



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105206731 B

(45)授权公告日 2018.01.19

(21)申请号 201510504954.0

(22)申请日 2011.04.08

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105206731 A

(43)申请公布日 2015.12.30

(30)优先权数据

102010014667.6 2010.04.12 DE

(62)分案原申请数据

201180018587.3 2011.04.08

(73)专利权人 欧司朗光电半导体有限公司

地址 德国雷根斯堡

(72)发明人 彼得鲁斯·松德格伦

埃尔马·鲍尔 马丁·霍厄纳德勒

克莱门斯·霍夫曼

(74)专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

代理人 张春水 丁永凡

(51)Int.Cl.

H01L 33/40(2010.01)

H01L 33/38(2010.01)

(56)对比文件

CN 102834937 B, 2015.08.26,

US 6426518 B1, 2002.07.30,

US 6339607 B1, 2002.01.15,

JP 2006-287223 A, 2006.10.19,

CN 101681958 A, 2010.03.24,

审查员 程凯芳

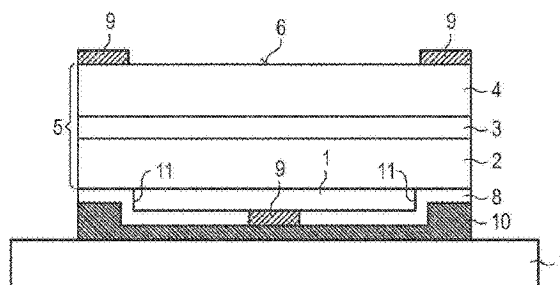
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

具有电流扩展层的发光二极管芯片

(57)摘要

本发明提出带有半导体层序列(5)的发光二极管芯片,所述半导体层序列具有磷化物化合物半导体材料,其中所述半导体层序列(5)包括p型半导体区域(2)、n型半导体区域(4)和设置在所述p型半导体区域(2)和所述n型半导体(4)之间的用于发射电磁辐射的有源层(3)。所述n型半导体区域(4)是面向发光二极管芯片的辐射出射面(6)的,并且所述p型半导体区域(2)是面向发光二极管芯片的支承件(7)的。在所述支承件(7)和所述p型半导体区域(2)之间设置有小于500nm厚的电流扩展层(1),所述电流扩展层具有一个或多个p掺杂的 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 层,其中 $0.5 < x \leq 1$ 。



1. 带有半导体层序列 (5) 的发光二极管芯片, 所述半导体层序列具有磷化物化合物半导体材料, 其中所述半导体层序列 (5) 包括

-p型半导体区域 (2),

-n型半导体区域 (4), 以及

-用于发射电磁辐射的有源层 (3), 所述有源层设置在所述p型半导体区域 (2) 和所述n型半导体区域 (4) 之间,

其中所述n型半导体区域 (4) 面向所述发光二极管芯片的辐射出射面 (6), 并且所述p型半导体区域 (2) 面向所述发光二极管芯片的支承件 (7),

其特征在于,

在所述支承件和所述p型半导体区域 (2) 之间设有小于500nm厚的电流扩展层 (1), 所述电流扩展层 (1) 具有一个或多个p掺杂的 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 层, 其中 $0.5 < x \leq 1$, 其中由 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{As}$ 制成的至少一个层邻接于所述电流扩展层 (1), 其中 $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ 并且 $x+y \leq 1$, 由 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{As}$ 制成的至少一个层与所述电流扩展层 (1) 相比具有更小的带隙和更低的掺杂浓度。

2. 根据权利要求1所述的发光二极管芯片,

其中所述电流扩展层 (1) 是小于300nm厚的。

3. 根据权利要求1或2所述的发光二极管芯片,

其中对于所述电流扩展层 (1) 的铝份额x而言满足 $0.6 \leq x \leq 0.8$ 。

4. 根据权利要求1或2所述的发光二极管芯片,

其中所述电流扩展层 (1) 具有大于 $1 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 的掺杂浓度。

5. 根据权利要求1或2所述的发光二极管芯片,

其中所述电流扩展层 (1) 具有至少为 $5 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 的掺杂浓度。

