



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101443923 B

(45) 授权公告日 2010. 12. 08

(21) 申请号 200780014703. 8

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2007. 04. 25

H01L 33/00 (2006. 01)

(30) 优先权数据

审查员 张馨芳

102006019109. 9 2006. 04. 25 DE

102006030252. 4 2006. 06. 30 DE

102006061167. 5 2006. 12. 22 DE

(85) PCT申请进入国家阶段日

2008. 10. 24

(86) PCT申请的申请数据

PCT/DE2007/000740 2007. 04. 25

(87) PCT申请的公布数据

W02007/121739 DE 2007. 11. 01

(73) 专利权人 奥斯兰姆奥普托半导体有限责任公司
公司

地址 德国雷根斯堡

(72) 发明人 C·艾克勒 S·米勒 U·斯特劳斯
V·哈尔 M·萨巴西尔

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
72001

代理人 卢江 刘春元

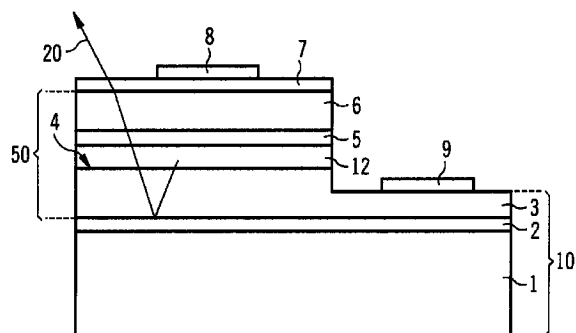
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 5 页

(54) 发明名称

光电半导体元件

(57) 摘要

本发明涉及一种光电半导体元件,其具有:载体衬底;中间层,其在载体衬底和元件结构之间促成粘附,其中,该元件结构包括活性层,该活性层被设置用于产生辐射。



1. 光电半导体元件,包括:

载体衬底 (1);和

中间层 (2),其在所述载体衬底 (1) 和元件结构 (50) 之间促成粘附,其中,所述元件结构 (50) 包括活性层 (5),所述活性层 (5) 被设置用于产生辐射,所述元件结构 (50) 还具有有效层 (3),所述有效层 (3) 布置在所述中间层 (2) 和所述活性层 (5) 之间,以及所述有效层 (3) 具有分离面 (4),所述分离面背离所述载体衬底 (1),以及

要么所述中间层 (2) 在所述载体衬底 (1) 和所述元件结构 (50) 之间促成电接触,并且所述中间层 (2) 包含透明导电氧化物,

要么所述中间层 (2) 包括或者是电介质镜。

2. 根据权利要求 1 所述的光电半导体元件,其中,所述中间层 (2) 的折射率小于构成所述有效层 (3) 的材料的折射率。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的光电半导体元件,其中,对于在所述活性层 (5) 中生成的电磁辐射,所述中间层 (2) 至少部分是可透射的。

4. 根据权利要求 1 所述的光电半导体元件,其中,所述中间层 (2) 的折射率等于形成所述有效层 (3) 的材料的折射率,和 / 或等于形成所述载体衬底 (1) 的材料的折射率。

5. 根据权利要求 1 所述的光电半导体元件,其中,所述中间层 (2) 包括或者是布拉格镜。

6. 根据权利要求 1 所述的光电半导体元件,其中,所述中间层 (2) 由含氧的化合物制成。

7. 根据权利要求 6 所述的光电半导体元件,其中,所述中间层 (2) 包含下列材料中的至少一个: SiO_2 、 Al_2O_3 、 Ta_2O_5 、 HfO_2 。

8. 根据权利要求 1 所述的光电半导体元件,其中,所述中间层 (2) 至少包含下列元素中的至少一个的氧化物、氮化物和 / 或氟化物: Si 、 Mg 、 Al 、 Hf 、 Nb 、 Zr 、 Sc 、 Ta 、 Ga 、 Zn 、 Y 、 B 、 Ti 。

9. 根据权利要求 1 所述的光电半导体元件,其中,所述中间层 (2) 包括布拉格镜,所述布拉格镜包括多个交替的第一和第二层,其中所述第一层由 SiO_2 和 / 或 Al_2O_3 构成,所述第二层由 Ta_2O_5 和 / 或 HfO_2 构成。

10. 根据权利要求 1 或 6 所述的光电半导体元件,其中,所述中间层 (2) 是结合层。

11. 根据权利要求 1 所述的光电半导体元件,其中,所述光电半导体元件包括耦合输出镜 (13),所述耦合输出镜布置在所述元件结构 (50) 的背离所述中间层 (2) 的侧上。

12. 根据权利要求 11 所述的光电半导体元件,其中,所述耦合输出镜 (13) 是由金属镜形成的。

13. 根据权利要求 11 所述的光电半导体元件,其中,所述耦合输出镜 (13) 是由电介质镜形成的。

14. 根据权利要求 11 或 13 所述的光电半导体元件,其中,所述耦合输出镜 (13) 是由布拉格镜形成的。

15. 根据权利要求 11 所述的光电半导体元件,其中,所述耦合输出镜 (13) 包括布拉格镜,所述布拉格镜包括多个交替的第一和第二层,其中所述第一层由 SiO_2 和 / 或 Al_2O_3 构成,所述第二层由 Ta_2O_5 和 / 或 HfO_2 构成。

16. 根据权利要求 11 所述的光电半导体元件,其中,在所述中间层 (2) 和所述耦合输出

镜 (13) 之间的间距最多为 $10\ \mu\text{m}$ 。

17. 根据权利要求 16 所述的光电半导体元件, 其中, 在所述中间层 (2) 和所述耦合输出镜 (13) 之间的间距最多为 $2\ \mu\text{m}$ 。

18. 根据权利要求 11 或 16 所述的光电半导体元件,

其中, 在所述元件结构 (50) 和所述耦合输出镜 (13) 之间布置接触层 (7), 所述接触层包括透明导电氧化物。

19. 根据权利要求 18 所述的光电半导体元件, 其中, 所述接触层 (7) 包含 IT0。

20. 根据权利要求 18 所述的光电半导体元件, 其中, 满足下述关系式:

$$d = (m\lambda / 2) / n_{\text{KS}}.$$

其中, d 表示所述接触层 (7) 的厚度, λ 表示在所述活性层 (5) 中生成的电磁辐射的波长, n_{KS} 表示所述接触层 (7) 的材料的折射率, 而 m 是自然数。

光电半导体元件

技术领域

[0001] 本发明涉及一种光电半导体元件。

背景技术

[0002] 公开 DE 19640594 以及文献 US 2005/0247950 描述了光电半导体元件 (optoelektronisches Halbleiterbauelement) 及其制造方法。

