性端面图。

[0017] 图2是表示本发明的一个实施方式涉及的发光元件中所包含的构成的晶格常数的关系的图。

[0018] 图3A是表示本发明的一个实施方式涉及的发光元件的制造方法的示意性端面图。

[0019] 图3B是表示本发明的一个实施方式涉及的发光元件的制造方法的示意性端面图。

[0020] 图3C是表示本发明的一个实施方式涉及的发光元件的制造方法的示意性端面图。

[0021] 图4A是表示本发明的一个实施方式涉及的发光元件的制造方法的示意性端面图。

[0022] 图4B是表示本发明的一个实施方式涉及的发光元件的制造方法的示意性端面图。

[0023] 图4C是表示本发明的一个实施方式涉及的发光元件的制造方法的示意性端面图。

[0024] 图5A是本发明的一个实施方式涉及的晶体管的示意性端面图。

[0025] 图5B是本发明的一个实施方式涉及的晶体管的示意性端面图。

具体实施方式

[0026] 以下,参照附图等对本发明的各实施方式进行说明。但是,本发明能够在不脱离本发明的主旨的范围内以多种方式实施,并不限定性解释为以下所例示的实施方式的记载内容。

[0027] 为了使说明更明确,附图与实际形态相比,有时示意性地示出各部的宽度、厚度、形状等,但始终为一个例子,并不是限定本发明的解释。在本说明书和各图中,对于具备与关于已示出的图所说明过的功能相同的功能的要素,标注同一符号,且有时将重复的说明省略。在总括性地表示同一或类似的多个结构时可采用该符号,在分别表示这些结构时可在符号的后面加上连字符和自然数。

[0028] 在本说明书及权利要求中,当表述在某结构体上配置其它结构体的形态时,在仅表述为“在某某上”时,只要不特别指出,规定为包含以与某结构体接触的方式在其正上配置其它结构体的情况、和在某结构体的上方进一步隔着别的结构体配置其它结构体的情况这两者。

[0029] 在本说明书及权利要求中,“某结构体从其它结构体中露出”这样的表述,是指某结构体的一部分没有被其它结构体被覆的形态,没有被该其它结构体被覆的部分也包含另外被别的结构体被覆的形态。此外,以该表述所表示的形态也包含某结构体不与其它结构体接触的形态。

[0030] 〈第1实施方式〉

[0031] 在本实施方式中,对本发明的一个实施方式即发光元件进行说明。该发光元件是具有含有13族元素和15族元素的半导体层的无机发光二极管(LED)。

[0032] 1.结构

[0033] 图1A中示出作为本发明的一个实施方式的发光元件100的示意性端面图。如图1A

所示的那样,发光元件100具有包含非晶质玻璃的基板102,基板102上具备二个缓冲层(第1缓冲层110、第2缓冲层112)。发光元件100在第2缓冲层112上进一步具有与第2缓冲层112接触的氮化镓层120,在氮化镓层120上具有层叠体,该层叠体包含n型包覆层122、p型包覆层126以及被n型包覆层122和p型包覆层126夹持的发光层124。另外,发光元件100具备分别设在p型包覆层126和氮化镓层120之上的阳极128和阴极130。第1缓冲层110也可以与基板102直接接触,或者也可以隔着作为任意构成的外涂层104设在基板102上。通过对阳极128和阴极130间给予发光阈值电压以上的电位差,从阳极128和阴极130分别注入空穴和电子,在发光层124内空穴和电子再结合,从而得到发光。

[0034] 发光元件100也可以在阳极128和阴极130上进一步具有保护膜140。此外,发光元件100也可以在基板102下具有底涂层106。以下,对这些构成进行说明。

[0035] (1)基板

[0036] 基板102是支撑设在其上的各构成的构成,且包含非晶质玻璃。优选使用应变点高、且表面平坦性高的基板作为基板102。例如,基板102的应变点优选为600℃以上。基板102可以为具有挠性的程度的厚度(例如0.1mm以上且0.5mm以下),或者也可以具有其以上的厚度(例如0.5mm以上且2mm以下)。

[0037] 作为一个例子,基板102是被称为无碱玻璃的玻璃基板。在这种情况下,基板102含有二氧化硅、氧化铝、氧化硼以及氧化钙及氧化钡等碱土类金属氧化物。基板102中的钠等碱金属的含量优选为0.1%以下。

[0038] (2)外涂层和底涂层

[0039] 任意的构成即外涂层104以与基板102接触的方式设在基板102上。外涂层104具有防止基板102中所含有的微量的碱金属离子等杂质扩散的功能,为含有氧化硅及氮化硅等含硅无机化合物的一种膜或多个膜的层叠体。外涂层104例如通过溅射法或化学气相沉积(CVD)法来形成。

[0040] 配置在基板102之下、且以与基板102接触的方式设置的底涂层106是下述的膜,其具有在制造发光元件100时的高温条件下抑制水等从基板102脱离、防止含氧杂质混入构成发光元件100的氮化镓层120以及设置在其上的半导体层即n型包覆层122、发光层124、p型包覆层126等中的功能。此外,还具有防止基板102与氮化镓层120之间的热膨胀系数差导致的基板102翘曲的功能。具有这样的功能的底涂层106以其热膨胀系数成为基板102的热膨胀系数和氮化镓层120的热膨胀系数之间的方式构成。具体地讲,底涂层106以热膨胀系数成为高于4.0×10^{-6}/℃且低于5.0×10^{-6}/℃的方式构成。例如,能够使用含有氮化铝的膜、含有氧化铝的膜、或者这些膜的层叠体作为底涂层106。底涂层106可以采用溅射法等来形成。

[0041] (3)第1缓冲层和第2缓冲层

[0042] 第1缓冲层110和第2缓冲层112是有助于促进设置在其上的氮化镓层120的结晶化的构成。此外,第1缓冲层110和第2缓冲层112是下述的膜,其通过提高与基板102的密合性而防止基板102在制造发光元件100时的高温条件下发生变形(翘曲),同时防止设在其上的各层发生剥离及裂纹。因此,通过使用第1缓冲层110和第2缓冲层112,在不伴随基板102的变形及氮化镓层120等的剥离的情况下,能够防止在氮化镓层120及设在其上的半导体层中发生裂纹,且能够提高这些层的结晶性。

[0043] a第1缓冲层

[0044] 第1缓冲层110直接或隔着外涂层104设在基板102上。第1缓冲层110含有含铝和氧的无机化合物,具体地讲含有氧化铝。第1缓冲层110可以包含除铝和氧以外还含有氮的氧化铝(氧氮化铝)。例如,第1缓冲层110的组成能够用Al_xO_y(式1)表示,式1中y/x可以为1.4以上且1.6以下。或者,第1缓冲层110的组成能够用$Al_xO_yN_z$(式2)表示。式2中(2y+3z)/3x可以为0.9以上且1.1以下,z/y可以为0.05以上且0.2以下。通过第1缓冲层110含有氧化铝或含氮的氧化铝,能够形成第1缓冲层110与包含非晶质玻璃的基板102中所含有的氧化铝的强固结合。因此,可有效地抑制基板102与第1缓冲层110之间的剥离。再者,第1缓冲层110的组成在膜厚方向可以是固定的,或者也可以随着距基板102的距离的增大(即随着靠近第2缓冲层112)而使氧浓度减小。这样,通过形成上面中的氧浓度低的第1缓冲层110,能够降低与第1缓冲层110接触的第2缓冲层112中的氧浓度。

