



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103181040 B

(45) 授权公告日 2016. 04. 27

(21) 申请号 201180053163. 0

(22) 申请日 2011. 11. 01

(30) 优先权数据

10189788. 2 2010. 11. 03 EP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2013. 05. 03

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/IB2011/054850 2011. 11. 01

(87) PCT国际申请的公布数据

W02012/059864 EN 2012. 05. 10

(73) 专利权人 皇家飞利浦电子股份有限公司

地址 荷兰艾恩德霍芬

(72) 发明人 S. 格朗恩博恩 H. 梅恩奇

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

代理人 李亚非 汪扬

(51) Int. Cl.

H01S 5/40(2006. 01)

H01S 5/42(2006. 01)

H01S 5/026(2006. 01)

H01S 5/14(2006. 01)

H01S 5/183(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1448000 A, 2003. 10. 08, 附图 1, 3、说明书第 3 页第 8 段至第 5 页第 4 段。

审查员 胡涛

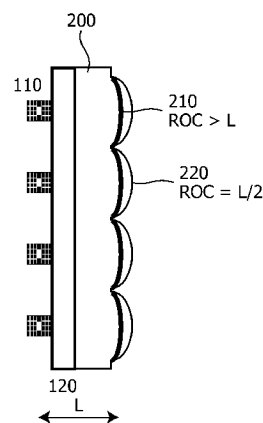
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

用于垂直外部腔体表面发射激光器的光学元件

(57) 摘要

本发明涉及一种用于 VECSEL 或 VECSEL 阵列的光学元件。该光学元件由衬底 (200) 形成, 该衬底至少在光学辐射的波长区域中是透明的。衬底 (200) 的第一界面包括一个或若干个弯曲区域, 其形成集成在衬底 (200) 中的光学透镜或光学透镜阵列 (220) 的一部分。衬底 (200) 还包括一个或若干个光学反射镜 (210), 其形成于衬底 (200) 的与第一界面相对的第二界面上或者嵌在衬底 (200) 中。光学反射镜 (210) 布置和设计成往回反射入射在第一或第二界面上的光学辐射的一部分。光学反射镜 (210) 是平坦反射镜, 或者是曲率半径不同于弯曲区域 (220) 的曲率半径的弯曲反射镜。该光学元件允许制作具有高亮度的 VECSEL 或 VECSEL 阵列, 而在制作期间不需要附加调整。VECSEL 布置在距光学反射镜 (210) 一距离 (L) 处, 且这等于外部腔体的程度。光学透镜的 ROC 可以选择为 $ROC=L/2$, 并且对于光学反射镜, $ROC>L$ 。腔体长度可以由单片分隔物 (120) 调整。



