(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 117941030 A
(43)申请公布日 2024.04.26

(21)申请号 202280061885.9

(22)申请日 2022.08.22

(30)优先权数据
2021-152843 2021.09.21 JP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2024.03.13

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2022/031572 2022.08.22

(87)PCT国际申请的公布数据
WO2023/047864 JA 2023.03.30

(71)申请人 信越半导体股份有限公司
地址 日本东京都

(72)发明人 久保埜一平 萩本和德

(74)专利代理机构 北京国昊天诚知识产权代理有限公司 11315
专利代理师 南霆

(51)Int.Cl.
H01L 21/20(2006.01)
C30B 25/18(2006.01)
C30B 29/38(2006.01)
H01L 21/205(2006.01)

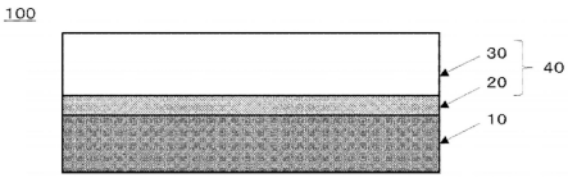
权利要求书3页 说明书10页 附图9页

(54)发明名称

氮化物半导体基板及其制造方法

(57)摘要

一种氮化物半导体基板,其特征在于,具备生长用基板、与被成膜于该生长用基板上的氮化物半导体薄膜,前述氮化物半导体薄膜包含被形成于前述生长用基板上的AlN层、与被形成于该AlN层上的氮化物半导体层,且前述AlN层中的平均Y(钇)浓度为1E15atoms/cm^3以上且5E19atoms/cm^3以下。借此,可提供一种氮化物半导体基板及其制造方法,该氮化物半导体基板能够改善AlN层的表面形态并抑制氮化物半导体外延晶圆表面的凹坑的产生。



CN 117941030 A

1.一种氮化物半导体基板,其特征在于,具备生长用基板、与被成膜于所述生长用基板上的氮化物半导体薄膜,

所述氮化物半导体薄膜包含被形成于所述生长用基板上的AlN层、与被形成于所述AlN层上的氮化物半导体层,

且所述AlN层中的平均Y(钇)浓度为1E15atoms/cm^3以上且5E19atoms/cm^3以下。

2.如权利要求1所述的氮化物半导体基板,其中,所述AlN层的厚度为50～150nm且所述氮化物半导体薄膜中的自所述生长用基板正上方起往薄膜生长方向300nm为止的平均Y(钇)浓度为1E15atoms/cm^3以上且5E19atoms/cm^3以下。

3.如权利要求1或2所述的氮化物半导体基板,其中,所述氮化物半导体层是由GaN、AlN及AlGaN中的一种以上所构成。

4.如权利要求1至3中任一项所述的氮化物半导体基板,其中,所述生长用基板在复数层所层叠而成的复合基板上形成有单晶硅层,

且在所述单晶硅层上成膜有所述氮化物半导体薄膜。

5.如权利要求4所述的氮化物半导体基板,其中,所述单晶硅层具有100～500nm的厚度。

6.如权利要求4或5所述的氮化物半导体基板,其中,所述复合基板包含多晶陶瓷芯、被层叠于整个所述多晶陶瓷芯的第一黏着层、被层叠于整个所述第一黏着层的第二黏着层及被层叠于整个所述第二黏着层的阻挡层,

且所述单晶硅层被形成于平坦化层之上,所述平坦化层被层叠于所述复合基板的仅其中一面。

7.如权利要求6所述的氮化物半导体基板,其中,所述复合基板在所述第一黏着层与所述第二黏着层之间具有被层叠于整个所述第一黏着层的导电层。

8.如权利要求4或5所述的氮化物半导体基板,其中,所述复合基板包含多晶陶瓷芯、被层叠于整个所述多晶陶瓷芯的第一黏着层、被层叠于整个所述第一黏着层的阻挡层、被层叠于所述阻挡层的背面的第二黏着层及被层叠于所述第二黏着层的背面的导电层,

且所述单晶硅层被形成于平坦化层之上,所述平坦化层被层叠于所述复合基板的所述阻挡层的正面。

9.如权利要求4或5所述的氮化物半导体基板,其中,所述复合基板包含多晶陶瓷芯、被层叠于整个所述多晶陶瓷芯的第一黏着层、被层叠于所述第一黏着层的背面的导电层、被层叠于所述导电层的背面的第二黏着层及阻挡层,所述阻挡层被层叠于所述第一黏着层的正面及侧面、所述导电层的侧面以及所述第二黏着层的侧面及背面,

且所述单晶硅层被形成于平坦化层之上,所述平坦化层被层叠于所述复合基板的所述阻挡层的正面。

10.如权利要求7至9中任一项所述的氮化物半导体基板,其中,所述导电层包含多晶硅层。

11.如权利要求7至10中任一项所述的氮化物半导体基板,其中,所述导电层具有150～500nm的厚度。

12.如权利要求6至11中任一项所述的氮化物半导体基板,其中,所述多晶陶瓷芯包含氮化铝。

13.如权利要求6至12中任一项所述的氮化物半导体基板,其中,所述第一黏着层及所述第二黏着层包含四乙酸硅氧烷(TEOS)层或氧化硅(SiO2)层,并且所述阻挡层包含氮化硅。

14.如权利要求6至13中任一项所述的氮化物半导体基板,其中,所述第一黏着层及所述第二黏着层具有50～200nm的厚度,并且所述阻挡层具有100～350nm的厚度。

15.如权利要求6至14中任一项所述的氮化物半导体基板,其中,所述平坦化层包含四乙酸硅氧烷(TEOS)或氧化硅(SiO2),且具有500～3000nm的厚度。

16.一种氮化物半导体基板的制造方法,所述氮化物半导体基板具备生长用基板、与被成膜于所述生长用基板上的氮化物半导体薄膜,

所述制造方法包含下述步骤:

步骤(1),其准备含有Y(钇)的所述生长用基板;及,

步骤(2),其使AlN层外延生长于所述生长用基板上,进而使氮化物半导体层外延生长于所述AlN层上,借此将所述氮化物半导体薄膜进行成膜;

且所述步骤(2)中,使所述生长用基板中的Y扩散,来将所述AlN层中的平均Y(钇)浓度设为1E15atoms/cm^3以上且5E19atoms/cm^3以下。

17.如权利要求16所述的氮化物半导体基板的制造方法,其中,将所述AlN层的厚度设为50～150nm,且将所述氮化物半导体薄膜中的自所述生长用基板正上方起往薄膜生长方向300nm为止的平均Y(钇)浓度设为1E15atoms/cm^3以上且5E19atoms/cm^3以下。

18.如权利要求16或17所述的氮化物半导体基板的制造方法,其中,将所述生长用基板作成由复合基板、被层叠于所述复合基板的仅其中一面的平坦化层及被形成于所述平坦化层之上的单晶硅层所构成的生长用基板,所述复合基板包含含有氧化钇(Y2O3)作为黏合材料的多晶陶瓷芯、被层叠于整个所述多晶陶瓷芯的第一黏着层、被层叠于整个所述第一黏着层的第二黏着层及被层叠于整个所述第二黏着层的阻挡层,且设为在所述单晶硅层上形成所述氮化物半导体薄膜;

并且,通过预先调整所述阻挡层的厚度,来将所述AlN层中的平均Y(钇)浓度设为1E15atoms/cm^3以上且5E19atoms/cm^3以下。

19.如权利要求18所述的氮化物半导体基板的制造方法,其中,将所述复合基板作成在所述第一黏着层与所述第二黏着层之间具有被层叠于整个所述第一黏着层的导电层者。

20.如权利要求16或17所述的氮化物半导体基板的制造方法,其中,将所述生长用基板作成由复合基板、被层叠于所述复合基板的阻挡层的正面的平坦化层及被形成于所述平坦化层之上的单晶硅层所构成的生长用基板,所述复合基板包含含有氧化钇(Y2O3)作为黏合材料的多晶陶瓷芯、被层叠于整个所述多晶陶瓷芯的第一黏着层、被层叠于整个所述第一黏着层的所述阻挡层、被层叠于所述阻挡层的背面的第二黏着层及被层叠于所述第二黏着层的背面的导电层,且设为在所述单晶硅层上形成所述氮化物半导体薄膜;

并且,通过预先调整所述阻挡层的厚度,来将所述AlN层中的平均Y(钇)浓度设为1E15atoms/cm^3以上且5E19atoms/cm^3以下。

21.如权利要求16或17所述的氮化物半导体基板的制造方法,其中,将所述生长用基板作成由复合基板、被层叠于所述复合基板的阻挡层的正面的平坦化层及被形成于所述平坦化层之上的单晶硅层所构成的生长用基板,所述复合基板包含含有氧化钇(Y2O3)作为黏合

材料的多晶陶瓷芯、被层叠于整个所述多晶陶瓷芯的第一黏着层、被层叠于所述第一黏着层的背面的导电层、被层叠于所述导电层的背面的第二黏着层及阻挡层,所述阻挡层被层叠于所述第一黏着层的正面及侧面、所述导电层的侧面以及所述第二黏着层的侧面及背面,且设为在所述单晶硅层上形成所述氮化物半导体薄膜;

并且,通过预先调整所述阻挡层的厚度,来将所述AlN层中的平均Y(钇)浓度设为1E15atoms/cm^3以上且5E19atoms/cm^3以下。

氮化物半导体基板及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明关于一种氮化物半导体基板及其制造方法。

背景技术

[0002] 半导体薄膜制造方法之一的MOCVD法,在大口径化和量产性方面优异,能够将均质的薄膜结晶进行成膜,因此被广泛地使用。此外,由GaN所代表的氮化物半导体被期待作为次时代半导体材料,其可突破Si作为材料的限制。