[0045] 为了使形成于第1缓冲层110上的第2缓冲层更有效地向c轴向结晶生长,优选第1缓冲层110的表面具有高的平坦性。此外,为了具有高的结晶性、且通过降低起因于与相邻的构成(基板102及第2缓冲层112)的热膨胀系数差的应力来抑制剥离及裂纹等缺陷,而优选以比较薄的膜厚形成第1缓冲层110。具体地讲,第1缓冲层110的厚度优选为50nm以下,例如以2nm以上且50nm以下的厚度形成第1缓冲层110。

[0046] b第2缓冲层

[0047] 第2缓冲层112在第1缓冲层110上以与第1缓冲层110接触的方式设置。第2缓冲层112含有氮化铝等含铝和氮的无机化合物。例如,第2缓冲层112的组成能够用Al_xN_y(式3)表示,式3中x/y可以为0.9以上且1.1以下。第2缓冲层112也可以含有氧,但其浓度(例如第2缓冲层112中的氧的平均浓度)低于第1缓冲层110的氧浓度。第2缓冲层112的组成在膜厚方向可以是固定的,或者也可以随着距第1缓冲层110的距离的增大(即随着靠近氮化镓层120)而使氮浓度增大或减小。或者,也可以随着距第1缓冲层110的距离的增大,而以式3的x与y的比(x/y)接近1的方式在膜厚方向使氮浓度发生变化。在与氮化镓层120接触的第2缓冲层112的上表面,优选第2缓冲层112的组成实质上为AlN(即x和y相同或实质上相同)。

[0048] 与第1缓冲层110同样,为了使形成于第2缓冲层112上的氮化镓层120更有效地向c轴向结晶生长,而优选第2缓冲层112的表面的平坦性也高。此外,为了具有高的结晶性、且通过降低起因于与相邻的构成(第1缓冲层110及氮化镓层120)的热膨胀系数差的应力来抑制裂纹等缺陷的发生,而优选以例如20nm以上且100nm以下的厚度形成第2缓冲层112。

[0049] 如上所述,由于第2缓冲层112能够含有氮化铝,因此能够具有六方最密结构、面心立方结构、或基于这些结构的结构。其中,六方最密结构或基于其的结构包含c轴不与a轴及b轴正交的晶体结构。所以,就该结构而言,第2缓冲层112相对于其表面沿(0001)方向即c轴向取向。此外,具有面心立方结构或基于其的结构的第2缓冲层112相对于其表面沿(111)方向取向。因此,第2缓冲层112的c轴沿着相对于设置第2缓冲层112的面(即第1缓冲层110的上表面)垂直或大致垂直的方向取向。如后述的那样,第2缓冲层112及设在其上的氮化镓层120、n型包覆层122、发光层124、p型包覆层126含有氮化镓等含有13族元素和15族元素的半导体,但已知氮化镓形成六方最密结构,以使其表面能最小化的方式沿c轴向结晶生长。因此,通过在第2缓冲层112上形成氮化镓层120,不仅促进氮化镓层120的结晶生长,而且还促进形成于其上的半导体层的向c轴向的结晶生长。其结果是,这些层的结晶性提高,能够得

到作为发光元件的优异的特性。

[0050] c第1缓冲层和第2缓冲层的热膨胀系数

[0051] 具有上述的构成的第1缓冲层110和第2缓冲层112的热膨胀系数都为基板102的热膨胀系数和氮化镓层120的热膨胀系数之间。具体地讲,已知包含非晶质玻璃的基板102的热膨胀系数为$3.5\times10^{-6}/℃\sim3.9\times10^{-6}/℃$,氮化镓层120中所含有的氮化镓的面内方向(为与基板102的上表面平行的方向,a轴方向。以下相同。)的膨胀系数为$5.6\times10^{-6}/℃$。另一方面,第1缓冲层110的面内方向的热膨胀系数依赖于组成,为$3.5\times10^{-6}/℃$以上且$5.6\times10^{-6}/℃$以下。同样地,第2缓冲层112的面内方向的热膨胀系数也依赖于其组成,为$3.6\times10^{-6}/℃$以上且$4.6\times10^{-6}/℃$以下。因此,就发光元件100而言,能够从基板102朝氮化镓层120的方向使面内方向的热膨胀系数阶段性地发生变化(增大),此外,在相邻的构成间不存在大的热膨胀系数差。其结果是,在制造发光元件100时的高温条件下不会产生大的应力,能够有效地防止相邻的构成间的剥离以及各层的裂纹的产生等。

[0052] d第1缓冲层和第2缓冲层的晶格常数

[0053] 非晶质玻璃由于与结晶性玻璃(例如石英等)不同且不具有明确的晶体结构,因此一般来讲不能定义晶格常数,但可以认为其主成分即氧化硅的晶体结构左右着设在基板102上的第1缓冲层110的结晶性。因此,在本说明书中,采用从非晶质玻璃的X射线衍射中的2θ为22°附近的宽峰算出的值0.491nm作为基板102的a轴方向的晶格常数。已知氮化镓层120中所含有的氮化镓的a轴方向的晶格常数为0.318nm。与此相对,具有上述构成的第1缓冲层110和第2缓冲层112的a轴方向上的晶格常数都依赖于组成,前者为0.355nm以上且0.480nm以下,后者为0.300nm以上且0.330nm以下。

[0054] 所以,如图2那样示意性地示出基板102、第1缓冲层110、第2缓冲层112、氮化镓层120间的晶格常数的关系。如从图2所理解的那样,发光元件100中,按基板102、第1缓冲层110、第2缓冲层112、氮化镓层120的顺序a轴方向的晶格常数阶段性地降低。因此,含有氧化铝的第1缓冲层110与含有氮化镓的氮化镓层120之间的a轴方向上的晶格常数的差(Δ_1)小于包含非晶质玻璃的基板102与氮化镓层120之间的a轴方向上的晶格常数的差(Δ_2)。此外,含有氮化铝的第2缓冲层112与氮化镓层120之间的a轴方向上的晶格常数的差(Δ_3)小于基板102与氮化镓层120之间的a轴方向上的晶格常数的差(Δ_2),且小于第1缓冲层110与氮化镓层120之间的a轴方向上的晶格常数的差(Δ_1)。

