



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105264644 B

(45)授权公告日 2018.07.03

(21)申请号 201480031035.X

(22)申请日 2014.05.02

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105264644 A

(43)申请公布日 2016.01.20

(30)优先权数据

2013-116208 2013.05.31 JP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2015.11.30

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2014/002405 2014.05.02

(87)PCT国际申请的公布数据

W02014/192228 JA 2014.12.04

(73)专利权人 三星电气株式会社

地址 日本埼玉县

专利权人 信越半导体股份有限公司

(72)发明人 鹿内洋志 佐藤宪 后藤博一

篠宫胜 土屋庆太郎 萩本和德

(74)专利代理机构 隆天知识产权代理有限公司

72003

代理人 张永康 李英艳

(51)Int.Cl.

H01L 21/20(2006.01)

H01L 21/205(2006.01)

H01L 21/336(2006.01)

H01L 21/338(2006.01)

H01L 29/778(2006.01)

H01L 29/78(2006.01)

H01L 29/812(2006.01)

(56)对比文件

US 2002/0179910 A1, 2002.12.05, 说明书第0033段、第0044段、第0047段、第0052段至第0056段, 附图3.

JP 平-80200 A, 1991.04.04, 全文.

JP 特开2000-174034 A, 2000.06.23, 全文.

JP 特开2013-84913 A, 2013.05.09, 全文.

CN 1590600 A, 2005.03.09, 全文.

JP 特开2010-153817 A, 2010.07.08, 全文.

审查员 张志芳

权利要求书2页 说明书8页 附图3页

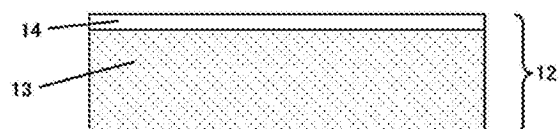
(54)发明名称

硅系基板、半导体装置及半导体装置的制造方法

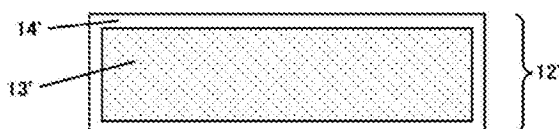
(57)摘要

本发明是一种硅系基板,其用以在表面形成氮化物系化合物半导体层,其特征在于,其具有:第一部分,该第一部分具有第一杂质浓度且位于所述硅系基板的表面侧;及,第二部分,该第二部分具有比前述第一杂质浓度高的第二杂质浓度,且位于所述硅系基板的比前述第一部分更内侧处;并且,前述第一杂质浓度是 1×10^{14} 原子/ cm^3 以上且未满足 1×10^{19} 原子/ cm^3 。由此,提供一种硅系基板,其可改善基板的翘曲,并良好地维持形成于上层的氮化物系化合物半导体层的结晶性。

(a)



(b)



1. 一种硅基板,其用以在表面形成氮化物系化合物半导体层,其特征在于,其具有:
第一部分,该第一部分具有第一杂质浓度且位于所述硅基板的表面侧;及,
第二部分,该第二部分具有比前述第一杂质浓度高的第二杂质浓度,且位于前述硅基板的比前述第一部分更内侧处;
并且,前述第一杂质浓度是 1×10^{14} 原子/cm³以上且未满足 1×10^{19} 原子/cm³;
并且,前述第一部分的厚度是1μm以上且10μm以下,前述第一部分的厚度比前述第二部分的厚度薄,且前述第一杂质浓度具有自前述第二部分向前述第一部分的表面逐渐减少的浓度梯度。
2. 如权利要求1所述的硅基板,其中,前述第二杂质浓度是 1×10^{19} 原子/cm³以上且 1×10^{20} 原子/cm³以下。
3. 如权利要求1或2所述的硅基板,其中,前述杂质是硼、磷、铝、镓、砷、氮、氧、碳中的任一种以上。
4. 一种半导体装置,其特征在于,其具有:
硅基板,该硅基板具有:第一部分,该第一部分具有第一杂质浓度且位于所述硅基板的表面侧,及,第二部分,该第二部分具有比前述第一杂质浓度高的第二杂质浓度,且位于所述硅基板的比前述第一部分更内侧处;
氮化物系化合物半导体层,该氮化物系化合物半导体层以接触前述硅基板的表面的方式而形成;及,
电极,该电极形成于前述氮化物系化合物半导体层的与前述硅基板为反对侧的面上;
并且,前述第一部分具有1μm以上且10μm以下的厚度,
前述第一杂质浓度向表面逐渐减少,并且,前述硅基板的表面中的前述第一杂质浓度是 1×10^{14} 原子/cm³以上且未满足 1×10^{19} 原子/cm³。
5. 如权利要求4所述的半导体装置,其中,前述第二杂质浓度是 1×10^{19} 原子/cm³以上且 1×10^{20} 原子/cm³以下。
6. 如权利要求4或5所述的半导体装置,其中,前述杂质是硼、磷、铝、镓、砷、氮、氧、碳中的任一种以上。
7. 一种半导体装置的制造方法,其特征在于,其具有下述工序:
制作硅基板的工序,所述硅基板具有:第一部分,该第一部分具有第一杂质浓度且位于所述硅基板的表面侧;及,第二部分,该第二部分具有比前述第一杂质浓度高的第二杂质浓度,且位于所述硅基板的比前述第一部分更内侧处;并且,前述第一杂质浓度是 1×10^{14} 原子/cm³以上且未满足 1×10^{19} 原子/cm³,前述第二部分的厚度比前述第一部分的厚度厚;以及,
形成氮化物系化合物半导体层的工序,所述氮化物系化合物半导体层位于前述硅基板的表面;
并且,将前述第一部分的厚度设为1μm以上且10μm以下,前述第一杂质浓度具有自前述第二部分向前述第一部分的表面逐渐减少的浓度梯度。
8. 如权利要求7所述的半导体装置的制造方法,其中,将前述第二杂质浓度设为 1×10^{19} 原子/cm³以上且 1×10^{20} 原子/cm³以下。
9. 如权利要求7所述的半导体装置的制造方法,其中,前述制作硅基板的工序包括:
准备硅基板的阶段,所述硅基板整体具有前述第二杂质浓度;及,