[0003] 因为GaN为饱和电子速率大这样的特性而能够制作能够高频操作的装置,此外也因为绝缘击穿电场大,所以能够在高输出下进行操作。此外,也可期待轻量化和小型化、低电力消耗化。近年来,由于5G等所代表的通讯速度的高速化、和伴随其的高输出化的要求,高频且能够在高输出下操作的GaN HEMT受到瞩目。

[0004] 作为用以用来制作GaN装置的GaN外延晶圆的基板,Si基板最为价廉且在大口径化方面有利。此外,专利文献1等也揭示了一种GaN外延生长用的大口径基板(以下,GaN用支撑基板),其为大口径且与GaN的热膨胀系数相近。该GaN用支撑基板,由支撑结构、被层叠于该支撑结构的其中一面的平坦化层、及被层叠于该平坦化层的单晶硅层所构成,该支撑结构包含多晶陶瓷芯、第一黏着层、导电层、第二黏着层及阻挡层。

[0005] 通过使用该GaN用支撑基板,能够制作一种GaN外延基板,其为大口径且外延层的厚度较厚,并且不会产生裂缝。此外,由于与GaN的热膨胀系数差极小,在GaN生长时或冷却时不易产生翘曲,因此,不仅能够将成膜后的基板的翘曲控制得较小,还不需在外延层中设置复杂的应力缓和层,因此外延成膜时间会变短,能够大幅地降低外延生长的成本。进一步,GaN用支撑基板大部分为陶瓷,因此基板本身非常硬,不仅不易发生塑性变形,还不会发生无法以口径大的GaN/Si来解决的晶圆破裂。

[0006] 但是,即便针对Si基板或针对GaN生长用支撑基板,在由GaN所代表的这样的III族氮化物半导体的成膜中,外延晶圆表面的凹坑的产生屡屡造成问题。成膜于Si基板或GaN生长用支撑基板正上方的AlN的表面形态较差被列举为造成这种情况的原因之一。若在外延晶圆的表面产生凹坑,会造成装置操作所需的载体受到缺损,因此会产生致命缺陷并且产率会降低。

[0007] [先前技术文献]

[0008] (专利文献)

[0009] 专利文献1:日本特表2020-505767。

发明内容

[0010] [发明所要解决的问题]

[0011] 本发明是为了解决上述问题而成者,其目的在于提供一种氮化物半导体基板及其制造方法,该氮化物半导体基板能够改善AlN层的表面形态并抑制氮化物半导体外延晶圆表面的凹坑的产生。

[0012] [解决问题的技术手段]

[0013] 为了解决上述问题,本发明提供一种氮化物半导体基板,其具备生长用基板、与被成膜于该生长用基板上的氮化物半导体薄膜,

[0014] 前述氮化物半导体薄膜包含被形成于前述生长用基板上的AlN层、与被形成于该AlN层上的氮化物半导体层,

[0015] 且前述AlN层中的平均Y(钇)浓度为1E15atoms/cm^3以上且5E19atoms/cm^3以下。

[0016] 只要将AlN层中的平均Y浓度设在该范围内,AlN层的表面形态不会恶化,因而能够作成抑制了表面的凹坑的发生的氮化物半导体基板。

[0017] 此外,较佳是:前述AlN层的厚度为50～150nm且前述氮化物半导体薄膜中的自前述生长用基板正上方起往薄膜生长方向300nm为止的平均Y(钇)浓度为1E15atoms/cm^3以上且5E19atoms/cm^3以下。

[0018] 只要如此,在氮化物半导体薄膜中,AlN层会充分地被含钇区域覆盖,因此能更确实地形成表面形态良好的AlN层,并能够抑制氮化物半导体薄膜表面的凹坑的产生。

[0019] 此外,较佳是:前述氮化物半导体层是由GaN、AlN及AlGaN中的一种以上所构成。

[0020] 本发明中,能够在AlN层之上设置这样的氮化物半导体层。

[0021] 此外,较佳是:前述生长用基板在复数层所层叠而成的复合基板上形成有单晶硅层,

[0022] 且在前述单晶硅层上成膜有前述氮化物半导体薄膜。

[0023] 只要是这样的生长用基板,能够制作出一种氮化物半导体外延生长基板,其为大口径且外延层较厚,并且不会产生裂缝。此外,由于与氮化物半导体的热膨胀系数差较小,因此在氮化物半导体生长时或冷却时不易产生翘曲,所以能够将成膜后的基板的翘曲控制得较小。

[0024] 此时,较佳是:前述单晶硅层具有100～150nm的厚度。

[0025] 单晶硅层能够设为这样的厚度。

[0026] 此外,较佳是:前述复合基板包含多晶陶瓷芯、被层叠于整个该多晶陶瓷芯的第一黏着层、被层叠于整个该第一黏着层的第二黏着层及被层叠于整个该第二黏着层的阻挡层,

[0027] 且前述单晶硅层被形成于平坦化层之上,该平坦化层被层叠于前述复合基板的仅其中一面。

[0028] 只要是这样的构成,生长用基板的大部分为陶瓷,因此基板本身非常硬,不仅不易发生塑性变形,还不会发生无法以硅基板来解决的晶圆破裂。

[0029] 此外,前述复合基板在前述第一黏着层与前述第二黏着层之间可具有被层叠于整个前述第一黏着层的导电层。

[0030] 能够依据需要对复合基板赋予导电性。

[0031] 此外,可以是下述形态:前述复合基板包含多晶陶瓷芯、被层叠于整个该多晶陶瓷芯的第一黏着层、被层叠于整个该第一黏着层的阻挡层、被层叠于该阻挡层的背面的第二黏着层及被层叠于该第二黏着层的背面的导电层,

[0032] 且前述单晶硅层被形成于平坦化层之上,该平坦化层被层叠于前述复合基板的前述阻挡层的正面。

[0033] 只要是使用了这样的生长用基板的氮化物半导体基板,不会产生由于生长用基板的正面侧导电层所造成的漏泄路径,而能够作成高频特性优异者。

[0034] 此外,可以是下述形态:前述复合基板包含多晶陶瓷芯、被层叠于整个该多晶陶瓷芯的第一黏着层、被层叠于该第一黏着层的背面的导电层、被层叠于该导电层的背面的第二黏着层及阻挡层,该阻挡层被层叠于前述第一黏着层的正面及侧面、前述导电层的侧面以及前述第二黏着层的侧面及背面,

[0035] 且前述单晶硅层被形成于平坦化层之上,该平坦化层被层叠于前述复合基板的前述阻挡层的正面。

[0036] 只要是使用了这样的生长用基板的氮化物半导体基板,不会产生由于生长用基板的正面侧导电层所造成的漏泄路径,而能够作成高频特性优异者。

[0037] 此时,较佳是:前述导电层包含多晶硅层。

[0038] 此外,较佳是:前述导电层具有100~150nm的厚度。

[0039] 导电层能够作成这样的层。

[0040] 此时,较佳是:前述多晶陶瓷芯包含氮化铝。

[0041] 只要是设为这样的复合基板,能够使与氮化物半导体的热膨胀系数差变得极小。

[0042] 此外,较佳是:前述第一黏着层及前述第二黏着层包含四乙酸硅氧烷(TEOS,tetraethyl orthosilicate)层或氧化硅(SiO2)层,并且前述阻挡层包含氮化硅。

[0043] 此外,较佳是:前述第一黏着层及前述第二黏着层具有50~200nm的厚度,并且前述阻挡层具有100~350nm的厚度。

[0044] 前述第一黏着层及第二黏着层、以及阻挡层的厚度能够设为这样厚度的层。

[0045] 此外,较佳是:前述平坦化层包含四乙酸硅氧烷(TEOS)或氧化硅(SiO2),且具有500~3000nm的厚度。

[0046] 平坦化层能够设为这样的层。

[0047] 此外,本发明提供一种氮化物半导体基板的制造方法,该氮化物半导体基板具备生长用基板、与被成膜于该生长用基板上的氮化物半导体薄膜,

[0048] 该制造方法包含下述步骤:

[0049] 步骤(1),其准备含有Y(钇)的前述生长用基板;及,

[0050] 步骤(2),其使AlN层外延生长于前述生长用基板上,进而使氮化物半导体层外延生长于前述AlN层上,借此将前述氮化物半导体薄膜进行成膜;

[0051] 且前述步骤(2)中,使前述生长用基板中的Y扩散,来将前述AlN层中的平均Y(钇)浓度设为1E15atoms/cm^3以上且5E19atoms/cm^3以下。

[0052] 只要如此地使生长用基板中含有特定量的Y(钇),即能够较简易地在AlN层中使特定浓度的Y扩散。

[0053] 此外,较佳是:将前述AlN层的厚度设为50~150nm,且将前述氮化物半导体薄膜中的自前述生长用基板正上方起往薄膜生长方向300nm为止的平均Y(钇)浓度设为1E15atoms/cm^3以上且5E19atoms/cm^3以下。

[0054] 只要如此,在氮化物半导体薄膜中,AlN层会充分地被含钇区域覆盖,因此能更确实地形成表面形态良好的AlN层,并能够抑制氮化物半导体薄膜表面的凹坑的产生。

[0055] 此外,较佳是:将前述生长用基板作成由复合基板、被层叠于该复合基板的仅其中

一面的平坦化层及被形成于该平坦化层之上的单晶硅层所构成的生长用基板,该复合基板包含含有氧化钇(Y2O3)作为黏合材料的多晶陶瓷芯、被层叠于整个该多晶陶瓷芯的第一黏着层、被层叠于整个该第一黏着层的第二黏着层及被层叠于整个该第二黏着层的阻挡层,且设为在前述单晶硅层上形成前述氮化物半导体薄膜;