[0055] 在第2缓冲层112与氮化镓层120之间,由于a轴方向的晶格常数的差Δ_3小,因此形成于第2缓冲层112上的氮化镓层120的晶体结构容易受到第2缓冲层112的影响。因此,在第2缓冲层112高度沿c轴取向的情况下,氮化镓层120也有效地促进c轴向的结晶化,但在第2缓冲层112的结晶性低的情况下,不能使氮化镓层120充分结晶化,成为微晶尺寸降低的原因。

[0056] 此外,如从图2所理解的那样,在基板102的晶格常数与第2缓冲层112的晶格常数的差Δ_2大、且直接在基板102上形成第2缓冲层的情况下,起因于大的晶格常数差,而阻碍第2缓冲层112的结晶生长。但是,通过设置具有基板102与第2缓冲层112之间的晶格常数的第1缓冲层110,可缓和基板102与第2缓冲层112之间的晶格常数的失配,因此通过在第1缓冲层110上形成第2缓冲层112,能够促进第2缓冲层112的结晶化。其结果是,可得到具有提高了的结晶性的第2缓冲层112,通过在其上形成氮化镓层120,能够提高氮化镓层120的c轴

向的结晶性。由此,设在氮化镓层120上的半导体层的结晶性也能够提高,因此能够提供具有优异的特性的发光元件100。

[0057] (4)氮化镓层

[0058] 氮化镓层120含有氮化镓。氮化镓通过添加掺杂剂而被赋予p型或n型的导电性,但氮化镓层120也可以是不含掺杂剂的无掺杂氮化镓层。或者,氮化镓层120也可以包含含有赋予n型导电性的掺杂剂(硅及锗等)的n型氮化镓、或含有赋予p型导电性的掺杂剂(镁及锌、镉、铍等)的p型氮化镓。

[0059] (5)n型包覆层、发光层、p型包覆层

[0060] n型包覆层122、发光层124、p型包覆层126通过分别从阳极128和阴极130注入的空穴和电子再结合而射出可见光的方式构成。n型包覆层122、发光层124、p型包覆层126可以分别具有单层结构,也可以具有多个层层叠而成的层叠结构。再者,在图1A所示的例子中,从基板102侧依次层叠n型包覆层122、发光层124、p型包覆层126,但也可以按与此顺序相反的顺序构成半导体层。在这种情况下,氮化镓层120以包含无掺杂氮化镓或p型氮化镓的方式构成,在其上形成p型包覆层126、发光层124、n型包覆层122。

[0061] n型包覆层122、发光层124、p型包覆层126分别是含有第13族元素和第15族元素的半导体层。具体地讲,在这些层中包含含有铝、镓及/或铟以及氮、磷及/或砷的半导体。作为典型的半导体,可列举出镓系材料。例如,可例示出氮化镓、氮化铝镓(AlGaN)、氮化铟镓(InGaN)等氮化镓系材料、磷化镓(GaP)、磷化铝镓铟(AlGaInP)等磷化镓系材料。在n型包覆层122和p型包覆层126中,也可以进一步含有上述的掺杂剂。通过添加掺杂剂,可控制各层的价电子,还可控制带隙。再者,氮化镓层120和在其上相接地设置的层(在图1A所示的例子中为n型包覆层122)的组成也可以相同。

[0062] 发光层124例如可以是氮化铟镓的单层结构、或者也可以具有量子阱结构。所谓量子阱结构,是交替地层叠带隙不同、且具有1~5nm的范围的厚度的多个薄膜而形成的结构,例如可例示出氮化铟镓和氮化镓的交替层叠体、磷砷化铟镓(GaInAsP)和磷化铟(InP)的交替层叠体、砷化铝铟(AlInAs)和砷化铟镓(InGaAs)的交替层叠体等。

[0063] (6)阳极和阴极

[0064] 阳极128和阴极130分别向p型包覆层126和n型包覆层122中注入空穴和电子。作为阳极128,例如能够使用钯、金等金属、这些金属的合金、或铟-锡混合氧化物(ITO)及铟-锌混合氧化物(IZO)等透过可见光的导电性氧化物的薄膜。作为阴极130,能够使用铝、钛、金、银或铟等金属、或这些金属的合金。阳极128和阴极130都可以具有单层结构,也可以是具有不同的组成的多个膜的层叠体。

[0065] (7)保护膜

[0066] 保护膜140是用于防止氧及水等杂质侵入发光元件100中的构成,例如可由含有氧化硅、氮化硅等含硅无机化合物的一个或多个膜构成。保护膜140上设有开口,其用于露出阳极128和阴极130,通过利用这些开口将未图示的布线电连接在阳极128和阴极130上。

[0067] 如上所述,在发光元件100中,在包含非晶质玻璃的基板102上层叠第1缓冲层110和第2缓冲层112,在其上设置氮化镓层120。由于在基板102和第1缓冲层110中含有氧化铝,因此可在其间得到强固的结合。此外,由于从第1缓冲层110到氮化镓层120热膨胀系数阶段性地增大,在相邻的构成间不存在大的热膨胀系数差,因此能够防止在高温条件下发生剥

离及裂纹等。

[0068] 另外,由于在存在大的晶格常数差的基板102与第2缓冲层112之间,设置有具有基板102和第2缓冲层112之间的晶格常数的第1缓冲层110,因此能够缓和基板102与第2缓冲层112之间的大的晶格失配。因此,通过在与基板102具有高结合力的第1缓冲层110上设置第2缓冲层112,与在基板102上直接设置第2缓冲层112时相比较,能够较大地提高第2缓冲层112的结晶性。其结果是,左右作为发光元件100的功能的n型包覆层122、发光层124、p型包覆层126的结晶性提高,可提供具有优异的特性的发光元件。

[0069] 另外,第1缓冲层110及第2缓冲层112中所含有的氧化铝及氧氮化铝、氮化铝因对光刻法工艺中使用的各种蚀刻剂的耐性高,因此在后述的发光元件100的制造工序中不会消失或受到损伤。因此,能够利用以往的制造半导体装置的各种装置来制造可靠性高的发光元件100。

[0070] 2.变形例

[0071] 发光元件100的结构并不局限于上述的结构。具体地讲,也可以在基板102与氮化镓层120之间设置三个或三个以上的缓冲层。例如,如图1B所示的那样,除第1缓冲层110和第2缓冲层112以外,还可以再在第2缓冲层112上设置第3缓冲层114,及在第3缓冲层114上再设置第4缓冲层116。相邻的缓冲层以彼此接触的方式设置。

[0072] 第3缓冲层114和第4缓冲层116的构成也可以分别与第1缓冲层110和第2缓冲层112的构成相同。或者,第1缓冲层110～第4缓冲层116的各层也可以含有氧化铝、氧氮化铝或氮化铝,且也可以按第1缓冲层110～第4缓冲层116的顺序氧浓度减少、氮浓度增大。在这种情况下,优选第4缓冲层116含有氮化铝。

