



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102077365 B

(45) 授权公告日 2014. 04. 09

(21) 申请号 200980125121. 6

H01L 33/58(2010. 01)

(22) 申请日 2009. 06. 25

(56) 对比文件

(30) 优先权数据

102008030819. 6 2008. 06. 30 DE

US 5091018 A, 1992. 02. 25,

US 5091018 A, 1992. 02. 25,

US 2005270775 A1, 2005. 12. 08,

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2010. 12. 29

US 2004103938 A1, 2004. 06. 03,

US 4711972 A, 1987. 12. 08,

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/DE2009/000882 2009. 06. 25

US 2007012934 A1, 2007. 01. 18,

CN 1781053 A, 2006. 05. 31,

(87) PCT国际申请的公布数据

W02010/000232 DE 2010. 01. 07

审查员 刘国梁

(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·布里克 朱利叶斯·穆沙韦克

约阿希姆·弗兰克

(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 李德山 周涛

(51) Int. Cl.

H02S 40/22(2014. 01)

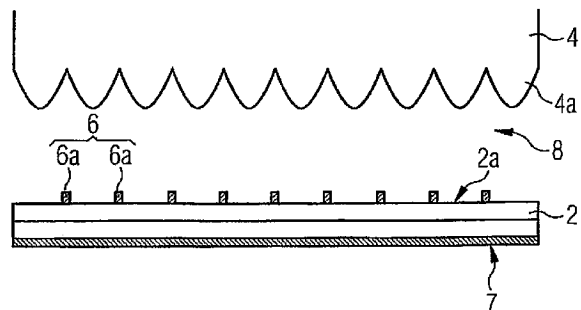
权利要求书1页 说明书6页 附图4页

(54) 发明名称

通过聚光器减小电极的遮挡效果的光电子装置

(57) 摘要

本发明提出了一种光电子装置(1),其包括带有光学结构(4)的光学装置(3)以及带有接触结构(6)的发射辐射或者接收辐射的半导体芯片(2),光学结构(4)具有多个光学元件(4a),接触结构(6)具有用于电接触半导体芯片(2)的多个接触元件(6a)并且与光学结构(4)垂直间隔,其中在将接触结构(6)投影到光学结构(4)的平面中的情况下接触元件(6a)设置在光学元件(4a)之间的间隙中。



1. 一种光电子装置 (1), 其包括:
  - 带有光学结构 (4) 和聚光器 (5) 的光学装置 (3), 该光学结构具有多个光学元件 (4a),
  - 带有接触结构 (6) 的发射辐射或者接收辐射的半导体芯片 (2), 接触结构 (6) 具有用于电接触半导体芯片 (2) 的多个接触元件 (6a) 并且与光学结构 (4) 垂直间隔, 其中在将所述接触结构 (6) 投影到光学结构 (4) 的平面中的情况下所述接触元件 (6a) 设置在所述光学元件 (4a) 之间的间隙中
  - 并且其中所述聚光器 (5) 在朝向半导体芯片 (2) 的侧上具有与在背离半导体芯片 (2) 的侧上相比更小的开口, 并且其中光学结构 (4) 设置在所述聚光器 (5) 的朝向半导体芯片 (2) 的侧上。
2. 根据权利要求 1 所述的光电子装置 (1), 其中接触结构 (6) 施加在半导体芯片 (2) 的朝向光学装置 (3) 的辐射穿透面 (2a) 上。
3. 根据权利要求 1 或 2 所述的光电子装置 (1), 其中光学结构 (4) 是周期性结构, 并且光学元件 (4a) 形成透镜阵列或者光学栅格。
4. 根据权利要求 1 或 2 所述的光电子装置 (1), 其中光学结构 (4) 包含玻璃。
5. 根据权利要求 3 所述的光电子装置 (1), 其中接触结构 (6) 是周期性结构, 该接触结构的周期性与光学结构 (4) 的周期性相一致。
6. 根据权利要求 5 所述的光电子装置 (1), 其中接触结构 (6) 具有网状设置的接触元件 (6a)。
7. 根据权利要求 1 或 2 所述的光电子装置 (1), 其中所述聚光器 (5) 是抛物面聚光器。
8. 根据权利要求 1 或 2 所述的光电子装置 (1), 其中聚光器 (5) 是实心体, 该聚光器 (5) 在朝向半导体芯片 (2) 的表面上具有光学结构 (4)。
9. 根据权利要求 1 或 2 所述的光电子装置 (1), 其中聚光器 (5) 是具有反射内表面的空心体, 在该聚光器之后在朝向半导体芯片 (2) 的侧上设置有光学结构 (4)。
10. 根据权利要求 1 或 2 所述的光电子装置 (1), 其中半导体芯片 (2) 具有发射辐射或者接收辐射的区带, 该区带在被接触结构 (6) 覆盖的区域中能够起作用。
11. 根据权利要求 1 或 2 所述的光电子装置 (1), 其中在光学结构 (4) 和半导体芯片 (2) 之间的间隙 (8) 具有与光学结构 (4) 不同的折射率。
12. 根据权利要求 11 所述的光电子装置 (1), 其中间隙 (8) 中存在空气或者硅树脂。
13. 根据权利要求 1 或 2 所述的光电子装置 (1), 其中发射辐射的半导体芯片 (2) 是发光二极管。
14. 根据权利要求 1 或 2 所述的光电子装置 (1), 其中接收辐射的半导体芯片 (2) 是辐射检测器或者太阳能电池。
15. 根据权利要求 6 所述的光电子装置 (1), 其中网状设置的接触元件 (6a) 构造为接触接片。