6. 根据权利要求1或2所述的发光二极管芯片,

其中所述电流扩展层 (1) 掺杂有碳。

7. 根据权利要求1或2所述的发光二极管芯片,

其中所述电流扩展层 (1) 包括其侧面 (11) 在内设有封装层 (8)。

8. 根据权利要求7所述的发光二极管芯片,

其中所述封装层 (8) 包括氧化硅、氮化硅、氧化锌或金属。

9. 根据权利要求7所述的发光二极管芯片,

其中所述电流扩展层 (1) 具有倾斜的侧面 (12), 所述倾斜的侧面 (12) 以在 20° 和 70° 之间的、包含 20° 和 70° 在内的角度相对于所述电流扩展层 (1) 的层平面倾斜。

10. 根据权利要求1或2所述的发光二极管芯片,

其中在所述电流扩展层 (1) 中构造有至少一个槽 (13)。

11. 根据权利要求10所述的发光二极管芯片,

其中所述至少一个槽 (13) 用氮化硅、氧化硅、氧化锌或金属填充。

12. 根据权利要求10所述的发光二极管芯片,

其中所述至少一个槽 (13) 延伸直至进入到所述p型半导体区域 (2) 中。

13. 根据权利要求1或2所述的发光二极管芯片,

其中生长衬底从所述半导体层序列 (5) 脱落并且所述支承件 (7) 不同于所述半导体层

序列 (5) 的生长衬底。

14. 根据权利要求13所述的发光二极管芯片，
其中所述支承件 (7) 具有硅、钼或锗。

具有电流扩展层的发光二极管芯片

[0001] 本申请是国际申请日为2011年4月8日、国家申请号为201180018587.3 (国际申请号为PCT/EP2011/055566)、发明名称为“具有电流扩展层的发光二极管芯片”的申请的分案申请。

[0002] 本专利申请要求德国专利申请102010014667.6的优先权,其公开内容就此通过引用并入本文。

背景技术

[0003] 在发光二极管芯片中,通常在电接触部和发射光的半导体层序列之间设置由具有良好导电性的半导体材料制成的相对厚的电流扩展层,以便实现通过有源层的尽可能均匀的电流。

[0004] 例如,从参考文献US 6,426,518 B1中已知发光二极管芯片,在所述发光二极管芯片中发射光的区域基于磷化物化合物半导体,其中在电接触部和发射光的区域之间设置由p型AlGaAs制成的电流扩展层。所述电流扩展层具有1 μ m和10 μ m之间的厚度。

[0005] 已被证实的是,通过所述相对厚的由AlGaAs制成的电流扩展层是良好的电流扩展层,然而另一方面,发射的辐射的并非可忽略的一部分也被吸收。当发射的辐射是短波的和/或电流扩展层中铝份额是低的时,那么,厚的电流扩展层的吸收尤其是不可忽略的。此外,已被证实的是,电流扩展层中铝份额的增加提升了发光二极管芯片对湿度的敏感性。

发明内容

[0006] 本发明基于下述目的,说明一种具有电流扩展层的发光二极管芯片,所述电流扩展层具有低的光学吸收并且同时对湿度具有低的敏感性。

[0007] 所述目的通过根据本发明所述的发光二极管芯片来实现。本发明的有利的扩展方案和改进形式是下文中给出。

[0008] 根据至少一个实施形式,所述发光二极管芯片包含半导体层序列,所述半导体层序列具有磷化物化合物半导体材料。所述半导体层序列尤其包括多个由 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{P}$ 制成的层,其中 $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ 并且 $x+y \leq 1$ 。

[0009] 半导体层序列尤其包括p型磷化物化合物半导体区域、n型磷化物化合物半导体区域以及设置在p型磷化物化合物半导体区域和n型磷化物化合物半导体区域之间的用于发射电磁辐射的有源层。

[0010] 所述有源层例如能够构成为pn结、双异质结构、多异质结构、单量子阱结构或多量子阱结构。名称量子阱结构在此包括载流子通过封闭 (confinement) 而得到其能量状态的量化的每种结构。尤其地,名称量子阱结构不包含对量化的大小的说明。因此,所述量子阱结构此外包括量子槽、量子线或量子点以及上述结构的每种组合。