发明内容

[0003] 待解决的任务在于给出一种光电半导体元件,其具有特别长的使用寿命。另一个待解决的任务在于给出一种光电半导体元件,其具有特别高的效率。再一个任务在于给出一种制造这种光电半导体元件的方法。

[0004] 这里所述的光电半导体元件例如是发光二极管,即 LED 或者激光二极管。尤其是,这种光电半导体元件可以是 RCLED(共振腔发光二极管 (resonant cavity light emitting diode)) 或者 VCSEL(垂直腔面发射激光器 (vertical cavity surface emitting laser))。

[0005] 根据该光电半导体元件的至少一个实施方式,该光电元件具有载体衬底 (Trägersubstrat)。该光电半导体元件的功能层 (即,该光电半导体元件的元件结构,该元件结构包括被设置用于产生辐射的活性层 (aktive Schicht)) 是与载体衬底机械固定连接的。此外,该光电元件的元件结构能够通过该载体衬底而被电接触。优选地,在这里该载体衬底不是在其上外延地沉积光电半导体元件的元件结构的生长衬底,而是这样一种衬底、即在制造元件结构之后在其上施加元件结构或者在其上施加有效层,其中在施加之后外延地在所述有效层上沉积元件结构。

[0006] 根据该光电半导体元件的至少一个实施方式,该光电半导体元件包括中间层,该中间层在光电半导体元件的载体衬底和元件结构之间促成粘附。中间层例如是结合层,载体衬底借助该结合层被结合在元件结构上。此外,中间层能够以机械方式将载体衬底与有效层连接起来。这样,元件结构能够在有效层的背离载体衬底的侧上外延地生长。

[0007] 根据该光电半导体元件的至少一个实施方式,该光电半导体元件包括具有活性层的元件结构,所述活性层被设置用于产生辐射。优选地,该活性层适于生成在蓝和 / 或紫外光谱范围的电磁辐射。为此,该活性层包括多个半导体层。例如,活性层包括 pn 结、异质结、单量子阱结构和 / 或多重量子阱结构。量子阱结构这个名词尤其还包括这样的结构:在该结构中载流子通过抑制 (confinement) 能够经历其能量状态的量化。特别是,量子阱结构这个名词不包括关于量化量纲的说明。因此,其此外包括量子槽 (Quantentrog)、量子线 (Quantendraht) 和量子点 (Quantenpunkt) 以及这种结构的各种组合。

[0008] 根据该光电半导体元件的至少一个实施方式,该光电半导体元件包括载体衬底、中间层,该中间层在载体衬底和元件结构之间促成粘附 (Haftung),其中,该元件结构包括活性层,该活性层被设置用于产生辐射。

[0009] 根据该光电半导体元件的至少一个实施方式,该元件结构具有有效层。该有

效层借助中间层与载体衬底连接。元件结构在有效层的背离载体衬底的侧上外延地生长。这意味着,具有活性层的元件结构沿生长方向紧跟有效层。有效层优选由位错密度(Versetzungsdichte)特别低的Ga₂N制成。在此,位错密度最好小于 $10^8/\text{cm}^2$ 、特别优选小于 $10^7/\text{cm}^2$ 。这意味着,有效层例如是由昂贵的少缺陷的半导体材料(例如Ga₂N)制成的层。与此不同,载体衬底可以是由廉价材料、例如多缺陷的Ga₂N形成。

[0010] 根据该光电半导体元件的至少一个实施方式,该有效层具有分离面,所述分离面背离载体衬底。有效层例如是沿着分离面从较厚的有效衬底分离得到的。分离面最好被平整化,并且外延生长。例如,元件结构外延地沉积在这种被平整化的分离面上。

[0011] 根据该光电半导体元件的至少一个实施方式,中间层是电绝缘的。中间层为此可以由氮化硅或者氧化硅制成,或者包括这些材料中的至少一种。例如,中间层在此包括下述材料中的至少一种:SiN、SiO₂、Si₃N₄、Al₂O₃、Ta₂O₅、HfO₂。

[0012] 根据该光电半导体元件的至少一个实施方式,该中间层至少具有具有下列元素中的至少一个的氧化物、氮化物和/或氟化物:Si、Mg、Al、Hf、Nb、Zr、Sc、Ta、Ga、Zn、Y、B、Ti。

[0013] 根据该光电半导体元件的至少一个实施方式,中间层由含氧的化合物制成。

[0014] 根据该光电半导体元件的至少一个实施方式,该中间层的折射率小于构成有效层的材料的折射率。于是,中间层可以构成针对在活性层中生成的电磁辐射的镜。

[0015] 根据该光电半导体元件的至少一个实施方式,中间层的反射率通过高折射和低折射的层的层序列针对小的入射角得以提高。也就是说,中间层包括折射率交替地高和低的层的层序列,所述层例如能够形成布拉格镜结构(Bragg-Spiegelstruktur)。

[0016] 根据光电半导体元件的至少一个实施方式,中间层在面向元件结构的侧被形成得尤为平整。如此平整的中间层使得中间层能够具有特别好的反射率。

[0017] 根据该光电半导体元件的至少一个实施方式,中间层在面向载体衬底的侧以粗糙方式形成。这使得电磁辐射在朝向半导体元件的辐射出射面的方向上能够良好地发射。这应该归功于:中间层的这种粗糙的界面降低了在中间层上全反射的概率。

[0018] 根据该光电半导体元件的至少一个实施方式,中间层在载体衬底和元件结构之间促成电接触。中间层包括或者例如由透明导电氧化物(TCO:transparentconductive oxide)、例如ITO(氧化铟锡(indium tin oxide))或者ZnO制成。

[0019] 根据该光电半导体元件的至少一个实施方式,对于在活性层中生成的电磁辐射,该中间层至少部分是可透射的。例如,为此中间层的折射率匹配于形成有效层的材料的折射率和/或匹配于形成载体衬底的材料。也就是说,中间层的折射率于是大约等于形成有效层的材料的折射率和/或大约等于形成载体衬底的材料折射率。“大约等于(in etwa gleich)”意味着:“中间层的折射率最多以20%、优选以最多10%、特别优选以最多5%偏离有效层和/或载体衬底的材料折射率”。

[0020] 根据该光电半导体元件的至少一个实施方式,该光电半导体元件的辐射出射面是打毛的。这种打毛例如是在外延期间通过V形开口借助原地打毛(in-situ-Aufrauung)实现的,所述V形开口最好出现在错位处。另一种可行的用于打毛辐射出射面的技术是在辐射出射面上形成台式结构体(Mesetten)。也就是说,在辐射出射面上借助外延生长或者刻蚀生成台式结构(Mesa-Struktur)。