形成硅半导体层的阶段,所述硅半导体层是通过外延成长而形成在该硅基板上,且所述硅半导体层具有前述第一杂质浓度。

10. 如权利要求8所述的半导体装置的制造方法,其中,前述制作硅基板的工序包括:准备硅基板的阶段,所述硅基板整体具有前述第二杂质浓度;及,

形成硅半导体层的阶段,所述硅半导体层是通过外延成长而形成在该硅基板上,且所述硅半导体层具有前述第一杂质浓度。

11. 如权利要求7所述的半导体装置的制造方法,其中,前述制作硅基板的工序包括:准备硅基板的阶段,所述硅基板整体具有前述第二杂质浓度;及,通过将该硅基板热处理,使基板表面的杂质向外扩散的阶段。

12. 如权利要求8所述的半导体装置的制造方法,其中,前述制作硅基板的工序包括:准备硅基板的阶段,所述硅基板整体具有前述第二杂质浓度;及,通过将该硅基板热处理,使基板表面的杂质向外扩散的阶段。

13. 如权利要求7至12中的任一项所述的半导体装置的制造方法,其中,使用硼、磷、铝、镓、砷、氮、氧、碳中的任一种以上来作为前述杂质。

硅系基板、半导体装置及半导体装置的制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种硅系基板、半导体装置及半导体装置的制造方法,特别是涉及一种硅系基板、使用此硅系基板的半导体装置、及此半导体装置的制造方法,所述硅系基板用以在其上形成氮化物系化合物半导体层。

背景技术

[0002] 氮化物系化合物半导体层,一般形成于廉价的硅基板或蓝宝石基板上,但在硅基板上成长厚的Ⅲ族(ⅢA族)氮化物半导体层的工序中,会因为施加在硅基板上的应力,滑移位错或缺陷等会被导入硅基板中。其结果,由于这些滑移位错或缺陷等,会产生所制作的基板的翘曲不安定这样的问题。

[0003] 作为改善此基板的翘曲问题的手段,有将硅基板的厚度加厚的方法。然而,一般可制作出来的基板的厚度是1mm程度。制作在这厚度以上的厚度的基板,会因为基板的制作工序或在制作器件的生产线所使用的装置或治具等的限制而是困难的。

[0004] 作为其它手段,考虑了提高硅基板的强度。作为此种方法,有下述报告:例如,若使硅基板中的硼浓度为 1×10^{19} 原子/ cm^3 (atoms/ cm^3) 以上,则硅基板的强度会增加(参照专利文献1)。

[0005] 进一步,在专利文献2中,公开了一种通过控制硅基板中的氧浓度来减低硅基板的翘曲的技术。

[0006] [现有技术文献]

[0007] (专利文献)

[0008] 专利文献1:日本特开2010-153817号公报;

[0009] 专利文献2:日本特开2011-103380号公报。

发明内容

[0010] [发明所要解决的课题]

[0011] 如上所述,针对要形成氮化物系化合物半导体层于其上的基板,已有改善该翘曲的提案。

[0012] 然而,发明人发现了有以下的问题点。

[0013] 即,如专利文献1所公开的,若提高硅基板中的硼浓度,则会产生已成长于硅基板上的氮化物系化合物半导体层的结晶性变差这样的问题。

[0014] 图3是表示基板的翘曲量(最大值)和上层的氮化物系化合物半导体层的结晶性与基板的杂质浓度的关系的图表。如图3所示,对于基板的杂质浓度,基板的翘曲量(最大值)与上层的氮化物系化合物半导体层的结晶性,展示了完全相反的特性。

[0015] 即,若提高基板的杂质浓度,则基板的翘曲量(最大值)会减低,但另一方面,上层的氮化物系化合物半导体层的结晶性会变差。相反地,若降低基板的杂质浓度,则上层的氮化物系化合物半导体层的结晶性会变好,但另一方面,基板的翘曲量(最大值)会增大。

[0016] 又,如专利文献2所公开的,若欲控制硅基板中的氧浓度,则有必要使用具有特定范围的氧浓度的硅基板,而有材料成本变高这样的问题。再者,在此方法中,翘曲的改善并不充分。

[0017] 本发明是有鉴于上述问题点而完成的,其目的在于,提供一种硅系基板、半导体装置及半导体装置的制造方法,可以改善基板的翘曲,并良好地维持形成于上层的氮化物系化合物半导体层的结晶性。

