



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117581333 A

(43) 申请公布日 2024. 02. 20

(21) 申请号 202280045817.3

(22) 申请日 2022.06.20

(30) 优先权数据

2021-119077 2021.07.19 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2023.12.27

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2022/024450 2022.06.20

(87) PCT国际申请的公布数据

W02023/002787 JA 2023.01.26

(71) 申请人 信越半导体株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 石崎顺也 秋山智弘 古屋翔吾

(74) 专利代理机构 北京路浩知识产权代理有限公司 11002

专利代理师 陈玉净 谢顺星

(51) Int.Cl.

H01L 21/02 (2006.01)

权利要求书1页 说明书9页 附图6页

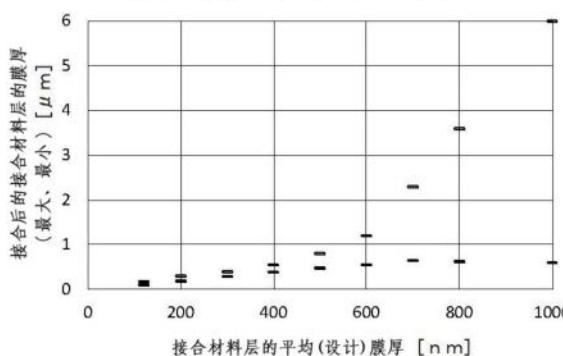
(54) 发明名称

接合型晶圆及接合型晶圆的制造方法

(57) 摘要

本发明为一种接合型晶圆,其为外延晶圆与支撑基板通过接合材料而接合的接合型晶圆,该外延晶圆为不同热膨胀系数的材料通过外延生长层叠在生长基板上的具有异质接合结构的外延晶圆,该接合型晶圆的特征在于,所述接合材料的平均厚度为0.01 μm以上且0.6 μm以下。由此,提供一种在用热固化型接合材料将具有翘曲的半导体外延基板与支撑基板接合时,能够改善由半导体外延基板的翘曲和随着热变化而发生变化的翘曲引起的接合材料的膜厚分布的接合型晶圆及其制造方法。

接合材料层膜厚 最大-最小



1. 一种接合型晶圆,其为外延晶圆与支撑基板通过接合材料而接合的接合型晶圆,所述外延晶圆为不同热膨胀系数的材料通过外延生长层叠在生长基板上的具有异质接合结构的外延晶圆,所述接合型晶圆的特征在于,

所述接合材料的平均厚度为 $0.01\mu\text{m}$ 以上且 $0.6\mu\text{m}$ 以下。

2. 根据权利要求1所述的接合型晶圆,其特征在于,所述接合材料为热固化型,且于比热固化温度更低的温度具有热软化点。

3. 根据权利要求1或2所述的接合型晶圆,其特征在于,所述接合材料由环氧树脂、苯并环丁烯(BCB)、SOG(旋涂玻璃)、PI(聚酰胺)及氟树脂中的任意一种以上构成。

4. 根据权利要求1~3中任一项所述的接合型晶圆,其特征在于,所述接合材料为软化状态。

5. 一种接合型晶圆的制造方法,其包含以下工序:

(1) 利用外延生长将不同热膨胀系数的材料层叠在生长基板上,制造具有异质接合结构的外延晶圆的工序;

(2) 准备支撑基板的工序;及

(3) 通过接合材料将所述外延晶圆的外延生长层与所述支撑基板接合的工序,所述制造方法的特征在于,

将所述接合材料的平均厚度设为 $0.01\mu\text{m}$ 以上且 $0.6\mu\text{m}$ 以下。

6. 根据权利要求5所述的接合型晶圆的制造方法,其特征在于,将所述接合材料设为:为热固化型且于比热固化温度更低的温度具有热软化点的接合材料。

7. 根据权利要求5或6所述的接合型晶圆的制造方法,其特征在于,将所述接合材料设为:由环氧树脂、苯并环丁烯(BCB)、SOG(旋涂玻璃)、聚酰胺(PI)及氟树脂中的任意一种以上构成的接合材料。

8. 一种接合型晶圆的制造方法,其包含以下工序:

(1) 利用外延生长将不同热膨胀系数的材料层叠在生长基板上,制造具有异质接合结构的外延晶圆的工序;

(2) 准备支撑基板的工序;及

(3) 通过接合材料将所述外延晶圆的外延生长层与所述支撑基板接合的工序,所述制造方法的特征在于,

在所述外延生长层上涂布热固性材料并使其固化,并进一步通过平均厚度为 $0.01\mu\text{m}$ 以上且 $0.6\mu\text{m}$ 以下的所述接合材料将所述支撑基板接合在其之上。

接合型晶圆及接合型晶圆的制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及接合型晶圆,其为将支撑基板接合于外延晶圆的接合型晶圆,该外延晶圆中使化合物半导体功能层在生长基板(起始基板)上进行了外延生长。

背景技术

[0002] 对于缓解因起始基板的物性带来的限制,提升器件系统的设计自由度而言,仅将外延功能层自起始基板上分离并移置至另一基板的技术是很重要的一种技术。为了实现移置,需要一种将外延功能层接合于支撑基板后,去除起始基板,实现移置的技术。

[0003] 专利文献1公开了一种通过介电质层将半导体外延基板与临时支撑基板热压接的技术、及一种利用湿式蚀刻分离临时支撑基板与外延功能层的技术,但当半导体外延基板的翘曲较大时,存在接合后的接合品质下降的问题。尤其是,虽然刚接合后问题并不明显,但在去除起始基板后,存在基板去除面发生凹凸、在面内产生高低差(凹面或凸面化)的问题。

[0004] 虽然与接合性的提升并无直接关联,但作为接合时的一种方式,专利文献2公开了一种透明导电层插入在粘合层与功能层之间的技术。

[0005] 当用对于入射光或放射光而言呈透明的接合材料接合光接收元件或发光元件等光学功能层时,光学上能够选择的膜厚是受限的。增厚透明接合层的膜厚有利于抑制透明接合层内的多重反射。

[0006] 此外,由于增厚接合层会增加机械强度,具有:即便半导体外延基板中存在设计上的应力,也不会损害接合层强度,在去除起始基板后能够保持外延层,并在去除起始基板时能够防止残留外延层从被接合基板上剥离的效果。因此,增加接合层厚度在光学设计及机械上是有利的。

[0007] 然而,增厚接合层会导致在接合时容易使接合层的膜厚产生分布。接合材料具有能够热固化的特性,换言之,需要使温度提升至高于室温以进行固化。半导体外延基板是一种与起始基板不同的材料的层叠体,每种材料的热膨胀系数是不同的。因此,提升温度在本质上等同于使半导体外延基板的翘曲发生变化。

[0008] 接合材料在进行热固化前为柔软的状态,其因半导体外延基板的翘曲而产生膜厚分布。刚涂布后的接合材料的膜厚分布为 $\pm 5\%$ 以下,但当半导体外延基板具有凸形状的翘曲时,晶圆中心部的接合材料会变薄,为凹形状时则会变厚。此外,该翘曲还会随着温度变化而发生变化。