[0021] 根据至少一个实施方式,至少在光电半导体元件的一侧上施加有透明度高的接触

层。透明度高的接触层例如可以包括透明导电氧化物或者由其制成。

[0022] 根据至少一个实施方式,半导体元件按照倒装芯片(Flip-Chip)的方式实施。在这里,元件结构优选配备有反射电极。于是,载体衬底的背离元件结构的侧最好(如上进一步所述)被打毛和结构化,以便改善通过衬底的光耦合输出。这意味着,光电半导体元件的辐射出射面至少局部地由载体衬底的背离元件结构的侧形成。

[0023] 根据至少一个实施方式,载体衬底的背离元件结构的侧被镜面化,以便反射在活性层中生成的电磁辐射。在这种情况下,辐射出射面的至少一部分是通过元件结构的背离载体衬底的侧给出的。

[0024] 根据该光电半导体元件的至少一个实施方式,中间层包括电介质镜或者构成这种电介质镜。

[0025] 根据该光电半导体元件的至少一个实施方式,中间层包括布拉格镜或者构成这种布拉格镜。

[0026] 根据该光电半导体元件的至少一个实施方式,中间层包含下列材料中的至少一种:SiN、SiO₂、Si₃N₄、Al₂O₃、Ta₂O₅、HfO₂。

[0027] 根据该光电半导体元件的至少一个实施方式,中间层包括布拉格镜或者构成了布拉格镜,布拉格镜包括多个交替的第一和第二层。在这里,第一层最好由SiO₂和/或Al₂O₃构成,而第二层最好由Ta₂O₅和/或HfO₂构成。

[0028] 根据至少一个实施方式,被构造为电介质镜或者布拉格镜的中间层是结合层,所述结合层在光电半导体元件的载体衬底和元件结构之间促成粘附。这意味着,在该实施方式中,中间层起到双重作用,即,它用于反射在工作中在该光电半导体元件的活性层中生成的电磁辐射;并且它在载体衬底和元件结构之间促成机械粘附。

[0029] 根据该光电半导体元件的至少一个实施方式,该光电元件包括耦合输出镜(Auskoppelspiegel),所述耦合输出镜布置在半导体元件的背离中间层的侧上。耦合输出镜例如是由下列镜中的至少一个构成的:金属镜、电介质镜、布拉格镜。

[0030] 根据该光电半导体元件的至少一个实施方式,耦合输出镜包括布拉格镜,布拉格镜包括多个交替的第一和第二层。在这里,第一层最好由SiO₂和/或Al₂O₃构成,而第二层最好由Ta₂O₅和/或HfO₂构成。

[0031] 在这里,根据该光电半导体元件的至少一个实施方式,被构造为镜的中间层和耦合输出镜特别是能够针对在光电半导体元件的元件结构的活性层内生成的电磁辐射形成谐振器(Resonator)。这种实施方式特别好地适用于RCLED或者VCSEL。

[0032] 根据该光电半导体元件的至少一个实施方式,中间层和耦合输出镜之间的间距最多为10 μm、优选最多为3 μm、特别优选最多为2 μm。

[0033] 根据该光电半导体元件的至少一个实施方式,在元件结构和耦合输出镜之间布置有接触层,所述接触层包括透明导电氧化物或者由这种透明导电氧化物制成。接触层例如包括或者由ITO制成。这也就是说,在元件结构的背离中间层的侧与耦合输出镜之间设有接触层,所述接触层包括透明导电氧化物或者由这种透明导电氧化物制成。元件结构和耦合输出镜最好分别直接与所述接触层邻接。

[0034] 根据该光电半导体元件的至少一个实施方式,布置在元件结构和耦合输出镜之间的接触层的厚度满足下述关系式: $d = (m \cdot \lambda / 2) / n_{KS}$ 。在这里,d表示接触层的厚度, λ 表

示在活性层中生成的电磁辐射的波长, n_{KS} 表示接触层的材料的折射率, 而 m 是 ≥ 1 的自然数。

[0035] 此外, 还给出了一种用于制造光电半导体元件的方法。

[0036] 根据该方法的至少一个实施方式, 该方法包括在有效层上生长活性层。有效层例如是由 GaN 制成的层, 其具有特别小的位错密度。

[0037] 根据用于制造光电半导体元件的方法的至少一个实施方式, 该方法包括准备载体衬底。该载体衬底例如可以是廉价的 GaN 衬底, 其具有相对较高的位错密度。

[0038] 根据该方法的至少一个实施方式, 该方法包括借助中间层将载体衬底与有效衬底连接。有效衬底例如是厚的、位错低的 GaN 衬底。

[0039] 根据该方法的至少一个实施方式, 该方法包括在有效衬底中制造断口晶核层。例如, 这种断口晶核层能够借助向有效衬底植入氢离子来实现。由此形成了断口晶核层, 其中沿着所述断口晶核层能够在后续方法步骤中分离出有效衬底的一部分, 以使得通过中间层与载体衬底相连接的有效层被保留下来。例如, 能够通过退火而从剩余的有效衬底分离该有效层。这种用于制造具有有效层的准衬底的方法, 例如在文献 WO 2005/004231 中有所描述, 在这里将其与之相关的公开内容详尽地通过参引并入于此。

[0040] 根据用于制造光电半导体元件的方法的至少一个实施方式, 该方法包括下列步骤:

[0041] 准备载体衬底;

[0042] 借助中间层将载体衬底与有效衬底连接;

[0043] 在有效衬底中制造断口晶核层;

[0044] 分离有效衬底的一部分, 以使得与载体衬底连接的有效层被保留下来; 并且

[0045] 在有效层上生长包括活性层的元件结构。

附图说明

[0046] 下面将根据实施例和所属的附图进一步阐述在这里所描述的光电半导体元件以及用于制造这种光电半导体元件的方法。在这些实施例和附图中, 相同或者作用相同的组成部分分别具有相同的附图标记。所示的件不是按照比例关系的, 更确切地, 为了更好地理解可能会夸张地放大示出各个元件。

[0047] 图 1 以示意性剖视图示出这里所述的光电半导体元件的第一实施例;

[0048] 图 2 以示意性剖视图示出这里所述的光电半导体元件的第二实施例;

[0049] 图 3 以示意性剖视图示出这里所述的光电半导体元件的第三实施例;

[0050] 图 4 以示意性剖视图示出这里所述的光电半导体元件的第四实施例;

[0051] 图 5 以示意性剖视图示出这里所述的光电半导体元件的第五实施例;

[0052] 图 6 示出在中间层上的反射率的示意图;