[0018] [解决课题的方法]

[0019] 为了达成上述目的,本发明提供一种硅系基板,其用以在表面形成氮化物系化合物半导体层的硅系基板,其特征在于,其具有:第一部分,该第一部分具有第一杂质浓度且位于所述硅系基板的表面侧;及,第二部分,该第二部分具有比前述第一杂质浓度高的第二杂质浓度,且位于所述硅系基板的比前述第一部分更内侧处;并且,前述第一杂质浓度是 1×10^{14} 原子/ cm^3 以上且未满足 1×10^{19} 原子/ cm^3 。

[0020] 如此,利用硅系基板的表面侧的第一部分的杂质浓度比硅系基板的内侧的第二部分低,且此第一部分的杂质浓度是 1×10^{14} 原子/ cm^3 以上且未满足 1×10^{19} 原子/ cm^3 ,可良好地维持形成于其上层的氮化物系化合物半导体层的结晶性,并且,由于内侧的第二部分的杂质浓度高,因此可改善在形成氮化物系化合物半导体层时所发生的硅系基板的翘曲。

[0021] 此处,优选为前述第二杂质浓度是 1×10^{19} 原子/ cm^3 以上且 1×10^{20} 原子/ cm^3 以下。

[0022] 如此,利用硅系基板的内侧的第二部分的杂质浓度是 1×10^{19} 原子/ cm^3 以上且 1×10^{20} 原子/ cm^3 以下,可更有效地改善硅系基板的翘曲。

[0023] 又,优选为前述第一部分的厚度是 $1\mu\text{m}$ 以上且 $10\mu\text{m}$ 以下,前述第一部分的厚度比前述第二部分的厚度薄。

[0024] 如此,若硅系基板的表面侧的第一部分的厚度是 $1\mu\text{m}$ 以上且 $10\mu\text{m}$ 以下,即使在其上层形成氮化物系化合物半导体层时,也不会因为来自硅系基板的内侧的第二部分的杂质扩散而使硅系基板的表面的杂质浓度变高,因此可确实地使形成于其上层的氮化物系化合物半导体层的结晶性良好。

[0025] 进一步,利用第一部分的厚度比第二部分的厚度薄,可充分确保第二部分的厚度,而可确实地改善硅系基板的翘曲。

[0026] 此处,前述杂质可以是硼、磷、铝、镓、砷、氮、氧、碳中的任一种以上。

[0027] 作为掺杂于硅系基板的杂质,可适宜地使用如上所述的元素,而可确实地提高基板的强度。

[0028] 又,为了达成上述目的,提供了一种半导体装置,其特征在于,其具有:硅系基板,该硅系基板具有:第一部分,该第一部分具有第一杂质浓度且位于所述硅系基板的表面侧,及,第二部分,该第二部分具有比前述第一杂质浓度高的第二杂质浓度,且位于所述硅系基板的比前述第一部分更内侧处;氮化物系化合物半导体层,该氮化物系化合物半导体层以接触前述硅系基板的表面的方式而形成;及,电极,该电极形成于前述氮化物系化合物半导体层的与前述硅系基板为反对侧的面上,并且,前述第一部分具有 $1\mu\text{m}$ 以上且 $10\mu\text{m}$ 以下的厚度,前述第一杂质浓度向表面逐渐减少,并且,前述硅系基板的表面中的前述第一杂质浓度是 1×10^{14} 原子/ cm^3 以上且未满足 1×10^{19} 原子/ cm^3 。

[0029] 如此,利用硅系基板的表面侧的第一部分的杂质浓度比硅系基板的内侧的第二部

分低,此第一部分具有 $1\mu\text{m}$ 以上且 $10\mu\text{m}$ 以下的厚度,此第一部分的杂质浓度向表面逐渐减少,此第一部分的杂质浓度是 1×10^{14} 原子/ cm^3 以上且未满足 1×10^{19} 原子/ cm^3 ,可良好地维持形成于其上层的氮化物系化合物半导体层的结晶性,并且,由于内侧的第二部分的杂质浓度高,因此可改善在形成氮化物系化合物半导体时所发生的硅系基板的翘曲。

[0030] 此处,优选为前述第二杂质浓度是 1×10^{19} 原子/ cm^3 以上且 1×10^{20} 原子/ cm^3 以下。

[0031] 如此,利用硅系基板的内侧的第二部分的杂质浓度是 1×10^{19} 原子/ cm^3 以上且 1×10^{20} 原子/ cm^3 以下,可更确实地提高基板强度,而可更有效地改善硅系基板的翘曲。

[0032] 又,前述杂质可以是硼、磷、铝、镓、砷、氮、氧、碳中的任一种以上。

[0033] 作为掺杂于硅系基板的杂质,可适宜地使用如上所述的元素。

[0034] 进一步,为了达成上述目的,提供了一种半导体装置的制造方法,其具有下述工序:制作硅系基板的工序,所述硅系基板具有:第一部分,该第一部分具有第一杂质浓度且位于所述硅系基板的表面侧;及,第二部分,该第二部分具有比前述第一杂质浓度高的第二杂质浓度,且位于所述硅系基板的比前述第一部分更内侧处;并且,前述第一杂质浓度是 1×10^{14} 原子/ cm^3 以上且未满足 1×10^{19} 原子/ cm^3 ,前述第二部分的厚度比前述第一部分的厚度厚;以及,形成氮化物系化合物半导体层的工序,所述氮化物系化合物半导体层位于前述硅系基板的表面。