1. 一种由衬底 (200) 形成的光学元件, 该衬底至少在光学辐射的波长区域中是透明的,

所述衬底 (200) 的第一界面包括若干个弯曲区域 (220), 该若干个弯曲区域形成集成于所述衬底 (200) 中的光学透镜阵列的一部分,

所述衬底 (200) 还包括若干个光学反射镜, 该若干个光学反射镜形成于所述衬底 (200) 的与所述第一界面相对的第二界面上或者嵌在所述衬底 (200) 中,

所述若干个光学反射镜布置和设计成往回反射入射在所述光学反射镜上的在所述波长区域中的光学辐射的一部分,

其中所述若干个光学反射镜是平坦反射镜, 或者是曲率半径不同于所述若干个弯曲区域 (220) 的曲率半径的弯曲反射镜,

其中所述光学透镜阵列的每个光学透镜形成在所述光学反射镜的相应反射镜后面, 使得在所述波长区域中的光学辐射的一部分在穿过所述相应反射镜之后穿过所述光学透镜,

其中所述若干个光学反射镜形成 VECSEL 的扩展的反射镜或者 VECSEL 阵列的扩展的反射镜。

2. 根据权利要求 1 的光学元件,

其中所述光学反射镜由位于该第一或第二界面上或者位于该光学元件的内界面上的连续或图案化反射涂层形成。

3. 权利要求 1 或 2 的光学元件,

其中分隔物结构或各分隔物元件 (310) 附着到所述衬底 (200) 的第一或第二界面, 或者集成在该衬底中。

4. 权利要求 1 或 2 的光学元件,

其中在所述波长区域中是光学透明的分隔物层 (311) 被应用到所述衬底 (200) 的第一或第二界面。

5. 一种 VECSEL 或 VECSEL 阵列, 包括根据权利要求 1 或 2 的光学元件。

6. 根据权利要求 5 的 VECSEL 或 VECSEL 阵列,

其中在该 VECSEL 或 VECSEL 阵列在其中发射激光辐射的波长区域中, 所述光学反射镜具有反射率 $R \geq 30\%$ 。

7. 根据权利要求 5 的 VECSEL 或 VECSEL 阵列,

其中该光学反射镜是曲率半径大于所述弯曲区域的曲率半径的弯曲反射镜。

8. 根据权利要求 5 的 VECSEL 或 VECSEL 阵列,

其中所述弯曲区域的曲率半径选择为使得所述光学透镜准直由 VECSEL 或 VECSEL 阵列通过所述光学反射镜发射的激光辐射。

9. 根据权利要求 5 的 VECSEL 或 VECSEL 阵列,

其中所述光学元件直接或经由各分隔物 (310) 或经由分隔物层 (311) 被附着到所述 VECSEL 或 VECSEL 阵列, 所述分隔物层 (311) 在 VECSEL 或 VECSEL 阵列在其中发射激光辐射的波长区域中是光学透明的。

用于垂直外部腔体表面发射激光器的光学元件

技术领域

[0001] 本发明涉及一种由衬底形成的光学元件,该衬底至少在光学辐射的波长区域中是透明的,所述衬底的第一界面包括若干个(several)弯曲区域,该若干个弯曲区域形成集成于所述衬底中的光学透镜或光学透镜阵列的一部分。本发明还涉及一种垂直外部腔体表面发射激光器(VECSEL),这种光学元件布置在该激光器的发射侧。

背景技术

[0002] VECSEL 是最有希望的高亮度激光源之一并且与边缘发射器相比提供了许多优点,比如可寻址 2D 阵列布置和圆形束形状。在标准设置中,外部腔体由非常庞大且需要复杂调整的宏观光学元件构成。通过在晶片上实现外部光学部件并且将此晶片结合到承载 VECSEL 的半导体部件的 GaAs 晶片,有可能并行地制造成千上万个微 VECSEL 并且直接在比如 VCSEL(垂直腔体表面发射激光器)的晶片上测试它们。G. A. Keeler 等人“Single Transverse Mode Operation of Electrically Pumped Vertical-External-Cavity Surface-Emitting Lasers with Micromirrors”, IEEE Photonics Technology Letters, Vol. 17, No. 3, March 2005, pp 522-524 描述了使用微成型工艺在玻璃衬底上制作微反射镜,该衬底随后利用指数匹配的光学环氧树脂而结合到 GaAs 晶片。这种微 VECSEL 表现出良好性能(M^2 接近 1)。

[0003] VECSEL 的外部腔体由结合在半导体晶片上的光学透明衬底上的球形反射镜限定。为了按比例增大功率,若干 VECSEL 可以布置在阵列中。由于热原因,安置许多小器件而不是安置少数大器件。小的有源直径并且因此小的束腰意味着高发散角度,从而减小了这种阵列的亮度。为了降低发散角度,可以使用微透镜阵列,其准直每个 VECSEL 的辐射并且因而降低束参数乘积且增加 VECSEL 阵列的亮度。但是,如果使用堆叠的光学透明晶片,则此透镜阵列需要或者在芯片级或在晶片级的附加调整步骤。

发明内容

[0004] 本发明的目的是提供用于制作 VECSEL 或 VECSEL 阵列的手段,其增大 VECSEL 的亮度而在制作期间不需要附加调整步骤。

[0005] 此目的是利用根据权利要求 1 的光学元件来实现。权利要求 6 描述包括这种光学元件的 VECSEL(阵列)。此光学元件或 VECSEL 阵列的有利实施例为从属权利要求的主题或者在说明书的后续部分中描述。

