



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200680023943.X

[45] 授权公告日 2009年12月9日

[11] 授权公告号 CN 100568560C

[22] 申请日 2006.6.20

[21] 申请号 200680023943.X

[30] 优先权

[32] 2005.7.1 [33] FI [31] 20050707

[86] 国际申请 PCT/FI2006/000220 2006.6.20

[87] 国际公布 WO2007/003684 英 2007.1.11

[85] 进入国家阶段日期 2007.12.29

[73] 专利权人 奥普特冈有限公司

地址 芬兰埃斯堡

[72] 发明人 弗拉德斯拉夫·E·鲍格诺夫

马克西姆·A·欧得诺莱多夫

[56] 参考文献

CN1498427A 2004.5.19

CN1402880A 2003.3.12

US6781160B1 2004.8.24

CN1610135A 2005.4.27

CN1450667A 2003.10.22

CN1484349A 2004.3.24

审查员 萨日娜

[74] 专利代理机构 北京安信方达知识产权代理有限公司

代理人 颜涛 郑霞

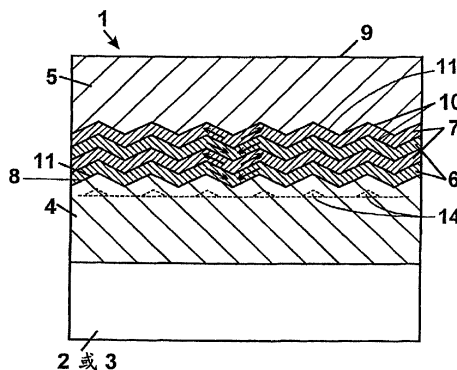
权利要求书3页 说明书9页 附图3页

[54] 发明名称

半导体结构及制造半导体结构的方法

[57] 摘要

一种半导体结构，它由具有纤锌矿晶体结构的III族金属氮化物组成，并在(0001)定向半导体基片上气相生长。该结构包含底部覆层、顶部覆层、及位于覆层间的扩散区，以扩散在半导体结构内传播的光。为了在扩散区和覆层之间提供光扩散分界面，扩散区具有不同于那些覆层的折射率和不平坦表面。根据本发明，扩散区包括多个扩散层，所述的扩散层的成分和厚度已被选定，以避免在扩散区形成应变诱导位错。相邻扩散层具有不同的折射率，以进一步提高扩散效率。



1. 一种半导体结构(1), 其由具有纤锌矿晶体结构的III族金属氮化物形成, 并在(0001)定向半导体基片(2, 3)上气相生长, 所述半导体结构包括

底部覆层(4);

顶部覆层(5), 其具有生长在所述底部覆层之上的平坦的上表面(9), 所述顶部覆层的晶格常数与所述底部覆层的晶格常数相同; 以及

扩散区, 其位于所述底部覆层(4)和所述顶部覆层(5)之间, 以扩散在所述半导体结构(1)内传播的光, 所述扩散区具有与所述覆层不同的折射率及不平坦的表面, 以在所述扩散区和所述覆层之间提供光扩散界面,

所述半导体结构特征在于所述扩散区包含多个扩散层(6, 7), 所述扩散层的成分及厚度选择成避免在所述扩散区形成应变诱导位错, 以及为了进一步提高扩散效率, 相邻扩散层(6, 7)具有不同的折射率。

2. 如权利要求1所述的半导体结构(1), 其特征在于所述氮化物是 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x-y}\text{In}_y\text{N}$ 形式, 其中 $0 \leq x \leq 1$ 且 $0 \leq y \leq 1$ 。

3. 如权利要求1所述的半导体结构(1), 其特征在于所述底部覆层和顶部覆层是相同材料的。

4. 如权利要求2所述的半导体结构(1); 其特征在于所述底部覆层和顶部覆层是相同材料的。

5. 如权利要求3所述的半导体结构(1), 其特征在于所述扩散层(6, 7)对于所述覆层(4, 5)是晶格匹配的。

6. 如权利要求4所述的半导体结构(1), 其特征在于所述扩散层(6, 7)对于所述覆层(4, 5)是晶格匹配的。

7. 如权利要求3所述的半导体结构(1), 其特征在于所述扩散层(6, 7)对于所述底部覆层(4)及所述顶部覆层(5)是晶格错配的, 每个扩

散层的厚度小于 Matthews-Blakeslee 临界厚度，为了避免所述扩散层中的应变累积，对于所述覆层（4，5），两个相邻扩散层中的一个具有正晶格错配，而另一个具有负晶格错配。

8. 如权利要求 4 所述的半导体结构（1），其特征在于所述扩散层（6，7）对于所述底部覆层（4）及所述顶部覆层（5）是晶格错配的，每个扩散层的厚度小于 Matthews-Blakeslee 临界厚度，为了避免所述扩散层中的应变累积，对于所述覆层（4，5），两个相邻扩散层中的一个具有正晶格错配，而另一个具有负晶格错配。

9. 如权利要求 1—8 的任何一个所述的半导体结构（1），其特征在于所述底部覆层和所述扩散层具有上表面，所述上表面的晶面具有不同于（0001）且类型 $\{1\bar{1}00\}$ 的结晶率。