[0035] 通过这样的方法,可制造前述本发明的半导体装置。特别是,由于具有在硅系基板的表面形成氮化物系化合物半导体层的工序,通过形成氮化物系化合物半导体层时的热历程,杂质会由硅系基板的内侧的第二部分热扩散至硅系基板的表面侧的第一部分,因此前述第一杂质浓度会变成向表面逐渐减少。

[0036] 此处,优选为将前述第二杂质浓度设为 1×10^{19} 原子/ cm^3 以上且 1×10^{20} 原子/ cm^3 以下。

[0037] 如此,利用将硅系基板内侧的第二部分设为 1×10^{19} 原子/ cm^3 以上且 1×10^{20} 原子/ cm^3 以下,可更确实地提高基板强度,而可更有效地改善硅系基板的翘曲。

[0038] 又,前述制作硅系基板的工序可包括:准备硅系基板的阶段,所述硅系基板整体具有前述第二杂质浓度;及,形成硅系半导体层的阶段,所述硅系半导体层是通过外延成长而形成在该硅系基板上,且所述硅系半导体层具有前述第一杂质浓度。

[0039] 通过这样的方法,可适宜地制作一种硅系基板,此硅系基板具有:第一部分,该第一部分具有第一杂质浓度且位于所述硅系基板的表面侧;及,第二部分,该第二部分具有第二杂质浓度且位于所述硅系基板的内侧。

[0040] 进一步,前述制作硅系基板的工序包括:准备硅系基板的阶段,所述硅系基板整体具有前述第二杂质浓度;及,通过将该硅系基板热处理,使基板表面的杂质向外扩散的阶段。

[0041] 通过这样的方法,可适宜地制作一种硅系基板,此硅系基板具有:第一部分,该第一部分具有第一杂质浓度且位于所述硅系基板的表面侧;及,第二部分,该第二部分具有第二杂质浓度且位于所述硅系基板的内侧。

[0042] 又,优选为将前述第一部分的厚度设为 $1\mu\text{m}$ 以上且 $10\mu\text{m}$ 以下。

[0043] 如此,利用将硅系基板的表面侧的第一部分的厚度设为 $1\mu\text{m}$ 以上且 $10\mu\text{m}$ 以下,在形成氮化物系化合物半导体层时,不会因为来自硅系基板的内侧的第二部分的杂质热扩散而

使硅系基板的表面的杂质浓度变高,因此可确实地使氮化物系化合物半导体层的结晶性良好。

[0044] 此处,优选为使用硼、磷、铝、镓、砷、氮、氧、碳中的任一种以上来作为前述杂质。

[0045] 作为掺杂于硅系基板的杂质,可适宜地使用如上所述的元素。

[0046] [发明的效果]

[0047] 如上所述,若通过本发明,则可提供一种硅系基板,其能够改善基板的翘曲,并良好地维持形成于上层的氮化物系化合物半导体层的结晶性;且可提供一种使用此硅系基板的半导体装置、及此半导体装置的制造方法。

附图说明

[0048] 图1是显示本发明的硅系基板的实施方案的一个实例的概要剖面图。

[0049] 图2是显示本发明的半导体装置的实施方案的一个实例的概要剖面图。

[0050] 图3是表示基板的翘曲量和上层的半导体层的结晶性与基板的杂质浓度的关系的图表。

[0051] 图4是显示基板的翘曲量的定义的图。

具体实施方式

[0052] 以下,针对本发明,作为实施方案的一个实例,一边参照附图一边详细地说明,但本发明并不限于此实施方案。

[0053] 如上所述,若为了改善硅基板的翘曲而提高硅基板中的硼浓度,则会有成长于硅基板上的氮化物系化合物半导体层的结晶性变差这样的问题。

[0054] 因此,本案发明人针对可以改善基板的翘曲,并良好地维持形成于上层的氮化物系化合物半导体层的结晶性的硅系基板,深入地进行研究。

[0055] 其结果,发现了以下的技术而完成本发明,即,利用使硅系基板的表面侧的第一部分的杂质浓度比硅系基板的内侧的第二部分低,并将此第一部分的杂质浓度设为 1×10^{14} 原子/ cm^3 以上且未满足 1×10^{19} 原子/ cm^3 ,可良好地维持形成于其上层的氮化物系化合物半导体层的结晶性,并且由于内侧的第二部分的杂质浓度高,因此可改善在形成氮化物系化合物半导体层时所发生的硅系基板的翘曲。

[0056] 图1是显示本发明的硅系基板的一例的概要剖面图。

[0057] 图1(a)显示了在整体具有第二杂质浓度的硅系基板上,通过外延成长来形成具有第一杂质浓度的硅系半导体层时的硅系基板。

[0058] 图1(b)显示了通过热处理来使基板表面的杂质向外扩散以形成整体具有第二杂质浓度的硅系基板时的硅系基板。

[0059] 首先,针对图1(a)的硅系基板来说明。

[0060] 如图1(a)所示,硅系基板12具有表面侧的第一部分14与比第一部分14位于更内侧的第二部分13。第一部分14仅设置于硅系基板12的单侧(在图中,仅顶面侧,也就是形成氮化物系化合物半导体层的一侧)。

