



(10) 申请公布号 CN 119212738 A

(43) 申请公布日 2024. 12. 27

(21) 申请号 202380040834.2

(22) 申请日 2023.03.15

(30) 优先权数据

63/320379 2022.03.16 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2024.11.15

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2023/015268 2023.03.15

(87) PCT国际申请的公布数据

W02023/177719 EN 2023.09.21

(71) 申请人 优卫魁公司

地址 美国北卡罗来纳州

(72) 发明人 B·费希尔 S·伯勒斯

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

专利代理师 郑浩 吕传奇

(51) Int.Cl.

A61L 2/10 (2006.01)

A61L 9/20 (2006.01)

H01L 33/02 (2006.01)

H01L 33/20 (2006.01)

H01L 33/24 (2006.01)

H01L 33/38 (2006.01)

H01S 5/20 (2006.01)

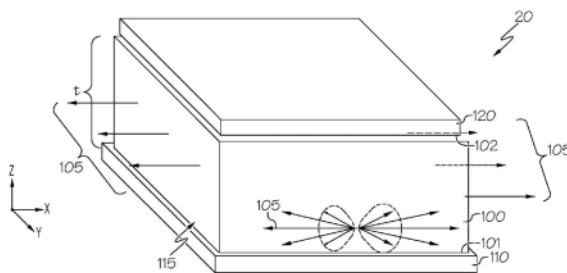
权利要求书3页 说明书13页 附图9页

(54) 发明名称

被配置用于在远UVC光谱中的波长下操作的
微LED

(57) 摘要

一种发光二极管(LED)包括半导体结构,所述半导体结构包括被配置成生成远UVC光的至少一个外延层;以及在所述半导体结构的第一表面和第二表面上的相应电接触。所述至少一个外延层在横向方向上的一个或多个尺寸在所述至少一个外延层在竖直方向上的厚度的数量级内。初级光提取表面可以包括在所述第一表面和所述第二表面之间延伸并且被配置成发射所述远UVC光的所述半导体结构的至少一个侧壁。还讨论了相关装置、其阵列和制造方法。



1. 一种发光二极管(LED), 包括:
半导体结构, 所述半导体结构包括被配置成生成远UVC光的至少一个外延层,
其中, 所述至少一个外延层在横向方向上的一个或多个尺寸在所述至少一个外延层在
竖直方向上的厚度的数量级内。
2. 根据权利要求1所述的LED, 其中, 所述半导体结构包括:
在其上具有相应电接触的第一表面和第二表面; 以及
至少一个侧壁, 所述至少一个侧壁在所述第一表面和所述第二表面之间延伸, 并被配
置成发射所述远UVC光。
3. 根据权利要求2所述的LED, 其中, 所述至少一个侧壁包括在所述第一表面和所述第
二表面之间延伸的所述至少一个外延层的相对侧壁, 并且所述一个或多个尺寸包括所述相
对侧壁之间的距离。
4. 根据权利要求2所述的LED, 其中, 所述至少一个侧壁被配置成将所述远UVC光引导到
光束中或引导到分布式图案中。
5. 根据权利要求2所述的LED, 其中, 所述至少一个侧壁在所述第一表面和所述第二表
面之间倾斜。
6. 根据权利要求2所述的LED, 其中, 所述相应电接触中的至少一个对所述远UVC光至少
部分不透明。
7. 根据任何前述权利要求所述的LED, 进一步包括:
衬底, 所述衬底在其前表面上包括所述半导体结构, 其中, 所述衬底不同于在其上形成
所述半导体结构的原生衬底。
8. 根据权利要求7所述的LED, 其中, 所述衬底包括一个或多个光学重定向结构, 所述一
个或多个光学重定向结构面向所述半导体结构的所述至少一个侧壁, 并且被配置成将从所
述至少一个侧壁发射的所述远UVC光的传播方向变更到一个或多个方向中。
9. 根据权利要求8所述的LED, 其中, 所述一个或多个光学重定向结构附接到与所述半
导体结构相邻的所述衬底的所述前表面。
10. 根据权利要求8所述的LED, 其中, 所述一个或多个光学重定向结构与所述衬底是一
体的, 并且在其上包括所述半导体结构的所述衬底的所述表面相对于所述一个或多个光学
重定向结构凹陷。
11. 根据权利要求8所述的LED, 其中, 所述衬底包括:
后表面, 所述后表面与所述前表面相对, 并且在其上具有背侧接触; 以及
至少一个导电通孔, 所述至少一个导电通孔延伸穿过所述衬底并将所述半导体结构的
所述相应电接触中的至少一个电连接到所述背侧接触。
12. 根据任何前述权利要求所述的LED, 其中, 所述LED没有所述半导体结构的原生衬
底。
13. 根据任何前述权利要求所述的LED, 其中, 所述半导体结构还被配置成生成UVC光。
14. 一种发光二极管(LED), 包括:
被配置成生成远UVC光的半导体结构, 所述半导体结构包括第一表面和第二表面;
在所述第一表面和所述第二表面中的至少一个上的相应电接触; 以及
初级光提取表面, 所述初级光提取表面包括在所述第一表面和所述第二表面之间延伸

并且被配置成发射所述远UVC光的所述半导体结构的至少一个侧壁。

15. 根据权利要求14所述的LED, 其中, 所述至少一个侧壁包括在所述第一表面和所述第二表面之间延伸的所述半导体结构的一个或多个外延层的相对侧壁, 并且所述相对侧壁之间的距离小于约100微米。

16. 根据权利要求15所述的LED, 其中, 所述相对侧壁之间的所述距离小于约50 μm 。

17. 根据权利要求15所述的LED, 其中, 所述半导体结构的所述一个或多个外延层的厚度为约10 μm 或更小。

18. 根据权利要求15所述的LED, 其中, 所述相对侧壁之间的所述距离在所述半导体结构的所述一个或多个外延层的所述厚度的数量级内。

19. 根据权利要求14所述的LED, 其中, 所述至少一个侧壁在所述第一表面和所述第二表面之间倾斜。

20. 根据权利要求14所述的LED, 其中, 所述相应电接触中的至少一个对所述远UVC光至少部分不透明。

21. 根据权利要求14至20中任一项所述的LED, 进一步包括:

衬底, 所述衬底在其表面上包括所述半导体结构, 其中, 所述衬底包括一个或多个光学重定向结构, 所述一个或多个光学重定向结构面向所述初级光提取表面, 并且被配置成将从所述初级光提取表面发射的所述远UVC光的传播方向变更到一个或多个方向中。

22. 根据权利要求21所述的LED, 其中, 所述一个或多个光学重定向结构附接到与所述半导体结构相邻的所述衬底的所述表面。

23. 根据权利要求21所述的LED, 其中, 所述一个或多个光学重定向结构与所述衬底是一体的, 并且在其上包括所述半导体结构的所述衬底的所述表面相对于所述一个或多个光学重定向结构凹陷。

24. 根据权利要求21所述的LED, 其中, 所述衬底包括至少一个导电通孔, 所述至少一个导电通孔延伸到所述衬底的所述表面中, 并与所述相应电接触中的至少一个电接触。

25. 根据权利要求14至24中任一项所述的LED, 其中, 所述第一表面和/或所述第二表面的至少一部分包括被配置成发射所述远UVC光的光提取表面。

26. 根据权利要求14至25中任一项所述的LED, 其中, 所述LED没有所述半导体结构的原生衬底。

27. 根据权利要求14至26中任一项所述的LED, 其中, 所述半导体结构还被配置成生成UVC光。

28. 一种发光二极管(LED), 包括:

半导体结构, 所述半导体结构被配置成生成包括远UVC波长范围内的波长的光, 所述半导体结构包括在其上具有相应电接触的第一表面和第二表面以及在所述第一表面和所述第二表面之间延伸的一个或多个横向表面,

其中, 所述一个或多个横向表面的总表面面积在顶表面或底表面的相应表面面积的10倍内。

29. 根据权利要求28所述的LED, 其中, 所述一个或多个横向表面包括在所述第一表面和所述第二表面之间延伸的所述半导体结构的至少一个外延层的相对侧壁, 并且所述相对侧壁之间的距离小于约100微米。

30. 根据权利要求29所述的LED, 其中, 所述相对侧壁之间的所述距离小于约50 μm , 并且所述至少一个外延层的厚度为约10 μm 或更小。

31. 根据权利要求28所述的LED, 其中, 所述半导体结构的至少一个外延层在横向方向上的一个或多个尺寸在所述至少一个外延层在竖直方向上的厚度的数量级内。

32. 根据权利要求28至31中任一项所述的LED, 其中, 所述一个或多个横向表面在所述第一表面和所述第二表面之间倾斜。

33. 根据权利要求28至32中任一项所述的LED, 其中, 所述相应电接触中的至少一个对所述远UVC光至少部分不透明。

34. 根据权利要求28至33中任一项所述的LED, 进一步包括:

衬底, 所述衬底在其表面上包括所述半导体结构, 其中, 所述衬底包括一个或多个光学重定向结构, 所述一个或多个光学重定向结构面向所述一个或多个横向表面, 并且被配置成将从所述一个或多个横向表面发射的所述远UVC光的传播方向变更到一个或多个方向中。

35. 根据权利要求28至34中任一项所述的LED, 其中, 所述半导体结构还被配置成生成UVC光。

36. 一种发光二极管(LED)阵列, 包括:

公共支撑衬底; 以及

根据任何前述权利要求所述的多个LED, 所述多个LED布置在所述公共支撑衬底的表面上,

可选地, 其中, 光学重定向结构提供在所述多个LED中相邻LED之间的所述公共支撑衬底的所述表面上。

被配置用于在远UVC光谱中的波长下操作的微LED

优先权的要求

[0001] 本申请要求2022年3月16日向美国专利商标局提交的美国临时专利申请第63/320379号的优先权,其公开内容通过引用全部结合于本文中。

技术领域

[0002] 本申请涉及UV光源,并且更特定地,涉及远UVC光源以及相关的装置和方法。

背景技术

[0003] 对于许多应用来说,在约200nm至约400nm的波长范围内的紧凑且高效的紫外(UV)光源可能是期望的。例如,存在对杀菌UV(GUV)产品的新兴市场。包括UVC波长范围内的光子的UVC光(例如,具有约200nm至约280nm的波长;也称为UV-C)可用于对空气传播和表面致病病原体进行消毒,同时保持对人类暴露的安全。关于人类安全性,远UVC光(具有从约200nm到约240nm的波长)可能不会穿透皮肤表面的死细胞层或人眼的泪液层。特别地,远UVC光可以高效地对DNA和/或蛋白质造成永久物理损伤,这可以防止细菌、病毒和真菌复制。因此,人类安全的远UVC光可以有效地杀死或灭活致病病原体,而对人类几乎没有风险,因为这些波长可以被眼睛的角质层(表皮中死皮肤细胞的顶层)或泪液层大量吸收。也就是说,远UVC波长范围内的光可能能够快速杀死微观病原体(如细菌)并灭活病毒,但不能穿透人类皮肤足够深以对人类造成伤害威胁。这可以允许在人类存在的情况下使用UV光对空气和表面进行消毒。

[0004] 然而,在远UVC波长范围内的操作可能存在挑战。例如,很少可用光源可以被配置用于远UV下的操作。一些常规远UVC光源已经由气体放电灯实现,所述气体放电灯从瞬态等离子体中形成的受激准分子生成光。例如,KrCl受激准分子灯可以生成222nm下的光。远UVC光的固态源(例如,发光二极管(LED),在一些实例中使用基于磷光体的波长转换)对于降低成本和/或增加可靠性以及其他益处可能是期望的。虽然LED可以被广泛部署和开发为固态光源,但是这样的光源通常在短于约265nm的发射波长下具有短的操作寿命和差的性能。因此,在远UVC波长范围内发射的LED可能在商业上不可用。

发明内容

[0005] 根据一些实施例,一种发光二极管(LED)包括半导体结构,所述半导体结构包括被配置成生成远UVC光的至少一个外延层。所述至少一个外延层在横向方向上的一个或多个尺寸在所述至少一个外延层在垂直方向上的厚度的数量级内。

[0006] 在一些实施例中,所述半导体结构包括在其上具有相应电接触的第一表面和第二表面;以及至少一个侧壁,所述至少一个侧壁在所述第一表面和所述第二表面之间延伸,并被配置成发射所述远UVC光。

[0007] 在一些实施例中,所述至少一个侧壁包括在所述第一表面和所述第二表面之间延伸的所述至少一个外延层的相对侧壁,并且所述一个或多个尺寸包括所述相对侧壁之间的

距离。

[0008] 在一些实施例中,所述至少一个侧壁被配置成将所述远UVC光引导到光束中或引导到分布式图案中。

[0009] 在一些实施例中,所述至少一个侧壁在所述第一表面和所述第二表面之间倾斜。

[0010] 在一些实施例中,所述相应电接触中的至少一个对所述远UVC光至少部分不透明。

[0011] 在一些实施例中,衬底在其前表面上包括所述半导体结构。所述衬底不同于在其上形成所述半导体结构的原生衬底(native substrate)。

[0012] 在一些实施例中,所述衬底包括一个或多个光学重定向结构,所述一个或多个光学重定向结构面向所述半导体结构的所述至少一个侧壁,并且被配置成将从所述至少一个侧壁发射的所述远UVC光的传播方向变更到一个或多个方向中。

[0013] 在一些实施例中,所述一个或多个光学重定向结构附接到与所述半导体结构相邻的所述衬底的所述前表面。

[0014] 在一些实施例中,所述一个或多个光学重定向结构与所述衬底是一体的,并且在其上包括所述半导体结构的所述衬底的所述表面相对于所述一个或多个光学重定向结构凹陷。

[0015]

[0016] 在一些实施例中,所述衬底包括后表面,所述后表面与所述前表面相对,并且在其上具有背侧接触;以及至少一个导电通孔,所述至少一个导电通孔延伸穿过所述衬底并将所述半导体结构的所述相应电接触中的至少一个电连接到所述背侧接触。

[0017] 在一些实施例中,所述LED没有所述半导体结构的原生衬底。

[0018] 根据一些实施例,一种发光二极管(LED)包括被配置成生成远UVC光的半导体结构,所述半导体结构包括第一表面和第二表面;在所述第一表面和所述第二表面中的至少一个上的相应电接触;以及初级光提取表面,所述初级光提取表面包括在所述第一表面和所述第二表面之间延伸并且被配置成发射所述远UVC光的所述半导体结构的至少一个侧壁。

[0019] 在一些实施例中,所述至少一个侧壁包括在所述第一表面和所述第二表面之间延伸的所述半导体结构的一个或多个外延层的相对侧壁,并且所述相对侧壁之间的距离小于约100微米。

[0020] 在一些实施例中,所述相对侧壁之间的所述距离小于约50 μm 。

[0021] 在一些实施例中,所述半导体结构的所述一个或多个外延层的厚度为约10 μm 或更小。

[0022] 在一些实施例中,所述相对侧壁之间的所述距离在所述半导体结构的所述一个或多个外延层的所述厚度的数量级内。

[0023] 在一些实施例中,所述至少一个侧壁在所述第一表面和所述第二表面之间倾斜。

[0024] 在一些实施例中,所述相应电接触中的至少一个对所述远UVC光至少部分不透明。

[0025] 在一些实施例中,所述第一表面和/或所述第二表面的至少一部分包括被配置成发射所述远UVC光的光提取表面。

[0026] 根据一些实施例,一种发光二极管(LED)包括半导体结构,所述半导体结构被配置成生成包括远UVC波长范围内的波长的光。所述半导体结构包括在其上具有相应电接触的

第一表面和第二表面以及在所述第一表面和所述第二表面之间延伸的一个或多个横向表面。所述一个或多个横向表面的总表面面积在顶表面或底表面的相应表面面积的10倍内。

[0027] 根据一些实施例,一种发光二极管(LED)阵列包括公共支撑衬底;以及如本文所述的多个LED,所述多个LED布置在所述公共支撑衬底的表面上。光学重定向结构可以提供在所述多个LED中相邻LED之间的所述公共支撑衬底的所述表面上。

[0028] 在一些实施例中,本文所述的LED中的任何LED的所述半导体结构还被配置成生成UVC光。

[0029] 在审阅以下附图和详细描述时,根据一些实施例的其他装置、设备和/或方法对于本领域技术人员来说将变得明白。除了上述实施例的任何和所有组合之外,旨在所有这样的附加实施例都被包含在本说明书内,在本发明的范围内,并且受到所附权利要求的保护。

附图说明

[0030] 图1A和图1B分别是示意性透视图和平面图,其示出提供远UVC光谱中的光发射的常规宏LED光源的配置。

[0031] 图2A和图2B分别是示意性透视图和平面图,其示出根据本公开的一些实施例的提供远UVC光生成的微LED光源的配置。

[0032] 图3A和图3B是示意性截面图,其示出根据本公开的一些实施例的包括侧壁的微LED光源的配置,所述侧壁被配置成在一个或多个期望方向上引导远UVC光。

[0033] 图4A和图4B是示意性截面图,其示出根据本公开的一些实施例的包括光学重定向结构的衬底上的微LED光源的配置,所述光学重定向结构被配置成在一个或多个期望方向上引导远UVC光。

[0034] 图5A和图5B是示意性截面图,其示出根据本公开的一些实施例的包括凹陷表面和侧壁的衬底上的微LED光源的配置,所述侧壁被配置成在一个或多个期望方向上引导远UVC光。

[0035] 图6A和图6B是示意性截面图,其示出根据本公开的一些实施例的包括凹陷表面、侧壁以及延伸通过其中的通孔电连接的衬底上的微LED光源的配置,所述侧壁被配置成在一个或多个期望方向上引导远UVC光。

