



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110192312 B

(45) 授权公告日 2021.09.24

(21) 申请号 201880007155.4

(22) 申请日 2018.01.09

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110192312 A

(43) 申请公布日 2019.08.30

(30) 优先权数据
102017100997.3 2017.01.19 DE

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2019.07.16

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2018/050459 2018.01.09

(87) PCT国际申请的公布数据
W02018/134086 DE 2018.07.26

(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 胡贝特·哈尔布里特
安德烈亚斯·普洛格尔
罗兰德·海因里希·恩茨曼
马丁·鲁道夫·贝林格

(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 丁永凡 张春水

(51) Int.Cl.
H01S 5/183 (2006.01)
H01S 5/042 (2006.01)
H01S 5/02253 (2021.01)
H01S 5/42 (2006.01)

(56) 对比文件
CN 104319625 A, 2015.01.28
CN 101688977 A, 2010.03.31
CN 1722553 A, 2006.01.18
CN 102610997 A, 2012.07.25
CN 204269928 U, 2015.04.15
CN 1957507 A, 2007.05.02
CN 1463480 A, 2003.12.24
TW I258198 B, 2006.07.11
WO 2006022162 A1, 2006.03.02
CN 102709808 A, 2012.10.03
CN 1448000 A, 2003.10.08

审查员 周冠锐

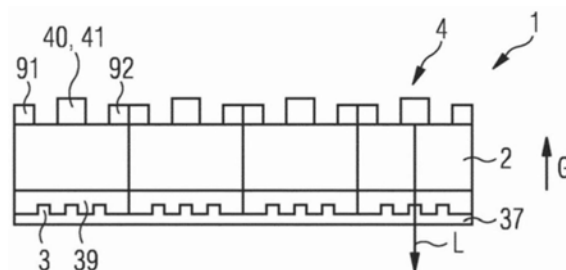
权利要求书2页 说明书12页 附图10页

(54) 发明名称

半导体激光器和用于制造这种半导体激光器的方法

(57) 摘要

在一个实施方式中, 半导体激光器(1) 包括表面发射的半导体激光器芯片(4), 所述半导体激光器芯片具有: 半导体层序列(40), 所述半导体层序列具有用于产生激光辐射(L) 的有源区(41); 和光出射面(44), 所述光出射面垂直于半导体层序列(4) 的生长方向(G) 取向。此外, 半导体激光器(1) 包含衍射光学元件(3), 所述衍射光学元件设计用于扩宽和分配激光辐射(L), 使得半导体激光器(1) 优选是人眼安全的。衍射光学元件(3) 的光学有效结构(33) 由具有至少1.65或2.0的折射率的材料构成。



1. 一种半导体激光器(1),所述半导体激光器具有:

-至少一个表面发射的半导体激光器芯片(4),所述半导体激光器芯片包括:半导体层序列(40),所述半导体层序列具有用于产生激光辐射(L)的至少一个有源区(41);并且包括光出射面(44),所述光出射面垂直于所述半导体层序列(40)的生长方向(G)取向,以及

-衍射光学元件(3),所述衍射光学元件设计用于扩宽所述激光辐射(L)和使所述激光辐射散布开,

其中

-所述衍射光学元件(3)的光学有效结构(33)由关于所述激光辐射(L)的最大强度的波长具有至少1.65的折射率的材料构成,

-所述光学有效结构(33)处于所述衍射光学元件(3)的朝向所述半导体激光器芯片(4)的侧上,以及

-连接机构(5)至少局部地接合到所述光学有效结构(33)中并且至少局部地完全填充所述光学有效结构(33)。

2. 根据权利要求1所述的半导体激光器(1),

其中所述衍射光学元件(3)处于所述光出射面(44)上,使得在所述衍射光学元件(3)与所述半导体激光器芯片(4)之间至少局部地仅仅存在用于所述衍射光学元件(3)的所述连接机构(5)。

3. 根据权利要求2所述的半导体激光器(1),

其中所述连接机构(5)整面地处于所述光出射面(44)与所述衍射光学元件(3)之间,使得所述连接机构(5)整面地覆盖所述光出射面(44)。

4. 根据权利要求2所述的半导体激光器(1),

其中所述连接机构(5)处于所述衍射光学元件(3)的边缘处,使得所述光出射面(44)没有所述连接机构(5),并且使得在所述衍射光学元件(3)与所述光出射面(44)之间至少局部地形成间隙(6)。

5. 根据权利要求1至4中任一项所述的半导体激光器(1),

其中所述衍射光学元件(3)包括载体衬底(32)。

6. 根据权利要求5所述的半导体激光器(1),

其中所述光学有效结构(33)由半导体材料构成,

其中所述载体衬底(32)是用于所述光学有效结构(33)的半导体材料的生长衬底。

7. 根据权利要求1所述的半导体激光器(1),

其中所述半导体激光器芯片(4)包括所述半导体层序列(40)的生长衬底(2)。

8. 根据权利要求1所述的半导体激光器(1),

其中所述半导体激光器芯片(4)和用于所述衍射光学元件(3)的所述连接机构(5)安置在共同的安装载体(8)上,使得所述连接机构(5)在俯视图中观察仅处于所述半导体激光器芯片(4)旁边而不接触所述半导体激光器芯片(4),

其中所述连接机构(5)与所述安装载体(8)和所述衍射光学元件(3)直接接触并且所述衍射光学元件(3)完全覆盖所述半导体激光器芯片(4)。

9. 根据权利要求1至4中任一项所述的半导体激光器(1),

包括多个所述半导体激光器芯片(4),

其中所述半导体激光器芯片(4)共同地和完全地由所述衍射光学元件(3)覆盖,所述衍射光学元件连通地且一件式地成形。

10.根据权利要求1至4中任一项所述的半导体激光器(1),

其中在所述衍射光学元件(3)与所述半导体激光器芯片(4)之间的间距最高为所述激光辐射(L)的最大强度的波长的十倍。

11.根据权利要求1至4中任一项所述的半导体激光器(1),

其中所述衍射光学元件(3)至少局部地直接由囊封材料(7)包围,

其中所述囊封材料(7)接触所述光学有效结构(33)。

12.根据权利要求1至4中任一项所述的半导体激光器(1),

其中所述衍射光学元件(3)的所述光学有效结构(33)由具有至少2.0的折射率的材料构成。

13.根据权利要求1至4中任一项所述的半导体激光器(1),

其中所述半导体层序列(40)包括至少一个布拉格镜(46a,46b),

其中所述布拉格镜(46a,46b)由电穿通接触部(95)穿透,并且电联接面处于所述有源区(41)的共同侧上,使得所述半导体激光器(1)可表面安装,并且

其中在所述布拉格镜(46a,46b)中产生电流限制部(48),使得所述有源区(41)在运行时仅仅在所述电流限制部(48)的至少一个电流导通区域中通电。

14.根据权利要求13所述的半导体激光器(1),

所述半导体激光器包括两个所述布拉格镜(46a,46b),所述布拉格镜位于所述有源区(41)的不同侧,

其中每个所述布拉格镜(46a,46b)由所述穿通接触部(95)穿透。

15.根据权利要求1至4中任一项所述的半导体激光器(1),

其中阳极触点(91)或阴极触点(92)在所述半导体层序列(40)与所述衍射光学元件(3)之间延伸,使得所述光出射面(44)在朝向所述衍射光学元件(3)的侧上在俯视图中观察环绕地由所述阳极触点(91)或所述阴极触点(92)的材料包围,

其中所述阳极触点(91)或所述阴极触点(92)对于所产生的激光辐射(L)是不可透过的且是金属的。

16.一种用于制造根据权利要求1至15中任一项所述的半导体激光器(1)的方法,

-提供半导体激光器芯片(4),和

-将衍射光学元件(3)安置在所述半导体激光器芯片(4)上或在所述半导体激光器芯片(4)中成形衍射光学元件(3)。

半导体激光器和用于制造这种半导体激光器的方法

技术领域

[0001] 提出一种半导体激光器。此外提出一种用于制造这种半导体激光器的方法。

发明内容

[0002] 要解决的目的在于,提出一种半导体激光器,所述半导体激光器是对人眼安全的且可有效地制造。

[0003] 该目的此外通过具有实施例的特征的半导体激光器和方法来实现。优选的改进方案是实施例的主题。

[0004] 根据至少一个实施方式,半导体激光器包括一个或多个半导体激光器芯片。至少一个半导体激光器芯片包括半导体层序列。所述半导体层序列包含一个或多个有源区,用于产生激光辐射。此外,半导体激光器芯片具有光出射面。在光出射面上进行激光辐射的发射。

[0005] 根据至少一个实施方式,至少一个半导体激光器芯片是表面发射器。这尤其表示:半导体激光器芯片将在运行时产生的激光辐射在相对大的表面上发射。半导体激光器芯片在其上发射激光辐射的表面、即光出射面优选垂直于或近似垂直于半导体层序列的生长方向取向,使得谐振器方向平行于或近似平行于生长方向伸展。近似在这里和在下文中尤其表示具有最高 15° 或 5° 或 2° 的容差。而与表面发射器不同,边发射器相反地具有沿着垂直于生长方向的发射方向和谐振器方向。

[0006] 半导体层序列例如基于第13-15化合物半导体材料。该半导体材料例如是氮化物化合物半导体材料,如 $\text{Al}_n\text{In}_{1-n-m}\text{Ga}_m\text{N}$,或是磷化物化合物半导体材料,如 $\text{Al}_n\text{In}_{1-n-m}\text{Ga}_m\text{P}$,或也是砷化物化合物半导体材料,如 $\text{Al}_n\text{In}_{1-n-m}\text{Ga}_m\text{As}$ 或 $\text{Al}_n\text{Ga}_m\text{In}_{1-n-m}\text{As}_k\text{P}_{1-k}$,其中分别有 $0 \leq n \leq 1$, $0 \leq m \leq 1$ 且 $m+n \leq 1$ 以及 $0 \leq k \leq 1$ 。优选地在此适合于半导体层序列的至少一个层或所有层的是 $0 < n \leq 0.8$, $0.4 \leq m < 1$ 和 $n+m \leq 0.95$ 以及 $0 < k \leq 0.5$ 。在此,半导体层序列可以具有掺杂材料以及附加的组成部分。出于简单原因,仅给出半导体层序列的晶格的主要组成部分,即Al、As、Ga、In、N或P,即使在这些主要组成部分可以部分地通过少量其他物质替代和/或补充时也如此。