[0061] 此处,硅系基板12是由例如Si(硅)或SiC(碳化硅)所构成。

[0062] 第一部分14的杂质浓度是 1×10^{14} 原子/ cm^3 以上且未满足 1×10^{19} 原子/ cm^3 。

[0063] 若杂质浓度是未满足 1×10^{19} 原子/cm³,则可良好地维持形成于其上层的氮化物系化合物半导体层的结晶性。

[0064] 又,若杂质浓度是 1×10^{14} 原子/cm³以上,则可轻易地控制杂质浓度。

[0065] 第一部分14的杂质浓度比第二部分13的杂质浓度低。即,第二部分13的杂质浓度比第一部分14的杂质浓度高。由此,可提高硅系基板12的强度,并可减低硅系基板12的翘曲。

[0066] 第二部分13的杂质浓度,优选为 1×10^{19} 原子/cm³以上且 1×10^{20} 原子/cm³以下。利用杂质浓度是 1×10^{19} 原子/cm³以上,可更有效地改善硅系基板的翘曲。又,利用杂质浓度是 1×10^{20} 原子/cm³以下,可良好地维持硅系基板12的结晶性,由此,可良好地维持形成于其上层的氮化物系化合物半导体层的结晶性。

[0067] 又,优选为第一部分14的厚度是1 μ m以上且10 μ m以下,第一部分14的厚度比第二部分13的厚度薄。

[0068] 若第一部分14的厚度是1 μ m以上,即使在其上层形成氮化物系化合物半导体层时,也不会因为来自硅系基板的内侧的第二部分的杂质扩散而使硅系基板的表面的杂质浓度变高,因此可确实地使形成于其上层的氮化物系化合物半导体层的结晶性良好。

[0069] 又,若第一部分14的厚度是10 μ m以下,则硅系基板12的厚度不会成为必要以上的厚度。

[0070] 进一步,利用第一部分14的厚度比第二部分13的厚度薄,可确实地改善硅系基板12的翘曲。

[0071] 此处,掺杂于硅系基板12中的杂质,例如可以是硼、磷、铝、镓、砷、氮、氧、碳中的一种以上。

[0072] 作为掺杂于硅系基板12中的杂质,可适宜地使用如上所述的元素。

[0073] 其次,针对图1 (b) 的硅系基板来说明。

[0074] 图1 (b) 所示的硅系基板12' 与图1 (a) 所示的硅系基板12相似,但表面侧的第一部分14' 是设置于硅系基板12' 的全部表面(即,顶面、底面以及侧面)这点不同。

[0075] 这是因为通过热处理所导致的向外扩散以形成第一部分14' 的缘故。并且,基板的主体部成为第二部分13' 。

[0076] 其次,针对使用本发明的硅系基板的半导体装置来说明。

[0077] 图2是显示本发明的半导体装置的一例的概要剖面图。

[0078] 图2所示的本发明的半导体装置11具有:图1 (a) 的硅系基板12、设置于硅系基板12上的初始层15、设置于初始层15上的缓冲层16、及设置于缓冲层16上的有源层22。

[0079] 有源层22具有信道层(channel layer) 19与设置于信道层19上的障壁层20。

[0080] 硅系基板12的表面侧的第一部分14,其杂质浓度比硅系基板的内侧的第二部分13的杂质浓度低,此第一部分具有1 μ m以上且10 μ m以下的厚度,此第一部分的杂质浓度向表面逐渐减少,此第一部分的杂质浓度是 1×10^{14} 原子/cm³以上且未满足 1×10^{19} 原子/cm³。

[0081] 半导体装置11,进一步具有设置于有源层22上的第一电极26、第二电极28、控制电极30。

[0082] 在半导体装置11中,第一电极26和第二电极28是以使电流从第一电极26经由形成于信道层19内的二次元电子气24而流至第二电极28的方式来配置。

[0083] 在第一电极26与第二电极28之间流动的电流,可通过施加于控制电极30上的电位来控制。

[0084] 进一步,缓冲层16具有由第一层17、与第一层17的组成不同的第二层18交互积层而成的多层结构。

[0085] 又,初始层15、缓冲层16、有源层22,构成氮化物系化合物半导体层25。

[0086] 并且,在上述说明中是使用图1(a)所示的硅系基板12来作为硅系基板,但也可使用图1(b)所示的硅系基板12'来作为硅系基板。

[0087] 在半导体装置11中,也可以改善基板的翘曲,并良好地维持形成于基板上层的氮化物系化合物半导体层的结晶性。

[0088] 其次,说明本发明的半导体装置的制造方法。

[0089] 首先,制作硅系基板。具体来说,制作图1(a)所示的硅系基板12或图1(b)所示的硅系基板12'。

[0090] 在制作图1(a)所示的硅系基板12的情况中,可通过例如下述工序来制作:通过CZ法(Czochralski method,柴氏法)等制作具有第二杂质浓度的单晶硅晶棒,将此单晶硅晶棒切片并对切片而成的晶圆实施表面加工,以准备整体具有第二杂质浓度的硅系基板,在此硅系基板上,外延成长硅系半导体层,所述硅系半导体层具有比第二杂质浓度低的第一杂质浓度。