[0036] 图7A和图7B是示意性侧视图,其示出根据本公开的一些实施例在非原生衬底上制造微LED光源的方法。

具体实施方式

[0037] 本公开的实施例提供了生成远UVC波长范围(约200nm至240nm,例如约207nm至222nm)中的电磁辐射的装置,其可有用于许多应用,包括(但不限于)用于消毒空气传播和表面致病病原体的杀菌应用,以及在各种野外环境(空气、水等)中检测痕量化学或生物物种,而同时保持对人体暴露的安全并符合人体安全性法规和要求。如本文所使用的,“远UVC”或“Far UVC”波长带或范围是指大于约200nm(使得辐射在大气中是非电离的)且小于约240nm的波长,例如,约200nm至230nm的波长。

[0038] 特别地,本公开的实施例提供了用于增强无机LED的性能(即,光输出)的配置,所述无机LED发射电磁光谱的远UVC部分中的光,特别是波长小于约240nm的光。虽然一些定制

设计的LED和研究实验室已经展示了具有从260nm下至接近230nm的波长的LED,但是这样的装置的效率迅速下降,并且因此可能在商业上不可行。

[0039] 几个挑战可能会阻碍被配置成发射波长低于约250nm的光的LED的发展,其中许多挑战可能与从装置本身提取光有关。事实上,由于提取光的困难,UVC LED的外部量子效率(EQE)可能保持低于10%。

[0040] 一个这样的挑战可能涉及顶部和底部电接触。特别地,随着电掺杂水平增加,对于更短波长范围(例如,在约200nm至230nm或240nm)的光,对LED p-n结的p侧的接触(也称为p接触)可能难以形成有光学透明性。也就是说,虽然可能需要更高的掺杂来降低电阻(并提高效率),但是更高的掺杂水平可能会降低光学透明性,这可能会由于由电接触的吸收而使得光子更难离开LED。由于接触的不透明性,效率可能由此受损。本文描述的实施例认识到折衷,包括设计改变,这可以减轻对高掺杂水平的需求或者通过表面提取光子可以有利于LED的效率。

[0041] 关于减小波长的另一个挑战可能与LED内部生成的光的方向性有关。例如,随着AlGaIn材料的铝含量增加,带隙可能增加(并且所生成的光的发射波长可能减小)。伴随这些变化可能是偏离光子的各向同性生成,而朝向其中材料内部的光学跃迁偶极子可能越来越竖直(相对于半导体材料的晶面)的情况。跃迁偶极子越接近理想的竖直偶极子,则光子的生成就越各向异性。横向电(TE)极化在基于InGaIn/GaN的蓝色LED中可能占主导地位,而横向磁(TM)极化在AlGaIn/GaN UV LED中可能占主导地位。更明白地说,随着发射波长减小,在LED内部生成的光可以相对于半导体材料的有源区(即,(一个或多个)量子阱)的平面主要以横向角度传播(即,具有更大的强度)。以横向角度(即,在全内反射(TIR)的临界角内)传播的光更可能被波导到边缘,而不太可能从装置的顶表面或底表面发射。如本文所使用的,传播可以指光(或光子)的行进方向在半导体材料内部还是外部,而发射可以指光(或光子)从半导体材料的输出。进一步混淆性能的是,光子到达宏观LED边缘的长度规模可能是光子到达顶表面或底表面的距离的几千倍。

[0042] 本公开的实施例可以通过以下步骤来解决上述和其他问题:(i) 移除对顶部或底部(例如,p)电接触的光学透明性或光吸收的约束,这可以简化设计,增加内部量子效率(IQE),并因此增加整体效率,以及(ii)通过缩短到光提取表面的光路来解决对于更短波长的光(特别地,小于约240nm的波长,例如远UVC光)可能出现的极化问题,利用了对于小于约240nm的波长,随着AlGaIn多量子阱中Al成分增加,更短波长的光主要以横向角度传播通过半导体材料,这可以显著增加EQE。这个挑战可以被称为光提取效率(LEE),其中 $EQE = IQE \times LEE$ 。本公开的实施例由此可以改善IQE和LEE,从而引起EQE的整体改善。

[0043] 如本文所述的本公开的实施例涉及对每个个体LED(其在本文中可称为微LED或 μ LED)使用微规模尺寸,以便实现优于现有技术宏规模LED设计(其在本文中可称为宏观LED或宏LED)的性能增强。益处可以来自几何形状:通过制造具有微观横向尺寸(即,在其微观厚度尺寸的一个或两个数量级内)的LED,LED边缘的相对贡献可以高得多。此外,由于更短的长度规模,可以降低平均接触电阻。作为示例,本文描述的实施例可以特别适合于基于AlGaIn半导体材料的UVC或远UVC LED,但是不限于AlGaIn材料,并且也可以由其他材料实现。这样的材料可以包括(但不限于)氮化硼(BN)、氮化镓(GaN)、碳化硅(SiC)、氮化铝(AlN)或被配置成提供远UVC光谱中的光发射的其他III族氮化物或固态半导体材料。

[0044] 图1A和图1B分别是透视图和平面图,其示出提供远UVC光谱中的光发射105的常规LED光源的配置。特别地,图1A和图1B示出常规的宏观LED 10,其包括半导体材料100' (例如,AlGaIn层),其在半导体材料100' 的顶表面和底表面上具有相应的电接触1、2 (例如,n接触和p接触)。宏观LED 10具有大于宏观LED 10的厚度T (例如,是厚度T几十倍或几千倍)的长度尺寸 (例如,沿着x轴或y轴)。例如,厚度T可以是约50 μm 或更小,而长度尺寸 (例如,沿着x方向) 可以是约1毫米 (mm) 或更大。因此,宏观LED 10通常被配置成耦合从作为光提取表面的顶 (或底) 表面出去的光。然而,这样的出耦合 (outcoupling) 对于远UVC光谱中的光可能是具有挑战性的,例如由于与在LED半导体材料100' 中生成的远UVC光105的方向性 (例如,沿着水平或横向方向具有更大的强度) 以及电接触1、2对远UVC光105的透明性的程度或量有关的困难。特别地,如上所述,可能难以形成既具有期望的电特性 (例如,低电阻) 又具有期望的光学特性 (例如,对远UVC光谱中的光的透明性) 的p接触1。

[0045] 本公开的实施例提供了“微”LED,其中LED的横向长度规模 (例如,在x和/或y方向上) 减小,这可以解决和/或消除上述和/或其他挑战。图2A和图2B分别是透视图和平面图,其示出根据本公开的一些实施例的提供远UVC光105生成的微LED光源20的配置。虽然主要参考远UVC光的生成进行了描述,但是微LED光源的光输出105不限于远UVC波长范围,并且在一些实施例中,可以包括或者可以被配置成生成包括更宽UVC波长范围中的波长的光 (本文也称为UVC光)。

[0046] 图2A和图2B示出根据本公开的一些实施例的微LED 20,包括与如图1A和图1B中所示的宏观LED 10相比的差异。在两种情况下,LED 10、20的厚度可以由半导体结构100'、100的厚度T、t来确定。在根据本公开的一些实施例的微LED20中,厚度t可以在约0.1微米 (μm) 到约20 μm 的范围内,例如,在约0.1 μm 到约10 μm 的范围内,或者在约0.5 μm 到约5 μm 的范围内。如本文所使用的,半导体结构100可以包括一个或多个半导体材料层,其被配置成生成远UVC波长范围内的光,也称为远UVC光105。在一些实施例中,半导体材料可以被形成 (例如,外延生长) 在源衬底或晶圆 (本文称为原生衬底) 上,其可以从或者可以不从本文描述的LED光源移除。

[0047] 对于如图1A和图1B中所示的宏观LED 10,外延层的横向尺寸 (例如,沿着x和/或y方向) 可以超过厚度T达超过约1000:1的比率。这对于面内发射的光子提出了挑战,因为LED材料通常可重新吸收所发射的光子。光子到达半导体结构100' 的边缘或侧壁15的概率可能随着 (a) 到边缘的距离和 (b) 在该取向上跃迁偶极子的相对强度而指数性下降。由于这个问题,它宏观LED 10可以在顶表面和/或底表面1、2中包括特征,以增强通过这些表面从LED出去的光的耦合。这样做可以增加来自LED的光的提取效率 (其中光子提取效率 = EQE/IQE)。

[0048] 与图1A和图1B中所示的宏观LED 10相比,根据本公开的一些实施例的微LED 20可以具有 (一个或多个) 半导体光发射层 (例如,外延层),该半导体光发射层具有一个或多个横向尺寸 (例如,在图中的 (一个或多个) 水平 (x和/或y) 方向上或沿着接触110、120的表面,也称为横向方向),其与装置的 (一个或多个) 半导体光发射层的厚度 (例如,在图中垂直于 (一个或多个) 横向方向的垂直 (z) 方向) 具有近似相同的规模。横向尺寸可以指长度、宽度、直径、长轴等,这取决于由半导体光发射层所限定的形状。也就是说,如本文所述的微LED可以具有 (一个或多个) 外延层,所述外延层在横向方向上具有一个或多个尺寸x、y,所述一个或多个尺寸x、y是其在垂直方向上的厚度尺寸t的数量级 (例如,具有与其类似或在至少一