10. 一种制造半导体结构（1）的方法，所述半导体结构由具有纤锌矿晶体结构的 III 族金属氮化物组成，并在（0001）定向半导体基片（2，3）上气相生长，所述方法包括以下步骤

气相生长底部覆层（4）；

在所述底部覆层之上气相生长扩散区，以扩散在所述半导体结构（1）内部传播的光，所述扩散区具有与所述底部覆层不同的折射率及不平坦表面；以及

在所述扩散区之上气相生长顶部覆层（5），所述顶部覆层具有平坦上表面（9）、与所述扩散区的折射率不同的折射率、以及与所述底部覆层的晶格常数相同的晶格常数，

所述方法特征在于所述扩散区的生长包含生长多个扩散层（6，7）的步骤，所述扩散层的成分及厚度选择成避免在层交界面形成应变诱导位错，以及为了进一步提高所述扩散效率，相邻扩散层（6，7）具有不同的折射率。

11. 如权利要求 10 所述的方法，其特征在于所述氮化物是 $Al_xGa_{1-x-y}In_yN$ 形式，其中 $0 \leq x \leq 1$ 且 $0 \leq y \leq 1$ 。

12. 如权利要求 10 所述的方法，其特征在于所述底部覆层和所述顶部

覆层是相同材料的。

13. 如权利要求 11 所述的方法，其特征在于所述底部覆层和所述顶部覆层是相同材料的。

14. 如权利要求 12 所述的方法，其特征在于生长具有与所述覆层（4，5）相同的晶格常数的扩散层（6，7）。

15. 如权利要求 13 所述的方法，其特征在于生长具有与所述覆层（4，5）相同的晶格常数的扩散层（6，7）。

16. 如权利要求 12 所述的方法，其特征在于生长扩散层（6，7），每个所述扩散层具有与所述覆层（4，5）不同的晶格常数、小于 Matthews-Blakeslee 临界厚度的厚度，为了避免在所述扩散层中的应变累积，两个相邻扩散层（6，7）中的一个的晶格常数大于所述覆层（4，5）的晶格常数，而另一个的晶格常数小于所述覆层（4，5）的晶格常数。

17. 如权利要求 13 所述的方法，其特征在于生长扩散层（6，7），所述扩散层的每个具有与所述覆层（4，5）不同的晶格常数、小于 Matthews-Blakeslee 临界厚度的厚度，为了避免在所述扩散层中的应变累积，两个相邻扩散层（6，7）中的一个的晶格常数大于所述覆层（4，5）的晶格常数，而另一个的晶格常数小于所述覆层（4，5）的晶格常数。

18. 如在权利要求 10—17 的任何一个所述的方法，其特征在于生长底部覆层和扩散层，所述底部覆层和所述扩散层的每个具有上表面，所述上表面的晶面具有不同于（0001）且类型 $\{1\bar{1}00\}$ 的结晶率。

19. 如权利要求 18 所述的方法，其特征在于所述底部覆层的生长的所述步骤包括在（0001）定向表面形成沉淀物（14）的步骤，所述沉淀物的高度为 $0.1\mu\text{m} - 0.5\mu\text{m}$ 以及表面密度为 $10^7 - 10^8\text{cm}^{-2}$ 。

20. 如权利要求 19 所述的方法，其特征在于所述沉淀物（14）通过由一系列短低温沉积所组成的处理形成，其在 $450\text{C}^0 - 700\text{C}^0$ 的温度范围中执行，接着是高温层退火阶段，其在 $900\text{C}^0 - 1150\text{C}^0$ 的温度范围中执行。

半导体结构及制造半导体结构的方法

技术领域

本发明一般涉及一种具有增强光扩散性能的半导体结构，其用作发光器件的一部分。更独特地，本半导体结构由具有纤锌矿晶体结构的 III 族金属氮化物组成，并在 (0001) 定向基片 (oriented substrate) 上气相生长，其由半导体结构材料或异质材料形成。本发明还涉及一种制造这种结构的方法。

背景技术

用于发光二极管的半导体结构的设计，通过两个主要参数影响了二极管的整体效率：即光产生区内电功率转换为光功率的效率及结构中该区域内产生的光的发射效率。发光结构由 III 族金属氮化物构成，其以气相生长于异质基片，反射率小于结构材料的反射率，在所述发光结构中，由于在结构/基片和结构/周围界面发生的反射，所以产生的光的大部分在结构内部进行传播。只有在某一临界角内传播的光的部分能经过结构表面离开结构，这个临界角根据 Snell 定律限定并与表面标准方向有关。这个临界角依赖于周围材料、基片和结构材料的折射率。由于基片的折射率（如蓝宝石折射率约为 1.8）和周围材料（如典型的树脂封装折射率约为 1.5）的折射率间差异显著，与结构材料的折射率（ $\approx 2.5 - 3$ ）相比，这个临界角相对要小。作为波导，大于三分之二的光可以在结构层中传播。在发光二极管芯片(chip)上，这些光潜在具有能经过芯片表面离开的可能。然而，由于结构层和电极存在许多损耗机理，所以大部分的光在离开芯片表面前就损失了。因此，光从结构中发射出来的效率显著下降，这会导致器件整体效率降低。