[0011] 在发光二极管芯片中,n型半导体区域是面向发光二极管芯片的辐射出射面的,并且p型半导体区域是面向发光二极管芯片的支承件的。优选地,所述发光二极管芯片是所谓的薄膜发光二极管芯片,其中用于半导体层序列的生长的生长衬底从发光二极管芯片脱

落。原始的生长衬底能够尤其从半导体层序列的n型半导体区域脱落。在与原始的生长衬底对置的p型半导体区域的侧部上,发光二极管芯片优选地与支承件连接,例如,借助于焊接连接。所述支承件在该情况下不同于半导体层序列的生长衬底,并且优选地具有硅、钼或锗。与通常n型半导体区域是面向衬底的并且p型半导体区域是面向辐射出射面的传统LED相反,在所述发光二极管芯片中,p型半导体区域是面向支承件的并且n型半导体区域是面向辐射出射面的。

[0012] 在支承件和p型半导体区域之间设置有小于500nm厚的电流扩展层,所述电流扩展层由一个或多个p掺杂的 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 层组成,其中 $0.5 < x \leq 1$ 。

[0013] 通过将电流扩展层设置在支承件和p型半导体区域之间,与电流扩展层在发光二极管芯片的辐射出射侧上邻接环境介质、尤其是空气时相比,所述电流扩展层更好地抵御氧化和/或湿度的影响。

[0014] 此外,已被证实的是,小于500nm厚的电流扩展层与相对厚的电流扩展层相比对氧化和/或湿度具有更低的敏感性。这可能由于,当 AlGaAs 层部分地氧化时,所述 AlGaAs 层的体积增大。所述效应在仅小于500nm厚的电流扩展层中与在更厚的层中相比表现得更低。

[0015] 此外由于电流扩展层小于500nm的较小的厚度,电流扩展层所需要的生长时间有利地减少。因为电流扩展层的生长在升高的温度下发生,所以通过生长时间的减少,杂质从相邻半导体层序列到电流扩展层中的扩散也降低,例如为Mg和Zn的掺杂物从半导体层序列的p型半导体区域的扩散降低。

[0016] 此外,电流扩展层小于500nm的小的厚度有利地降低了电流扩展层中的光学吸收。因此,在半导体层序列的有源层中首先朝电流扩展层和支承件发射的辐射在该电流扩展层中与在基本上更厚的电流扩展层的情况下相比被更少地吸收。朝支承件发射的辐射优选通过设置在支承件上的镜面层而沿朝向发光二极管芯片的辐射出射侧的方向反射。

[0017] 因此,电流扩展层中的光学吸收也有利地相对较低,这是因为所述电流扩展层具有一个或多个构成电流扩展层的p掺杂的 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 层和 $x > 0.5$ 的铝份额。由于相对大的铝份额,电流扩展层具有相对较大的电带隙,通过所述电带隙对辐射的吸收减少。

[0018] 在一个优选的扩展方案中,电流扩展层具有小于300nm的厚度。由此,所述层对氧化和/或湿度的影响的稳定性进一步改善并且光学吸收减少。

[0019] 对于电流扩展层中的铝份额 x 而言满足 $0.6 \leq x \leq 0.8$ 是尤其有利的。在该情况中,在电流扩展层中尤其实现小的光学吸收。

[0020] 电流扩展层能够是由 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 制成的单层或由 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 制成的多个子层。对于电流扩展层由多个子层组成的情况而言,电流扩展层的在此处和以下描述的有利的扩展方案适用于子层的总体。尤其地,由多个子层组成的电流扩展层的厚度总共小于500nm或者尤其优选地甚至为总共小于300nm。

[0021] 电流扩展层有利地具有大于 $1 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 的掺杂浓度。尤其优选地,电流扩展层中的掺杂浓度至少为 $5 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 。通过高的掺杂浓度,在电流扩展层中有利地实现高的导电性。

[0022] 在一个优选的扩展方案中,电流扩展层包括作为掺杂物的碳。被证实为有利的是,通过作为在 AlGaAs 层中的掺杂物的碳,能够以良好的可重复性实现高掺杂浓度。