个数量级或几个数量级内,包括小于、大于或基本上等于)。例如,微LED可以包括具有(一个或多个)半导体外延层的半导体结构100,其中所述半导体外延层的总厚度 t 为约15或20 μm 或更小(例如,约0.1至10 μm ,或约0.5至5 μm),并且微LED可以包括小于约500 μm (例如,小于约100 μm ,小于约50 μm ,或约1至10 μm)的一个或多个横向尺寸 x 、 y 。在一些实施例中,半导体结构100的(一个或多个)外延层可以具有约7 μm 至约12 μm 的厚度 t (在例如经由激光剥离从原生衬底移除之后),并且可以具有约3 μm 至约50 μm 之间的横向尺寸 x 、 y 。微LED 20的半导体结构100的(一个或多个)边缘或(一个或多个)侧壁115(也称为(一个或多个)横向表面)可以提供初级光提取表面115。

[0049] 这样的(一个或多个)横向尺寸的益处可以来自于这样的认识:任何给定光子在到达要被耦合的装置的边缘或侧壁之前必须穿过的物理距离可能比一些宏观设计短几个数量级。如图2A和图2B中所示,半导体结构100被配置成生成远UVC波长范围内的光子,其主要以相对于半导体材料的有源区的基本上横向角度传播(在图中沿水平或横向方向示出)。如由图2A和图2B中的虚线所示,所生成的远UVC光105的强度随着偏离横向方向而显著降低。微LED 20的(一个或多个)半导体有源层的(一个或多个)横向尺寸被配置成缩短在半导体结构100的一个或多个侧壁115处的光提取表面115处输出光子(即,远UVC光105)的光路长度。根据本公开的一些实施例,包括具有横向尺寸 x 、 y 的外延层的微LED 20的减小的物理距离或光路长度可以提供在远UVC波长的光子提取的指数性更高的概率,并且因此,对于将量子效率提高到足以可行性的水平可能是至关重要的。

[0050] 更特别地,图2A和图2B示出包括第一表面101、第二表面102以及第一和第二表面101、102上的相应电接触110、120(例如,n接触和p接触)的半导体结构100。至少一个侧壁115在第一和第二表面101、102之间延伸,并提供被配置成发射远UVC光105的初级光提取表面115。在一些实施例中,半导体结构100的(一个或多个)外延层的多个(例如,相对)侧壁115可以提供初级光提取表面115,并且相对侧壁115之间沿着横向方向的距离可以是半导体结构100的(一个或多个)外延层沿着竖直方向的厚度 t 的数量级(例如,在一个或两个数量级内)。例如,相对侧壁115之间沿着横向方向的距离可以小于约100微米(例如,小于约50 μm ,或约1至10 μm)。因此,包括用于初级光提取的侧壁或横向表面115的微LED 20可以被认为边缘发射装置。

[0051] 将会理解,虽然本文参考半导体结构100的侧壁或侧表面115作为初级光提取表面115进行描述,但是本公开的实施例不限于仅来自侧壁或侧表面115的光提取。例如,在一些实施例中,在其上具有相应电接触110、120的第一和/或第二表面101、102的至少一部分也可以提供被配置成发射远UVC光105的光提取表面,并且因此可以提供次级光提取表面。

[0052] 这样的(一个或多个)横向尺寸的益处还可以来自于这样的认识:由微LED的横向边缘贡献的表面面积的相对量(例如,在微LED的相对端上,与顶和/或底表面的表面面积相比)可以远高于宏LED(其中顶/底表面具有比横向边缘显著更大的表面面积)。例如,具有约1 $\mu\text{m} \times 1\mu\text{m}$ 至约50 $\mu\text{m} \times 50\mu\text{m}$ 的横向尺寸的微LED可以具有约1至约2500 μm^2 的顶或底表面面积,以及具有约0.1至约2000 μm 的总面积的横向表面115。这样,在一些实施例中,半导体结构100的一个或多个横向表面115的总表面面积可以在半导体结构100的顶表面或底表面的相应表面面积的10倍之内(例如,在约5倍之内,或者在约5倍至10倍之内)。也就是说,如本文所述的微LED可以包括具有一个或多个横向尺寸 x 、 y 和/或横向边缘表面面积的外延层,

所述一个或多个横向尺寸 x 、 y 是其厚度尺寸 t 的数量级(例如,处于其数量级内或处于其5倍内),所述横向边缘表面面积是其顶/底表面面积的数量级。

[0053] 此外,通过增加装置的横向边缘表面对光发射的贡献,根据本公开的一些实施例的微LED可以将光子提取表面从在其上引入电流的表面(通常是在其上具有电接触110、120的顶表面和底表面101、102)解耦。这样,可以完全避免光学透明性(为了效率)和掺杂水平(即接触电阻)的问题和其之间的折衷,从而在远UVC光谱中提供改进的效率。在一些实施例中,电接触110、120中的一个或多个可以由没有光学透明性要求的材料和/或掺杂水平形成,以向半导体结构100提供降低的电阻和/或欧姆接触。特别地,电接触110、120中的一个或多个对于远UVC光105可以是部分(例如,大于10%、大于25%或大于30%)或基本上(例如,大于50%、大于75%或大于90%)或完全(100%)不透明的。也就是说,如本文所述的包括横向光提取表面115的微LED可以允许使用(半)不透明的电接触110和/或120,以便实现更大的光提取效率和降低的电阻两者。

[0054] 例如,对于半导体接触,电阻可以包括接触电阻(0hm cm^2)/面积(cm^2)。通过如本文所述那样减小LED的横向尺寸 x 、 y ,面积(cm^2)可以减小几个数量级,这可能增加接触电阻。虽然这可能会提出挑战,但是如本文所述的微LED可以在装置的一个或多个侧壁115处提供初级光提取表面,这可以允许不受光学透明性要求约束的电接触(例如,电接触关于远UVC光可以是部分或完全不透明的),这可以允许减少电阻,并且还可以在任何掺杂水平下进一步提高效率。一些实施例可提供远UVC发射LED,其中接触电阻小于在一些宏LED中可实现的接触电阻(例如,是其的小于2分之一,或小于其的大于一个数量级)(由于对于从顶部和/或底部表面发射光的宏LED的电接触的光学透明性要求)。例如,在一些实施例中,包括电接触110、120的远UVC发射LED可以具有小于约 3×10^{-3} 欧姆/ cm^2 的接触电阻,所述电接触110、120对于如本文所述的远UVC光基本上或完全不透明。

[0055] 图2A和图2B示出本公开的一般实施例,并且特别地,示出更短长度/横向尺寸的发明概念(例如,其中微LED的一个或多个)外延层具有小于 $500\mu\text{m}$ (例如,小于约 $100\mu\text{m}$ 、小于约 $50\mu\text{m}$ 或约1至 $10\mu\text{m}$)的一个或多个横向尺寸 x 、 y ,或者是其厚度 t 的数量级)。附加示例实施例可以包括(但不限于)以下一个或多个:在微LED的底表面上(而不是在顶表面上)提供p接触,并且在顶表面上(而不是在底表面上)提供n接触;在微LED的顶表面和底表面上(例如,在小于半导体结构100的一个或多个)外延层的顶表面和底表面的整个表面区域上)图案化p和n接触,而不是通过地毯式覆盖半导体结构100的顶表面和底表面来形成p和n接触;由例如六边形氮化硼或氮化镓(GaN)或碳化硅(SiC)或纯氮化铝(AlN)或其他III族氮化物或固态半导体材料之类的材料形成半导体结构100的一个或多个外延层,所述材料被配置成提供远UVC光谱中的光发射;提供上至约 $100\mu\text{m}$ 的至少一个横向尺寸;和/或移除半导体结构100的原生生长衬底(即,在与在其上形成了半导体结构100的原生生长衬底不同的衬底上提供半导体结构100;本文也称为非原生衬底)。还将理解,根据本公开的实施例的基于如本文所述的微LED配置(例如,20、30a、30b、40a、40b、50、60a、60b、70)中的任何微LED配置的其光源可以被包括在大阵列(例如,数百或数千或数万个微LED)中,其中阵列中的微LED的数量可以被选择以实现来自光源的期望光输出的总量。

[0056] 本文描述的另外实施例示出了对图2A和图2B中所示的微LED装置的一些元件的示例修改,以提高或改变性能。例如,图3A和图3B是示意性截面图,其示出根据本公开的一些