[0009] 虽然对于矫正半导体外延基板的翘曲而言,对基板施加压力是有效的,但这会导致沿着压接前的翘曲形状产生接合材料的膜厚分布,即使之后施以软化处理,曾经产生的膜厚分布也无法得到大幅改善。

[0010] 其结果,当用热固化型接合材料将具有翘曲的半导体外延基板与支撑基板接合时,存在接合材料的膜厚中存在很大分布的问题。

现有技术文献

专利文献

- [0011] 专利文献1:日本特开2021-27301
专利文献2:日本特许4159421

发明内容

本发明要解决的技术问题

[0012] 本发明为了解决上述技术问题而实施,目的在于提供一种在用接合材料将具有翘曲的半导体外延基板与支撑基板接合时,能够改善由半导体外延基板的翘曲和随着热变化而发生变化的翘曲引起的接合材料的膜厚分布的接合型晶圆及其制造方法。

解决技术问题的技术手段

[0013] 为了解决上述技术问题,本发明提供一种接合型晶圆,其为外延晶圆与支撑基板通过接合材料而接合的接合型晶圆,该外延晶圆为不同热膨胀系数的材料通过外延生长层叠在生长基板上的具有异质接合结构的外延晶圆,其中,

所述接合材料的平均厚度为 $0.01\mu\text{m}$ 以上且 $0.6\mu\text{m}$ 以下。

[0014] 通过如上所述将接合材料的厚度设为 $0.01\mu\text{m}$ 以上且 $0.6\mu\text{m}$ 以下,即使在将具有异质接合结构的外延晶圆这种具有翘曲的晶圆接合于支撑基板的情况下,也能够将接合材料的最大膜厚与最小膜厚的比率设为2倍以下。

[0015] 此外,优选所述接合材料为热固化型,且于比热固化温度更低的温度具有热软化点。

[0016] 此外,优选所述接合材料包含环氧树脂、苯并环丁烯(BCB)、SOG(spin-on-glass(旋涂玻璃))、PI(Polyimide(聚酰胺))及氟树脂中的任意一种以上。

[0017] 本发明能够适合使用这种接合材料。

[0018] 此外,所述接合材料可以是软化状态。

[0019] 若接合材料是软化状态,则在需要进行剥离时,也能够容易地将支撑基板分离。

[0020] 此外,本发明提供一种接合型晶圆的制造方法,其包含以下工序:

(1) 利用外延生长将不同热膨胀系数的材料层叠在生长基板上,制造具有异质接合结构的外延晶圆的工序;

(2) 准备支撑基板的工序;及

(3) 通过接合材料将所述外延晶圆的外延生长层与所述支撑基板接合的工序,其中,

将所述接合材料的平均厚度设为 $0.01\mu\text{m}$ 以上且 $0.6\mu\text{m}$ 以下。

[0021] 通过如上所述将接合材料的厚度设为 $0.01\mu\text{m}$ 以上且 $0.6\mu\text{m}$ 以下,即便在将具有异质接合结构的外延晶圆这种具有翘曲的晶圆接合于支撑基板的情况下,也能够相对容易地制造接合材料的最大膜厚与最小膜厚的比率为2倍以下的接合型晶圆。

[0022] 此外,优选将所述接合材料设为:为热固化型且于比热固化温度更低的温度具有热软化点的接合材料。

[0023] 此外,优选将所述接合材料设为:包含环氧树脂、苯并环丁烯(BCB)、SOG(spin-on-glass(旋涂玻璃))、PI(Polyimide(聚酰胺))及氟树脂中的任意一种以上的接合材料。

[0024] 本发明能够适合使用这种接合材料。

[0025] 此外,本发明提供一种接合型晶圆的制造方法,其包含以下工序:

(1) 利用外延生长将不同热膨胀系数的材料层叠在生长基板上,制造具有异质接合结构的外延晶圆的工序;

(2) 准备支撑基板的工序;及

(3) 通过接合材料将所述外延晶圆的外延生长层与所述支撑基板接合的工序,其中,

在所述外延生长层上涂布热固性材料并使其固化,并进一步通过平均厚度为 $0.01\mu\text{m}$ 以上且 $0.6\mu\text{m}$ 以下的所述接合材料将所述支撑基板接合在其之上。

[0026] 若为这种制造方法,则即便在要求接合材料具备一定厚度的情况下,也能够改善接合材料的膜厚分布。

发明效果

[0027] 如上所述,本发明能够提供一种在用接合材料将具有翘曲的半导体外延基板与支撑基板接合时,能够改善由半导体外延基板的翘曲和随着热变化而发生变化的翘曲引起的接合材料的膜厚分布的接合型晶圆及其制造方法。

附图说明

[0028] 图1为示出本发明所发现的接合材料的设计膜厚与面内的厚度分布(最大膜厚和最小膜厚)的关系的图表。

图2为示出外延晶圆的口径与通过接合材料将该晶圆与支撑基板接合时的接合材料的面内的厚度分布(最大膜厚和最小膜厚)的关系的图表。

图3为在本发明的接合型晶圆的制造方法的第一实施方案中使外延生长层在生长基板上进行成长从而制作外延晶圆时的示意图。

图4为在本发明的接合型晶圆的制造方法的第一实施方案中通过接合材料(BCB)使支撑基板(硅晶圆)接合在外延生长层上从而制作接合型晶圆时的示意图。

图5为在本发明的接合型晶圆的制造方法的第一实施方案中将生长基板自接合型晶圆去除后的示意图。

图6为示出本发明的接合型晶圆的制造方法的第二实施方案中的下部固化层和接合材料层的总膜厚(设计厚度)与面内的厚度分布(最大膜厚和最小膜厚)的关系的图表。

图7为在本发明的接合型晶圆的制造方法的第二实施方案中使外延生长层在生长基板上进行成长从而制作外延晶圆时的示意图。

图8为在本发明的接合型晶圆的制造方法的第二实施方案中在外延生长层上涂布热固性材料(BCB)并使其固化后的示意图。

图9为在本发明的接合型晶圆的制造方法的第二实施方案中在固化后的热固性材料(BCB)上涂布接合材料(BCB)后的示意图。

图10为在本发明的接合型晶圆的制造方法的第二实施方案中通过接合材料(BCB)使支撑基板(硅晶圆)接合从而制作接合型晶圆时的示意图。

图11为在本发明的接合型晶圆的制造方法的第二实施方案中将生长基板自接合型晶圆去除后的示意图。

具体实施方式

[0029] 如上所述,寻求一种在用热固化型接合材料将具有翘曲的半导体外延基板与支撑基板接合时,能够改善由半导体外延基板的翘曲和随着热变化而发生变化的翘曲引起的接合材料的膜厚分布的接合型晶圆及其制造方法。

[0030] 本申请的发明人反复进行了深入研究,结果发现,通过将接合材料的设计(平均)厚度设为 $0.01\mu\text{m}$ 以上且 $0.6\mu\text{m}$ 以下,能够将接合材料层的面内的厚度偏差制成最大膜厚为最小膜厚的2倍以下,从而完成了本发明。