许多方法中包含了换位(ex-situ)工艺操作,这些方法组成了专心于此问题的发明的重要部分。一种改进自结构发射光的性能的方法是将光发射表面制成半圆形。这种方法由 Scifres 和 Burnham 在美国专利 3,954,534 中公开,它包括基片上半圆形凹槽的形成,及在基片上半导体层的后续生长和移开基片。另外一种解决方法由 Krames 和 Kish Jr 在美国专利 5,779,924 中公开。这种方法提出通过制造规则的表面结构,来实现从结构到周围的整体光功率传输的增加。这种结构减少了结构和周围之间分界面的菲涅耳反射,并且增大了临界角,光可通过表面离开结构,在此临界角内进行传播。Kish Jr 和 Stockman 在美国专利 5,793,062 中提出,在结构内部嵌入不吸收的、分布式的布拉格反射器,其设计成使光改变方向以远离诸如芯片内部接触面的吸收结构。事实上,对于 III 族氮金属要产生水平分布式的布拉格反射器是很难的。Gardner 等人在美国专利 6,847,057 B1 中公开了一种发光器件,其中通过构造基片表面、或结构表面、或某个内部结构接触面而提供改进的光扩散。这项发明还提出使用一种可选的极化选择层,使有效区发射的光子被极化。极化选择层可以是线栅偏振器(wire grid polarizer),它可在与器件层相对的基片的一面上形成。线栅偏振器反射那些与界线平行的极化光子,并且传送那些与界线垂直的极化光子。线栅偏振器和反射结构表面的结合应该使光子反复循环,直到它们达到一个确定的极性。通过上面所述,这些方法的一个共同缺点是:尽管它们提供有效的光扩散,但是它们需要许多换位操作,这会导致制造过程复杂。

几种原位(in situ)方法已经被提出了。Krames 等人在美国专利 6,649,440 B1 中公开了一种以改进的光提取效率制造发光器件的原位方法。此种方法利用一个厚的多层外延结构,其增加了光从器件提取的效率。多层结构不吸收光,其增加的厚度允许波导内受限的光线通过结构的面离开发光器件,具有较小的反射,从而避免了光在有源区和电极内的损失。此方法的一个缺点是多层结构必须比发光区域厚,以提供自器件的光提取的重大改进,因此,与传统的结构相比,会明显导致较长的生长时间及这种结构的成本增加。此外,厚的多层结构会导致发光结构中产生重大应变(strain)。Krames 等人在美国专利 6,683,327 B2 中公开了一种发光器件,它包含一种含有铝的成核层。选择成核层的厚度及铝成分,以符合基片和器

件层的折射率要求,使得来自于器件层而入射到成核层的光有 90%被提取到基片。这种方法的一个缺点是:由于成核层具有提供有效光扩散所需要的厚度,很难在这样的成核层上气相生长发光结构而不恶化上述生长层的结构质量。Thibeault 等人在美国专利 6,821,804 中公开了几种方法,这些方法基于在外延生长前在结构内部或基片上形成的光提取元件的阵列的产生。由于形成光提取元件阵列以提供折射率的空间变化,所以受限于波导的光通过与阵列相互作用,改变了传播方向并可离开发光器件。这些方法显著改进了从结构发射光的性能。然而,内含的异质材料可在结构层中引入其它的缺陷。另一种提出的方法是插入散射层,其在外延生长前形成于结构内部或基片上。然而为了给有效光折射提供足够大的折射率差异,由三族金属氮化物制成的层应具有可在结构中引入明显附加应变的厚度和成分。Shen 等人在美国专利 6,903,376 B2 中公开了一种发光器件,它包括发光区和通过一层或更多层与发光区分离的反射面。发光区和反射接触面的间距介于 $0.5\lambda_n$ 和 $0.9\lambda_n$ 之间或 λ_n 和 $1.4\lambda_n$ 之间等等,这里 λ_n 是自发光区发射的光的波长,而在此区器件分隔了发光区和反射接触面。根据本发明,由于自反射接触面反射的光的相移和直接从发光区发射出来的光与自接触面反射的光的干涉,上部通量的光提取效率是分隔距离的函数,它具有某些极大值。然而实际上,这种现象只对单原子阱区有效,当合成的发光区具有几个原子阱区时效果不太显著。上述所有原位方法的一个共同缺点是:它们导致结构中产生附加的应变,随之产生缺陷密度的增加。

作为最近的解决方法之一, Lee 等人在美国专利申请 2005/0082546 A1 中公开了一种方法。这种方法包括基片的组成,基片至少有一个具有曲线表面的突出部分,其中可以获得相同的均匀应力。虽然这种器件在结构中保留了相同的缺陷密度,但其改进了光的提取。这种方法的一个缺点是,尽管它提供了有效的光扩散,但它需要复杂的制造过程,包括换位操作。