实施例的包括侧壁115'的微LED光源30a、30b的配置,所述侧壁115'被配置成在一个或多个期望方向上引导远UVC光105。

[0057] 特别地,在图3A和图3B中,微LED 30a、30b的半导体结构100包括倾斜或成角度(即,相对于在其上具有电接触110、120的表面101、102不垂直)的侧壁或侧表面115'。侧壁或侧表面115'可以被优化或以其他方式被配置成将远UVC光105向上引导出阵列平面(例如,在远离原生衬底300a或非原生衬底300b的方向上)。在一些实施例中,相应的侧壁115'可以在一些实施例中包括多个倾斜角度(例如,当其在半导体结构100的顶表面和底表面之间延伸时可以是多面的)。在其他实施例中,侧壁可以具有更复杂的结构化,以便增加光的输出部分或者修改所输出的光的远场图案角度分布。通过改变或变更半导体材料的晶体取向(例如,通过提供相对于半导体材料的一个或多个晶轴截断(offcut)的侧壁115')和/或侧壁的表面粗糙度,可以实现在一个或多个期望方向上发射远UVC光105的侧壁115'修改的另外示例。例如,通过在侧壁115'上提供涂层或图案315,可以优化或以其他方式配置对微LED的侧壁115'的光学修改,以将光传播到特定的分布图案105p中(如图3B中所示),或者将光引导为光束105b或引导到光束105b中(如图3A中所示)。更一般地,半导体结构100的侧壁115'中的一个或多个侧壁115'可以被配置成提供将远UVC光105引导到光束105b或分布式光图案105p中的光提取表面。

[0058] 在一些实施例中,微LED 30a可以提供在用于半导体结构100的半导体材料的外延生长的原生衬底300a(例如,A1N、蓝宝石、GaN或其他衬底)上并由其支撑,如图3A中所示。在其他实施例中,微LED 30b可以提供在不同于在其上生长或形成LED半导体材料或结构100的材料或衬底(例如,源晶圆)的非原生衬底300b(例如,硅衬底或其他衬底)上并由其支撑。在一些实施例中,将微LED从其原生衬底300a(例如,源晶圆)转移到非原生支撑衬底300b可以通过微转印来实现,但是将理解,本文描述的实施例可以包括各种制造方法,并且可不限于任何特定的制造方法。

[0059] 本公开的还有其他实施例(例如图4A和图4B中所示的那些实施例)可以包括这样的配置:其中微LED 20、30a、30b伴随有在支撑衬底300a、300b上或由支撑衬底300a、300b提供的反射或其他光学重定向结构415。特别地,图4A和4B是示意性截面图,其示出根据本公开的一些实施例的包括光学重定向结构415a、415b(统称为415)的衬底300a、300b上的微LED光源20的配置40a、40b。尽管在下文中参考使用图2A和图2B的微LED 20的各种配置进行了描述,但是将理解,根据本公开的实施例,所示的微LED 20可以用其他微LED配置(例如,在原生或非原生衬底300a、300b上具有倾斜侧壁115'的微LED 30a、30b)来代替。

[0060] 光学重定向结构415布置在面向由半导体结构100的(一个或多个)侧壁提供的光提取表面115的衬底300a、300b上(例如,附接到邻近半导体结构100的非原生衬底的前表面300f),并且被配置成变更从其输出的远UVC光105的传播方向。例如,光学重定向结构415可以反射远UVC波长范围的光,并且可以被成形或以其他方式被配置成将从微LED的横向边缘输出的远UVC光105引导到一个或多个期望方向中或以期望角远场图案引导。

[0061] 图4A示出示例配置40a,其中光学重定向结构415a是图案化反射结构(例如,铝结构),该反射结构被制造有相对平坦或平滑的成角度的边缘表面,该边缘表面被配置成将来自微LED的横向发射光重定向到一个或多个不同的方向中(示为向上并远离支撑衬底300a、300b),以提供受控的照明图案(例如,光束105b或期望的分布式光图案105p)。图4B示出

例配置40b,其中光学反射结构415b是包括非均匀或非对称表面的图案化反射结构(例如,铝结构),以便将来自微LED的横向发射光在远离支撑衬底300a、300b的一个或多个方向上重定向为不规则或以其他方式不均匀的照明图案。支撑衬底300a、300b可以是原生衬底(例如,AlGaN半导体结构的蓝宝石衬底)或非原生衬底(例如,硅衬底)。在图4A和图4B的示例40a、40b中,光学重定向结构415被示出为由与支撑衬底300a、300b不同的材料形成,并且布置在支撑衬底300a、300b的表面上(例如,使用微转印或其他技术),但是本公开的实施例不限于此。

[0062] 例如,本公开的另外实施例可将光学或光重定向结构并入支撑衬底本身中,使得无需在支撑衬底的顶表面上添加附加特征。图5A和图5B是示意性截面图,其示出根据本公开的一些实施例的衬底500上的微LED光源20的配置50,该衬底500包括凹陷表面500r和相邻的侧表面500s,该凹陷表面500r和相邻的侧表面500s被配置成在一个或多个期望方向上引导远UVC光105。因此,衬底500的侧表面500s可以提供光学重定向结构415',其由与衬底500相同的材料形成并与衬底500是一体的,其中衬底500的表面包括在其上相对于一个或多个光学重定向结构415'凹陷的半导体结构100。

[0063] 例如,在将微LED装置20放置或布置在凹坑内的凹陷表面500r上之前,可以在非原生衬底500(例如,硅或其他支撑晶圆)的顶表面中形成或以其他方式在其上提供光重定向结构(在下面的图5A和图5B中作为示例参考在衬底500中限定凹陷表面500r或“凹坑”的倒梯形或“金字塔”结构示出)。特别地,非原生衬底500可以被图案化(例如,通过一个或多个选择性或各向同性蚀刻工艺)以形成凹陷表面500r和周围的侧表面500s,使得侧表面500s限定光学重定向结构415',该光学重定向结构415'被配置成提供增加或改善的光提取。

[0064] 如图5A和图5B中所示,倒金字塔结构的侧表面500s以相应的角度(相对于凹陷表面)形成,以形成光学重定向结构415',该光学重定向结构415'被配置成将从微LED 20的边缘发射的光引导出平面,或者以其他方式将远UVC光105的传播方向变更远离横向方向。例如,侧表面500s可以相对于光发射的横向方向成约45度或更小的角度。支撑衬底500的(一个或多个)材料和/或在其上的一个或多个层可以被配置成反射远UVC波长范围的光。一些实施例可进一步在成角度的侧表面500s上提供反射增强涂层或图案515,以便增强远UVC光105的反射(例如,关于效率和/或方向)。

[0065] 特别地,图5A示出掩模501(例如,氧化物或氮化物掩模)和蚀刻工艺(例如,TMAH或其他各向同性蚀刻工艺)可以用于在相对于衬底500(例如,硅衬底)的顶表面的深度d处选择性地形成一个或多个凹陷表面500r。凹陷表面500r可以具有比形成在衬底500的顶表面处的开口的宽度 W_{top} 更窄的宽度 W_{bottom} ,并且可以沿着硅衬底500的{100}晶面或<100>晶向延伸。蚀刻工艺可以在硅衬底500中形成侧表面500s,该侧表面500s邻近或围绕凹陷表面,并且相对于凹陷表面500r成角度地沿着衬底500m的{111}晶面或<111>晶向延伸。侧表面500s的形状不限于图5A中所示的示例,并且更一般地,可以包括任何特征,其可以被蚀刻或以其他方式图案化到支撑衬底500中,以限定面向微LED20的初级光提取表面115的光学重定向结构415',并被配置成将从其发射的远UVC光105的传播方向变更到一个或多个方向中。

[0066] 图5B示出衬底500的凹陷表面500r上的微LED20的布置或放置。微LED 20可以布置在凹陷表面500r的中央(即,在与相应的侧表面500s的基本相等的距离处),或者可以如所

示向侧表面500s之一偏移。用于将微LED布置或放置在衬底500的图案化表面上的工艺可以是例如微转印,但是将理解,本文所述的实施例不限于任何特定的制造方法。此外,一些实施例可以在每个凹坑内的凹陷表面500r上提供单个微LED,而其他实施例可以在相应凹坑内的凹陷表面500r上提供多个微LED(例如,使得每个凹陷表面500r在其上包括一个或多个微LED),其中光提取表面115面向由衬底500的侧表面500s形成的光学重定向结构415'。

[0067] 又一些实施例可通过延伸穿过支撑衬底500的导电通孔611提供与微LED 20的电接触110、120的一个或多个电连接。图6A和图6B是示意性截面图,其示出根据本公开的一些实施例的衬底500上的微LED光源20的配置60a、60b,该衬底500包括被配置成在一个或多个期望方向上引导远UVC光105的侧表面500s、凹陷表面500r、以及延伸穿过其中的通孔611电连接。

[0068] 如图6A和图6B中所示,衬底500包括背表面500b,所述背表面500b与在其上具有微LED 20的正表面500f相对。背表面500b在其上包括一个或多个背侧接触610、620,其通过延伸穿过衬底500的一个或多个晶圆通孔611(本文也称为导电通孔611)和/或其他导电互连612电连接到微LED 20的相应电接触110、120(例如,n接触和p接触)。图6A示出每个接触包括单通孔611的配置60a,在该示例中,其接触微LED的N型接触或N端子。如图6A中所示,一些实施例可以直接在通孔的顶部提供微LED 20。在其他实施例中,如图6B中所示,多个晶圆通孔611延伸穿过衬底500,以提供与微LED 20的N端子和P端子的电接触。同样如图6A和图6B中所示,可以提供层间电介质(ILD)615(或对远UVC光105基本透明的其他非导电涂层)来电绝缘微LED 20的侧壁115,以便防止电短路。其他实施例可以使用其他实现方式(例如,引线接合)来提供到顶部电接触(例如,p接触)的通路和电连接。