[0006] 所提出的光学元件由衬底形成,该衬底至少在光学辐射的波长范围内的波长区域中是透明的。在本专利申请中,光学辐射是指在红外(IR)、可见(VIS)和紫外(UV)波长范围内的电磁辐射。衬底必须仅仅在这样的波长区域中是透明的,其中该光学元件被设计用于其的相应 VECSEL 在该波长区域中发射激光辐射。衬底的第一界面包括若干个弯曲区域,该若干个弯曲区域形成集成在衬底中的光学透镜阵列(特别是多个微透镜)。衬底还包括若干个光学反射镜,该若干个光学反射镜形成于衬底的与第一界面相对的第二界面上,或者

在基本上平行于第一界面的平面中嵌在衬底中。该若干个光学反射镜布置和设计成来回反射入射在第一或第二界面上的在所述波长区域中的光学辐射的一部分。该布置是这样的,使得以 90° 角入射的所述波长区域中的光学辐射将被相应光学反射镜部分地往回反射,而其余部分穿过在衬底中形成在反射镜后面的透镜。为此,反射镜的反射率优选地在期望波长区域中介于 30% 和 99.5%。该若干个光学反射镜是平坦反射镜,或者是曲率半径不同于形成光学透镜的该若干个弯曲区域的曲率半径的弯曲反射镜。

[0007] 使用这种光学元件作为 VECSEL 或 VECSEL 阵列的一部分,其中光学元件的反射镜形成 VECSEL 的外部反射镜,穿过反射镜的激光辐射可以被光学透镜准直并且因而允许 VECSEL 的更高的亮度。

[0008] 本发明因而建议在单个衬底上,优选地在玻璃衬底上使用 VECSEL 的外部反射镜和准直透镜的组合。这种光学元件例如可以按照下述方式制作。在第一步骤中,例如通过玻璃成型、UV 成型或 RIE 转移 (RIE:反应离子蚀刻),在衬底上形成微透镜,特别是球形微透镜。将反射涂层应用在透镜上,该反射涂层的表面随后将用作 VECSEL 的外部微反射镜。反射涂层也可以仅仅覆盖表面的一部分,即,可以被图案化。这可以用于往回反射该辐射的仅仅特殊角区域,例如用于模式选择。在第二步骤中,在第一微透镜的底部上,即,在微反射镜的底部上形成具有不同曲率半径 (ROC) 的球形或者非球形微透镜。选择此另外微透镜的表面的 ROC,使得穿过微反射镜的来自 VECSEL 的光将被准直。在 VECSEL 的制作期间,这种光学元件不需要用于微透镜的附加调整步骤。因此,制作工艺被简化。

[0009] 在有利实施例中,光学元件包括可以在 VECSEL 阵列中例如在晶片上使用的微反射镜和微透镜阵列。可以利用不同技术将光学元件应用到承载 VECSEL 的半导体部件的衬底 (载体衬底)。例如可以将光学元件结合、胶合或焊接到例如半导体衬底的此载体衬底,或者结合、胶合或焊接到形成 VECSEL 的半导体部件的层堆叠。

[0010] VECSEL 例如可以包括布置在第一 DBR (分布式布拉格反射器) 和第二 DBR 之间的光学增益介质。两个 DBR 形成内部激光腔体。第二 DBR 对于在激光腔体中谐振的激光辐射是部分透明的。第二 DBR 可以具有这样的反射率,其在没有外部反射镜时不允许第一 DBR 和第二 DBR 之间的激射,或者也可以具有这样的反射率,其在没有外部反射镜时允许内部激光腔体中的激射。DBR 和增益介质可以由在半导体衬底,特别是 GaAs 衬底上恰当设计的层堆叠按已知方式形成。对于穿过半导体衬底发射的 VECSEL 的情形,形成外部反射镜的光学元件随后被附着到此衬底,该衬底对于在此情形中所生成的激光辐射必须是光学透明的。用于操作 VECSEL 所必要的电连接也可以按已知方式形成。