[0007] 根据至少一个实施方式,半导体激光器包括至少一个衍射光学元件,简称DoE。一个或多个衍射光学元件设计为用于扩宽激光辐射和使激光辐射散布开,尤其用于使激光辐射散布在更高的空间角度范围。经由衍射光学元件可以实现的是:半导体激光器由于与之关联的激光辐射发散对于人眼而言并不特别危险,使得该半导体激光器无需其他措施就是人眼安全的并且满足对此所需的法律规定。

[0008] 对衍射光学元件替代地,一般也可以分别存在扩宽射束的光学元件。扩宽射束的光学元件例如是微透镜阵列,英语Micro Lens Array或简称MLA。微透镜阵列具有多个单透镜,所述单透镜优选紧密地设置。产生的激光辐射穿过光出射面的区域,所述区域优选由至少10或30或100个微透镜覆盖。替代地或附加地,扩宽射束的光学元件可以具有散射层或由其组成,所述散射层也称作扩散器。散射层尤其包括:粗糙部,激光辐射在所述粗糙部上散

射;和/或在对于激光辐射可透过的基质材料中的散射颗粒。下面的针对衍射光学元件的实施方式同样适用于扩宽射束的光学元件。

[0009] 根据至少一个实施方式,衍射光学元件的光学有效结构由具有高折射率的材料形成。尤其,该材料的折射率为至少1.65或1.75或1.8或2.0或2.2。所述的用于折射率的值优选在半导体激光器的工作温度的情况下和在运行时产生的激光辐射的最大强度的波长的情况下适用。此外,折射率优选高于环氧化物的折射率。高折射率的环氧化物例如达到最高1.6的值。

[0010] 光学有效结构尤其是光栅状的结构,所述结构类似于衍射光栅和/或用于激光辐射的全息图起作用。经由光学有效结构,将激光辐射扩宽和散布开,其中扩宽和散布优选决定性地或仅仅归因于光散射。

[0011] 光学有效结构例如由13-15化合物半导体材料制成。同样,可以使用12-16半导体,如ZnO、ZnS或ZnTe或Ga₂O₃、In₂O₃。此外,代替经由金属有机的气相沉积来制造的单晶的半导体层,也可以使用其他半导体层。尤其例如可以使用具有高折射率的金属氧化物、如ZnO、SnO₂或Ta₂O₅的无定形的层用于光学有效结构。

[0012] 用于光学有效结构的材料的其他示例是Al₂O₃,特别作为蓝宝石晶体、GaAs或GaN,尤其当将光学有效结构刻蚀到激光器或半导体层序列的生长衬底中时如此。如果光学有效结构应由沉积到激光器晶圆上的层制造,则层也可以由介电质、如氧化铝或碳化硅分别以不一定在化学计量上准确的方式组成和/或通常可无定形地适用。

[0013] 在至少一个实施方式中,半导体激光器包括至少一个表面发射的半导体芯片,所述半导体芯片具有半导体层序列,所述半导体层序列具有至少一个用于产生激光辐射的有源区和辐射出射面,所述辐射出射面垂直于半导体层序列的生长方向取向。此外,半导体激光器包含衍射光学元件,所述衍射光学元件设计为用于扩宽激光辐射和将激光辐射散布开,使得半导体激光器优选是人眼安全的。衍射光学元件的光学有效结构由关于激光辐射的最大强度的波长具有至少1.65或2.0的折射率的材料构成。

[0014] 在至少一个实施方式中,半导体激光器包括至少一个表面发射的半导体芯片,所述半导体芯片具有半导体层序列,所述半导体层序列具有至少一个用于产生激光辐射的有源区和辐射出射面,所述辐射出射面垂直于半导体层序列的生长方向取向。此外,半导体激光器包含扩宽射束的光学元件,所述扩宽射束的光学元件设计为用于扩宽激光辐射和使激光辐射散布开,使得半导体激光器是人眼安全的。扩宽射束的光学元件的光学有效结构可以由具有高折射率的材料构成。优选地,半导体层序列包括至少一个布拉格镜,所述布拉格镜由至少一个电的穿通接触部穿过。电触点可以围绕光出射面环形地安置。所述触点优选处于扩宽射束的光学元件与所属的布拉格镜之间,穿通接触部穿过所述布拉格用以连接所述触点。

[0015] 对于许多应用需要的是,光源对于人眼而言是人眼安全的。在半导体激光器中为此采取附加措施,尤其可以经由衍射光学元件将激光辐射扩宽和散布开。如果这种衍射光学元件由具有相对低的折射率的材料形成,则眼睛保护可以与环境条件相关地受到限制。

[0016] 例如,在衍射光学元件上结露或形成冷凝水或湿气凝结的情况下,由于在环境与光学有效结构之间的因此降低的折射率差,衍射光学元件的扩宽射束的效果丧失。在这里所描述的半导体激光器中,所述问题消除,因为甚至在衍射光学元件结露的情况下仍存在

足够大的折射率差,以便经由通过衍射光学元件的射束成形确保人眼安全性。

[0017] 此外,可行的是,这里所描述的衍射光学元件经由连接机构固定在半导体激光器芯片上。在此,例如能够将有机塑料用作为粘合剂,或也可以使用具有相对低的折射率的无机材料,如 SiO_2 。这种材料可以进入到光学有效结构中并且也填充例如光栅状的光学有效结构,因为由于始终还存在的显著的折射率差,衍射光学元件始终起作用。

[0018] 此外,通过使用相应的材料,可行的是,衍射光学元件经由相应的接合工艺要么在晶片级施加到尚未分割的半导体激光器芯片上或共同地或分组地分配给已经分割的半导体芯片。通过具有高折射率的光学有效结构能够有效地实现这种方法。

[0019] 根据至少一个实施方式,半导体激光器可表面安装。也就是说,半导体激光器优选在无铅焊接工艺或粘合工艺的情况下适合于表面安装,英语Surface Mount Technology或简称SMT。半导体激光器尤其可以无穿透地以机械方式和/或以电学方式安置在安装载体、如电路板上。

[0020] 根据至少一个实施方式,衍射光学元件处于光出射面上。在衍射光学元件与光出射面之间优选仅仅存在连接机构,衍射光学元件经由所述连接机构与半导体激光器芯片连接。尤其地,连接机构整面地处于光出射面与衍射光学元件之间。因此可行的是,整个光出射面由连接机构和衍射光学元件覆盖。连接机构在此情况下优选是透光的,尤其对于所产生的激光辐射是透明的。

[0021] 根据至少一个实施方式,衍射光学元件的光学有效结构处于衍射光学元件的朝向半导体激光器的侧上。尤其是,光学有效结构局部地或整面地与连接机构直接接触和/或光学有效结构部分地或完全地由连接机构填充和/或平坦化。

[0022] 根据至少一个实施方式,连接机构在半导体激光器芯片与衍射光学元件之间仅仅处于衍射光学元件的边缘处。尤其地,光出射面没有连接机构或基本上没有连接机构。在光出射面与衍射光学元件之间可以部分地或整面地在光出射面上形成间隙。间隙在此情况下例如表示,没有固体且没有液体存在。间隙可以由一种或多种气体填充或抽真空。在此情况下,连接机构也可以对于所产生的激光辐射而言是不可透过的并且例如是金属或金属合金。

[0023] 根据至少一个实施方式,衍射光学元件直接处于光出射面上。这优选在整个光出射面之上整面地适用。在此,光学有效结构可以处于衍射光学元件的朝向光出射面的侧上或也处于衍射光学元件的背离光出射面的侧上。

[0024] 根据至少一个实施方式,衍射光学元件具有载体衬底。载体衬底例如是半导体衬底,例如由氮化镓或砷化镓构成,或者是透明的材料,如蓝宝石或碳化硅。优选地,载体衬底对于在运行时产生的激光辐射是可透过的。

[0025] 根据至少一个实施方式,光学有效结构在载体衬底中形成。例如,载体衬底例如以光刻方式相应地结构化。

[0026] 根据至少一个实施方式,光学有效结构由原材料层形成,所述原材料层施加在载体衬底上。换言之,在该情况下并不结构化载体衬底本身,而是结构化原材料层,例如以光刻方式或经由纳米印刷法结构化。

[0027] 根据至少一个实施方式,光学有效结构仅仅部分地穿透衍射光学元件。尤其地,载体衬底和/或原材料层作为连续的、无中断的层保留。换言之,光学有效结构因此仅仅不完

全地伸展穿过载体衬底和/或原材料层。替选地,可行的是,衍射光学元件整个由光学有效结构穿透,使得光学有效结构在衍射光学元件中构成连续的孔或开口。

[0028] 根据至少一个实施方式,光学有效结构具有一种或多种半导体材料或由一种或多种半导体材料构成。可行的是,光学有效结构由与半导体激光器芯片的半导体层序列相同的或不同的半导体材料制造。如果光学有效结构包括至少一种半导体材料或由至少一种半导体材料构成,则衍射光学元件的载体衬底优选是用于光学有效结构的所述半导体材料的生长衬底。

[0029] 根据至少一个实施方式,半导体激光器芯片包括用于半导体层序列的生长衬底。半导体层序列优选外延地生长在生长衬底上并且生长衬底在制成的半导体激光器中优选还存在。

[0030] 根据至少一个实施方式,衍射光学元件在半导体激光器芯片的生长衬底中成形。在此,衍射光学元件、尤其是其光学有效结构优选处于生长衬底的背离具有有源区的半导体层序列的侧上。