## 通过聚光器减小电极的遮挡效果的光电子装置

[0001] 本发明提出了一种光电子装置,其尤其适于检测器系统、能量生成系统譬如太阳能电池或者投影仪例如放映机。

[0002] 本专利申请要求德国专利申请 10 2008 030 819.6 的优先权,其公开内容通过引用结合于此。

[0003] 在印刷物 DE 10 2005 033 005 A1 中描述了一种具有划分为多个辐射发射区域的有源区带和多个凸面拱起的部分区域的光电子芯片,凸面拱起的部分区域具有比辐射发射区域更大的横向伸展。通过辐射发射区域和凸面拱起的部分区域之间的比例应该实现的是:由这些区域所发射的辐射在小于全反射的边界角的角度下射到部分区域上,使得能够提高辐射耦合输出效率。

[0004] 要解决的任务在于提出一种低损耗的光电子装置。

[0005] 根据一个优选的实施形式,光电子装置包括:带有光学结构的光学装置,该光学结构具有多个光学元件;以及带有接触结构的发射辐射或者接收辐射的半导体芯片,该接触结构具有用于电接触半导体芯片的多个接触元件并且与光学结构垂直间隔,其中在将接触结构投影到光学结构的平面中的情况下接触元件设置在光学元件之间的间隙中。

[0006] 通过垂直间隔可以实现所希望的光学作用,即:将辐射聚束到接收辐射的半导体芯片的辐射入射面的通过接触结构彼此分离的区域中或者将这些区域所发出的辐射通过光学结构来平行定向。

[0007] 根据一个有利的扩展方案,接触结构施加在半导体芯片的朝向光学装置的辐射穿透面上。对于发射辐射的半导体芯片适用的是,辐射穿透面对应于辐射出射面,而在接收辐射的半导体芯片的情况下该辐射穿透面是辐射入射面。

[0008] 接触结构优选地仅覆盖半导体芯片的辐射穿透面的部分区域,即通过接触结构不形成对该辐射穿透面的整面覆盖,因此,通过在接触结构上对辐射的吸收所造成的辐射损耗在该被中断的接触结构的情况下降低。

[0009] 此外,光学结构优选地设置在光学装置的朝向接触结构的辐射穿透面上。对于发射辐射的半导体芯片适用的是,光学装置的辐射穿透面对应于光学装置的辐射入射面,而在接收辐射的半导体芯片的情况下该辐射穿透面是光学装置的辐射出射面。

[0010] 在接收辐射的半导体芯片的情况下,可以通过光学结构将所透射的辐射聚集到辐射穿透面的在横向上彼此分离的区域中,其中在这些区域之间的辐照度比较强烈地下降。接触结构有利地设置在较低辐照度的中间区域中。较低辐照度的中间区域尤其与光学结构的光学元件之间的间隙相应。接触结构位于主光路之外,使得基本上阻止了由接触结构而造成的遮挡。由此可以强烈地减小辐射损耗。

[0011] 在发出辐射的半导体芯片的情况下,光学结构有利地实现了接触结构的“隐藏”,使得从半导体芯片来看设置在光学装置之后的面均匀化地发光并且不被接触结构中断。通过接触结构产生了彼此分离的发光区域,这些发光区域通过光学装置或者光学结构结合成均匀发光的面。

[0012] 接触结构可以以包含导电材料尤其是金属的结构化的涂层形式施加到半导体芯

片的辐射穿透面上。

[0013] 光学结构可以由透射辐射的材料来构成。合适的材料例如是玻璃。该材料具有对于短波辐射尤其是紫外辐射比较良好的抗老化性。

[0014] 光学结构有利地具有周期性结构,即有规律地设置光学结构的光学元件。

[0015] 根据一个有利的扩展方案,光学元件形成透镜阵列或者光学栅格。例如,透镜阵列可以包括多个有规律地设置的透镜,这些透镜在朝向半导体芯片的侧上具有凸面拱起的表面。半导体芯片的发射辐射或者接收辐射的区带尤其可以位于通过透镜的焦点伸张的平面中或在该平面附近。由此,射到半导体芯片上的辐射通过光学结构在接收辐射的区域中聚焦,而由半导体芯片所发射的辐射通过光学结构来平行定向。

[0016] 对应于光学结构,接触结构也可以具有周期性的结构。尤其是,接触结构的周期性与光学结构的周期性相一致,即接触元件以与光学元件相同的规律性来设置。

[0017] 根据一个有利的扩展方案,接触结构由网状设置的接触元件构成。接触元件尤其可以是接触接片。在此情况下优选的是,光学结构在接触结构的间隙的位置处具有光学元件例如透镜。