[0069] 更一般地,通孔611可以在其上具有微LED 20的支撑衬底500的正侧和背侧之间提供电连接。在图6A和图6B中所示的示例60a、60b中,通孔611结合包括图5A和图5B的倒金字塔或凹坑结构的衬底500来实现,但是将理解,通孔611可以与本文所述的衬底(例如,300a、300b)中的任何结合使用。

[0070] 图7A和7B是示意性侧视图,其示出根据本公开的一些实施例在非原生衬底500上制造微LED光源20的方法。如图7A和7B中所示,在一些实施例中,微转印技术可以用作在公共支撑衬底500上制造微LED阵列(例如,包括数百或数千个)的组装方法。在微转印中,可以将(微LED)装置从它们的原生衬底上移除(即,从在其上形成半导体结构100的原生衬底上释放),并使用弹性体或其他印模放置或“印刷”到不同的或非原生衬底500上。

[0071] 特别地,图7A示出在组装之前,提供非原生支撑衬底(例如,300b、500)。非原生衬底300b、500可以包括被配置成支撑一个或多个微LED的前表面300f、500f,以及与前表面300f、500f相对的后表面。前表面300f可以是基本平坦的表面,并且在一些实施例中,光学重定向结构415'可以布置或放置在相邻微LED 20之间的衬底300b的前表面300f上,以将从其输出的远UVC光105的传播方向重定向到远离衬底的一个或多个方向中。在其他实施例中,如图7A中所示,非原生衬底500的前表面500f可以是复杂表面,其包括由突出侧表面500s围绕的多个凹陷表面500r或凹坑,突出侧表面500s被配置成将从一个或多个微LED 20输出的远UVC光105的传播方向重定向到远离衬底500的一个或多个方向中。

[0072] 仍然参照图7A,印模可以包括相应的柱,柱被定大小以可移除地将一个或多个微LED 20粘附在其上。在一些实施例中,可以配置和/或优化弹性转移印模,以实现将微LED 20

微转印到诸如上所述衬底之类的复杂或图案化衬底500上。特别地,弹性转移印模700可包括具有高度和/或锥形轮廓的柱,该高度和/或锥形轮廓提供足够的间隙以在衬底500的突出侧表面500s之间延伸,该突出侧表面500s围绕在其中的凹陷表面500r或凹坑,该凹陷表面500r或凹坑可不同于通常可用于在光滑平坦衬底上进行微转印的弹性印模或柱的形状。

[0073] 例如,根据本公开的一些实施例的印模柱可被成形为(近似)镜像或以其他方式对应于倒金字塔或其他图案化或非平面衬底几何形状的形状。图7A和7B中所示的印模配置可允许整体更高的柱维持足够的强度,例如,具有更宽的“基部”(在顶部),该基部朝向压印表面锥形化,以便适合图案化或其他非平面衬底500的拓扑。如图7B中所示,印模的锥形化柱可以适合图案化衬底500的尺寸,以便将微LED 20从其柱转移到衬底500的凹陷表面500r,在一些实例中,直接转移到导电通孔611或在前表面500f上或在前表面500f处暴露的其他导电互连上。这样,在一些实施例中,可以使用弹性印模将微LED转移到非原生支撑衬底500,所述弹性印模的柱被设计或以其他方式配置成匹配或近似对应于(复杂)支撑衬底500的拓扑。

[0074] 如本文所述那样将微LED 20转移到非原生支撑衬底500(通过微转印或其他手段)可能是有利的,至少因为在其原生衬底上提供多个微LED 20的阵列可能是难以管理的。例如,原生衬底通常可为约400 μm 厚,而每个微LED 20可具有约10 μm 的相应横向尺寸,这可能导致不期望的纵横比和/或差的密度或衬底面积利用率。此外,在每个微LED 20的顶部可能没有足够的面积用于引线接合(这通常需要50 μm -75 μm 宽的金属接合焊盘)。相比之下,如本文所述那样提供在公共非原生支撑衬底300b、500上的微LED可以通过非原生衬底300b、500的表面中和/或表面上的通孔611和/或其他导电互连612(包括薄膜互连)连接。在一些实施例中,非原生衬底300b、500可以对远UVC光是光学透明的。

[0075] 根据本公开的一些实施例,具有小于约100微米的一个或多个横向尺寸x、y的微LED(也称为 μLED)可以在低(例如,远UVC)波长下提供更高的光学效率,这可以基于或包括(但不限于)以下一项或多项而产生更高的功率输出:光提取效率更高;到半导体材料的边缘或相对边缘之间的更短距离(即,更高的周长与面积比率),为其厚度t的数量级;通过LED的横向表面115(侧壁或边缘)而不是通过顶表面或底表面的大量或大部分光提取,这可以允许对顶表面/底表面上的电接触110、120的透明性要求降低(或没有);以及电接触110、120的减少电阻,这是由于在其上提供电接触110、120的半导体结构100的(一个或多个)外延层的表面101、102的更短横向尺寸x、y。

[0076] 在一些实施例中,微LED可以具有小到1 μm 大到20 μm 的横向尺寸(例如,1 $\mu\text{m} \times 1\mu\text{m}$ 、2 $\mu\text{m} \times 2\mu\text{m}$ 、3 $\mu\text{m} \times 3\mu\text{m}$ 、10 $\mu\text{m} \times 10\mu\text{m}$ 或20 $\mu\text{m} \times 20\mu\text{m}$),使得周长与面积比率高达约4,或低至约0.2。

[0077] 在一些实施例中,可以移除衬底(例如,原生衬底)以通过半导体结构100的底表面或顶表面进行光提取(例如,经由倒装芯片技术)。在一些实施例中,半导体结构100的顶表面和/或底表面可以基本上没有光提取特征。

[0078] 在一些实施例中,如本文所述的多个微LED可以以阵列配置布置并电连接在非原生衬底的表面上。该阵列可以包括多个光学重定向结构,所述多个光学重定向结构位于微LED中的相应微LED之间的非原生衬底的表面上或者以其他方式从该表面突出。

[0079] 因此,本公开的实施例可以通过认识到更短波长的光子可能主要以横向角度(例

如,如图中所示的横向方向)传播,并配置LED的光发射或光提取表面115以缩短光子的输出的光路长度来增加或最大化输出效率,从而解决关于由LED生成的远UVC光105的光提取效率的问题(例如,由于p接触和/或半导体结构100本身的吸收)。

[0080] 本公开的实施例的一些益处可以包括但不限于,以远UVC波长范围(约200-240nm)中的波长下的光发射进行操作的LED的性能的改善。特别地,使用氮化铝镓(AlGaIn)材料系统制造的LED可以受益,但是如本文所描述的益处也可以应用于其他材料系统,并且不限于基于GaIn或基于III族氮化物的材料。

[0081] 通过改善LED在远UVC波长范围内的性能(即,每单位电输入的光输出),本公开的实施例可以提供供杀菌UV应用中使用的新的固态源,其中目前AlGaIn LED的技术可能受到根本性的挑战。根据本公开的实施例的远UVC照明的商业应用可以包括从其中人类聚集的任何室内空间(例如,机场、学校、医院、住院护理中心、工作场所等)以及运输交通工具(例如地铁、火车、出租车、飞机)和农业设施(例如动物生产设施、肉类加工设施、室内温室等)中的空气和/或表面消除病原体。

[0082] 本文已经参考其中示出示例实施例的附图描述了各种实施例。然而,这些实施例可以以不同的形式体现,并且不应该被解释为限于本文阐述的实施例。相反,提供这些实施例,使得本公开彻底且完整,并向本领域技术人员充分传达本发明概念。对示例实施例的各种修改以及本文描述的一般原理和特征将是容易明白的。在附图中,层和区域的大小和相对大小没有按比例示出,并且在一些实例中为了清楚起见可能被放大。

[0083] 主要根据在特定实现中提供的特定方法和装置来描述示例实施例。然而,方法和装置可以在其他实现中有效地操作。例如“示例实施例”、“一个实施例”和“另一个实施例”之类的短语可以指相同或不同的实施例以及多个实施例。将针对具有某些组件的系统 and/或装置来描述实施例。然而,系统和/或装置可以包括比所示出的组件更少或附加的组件,并且在不脱离本发明概念的范围的情况下,可以进行对组件的布置和类型的改变。

[0084] 还将在具有特定步骤或操作的特定方法的上下文中描述示例实施例。然而,对于具有不同和/或附加步骤/操作以及以与示例实施例不一致的不同顺序的步骤/操作的其他方法,所述方法和装置可以有效地操作。因此,本发明概念不旨在限于所示的实施例,而是符合与本文描述的的原理和特征一致的最宽范围。