[0056] 并且,通过预先调整前述阻挡层的厚度,来将前述AlN层中的平均Y(钇)浓度设为1E15atoms/cm^3以上且5E19atoms/cm^3以下。

[0057] 只要是这样的制造方法,即能够简易且更确实地使特定浓度的Y扩散。

[0058] 此外,能够将前述复合基板设为在在前述第一黏着层与前述第二黏着层之间具有被层叠于整个前述第一黏着层的导电层者。

[0059] 能够依据需要对复合基板赋予导电性。

[0060] 此外,也可以是:将前述生长用基板作成由复合基板、被层叠于该复合基板的阻挡层的正面的平坦化层及被形成于该平坦化层上的单晶硅层所构成的生长用基板,该复合基板包含含有氧化钇(Y2O3)作为黏合材料的多晶陶瓷芯、被层叠于整个该多晶陶瓷芯的第一黏着层、被层叠于整个该第一黏着层的阻挡层、被层叠于该阻挡层的背面的第二黏着层及被层叠于该第二黏着层的背面的导电层,且设为在前述单晶硅层上形成前述氮化物半导体薄膜;

[0061] 并且,通过预先调整前述阻挡层的厚度,来将前述AlN层中的平均Y(钇)浓度设为1E15atoms/cm^3以上且5E19atoms/cm^3以下。

[0062] 只要是这样的氮化物半导体基板的制造方法,能够制造一种氮化物半导体基板,其不会产生由于复合基板的正面侧导电层所造成的漏泄路径,而高频特性优异。

[0063] 此外,也可以是:将前述生长用基板作成由复合基板、被层叠于该复合基板的阻挡层的正面的平坦化层及被形成于该平坦化层之上的单晶硅层所构成的生长用基板,该复合基板包含含有氧化钇(Y2O3)作为黏合材料的多晶陶瓷芯、被层叠于整个该多晶陶瓷芯的第一黏着层、被层叠于该第一黏着层的背面的导电层、被层叠于该导电层的背面的第二黏着层及阻挡层,该阻挡层被层叠于前述第一黏着层的正面及侧面、前述导电层的侧面以及前述第二黏着层的侧面及背面,且设为在前述单晶硅层上形成前述氮化物半导体薄膜;

[0064] 并且,通过预先调整前述阻挡层的厚度,来将前述AlN层中的平均Y(钇)浓度设为1E15atoms/cm^3以上且5E19atoms/cm^3以下。

[0065] 只要是这样的氮化物半导体基板的制造方法,能够制造一种氮化物半导体基板,其不会产生由于复合基板的正面侧导电层所造成的漏泄路径,而高频特性优异。

[0066] [发明的效果]

[0067] 如上所述,根据本发明能够提供一种氮化物半导体基板及其制造方法,该氮化物半导体基板能够改善AlN层的表面形态并抑制氮化物半导体外延晶圆表面的凹坑的产生。

附图说明

[0068] 图1是显示本发明的氮化物半导体基板的一例的示意图。

[0069] 图2是显示用于本发明的生长用基板的一例的示意图。

[0070] 图3是实施例1的阻挡层为100nm的GaN用支撑基板中的外延结构1的SIMS(Secondary Ion Mass Spectrometry,二次离子质量分析)剖面。

[0071] 图4是实施例1的阻挡层为200nm的GaN用支撑基板中的外延结构2的SIMS剖面。

[0072] 图5是由实施例获得的氮化物半导体基板的外延层与生长用基板界面的SEM影像的一例(外延结构1)。

[0073] 图6是比较例1的阻挡层为1000nm的GaN用支撑基板中的外延结构1的SIMS剖面。

[0074] 图7是比较例1的阻挡层为1000nm的GaN用支撑基板中的外延结构2的SIMS剖面。

[0075] 图8是比较例2中的外延-基板界面的SEM影像(外延结构1)。

[0076] 图9是比较例2中的产生于氮化物半导体薄膜的表面的凹坑的剖面TEM影像(外延结构1)。

[0077] 图10是显示2种水准的外延结构中的AlN层中的Y平均浓度与GaN层表面的凹坑数的关系的图表。

[0078] 图11是显示2种水准的外延结构中的AlN层中的Y平均浓度与阻挡层厚度的关系的图表。

[0079] 图12是显示用于本发明的生长用基板的另一例的示意图。

[0080] 图13是显示用于本发明的生长用基板的再另一例的示意图。

具体实施方式

[0081] 如同上述,若使III族氮化物半导体成膜于Si基板和GaN生长用支撑基板,凹坑产生于外延晶圆表面会造成问题。成膜于Si基板或GaN生长用支撑基板正上方的AlN层的表面形态较差被列举为造成这种情况的原因之一。

[0082] 发明人致力研究改善AlN层的表面形态来用以抑制凹坑发生于外延晶圆表面的情况,发现通过在生长用基板上的氮化物半导体薄膜中含有特定浓度的钇,能够改善AlN层的表面形态并且抑制凹坑的发生,进而完成本发明。

[0083] 即,本发明是一种氮化物半导体基板,其具备生长用基板、与被成膜于该生长用基板上的氮化物半导体薄膜,前述氮化物半导体薄膜包含被形成于前述生长用基板上的AlN层、与被形成于该AlN层上的氮化物半导体层,且前述AlN层中的平均Y(钇)浓度为1E15atoms/cm^3以上且5E19atoms/cm^3以下。

[0084] 此外,本发明是一种氮化物半导体基板的制造方法,该氮化物半导体基板具备生长用基板、与被成膜于该生长用基板上的氮化物半导体薄膜,该制造方法包含下述步骤:步骤(1),其准备含有Y(钇)的前述生长用基板;及,步骤(2),其使AlN层外延生长于前述生长用基板上,进而使氮化物半导体层外延生长于前述AlN层上,借此将前述氮化物半导体薄膜进行成膜;且前述步骤(2)中,使前述生长用基板中的Y扩散,来将前述AlN层中的平均Y(钇)浓度设为1E15atoms/cm^3以上且5E19atoms/cm^3以下。

[0085] 以下,详细地说明本发明,但是本发明不限于此。

[0086] [氮化物半导体基板]

[0087] 图1中显示本发明的氮化物半导体基板的一例。本发明的氮化物半导体基板100是氮化物半导体薄膜40被成膜于生长用基板10之上而成,氮化物半导体薄膜40包含:被形成于生长用基板10之上的AlN层20;及,被形成于AlN层20之上的氮化物半导体层30。本发明的氮化物半导体基板100的特征在于,在AlN层20中包含特定量的钇,并且AlN层20中的平均Y(钇)浓度为1E15atoms/cm^3以上且5E19atoms/cm^3以下。

[0088] 通过将AlN层20中的平均Y(钇)浓度设为1E15atoms/cm^3以上且5E19atoms/cm^3以下,能够改善AlN层的表面形态,并且能够抑制在AlN层上生长的外延层(氮化物半导体层30)中的凹坑的发生。另一方面,AlN层20中的平均Y浓度小于1E15atoms/cm^3会无法充分地获得凹坑抑制效果,若高于5E19atoms/cm^3则无法获得GaN原本的特性。

[0089] 作为平均Y(钇)浓度的测定方法,并无特别限定,例如能够通过二次离子质量分析(SIMS)来求出。

[0090] 此外,本发明的氮化物半导体基板较佳是下述形态:前述AlN层的厚度为50~150nm且氮化物半导体薄膜中的自生长用基板正上方起往薄膜生长方向300nm为止的平均Y(钇)浓度为1E15atoms/cm^3以上且5E19atoms/cm^3以下。只要如此,在氮化物半导体薄膜中,AlN层会充分地被含钇区域覆盖,因此能更确实地形成表面形态良好的AlN层,并能够抑制氮化物半导体薄膜表面的凹坑的产生。

[0091] 氮化物半导体薄膜中,形成于AlN层之上的氮化物半导体层,较佳是作成由GaN、AlN及AlGaN中的一种以上所构成,特别更佳是设为下述层:在AlGaN上层叠GaN而成的层;或,在AlGaN上层叠有由AlGaN、AlN及GaN所构成的超晶格结构的层。此外,AlN层与氮化物半导体层组合而成的氮化物半导体薄膜的总膜厚并无特别限定,例如能够设为0.5~20μm,更佳是设为1~10μm。

[0092] 生长用基板较佳是下述形态:单晶硅层被形成于复合基板上,该复合基板是层叠有复数层而成,且氮化物半导体薄膜被成膜于单晶硅层上。

[0093] 此外,作为生长用基板,较佳是作成如以下说明所述的GaN用支撑基板。如图2所示,GaN用支撑基板例如由复合基板(支撑结构)、被层叠于该复合基板的仅其中一面的平坦化层6及被层叠于该平坦化层6的单晶硅层7所构成,该复合基板包含:多晶陶瓷芯1、被层叠于整个该多晶陶瓷芯1的第一黏着层2、被层叠于整个该第一黏着层2的导电层3、被层叠于整个该导电层3的第二黏着层4及被层叠于整个该第二黏着层4的阻挡层5。

[0094] 此外,导电层3及第一黏着层2是依据必要所成膜者,不一定要存在,并且有时还能够成膜于仅其中一面。

[0095] 在此处,多晶陶瓷芯1较佳是:包含氮化铝,并且通过煅烧助剂例如在1800℃的高温中进行煅烧,而具有约600~1150μm的厚度。基本上,大多是以Si基板的SEMI规格的厚度来形成。

[0096] 第一黏着层2及第二黏着层4较佳是包含四乙酸硅氧烷(TEOS)层或氧化硅(SiO2)层、或者包含两者的层,并且是通过LPCVD工艺或CVD工艺等来进行堆积并具有大致为50~200nm的厚度。