[0053] 图 7 示出由该元件发射的辐射的强度的示意图。

具体实施方式

[0054] 图 1 以示意性剖视图示出这里所述的光电半导体元件的第一实施例。

[0055] 该光电半导体元件包括载体衬底 1。载体衬底 1 由廉价的 GaN 制成, 其具有相对较

高的位错密度。

[0056] 在载体衬底 1 上施加中间层 2, 中间层 2 具有较低的折射率并且对 GaN 的良好的黏附性。例如, 中间层 2 由 SiO_2 制成。中间层 2 的厚度最好至少为 100nm。

[0057] 在中间层 2 上施加元件结构 50。元件结构 50 包括有效层 3, 有效层 3 由 GaN 制成并且至少部分地从有效衬底 (Nutzsubstrat) 分离 (abtrennen)。有效层的位错密度小于 $10^8/\text{cm}^2$ 、最好小于 $10^7/\text{cm}^2$ 。有效层 3 具有分离层 4, 分离层 4 背离载体衬底 1。有效层 3 沿着分离层 4 从有效衬底分离。

[0058] 在有效层 3 之后紧跟着电子注入层 12。电子注入层 12 例如是由 n-AlInGa 制成的层。在这里, 有效层 3 也可能形成电子注入层 12。在这种情况下, 有效层 3 从 n-AlInGa 有效衬底分离。

[0059] 在电子注入层 12 之后紧跟着活性层 5。活性层 5 包括至少一个用于生成辐射而设置的结构。例如, 活性层 5 可以包括 pn 结、异质结、量子阱结构和 / 或多重量子阱结构。

[0060] 在活性层 5 之后紧跟着第二导电层, 例如 p-AlInGa 空穴注入层 6, 其在背离活性层 5 的侧最好被打毛和 / 或被结构化, 以使得彻底提高辐射出射的概率。此外, 也可以在空穴注入层 6 内结构化台式结构体 (Mesetten)。

[0061] 在空穴注入层 6 之后跟随着接触层 7, 接触层 7 例如包括透明导电氧化物 (例如 ITO) 或者由这种透明导电氧化物构成。

[0062] 在接触层 7 上施加结合焊盘 8, 借助结合焊盘 8, 该元件例如能够通过线接触而被电接触。

[0063] 在结合图 1 所描述的该实施例中, 有效层 3 或者电子注入层 12 在背离载体衬底的一侧至少有些地方是暴露的。在这样暴露的有效层 3 上施加结合焊盘 9, 所述结合焊盘 9 用于 n 侧接触光电半导体元件。结合图 1 所说明的光电半导体元件例如是发光二极管。

[0064] 作为对结合图 1 所说明的实施方式的替代方案, 载体衬底 1 可以是电绝缘且透明的。例如, 由蓝宝石制成载体衬底 1。于是中间层 2 的折射率最好小于蓝宝石的折射率。

[0065] 可替代地, 也可以互换 n 导电层和 p 导电层。也就是说载体衬底也可以与 p 导电层相邻。

[0066] 可替代地, 该元件也可以被实施为倒装芯片元件 (Flip-Chip Bauelement), 其中, 在空穴注入层 6 或者接触层 7 上施加高度反射的镜。

[0067] 在很多 LED 中, 例如在氮化镓基底上的 UV LED 情况下, 内部效率很大程度上取决于缺陷密度。

[0068] 这种缺陷密度基本由衬底确定。例如, 在从氮化镓至蓝宝石或者从氮化镓至碳化硅的异质外延情况下, 缺陷密度可以是 10^8 至 $10^{10}/\text{cm}^2$ 。

[0069] 元件效率的第二因素在于, 在半导体层内产生的光束从半导体向外部环境的耦合输出。所述耦合输出受到在界面处反射的限制, 并且受到材料过渡的总反射角的限制。

[0070] 借助薄膜技术实现高效率的光耦合输出。其原理在于, 向所生成的光束提供多次光耦合输出的机会。为此, 对辐射出射面进行结构化或者打毛, 以便在反射的情况下得到角度变化; 相对的侧被镜面化 (verspiegeln)。在表面和镜之间的结构最好被保持得尽可能薄, 以便最小化在材料中的吸收。目前在薄膜芯片技术中, 用于衬底分离的激光剥离 (Laser-Liftoff) 法与共晶结合一起占主导。可替代地, 与对原始衬底的磨削以及刻蚀去

除相组合的晶片结合工艺是可能的。呈薄膜结构形式的发光二极管芯片,例如在文献 WO 02/13281 A1 和 EP 0 905 797A2 中有所描述,这里将在薄膜结构形式方面的其公开内容通过参引全部并入于此。

[0071] 获得高光耦合输出的另一可能性是:与高透明的正面电流散布层(接触)相结合和与反射光的路径的改变(例如对表面和/或界面的结构化或者打毛)相结合的高透明衬底(例如蓝宝石)上的外延结构。然而,在氮化镓衬底上这种结构化的效率被严重降低,这是因为氮化镓首先强烈地吸收 UV 范围内的辐射。

[0072] 图 2 以示意性剖视图示出了这里所示的光电半导体元件的第二实施例。

[0073] 在该实施例中,中间层 2 是导电的,并且建立通向元件结构 50 的接触。中间层 2 包括或者由透明导电氧化物制成,例如 ITO 或者 ZnO。于是,载体衬底 1 的背离元件结构 50 的侧优选地被构造成对于在活性层 5 内生成的电磁辐射 20 是反射性的。

[0074] 活性层在此最好适于生成波长小于 380nm 的电磁辐射 20。于是,有效层 3 包括或者由优选 AlGaIn 制成。这种有效层可以在 GaN 有效衬底上外延。在从有效衬底上分开之后,该层在重新结合时重新在载体衬底上外延,以使得为元件结构 50 的后续层的外延提供少缺陷的 AlGaIn 有效层 3,所述 AlGaIn 有效层 3 被集成在元件结构 50 内。于是,这种有效层 3 同时可以形成电子注入层 12。

[0075] 此外,有效层 3 也可以由 AlGaInN 制成或者包含这种材料。

[0076] 为了制造光电半导体元件(如与图 1 或图 2 相结合地描述的那样),首先制造准衬底 10。为此,例如提供高质量的 GaN 有效衬底,其优选具有小于 $10^8/\text{cm}^2$ 、特别优选小于 $10^7/\text{cm}^2$ 的缺陷密度。可选地,在 GaN 有效衬底上已经存在外延生长的层或者层序列,其可以包括下述材料中的至少一种:GaIn、AlGaIn、InGaIn、AlInGaIn。