[0085] 将理解,当元件被称为或被示为“在另一个元件上”、“连接”或“耦合”到另一个元件时,它可以直接在另一个元件上、连接或耦合到另一个元件,或者可以存在中间元件。相反,当元件被称为“直接在另一个元件上”、“直接连接”或“直接耦合”到另一个元件时,不存在中间元件。

[0086] 还将理解,尽管术语第一、第二等可以在本文用来描述各种元件,但是这些元件不应该被这些术语所限制。这些术语仅用于区分一个元素和另一个元素。例如,在不脱离本公开的范围的情况下,第一元件可以被称为第二元件,并且类似地,第二元件可以被称为第一元件。

[0087] 此外,相对术语(例如“下”或“底部”和“上”或“顶部”)在本文可用于描述一个元件与另一个元件的关系,如图所示。将理解,相对术语旨在包括除了图中所描绘的取向之外的装置的不同取向。例如,如果图之一中的装置被翻转,那么被描述为在其他元件的“下”侧的元件将被定向在其他元件的“上”侧。因此,示例性术语“下”可以包括“下”和“上”两种取向,

这取决于图的特定取向。类似地,如果图之一中的装置被翻转,那么被描述为其他元件“下方”或“之下”的元件将被定向在其他元件的“上方”。因此,示例性术语“下方”或“之下”可以包括上方和下方两种取向。

[0088] 本文说明书中使用的术语仅用于描述特定实施例的目的,并不旨在限制本发明。如在说明书和所附权利要求中所使用的,单数形式“一”、“一个”和“该”也旨在包括复数形式,除非上下文清楚地另外指示。

[0089] 还将理解,如本文所使用的术语“和/或”指的是并包括相关联列出项目中的一个或多个的任何和所有可能的组合。还将理解,术语“包括(include、including)”和/或“包含(comprise、comprising)”在本说明书中使用指定所陈述的特征、整数、步骤、操作、元件和/或组件的存在,但是不排除一个或多个其他特征、整数、步骤、操作、元件、组件和/或其组合的存在或添加。

[0090] 本公开的实施例在本文中参考图示进行描述,所述图示是本发明的理想化实施例(和中间结构)的示意图示。因此,由于例如制造技术和/或公差,与图示形状的变化将是预期的。因此,图中示出的区域本质上是示意性的,并且它们的形状不旨在示出装置区域的实际形状,并且不旨在限制本发明的范围。

[0091] 除非另有定义,否则在公开实施例中使用的术语(包括技术和科学术语)具有与本发明所属领域的普通技术人员通常理解的相同的含义,并且不一定限于在描述本发明时已知的特定定义。因此,这些术语可以包括在这样的时间之后创建的等效术语。还将理解,术语(例如在常用词典中定义的那些术语)应当被解释为具有与它们在本说明书和相关领域的上下文中的含义一致的含义,并且除非在本文中明确定义如此,否则不应当以期望化或过于正式的意义来解释。本文提及的所有出版物、专利申请、专利和其他参考文献通过引用以其整体而被结合。

[0092] 结合以上描述和附图,本文已经公开了许多不同的实施例。将理解,从字面上描述和说明这些实施例的每个组合和子组合将是过度重复和混淆的。因此,包括附图在内的本说明书应当被解释为构成对本文所述的本发明实施例的所有组合和子组合以及制造和使用它们的方式和过程的完整书面描述,并且应当支持针对任何这样的组合或子组合的权利要求。

[0093] 尽管在本文中已经参照各种实施例描述了本发明,但是将领会,在本发明原理的范围和精神内可以进行进一步的变化和修改。尽管使用了特定的术语,但是它们仅用于一般性的和描述性的意义,而不是为了限制性的目的,本发明的范围在下面的权利要求中阐述。