[0097] 导电层3较佳是包含多晶硅,并且是通过LPCVD工艺等来进行堆积并具有约150~500nm的厚度。导电层是用以赋予导电性的层,并且例如可掺杂硼(B)和磷(P)等。该包含多晶硅的导电层3可依据需要设置,也可以不设置,还可以被成膜于仅其中一面。

[0098] 阻挡层5较佳是包含氮化硅层,并且是通过LPCVD工艺等来进行堆积并具有150~350nm的厚度。

[0099] 平坦化层6较佳是包含四乙酸硅氧烷(TEOS)或氧化硅(SiO2),并且是通过LPCVD工艺等来进行堆积并厚度为500~3000nm左右。该平坦化层是用以使上表面平坦化而进行堆积,并且可以是SiO2、Al2O3、Si3N4或氮氧化硅(SixOyNz)等一般的陶瓷的膜材料等。

[0100] 单晶硅层7较佳是具有约100～500nm的厚度。单晶硅层是作为用以使GaN等其他外延生长的生长面来利用的层,可使用层转印工艺等来接合于平坦化层6。

[0101] 此外,各层的厚度和制造方法、所用的物质等不限于上述值,也未必需要存在有全部的层。

[0102] 此外,作为前述GaN用支撑基板(生长用基板)的另一例,例如能够如图12所示,由复合基板、仅黏合于前述复合基板的正面的平坦化层6及黏合于前述平坦化层的单晶硅层7来构成,该复合基板包含:多晶陶瓷芯1、被层叠于整个前述多晶陶瓷芯的第一黏着层2、被层叠于整个前述第一黏着层的阻挡层5、被层叠于前述阻挡层的背面的第二黏着层4及被层叠于前述第二黏着层的背面的导电层3。

[0103] 只要是使用了这样的导电层3仅成膜于背面侧的结构的生长用基板的氮化物半导体基板,当制作高频装置时不会产生由于生长用基板的正面侧导电层所造成的漏泄路径,而能够作成高频特性优异者。

[0104] 此外,作为前述GaN用支撑基板(生长用基板)的再另一例,例如能够如图13所示,由复合基板、仅黏合于前述复合基板的正面的平坦化层6及黏合于前述平坦化层的单晶硅层7来构成,该复合基板包含:多晶陶瓷芯1、被层叠于整个前述多晶陶瓷芯的第一黏着层2、被层叠于前述第一黏着层的背面的导电层3、被层叠于前述导电层的背面的第二黏着层4及阻挡层5,该阻挡层5被层叠于前述第一黏着层的正面及侧面、前述导电层的侧面以及前述第二黏着层的侧面及背面。

[0105] 只要是使用了这样的导电层3仅成膜于背面侧的结构的生长用基板的氮化物半导体基板,当制作高频装置时不会产生由于生长用基板的正面侧导电层所造成的漏泄路径,而能够作成高频特性优异者。

[0106] [氮化物半导体基板的制造方法]

[0107] 以下,说明本发明的氮化物半导体基板的制造方法。

[0108] [第一方式]

[0109] 本发明的氮化物半导体的制造方法的第一方式中,准备含有Y(钇)的生长用基板(步骤(1)),当在该生长用基板上实行氮化物半导体薄膜的外延生长时,使生长用基板中的Y扩散来将AlN层中的平均Y(钇)浓度设在特定范围内(步骤(2))。

[0110] <步骤(1)>

[0111] 步骤(1),是准备含有Y(钇)的生长用基板的步骤。

[0112] 首先,制作外延生长用的基板,也就是含有Y的生长用基板。作为生长用基板,只要含有Y即可,并无特别限定,例如能够使用上述的GaN用支撑基板。通过在GaN用支撑基板内的多晶陶瓷芯包含氧化钇(Y2O3)作为黏合材料(例如煅烧助剂),即能够将其作成Y来源。

[0113] 在此处,通过预先调整所准备的GaN用支撑基板的阻挡层(氮化硅层)的厚度,能够在后述的步骤(2)中使于外延层内扩散的钇的量变得容易控制,并且能够更确实地将AlN层中的平均Y浓度设在特定范围内。阻挡层的厚度例如能够设为100～350nm以下。

[0114] <步骤(2)>

[0115] 步骤(2),是使AlN层外延生长于生长用基板上,进而使氮化物半导体层外延生长于AlN层上,借此将氮化物半导体薄膜进行成膜的步骤。此外,在本步骤中,使生长用基板中的Y扩散,来将AlN层中的平均Y(钇)浓度设为1E15atoms/cm^3以上且5E19atoms/cm^3以下。

[0116] 步骤(2)中,例如能够在MOCVD反应炉中,在GaN用支撑基板上实行AlN层(例如,50～150nm)、AlGaN层(例如,100～2000nm)及GaN等III族氮化物半导体薄膜的外延生长。在外延生长时,使用TMAl作为Al来源,使用TMGa作为Ga来源,使用NH3作为N来源。此外,载体气体设为N2及H2或者两者中的任一种气体,工艺温度设为900～1200℃左右。

[0117] 通过实行这样的步骤,来将AlN层中的平均Y浓度设在1E15atoms/cm^3以上且5E19atoms/cm^3以下的范围。通过设为这样的钇浓度,能够改善AlN的表面形态,并且能够抑制凹坑的产生。

[0118] [第二方式]

[0119] 此外,本发明的氮化物半导体基板的制造方法,不仅限于上述第一方式。作为使AlN层中含有钇的方法,除了上述进行扩散的方法以外,也可以以在AlN层的外延生长时使Y来源气体流通的方式来进行。

[0120] [实施例]

[0121] 以下,使用实施例及比较例来具体地说明本发明,但是本发明不限于此。

[0122] (实施例)

[0123] 制作外延生长用的基板,也就是GaN用支撑基板。GaN用支撑基板是由复合基板、被层叠于该复合基板的仅其中一面的平坦化层(氧化硅层)及被形成于该平坦化层之上的单晶硅层所构成,该复合基板包含多晶陶瓷芯(氮化铝芯)、被层叠于整个该多晶陶瓷芯的第一黏着层(氧化硅层)、被层叠于整个该第一黏着层的导电层(多晶硅层)、被层叠于整个该导电层的第二黏着层(氧化硅层)及被层叠于整个该第二黏着层的阻挡层(氮化硅层)。阻挡层的厚度设为100nm、200nm、350nm三种水准。此外,多晶陶瓷芯内,包含氧化钇(Y2O3)作为Y来源。

[0124] 继而,在MOCVD反应炉中,在所制成的GaN用支撑基板上实行AlN、AlGaN及GaN等III族氮化物半导体薄膜的外延生长。GaN用支撑基板载置于被称为卫星托盘的晶圆载盘(wafer pocket)中。当外延生长时,使用TMAl作为Al来源,使用TMGa作为Ga来源,使用NH3作为N来源。此外,载体气体设为N2及H2,工艺温度设为1200℃。

[0125] 将GaN用支撑基板载置于卫星托盘之上,当实行外延生长时,外延层是自基板侧起朝向生长方向依序地将AlN、AlGaN进行成膜,之后使GaN进行外延生长而成。外延层的结构制作2种水准(外延结构1、2)。

[0126] <外延结构1>

[0127] 将AlN层制膜为150nm,将AlGaN层制膜为150nm后,以数nm等级的方式重复将AlGaN、AlN、GaN进行成膜也就是成膜3μm左右的为所谓的超晶格结构。在其上将GaN层进行成膜,外延层的合计总膜厚成为6.5μm。

[0128] <外延结构2>

[0129] 将AlN层成膜为150nm后,以随着生长方向使Al组成变低的方式将AlGaN层成膜为1.5μm左右。在其上将GaN层进行成膜,外延层的合计总膜厚成为5.5μm。

[0130] 外延结构1、2均在外延层的表层侧设置有装置层。装置层作成下述结构,其设置有会产生二维电子气体且晶性高的GaN层(沟道层)约400nm、会使二维电子气体产生的AlGaN层(阻挡层)约20nm,并在最表层设置3nm左右的GaN层(顶盖层,cap layer)。阻挡层将Al组成设为20％。

[0131] 外延生长结束后,通过表面检查测定装置及显微镜对表面的凹坑的数量进行计数。此外,通过SIMS分析(二次离子质量分析法),测定外延层内的Y(钇)浓度。此外,以SEM(扫描式电子显微镜)观察外延层与生长基板界面的剖面,确认AlN层的形态。

[0132] (比较例1)

[0133] 针对实施例的GaN用支撑基板制作步骤,将阻挡层的厚度设为500nm、800nm、1000nm。使用所述基板来实施与实施例相同的外延生长(2种水准),并实施相同的评价。

[0134] (比较例2)

[0135] 针对实施例的GaN用支撑基板制作步骤,制作在多晶陶瓷芯内不含氧化钇(Y2O3)的基板。此外,将阻挡层的厚度设为350nm。使用该基板来实施与实施例相同的外延生长(2种水准),并实施相同的评价。此外,观察所产生的凹坑的剖面TEM影像。

[0136] [评价结果(实施例)]

[0137] 图3、图4显示由实施例所制成且阻挡层的厚度设为100nm时的外延结构1的氮化物半导体基板及阻挡层厚度设为200nm时的外延结构2的氮化物半导体基板的SIMS测定结果。可知所述氮化物半导体基板在外延层与生长用基板界面附近的外延层内,均呈Y浓度变高且生长用基板正上方的AlN层中的平均Y浓度在1E15atoms/cm^3以上且5E19atoms/cm^3以下的范围内。由实施例所制成的其他氮化物半导体基板也确认到AlN层中的平均Y浓度在上述范围内,并且阻挡层越薄则平均Y浓度变得越高(图11)。