[0011] 替代直接将光学元件附着到载体衬底的表面,还可能使用各分隔物,该分隔物安装在载体衬底的表面上或者紧挨着激光器安装,光学元件随后被附着到该分隔物。分隔物也可以首先被应用到光学元件的表面,或者可以在光学元件的制作期间集成在此表面中。在这种实施例中,空气间隙保留在光学元件的表面和层堆叠之间。另外,透明分隔物层也可以被应用在光学元件和载体衬底之间。这种层也可以在此元件的制作期间已经形成于光学元件的表面上。替代将光学元件附着到载体衬底,光学元件 (对于外延侧发射的 VECSEL 或者载体衬底被移除的 VECSEL 的情形) 也可以被应用到第二 DBR,或者应用到下方 VECSEL 堆叠的另一结构,例如应用到中间层,或者当省略第二 DBR 时应用在有源区域上的层上。VECSEL 的层堆叠可以按本领域中已经知晓的不同方式制作。

[0012] 在优选实施例中,光学元件的反射镜是弯曲反射镜,特别是凹反射镜,并且在形成微透镜的光学元件的第一界面上,该弯曲区域的曲率半径被选择为准直由 VECSEL 发射的激光辐射。优选地,反射镜的 ROC 大于微透镜的弯曲区域的 ROC。然而,微透镜也可以设计成实现另一束成形效果。

[0013] 参考下文描述的实施例,本发明的这些和其它方面将显见并得到阐述。

附图说明

[0014] 参考附图,下述示例性实施例示出所提出的光学元件和 VECSEL 阵列的示例而不限由权利要求限定的保护范围。各图示出:

[0015] 图 1a:与现有技术的解决方案相比,安装在 VECSEL 阵列上的光学元件的第一示例;

[0016] 图 2a:所提出的光学元件的第二示例;

[0017] 图 3:具有所提出的光学元件的 VECSEL 阵列的示例;

[0018] 图 4a:具有所提出的光学元件的 VECSEL 阵列的另一示例。

具体实施方式

[0019] 图 1 示出具有本发明的光学元件的 VECSEL 阵列的实施例与现有技术的解决方案的对比。图 1A 描述现有技术的 VECSEL 阵列,其中外部反射镜形成于光学透明衬底 200 上,该光学透明衬底附着到光学透明载体衬底 120, VECSEL 的半导体层堆叠 110 结合或生长在该光学透明载体衬底 120 上。此构造类似于穿过载体衬底发射激光辐射的所谓背侧或底部发射 VCSEL。通过将表面加工为球形(或者非球形)形状(反射镜表面 210)并且在此表面上涂敷反射层,形成位于衬底 200 上的外部反射镜。该表面的所得到的弯曲区域的曲率半径(ROC)满足条件 $ROC > L$, L 为这些外部凹反射镜到 VECSEL 的增益区域的距离。

[0020] 在 VCSEL 领域中已知的是,使用微透镜阵列从而准直这种阵列的 VCSEL 111 的激光发射。这些微透镜形成于光学透明衬底 200 中,该光学透明衬底的表面被表面加工成球形(或者非球形)形状(透镜表面 220),从而提供形成微透镜的一部分的弯曲区域,如图 1B 所示。

[0021] 图 1C 示出所提出的 VECSEL 阵列的示例,该 VECSEL 阵列具有集成的根据本发明的光学元件。该光学元件包括光学透明衬底 200,该光学透明衬底具有:集成的微反射镜,其由具有反射涂层的球形(或者非球形)形状的表面(反射镜表面 210)形成;以及集成的微透镜,其由衬底表面(透镜表面 220)的球形(或者非球形)形状在微反射镜顶部上形成。