[0023] 在另一个优选的扩展方案中,电流扩展层包括其侧面在内设有封装层。所述封装

层能够尤其包含氧化硅、氮化硅、例如为氧化锌的透明导电氧化物或金属。为了能够将电流扩展层的侧面也设有封装层,例如能够在施加封装层之前使电流扩展层结构化。在结构化时,例如能够去除电流扩展层的边缘区域,使得随后借助于覆层方法施加的封装层也覆盖电流扩展层的侧面。通过所述封装层,尤其地,电流扩展层对环境影响、尤其是对氧化和/或湿度的影响的敏感性进一步降低。可行的是,不同子区域中的封装层包含不同的材料。例如,封装层在子区域中由电绝缘材料例如氧化硅或氮化硅制成,而封装层在其他区域中由导电材料例如氧化锌或由金属形成。封装层的导电子区域在该情况中尤其用于将电流注入到扩展层中。

[0024] 在另一个优选的扩展方案中,电流扩展层具有倾斜的侧面,所述倾斜的侧面以在 20° 和 70° 之间的包含 20° 和包含 70° 在内的角相对于电流扩展层的层平面倾斜。以这种方式能够改进来自光电组件的辐射耦合输出。尤其地,电流扩展层的倾斜的侧面能够用作微棱镜,通过所述微棱镜,在有源层中朝支承件发射的辐射朝向发光二极管芯片的辐射出射侧反射。可行的是,所述倾斜的侧面延伸直至进入到磷化物化合物半导体层序列中,使得半导体层序列的一个或多个层也具有倾斜的侧面。

[0025] 在另一个有利的扩展方案中,在电流扩展层中构成至少一个槽。所述至少一个槽优选地用氮化硅、氧化硅、氧化锌或金属填充。在电流扩展层的槽的区域中,填充材料直接地邻接p型半导体区域。通过所述槽能够目标明确地限定通过半导体层序列的电流路径。也可有利的是,所述至少一个槽延伸直至进入到p型磷化物化合物半导体区域中。

[0026] 在另一个有利的扩展方案中,至少一个由 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{As}$ 制成的层邻接于电流扩展层,其中 $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ 并且 $x+y \leq 1$,所述层与电流扩展层相比具有更小的带隙和更低的掺杂浓度。在该情况下,在电流扩展层和带有更小的带隙和更低的掺杂浓度的层之间的分界面上,分别出现导电带和价带的带棱边的弯曲,所述弯曲导致形成带有高导电性的二维空穴气体。以这种方式能够目标明确地生成带有高的载流子浓度和载流子迁移率的区域。

[0027] 可能的是,电流扩展层中的至少一个AlGaAs层包含一个或多个其他元素的低的份额。电流扩展层中一个或多个其他元素的份额在该情况中小于10%。所述一个或多个其他元素能够是掺杂物,或者是元素周期表的第三或第五主族的少量其他材料。

附图说明

[0028] 以下根据实施例结合图1至5进一步地阐明本发明。

[0029] 附图示出:

[0030] 图1是贯穿根据第一实施例的发光二极管芯片的横截面的示意图,

[0031] 图2是贯穿根据第二实施例的发光二极管芯片的横截面的示意图,

[0032] 图3是贯穿根据第三实施例的发光二极管芯片的横截面的示意图,

[0033] 图4是贯穿根据第四实施例的发光二极管芯片的横截面的示意图,

[0034] 图5是贯穿根据第五实施例的发光二极管芯片的横截面的示意图。

具体实施方式

[0035] 相同的或相同地作用的元件在图中设有相同的附图标记。单个元件的尺寸以及元

件彼此间的尺寸关系不视作是比例正确的。

[0036] 在图1中示出的薄膜发光二极管芯片包含半导体层序列5,所述半导体层序列5具有p型半导体区域2和n型半导体区域4。在p型半导体区域2和n型半导体区域4之间设有源层3。有源层3优选地具有单量子阱结构或多量子阱结构。