[0031] 根据至少一个实施方式,衍射光学元件具有半导体层序列的光出射面。换言之,所产生的激光辐射在衍射光学元件处、尤其在光学有效结构处离开半导体激光器芯片。

[0032] 根据至少一个实施方式,衍射光学元件和半导体激光器芯片一件式地构成。这例如意味着:在半导体激光器芯片与衍射光学元件之间不存在接合区或连接机构层。尤其是,半导体激光器芯片和衍射光学元件具有共同的部件,所述部件特别是通过半导体层序列的生长衬底形成。

[0033] 根据至少一个实施方式,半导体激光器芯片和用于衍射光学元件的连接机构安置在共同的安装载体上。在此,连接机构在光出射面的俯视图中观察优选仅仅处于半导体层序列旁边和/或半导体激光器芯片旁边和/或有源区旁边。尤其地,连接机构和半导体激光器芯片并不接触。

[0034] 根据至少一个实施方式,连接机构与安装载体和/或衍射光学元件直接接触。在此,连接机构可以接合到衍射光学元件的光学有效结构中并且部分地填充所述结构。

[0035] 根据至少一个实施方式,衍射光学元件完全地覆盖光出射面和/或半导体层序列和/或半导体激光器芯片。这尤其在俯视图中观察适用。

[0036] 根据至少一个实施方式,半导体激光器具有半导体激光器芯片中的多个。半导体激光器芯片可以彼此结构相同并且发射同一波长的辐射或彼此不同地构成。

[0037] 根据至少一个实施方式,半导体激光器芯片或半导体激光器芯片中的至少一个半导体激光器芯片具有多个激光器区域。在此情况下,半导体激光器优选包括恰好一个半导体激光器芯片。尤其地,在VCSEL (Vertical-Cavity Surface Emitting Laser,垂直腔表面发射激光器)类型的激光器的情况下,半导体激光器芯片包含多个激光器区域,也称作为单激光器,所述激光器区域优选彼此平行地定向和/或谐振器轴线沿着平行于半导体层序列的生长方向的方向指向。单激光器可以形成各个VCSEL,使得相关的半导体激光器芯片是VCSEL阵列。经由这种VCSEL场可以实现足够的或特别高的光学输出功率。单激光器优选矩阵形地设置在半导体激光器芯片中并且可以优选并行运行。单激光器可以彼此并联电连接和/或只能共同地运行。同样,单激光器可以单独地或成组地彼此电独立地操控。

[0038] 可行的是,衍射光学元件共同地跨越多个半导体激光器芯片和/或多个单激光器

并且组合成一个构件。

[0039] 根据至少一个实施方式,半导体激光器的半导体激光器芯片共同地并且优选完全地由衍射光学元件遮盖。尤其,半导体激光器芯片的所有光出射面可以分别完全地由衍射光学元件遮盖。在此,衍射光学元件优选连通地、一件式地和/或无缝地在所有半导体激光器芯片之上延伸。

[0040] 根据至少一个实施方式,衍射光学元件靠近半导体激光器芯片和/或光出射面。优选地,在衍射光学元件与半导体激光器芯片之间的间距为激光辐射的最大强度的波长的最高20倍或10倍或5倍和/或至少1倍或2倍或4倍。替选地或附加地,在半导体激光器芯片与衍射光学元件之间的间距最高为0.5mm或0.2mm或0.05mm或20 μ m。即在衍射光学元件与半导体激光器芯片之间不存在或不存在显著的空间分离。

[0041] 根据至少一个实施方式,衍射光学元件和/或至少一个半导体激光器芯片局部地或整面地直接由囊封材料包围。囊封材料优选由具有相对低的折射率的塑料形成,例如硅树脂或环氧化物或丙烯酸酯或聚碳酸酯。囊封材料优选对于所产生的激光辐射是透明的。

[0042] 根据至少一个实施方式,囊封材料接触光学有效结构。囊封材料可以仅仅在边缘处接触光学有效结构或也可以整面地在整个光出射面之上接触光学有效结构。

[0043] 根据至少一个实施方式,半导体层序列包括一个或多个布拉格镜。至少一个布拉格镜设计用于反射激光辐射。

[0044] 根据至少一个实施方式,布拉格镜由至少一个电穿透接触部穿透。穿透接触部优选是金属的。尤其地,穿透接触部与布拉格镜电绝缘,所述穿透接触部伸展穿过布拉格镜。

[0045] 根据至少一个实施方式,用于外部电接触半导体激光器的电联接面处于有源区的共同的侧上。由此,半导体激光器可以是可表面安装的。

[0046] 根据至少一个实施方式,在布拉格镜中的至少一个布拉格镜或多个布拉格镜中产生至少一个电流限制部。由此,有源区在运行时仅在电流限制部的一个或多个电流导通区域中通电。沿着半导体层序列的生长方向观察,电流限制部优选处于所属的布拉格镜之内,并不处于布拉格镜的边缘处,。

[0047] 根据至少一个实施方式,半导体激光器包括两个布拉格镜。所述布拉格镜处于有源区的不同侧处。在此可行的是,每个布拉格镜由所述穿透接触部或所述穿透接触部中的一个或多个穿透接触部穿透。

[0048] 根据至少一个实施方式,半导体激光器包括阳极触点和/或阴极触点。触点优选是金属触点。经由触点优选将电流直接注入到半导体层序列中。

[0049] 根据至少一个实施方式,阳极触点和/或阴极触点在半导体层序列与衍射光学元件之间延伸。由此,光出射面可以在朝向衍射光学元件的侧上在俯视图中观察由阳极触点和/或阴极触点的材料环绕地包围。在此,阳极触点和/或阴极触点对于所产生的激光辐射是不可透过的和/或是金属的。

[0050] 此外,提出一种用于制造半导体激光器的方法。利用该方法优选制造如结合一个或多个上述实施方式说明的光电子半导体激光器。该方法的特征因此对于半导体激光器而言也是公开的,反之亦然。

[0051] 在至少一个实施方式中,该方法优选以所给出的顺序包括如下步骤:

[0052] -提供半导体激光器芯片,和

[0053] -将衍射光学元件安置在半导体激光器芯片上和/或在半导体激光器芯片中成形衍射光学元件。

[0054] 在这里所描述的方法和这里所描述的半导体激光器中,可以取消在部件级的成本密集的和/或材料密集的主动校准。通过使用半导体工艺,尤其通过在晶片级的被动校准,还可以减小制造时的成本。例如,可行的是,半导体激光器的部件的产生已经在晶片级适应于客户特定的放射特征,如以便能够实现更准直的放射,用于在客户方更为简单地进一步处理。

[0055] 此外,具有高折射率的层或材料大多可以利用在半导体制造中可用的工艺有效地结构化。尤其,衍射光学元件在晶片级已经可以与半导体激光器芯片组合。这经济地允许精确地将衍射光学元件和半导体激光器芯片相对彼此校准,只要这是需要的。在此,特别是显著地降低装配耗费。此外,在晶片级已经可以对半导体激光器进行测试,并且在晶片级已经可以分析和检验衍射光学元件的效果。

[0056] 在这里所描述的紧密地与半导体激光器芯片连接的衍射光学元件中,取消了用单独的衍射光学元件事后覆盖半导体激光器芯片。此外,衍射光学元件在这里所描述的半导体激光器中可以用作为用于半导体激光器芯片的保护层。如果衍射光学元件例如粘贴到半导体激光器芯片上,则衍射光学元件的载体衬底已经能够保证对半导体激光器的充分的机械保护。由于光学有效结构的高折射率,此外可行的是,光学有效结构处于衍射光学元件的背离半导体激光器芯片的侧上并且衍射光学元件以包封塑料包覆,以便实现附加的保护。

附图说明

[0057] 以下参照附图根据实施例更为详细地阐述在此所描述的半导体激光器和在此所描述的方法。相同的附图标记在此说明各个图中的相同的元件。然而在此并未示出符合比例的关系,更确切地说,为了更好的理解可以夸大地示出个别元件。

[0058] 附图示出:

[0059] 图1至4、15和16示出在此所描述的方法的实施例的方法步骤的示意性剖视图,

[0060] 图5至13、14B和17示出在此所描述的半导体激光器的实施例的示意性剖视图,以及

[0061] 图14A示出在此所描述的半导体激光器的一个实施例的示意性俯视图。

具体实施方式

[0062] 在图1中图解说明用于在此所描述的可表面发射的半导体激光器1的制造方法的一个实施例。根据图1A,提供用于衍射光学元件3的载体衬底32。载体衬底32例如是蓝宝石衬底。

[0063] 在载体衬底32上产生分离层34,例如外延生长所述分离层。分离层34例如是GaN层。此外,在分离层34上沉积原材料层35,例如以外延的方式或借助于溅射。原材料层35例如是氮化铝。

[0064] 在图1B的方法步骤中,在原材料层35中形成光学有效结构33。光学有效结构33例如经由光刻和刻蚀产生。例如,在图1中通过阴影线象征性表示的光学有效结构33在俯视图中观察具有光栅状的形状。光学有效结构33的结构大小在俯视图中观察例如处于在制成的

半导体激光器1运行时所产生的激光辐射L的四分之一波长或一半波长的范围中。同样内容可以适用于光学有效结构33的厚度,其中该厚度备选地或附加地小于或等于 $2\mu\text{m}$ 或 $1\mu\text{m}$ 。光学有效结构33仅仅部分穿透原材料层35。在此和在下文中,光学有效结构33仅极其简化地图解说明。

[0065] 在俯视图中,光学有效结构33优选具有结构元件,所述结构元件的平均大小为至少 $0.5\mu\text{m}$ 到 $1\mu\text{m}$ 。结构元件的高度取决于在光学有效结构33与环境之间的所计划的折射率差并且应足够大,以便经由相移实现所需要的光程差。

[0066] 在图1C的方法步骤中,提供半导体激光器芯片4。半导体激光器芯片4是表面发射的激光器。半导体激光器芯片4具有用于半导体层序列40的生长衬底2。半导体层序列40具有背离于生长衬底2的生长方向G。此外,半导体层序列40包含至少一个有源区41,用于产生激光辐射L。半导体激光器4的光出射面44通过半导体层序列40形成并且垂直于生长方向G取向。