[0031] 即,本发明为一种接合型晶圆,其为外延晶圆与支撑基板通过接合材料而接合的接合型晶圆,该外延晶圆为不同热膨胀系数的材料通过外延生长层叠在生长基板上的具有异质接合结构的外延晶圆,其中,所述接合材料的平均厚度为 $0.01\mu\text{m}$ 以上且 $0.6\mu\text{m}$ 以下。

[0032] 以下,详细说明本发明,但本发明并不限于这些说明。

[0033] [接合型晶圆]

本发明的接合型晶圆为一种通过接合材料将具有异质接合结构的外延晶圆与支撑基板接合的接合型晶圆,其特征在于,接合材料的平均厚度为 $0.01\mu\text{m}$ 以上且 $0.6\mu\text{m}$ 以下。通过将接合材料的平均厚度设为 $0.6\mu\text{m}$ 以下,能够缩小由晶圆的翘曲和因热变化导致的翘曲所引起的接合材料的厚度分布。

[0034] 本申请的发明人对在设置加热固化型的接合材料层并将具有翘曲的晶圆与支撑基板接合时的接合材料层的厚度分布进行了考察,结果以往因翘曲的影响而使接合材料层产生厚度分布。将通过接合材料将在外延生长方向上具有凹翘曲的外延晶圆与支撑基板接合时的、相对于各晶圆口径的接合材料的面内的厚度的偏差(最大值、最小值)的关系示于图2。图2中的接合材料层的厚度是设计厚度设为固定 $1\mu\text{m}$ 时的值,接合材料的固化处理条件统一为 250°C 、1小时。

[0035] 外延晶圆残留有相对较大的翘曲,其在口径为 $2''\Phi$ (50mm)时为 $BOW \approx 100\mu\text{m}$,在口径为 $4''\Phi$ (100mm)时为 $BOW \approx 400\mu\text{m}$,在口径为 $6''\Phi$ (150mm)时为 $BOW \approx 1400 \sim 1600\mu\text{m}$ 的程度。

[0036] 热固化接合材料通过于固化处理温度下保持固定温度从而进行固化,但在到达固化点前必定会通过软化点一次。在温度上升过程中,为了抑制晶圆的热变形(翘曲的变形),自上下方向施加有挤压压力,但是由于相当于台座的接合材料层会发生软化,抑制晶圆变形的效果消失,接合材料层的厚度会按照晶圆的变形而发生变化。当晶圆具有凹翘曲时,晶圆外周部的接合材料层的厚度会变薄,晶圆中心部的接合材料层的厚度会变厚。

[0037] 一旦变形的接合材料层由于无法通过上下方向的挤压压力进行矫正而以该状态达到固化温度,接合材料层的厚度分布被保留,结果导致在残留该接合材料层的厚度分布的状态下进行固化。

[0038] 虽然未进行图示,越是增厚接合材料层的厚度,则该倾向越恶劣。在发光元件的情况下,由于元件的高度发生变化而导致光学特性(尤其是配光特性)发生变化,会导致产生特性偏差,成为问题。

[0039] 另一方面,如图1所示,通过将接合材料层的设计厚度(平均厚度)由 $1\mu\text{m}$ 逐渐薄化,接合材料层的面内的厚度分布有变得极小的倾向。尤其是在 $0.6\mu\text{m}$ 以下的厚度区域中,最大膜厚能够控制在最小膜厚的2倍以下,相对于设计厚度也能够控制在2倍以下。为了保持配光特性的均匀性,需要维持 $\pm 1\mu\text{m}$ 以下的高度偏差,而在图1中的接合材料层的设计厚度(旋

涂厚度)为 $0.6\mu\text{m}$ 以下的区域中,能够维持其高度分布,能够将元件特性的偏差控制在容许范围内。

[0040] 此外,后述的BCB等接合材料为对于发光波长而言呈透明的材料,并已公开了一种将对于发光波长而言呈透明的蓝宝石或石英用作支撑基板,并自支撑基板提取光的技术。此时,接合材料的折射率与透明的支撑基板不同,因此若接合材料层过薄,则有时会在接合材料层内发生多重反射,光提取效率下降。为了避免这种情况,能够通过增厚接合材料层的设计膜厚来缓解多重反射的影响。

[0041] 在本发明的接合型晶圆中,接合材料的平均厚度为 $0.01\mu\text{m}$ 以上。当比 $0.01\mu\text{m}$ 更薄时,可能会产生下述问题:因多重反射的影响导致光提取效率下降、接合处理后的面积生产率下降。

[0042] 此外,优选接合材料为热固化型且于比热固化温度更低的温度具有热软化点。进一步,接合材料优选包含环氧树脂、苯并环丁烯(BCB)、SOG(spin-on-glass(旋涂玻璃))、PI(Polyimide(聚酰胺))及氟树脂中的任意一中以上。

[0043] 此外,接合材料可进行固化,也可以是软化状态。若接合材料是软化状态,则即便在需要进行剥离时,也能够容易地将支撑基板分离。

[0044] 对于本发明的接合型晶圆,生长基板、进行外延生长的材料及支撑基板并无特别限制。

[0045] [接合型晶圆的制造方法]

此外,本发明提供一种接合型晶圆的制造方法。以下,一边参照附图,一边进一步详细说明本发明的接合型晶圆的制造方法的实施方案,但本发明并不限于此。

[0046] (第一实施方案)

本发明的接合型晶圆的制造方法的第一实施方案为一种接合型晶圆的制造方法,其包含以下工序:

(1) 利用外延生长将不同热膨胀系数的材料层叠在生长基板上,制造具有异质接合结构的外延晶圆的工序;

(2) 准备支撑基板的工序;及

(3) 通过接合材料将所述外延晶圆的外延生长层与所述支撑基板接合的工序;其中,

中,

将所述接合材料的平均厚度设为 $0.01\mu\text{m}$ 以上且 $0.6\mu\text{m}$ 以下。

[0047] 使用图3~图5对接合型晶圆的制造方法的第一实施方案进行说明。

[0048] 最初,准备具有作为外延生长层(功能层)的发光元件结构的半导体外延晶圆100,其中,如图3所示,在第一导电型GaAs生长基板1上层叠第一导电型GaAs缓冲层2后,依次生长例如 $0.3\mu\text{m}$ 的第一导电型GaInP第一蚀刻停止层3、例如 $0.3\mu\text{m}$ 的第一导电型GaAs第二蚀刻停止层4、例如 $1.0\mu\text{m}$ 的第一导电型AlGaInP第一包覆层5、无掺杂的AlGaInP活性层6、例如 $1.0\mu\text{m}$ 的第二导电型AlGaInP第二包覆层7、例如 $0.1\mu\text{m}$ 的第二导电型GaInP中间层8、例如 $4\mu\text{m}$ 的第二导电型GaP窗层9。其中,将自AlGaInP第一包覆层5至AlGaInP第二包覆层7称为双异质结构部。

[0049] 接着,制作接合型晶圆101,如图4所示,该接合型晶圆101中,通过在外延晶圆100的外延生长层上旋涂例如苯并环丁烯(BCB)作为热固化型的接合材料10,并使其与作为支