[0077] 在 GaIn 有效衬底中产生断口晶核层(Bruchkeimschicht),所述断口晶核层沿横向以平行于氮化镓衬底主面的方式延伸。断口晶核层最好通过从 GaIn 有效衬底的一侧植入氢离子来生成。

[0078] 随后,在生成断口晶核层之前或之后,将 GaIn 有效衬底结合在载体衬底 1 上。随后产生断口晶核层,用于形成侧向断口。这例如可以通过退火来实现。这得出有效层 3,其从有效衬底转交至载体衬底 1。

[0079] 有效层 3 借助中间层 2 与载体衬底 1 连接。

[0080] 图 3 以示意性剖视图示出了这里所示的光电半导体元件的第三实施例。

[0081] 该光电半导体元件仍然包括载体衬底 1,所述载体衬底例如由成本低廉的 GaIn 制成,其可以具有大于 $10^9/\text{cm}^2$ 的比较高的位错密度。可替代地,载体衬底 1 也可以由蓝宝石制成。在载体衬底 1 上施加中间层 2,所述中间层在载体衬底 1 和元件结构 50 之间促成粘附。在图 3 所示的实施例中,中间层 2 是布拉格镜(Bragg-Spiegel)。中间层 2 于是包括布拉格镜或者构成了布拉格镜,布拉格镜包括多个交替的第一和第二层。在这里,第一层最好由 SiO_2 和/或 Al_2O_3 制成,而第二层最好由 Ta_2O_5 和/或 HfO_2 制成。

[0082] 元件结构 50 包括有效层 3,所述有效层 3 由高质量的 GaIn 制成并且从有效衬底分离。有效层 3 的位错密度小于 $10^8/\text{cm}^2$ 、最好小于 $10^7/\text{cm}^2$ 。在理想情况下,在有效层 3 和其余元件结构 50 之间的界面是无干扰的。有效层 3 具有分离层 4,分离层 4 背离载体衬底 1。有效层 3 例如在有效衬底借助中间层 2 结合到载体衬底 1 上之后通过分离工艺沿着分离层

4 从有效衬底分离。

[0083] 有效层 3 之后紧跟着第一导电层,第一导电层例如是电子注入层 12。在图 1 的实施例中,电子注入层 12 包括或者由 n-AlInGa_N 制成。

[0084] 在电子注入层 12 之后紧跟着活性层 5,活性层 5 包含至少一个用于生成辐射的结构。

[0085] 活性层 5 之后紧跟着第二导电层,例如空穴注入层 6。空穴注入层 6 包括或者由例如 p 掺杂的 AlInGa_N 制成。

[0086] 在空穴层 6 之后紧跟着接触层 7。接触层 7 例如由 ITO(氧化铟锡)形成。接触层 7 的厚度最好等于:“在活性层中生成的电磁辐射 20 的半波长的几倍”除以“接触层 7 的材料的折射率”。特别优选的是,接触层 7 的厚度等于:“在活性层 5 中生成的电磁辐射 20 的波长”除以“接触层 7 的材料的折射率”。可选地,接触层 7 能够与 p⁺/n⁺ 隧道结(Tunnelübergang)相组合。

[0087] 在接触层 7 的背离活性层 5 的侧上施加金属接触 8,金属接触 8 例如呈环形。在环的中心,在接触层 7 上施加耦合输出镜 13(Auskoppelspiegel)。耦合输出镜 13 与通过中间层 2 形成的镜一起形成了针对在活性层 5 内生成的电磁辐射 20 的谐振器(Resonator)。耦合输出镜 13 例如被实施为电介质镜、最好被实施为布拉格镜。耦合输出镜 13 在其构造方面例如对应于中间层 2 的镜。耦合输出镜 13 于是包括布拉格镜或者形成了布拉格镜,其包括多个交替的第一层和第二层。在这里,第一层最好由 SiO₂ 和 / 或 Al₂O₃ 形成,而第二层最好由 Ta₂O₅ 和 / 或 HfO₂ 形成。

[0088] 在电子注入层 12 的例如借助台式蚀刻暴露的表面上,施加至少一个金属结合焊盘 9,借助金属结合焊盘 9 能够在 n 侧电接触光电半导体元件。

[0089] 图 1 的光电半导体元件最好构成 RCLED 或者 VCSEL。

[0090] RCLED 或者 VCSEL 的原理在于在两个镜之间嵌入发光层。所述镜可以是金属层或者电介质层。

[0091] 在这里,此外介绍针对氮化物基底上的 VCSEL 和 RCLED 的方法,其允许以小间距将活性层 5 谐振地嵌入在两个镜 2、13 之间,同时包含少缺陷的晶体结构。

[0092] 此外将介绍一种新的方法,该方法根据匹配于光栅的、位错低的外延,通过小的镜间距而能够实现具有少量模式的 RCLED 或 VCSEL 结构。光能够最佳地穿过该基底耦合输出。

[0093] 准备衬底用于例如借助氢植入(Wasserstoffimplantation)的此后的分离工艺。衬底必要时被平整化,并且在该衬底上施加布拉格镜。对于布拉格镜适用的是,例如 SiO₂-TiO₂ 层序列、或者 SiO₂-Ta₂O₅ 或者 SiO₂-HfO₂ 层序列,或者以 Al₂O₃ 代替 SiO₂。必要时, SiO₂ 隔离层是有利的。SiO₂ 层直接结合在载体衬底上,例如蓝宝石或者廉价的(可能多缺陷的)Ga_N 上。衬底有效层 3 与中间层 2 的电介质层一起通过冒泡(Blistern)和侧向裂缝形成(laterale Rissbildung)从衬底分离。所述步骤的顺序可以改变。

[0094] 以匹配于光栅的方式将 LED 或激光结构在被重结合的有效层 3 上外延。如此选择层厚,即光路=厚度 x 折射率 - 半发射波长($\lambda/2$)的数倍。优选的厚度小于 10 μm ,最好小于 3 μm 。

[0095] 随后,对芯片结构进行处理并且对正面进行镜面化。镜面化可以是金属的、例如由银或者借助银实现,或者是电介质的(dielektrisch)。优选地,在这里高度透明的接触层借

助于例如 ITO 与位于其上的电介质镜组合。接触层的厚度最好是数倍的 (波长/2)/ 折射率,特别是 1x 波长 / 折射率。

[0096] 这种新型的构件由 AlGaInN 层叠组成,其具有产生光的活性层并且位错密度小于 $10^8/\text{cm}^2$ 。该层叠 (Schichtpaket) 至少部分地位于两个镜之间,在镜 2、13 之间的层厚处于 $2\mu\text{m}$ 之下,最好处于 10x 发射光波长 / (镜 2、13 之间的材料的折射率) 之下。