[0022] 为了实现光学元件的这种结构,衬底 200 的表面被加工成具有若干弯曲区域,该弯曲区域具有球形或非球形形状(反射镜表面 210)。衬底由在期望波长区域中是光学透明的适当材料制成,例如由玻璃、砷化镓、硅等制成。当使用玻璃衬底时,反射镜表面 210 的球形形状可以通过例如玻璃成型、RIE 转移、机加工或热压印来实现。还可能在衬底上应用不同材料并且将此不同材料形成为期望形状,例如通过 UV 复制或者通过利用喷射工艺而沉积聚合物。反射镜表面 210 的球形形状的 ROC 被选择为充当球形反射镜,该球形反射镜形成在距离 L 处具有增益介质的 VECSEL 的激光腔体的端部反射镜其中之一。通常此外部球形反射镜的 ROC 大于 L ,优选地约为 $2L$ 。反射涂层被应用在反射镜表面 210 上以提供期望

在期望波长区域中的反射率 R , 该反射率典型地介于 30% 和 99.5%。在下一个步骤中, 在所述波长区域中是光学透明的材料沉积在反射镜表面 210 上 (即, 在反射镜表面 210 的涂层上), 并且成形为具有比反射镜表面 210 的 ROC 小的不同 ROC 的球形透镜表面 220。透镜表面 220 的确切 ROC 由准直条件确定, 并且对于其材料的折射率约为 1.5 的情形, 该 ROC 近似为 $L/2$ 。透镜表面也可以具有非球形形状从而使像差最小化, 类似于对于所有透镜所公知的情形。透镜表面 220 可以被抗反射涂敷从而优化光学元件的性能。VECSEL 的半导体层堆叠 110 可以按照本领域中已经知晓的方式设计。对于图 1C 和后面图 3 和 4 的情形, 半导体层堆叠布置在光学透明载体衬底 120 上, 类似于衬底侧发射的 VCSEL 的情形那样, 并且光学元件被附着到此载体衬底。技术人员明显可见, 层堆叠也可以生长或安装在布置在层堆叠的相对侧的载体衬底上。光学元件随后直接或经由若干个中间层或各分隔物而附着到该层堆叠。光学元件也可以被安装在紧挨着激光器放置的各分隔物上, 例如安装在载具上或热沉上, 或者如果载体衬底被移除, 直接安装在外延层堆叠上。

[0023] 在反射镜表面 210 和透镜表面 220 之间形成的准直透镜的材料可以不同于衬底 200 的材料或形成反射镜的材料。一种有利实施例包括用于形成衬底 200 和反射镜表面 210 的成型玻璃晶片, 以及在反射涂层顶部上用于形成微透镜表面 220 的聚合物材料。尽管反射镜表面 210 被示为具有凹的形式, 但是在本发明的所有实施例中, 反射镜也可以是平坦反射镜。这种情况下, 透镜表面 220 为光学元件的唯一弯曲表面。

[0024] 在可替换实施例中, 如图 2 所示, 反射镜也可以形成于衬底 200 的一个界面上, 这是通过适当的反射镜涂层以及在适用情况下通过对此界面或此侧的适当成形而形成的。图 2 示出形成于这样的界面上的凹反射镜表面 211, 该界面和与微透镜的球形表面 220 的界面相对。然而, 通过应用反射涂层到衬底 200 的平坦界面, 也可以将反射镜 211 形成为平坦反射镜。

[0025] 图 3 示出本发明的 VECSEL 阵列的实施例, 其中具有微反射镜 (反射镜表面 211) 和微透镜 (透镜表面 220) 的光学元件经由各分隔物结构 310 被附着到 VECSEL 载体衬底 120。图 4 示出这样的实施例, 其中替代各分隔物结构 310, 透明分隔物层 311 被布置在光学元件和承载 VECSEL 的半导体层堆叠 110 的载体衬底 120 之间。

[0026] 在权利要求中, 措词“包括”不排除其它元件或步骤, 并且不定冠词 “一” (“a” 或 “an”) 不排除多个。在互不相同的从属权利要求中陈述措施的纯粹事实不表示这些措施的组合不能被有利地使用。权利要求中的附图标记不应解读为限制这些权利要求的范围。尽管实施例总是示出一个微反射镜对应于一个微透镜, 一个布置在另一个上, 但是也可以有可能形成一个更大的微透镜, 其覆盖布置在穿过一个微反射镜的辐射束路径中的若干微反射镜或若干微透镜。这样的布置对于 VECSEL 或 VECSEL 阵列的特殊应用会是有利的。