发明目的

本发明的目的是除去上面提到的现有技术的缺点。

特别地,本发明的目的在于公开一种新型半导体结构,此结构具有提

高的光扩散性能，而不形成附加的应变诱导位错(dislocation)，从而使得利用半导体结构的发光器件的亮度大大增加，所述半导体结构由具有纤锌矿晶体结构的三族金属氮化物形成，并在(0001)定向基片上气相生长，所述基片由半导体结构材料或异质材料形成。

本发明的另一目的是公开一种新型、有效、易于完全控制的原位方法，用于制造上述类型的半导体结构。

发明内容

依照本发明的半导体结构以下述所说明的内容为特征。该结构由具有纤锌矿晶体结构的 III 族金属氮化物形成，并在(0001)定向半导体基片上气相生长。基片可由半导体结构材料或一些异质材料形成。半导体结构包括一个底部覆层和一个顶部覆层，平坦的上部表面生长于底部覆层上。顶层覆层的晶格常数与底部覆层的晶格常数相同。覆层的不同的晶格常数会导致结构中形成应变诱导。结构中一个重要部分是扩散区，它位于底部覆层和顶部覆层之间，用于扩散在半导体结构中传播的光。扩散区具有与覆层不同的折射率及不平坦的表面，以在扩散区和覆层之间形成光扩散界面。不平坦的表面可提供不同方向的扩散交界面。这种表面使生长于结构之上的发光器件层所发射出的光线能够随机改变它们的传播方向，所以可以改进具有可能离开器件的一个方向的概率。因此，发光器件的亮度得到改善。在顶部覆层生长期间，扩散区不平坦的上表面变形为平坦的表面。这样的平坦的表面很适于发光器件层在它上面的进一步外延生长。本文所使用的术语“层”通常指一个单独的晶体外延层。术语“扩散”指改变光在分界面传播方向的所有种类的机制，包括反射，漫射和折射。

根据本发明，所述扩散区包括多个扩散层，选择扩散层的成分和厚度以避免在扩散区域形成应变诱导位错。优选的，每个扩散层具有不平坦的表面以实现扩散效率的最大化。避免形成位错是非常重要的，因为位错会导致随后生长于半导体结构之上的发光器件层的性质退化。可以通过在结构内部提供有效的应变松弛来避免位错。另外根据本发明，邻近扩散层的折射率是不同的，以通过扩散层接触面数量的增加进一步增强扩散效率。

选择扩散层的总厚度来提供有效的光扩散。扩散层和覆层的折射率差异越大,则所需的扩散区总厚度越小。本发明的结构提供了增强的光扩散性能,使得生长于结构顶部的发光器件的亮度得到大大增强而不会在层中引入附加的位错。现有技术中需要通过插入单独的扩散层来提供光扩散,与其相比本发明有重大进步。

本发明的基本想法适用于不同的材料。在所述的一个优选实施方案中,III族金属氮化物是 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x-y}\text{In}_y\text{N}$ 的形式,其中 $0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1$ 。

优选实施方案中,底部覆层和顶部覆层是同一种材料。在这种情况下,扩散层优选的是与覆层匹配的晶格。因此,扩散区域的插入不会导致层中产生弹性的错配应力,而且失配位错在层接触面形成。另外一种方法是,扩散层对于底部覆层和顶部覆层是晶格错配,并且每个独立扩散层的厚度比 Matthews-Blakeslee 的临界厚度要小,这里的临界厚度是无位错时的厚度最大值。稍后在本文中将对基于 Matthews-Blakeslee 临界厚度的理论进行解释。另外,在本实施方案中,相对于覆层,两邻近扩散层中的一层具有正的晶格错配,而另一层具有负的晶格错配,以此避免扩散区的应变积聚。这个特点与在 Matthews-Blakeslee 的临界厚度下的厚度限制,可使扩散区具有足够的厚度而无附加的应变诱导位错。例如,某堆栈由第一和第二扩散层对组成,它们具有相同的厚度及相同量值的相反的晶格错配,则此堆栈总应变为零。

在一个特殊的优选实施例中,底部覆层和扩散层具有上表面,其晶面具有不同于(0001)且类型 $\{1\bar{1}00\}$ 的结晶率。因此扩散区在底部覆层的上表面复制晶面。这种具有特殊倾向晶面的结构可有效实现光扩散。

本发明半导体结构的制造方法通过下述所示内容进行特征描述。该结构由具有纤锌矿晶体结构的 III 族金属氮化物形成,并在(0001)定向半导体基片上气相生长,该基片可由半导体结构材料形成或由异质材料形成。在把基片放入反应器后,此方法首先包含一个气相生长底部覆层的步骤。之后,是在底部覆层之上气相生长扩散区的步骤,其用于在半导体结构内扩散所传播的光,扩散区具有不同于底部覆层和不平坦表面的折射率。最后,该方法还包括在扩散区之上气相生长顶部覆层的步骤,顶部

覆层具有一个平坦的上表面，且其折射率不同于扩散区的折射率，以及其晶格常数与底部覆层相同。气相生长处理可以通过气相外延反射器来实现，例如基于金属有机气相外延或氢化物气相外延来实现。