[0067] 生长衬底2例如是GaAs衬底。半导体层序列40尤其基于材料体系AlInGaAs。不同于图1中的视图可行的是,代替生长衬底2使用替代衬底,在所述替代衬底上在生长之后施加半导体层序列40。在此情况下,去除生长衬底2。

[0068] 在图1D的方法步骤中,将图1B中的部件施加到图1C中的半导体芯片4上。这经由连接机构5的层进行。对于激光辐射L可透过的连接机构5整面地并且连续地在半导体激光器芯片4与图1B中的部件之间延伸。连接机构5例如是有机粘合剂。可行的是,连接机构5填充由高折射率的材料构成的光学有效结构33。由于光学有效结构33的高折射率,保持与连接机构5的足够大的折射率差,使得光学有效结构33实现所期望的作用。

[0069] 根据图1E,仅仅光学有效结构33保留在半导体激光器4上。这尤其经由激光剥离方法穿过载体衬底32进行。尤其是,激光辐射穿过载体衬底32射入,所述激光辐射分解分离层34,使得载体衬底32可剥离。对激光剥离方法备选地或附加地,也可以进行刻蚀和/或研磨和/或抛光。可选地,去除分离层34在光学有效结构33上的可能的残留物。过剩的原材料层35可选地同样被完全去除。

[0070] 分离层34最后用于:借助于剥离方法、如激光剥离方法去除载体衬底32。为此,分离层34可以如所阐述的那样是半导体层,然而这并不是强制必需的。为了脱离仅需要的是,分离层34可以利用如激光分解或刻蚀的方法部分地或完全地分解。对于分离层34由此也可以使用电介质和/或有机材料,如聚合的双苯环丁烯,简称BCB。

[0071] 在图1F的方法步骤中示出,将半导体层序列40局部露出,其中局部去除连接机构5和光学有效结构33,所述光学有效结构形成衍射光学元件3。在半导体层序列40的露出的区域中可以安置电触点91、92,以便对有源区41通电,在图1F中仅极其简化地图解说明。

[0072] 对图1中的视图备选地,衍射光学元件3在图1D的方法步骤之前,例如在图1B的步骤中已经具有在图1F中所示的用于电触点91、92的留空部。相应内容适用于所有其他实施例。

[0073] 在图2的方法中,首先提供半导体激光器芯片4,参见图2A。随后将原材料层35沉积在光出射面44上,参见图2B。原材料层35例如由沉积的无定形的氧化铝构成。

[0074] 接下来,参见图2C,在原材料层35中产生光学有效结构33。光学有效结构33并不伸到光出射面44。备选地,不同于图2C中所示,光学有效结构33也可以伸到半导体层序列40。

[0075] 在图2D中示出,将半导体层序列40局部露出,以便能够实现电接触,类似于图1F。

[0076] 在图3A中在另一示例性的制造方法中,提供半导体激光器芯片4。此外,在载体衬底32上提供光学有效结构33。光学有效结构33可以由两个子结构33a、33b组成,所述子结构在图3中通过不同的阴影象征性地表示。这种具有多个子结构的光学有效结构33也可以在所有其他实施例中使用。在此,可以存在多于两个的子结构。

[0077] 在图3B中示出,图3A中的这两个部件经由连接机构5彼此紧靠地安置,并且将半导体层序列40的一部分露出用于电接触。

[0078] 不同于在图1和图2中,衍射光学元件3在图3的制成的半导体激光器1中还具有保留的原材料层35、分离层34和载体衬底32,所述分离层是可选的。激光辐射L穿过具有连接机构5的层、光学有效结构33、原材料层35、可选的半导体层34以及载体衬底32发射。载体衬底32优选是蓝宝石或碳化硅。在所有其他实施例中,原则上也可行的是,在制成的半导体激光器1中还存在载体衬底32。

[0079] 在图4的方法中,将原材料层35直接在载体衬底32上产生。载体衬底32例如是GaAs,原材料层35例如由AlP构成。

[0080] 根据图4B,在原材料层35中产生光学有效结构33。

[0081] 在图4C中可见,为了平坦化光学有效结构33,施加平坦化层37。为了随后与在图4D中提供的半导体激光器芯片4连接需要平坦化层37,5a。在衍射光学元件3上以及在半导体激光器芯片1上的这两个层5a、5b例如由SiO₂构成,并且优选在进行附着之前例如以化学机械的方式研磨,参见图4E。由此,层5a、5b一起构成连接机构层5。

[0082] 可选地,参见图4F,去除载体衬底32。也如在图1F中,将半导体层序列40局部露出,用于电接触。

[0083] 根据图4,因此尤其地,将AlP层直接在GaAs衬底上结构化,随后平整并且经由如直接接合的工艺与半导体激光器芯片4连接。作为用于连接机构5的材料也可以如在所有其他实施例中那样使用例如能流动的氧化物,英语flowable oxid或缩写FOX。同样,可以使用有机材料,如交联的双苯环丁烯层。

[0084] 在图1至4中,图解说明分别将仅一个衍射光学元件3施加到仅一个半导体激光器芯片4上。与之不同,在图1至4中也可以分别使用晶片间工艺,以便将多个衍射光学元件3同时施加到多个半导体激光器芯片4上。图1至4的相应的方法因此不仅可以在晶片间工艺中、而且可以在芯片到晶片工艺中或在芯片间工艺中执行。在此情况下,出于效率原因优选的是晶片间工艺。

[0085] 此外不同于图4中所示,可行的是,类似于图1代替直接接合使用粘合剂,以便将图4C和4D中的两个部件彼此连接。在此情况下,优选通过唯一的层实现具有连接机构5的层。粘合或附着或直接接合也可以在所有其他实施例中用作为两个部件彼此连接的备选的方法。

[0086] 作为对图4的方法的其他备选方案可行的是,将在载体衬底32处的原材料层35首先安置在半导体激光器芯片4上,参见图4G,和在载体衬底32脱离之后才产生光学有效结构33,参见图4H。由于首先在半导体芯片4上产生光学有效结构33,所以仅仅需要对图4G中的部件相对于半导体激光器4的比较粗的预校准。

[0087] 在图5的实施例中示出,存在半导体激光器芯片4中的多个。衍射光学元件3一件式

地和共同地在半导体激光器芯片4之上延伸。例如,衍射光学元件3以及半导体激光器芯片4经由晶片接合还在晶片复合体中就彼此接触,使得形成接合区域39。在此,衍射光学元件3处于生长衬底2的背离半导体层序列40的侧上。在具有有源区41的半导体层序列40的侧向旁边,存在电触点91、92。可选地,可以未示出地分割成分别具有一个或多个半导体芯片4的单独的半导体激光器1。

[0088] 可选地,在衍射光学元件3的背离半导体层序列40的侧上存在平坦化层37,如也在所有其他实施例中可行,其中光学有效结构33处于外侧上。

[0089] 在图6和图7中图解说明,光学有效结构33直接在生长衬底2中形成。根据图6,电触点91、92构成为,其部分地在半导体层序列40之内伸展,其中触点之一92穿透带有有源区41的平面。如在所有其他实施例中可行的是,在具有有源区41的区域和生长衬底2之间存在布拉格镜46。可选地,又存在平坦化层37。

[0090] 氮化硅的折射率通常估计在2以上。在等离子体支持的化学气相沉积中可以产生具有较低折射率的SiN:H层,例如在633处大约为1.85。图6的光学有效结构33尤其由SiN:H或由蓝宝石构成。

[0091] 在图7中,单片地集成生长衬底2和衍射光学元件3,替代使用独立的衍射光学元件,如例如结合图1、3、4和5所图解说明的那样。

[0092] 在图8中图解说明,电触点91、92处于生长衬底2的不同的侧上。相应的构型也可以应用于所有其他实施例中。

[0093] 在图9中示出,衍射光学元件3施加在具有半导体层序列40的侧上。在此,可行的是,衍射光学元件3横向地、即沿着垂直于生长方向G的方向突出于分别关联的半导体层序列40,或不同于所示地与半导体层序列40齐平。此外,可行的是,如也在所有其他实施例中,整面地施加电触点之一92。

[0094] 在图10的实施例中,附加地存在囊封材料7。在此,衍射光学元件3主要经由连接机构5、例如粘合剂或能流动的氧化物固定。囊封材料7局部伸展直至衍射光学元件3的朝向半导体激光器芯片4的侧并且局部与光学有效结构33直接接触。

[0095] 与此相对地,根据图10B,衍射光学元件3经由囊封材料7固定,所述囊封材料同时是连接机构5。经由囊封材料7可保护半导体激光器1免受外部影响。由于光学有效结构33的高折射率,无损伤的是,囊封材料7覆盖和/或填充光学有效结构33。

[0096] 在图10A和图10B中,光学有效结构33朝向半导体激光器芯片4或背离半导体激光器芯片4。光学有效结构33的两种布置可能性能够以类似的方式使用。

[0097] 在图11A中示出,连接机构5框架状地施加在光出射面44上,其中直接在设计用于产生激光辐射的有源区41之上的区域优选没有连接机构5。例如,连接机构5是金属层,使得衍射光学元件3接合到半导体激光器芯片4上例如通过焊接、例如共熔地、准共熔地或等温凝固地进行。连接机构5可以由多个子层组成。

[0098] 在图11A中,在此连接机构5部分地嵌接到光学有效结构33中。与此相对地,根据图11B,光学有效结构33限于有源区41之上的区域。由此,连接机构5与光学有效结构33间隔开。