[0027] 附图标记列表:

[0028] 110 VECSEL 的半导体层堆叠

[0029] 111 VCSEL

[0030] 120 载体衬底

[0031] 200 透明衬底

[0032] 210 反射镜表面

[0033] 211 反射镜表面

-
- [0034] 220 透镜表面
- [0035] 310 分隔物
- [0036] 311 分隔物层。

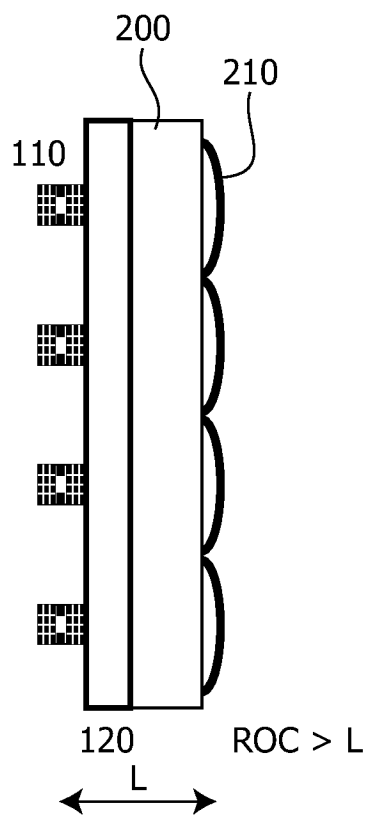


图 1A