根据本发明，扩散区的生长包括生长多个扩散层的步骤，选择扩散层的成分和厚度已被选定以避免在层间界面形成应变诱导位错，相邻的扩散层具有不同的折射率，以进一步增强扩散效率。因此，与上述利用单一扩散层插入的现有技术的方法相比，本发明方法的目标是在结构中有效实现光扩散而不会在层间引入附加的位错。

更适宜地，所述的 III 族金属氮化合物是 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x-y}\text{In}_y\text{N}$ 的形式，其中 $0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1$ 。

在优选实施例中，底部和顶部覆层是相同材料的。在这种情况下，优选地生长与覆层具有相同晶格常数的扩散层。在层间界面不会产生应变，因此不会产生应变诱导位错。也可以生长晶格常数不同于覆层的扩散层，每层的厚度小于 Matthews-Blakeslee 临界厚度，且两个相邻扩散层中的一个的晶格常数大于覆层的晶格常数，另一个的晶格常数小于覆层的晶格常数。在此情况下，由于晶格错配就会在层间产生应变。然而，通过选择层厚度在所述的 Matthews-Blakeslee 临界厚度之下，以及为覆层选择具有相反晶格错配的相邻扩散层来避免应变的累积，避免了位错。Matthews-Blakeslee 临界厚度是无位错层的最大厚度，将在本文的后面部分进行详述。

在一个特定优选实例中，生长了底部覆层和扩散层，它们具有上表面，其晶面具有不同于 (0001) 和类型 $\{1\bar{1}00\}$ 的结晶率。所以扩散区在底部覆层的上表面再生晶面。这种结构具有特定的倾斜的晶面，可以实现有效的光扩散。扩散区和底部覆层的晶面的生长可通过利用晶面的优先生长实现。正如本领域技术人员已知的，可以选择处理参数，如时间、气流、温度及压力，以使具有这些结晶率的晶面生长。但是，每个反应器都有其自己的独立参数，所以无法给出参数值的普遍集。分别地，具有平坦上表面的顶部覆层可以通过具有结晶率 (0001) 的平面晶面的优先生长来产生。

在其上表面具有所述晶面的底部覆层的生长优选地包括在 (0001) 定

向表面形成沉淀物(14)的步骤,上述的沉淀物高度为 $0.1\mu\text{m} - 0.5\mu\text{m}$,表面密度为 $10^7 - 10^8\text{cm}^{-2}$ 。在(0001)定向表面生长III族金属氮化物层的初始阶段,沉淀物的形成是普遍现象。沉淀物通常具有含所述晶面的锥体形状。通过产生具有上述特定特性的沉淀物,可以保证提供适于扩散层的进一步优先生长的足够大的晶面。通常,沉淀物在材料的低温沉积期间形成,随后材料在高温将再结晶。然而,这种技术通常导致形成许多小沉淀物,在达到所需高度前,高密度的小沉淀物趋向于融合。根据本发明,优选地但也不排它地,在连续的短低温沉淀期间,形成沉淀物,其执行温度范围是 $450\text{C}^0 - 700\text{C}^0$,接着进入高温层退火阶段,其执行温度是 $900\text{C}^0 - 1150\text{C}^0$ 。准确的温度依赖于所使用的材料和反应器的类型。所述的短低温沉淀的持续时间可以例如为几十秒。在每次退火阶段,沉淀材料的一部分被从表面去除。选择退火阶段的处理参数,如温度梯度和退火时间,以在保留大的沉淀物同时完全地去除小的沉淀物。所以,只出现最大的沉淀物的占优势的生长。沉淀物可在(0001)定向半导体基片上直接生长。首先生长具有(0001)表面的底层的一部分,并在该表面生长沉淀物也是可能的。

与包含不必要的、复杂的换位阶段的许多已有技术方法相比,本发明的整个方法可以通过原位处理步骤实现。

上面描述的本发明的一个重要的特征是足够厚的扩散区的插入不引入附加的层间位错。通常,晶格错配层的插入导致层间的大量晶格错配,从而导致弹性错配应力(张力或压力)在层间产生。这些应力可通过接触面上失配位错的形成得以缓和。多数情况中,失配位错与螺线位错有关。螺线位错是失配位错的衍生物,但可使其界限穿过薄膜进入自由表面。螺线位错对器件的性能是有害的。最理想的解决方法是提供有效的光扩散而不在层间引入附加的位错。本技术领域的技术人员应该知道,在晶格错配层的厚度小于产生失配位错的Matthews-Blakeslee临界厚度 h_c 情况下,不会产生位错。临界厚度可来自对应力薄膜中的合成螺线/失配位错结构的能量的考虑,也可近似取值为 $h_c \approx b/\epsilon_m$,这里 b 是位错伯格斯矢量的量值, ϵ_m 是失配参数。对于具有纤锌矿晶体结构的III族金属氮化物,可能的伯

格斯矢量包括 $\pm c$ 和 $\pm a_i$ ($i=1,2,3$) 晶格平移矢量及它们的和 $\pm c \pm a_i$ 。根据临界厚度的表达式 $h_c \approx a/\epsilon_m = a^2/\Delta a$, 平移量 c 大于平移量 a_i , 其中 a 是平面晶格常数, Δa 是层间平面晶格常数的差异。