[0099] 在图11A中以及在图11B中,在衍射光学元件3与半导体激光器芯片4之间存在间隙6。间隙6相对薄并且例如由空气填充。

[0100] 根据图11,进行相对准确的校准,以便实现衍射光学元件3与连接机构5的精确协调,所述连接机构尤其构成为金属框架。

[0101] 在图12中示出,连接机构5与半导体层序列40间隔开。连接机构5、例如金属平台与生长衬底2和衍射光学元件3直接连接。

[0102] 与此相对地,参见图12B,连接机构5安置在安装载体8上并且并不与半导体激光器芯片4直接接触。衍射光学元件3完全遮盖半导体激光器芯片4。在连接机构5、半导体激光器芯片4之间以及在半导体激光器芯片4与衍射光学元件3之间各形成间隙6。

[0103] 根据图13A,多个所述半导体激光器芯片4安置到安装载体8上。半导体激光器芯片4共同地由一件式的、连通的衍射光学元件3覆盖。在此,衍射光学元件3可以侧向地突出于半导体激光器芯片4。

[0104] 与此相对地,根据图13B,衍射光学元件3本身形成用于半导体激光器芯片4的载体。为此,衍射光学元件3可以设有电接触结构,未绘出。

[0105] 根据图13,半导体激光器1具有多个所述半导体激光器芯片4,如这在所有其他实施例中也可以是这种情况。同样在这些实施例中分别可行的是,存在仅仅一个或多个半导体激光器芯片4,所述半导体激光器芯片可以具有多个激光器区域或单激光器47,例如表面发射的垂直谐振器激光器场,也称作VCSEL阵列,参见图14A中的俯视图和图14B中的剖视图。在俯视图中例如以六边形或矩形或正方形样式设置的单激光器47在此可以单独地操控或者也可以全部共同地运行。

[0106] 在图15的制造方法中,半导体激光器1作为倒装芯片在透明的载体衬底32上制造,所述载体衬底例如由玻璃、BF33或蓝宝石构成。在载体衬底32上施加有平坦的衍射光学元件3。

[0107] 根据图15A,在生长衬底2上外延地生长半导体层序列40,所述生长衬底例如由GaAs构成。半导体层序列40从生长衬底2起包括第一布拉格镜46a、带有有源区41的区域以及第二布拉格镜46b。两个布拉格镜46a、46b优选是导电的并且包括交替的具有高折射率和低折射率的层。

[0108] 在图15B中示出,在第二布拉格镜46b上产生接合层93和阳极触点91。接合层93例如由SiO₂构成,并且阳极触点91优选由一个或多个金属层构成。沿着背离第二布拉格镜46a的方向,阳极触点91和接合层93优选彼此齐平。

[0109] 在图15C的步骤中,借助于晶片接合将透明的载体衬底32施加到接合层93上。在该步骤中,光学有效结构33可以已经处于载体结构32上或光学有效结构33随后才施加到载体结构32上。

[0110] 晶片接合例如是在SiO₂上与SiO₂的直接接合。光学有效结构33例如可以在去除生长衬底2之后和在晶片接合之后以光刻的方式施加,由此可以实现高的精度。优选地,将平坦化层37施加到光学有效结构33上,使得光学有效结构33埋置并且向外并不露出。

[0111] 在图15D中部分地移除第一布拉格镜46a,使得半导体层序列40的带有有源区41的区域露出。此外,例如借助于氧化产生电流限制部48。因此,有源区41仅仅在电流限制部48的区域中通电,因为半导体层序列40在有源区41的区域中沿着平行于有源区41的方向仅具有小的导电性。

[0112] 最后,如在图15E中所示,施加填充材料94,第一布拉格镜46a嵌入到所述填充材料

中。填充材料94是电绝缘的并且例如是旋涂玻璃或有机材料,如苯并环丁烯,简称BCB。

[0113] 随后产生穿过填充材料94和穿过第二布拉格镜46b的优选金属的穿通接触部95。利用穿通接触部95,将阳极触点91的区域电连接于接合层93。同样,第一布拉格镜46a经由金属化部电接触。第一布拉格镜46a的所述接触部优选对于在运行时产生的激光辐射是反射性的。由此,第一布拉格镜46a与该接触部一起是金属布拉格混合镜。由此,第一布拉格镜46a可以具有较少的层对,例如最多12个层对或最多6个层对。

[0114] 最后,制造用于这两个触点91、92的电联接面。联接面可以大面积地覆盖填充材料94。联接面处于共同的平面中,使得半导体激光器1是SMT器件并且由此可表面接触。

[0115] 图16A中的方法步骤类似于图15A的步骤进行。

[0116] 然而不同于15B,在图16中结构化第二布拉格镜46b,使得半导体层序列40的具有有源区41的区域从背离生长衬底2的侧起露出。此外,在第二布拉格镜46b中建立电流限制部48。

[0117] 随后可选地,面状地施加填充材料94。随后产生阳极触点91和接合层93,并且安置衍射光学元件3,类似于图15B和15C。

[0118] 最后,去除生长衬底2,参见图16D。

[0119] 根据图16E,将穿通接触部95引导穿过第一布拉格镜46a和填充材料94直至接合层93上的阳极触点91。为此,另一填充材料94可以用于使穿通接触部95与第一布拉格镜46a电绝缘。

[0120] 最后,产生用于触点91、92的联接面。这优选以与在上文结合图15E所阐述的相同的方式进行。

[0121] 图15和图16的方法因此首先区别在于电流限制部48的位置。因此,要么仅仅第一布拉格镜46a、要么仅仅第二布拉格镜46b由穿通接触部95穿透。

[0122] 与此相对地,在图17的实施例中,穿通接触部95引导穿过两个布拉格镜46a、46b。在此,优选在两个布拉格镜46a、46b中存在各一个电流限制部48。为此,对两个布拉格镜46a、46b进行结构化。仅仅半导体层序列40的具有有源区41的区域整面地保留,除了具有穿通接触部95的区之外。换言之,图17的实施例是图15和图16的方法的组合。

[0123] 如也在所有其他实施例中,阳极触点91和阴极触点92在电极性方面彼此互换。

[0124] 利用在这里所描述的半导体激光器1中的衍射光学元件可以实现更高的集成密度。通过VCSEL 4和光学装置3的晶片级集成可以实现成本降低。可以安置精确匹配的光学装置,其中实现固有的人眼安全的构件。可以实现具有良好的热联接的倒装芯片。总之,因此通过晶片级校准来实现在VCSEL芯片4与光学装置3之间的高的校准精度,同时实现成本降低。

[0125] 此外,由VCSEL芯片4和光学装置3构成的复合件适合于进一步处理,例如借助囊封和/或用于嵌入到其他材料中。这尤其在光学有效结构33平坦地集成在载体结构32之内时适用。

[0126] 在附图中所示的部件只要未作明确说明就优选以所给出的顺序分别彼此紧随。在图中未接触的层彼此间隔开。就线彼此平行绘制而言,相应的面同样彼此平行地定向。同样如果未作不同说明,在这些图中正确地反映所绘制的部件彼此间的相对厚度关系、纵向关系和位置。

[0127] 在此所描述的发明并不受根据实施例的描述限制。更确切地说,本发明包括任意新特征以及特征的任意组合,这尤其包含权利要求中的特征的任意组合,即使这些特征或组合本身并未明确地在权利要求或实施例中说明时也如此。

[0128] 本申请要求德国专利申请10 2017 100 997.3的优先权,其公开内容通过引用结合于此。

[0129] 附图标记列表

[0130]	1	半导体激光器
[0131]	2	生长衬底
[0132]	3	衍射光学元件
[0133]	32	载体衬底
[0134]	33	光学有效结构
[0135]	34	半导体层
[0136]	35	原材料层
[0137]	37	平坦化层
[0138]	39	接合区域
[0139]	4	半导体激光器芯片
[0140]	40	半导体层序列
[0141]	41	有源区
[0142]	44	光出射面
[0143]	46	布拉格镜
[0144]	47	单激光器
[0145]	48	电流限制部
[0146]	5	连接机构
[0147]	6	间隙
[0148]	7	囊封材料
[0149]	8	安装载体
[0150]	91	阳极触点
[0151]	92	阴极触点
[0152]	93	接合层
[0153]	94	填充材料
[0154]	95	穿通接触部
[0155]	G	生长方向
[0156]	L	激光辐射