[0037] 半导体层序列5基于磷化物化合物半导体,也就是说,包含在半导体层序列5中的半导体层尤其具有 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{P}$,其中 $0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1$ 并且 $x+y \leq 1$ 。尤其地,p型半导体区域2、有源层3和n型半导体区域由磷化物化合物半导体材料形成。

[0038] 所述发光二极管芯片是所谓的薄膜LED,在所述薄膜LED中,用于生长半导体层序列5的生长衬底从半导体层序列5脱落。尤其地,所述生长衬底能够从n型半导体区域4脱落,所述n型半导体区域4现在具有发光二极管芯片的辐射出射面6。在与原始的生长衬底和辐射出射面6对置的侧部上,发光二极管芯片与支承件7连接,所述支承件7优选地具有硅、锗或钼。在所述薄膜半导体芯片中,因此,n型半导体区域4是面向辐射出射面6的并且p型半导体区域2是面向支承件7的。

[0039] 在支承件7和p型磷化物化合物半导体区域2之间设有电流扩展层1。电流扩展层1是具有小于500nm的厚度的p掺杂的 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 层,其中 $0.5 < x \leq 1$ 。

[0040] 优选地,电流扩展层1的厚度甚至仅小于300nm。对于电流扩展层1的铝份额x而言,优选地满足 $0.6 \leq x \leq 0.8$ 。

[0041] 电流扩展层1邻接于至少在电接触部9上的子区域中的面向支承件7的侧部。发光二极管芯片的至少另一电接触部9例如设置在发光二极管芯片的与所述支承件对置的辐射出射侧6上。电流扩展层1优选地具有大于 $1 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 的掺杂浓度并且尤其优选地具有大于 $5 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 的掺杂浓度。以这种方式实现电流扩展层1的横向导电性,使得当背侧的接触部9例如仅施加在电流扩展层1的小的中央区域上时,那么电流也相对均匀地流过半导体层序列5。

[0042] 电流扩展层1由于其小于500nm或者优选地小于300nm的小的厚度以及由于大于0.5的高的铝份额而具有有利地低的光学吸收。此外,已被证实的是,这种类型的薄的电流扩展层1与相对较厚的典型地具有1 μm 或更大的厚度的传统电流扩展层相比对氧化和/或湿度的影响是更不敏感的。尽管所述小的厚度,通过电流扩展层1实现了良好的电流扩展,其中有利的是,电流扩展层1具有至少为 $1 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 并且尤其优选地具有至少为 $5 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 的掺杂浓度。

[0043] 此外,有利的是,与p型半导体区域2邻接的电流扩展层1设置在支承件7和p型半导体区域2之间,这是因为与电流扩展层1在发光二极管芯片的表面上邻接于环境介质相比,所述电流扩展层1在该布置中更好地抵御例如为氧化或湿度的外部影响。

[0044] 可行的是,电流扩展层1由多个由 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 制成的子层(没有示出)所组成,其中分别地 $0.5 < x \leq 1$,其中所述子层能够例如在其掺杂浓度方面和/或在其铝含量方面彼此不同。在该情况中,在本申请的范围中,将子层的总体视作电流扩展层1,使得尤其地,全部子层的总厚度小于500nm并且优选地小于300nm。也能够考虑的是,电流扩展层1或电流扩展层的子层具有少量的附加材料,然而,附加材料的份额总共小于10%。

[0045] 为了使电流扩展层1更好地抵御外部的影响,优选地,电流扩展层1包括其侧面11在内设有封装层8。尤其地,封装层8尤其能够具有例如为氮化硅或氧化硅的透明的绝缘材

料。替代地,也可行的是,封装层8具有例如为氧化锌或金属的透明的导电氧化物。尤其地,在封装层8由绝缘材料制成的情况中,用于电流扩展层1的电接触部9能够设置在封装层8的凹部中。

[0046] 在封装层8、电接触层9和支承件7之间设置由金属或金属合金制成的层序列10。金属层10例如能够包含镜面层以用于反射从有源层3朝向支承件7发射的辐射。此外,金属层10也能够具有钎焊层以用于将发光二极管芯片与支承件7连接。