[0018] 在一个优选的扩展方案中,光学装置包括聚光器。聚光器在朝向半导体芯片的侧上具有第一开口,第一开口尤其小于设置在背离半导体芯片的侧上的第二开口。借助聚光器可以在辐照度足够的情况下将芯片大小保持为比较小,这降低了材料成本。第二开口可以有利地是第一开口或者半导体芯片的优选对应于第一开口的辐射穿透面譬如 10 倍到 1000 倍。聚光器的长度通过第二开口或第一开口以及聚光器的张角来确定。

[0019] 光学装置的一个有利扩展方案设置有抛物面聚光器。抛物面聚光器在横截面上与分段的抛物线相等,并且具有以下特性:将相对于对称轴在确定的角度下入射的辐射在有限的面中聚焦,或者将从该面出来的辐射发射到有限的角度范围中。光学结构优选地设置在焦点附近的第一开口的区域中。

[0020] 根据一个优选的实施形式,聚光器是在朝向半导体芯片的表面上具有光学结构的实体。聚光器和光学结构的组合可以一体式构建,其中两个元件优选地包含相同的材料,例如玻璃。辐射在聚光器中首先通过全反射引导到外壁上。

[0021] 然而也可能的是,将聚光器设置为具有反射内表面的空心体,在聚光器之后在朝向半导体芯片的侧上设置有光学结构。在此情况下,两个元件优选是并非由相同材料制造的两个分离的元件。空心体例如可以由塑料材料制造并且在内表面上具有反射涂层,该反射涂层尤其包含金属。光学结构可以由玻璃构成。

[0022] 根据一个有利的改进方案,半导体芯片具有发射辐射或者接收辐射的区带,其在未被接触结构覆盖的区域中能够起作用。优选的是,发射辐射或者接收辐射的区带在被接触结构所覆盖的区域中也能够起作用,即能够起作用的区域的大小在总和上优选地对应于发射辐射或者接收辐射的区带的总面积。

[0023] 通过其使光学结构和半导体芯片彼此垂直间隔的间隙有利地具有与光学结构不同的折射率。例如,间隙中可以有空气(折射率  $n = 1$ )或者硅树脂(折射率例如为  $n = 1.4$ )。光学结构可以以玻璃(折射率例如为  $n = 1.5$ )来构成。

[0024] 根据一个优选的扩展方案,发射辐射的半导体芯片是发光二极管。根据另外的扩展方案,接收辐射的半导体芯片是辐射检测器或者太阳能电池。半导体芯片包括带有产生

或者接收辐射的 pn 结的发射辐射或者接收辐射的区带。该 pn 结在最简单的情况下借助紧邻的 p 型半导体层和 n 型半导体层来构成。优选地,在 p 型层和 n 型层之间构建实际产生或者接收辐射的层。尤其是,在发射辐射的半导体芯片的情况下实际产生辐射的层可以以掺杂或未掺杂的量子层形式来构建。量子层可以成形为单量子阱结构 (SQW, Single Quantum Well) 或者多量子阱结构 (MQW, Multiple Quantum Well), 或者也成形为量子线或者量子点结构。

[0025] 构建为辐射检测器的半导体芯片尤其可以具有多于一个的、接收辐射的区带。这些接收辐射的区带可以相叠地设置并且吸收不同波长的辐射。

[0026] 适于半导体芯片的材料尤其是 III-V 半导体, 尤其是具有材料成分  $Al_nGa_mIn_{1-n-m}As$ 、 $Al_nGa_mIn_{1-n-m}P$  或者  $Al_nGa_mIn_{1-n-m}N$  (其中  $0 \leq n \leq 1$ 、 $0 \leq m \leq 1$  且  $n+m \leq 1$ ) 的砷化物-化合物半导体、磷化物-化合物半导体或者氮化物-化合物半导体。在此, 该材料不必一定具有根据上式在数学上精确的成分。更确切地说, 该材料可以具有一种或多种掺杂物质或者附加的成分, 其基本上不会改变该材料的物理特性。然而为了简明起见, 上式仅包含晶格的主要组分 (Al、Ga、In、P), 尽管主要组分可以部分地通过少量其他的物质来取代。

[0027] 此外, 半导体芯片可以包含元素半导体例如硅或者 II-VI 化合物半导体, 这在太阳能电池的情况下是特别合适的。此外, 在辐射检测器的情况下可以将锗用于接收辐射的第一区带, 而接收的第二区带可以由 III-V 半导体来构成。

[0028] 应指出的是, 在此用“垂直”来指如下方向: 在该方向上光学结构设置在半导体芯片之后。“横向”应理解为垂直于垂直方向的方向。

[0029] 在下文中根据图 1 至 7 更为详细地阐述上文中所描述的光电子装置。

[0030] 其中:

[0031] 图 1 示出了光电子装置的示意性横截面图, 用于阐释光学装置的作用。

[0032] 图 2 示出了具有半导体芯片、光学结构和聚光器的光电子装置的示意性横截面图。

[0033] 图 3 示出了半导体芯片和光学结构的示意性横截面图, 用于阐释在光学结构和半导体芯片之间的光路。

[0034] 图 4 示出了在半导体芯片的辐射穿透面上的强度分布的点图。

[0035] 图 5 示出了描绘在半导体芯片的所照明的区域中所包括的能量的图表。

[0036] 图 6 示出了接触结构的示意性俯视图。

[0037] 图 7 示出了发射辐射或者接收辐射的半导体芯片的示意性横截面图。

[0038] 相同的或者作用相同的元件在附图中设置有相同的附图标记。

[0039] 在图 1 中示出了光电子装置 1, 其具有发出辐射或者接收辐射的半导体芯片 2 和光学装置 3。

[0040] 如从图 1 中可看到的那样, 光学装置 3 在朝向半导体芯片 2 的侧上具有第一开口  $A_1$ , 第一开口小于设置在背离半导体芯片 2 的侧上的第二开口  $A_2$ 。芯片大小优选与第一开口  $A_1$  的大小匹配并且尤其具有与第一开口  $A_1$  同样的横向尺寸。

[0041] 半导体芯片 2 可以具有矩形的、尤其正方形的轮廓, 其中表面积可以取  $0.0001\text{cm}^2$  ( $100\ \mu\text{m} \times 100\ \mu\text{m}$ ) 到  $10\text{cm}^2$  之间的值。下边界由接触结构的可制造性或有效性

来确定。上边界通过光学装置的可实现性来确定。

[0042] 第二开口  $A_2$  的合适大小例如是  $100\text{cm}^2$ 。半导体芯片 2 在此有利地具有  $1\text{cm}^2$  的面积。

[0043] 辐射锥的椎角通过角  $\alpha$  来表示,该辐射锥通过第二开口  $A_2$  从光学装置 3 出射或者通过第二开口  $A_2$  入射到光学装置 3。如果将距离遥远的辐射源例如太阳假设为辐射源,则角  $\alpha$  比较小并且为大约  $1^\circ$  ( $\pm 0.5^\circ$ )。在光学装置 3 中,辐射锥的角  $\alpha$  减小为角  $\beta$  并且例如为大约  $0.7^\circ$  ( $\pm 0.35^\circ$ )。由于保持在光学装置 3 中的光学扩展量 (Etendue),在第一开口 1 上出现的角  $\delta$  大于在第二开口  $A_2$  上出现的角  $\beta$ ,因为第一开口 1 小于第二开口  $A_2$ 。角  $\delta$  在该情况下为  $7^\circ$  ( $\pm 3.5^\circ$ )。立体角因子为 100。

[0044] 如果半导体芯片 2 是辐射接收器,则阳光可以以  $1000\text{W}/\text{m}^2$  的辐照度通过如已经提到的那样可以具有  $100\text{cm}^2$  的面积的第二开口  $A_2$ ,使得在半导体芯片 2 的大小为  $1\text{cm}^2$  的辐射穿透面上获得 10W 的辐射功率。

[0045] 如果半导体芯片 2 是辐射源,则可以通过光学装置 3 以相对较小的发散度发射辐射。光电子装置 1 由此特别适合使用在投影仪中。

[0046] 图 2 示出了光学装置 3 的一个可能的扩展方案。该光学装置可以具有抛物面聚光器 5,该聚光器将入射的辐射尽可能低损耗地通过聚光器本体来引导。

[0047] 聚光器 5 例如可以是实心体,辐射在聚光器 5 的外壁上被全反射并且由此保持在聚光器 5 中。可替代地,聚光器 5 可以是具有镜面化的内表面的空心体。

[0048] 此外,光学装置 3 在朝向半导体芯片 2 的侧上具有光学结构 4。光学结构 4 可以是优选与聚光器 5 机械连接的分离的元件。可替代地,光学结构 4 可以与聚光器 5 一体式地构建,即光学结构 4 和聚光器 5 可以在一个加工步骤中优选地由相同的材料来制造。当聚光器 5 是实心体时,优选应用后一可能性。

[0049] 光学结构 4 有利地具有周期性结构。如所示,光学结构 4 包括多个有规律地设置的光学元件 4a。光学元件 4a 尤其是带有凸表面的透镜。

[0050] 优选地,光学结构 4 在其轮廓方面对应于半导体芯片 2 的轮廓。在  $1\text{cm}^2$  的面积的情况下,光学结构 4 可以例如每平方毫米具有一个光学元件 4a,即单个光学元件 4a 的直径为大约 1mm。

[0051] 由于玻璃的辐射穿透性,有利地可以将该材料用于光学结构 4。

[0052] 图 3 示出了如在图 1 和 2 中所示的光电子装置的放大的剖面。光学结构 4 具有多个尤其构建为透镜的光学元件 4a。这已经结合图 2 详细地阐述了。

[0053] 如从图 3 可看到的那样,通过相应的光学元件 4a 所产生的射束的通过线所示的光束会聚或者在发射辐射的半导体芯片的情况下发散。在射到半导体芯片 2 上的射束之间或者在由半导体芯片所发出的射束之间存在较低强度的区域 B。在该区域 B 中,半导体芯片 2 具有接触元件 (未示出),接触元件一起构成接触结构。接触结构优选设置在半导体芯片 2 的辐射穿透面 2a 上。

[0054] 半导体芯片 2 或者接收或发射辐射的区带不必直接设置在通过光学元件 4a 的焦点伸张的平面中。半导体芯片 2 可以以距光学结构 4 略微较小的垂直距离 D 设置在该平面附近。光学结构 4 和半导体 2 之间的距离 D 尤其选择得大到使得接触结构能够构建得足够大而不存在受接触结构遮挡的危险。此外,该距离选择得小到使得区域 B 足够大,从而最优