[0138] 此外,由SEM观察的结果确认到,由实施例所制成的氮化物半导体基板,其被形成于成膜用基板正上方的AlN层表现出良好的形态(将一例显示于图5)。

[0139] 进一步,由实施例所制成的氮化物半导体基板,通过表面检查测定装置和显微镜观察均未确认到表面的凹坑(图10)。

[0140] [评价结果(比较例1、2)]

[0141] 图6、图7显示由比较例1所制成且阻挡层厚度设为1000nm时的外延结构1及外延结构2的氮化物半导体基板的SIMS测定结果。可知所述氮化物半导体基板在外延层与生长用基板界面附近的外延层内,Y浓度均为检测下限值以下,并且生长用基板正上方的AlN层中的平均Y浓度低于1E15atoms/cm^3。由比较例1、2所制成的其他氮化物半导体基板,也确认到AlN层中的平均Y浓度低于1E15atoms/cm^3,并且阻挡层越厚则平均Y浓度变得越低(图11)。

[0142] 此外,由SEM观察的结果确认到,由比较例1、2所制成的氮化物半导体基板,其被形成于成膜用基板正上方的AlN层的形态均不良(将一例显示于图8)。

[0143] 进一步,由比较例1、2所制成的氮化物半导体基板,通过表面检查测定装置和显微镜观察均确认到表面上产生了多个凹坑(参照后述的图10)。此外,图9中显示产生于表面的凹坑的TEM影像(图9中,(a)的影像扩大者为(b)的影像)。

[0144] [评价结果的观察]

[0145] 如同图10所示的AlN层中的平均Y浓度与表面的凹坑数的关系,可知实施例(本发明的氮化物半导体基板)均为AlN层中的平均Y浓度在1E15atoms/cm^3以上且5E19atoms/cm^3以下的范围内,所以能够抑制表面的凹坑产生,但是若如比较例1那样,AlN层中的平均Y浓度在稍微低于1E15atoms/cm^3,则无法抑制表面的凹坑的产生。

[0146] 此外,本发明不限于上述实施方式。上述实施方式为示例,与本发明的权利要求书所记载的技术思想具有实质性相同的构成并发挥相同的作用效果,均包含在本发明的技术

范围中。

[0147] 符号说明

[0148] 1:多晶陶瓷芯

[0149] 2:第一黏着层

[0150] 3:导电层

[0151] 4:第二黏着层

[0152] 5:阻挡层

[0153] 6:平坦化层

[0154] 7:单晶硅层

[0155] 10:生长用基板

[0156] 20:AlN层

[0157] 30:氮化物半导体层

[0158] 40:氮化物半导体薄膜

[0159] 100:氮化物半导体基板

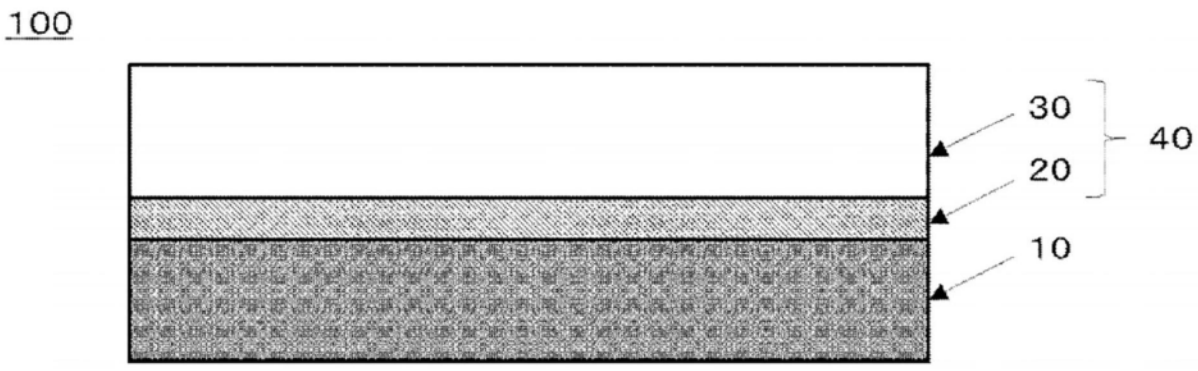


图1

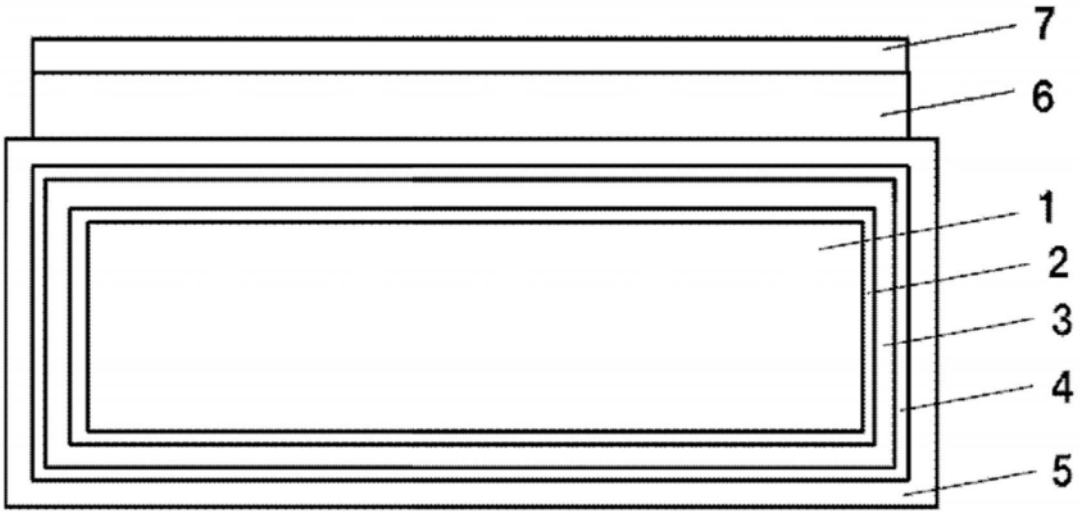


图2

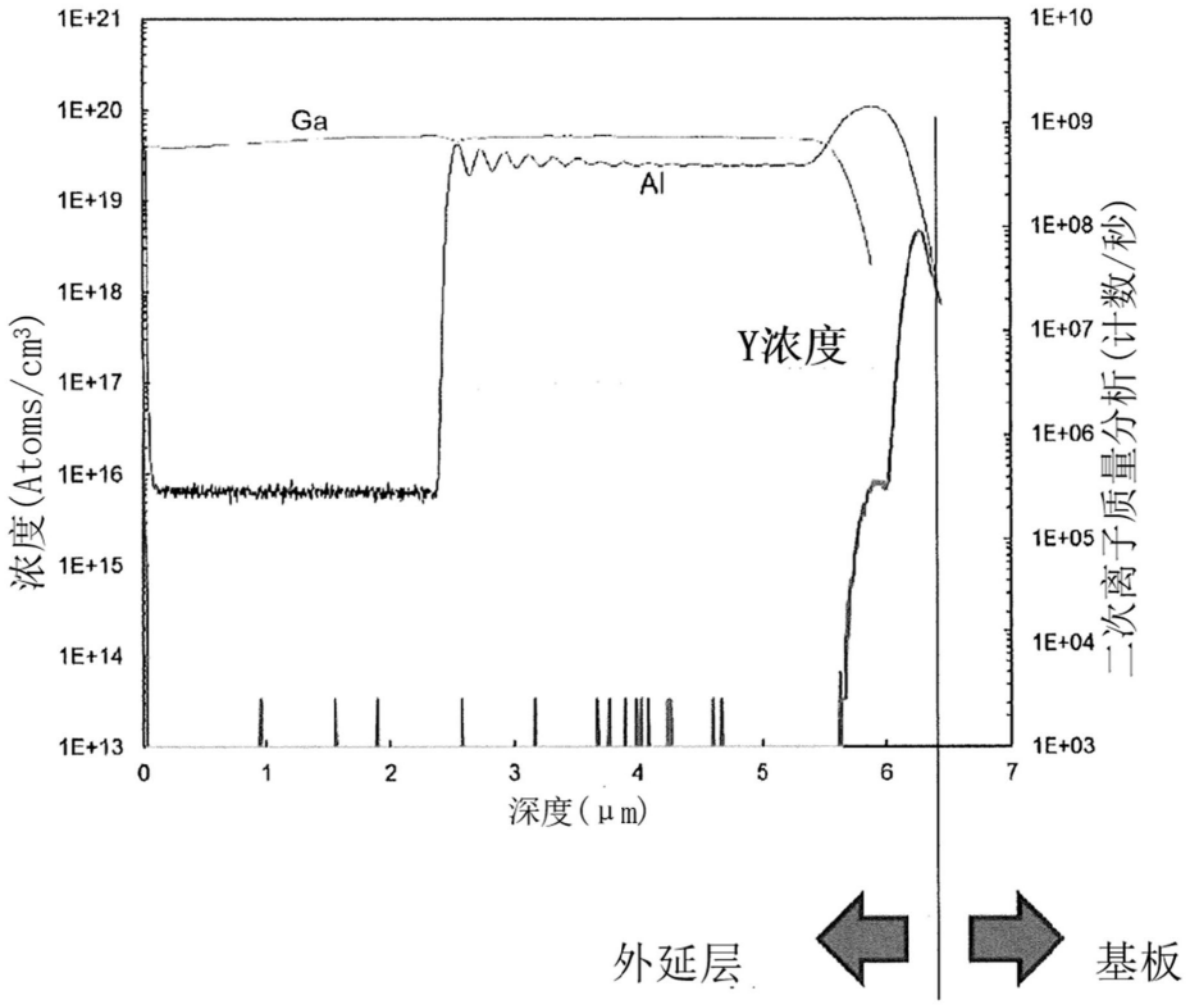

1E+21
1E+20
1E+19
1E+18
1E+17
1E+16
1E+15
1E+14
1E+13
浓度(Atoms/cm³)
1E+10
1E+09
1E+08
1E+07
1E+06
1E+05
1E+04
1E+03
二次离子质量分析(计数/秒)
Ga
Al
Y浓度
0
1
2
3
4
5
6
7
深度(μm)
外延层
基板