撑基板的硅晶圆11相对且重叠,并进行热压接,从而通过接合材料10将外延晶圆100与硅晶圆11接合。利用旋涂涂布BCB时,设计膜厚设为 $0.01\mu\text{m}$ 以上且 $0.6\mu\text{m}$ 以下。

[0050] 支撑基板不限于硅晶圆,只要确保了平坦性,则能够选择任意的材料。也能够选择GaAs或InP这种化合物半导体晶圆,从价格的角度出发,除了硅以外,优选选择蓝宝石或石英、锗(Ge)。

[0051] 此外,热固化型的接合材料10不限于BCB,只要具有热固性,则能够选择任意的材料。除了BCB以外,还可使用环氧树脂、SOG (spin-on-glass (旋涂玻璃))、PI (Polyimide (聚酰胺))、氟树脂等。

[0052] 本实施方案中示出了进行热压接并使热固化型的接合材料10热固化的例子,但只要接合已成立即可,接合不限于接合材料10经热固化的状态。在示例出的BCB的情况下,达到软化点、即 150°C 的温度后,即使将温度降低至室温,接合仍成立。

[0053] 接着,如图5所示,利用氨-过氧化氢等选择蚀刻液对GaAs生长基板1进行湿式蚀刻处理从而将其去除,使GaInP第一蚀刻停止层3露出。将蚀刻剂切换为盐酸系从而选择性去除GaInP第一蚀刻停止层3,使GaAs第二蚀刻停止层4露出。将蚀刻剂切换为硫酸-过氧化氢系从而选择性去除GaAs第二蚀刻停止层4,使第一包覆层5露出。通过实施以上的处理,制作仅保持双异质层和窗层的接合型晶圆。

[0054] 其中,BCB等接合材料的设计厚度设为 $0.01\mu\text{m}$ 以上且 $0.6\mu\text{m}$ 以下,由于通过旋涂形成了接合材料,过薄时,接合处理后的面积生产率有下降的倾向。接合后,为了保持90%以上的面积生产率,适宜设计 $0.05\mu\text{m}$ 以上的接合材料层膜厚。此外,若只要维持70%以上的接合面积生产率即可,则只需设计 $0.01\mu\text{m}$ 以上的接合材料层膜厚既能够实现。

[0055] (第二实施方案)

本发明的接合型晶圆的制造方法的第二实施方案为一种接合型晶圆的制造方法,其包含以下工序:

(1) 利用外延生长将不同热膨胀系数的材料层叠在生长基板上,制造具有异质接合结构的外延晶圆的工序;

(2) 准备支撑基板的工序;及

(3) 通过接合材料将所述外延晶圆的外延生长层与所述支撑基板接合的工序,其中,

在所述外延生长层上涂布热固性材料并使其固化,并进一步通过平均厚度为 $0.01\mu\text{m}$ 以上且 $0.6\mu\text{m}$ 以下的所述接合材料将所述支撑基板接合在其之上。

[0056] 通过接合材料层的薄膜化来改善接合后的接合材料层的膜厚分布、与通过接合材料层的厚膜化来提升光提取效率(外部量子效率),为二律背反的关系,但通过设置使热固性材料固化所形成的下部固化层,并在其之上形成接合材料层并进行接合,能够避免上述二律背反的条件。

[0057] 图6中示出在 $2''\Phi$ 的晶圆彼此的接合中,下部固化层和接合材料层的总膜厚(设计膜厚)与面内的厚度分布(最大值、最小值)的关系。图6的(1)为示出将接合材料层的设计厚度设为 $0.2\mu\text{m}$,并将下部固化层的设计厚度以 $0.4\sim 2.2\mu\text{m}$ 进行变更时的接合后的接合材料层和下部固化层的合计厚度的分布的数据。设计上的厚度为 $0.6\sim 2.4\mu\text{m}$ 。在现有技术的情况下,相对于 $1\mu\text{m}$ 的设计厚度,会产生 $0.6\sim 6\mu\text{m}$ 的膜厚分布,因此能够大幅改善膜厚分布。此

外,相对于设计厚度的偏离也相对较小。

[0058] 图6的(2)为示出在2"Φ的晶圆彼此的接合中,将接合材料层的设计厚度设为0.6μm,并将下部固化层的厚度以0.0~4.0μm进行变更时的接合后的接合材料层和下部固化层的合计厚度的分布的数据。相较于图6的(1)的情况,虽然偏差变大,但不会超过设计膜厚的2倍的膜厚。即,若采用本发明的方法,则能够通过厚膜的接合材料层接合具有翘曲的外延晶圆,且不会增大接合材料层的膜厚分布。

[0059] 使用图7~图11对接合型晶圆的制造方法的第二实施方案进行说明。

[0060] 最初,准备具有作为外延生长层(功能层)的发光元件结构的半导体外延晶圆100,其中,如图7所示,在第一导电型GaAs生长基板1上层叠第一导电型GaAs缓冲层2后,依次生长例如0.3μm的第一导电型GaInP第一蚀刻停止层3、例如0.3μm的第一导电型GaAs第二蚀刻停止层4、例如1.0μm的第一导电型AlGaInP第一包覆层5、无掺杂的AlGaInP活性层6、例如1.0μm的第二导电型AlGaInP第二包覆层7、例如0.1μm的第二导电型GaInP中间层8、例如4.0μm的第二导电型GaP窗层9。其中,将自AlGaInP第一包覆层5至AlGaInP第二包覆层7称为双异质结构部。

[0061] 接着,如图8所示,在外延晶圆100的外延生长层上旋涂苯并环丁烯(BCB)作为热固性材料12。能够将此时的设计膜厚设为例如0.5μm。旋涂后,在已加热至250℃的加热板上保持1小时,形成BCB固化而成的下部固化层。

[0062] 接着,如图9所示,在形成下部固化层后,旋涂苯并环丁烯(BCB)作为接合材料10,从而形成接合材料层。此时,将接合材料层的设计膜厚设为0.01μm以上且0.6μm以下。

[0063] 接着,制作接合型晶圆101,其中,如图10所示,通过在形成接合材料层后,使接合材料10与作为支撑基板的硅晶圆11相对向且重叠,并进行热压接,从而通过接合材料10和热固性材料12接合外延晶圆100与硅晶圆11。

[0064] 支撑基板不限于硅晶圆,只要确保了平坦性,则能够选择任意的材料。也能够选择GaAs或InP这种化合物半导体晶圆,从价格的角度出发,除了硅以外,优选选择蓝宝石或石英、Ge。

[0065] 此外,热固化型的接合材料10、及用以形成下部固化层的热固性材料12不限于BCB,只要具有热固性,则能够选择任意的材料。除了BCB以外,还可使用环氧树脂、SOG(spin-on-glass(旋涂玻璃))、PI(Polyimide(聚酰胺))、氟树脂等。此外,接合材料10和热固性材料12优选设为相同材料。