[0073] 即使在这样的变形例中,也能够缓和与氮化镓层120接触的缓冲层与基板102之间的晶格失配、且能够减小相邻的构成间的热膨胀系数差。因此,能够在形成结晶性高的氮化镓层120的同时,抑制剥离及裂纹的发生。

[0074] <第2实施方式>

[0075] 本实施方式中,对发光元件100的制造方法进行说明。对于与第1实施方式中叙述过的构成相同或类似的构成有时将说明省略。

[0076] (1)外涂层和底涂层的形成

[0077] 首先,如图3A所示的那样,在基板102的上下分别形成外涂层104和底涂层106。基板102的尺寸没有限制,也可使用被称为样品玻璃的大型非晶质玻璃基板作为基板102。例如也可以使用被称为第3.5代玻璃的尺寸为600mm×720mm、被称为第4.5代玻璃的尺寸为730mm×920mm、被称为第6代玻璃的尺寸为1500mm×1850mm、或其以上尺寸的非晶质玻璃基板。所以,能够使用一个基板102来制造多个发光元件100。这有助于发光元件100的制造成本的削减。外涂层104和底涂层106可以采用CVD法及溅射法来形成。再者,外涂层104和底涂层106是任意的构成,因此也可以不形成其中的一方或双方。

[0078] (2)第1缓冲层的形成

[0079] 接着,在基板102上形成第1缓冲层110(图3B)。第1缓冲层110能够通过溅射法来形成。在第1缓冲层110含有氧化铝的情况下,例如,可以使用铝或氧化铝作为靶,在利用氩与氧的混合气体的反应性溅射中照射氧自由基,进行第1缓冲层110的形成。或者,也可以用氩溅射氧化铝靶,进而对所得到第1缓冲层110进行氧自由基处理。或者,通过对基板102照射

氧等离子体而在基板102的表面上形成氧过剩的层，在其上通过溅射铝靶而形成铝薄膜，之后通过加热(退火)将铝薄膜转变成氧化铝膜，由此也可以形成第1缓冲层110。或者，通过使用氩或氩与氧的混合气体溅射铝靶，在基板102上分别形成铝薄膜或含有氧化铝的铝薄膜，接着通过氧等离子体或氧自由基处理使铝氧化，由此也可以形成第1缓冲层110。

[0080] 在第1缓冲层110含有含氮的氧化铝的情况下，例如采用铝靶或氧化铝靶，通过使用氩、氧及氮的混合气体的反应性溅射也可以形成第1缓冲层110。此时，也可以对所得到的第1缓冲层110进行氧自由基处理及/或氮自由基处理。或者，采用氧化铝靶，通过使用氩与氮的混合气体的反应性溅射也可以形成第1缓冲层110。或者，通过利用氩溅射氧氮化铝靶也可以形成第1缓冲层110。或者，通过对基板102照射二氧化氮等离子体使基板102的表面发生氧氮化，接着通过铝靶的溅射形成铝薄膜，进而进行退火使铝产生氧氮化，由此也可以形成第1缓冲层110。或者，通过用氩溅射铝靶形成铝薄膜，进而采用氧和氮的等离子体也可以使铝薄膜发生氧氮化。或者，通过在用氩溅射铝靶、氧氮化铝靶或氧化铝靶的同时进行氧自由基处理和氮自由基照射，也可以形成第1缓冲层110。

[0081] 如上所述，第1缓冲层110能够以随着距基板102的距离的增大而使氧浓度减小的方式构成。由此，能够在第1缓冲层110的上表面形成更接近化学计量比的氧化铝。在这种情况下，例如在采用氩与氧的混合气体的反应性溅射中，可以随着膜生长而降低氧分压。

[0082] 在形成了第1缓冲层110后，通过进行退火促进结晶化，也可以使层的密度增大。此时的温度例如可以从500℃以上且700℃以下的范围中适宜选择。

[0083] (3)第2缓冲层的形成

[0084] 接着，在第1缓冲层110上形成第2缓冲层112(图3B)。第2缓冲层112也可以通过溅射法来形成。例如，能够通过用氩溅射氮化铝靶来形成第2缓冲层112。或者，通过采用氩与氮的混合气体对铝靶或氮化铝靶进行反应性溅射，也可以形成第2缓冲层112。此时，也可以对所得到的第2缓冲层112进一步进行氮自由基处理。或者，通过在用氩溅射铝靶或氮化铝靶的同时照射氮自由基，也可以形成第2缓冲层112。

[0085] 如上所述，即使在第2缓冲层112中也可以在膜厚方向使氮浓度发生变化。例如，可以通过控制反应性溅射中的氮的分压来控制氮浓度，或者也可以通过氮自由基处理来使第2缓冲层112表面的氮浓度增大。

[0086] 与第1缓冲层110同样，通过对第2缓冲层112进行退火促进结晶化，也可以使层的密度增大。此时的温度例如可以从500℃以上且700℃以下的范围中适宜选择。

[0087] 再者，优选第1缓冲层110和第2缓冲层112在同一腔室内连续地形成，或者优选在不返回大气状态的情况下一边保持真空状态一边在另一腔室中形成。由此，能够防止在第1缓冲层110和第2缓冲层112的界面中混入杂质，能够更有效地促进第2缓冲层112的结晶化。

[0088] (4)氮化镓层、n型包覆层、发光层、p型包覆层的形成

[0089] 接着，在第2缓冲层112上形成氮化镓层120，在其上依次形成半导体层即n型包覆层122、发光层124、p型包覆层126(图3C)。这些各层都能够采用溅射法来形成。例如，可以通过在存在等离子体的情况下用氩溅射氮化镓等半导体靶来形成这些层。在层内含有掺杂剂的情况下，可以使用含有掺杂剂的靶。或者，可以同时溅射氮化镓靶和掺杂剂用的靶。此外，通过使用氮化铟镓靶和氮化镓靶，能够形成由氮化铟镓膜和氮化镓膜交替层叠而成的发光层124。或者，在发光层124为氮化铟镓膜的情况下同时溅射氮化镓靶和铟靶，通过在形成氮

化镓膜的情况下溅射氮化镓靶,能够形成由氮化铟镓膜和氮化镓膜交替层叠而成的发光层124。

[0090] 接着,对n型包覆层122～p型包覆层126进行图案加工。图案加工如图4A所示的那样,以将包含n型包覆层122、发光层124及p型包覆层126的多个层叠体以岛状配置在氮化镓层120上的方式进行。由于各层叠体构成一个发光元件100,因此通过本方法,能够在一个基板102上形成共有氮化镓层120的多个发光元件100。图案加工由于能够采用公知的光刻法进行,因此将详细的说明省略。

[0091] 然后,将阳极128和阴极130分别形成于p型包覆层126和n型包覆层122上(图4B)。阳极128和阴极130可以采用真空蒸镀法及电子束蒸镀法、CVD法、溅射法等来形成。在设置保护膜140的情况下,可以采用CVD法或溅射法以被覆阳极128和阴极130的方式来形成含有含硅无机化合物的一个或多个膜,然后,以露出阳极128和阴极130的一部分的方式对保护膜140进行蚀刻。因此,在基板102的侧面也形成保护膜140(图4C)。