[0047] 图2中示出的发光二极管芯片的实施例与图1的实施例的不同在于,电流扩展层1具有倾斜的侧面12。倾斜的侧面12优选地与电流扩展层1的层平面围成在 20° 和 70° 之间的包括 20° 和 70° 在内的角度。已被证实的是,通过电流扩展层1的倾斜的侧面12,能够改进来自发光二极管芯片的辐射耦合输出。由于电流扩展层1和封装层8之间的折射率差异,倾斜的侧面12用作能够朝向辐射出射面6反射辐射的反射器。尤其可能的是,电流扩展层1的对置的倾斜的侧面12构成微棱镜。也可能的是,倾斜的侧面12延伸直至进入到半导体层序列5中(没有示出)。

[0048] 鉴于其他的有利的扩展方案,图2中示出的实施例符合第一实施例。

[0049] 图3中示出的发光二极管芯片的实施例与图1中示出的实施例的不同在于,金属的层序列10在发光二极管芯片的侧面的区域中一直到达p型半导体区域2。因此,电流扩展层1包括其侧面11在内由封装层8所包围,并且封装层8由金属的层序列10所包围。以这种方式实现了电流扩展层1对氧化或湿度的影响的尤其好的抵御性。

[0050] 图3中示出的实施例与图1中示出的实施例的不同还在于, $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{As}$ 层14邻接于电流扩展层1,其中 $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ 并且 $x+y \leq 1$,所述 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{As}$ 层14与电流扩展层1相比具有更低的掺杂浓度和更小的带隙。层14优选地设置在电流扩展层1和p型半导体区域2之间。层14在与较高掺杂的电流扩展层1的分界面上构成势阱,在所述势阱中自由的载流子以空穴的形式聚集。空穴在层14中构成所谓的二维空穴气体。以这种方式在层14中实现了尤其高的横向导电性。

[0051] 在图4中示出的发光二极管芯片的实施例中,在电流扩展层1中构成两个槽13,封装层8伸入到所述槽13中。电流扩展层1的设置在槽13间的区域借助于电接触部9和金属的层序列10电接通。与此相反,电流扩展层1的边缘区域1a、1b不是电接通的。以这种方式,在半导体芯片的下述区域中降低了辐射生成,所述区域设置在发光二极管芯片的辐射出射面上的设置在边缘区域中的接触部9之下。

[0052] 在图5中示出了发光二极管芯片的另一个实施例,其中在电流扩展层1中构成两个槽13。在这些槽中,金属的层序列10延伸直至进入到p型半导体区域2中。金属的层序列10在接触部9的区域之外通过封装层8而与电流扩展层1绝缘。

[0053] 本发明没有通过根据实施例的描述而受限。相反地,本发明包括每种新的特征以及特征的每种组合,这尤其包含权利要求中特征的每种组合,即使所述特征或所述组合自身没有在权利要求或实施例中详细地说明。