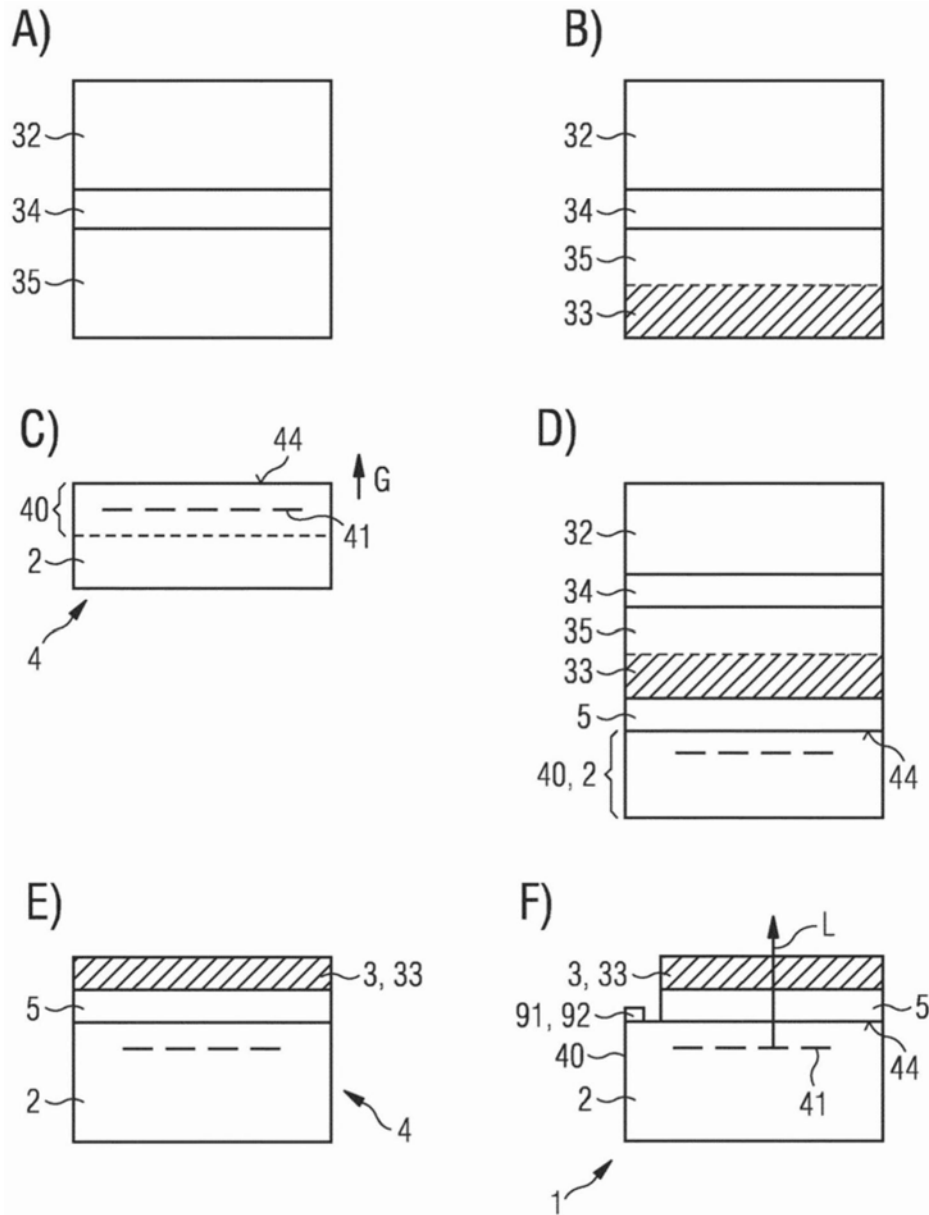


图1

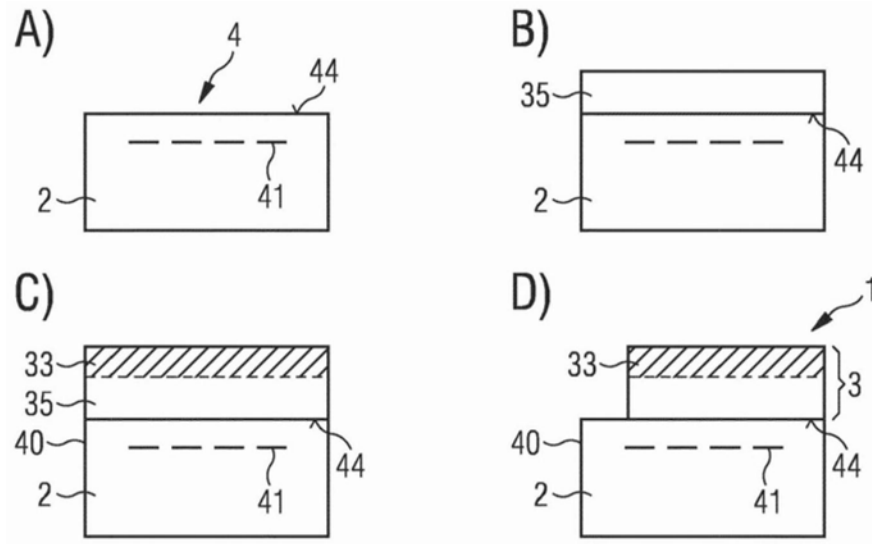


图2

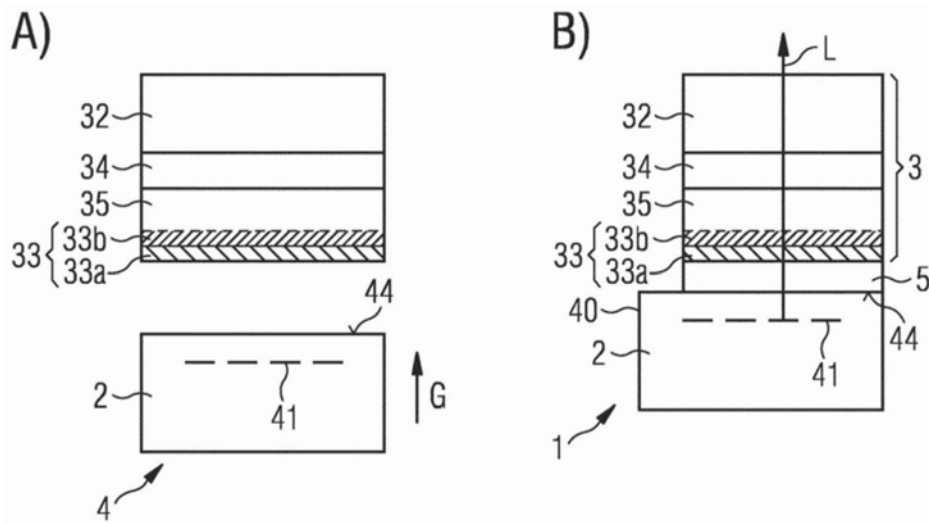


图3

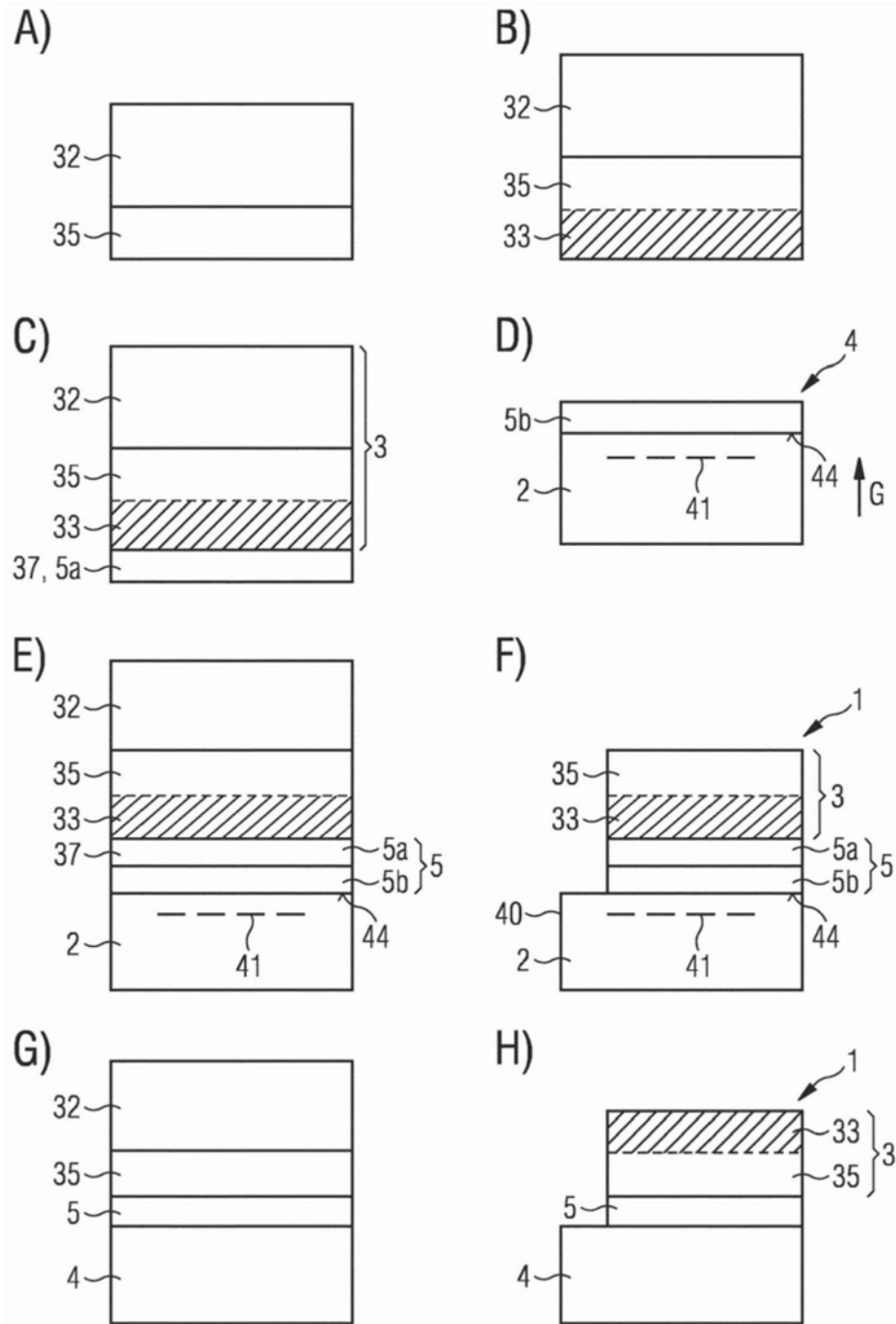


图4

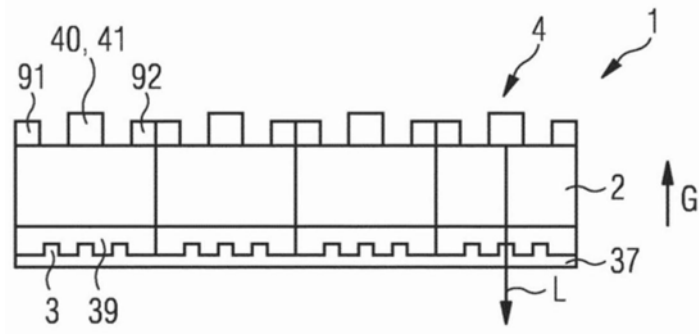


图5

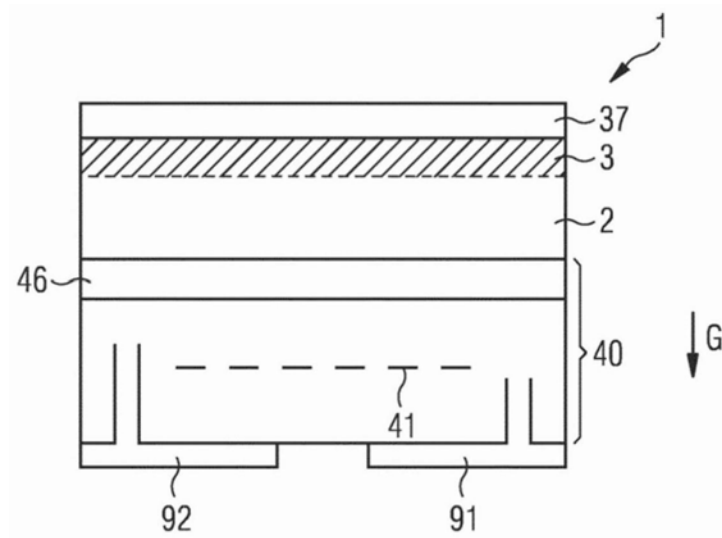


图6

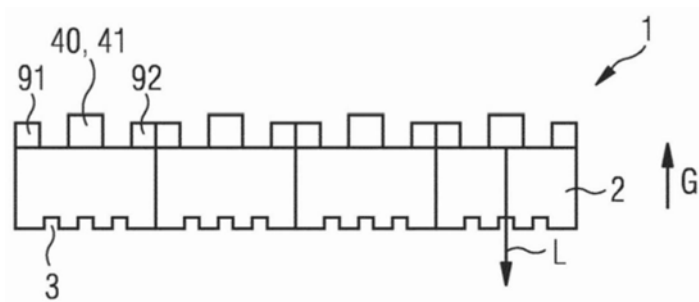


图7