[0092] 然后,通过沿着图4C的虚线切断基板102,可得到图1A所示的发光元件100。

[0093] 如上所述,第1缓冲层110～p型包覆层126都能够用溅射法形成。因此,成膜时的温度为室温～低于600℃的温度,典型地为100℃以上且400℃以下。所以,通过使用廉价的包含非晶质玻璃的基板102,能够制造多个发光元件100。

[0094] 此外,氮化镓层120～p型包覆层126形成于第2缓冲层112上。因此,即使不采用为了形成无机半导体层而以往所用的气相外延生长,通过溅射半导体靶而弹出的半导体的粒子也可在沉积形成各层的同时,通过被第2缓冲层112激发而有效地进行c轴取向。其结果是,在第1缓冲层110～p型包覆层126的形成时不要求高温,各层能够具有高的结晶性,发光元件100能够作为LED显示出优异的特性。

[0095] <第3实施方式>

[0096] 本实施方式中,对本发明的一个实施方式涉及的晶体管进行说明。对于与第1、第2实施方式中叙述过的构成相同或类似的构成有时将说明省略。

[0097] 1.高电子迁移率场效应型晶体管

[0098] 作为本发明的一个实施方式涉及的晶体管的一个例子,图5A中示出高电子迁移率场效应型的晶体管150的示意性端面图。晶体管150具有基板102,且包含基板102上的第1缓冲层110和第2缓冲层112以及第2缓冲层112上的活性层(也称为电子渡越层。)152。活性层152对应于第1实施方式中所述的发光元件100的氮化镓层120。晶体管150进一步具备活性层152上的电子供给层158、以及位于活性层152上并与活性层152及电子供给层158电连接的一对端子(第1端子154和第2端子156)。第1端子154和第2端子156也可以与活性层152接触,虽未图示但也可以介由电子供给层158与活性层152连接。晶体管150进一步具备栅极电极162,该栅极电极162与电子供给层158直接接触,或隔着任意的构成即栅极绝缘膜160设置在电子供给层158上。以下,对这些构成进行说明,但由于基板102、外涂层104、底涂层106、第1缓冲层110、第2缓冲层112的构成与第1实施方式的构成相同而将说明省略。

[0099] (1)活性层和电子供给层

[0100] 通过活性层152和电子供给层158的层叠,在晶体管150的驱动时形成源极/漏极电流的路径。活性层152和电子供给层158含有13族元素和15族元素。例如,活性层152和电子供给层158可以分别含有无掺杂氮化镓和n型氮化铝镓。或者,活性层152和电子供给层158

也可以分别含有无掺杂砷化镓(GaAs)和n型砷化铝镓(AlGaAs)。活性层152采用溅射法以与第2缓冲层112接触的方式设置在第2缓冲层112上。因此,不要求如采用MOCVD的外延生长所需那样的高温下的成膜,即使使用包含非晶质玻璃的基板102也能够形成活性层152和电子供给层158。此外,活性层152和电子供给层158通过作为其基底起作用的第2缓冲层112而促进向c轴向的结晶化。另外,如第1实施方式中所述的那样,由于不将第2缓冲层112直接设置在晶格失配大的基板102上,而设置在用于缓和晶格失配的第1缓冲层110上,因此c轴取向性高。所以,由于第2缓冲层112也具备高的c轴取向性,因此即使采用溅射法形成活性层152和电子供给层158,也可在这些层中实现高的c轴取向。其结果是,能够提供具有高的场迁移率的晶体管。

[0101] (2)第1端子、第2端子、栅极绝缘膜及栅极电极

[0102] 第1端子154、第2端子156及栅极电极162含有铝、金、银、钽、钼、钛、铜等金属、或者含有包含一种或多种上述金属的合金。为任意构成的栅极绝缘膜160例如含有氧化硅及氮化硅等含硅无机化合物、或者含有硅酸铪、硅酸锆、氧化铪、氧化锆等所谓high-K材料。形成这些构成的方法没有限制,能够适宜采用真空蒸镀法及电子束蒸镀法、CVD法、溅射法。其中,通过采用成膜速度快的溅射法及电子束蒸镀法,能够高效率地形成第1端子154、第2端子156、栅极绝缘膜160及栅极电极162。

[0103] 2.金属绝缘膜场效应型晶体管

[0104] 本实施方式涉及的晶体管也可以是所谓金属绝缘膜场效应型晶体管(MISFET)。例如,如图5B所示的晶体管170那样,也可以不设置电子供给层158,而通过层叠包含p型氮化镓层的第1活性层152-1以及位于第1活性层152-1上、且含有i型或n型氮化镓的第2活性层152-2来构成活性层152。第2活性层152-2可以以在第1活性层152-1上形成源极区域和漏极区域的方式,分别分开地设置在第1活性层152-1与第1端子154之间以及第1活性层152-1与第2端子156之间。

[0105] 在晶体管170中,左右其特性的活性层152也被设置在第2缓冲层112上,该第2缓冲层112设置在用于缓和基板102和第2缓冲层112间的晶格常数失配的第1缓冲层110上。因此,在通过第1缓冲层110提高了c轴向的取向性的第2缓冲层112上可促进活性层152的c轴取向,其结果是,活性层152具有高的结晶性。由此,晶体管170能够具有高的场迁移率。

[0106] 作为本发明的实施方式的上述各实施方式可在不相互矛盾的范围内通过适宜组合来实施。此外,以各实施方式的显示装置为基础,本领域技术人员可适宜进行构成要素的追加、删除或设计变更、或者进行工序的追加、省略或条件变更,这些变更只要具备本发明的主旨,就包含在本发明的范围内。

[0107] 即使是与通过上述的各实施方式的形态所带来的作用效果不相同的其它作用效果,对于可从本说明书的记载中弄清楚的作用效果、或者本领域技术人员容易预测的作用效果,当然也应理解为通过本发明所带来的作用效果。

[0108] 符号说明

[0109] 100:发光元件、102:基板、104:外涂层、106:底涂层、110:第1缓冲层、112:第2缓冲层、114:第3缓冲层、116:第4缓冲层、120:氮化镓层、122:n型包覆层、124:发光层、126:p型包覆层、128:阳极、130:阴极、140:保护膜、150:晶体管、152:活性层、152-1:第1活性层、152-2:第2活性层、154:第1端子、156:第2端子、158:电子供给层、160:栅极绝缘膜、162:栅