总之, 通过本发明, 获得了和已有技术相比的一些优点。实现了一种有效实现光扩散性能的结构, 其具有合理的浅扩散区厚度并不会引起有害位错。制造过程仅包括原位处理步骤, 这使处理非常方便而且允许高生产率。

附图说明

所包括附图组成了说明书的一部分并提供了本发明的进一步理解, 附图描述了本发明的实施方案, 也描述了现有的技术实例。并且通过描述, 解释了本发明的原理。

图 1 展示了依照本发明的半导体结构的横截面示意图。

图 2 展示了通过现有技术方法生长的基片的横截面示意图。

图 3 展示了依照本发明方法的一个具体实施方案的流程图。

具体实施方式

下面将提供关于本发明的具体实施方式和例子的参考, 并将在附图中进行详细说明。

图 1 中的半导体结构 1 由半导体结构材料形成的基片 2 或由异质材料形成的基片 3、底部覆层 4、顶部覆层 5、扩散区组成, 底部覆层 4 的表面 8 具有结晶率不同于 (0001) 且类型 $\{1\bar{1}00\}$ 的晶面 11, 顶部覆层 5 具有平坦的表面 9, 扩散区由两对分别为第一扩散层 6 和第二扩散层 7 组成。虚线表示底部覆层生长期间的沉淀物 14。顶部覆层与底部覆层具有相同的晶格常数。扩散层具有不同于覆层的折射率。另外, 第一扩散层 6 的折射率不同于第二扩散层 7 的折射率。第一扩散层 6 可以具有不同的折射率。第二扩散层 7 的情况也如此。扩散层 6 和扩散层 7 是不平的, 但是它们可以

在底部覆层的表面再生出晶面 11。选择扩散层 6 和扩散层 7 的成分与厚度以为了在结构 1 中实现有效的应力松弛而不在层界面中形成失配位错，已选出。更准确地，每个扩散层的厚度比 Matthews-Blakeslee 临界厚度小。而且，具有相同厚度的第一和第二扩散层相对于覆层具有相同量值的反向晶格错配。每层的应变方向通过箭头进行说明。相反的应变彼此相互补偿，所以避免了应变的累积。选择扩散区的总厚度以提供有效的光扩散。扩散区和覆层间的折射率差异越大，则所需的总扩散区厚度越小。半导体结构 1 提高了光扩散性能而未在层中引入附加位错。另外，构成半导体结构表面的顶部覆层表面 9 具有高结晶质量，同样非常适宜器件层的进一步生长。

图 2 对已有技术的原位操作解决方法进行了说明，这种方法通过生长中间的单晶体外延半导体层 12，或通过非晶质材料 13 的内含物的插入（图 2b），实现光扩散，层 12 的折射率和晶格常数与底层和顶层（图 2a）的折射率及晶格常数不同。由图 2a 可知，单层的厚度应该很薄以避免形成应变诱导位错。而这样就导致低效扩散。虽然在结构上改善了光扩散，图 2b 中的结构仍导致层中产生弹性的错配应力及在接触面形成失配位错。其它现有技术方法必须需要换位处理步骤，这使制造过程复杂化。

图 3 描述了依照本发明的一个具体实施例的制造方法，它包括三个主要步骤。首先，生长底部覆层。第二步是生长多个至少两对第一和第二扩散层，表面上具有晶面，特征为其结晶率不同于 (0001) 且类型 $\{1\bar{1}00\}$ ，且第一扩散层的折射率与第二扩散层的折射率不同。相对于覆层，第一扩散层具有正的晶格错配而第二扩散层具有负的晶格错配，而且两者最好具有相同的量值。每个单独扩散层的厚度最好小于 Matthews-Blakeslee 临界厚度 h_c ，以避免产生失配位错。第三步是生长一个具有平坦表面的顶部覆层，该层材料与底部覆层的材料相同。该方法提供了一种半导体结构的生长，其具有高效光扩散而不在层中引入附加的位错。

显而易见，对于本领域的技术人员，通过技术的进步，本发明的基本想法可以通过各种方式实现。因此本发明及其实施方案不局限于上面描述的实例，而是可以在权利要求范围内进行变化。