[0066] 本实施方案中示出了进行热压接并使热固化型的接合材料10热固化的例子,但是只要接合已成立即可,接合不限于接合材料10热固化后的状态。在示例出的BCB的情况下,在达到软化点即150℃的温度后,即使将温度降低至室温,接合仍成立。

[0067] 接着,如图11所示,利用氨-过氧化氢等选择蚀刻液对GaAs生长基板1进行湿式蚀刻处理从而将其去除,使GaInP第一蚀刻停止层3露出。将蚀刻剂切换为盐酸系从而选择性去除GaInP第一蚀刻停止层3,使GaAs第二蚀刻停止层4露出。将蚀刻剂切换为硫酸-过氧化氢系从而选择性去除GaAs第二蚀刻停止层4,使第一包覆层5露出。通过实施以上的处理,制作仅保持双异质层和窗层的接合型晶圆。

[0068] 此外,作为设置于接合材料层的下方的由施加了固化处理的热固性材料形成的下部固化层的膜厚,本实施方案中示出了0.5μm的例子,但并不限于该膜厚,例如能够设为

0.01 μm ~ 5.0 μm 。下部固化层的厚度能够自由选择。若下部固化层的厚度变厚,则去除生长基板后的残留外延层的机械强度变高,抑制剥离的效果升高。

[0069] 此外,由于通过旋涂形成了接合材料,当接合材料的厚度过薄时,接合处理后的面积生产率有下降的倾向。接合后,为了保持90%以上的面积生产率,优选设计0.05 μm 以上的接合材料膜厚。此外,若只要维持70%以上的接合面积生产率即可,则只需设计0.01 μm 以上的接合材料层膜厚既能够实现。

实施例

[0070] 以下,使用实施例及比较例来具体说明本发明,但本发明并不限于这些例子。

[0071] (实施例1)

准备具有作为外延生长层的发光元件结构的半导体外延晶圆,其中,在第一导电型GaAs生长基板上层叠第一导电型GaAs缓冲层后,依次生长0.3 μm 的第一导电型 $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{P}$ ($0.4 \leq x \leq 0.6$) 第一蚀刻停止层、0.3 μm 的第一导电型GaAs第二蚀刻停止层、1.0 μm 的第一导电型 $(\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y})_x\text{In}_{1-x}\text{P}$ ($0.4 \leq x \leq 0.6, 0 < y \leq 1$) 第一包覆层、无掺杂的 $(\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y})_x\text{In}_{1-x}\text{P}$ ($0.4 \leq x \leq 0.6, 0 \leq y \leq 0.6$) 活性层、1.0 μm 的第二导电型 $(\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y})_x\text{In}_{1-x}\text{P}$ ($0.4 \leq x \leq 0.6, 0 < y \leq 1$) 第二包覆层、0.1 μm 的第二导电型GaInP中间层、4 μm 的第二导电型GaP窗层。

[0072] 制作第一接合型晶圆,其中,在半导体外延晶圆上旋涂苯并环丁烯(BCB)作为热固化型的接合材料,从而形成接合材料层,使其与作为支撑基板的硅晶圆相对且重叠,并进行热压接,由此通过BCB将半导体外延晶圆与硅晶圆接合。利用旋涂涂布BCB时,设计膜厚设为0.6 μm 。

[0073] 利用氨-过氧化氢对GaAs生长基板进行湿式蚀刻处理从而将其去除,使GaInP第一蚀刻停止层露出。将蚀刻剂切换为盐酸系从而选择性去除GaInP第一蚀刻停止层,使GaAs第二蚀刻停止层露出。将蚀刻剂切换为硫酸-过氧化氢系从而选择性去除GaAs第二蚀刻停止层,使第一包覆层露出。通过实施以上的处理,制作仅保持双异质层和窗层的第二接合型晶圆。

[0074] 对该接合型晶圆的接合部的厚度分布进行考察,结果最大膜厚与最小膜厚的比值为1.9倍。可知相较于后述比较例,大幅改善了厚度分布。

[0075] (实施例2)

准备具有作为外延生长层的发光元件结构的半导体外延晶圆,其中,在第一导电型GaAs生长基板上层叠第一导电型GaAs缓冲层后,依次生长0.3 μm 的第一导电型 $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{P}$ ($0.4 \leq x \leq 0.6$) 第一蚀刻停止层、0.3 μm 的第一导电型GaAs第二蚀刻停止层、1.0 μm 的第一导电型 $(\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y})_x\text{In}_{1-x}\text{P}$ ($0.4 \leq x \leq 0.6, 0 < y \leq 1$) 第一包覆层、无掺杂的 $(\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y})_x\text{In}_{1-x}\text{P}$ ($0.4 \leq x \leq 0.6, 0 \leq y \leq 0.6$) 活性层、1.0 μm 的第二导电型 $(\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y})_x\text{In}_{1-x}\text{P}$ ($0.4 \leq x \leq 0.6, 0 < y \leq 1$) 第二包覆层、0.1 μm 的第二导电型GaInP中间层、4.0 μm 的第二导电型GaP窗层。

[0076] 在半导体外延晶圆上旋涂苯并环丁烯(BCB)作为热固性材料。此时将设计膜厚设为0.5 μm 。旋涂后,在已加热至250 $^\circ\text{C}$ 的加热板上保持1小时,形成BCB固化而成的下部固化层。

[0077] 形成下部固化层后,旋涂苯并环丁烯(BCB)作为接合材料,从而形成接合材料层。此时,将接合材料层的设计膜厚设为0.1 μm 。

[0078] 形成接合材料层后,制作第一接合型晶圆,其中,使接合材料层与作为支撑基板的

硅晶圆相对且重叠,并进行热压接,由此通过BCB将半导体外延晶圆与硅晶圆接合。

[0079] 利用氨-过氧化氢对GaAs生长基板进行湿式蚀刻处理从而将其去除,使GaInP第一蚀刻停止层露出。将蚀刻剂切换为盐酸系从而选择性去除GaInP第一蚀刻停止层,使GaAs第二蚀刻停止层露出。将蚀刻剂切换为硫酸-过氧化氢系从而选择性去除GaAs第二蚀刻停止层,使第一包覆层露出。通过实施以上的处理,制作仅保持DH层和窗层的第二接合型晶圆。

[0080] 对该接合型晶圆的接合部的厚度分布进行考察,结果最大膜厚与最小膜厚的比值为1.3倍。

[0081] (比较例)

准备具有作为外延生长层的发光元件结构的半导体外延晶圆,其中,在第一导电型GaAs生长基板上层叠第一导电型GaAs缓冲层后,依次生长 $0.3\mu\text{m}$ 的第一导电型 $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{P}$ ($0.4 \leq x \leq 0.6$) 第一蚀刻停止层、 $0.3\mu\text{m}$ 的第一导电型GaAs第二蚀刻停止层、 $1.0\mu\text{m}$ 的第一导电型 $(\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y})_x\text{In}_{1-x}\text{P}$ ($0.4 \leq x \leq 0.6, 0 < y \leq 1$) 第一包覆层、无掺杂的 $(\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y})_x\text{In}_{1-x}\text{P}$ ($0.4 \leq x \leq 0.6, 0 \leq y \leq 0.6$) 活性层、 $1.0\mu\text{m}$ 的第二导电型 $(\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y})_x\text{In}_{1-x}\text{P}$ ($0.4 \leq x \leq 0.6, 0 < y \leq 1$) 第二包覆层、 $0.1\mu\text{m}$ 的第二导电型GaInP中间层、 $4.0\mu\text{m}$ 的第二导电型GaP窗层。