极电极、170:晶体管。

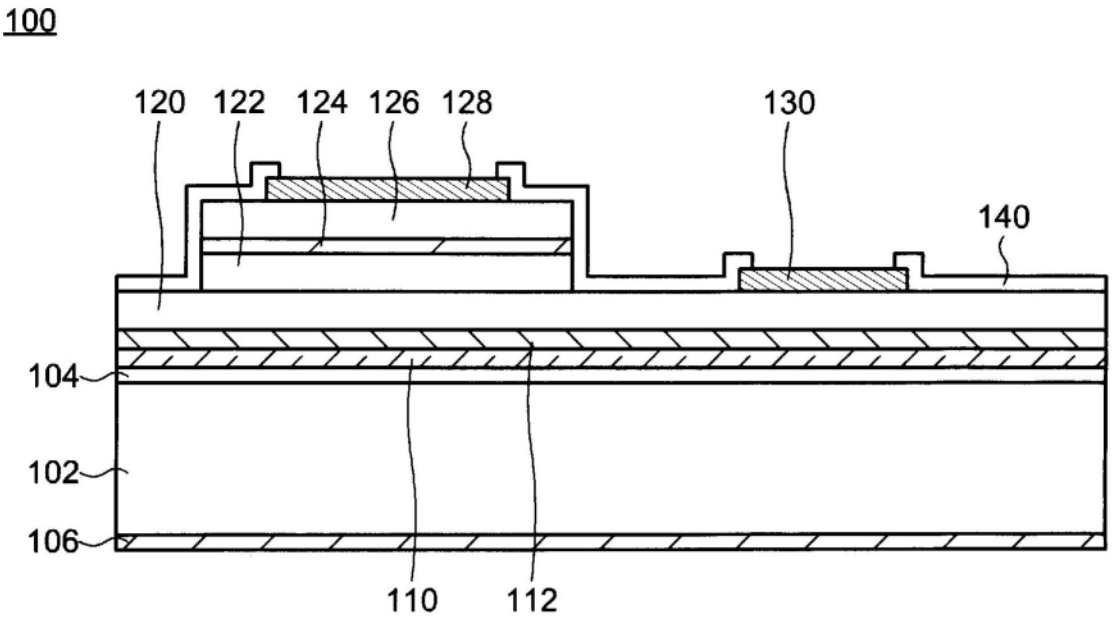

100
120
122
124
126
128
130
140
104
102
106
110
112

图1A

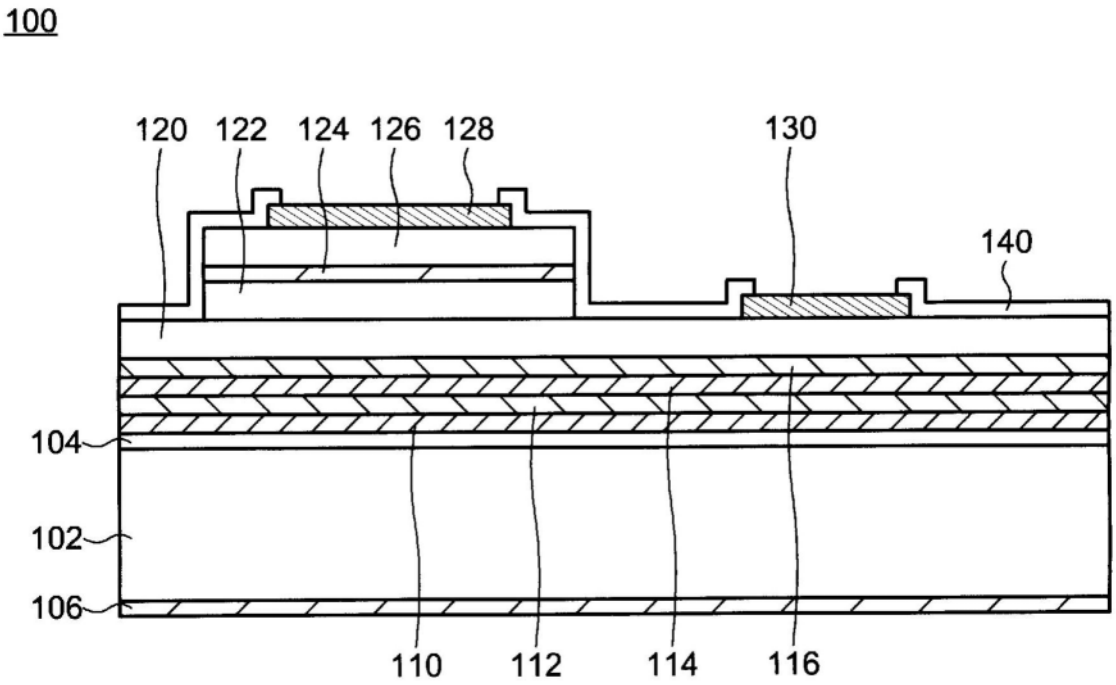

100
120
122
124
126
128
130
140
104
102
106
110
112
114
116

图1B

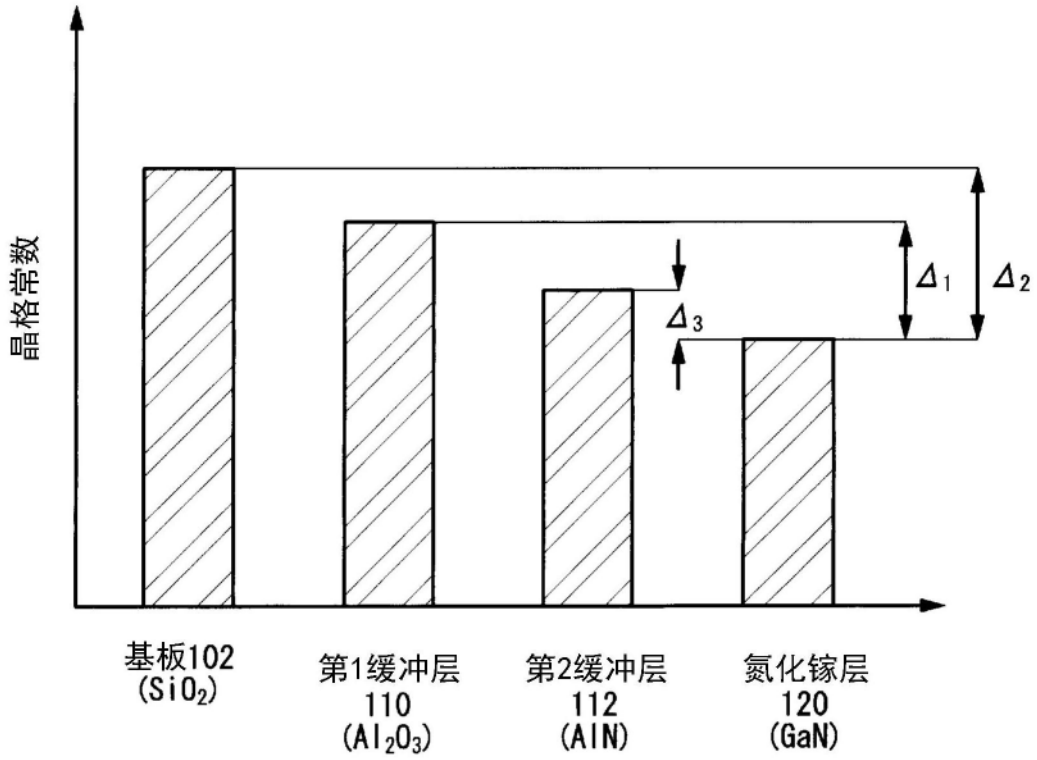

晶格常数
Δ1
Δ2
Δ3
基板102
(SiO2)
第1缓冲层
110
(Al2O3)
第2缓冲层
112
(AlN)
氮化镓层
120
(GaN)