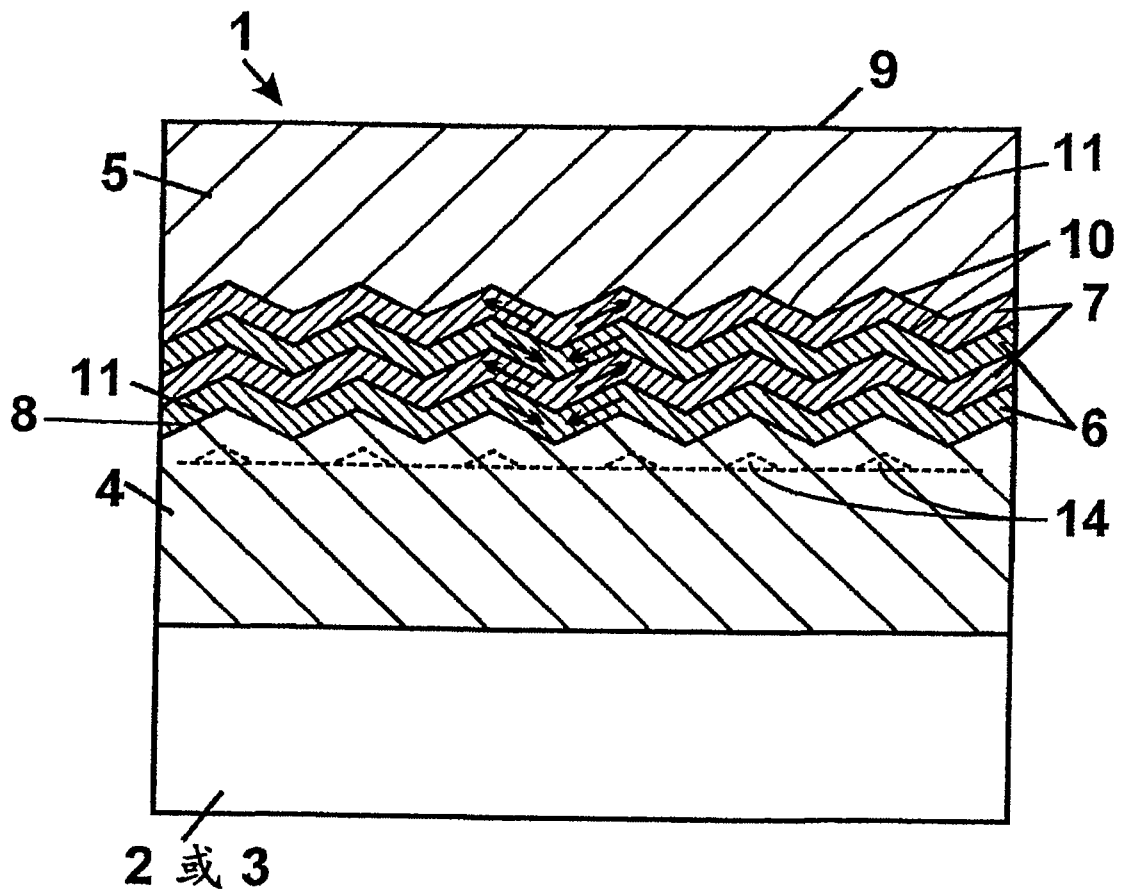


图1

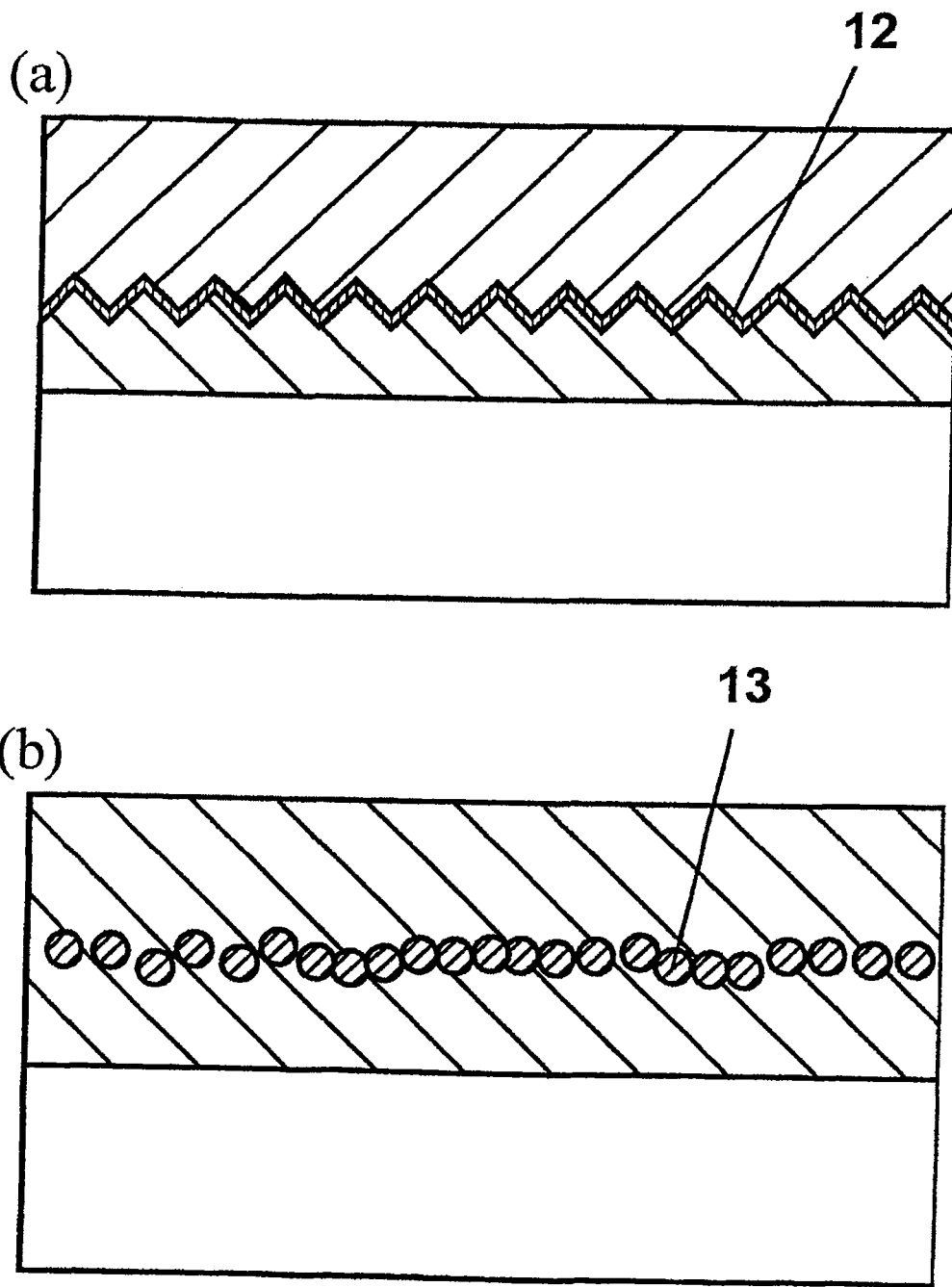