[0091] 第一杂质浓度,可通过在外延成长中所导入的掺杂物气体的浓度来进行控制。又,第一部分14的厚度,可通过调整所成长的外延层的厚度来进行控制。

[0092] 在制作图1(b)所示的硅系基板12'的情况中,可通过下述工序来制作:准备与上述同样地制作的整体具有第二杂质浓度的硅系基板,利用将此硅系基板热处理,以使基板表面的杂质向外扩散。

[0093] 第一杂质浓度及第一部分14'的厚度,可通过调整向外扩散的热处理的温度与时间来进行控制。

[0094] 如上述,可制作一种硅系基板,所述硅系基板具有:第一部分,该第一部分具有第一杂质浓度且位于所述硅系基板的表面侧;及,第二部分,该第二部分具有比第一杂质浓度高的第二杂质浓度,且位于所述硅系基板的比前述第一部分更内侧处,并且,第一杂质浓度是 1×10^{14} 原子/cm³以上且未满足 1×10^{19} 原子/cm³,第二部分的厚度比第一部分的厚度厚。

[0095] 以下,针对使用硅系基板12来制造半导体装置的情况进行叙述,但在使用硅系基板12'的情况中也可同样地进行制造。

[0096] 其次,在硅系基板12上形成初始层15。具体来说,通过MOVPE(有机金属气相外延)法,使由AlN(氮化铝)所构成的初始层15成长10~300nm。

[0097] 其次,在初始层15上形成缓冲层16。具体来说,通过MOVPE法交互成长由AlN所构成的第一层17与由GaN(氮化镓)所构成的第二层18。第一层17的膜厚例如是3~7nm,第二层18的膜厚例如是2~7nm。将此交互成长例如重复1~15次。

[0098] 其次,在缓冲层16上形成有源层22。具体来说,在缓冲层16上通过MOVPE法依序成长由GaN所构成的信道层19、由AlGaN(氮化铝镓)所构成的障壁层20。信道层19的膜厚例如是1000~4000nm,障壁层20的膜厚例如是10~50nm。

[0099] 其次,在障壁层20上形成第一电极26、第二电极28及控制电极30。第一电极26和第

二电极28,可通过例如Ti/Al(钛/铝)的积层膜来形成;控制电极30,可通过例如由SiO(氧化硅)、SiN(氮化硅)等金属氧化物所构成的下层膜与由Ni(镍)、Au(金)、Mo(钼)、Pt(铂)等金属所构成的上层膜的积层膜来形成。

[0100] 通过上述的制造方法,可得到图2所示的半导体装置11。

[0101] [实施例]

[0102] 以下,显示实施例及比较例来进一步具体地说明本发明,但本发明并不限于这些例子。

[0103] (实施例1)

[0104] 使用第一部分14的硼浓度是 3×10^{18} 原子/cm³、第二部分13的硼浓度是 2×10^{19} 原子/cm³的硅基板12来作为硅系基板,并利用上述的制造方法来制作半导体装置。

[0105] 针对实施例1的半导体装置,测定上层的氮化物系化合物半导体层的结晶性与基板的翘曲量。

[0106] 并且,结晶性是通过XRD(X-ray Diffraction,X光衍射)的波峰波形的半高宽值(单位:arcsec)来测定。又,基板的翘曲量是如图4所示,将基板中央部的高度与基板最外缘的高度的差异,定义为翘曲量x。此处,在使氮化物系化合物半导体层位于上方的情况中,凸状翘曲是指如图4所示的以基板中央部变高的方式而翘曲。

[0107] 将测定结果显示于表1中。

[0108] (比较例1)

[0109] 与实施例1同样地制作半导体装置。但是,使用硼浓度是 2×10^{19} 原子/cm³的单层硅基板来作为硅系基板。

[0110] 针对比较例1的半导体装置,与实施例1同样地测定上层的氮化物系化合物半导体层的结晶性与基板的翘曲量。

[0111] 将测定结果显示于表1中。

[0112] (比较例2)

[0113] 与实施例1同样地制作半导体装置。但是,使用硼浓度是 3×10^{18} 原子/cm³的单层硅基板来作为硅系基板。

[0114] 针对比较例2的半导体装置,与实施例1同样地测定上层的氮化物系化合物半导体层的结晶性与基板的翘曲量。

[0115] 将测定结果显示于表1中。

[0116] [表1]

[0117]

	基板主体的 硼浓度 (原子/cm ³)	基板表面的 硼浓度 (原子/cm ³)	上层半导体层的 结晶性 (arcsec) *	基板的翘曲量
实施例 1	2×10^{19}	3×10^{18}	560	凸状, 10~50μm
比较例 1	2×10^{19}	2×10^{19}	700	凸状, 10~50μm
比较例 2	3×10^{18}	3×10^{18}	560	凸状, 10~200μm

[0118] * XRD(X光衍射)的波峰波形的半高宽值。

[0119] 由表1可知,基板中的整体硼浓度高的比较例1,其基板翘曲量的变动幅度减低,但另一方面,上层氮化物系化合物半导体层的结晶性则变差(XRD的半高宽值越大,表示结晶性越差)。