[0097] 图 4 以示意性剖视图示出了这里所示的光电半导体元件的第四实施例。与结合图 3 所示的实施例不同之处在于,在该实施例中耦合输出镜 13 由金属镜制成,其与接触层 7 形成欧姆接触。于是,耦合输出镜 13 除了其光学特性之外还用于向光电半导体元件施加电流。

[0098] 图 5 以示意性剖视图示出了这里所示的光电半导体元件的第五实施例。与结合图 3 所示的实施例不同,在该实施例中金属接触 8 如此呈环形地来实施,使得其位于元件的边缘处。接触层 7 的背离活性层 5 的侧的、未被金属接触 8 覆盖的面被耦合输出镜 13 覆盖,耦合输出镜 13 例如由布拉格镜构成。

[0099] 图 6 针对由活性层 5 所生成的辐射的波长 460nm 根据中间层 2 的厚度 d 示出在 SiO_2 中间层 2 和 GaN 之间的界面处的反射率。在这里,反射率例如针对光电半导体元件 (如结合图 1 所描述的) 被确定。

[0100] 如果在活性层 5 中生成的电磁辐射很大程度在载体衬底 1 内被吸收,那么这种中间层 2 被证实为特别有利的。这尤其是针对在 GaN 载体衬底中小于 380nm 的发射波长是这种情况。

[0101] 图 7 针对缺陷密度 (DD) 为 $2 \times 10^8/\text{cm}^2$ 相比于缺陷密度为 $2 \times 10^9/\text{cm}^2$ 示出由活性层 5 生成的电磁辐射的强度关系。首先,对于小于 420nm 的波长,由于有效层 3 而被降低的缺陷密度产生特别有利的效果,例如在与图 1 结合地描述的元件的情况下。

[0102] 本发明不局限于根据这些实施例的描述。更确切地,本发明包括每一个新的特征或者特征的每一组合,这尤其包括在权利要求中的特征的每一组合,即便这些特征或者这些组合自身没有在权利要求中或者在实施例中明确给出。

[0103] 本发明要求德国专利申请 102006019109. 9、102006030252. 4 和 102006061167. 5 的优先权,在这里通过参引将其公开的内容全部并入。