图2

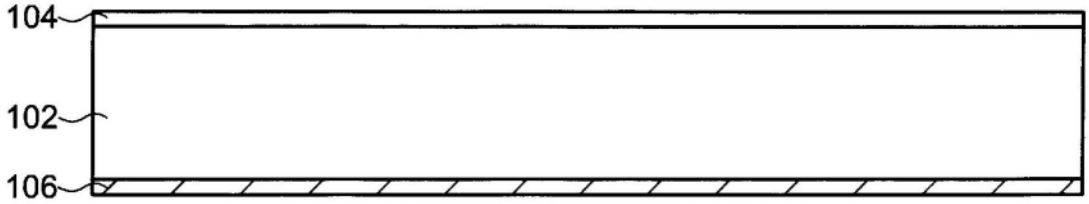

104
102
106

图3A

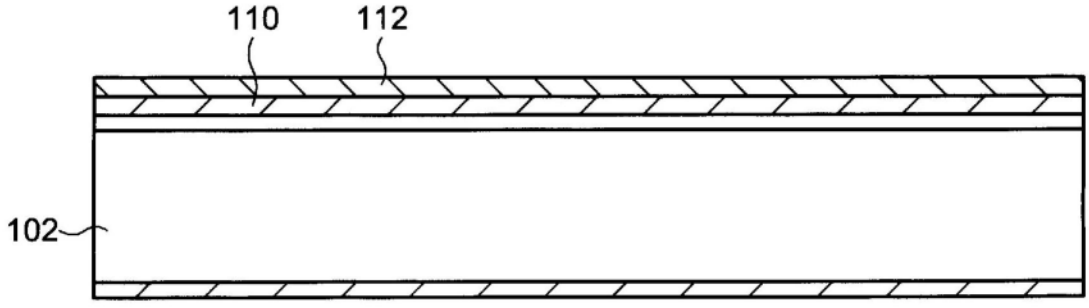

110
112
102

图3B

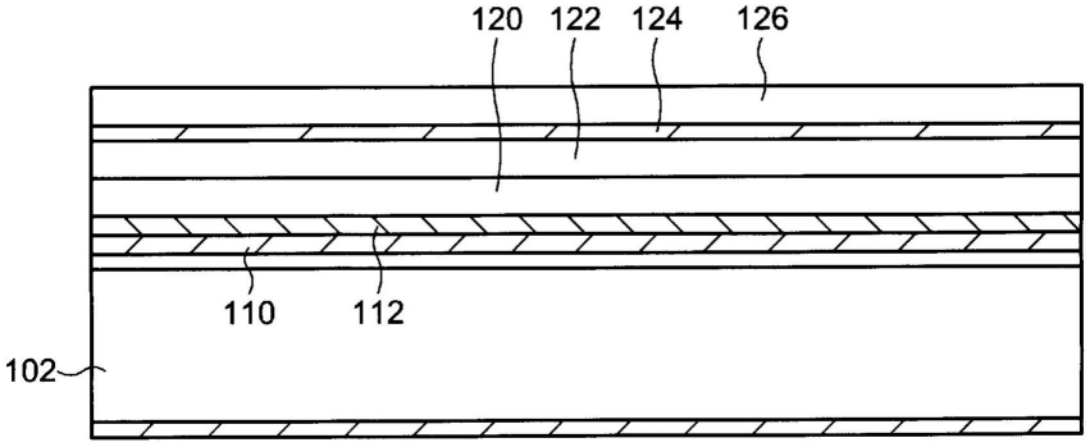

120
122
124
126
110
112
102

图3C

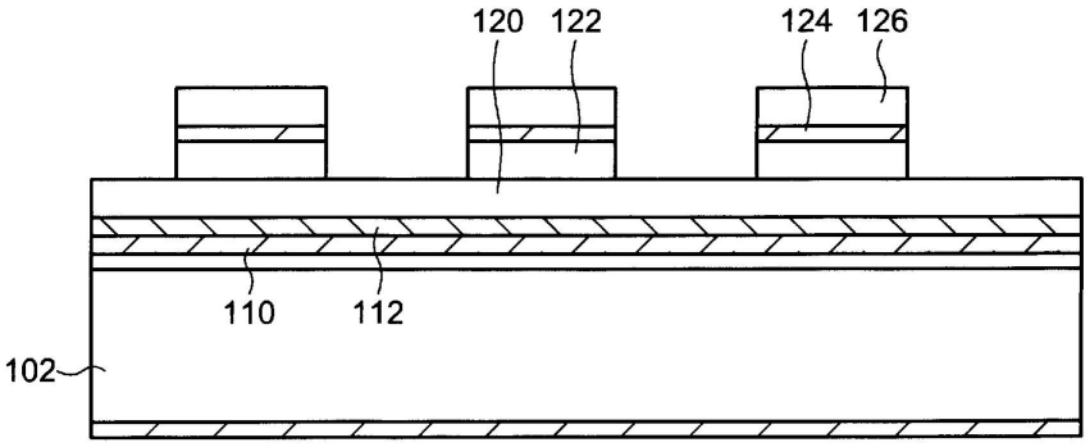

120
122