图3

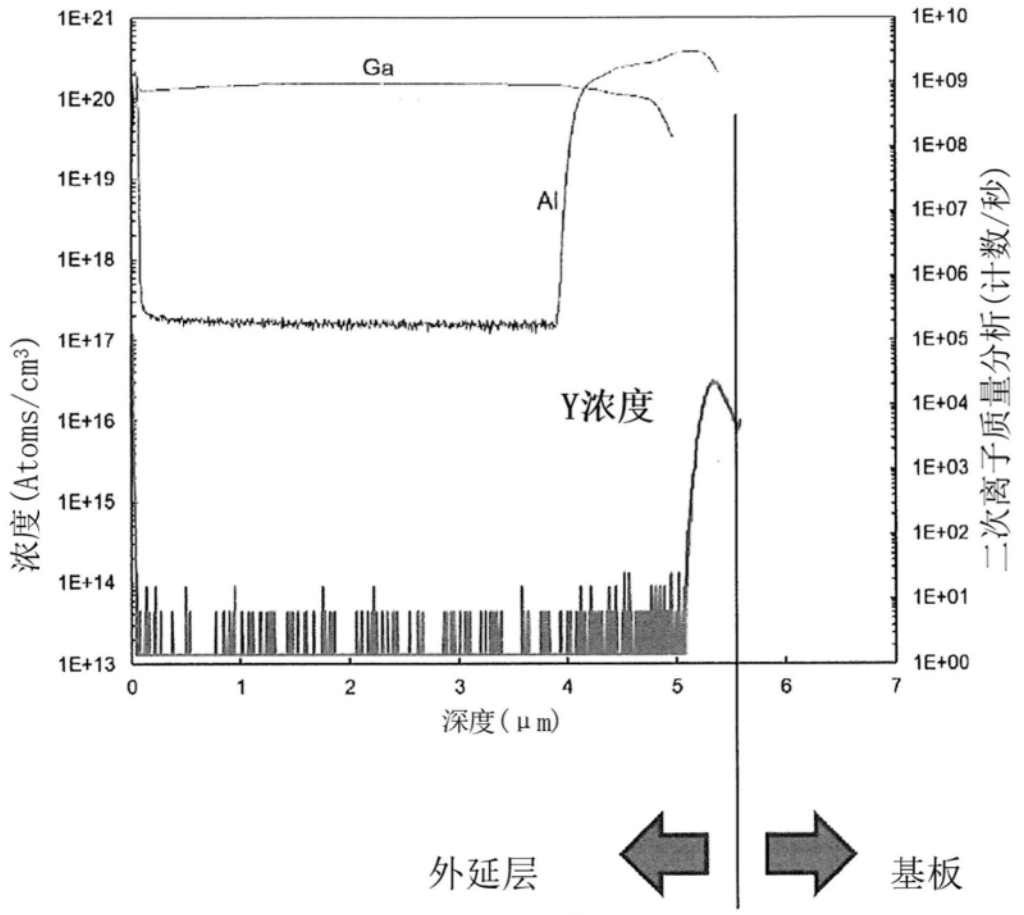

1E+21
1E+20
1E+19
1E+18
1E+17
1E+16
1E+15
1E+14
1E+13
浓度(Atoms/cm³)
1E+10
1E+09
1E+08
1E+07
1E+06
1E+05
1E+04
1E+03
1E+02
1E+01
1E+00
二次离子质量分析(计数/秒)
Ga
Al
Y浓度
0
1
2
3
4
5
6
7
深度(μm)
外延层
基板

图4

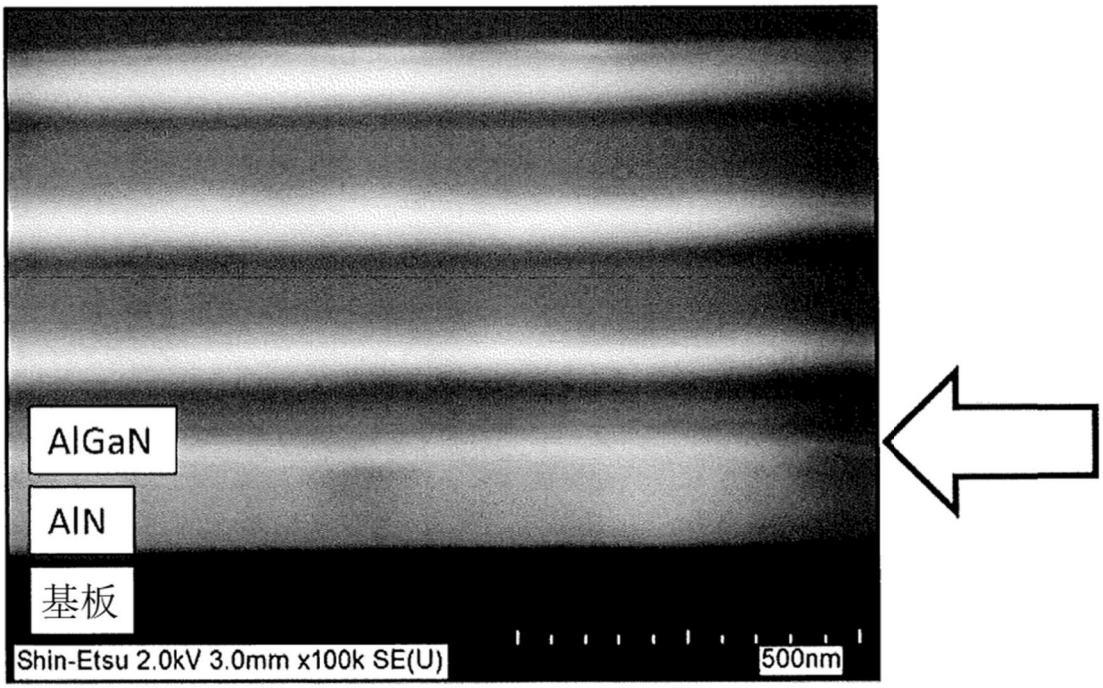

AlGaN
AlN
基板
Shin-Etsu 2.0kV 3.0mm x100k SE(U)
500nm

图5

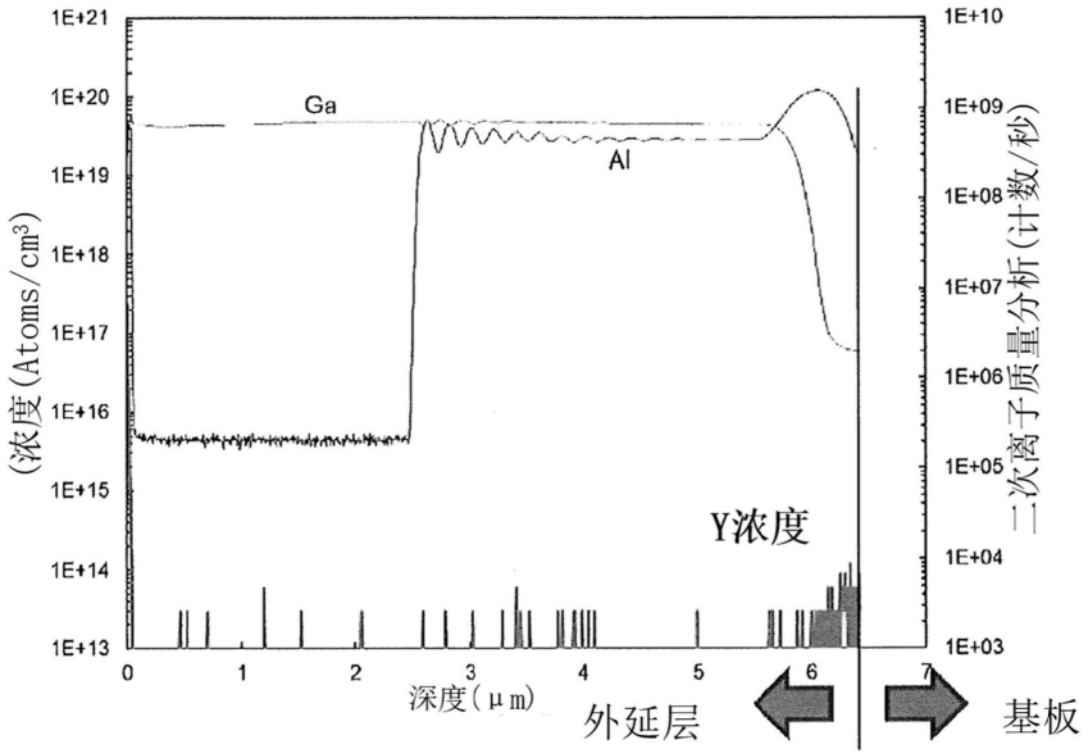

1E+21
1E+20
1E+19
1E+18
1E+17
1E+16
1E+15
1E+14
1E+13
(浓度(Atoms/cm³)
1E+10
1E+09
1E+08
1E+07
1E+06
1E+05
1E+04
1E+03
二次离子质量分析(计数/秒)
Ga
Al
Y浓度
0
1
2
3
4
5
6
7
深度(μm)
外延层
基板