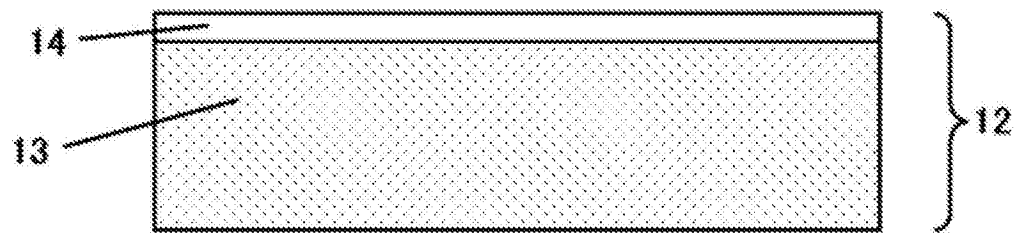
[0120] 又,基板中的整体硼浓度低的比较例2,其上层氮化物系化合物半导体层的结晶性良好,但另一方面,基板翘曲量的变动幅度变大。

[0121] 相对于上述,在实施例1中,使基板翘曲量的变动幅度减低,并良好地维持了上层氮化物系化合物半导体层的结晶性。

[0122] 若参照反映表1的结果的图3,可知在单层结构的比较例1及比较例2中,并无法同时达成减低基板翘曲量的变动幅度与提高上层氮化物系化合物半导体层的结晶性,但在实施例1中,则同时达成了减低基板的翘曲量的变动幅度及提高上层氮化物系化合物半导体层的结晶性。

[0123] 另外,本发明并不限于上述实施方式。上述实施方式为例示,具有与本发明的权利要求书所述的技术思想实质相同的结构并发挥相同作用效果的技术方案,均包含在本发明的技术范围内。

(a)



(b)