124
126
110
112
102

图4A

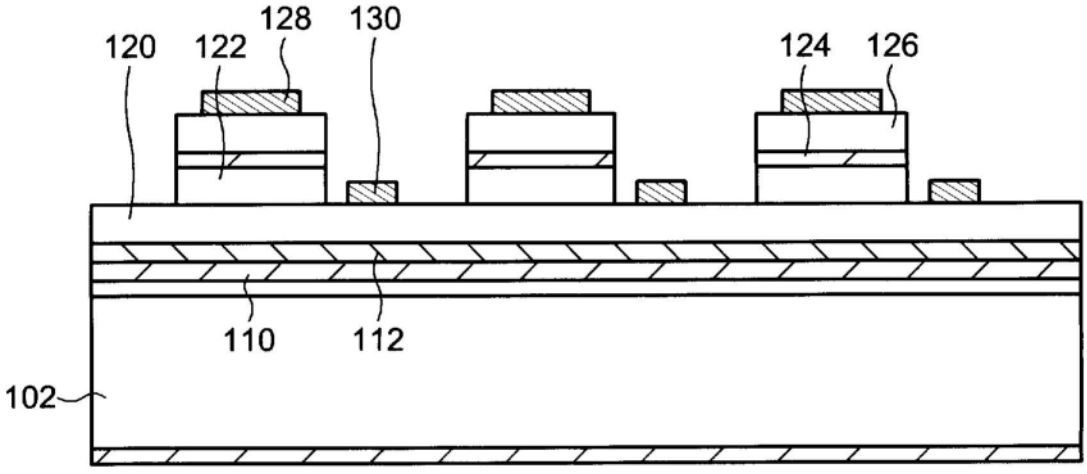

128
130
120
122
124
126
110
112
102

图4B

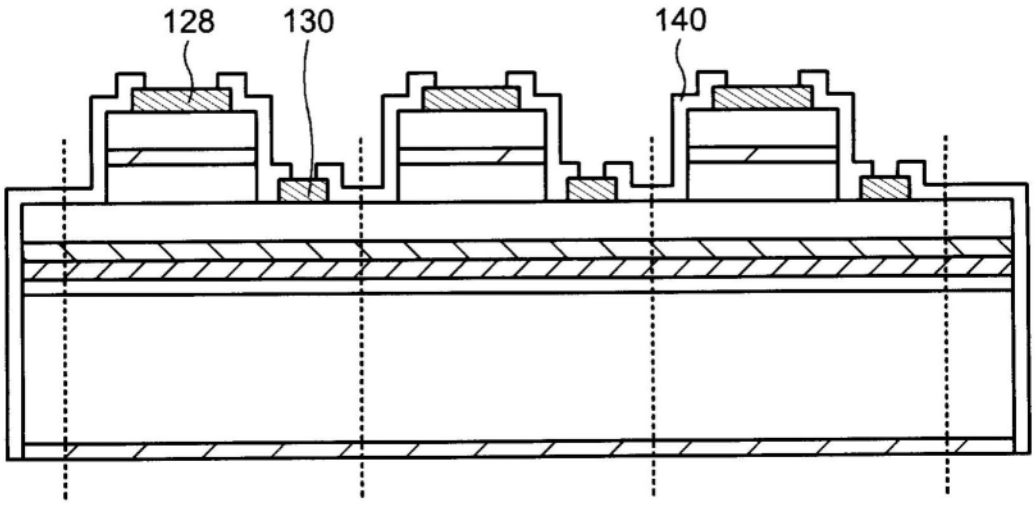


图4C

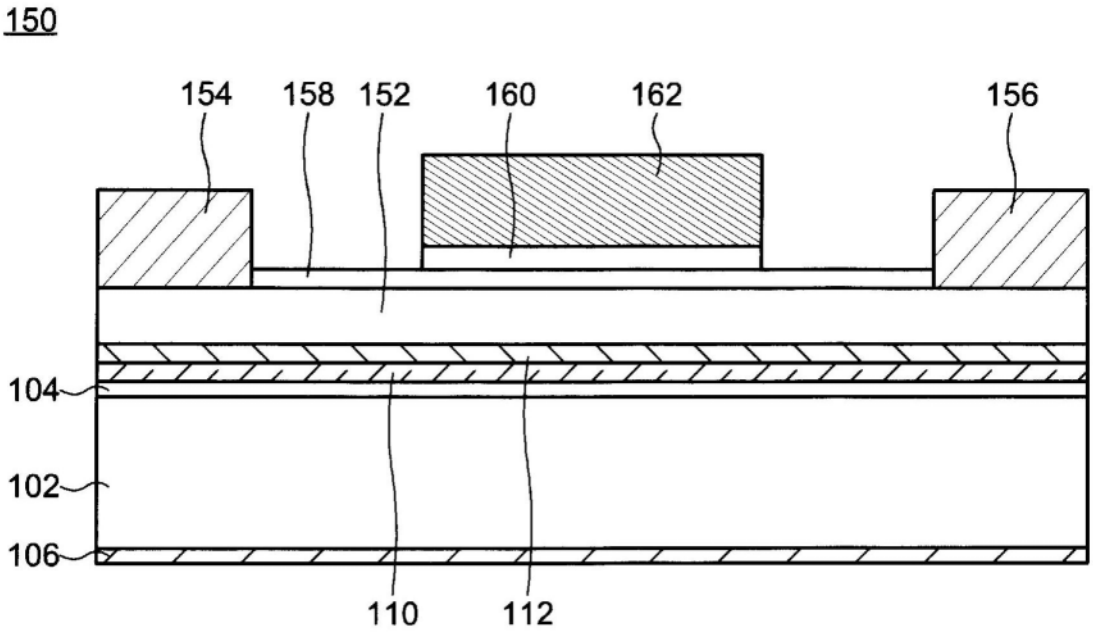


图5A

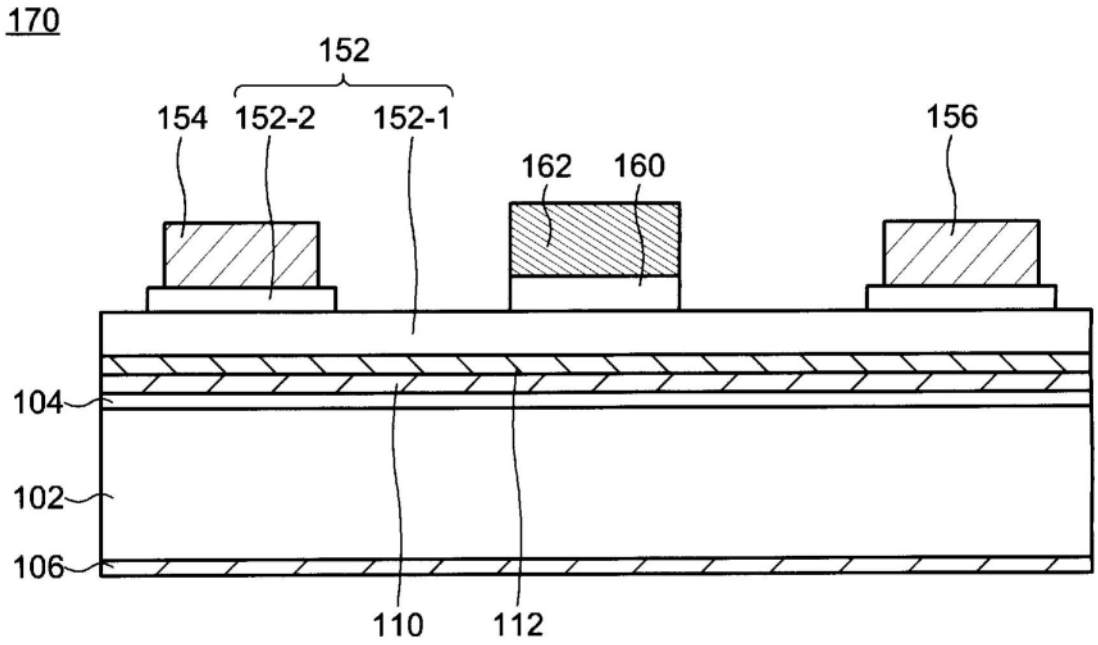


图5B