[0082] 制作接合型晶圆,其中,在半导体外延晶圆上旋涂 $1.0\mu\text{m}$ 的BCB作为接合材料,使其与蓝宝石晶圆相对且重叠,并进行热压接,由此通过BCB将外延晶圆与蓝宝石晶圆接合。接合时,在BCB的温度超过 150°C 且在 350°C 以下的条件下实施。进一步,在 250°C 保持1小时,从而实施固化处理。

[0083] 利用氨-过氧化氢对GaAs生长基板进行湿式蚀刻处理从而将其去除,使GaInP第一蚀刻停止层露出。将蚀刻剂切换为盐酸系从而选择性去除GaInP第一蚀刻停止层,使GaAs第二蚀刻停止层露出。将蚀刻剂切换为硫酸-过氧化氢系从而选择性去除GaAs第二蚀刻停止层,使第一包覆层露出。通过实施以上的处理,制作仅保持双异质层和窗层的接合型晶圆。

[0084] 对该接合型晶圆的接合部的厚度分布进行考察,结果最大膜厚与最小膜厚的比值为8.5倍。

[0085] 如实施例1、2的结果所示,可知本发明通过将接合材料的设计厚度(平均厚度)设为 $0.6\mu\text{m}$ 以下来制作接合型晶圆,能够大幅改善由翘曲引起的接合材料的厚度分布。另一方面,由比较例1的结果可知,若以接合材料的设计厚度比 $0.6\mu\text{m}$ 更厚的方式制作接合型晶圆,则接合材料的厚度分布会变大。

[0086] 另外,本发明并不限于上述实施方案。上述实施方案为示例,任何具有实质上与本发明的权利要求书所记载的技术构思相同的构成且发挥相同技术效果的方案均包含在本发明的保护范围内。