图6

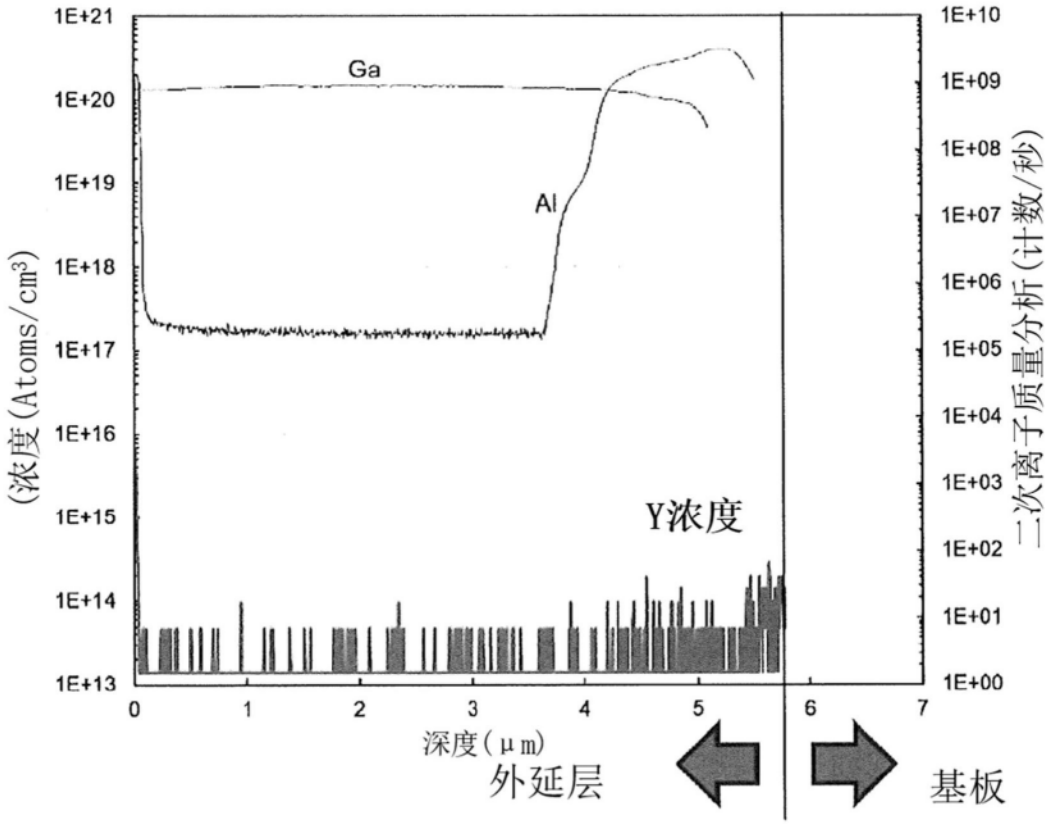

1E+21
1E+20
1E+19
1E+18
1E+17
1E+16
1E+15
1E+14
1E+13
(浓度(Atoms/cm³)
1E+10
1E+09
1E+08
1E+07
1E+06
1E+05
1E+04
1E+03
1E+02
1E+01
1E+00
二次离子质量分析(计数/秒)
Ga
Al
Y浓度
0
1
2
3
4
5
6
7
深度(μm)
外延层
基板

图7

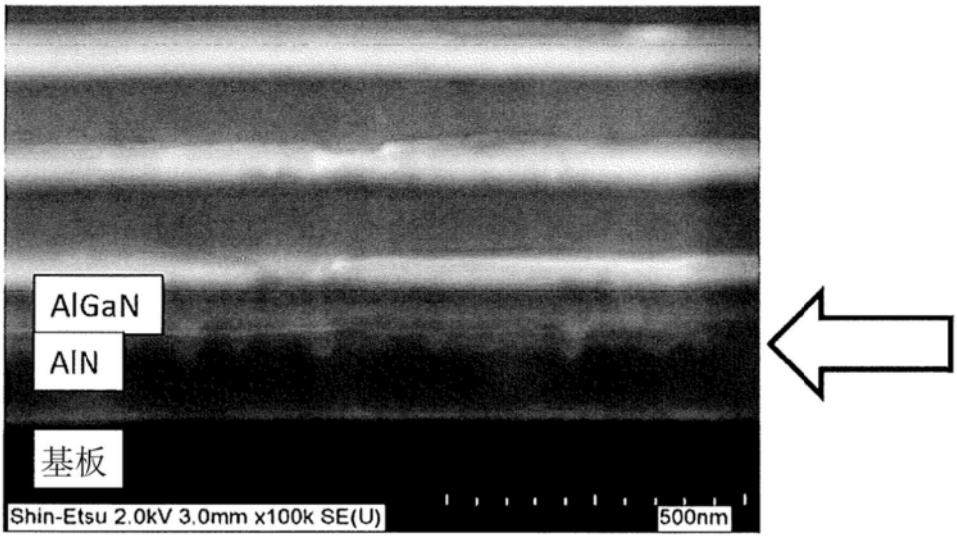
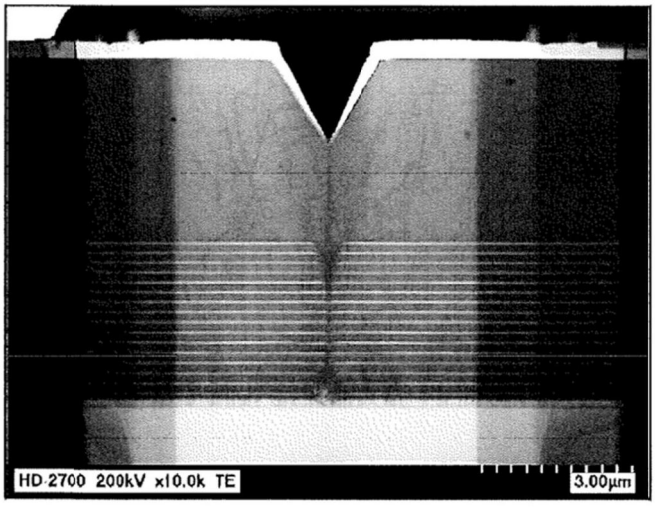
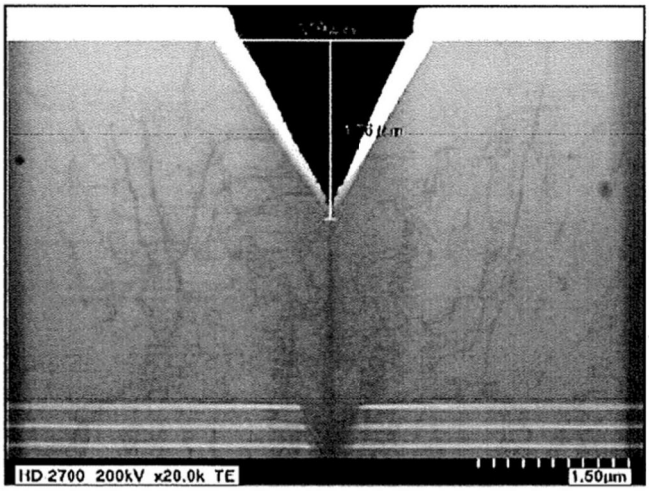

AlGaN
AlN
基板
Shin-Etsu 2.0kV 3.0mm x100k SE(U)
500nm

图8



(a)



(b)

图9

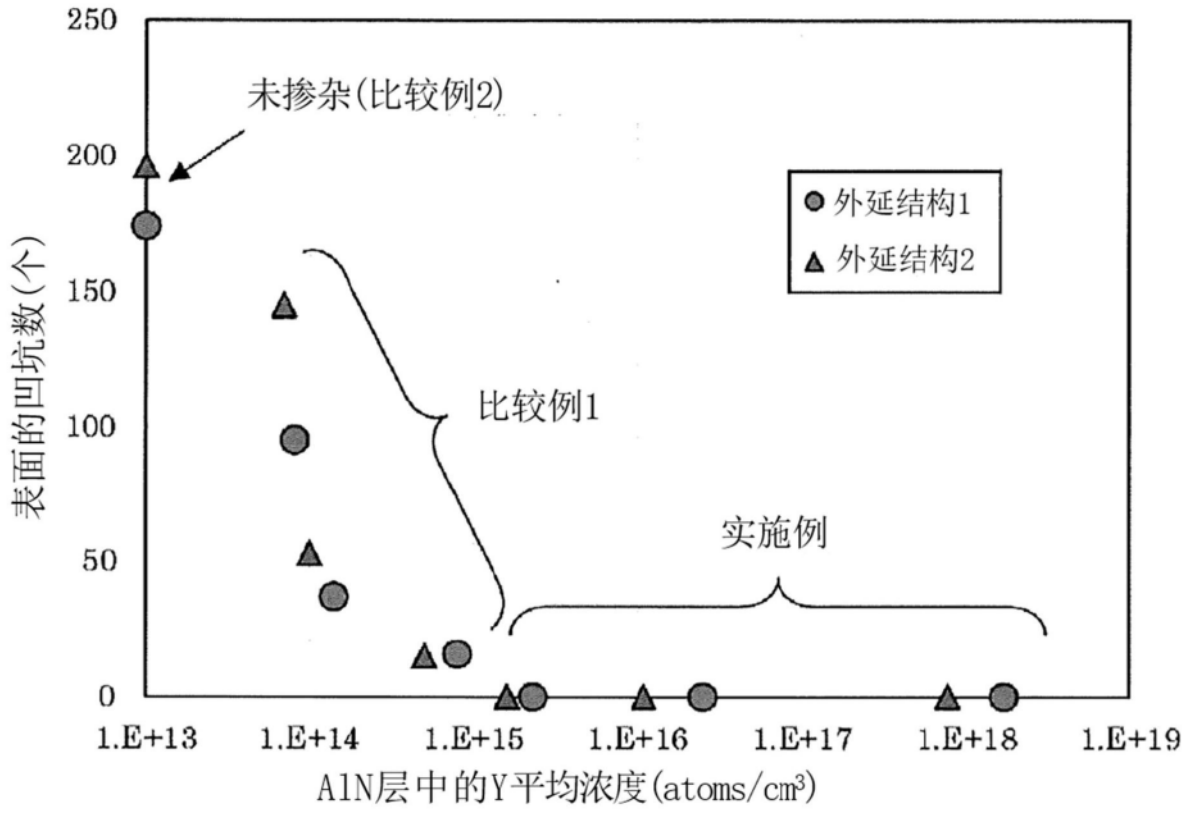

250
200
150
100
50
0
表面的凹坑数(个)
未掺杂(比较例2)
外延结构1
外延结构2
比较例1
实施例
1.E+13
1.E+14
1.E+15
1.E+16
1.E+17
1.E+18
1.E+19
AlN层中的Y平均浓度(atoms/cm³)