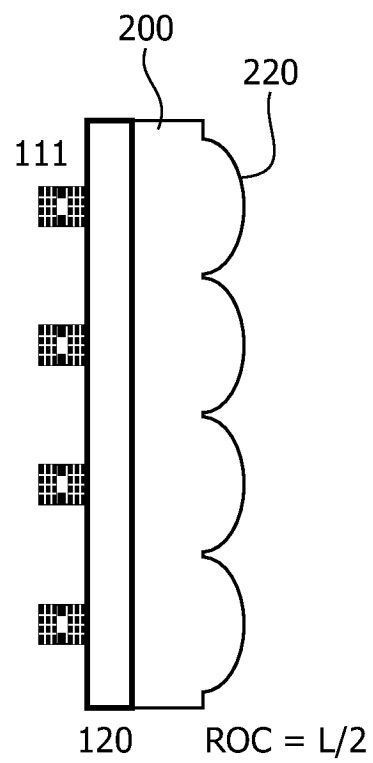


图 1B

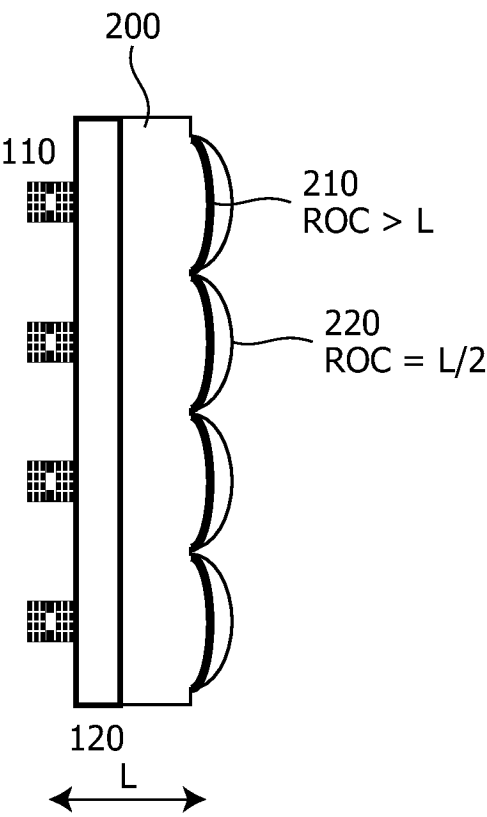


图 1C

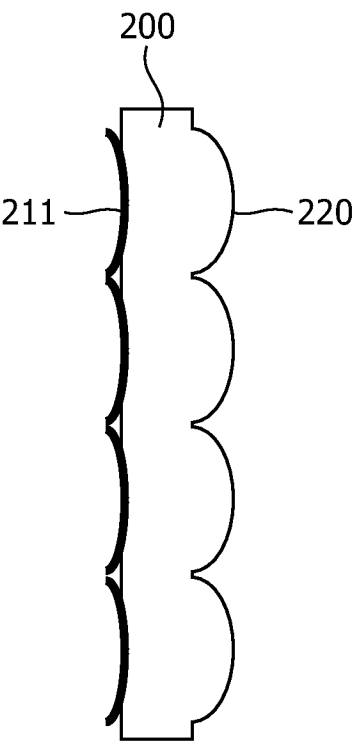


图 2

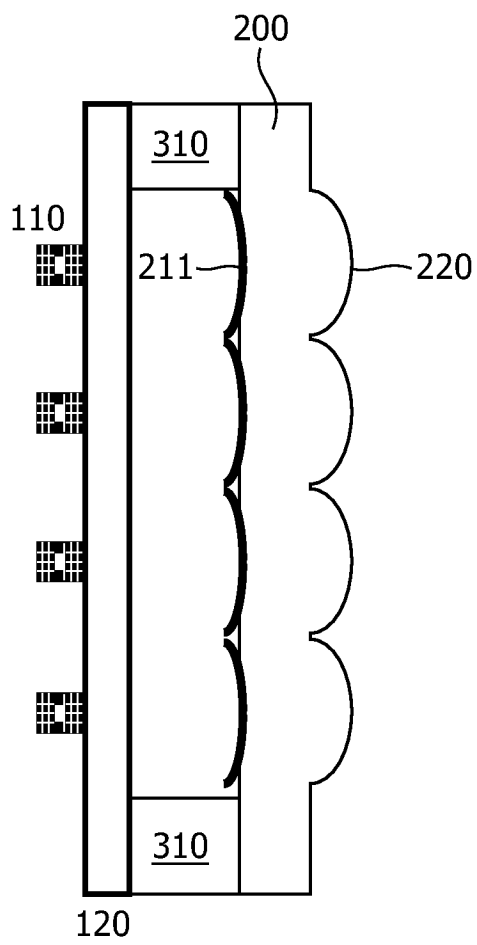


图 3

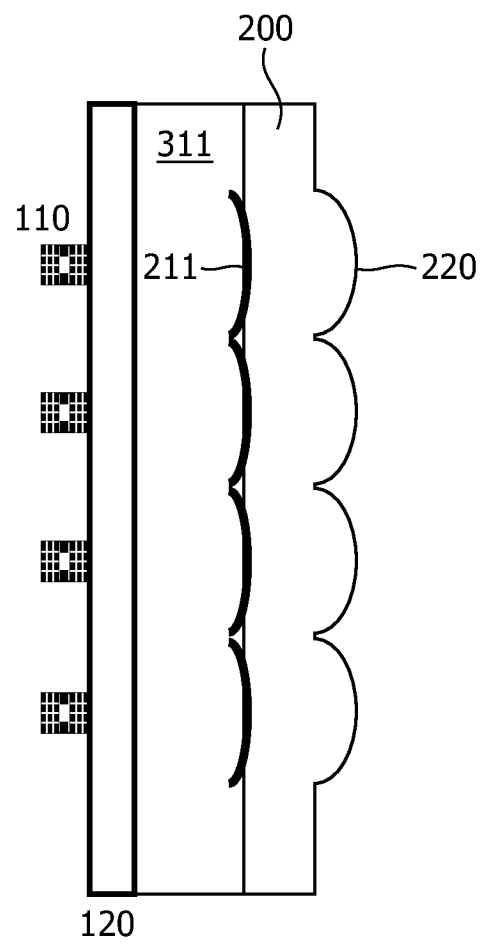


图 4