接合材料层膜厚 最大-最小

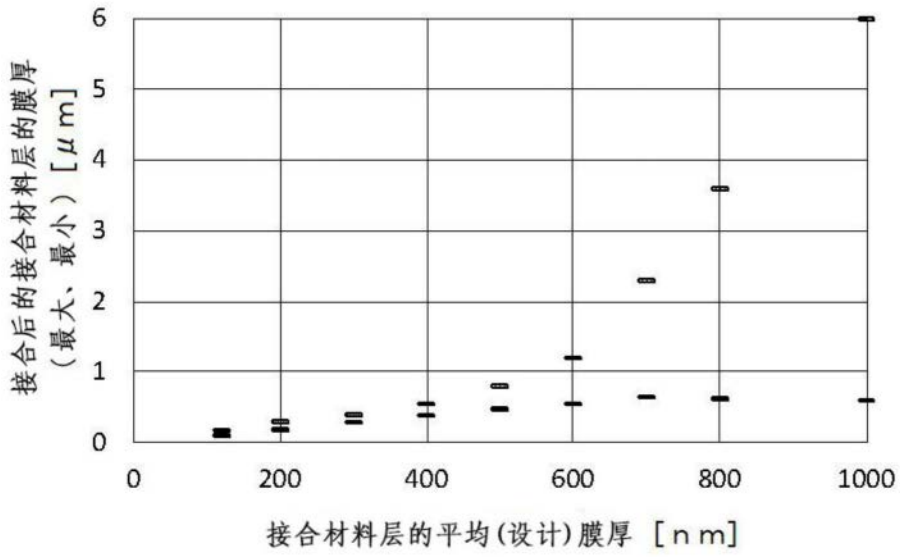


图1

接合材料层膜厚 最大-最小

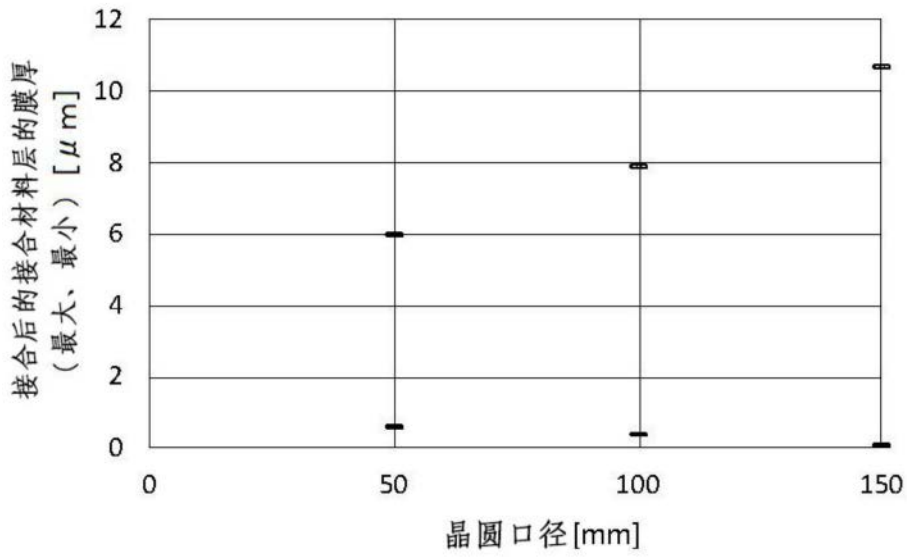


图2

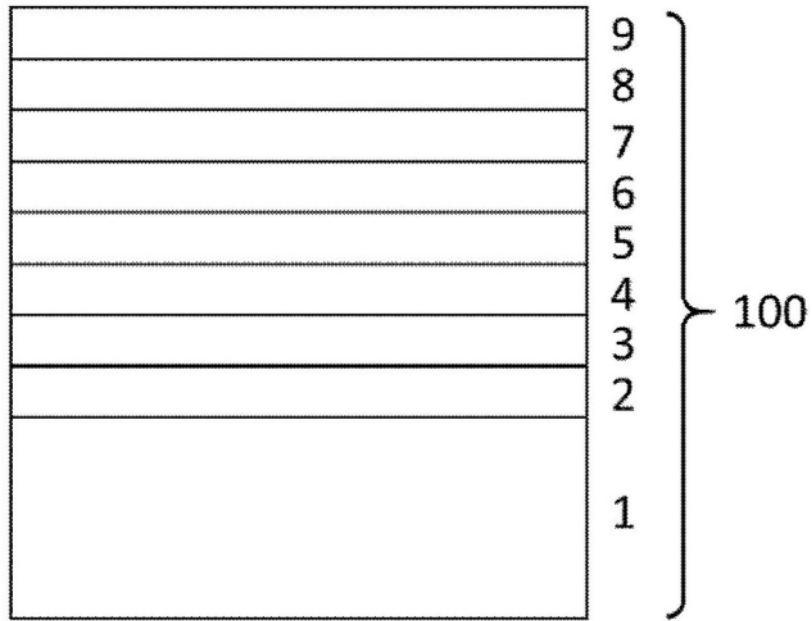


图3

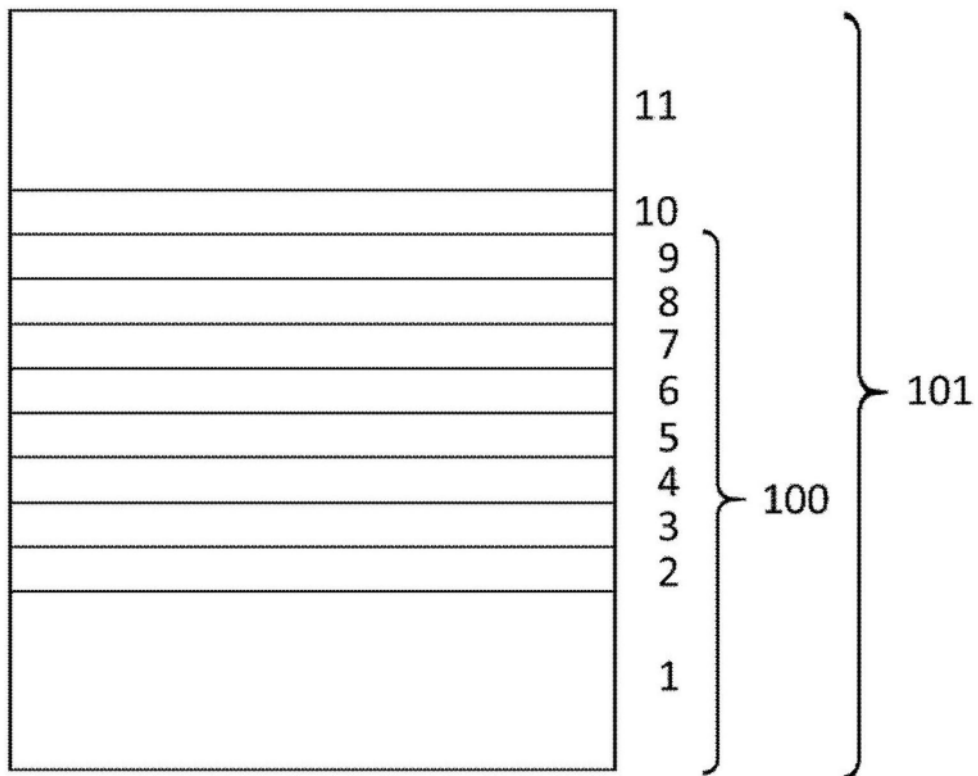


图4

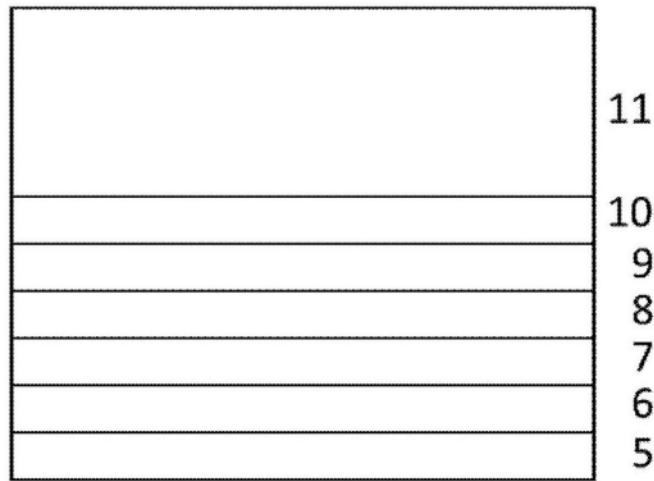


图5