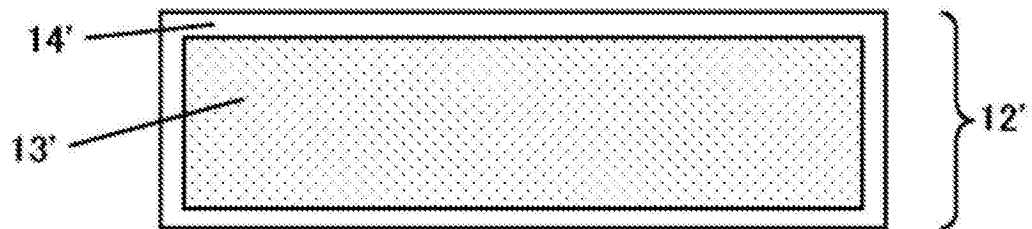


图1

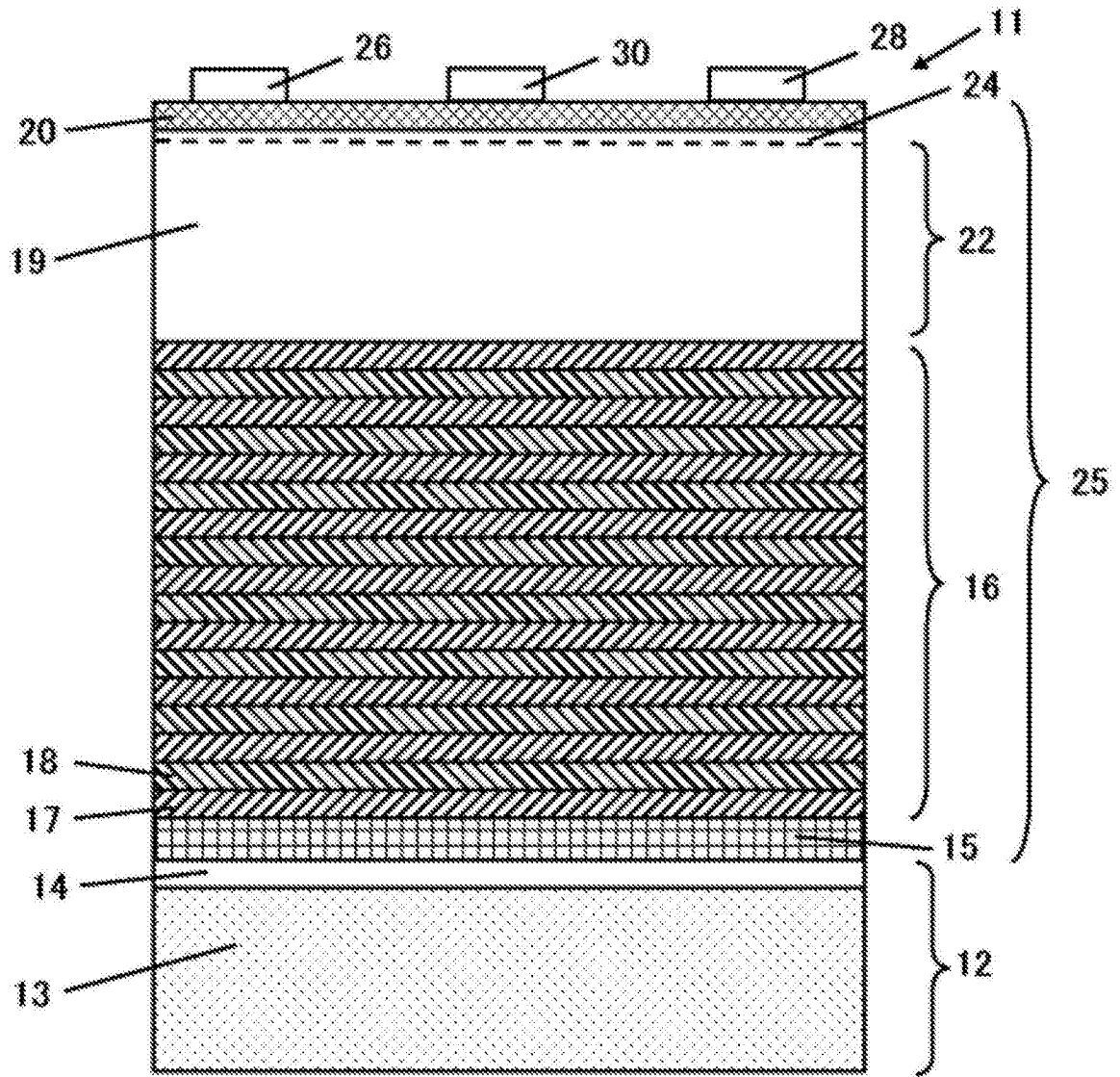


图2

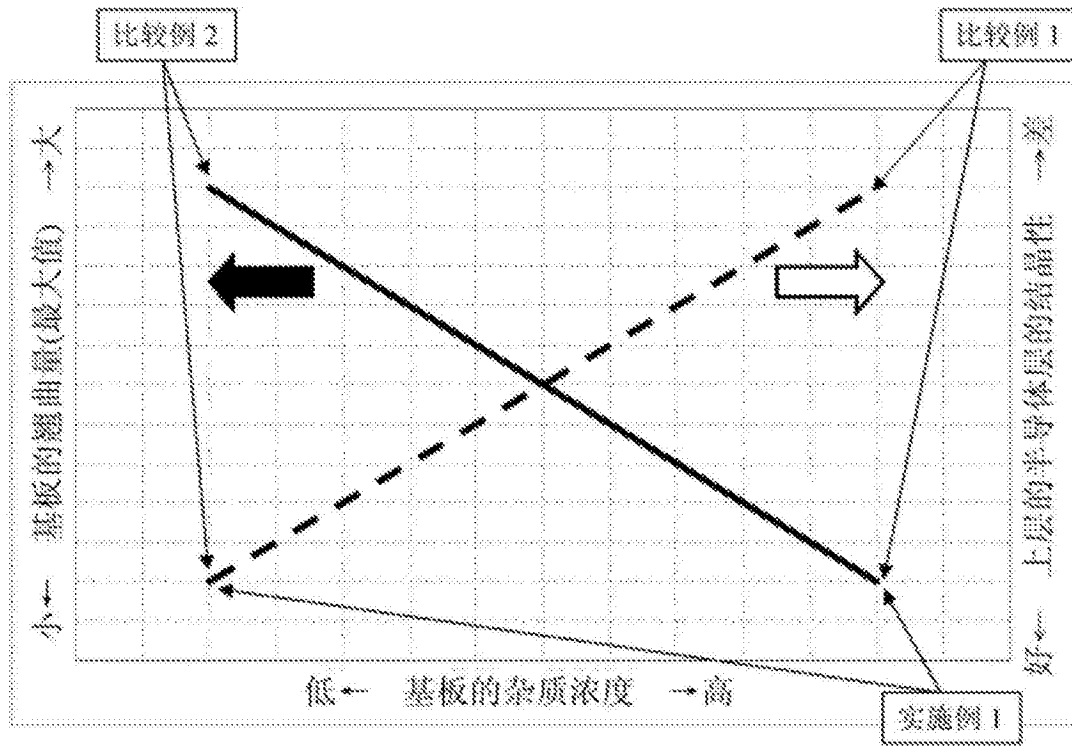


图3

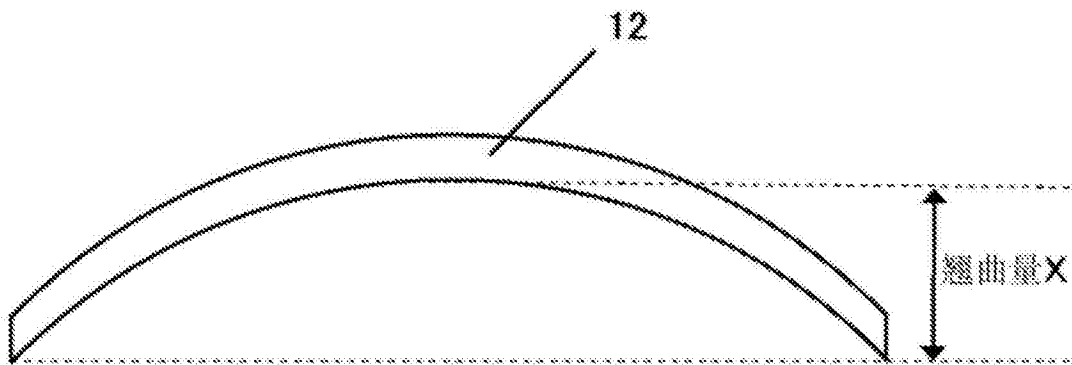


图4