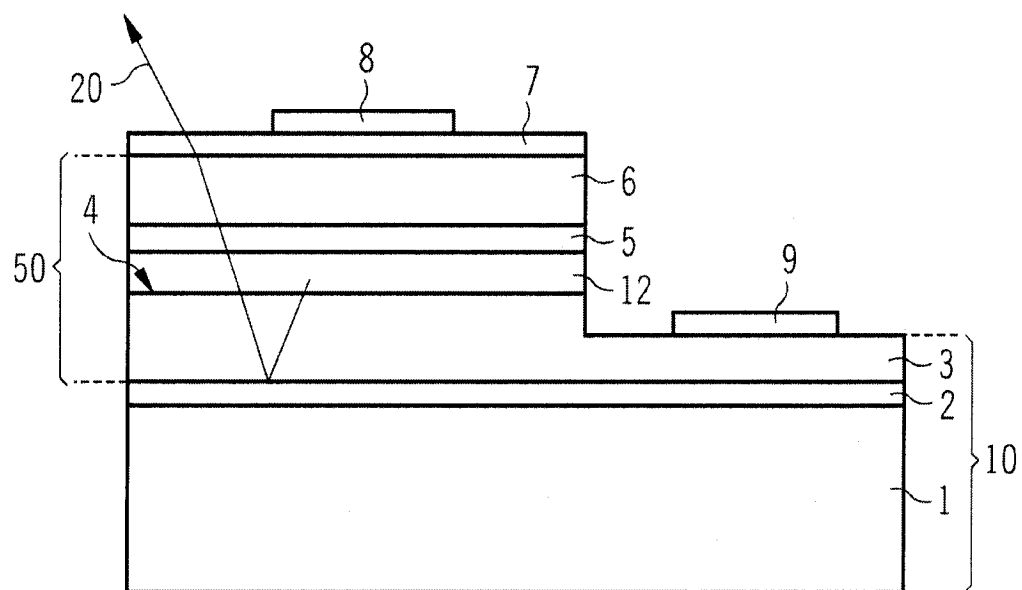


图 1

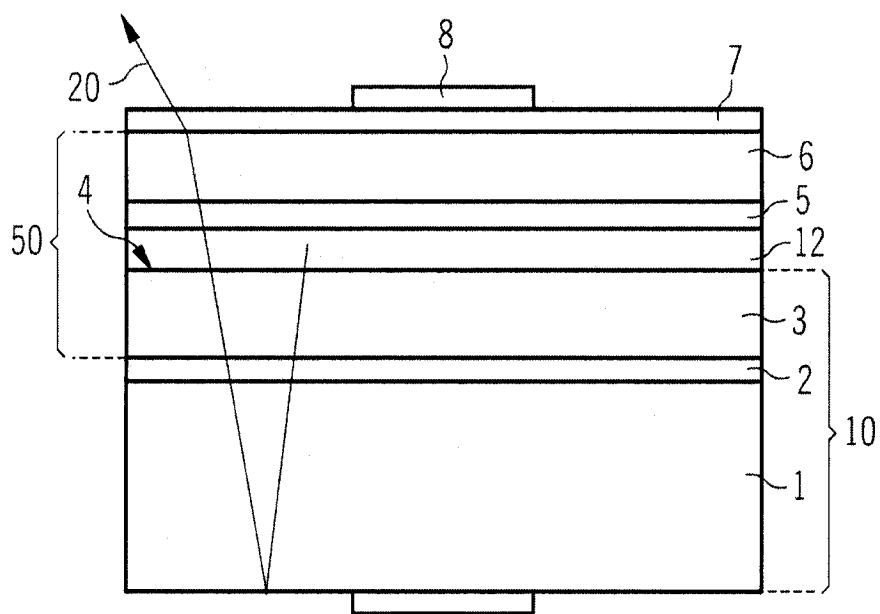


图 2

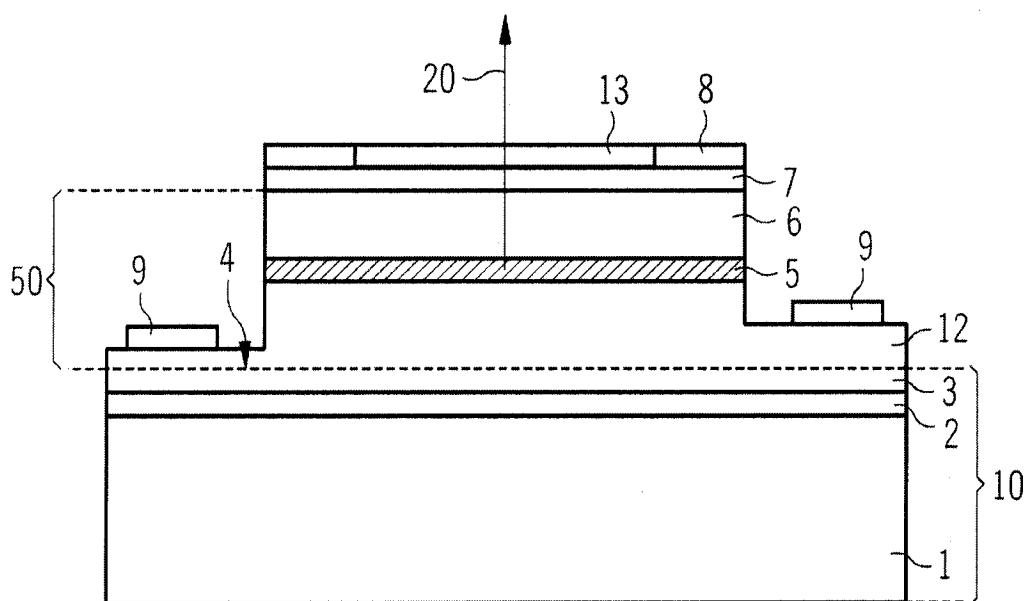


图 3

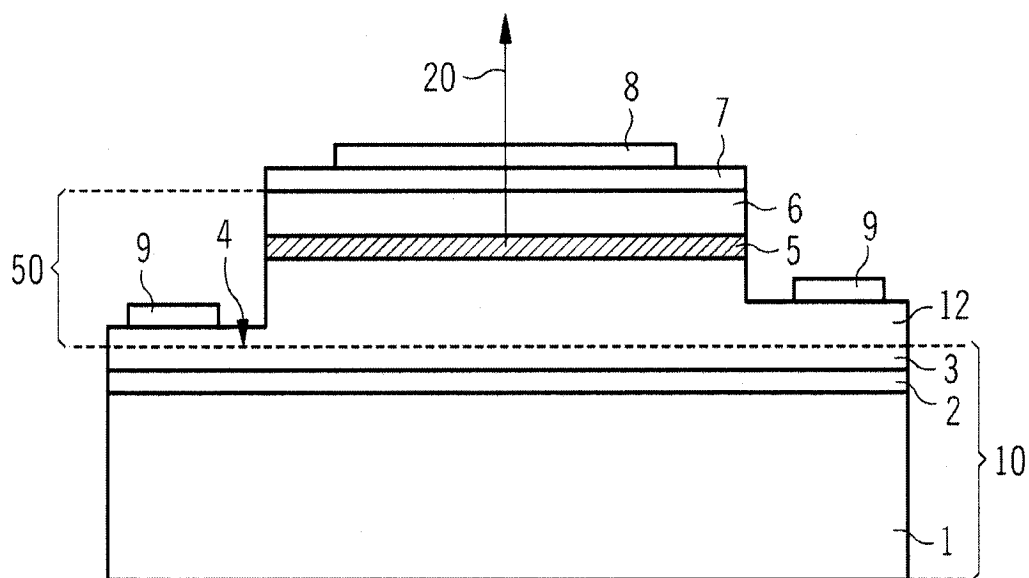