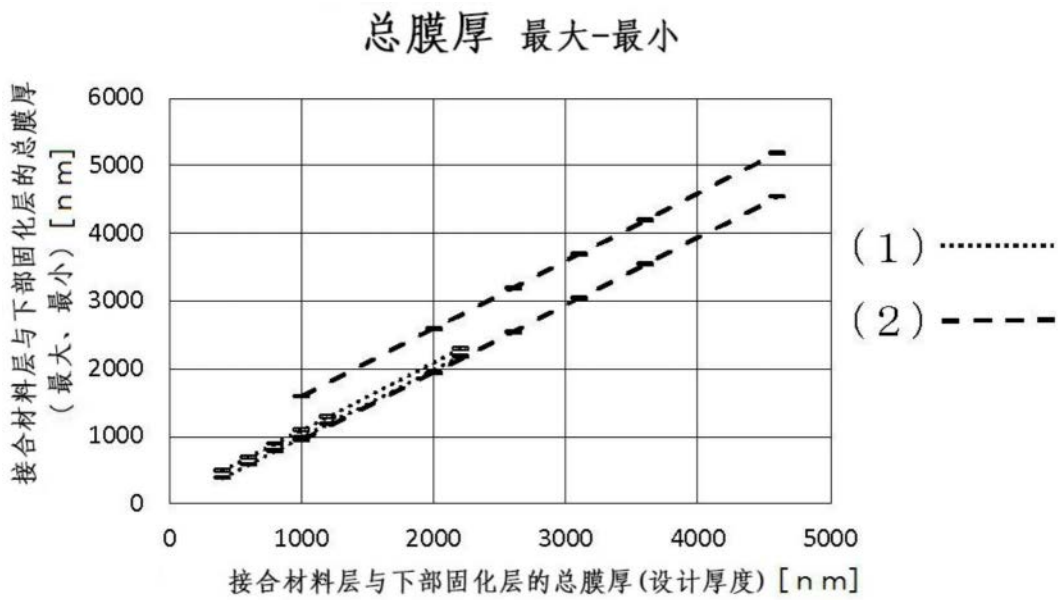


图6

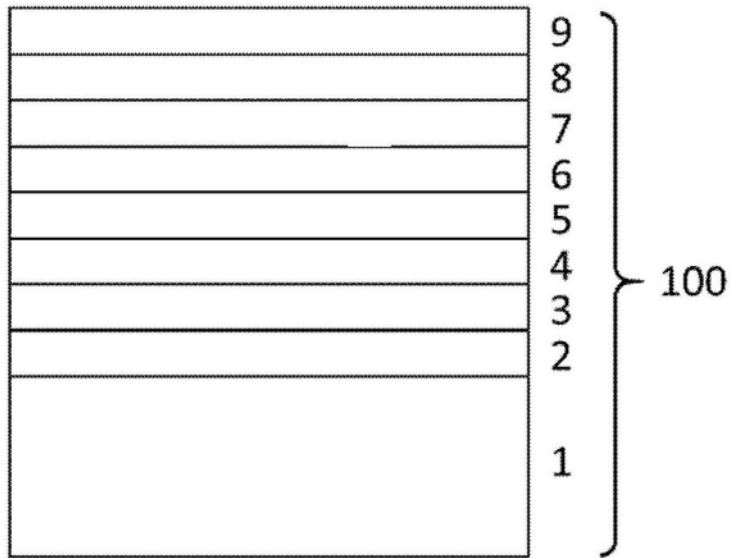


图7

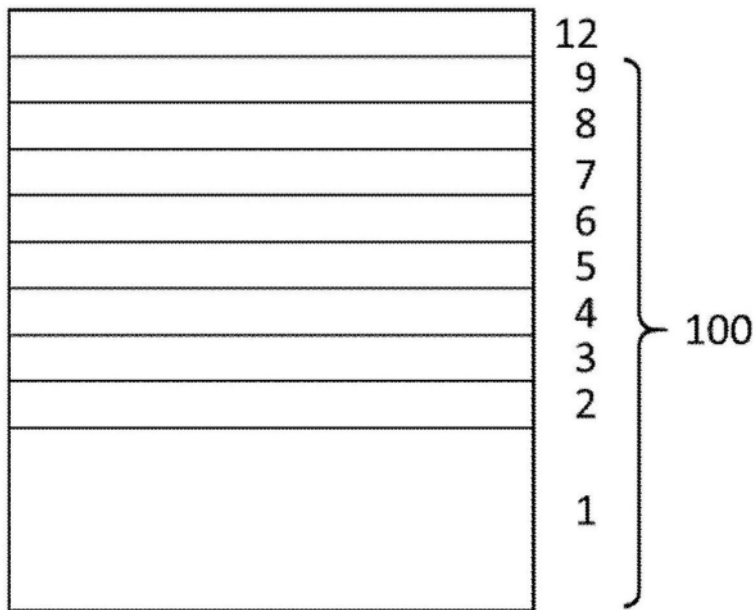


图8

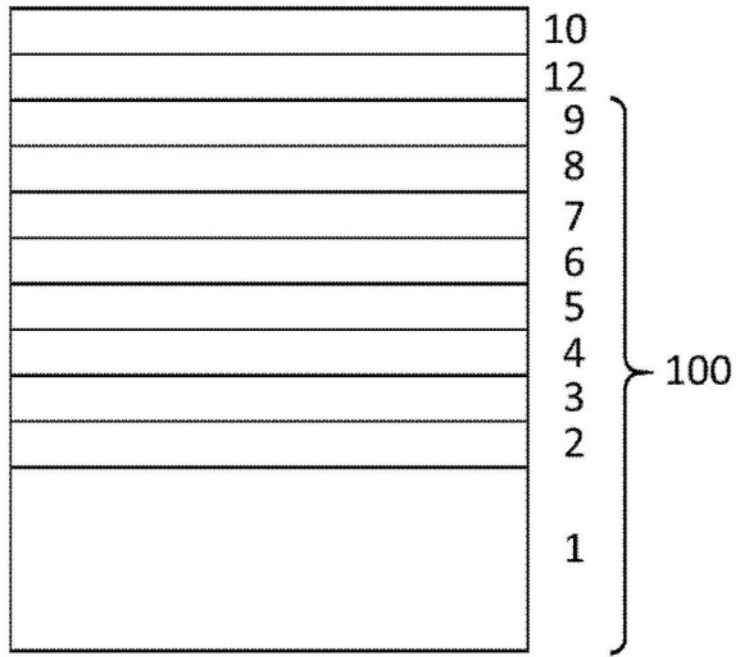


图9

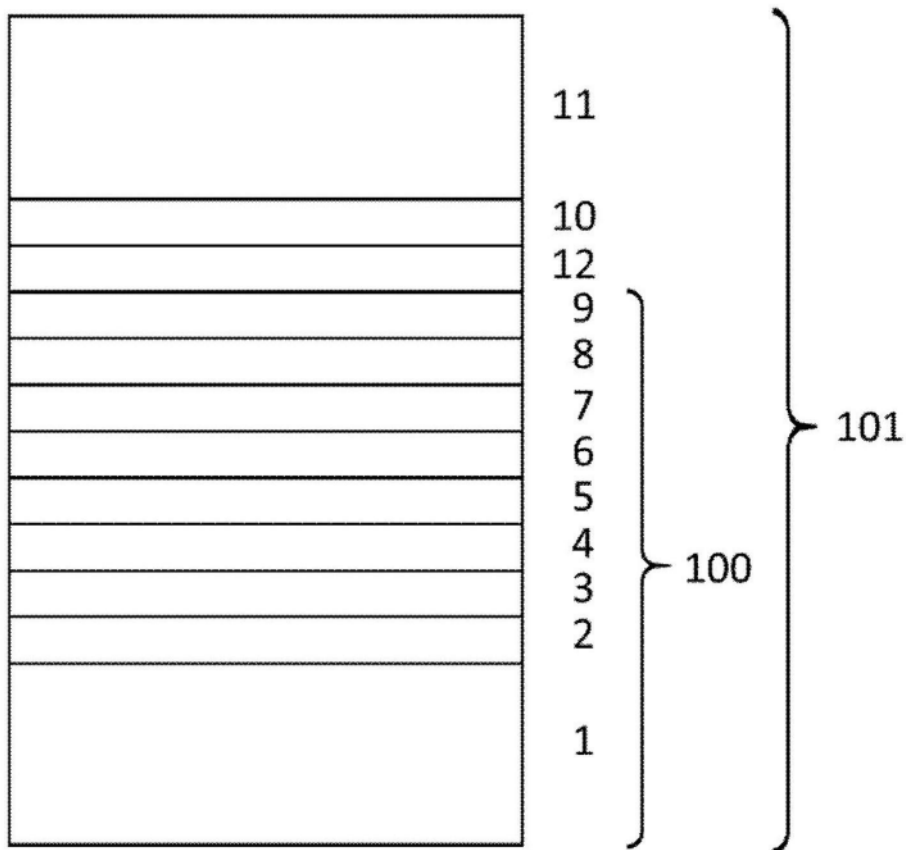


图10

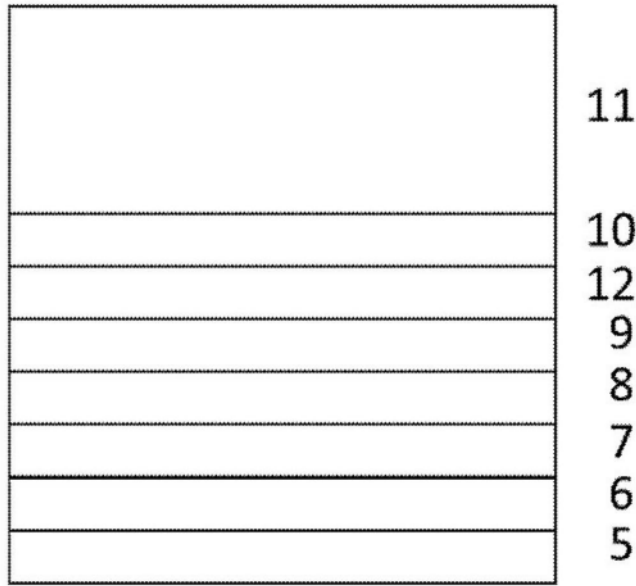


图11