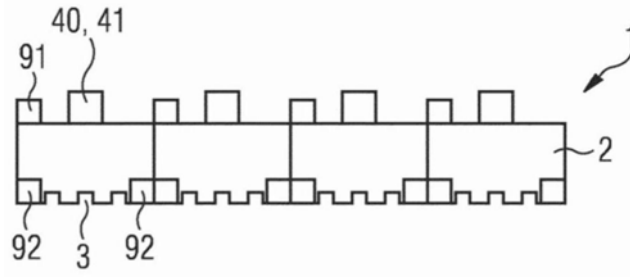


图8

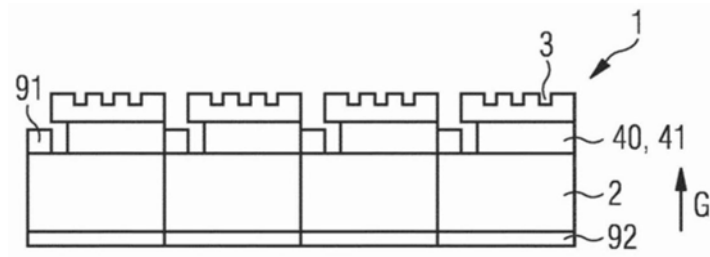


图9

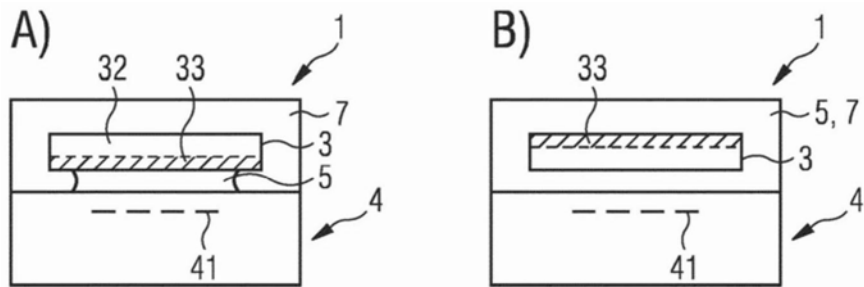


图10

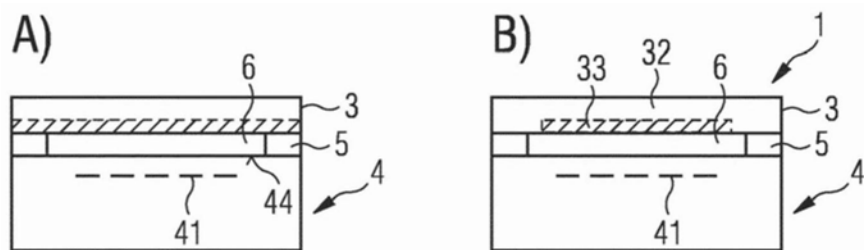


图11

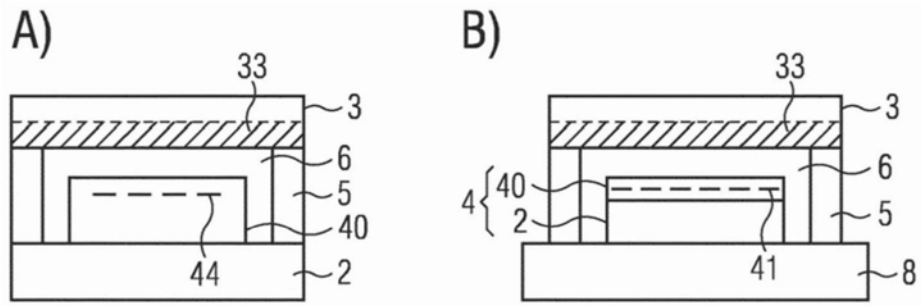


图12

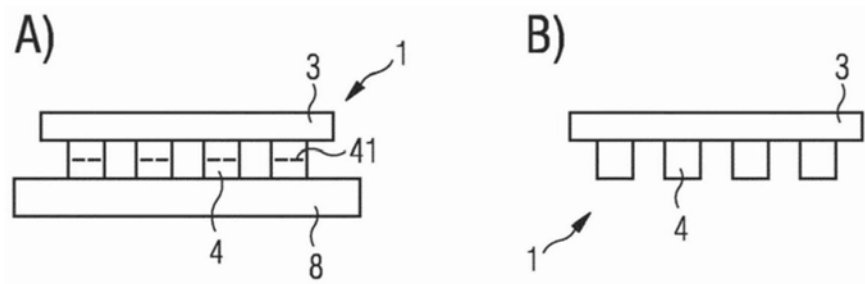


图13

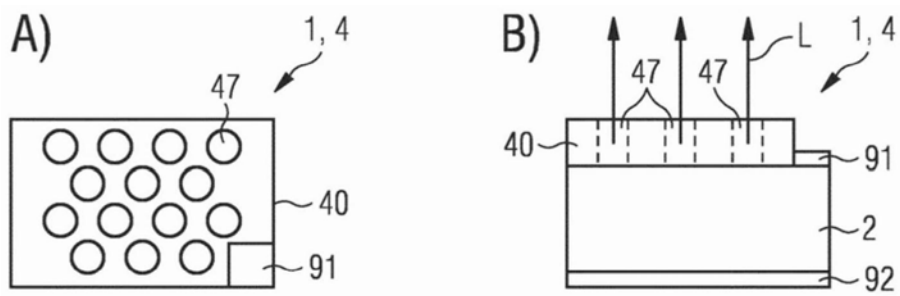
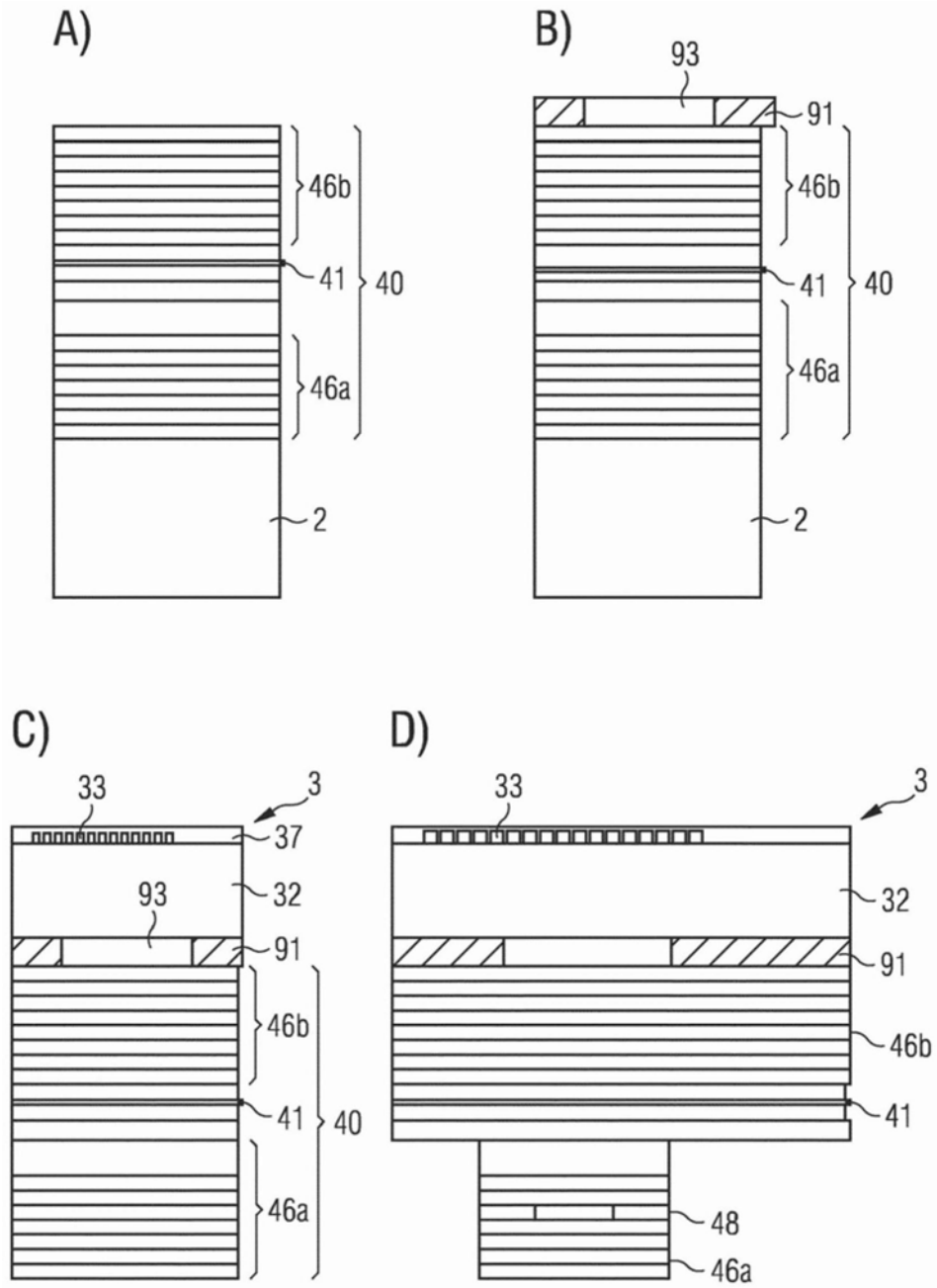