地利用芯片面积。

[0055] 在图 4 中示出了模拟的强度分布,如在根据图 1 至 3 的接收辐射的半导体芯片 2 的辐射穿透面 2a 上所出现的那样。

[0056] 辐射穿透面 2a 具有  $1\text{cm}\times 1\text{cm}$  的大小。辐射聚集在彼此分离的区域 L 中,这些区域在其数量上对应于光学元件 4a(参见图 3)的数目。即,在辐射穿透面 2a 上出现  $10\times 10$  个区域 L。通过射束所照明的区域 L 均匀地分布在辐射穿透面 2a 上并且通过较低强度的区域 B 彼此分离。

[0057] 由图 5 得知所照明的区域 L 的扩展。纵坐标表示在从区域 L 的重心出发半径为 R 的区域 L 内所包含的能量的比例 E。横坐标表示半径 R。不同的曲线示出不同射束的值,不同射束在不同角度(尤其为  $\pm 3.5^\circ$ )下射到区域 L 上。如从图 5 可看到的那样,在射束在  $\pm 3.5^\circ$  的角度范围内射到时,在半径  $R = 250\ \mu\text{m}$  的区域 L 内所包含的能量大于 95% ( $E = 1$ )。因此,区域 L 的平均直径可以取在大约  $500\ \mu\text{m}$  左右。

[0058] 区域 L 的重心之间的距离在此为大约 1mm。由此,区域 L 之间的区域 B 的宽度可以在  $500\ \mu\text{m}$  以下。因此,在区域 B 中有足够的位置用于接触元件。

[0059] 图 6 示出了在图 4 中所示的辐射穿透面 2a,辐射穿透面现在在较低强度的区域 B 中设置有形成接触结构 6 的接触元件 6a。接触结构 6 具有周期性结构,其中接触元件 6a 的周期性与所照明的区域 L 的周期性相一致。所照明的区域 L 可以与在图 3 中所示的光学结构 4 的光学元件 4a 一对一地相关。因此,接触结构 6 的周期性也与光学结构 4 的周期性相一致。

[0060] 接触结构 6 由接触接片形式的、网状设置的接触元件 6a 来形成。接触元件优选包含金属或者金属化合物。接触接片的宽度与区域 B 的宽度匹配。如果区域 B 具有大约  $500\ \mu\text{m}$  的宽度,则接触接片可以宽大约  $300\ \mu\text{m}$ 。然而,根据应用也可以考虑在  $10\ \mu\text{m}$  以下的较小的结构。

[0061] 图 7 示出了如例如在图 2 中所示的光电子装置中的放大的部分。光电子装置包括半导体芯片 2,该半导体芯片可以是发光二极管、辐射检测器或者太阳能电池,并且该光电子装置包括具有光学元件 4a 的光学结构 4。

[0062] 带有接触接片形式的接触元件 6a 的接触结构 6 设置在半导体芯片 2 的辐射穿透面 2a 上。接触结构 6 与光学结构 4 垂直地间隔。尤其是,在光学结构 4 和半导体芯片 2 之间存在间隙 8。间隙 8 有利地具有与光学结构 4 不同的折射率,该折射率尤其是较小。例如,可以以空气或者硅树脂来填充间隙 8。

[0063] 半导体芯片 2 在背侧上具有背侧接触部 7,该背侧接触部可以整面地覆盖半导体芯片 2。

[0064] 在将接触结构 6 投影到光学结构 4 的平面中的情况下,接触元件 6a 设置在光学元件 4a 之间的间隙中。尤其是,光学元件 4a 在投影的情况下被接触元件 6a 框状地围绕。

[0065] 在接收辐射的半导体芯片 2 的情况下,光学结构 4 相对于接触结构 6 的布置实现了,通过该接触结构 6 而不出现由该接触结构 6 引起的遮挡。

[0066] 在发射辐射的半导体芯片 2 的情况下,可以通过所描述的布置将更多辐射耦合输入到聚光器(未示出)或者设置在其后的投影仪光学系统(未示出)中,或者投影仪光学系统可以针对较小的光学扩展量而设计。因为仅接触元件 6a 之间的辐射通过光学结构 4

来处理。于是,所照明的面积并不对应于辐射穿透面 2a 的大小,而是减少了接触元件的大小。于是,光学扩展量(所照明的面积与立体角之积)较小。于是,可以借助这种光电子装置实现具有提高的光密度的光学扩展量受限的系统。这样的装置尤其适于投影仪。

[0067] 本发明并不限于根据实施例的描述。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,即使该特征或者该特征组合本身未在权利要求或者实施例中清楚说明。