图2(现有技术)

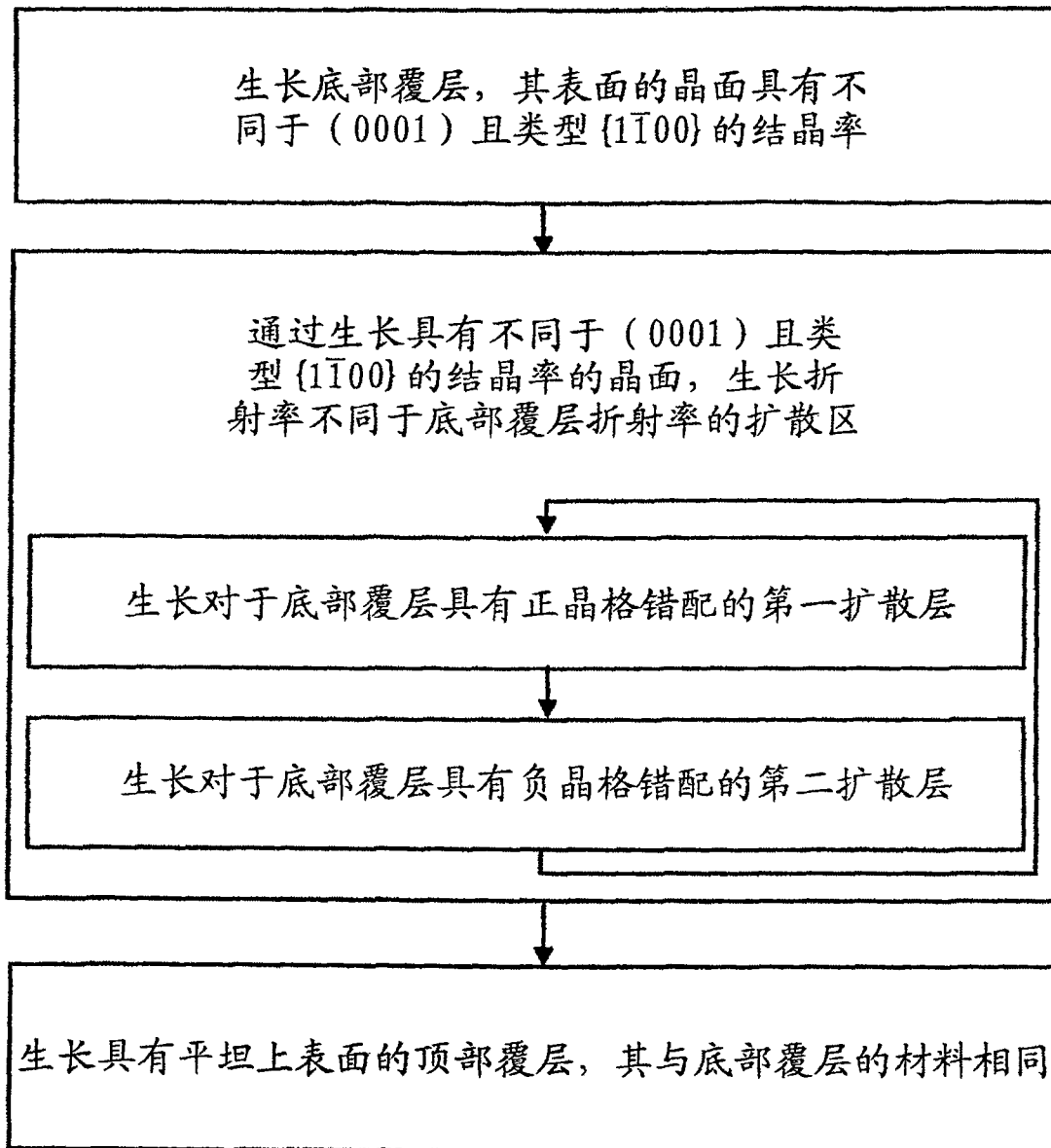


图3