图14



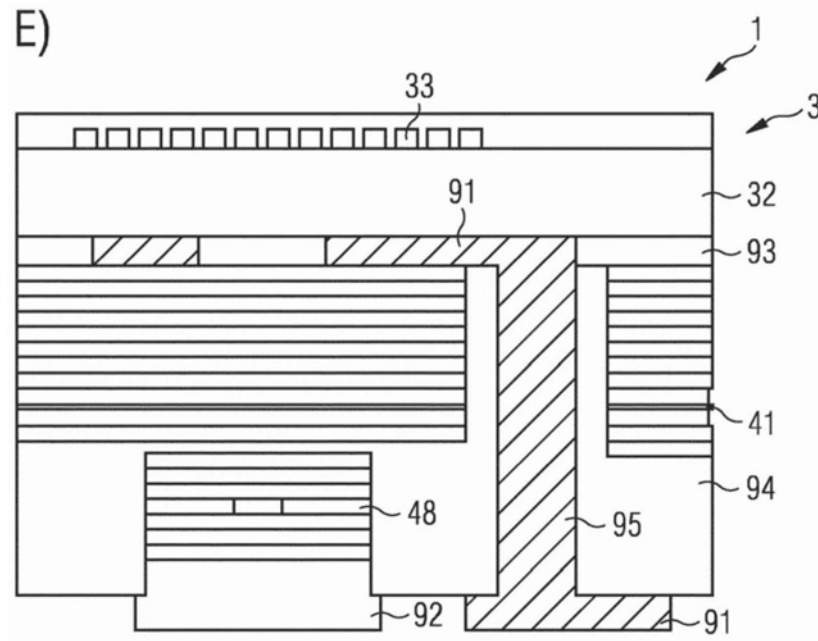
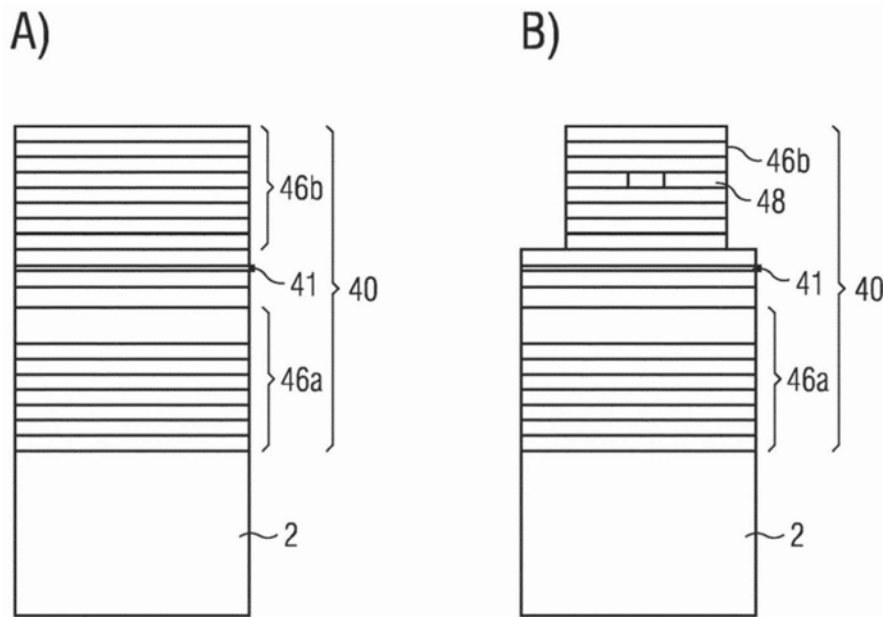


图15



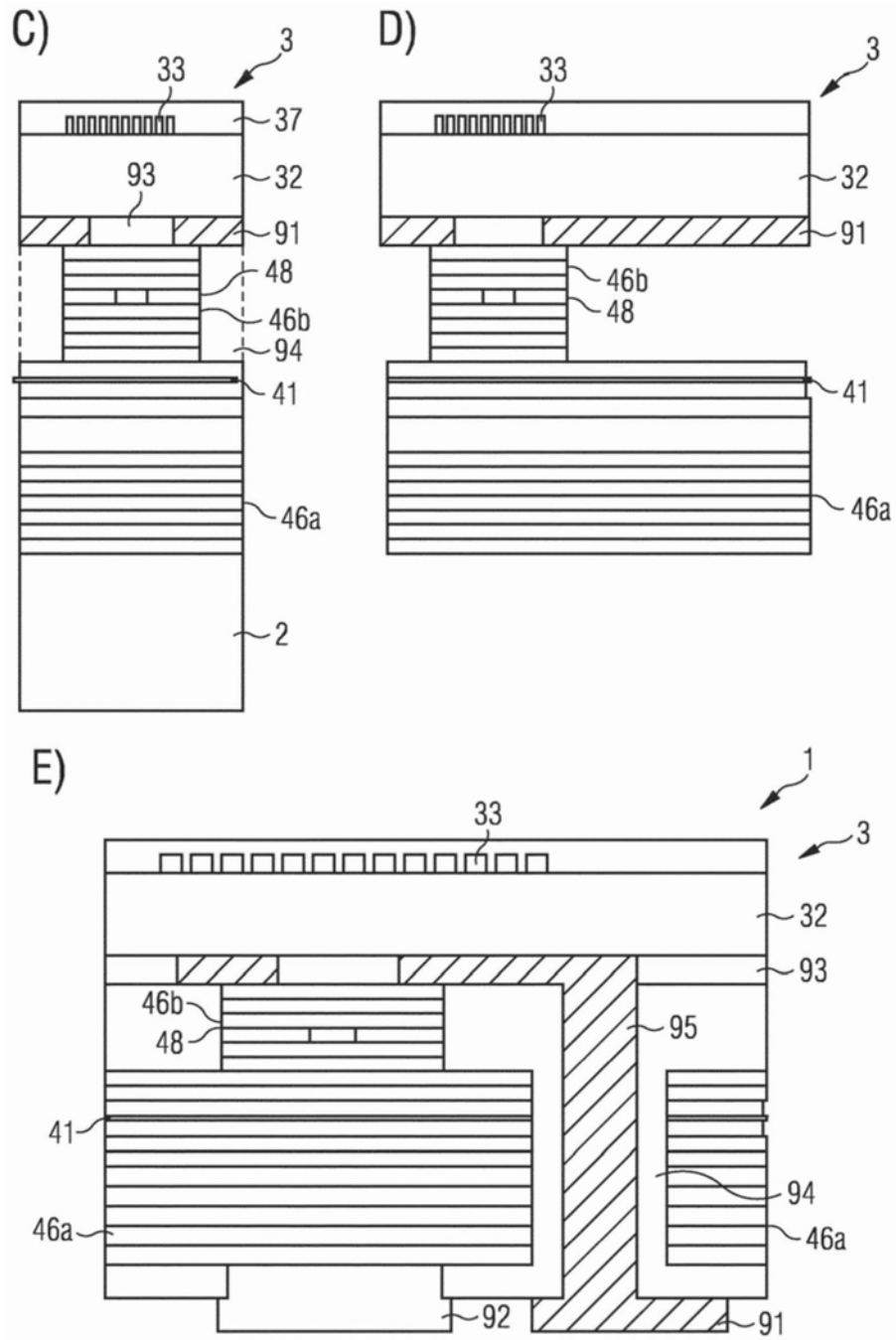


图16

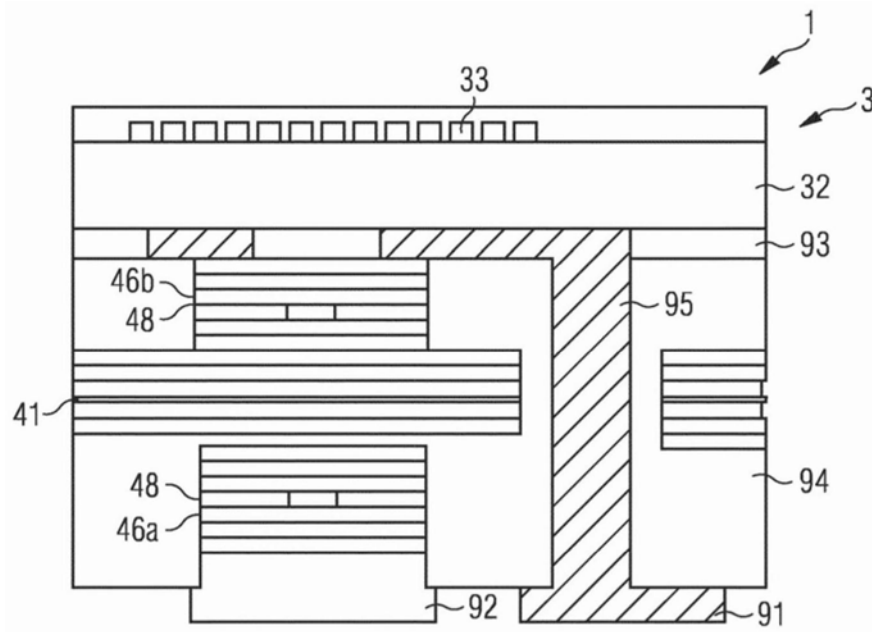


图17