图10

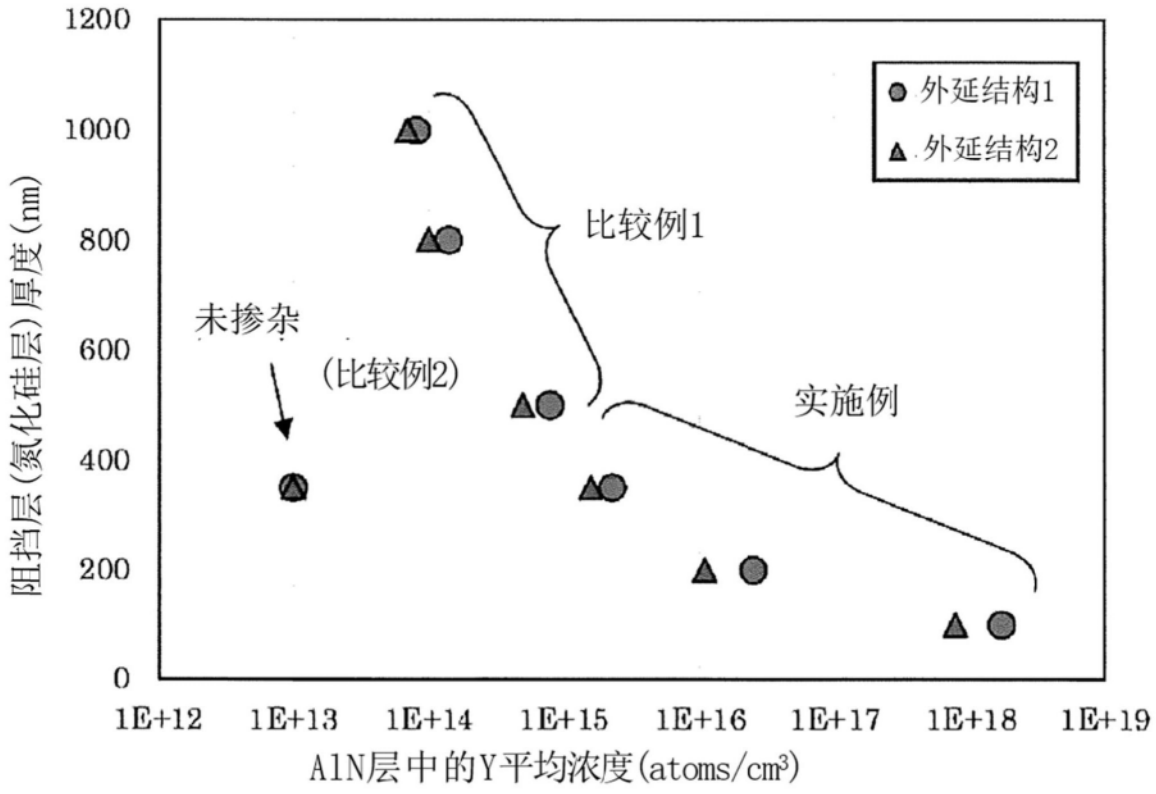

1200
1000
800
600
400
200
0
阻挡层(氮化硅层)厚度(nm)
外延结构1
外延结构2
比较例1
未掺杂
(比较例2)
实施例
1E+12
1E+13
1E+14
1E+15
1E+16
1E+17
1E+18
1E+19
AlN层中的Y平均浓度(atoms/cm³)

图11

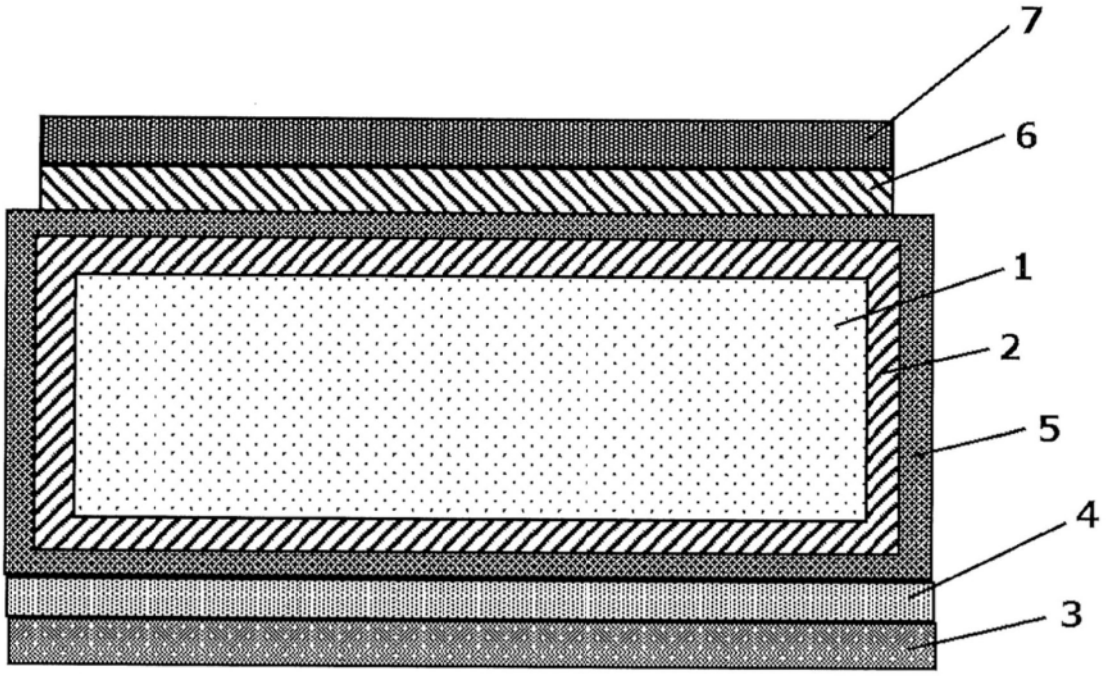

7
6
1
2
5
4
3

图12

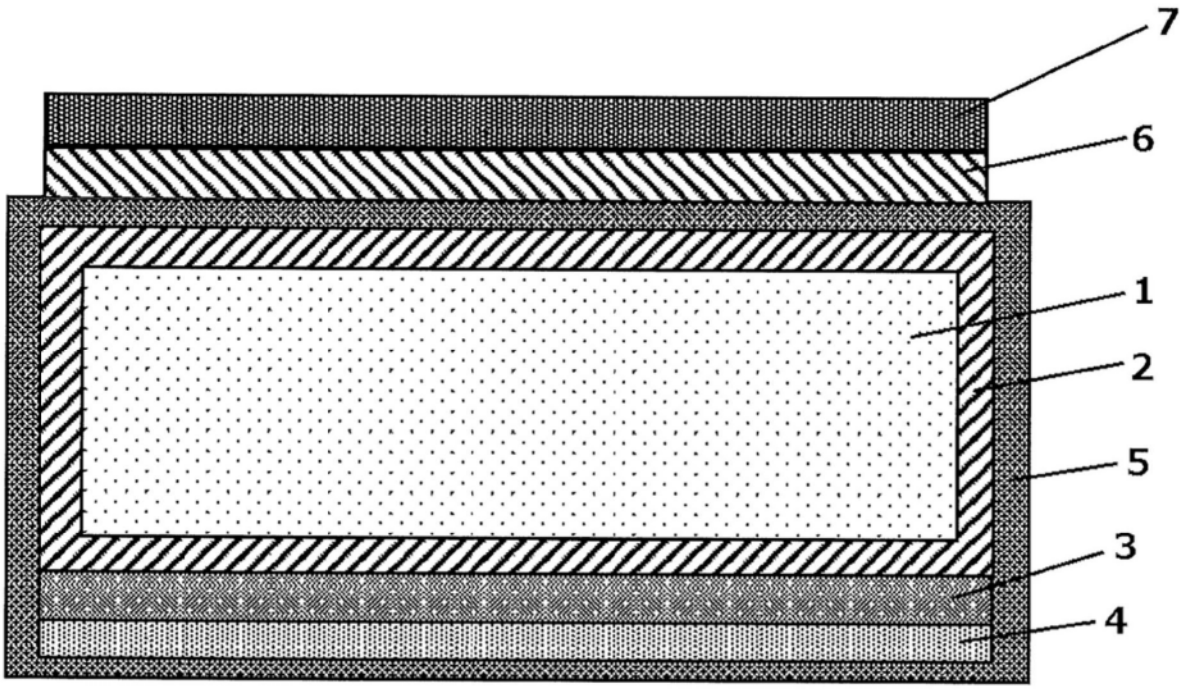


图13