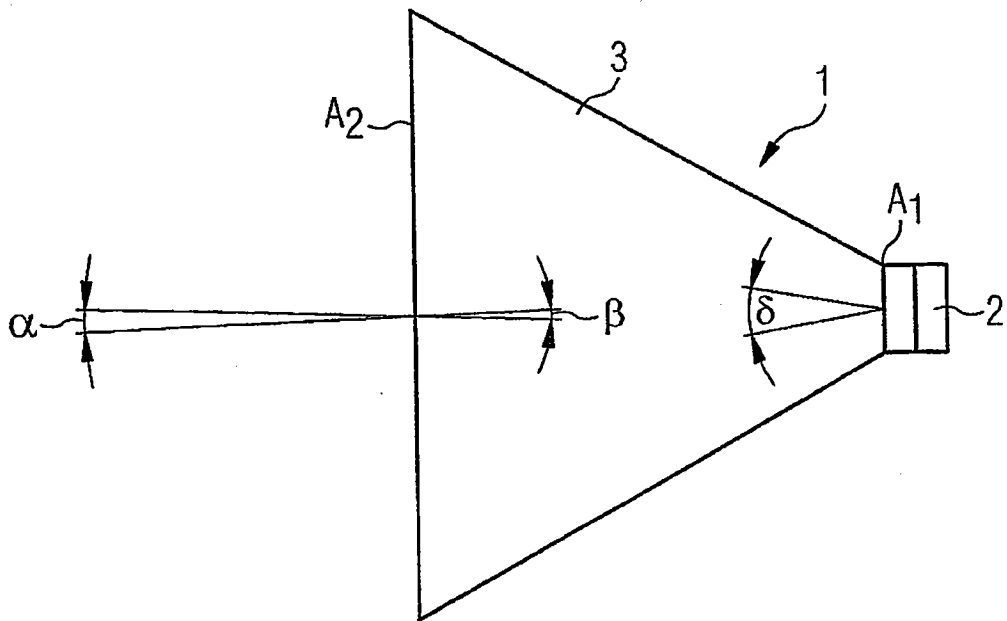


图 1

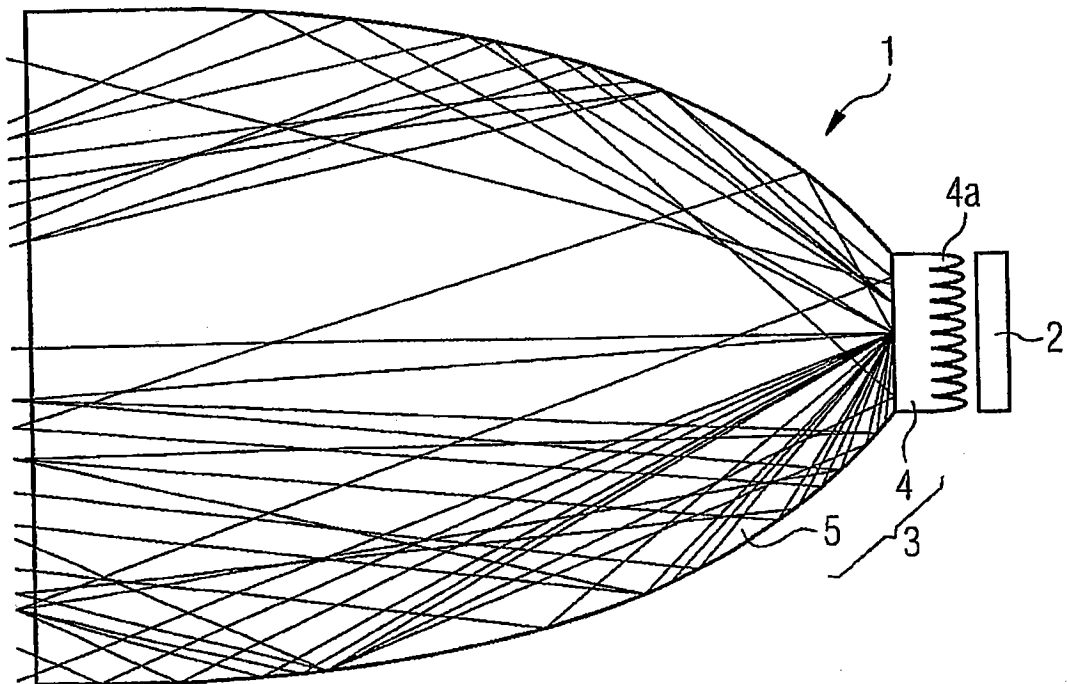


图 2