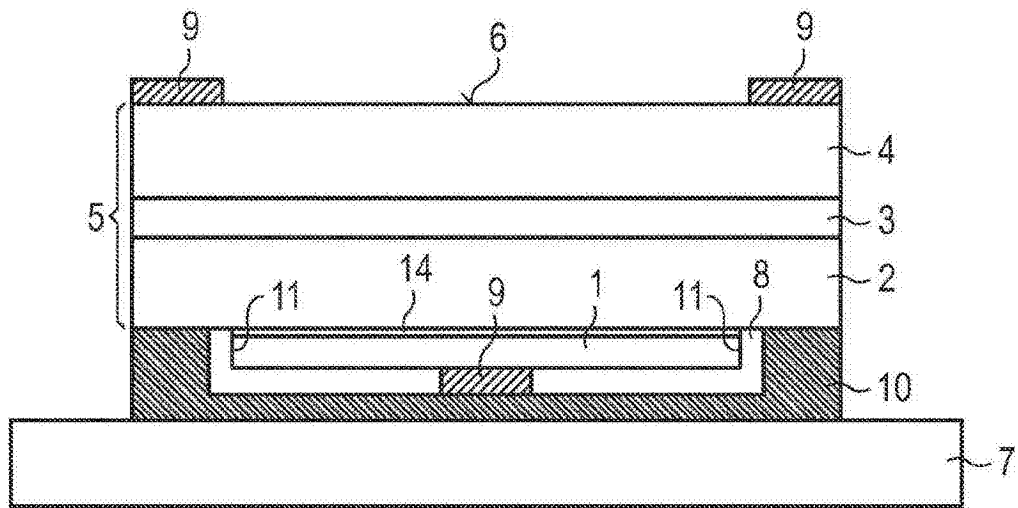


图3

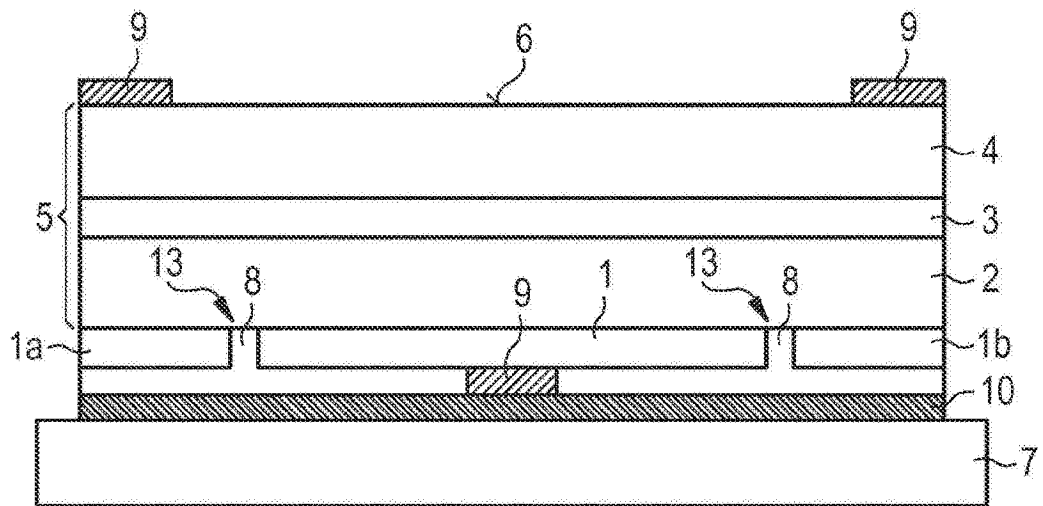


图4

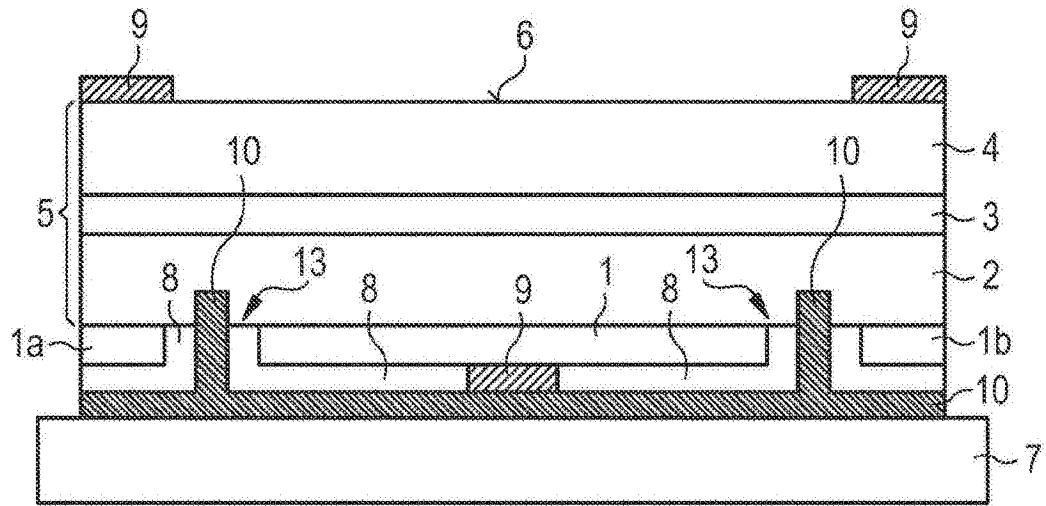


图5