图 4

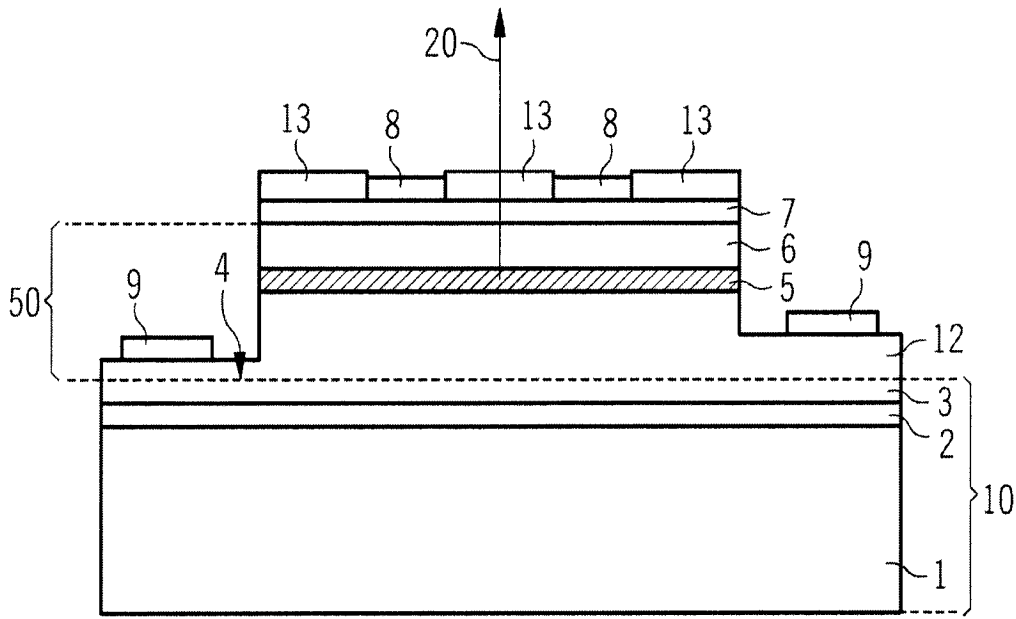


图 5

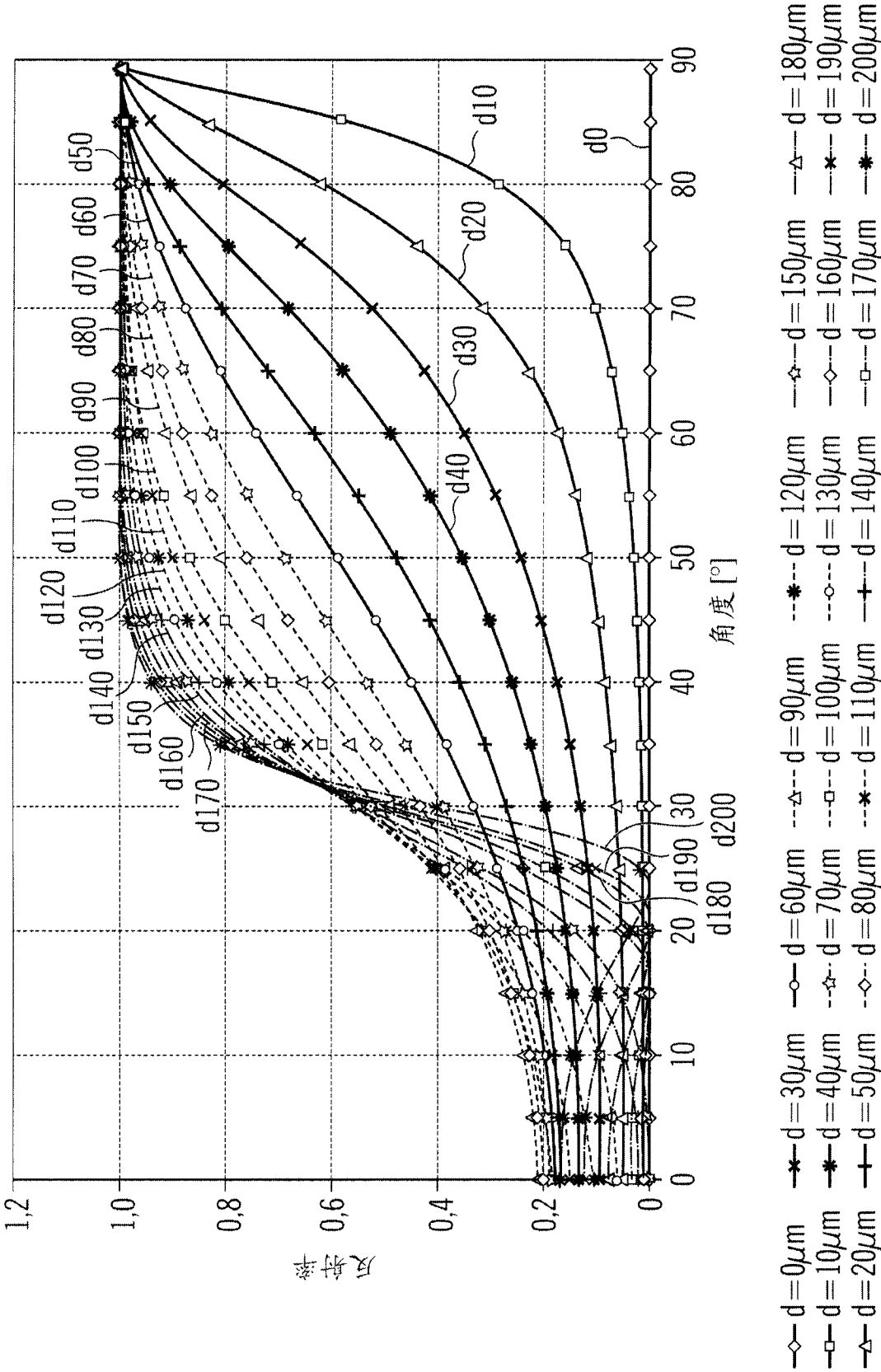


图 6

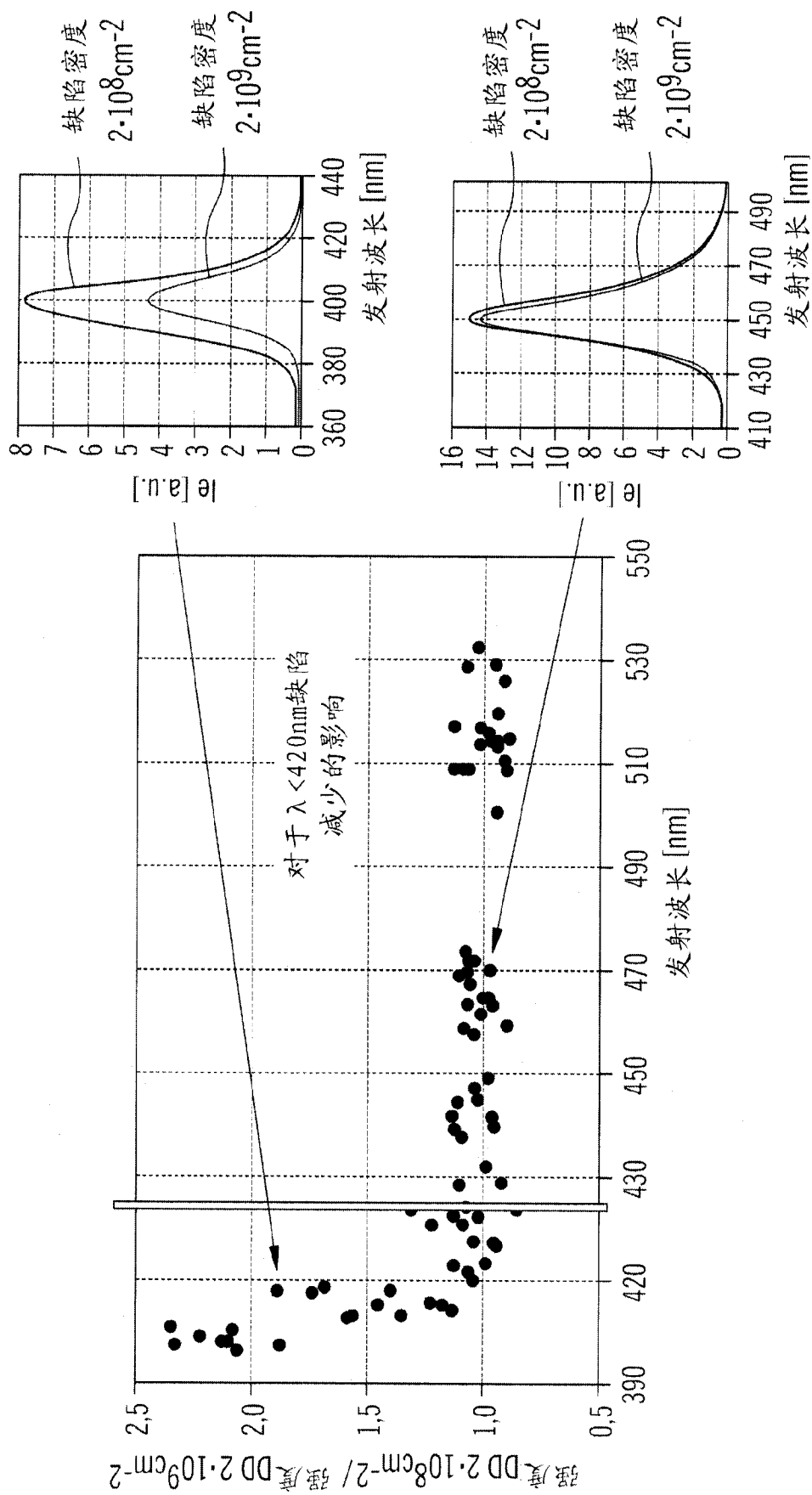


图 7