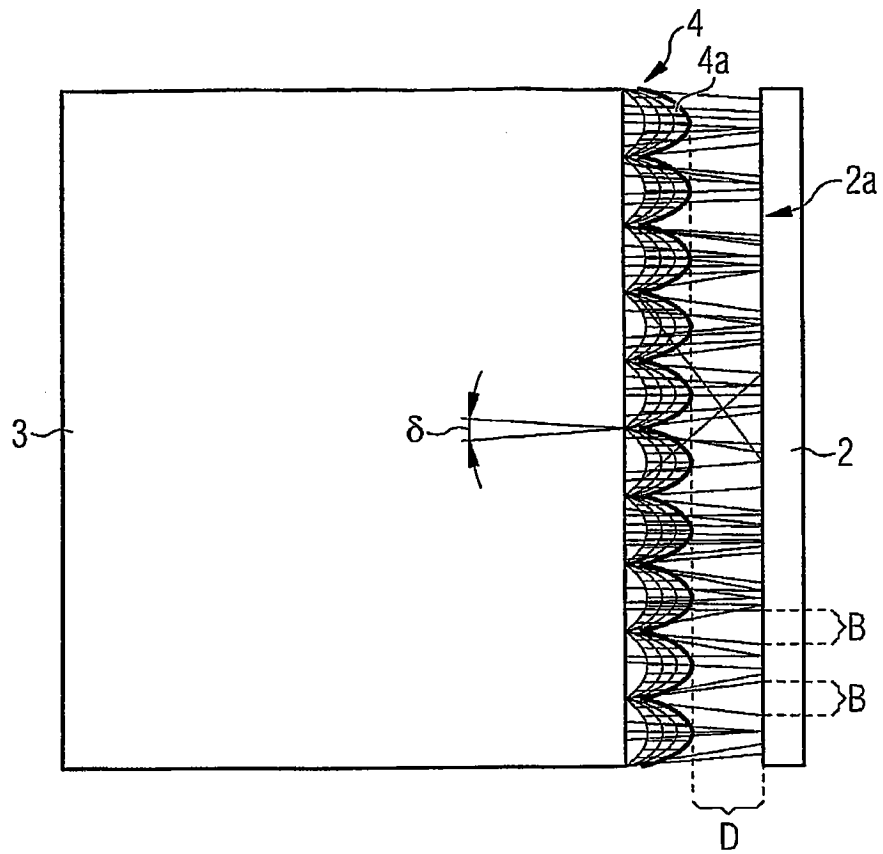


图 3

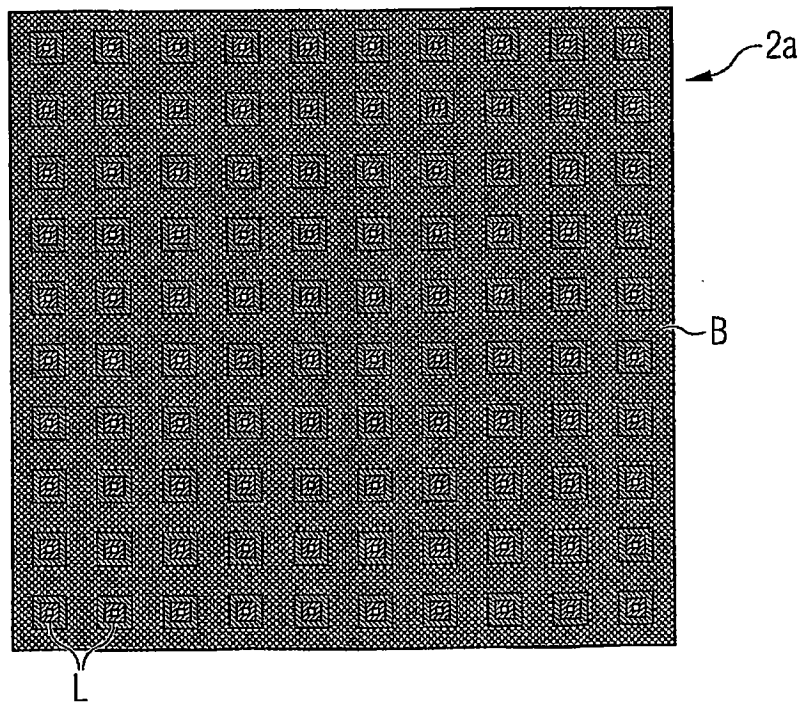


图 4

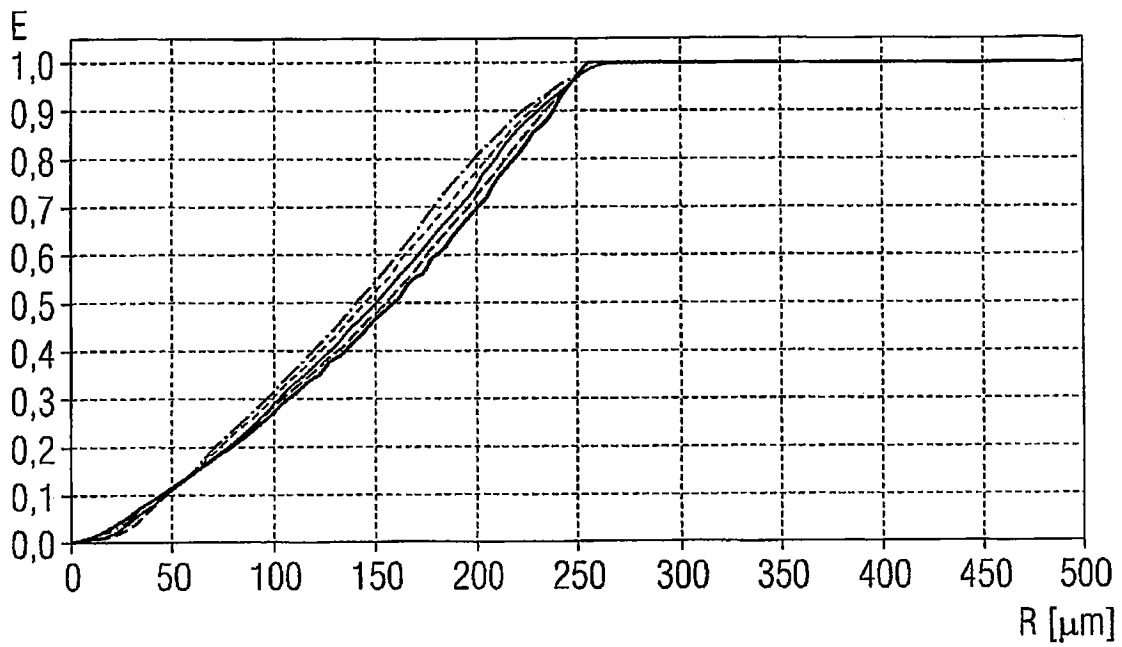


图 5

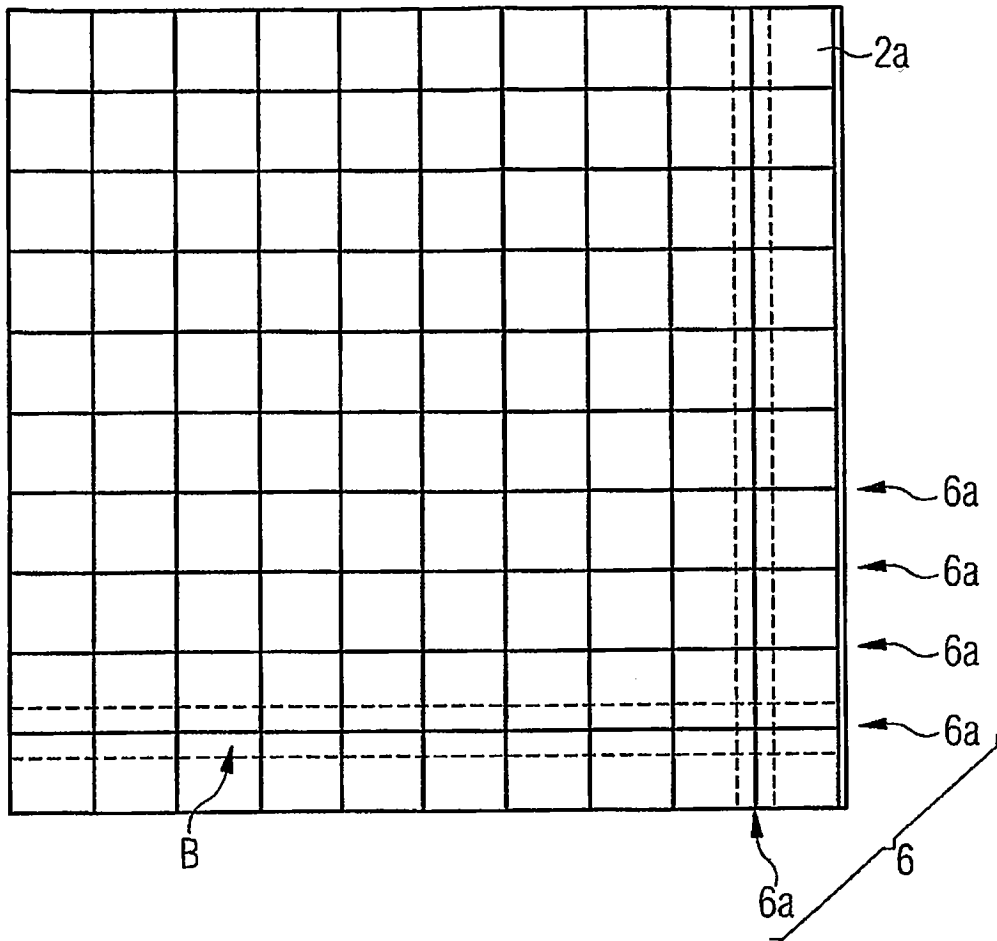


图 6

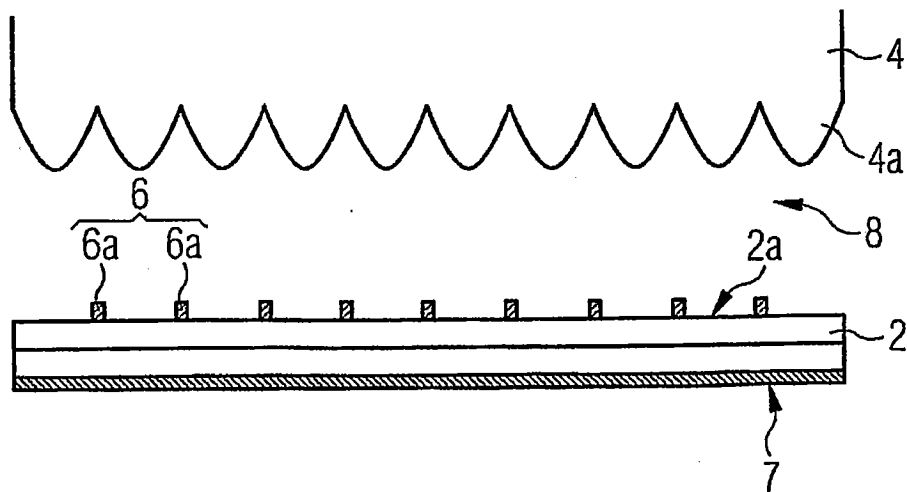


图 7