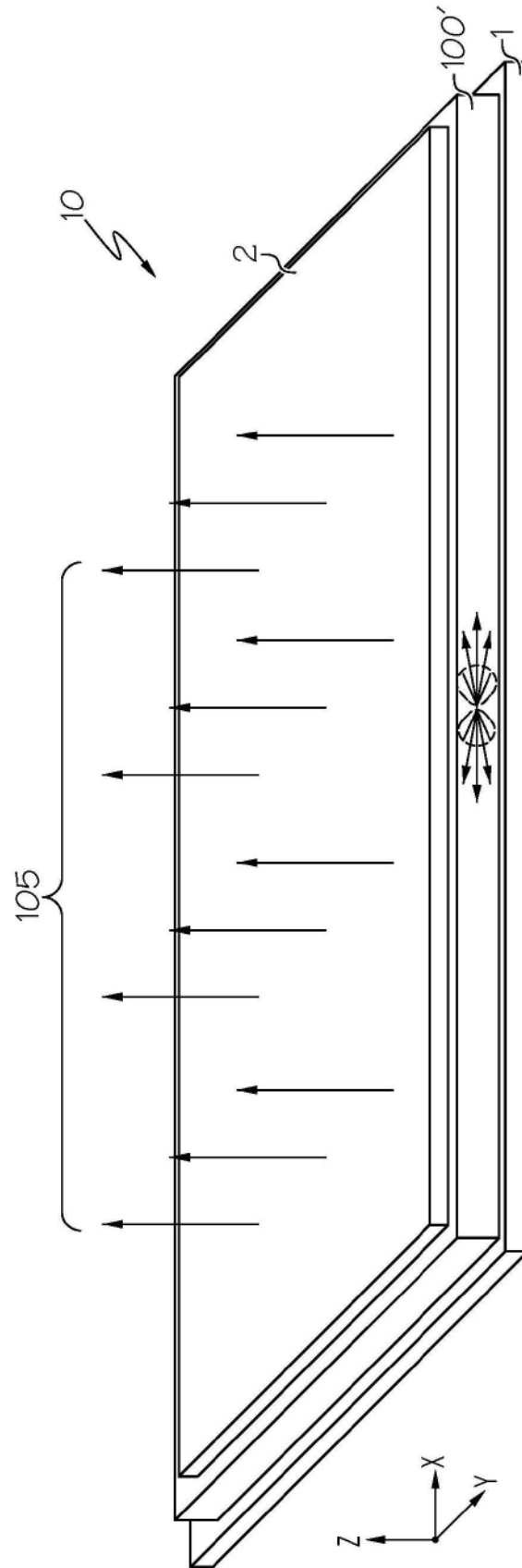


图1A

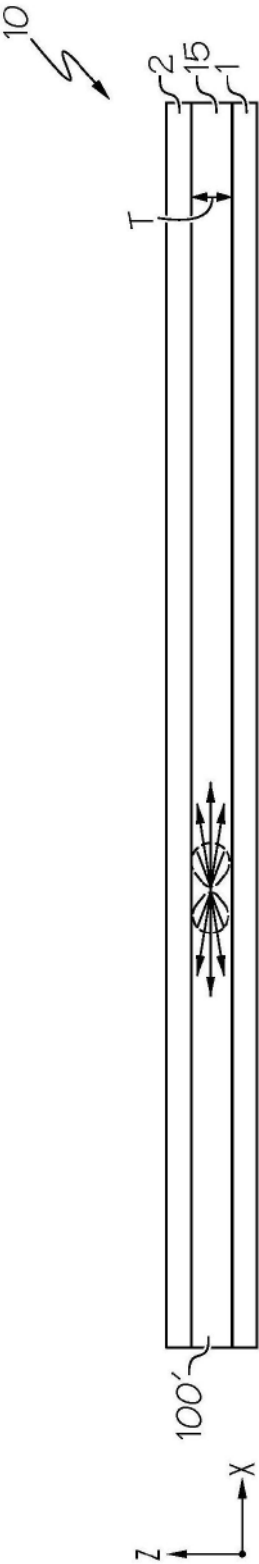


图1B

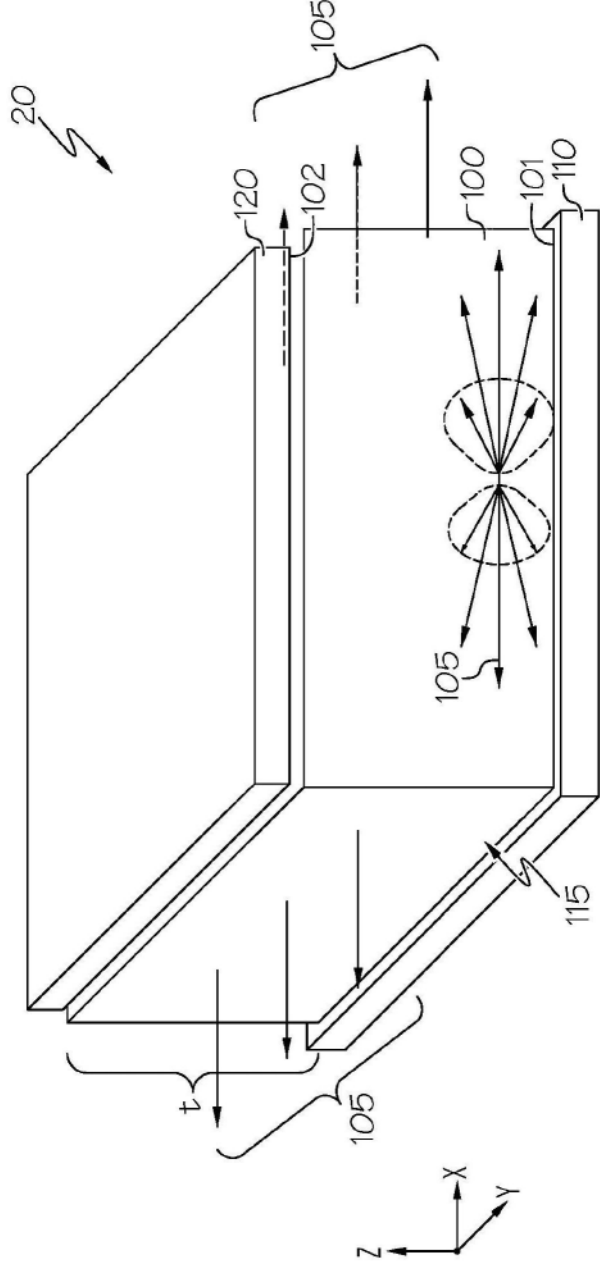


图2A

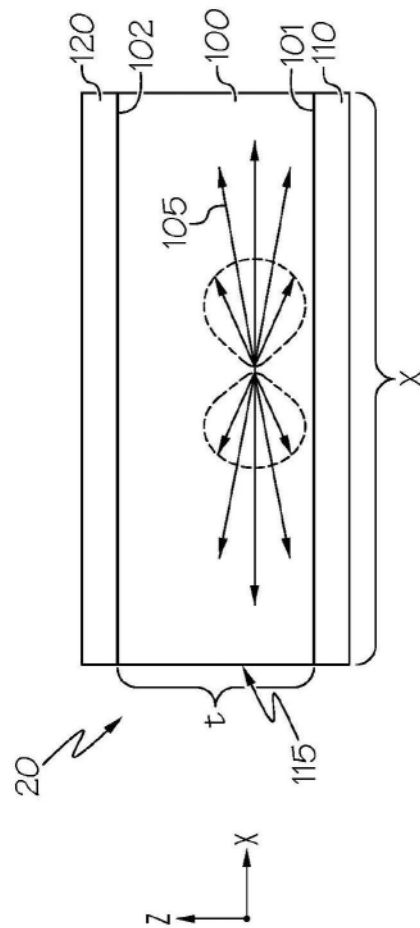


图2B

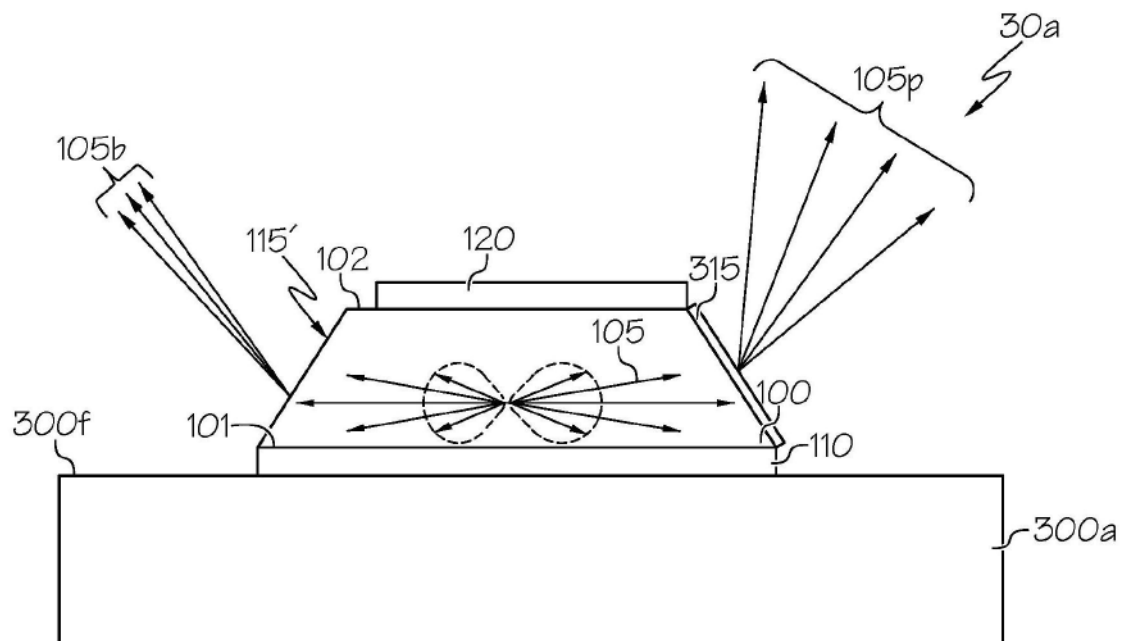


图3A

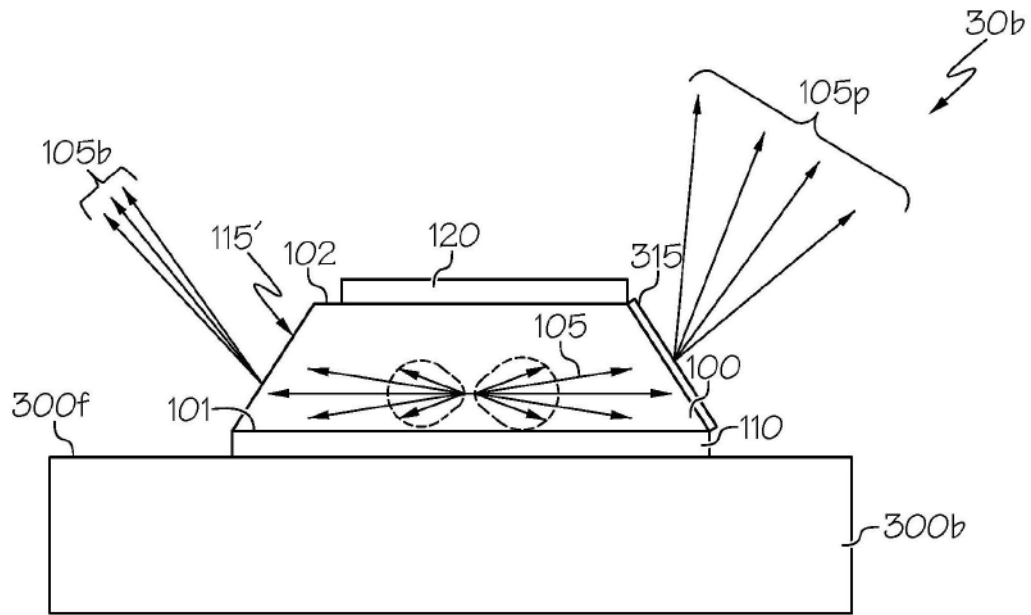


图3B

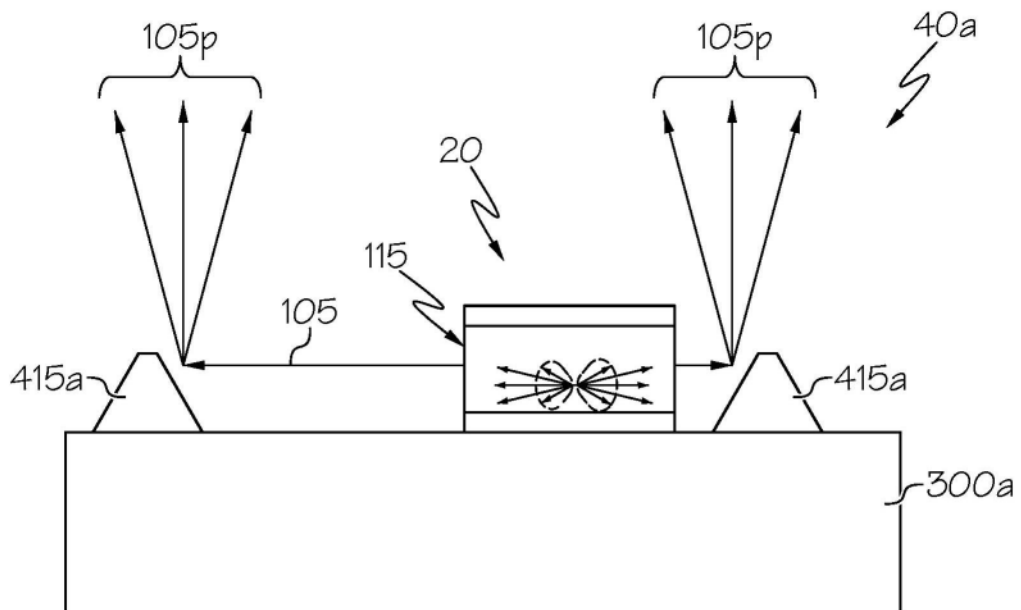


图4A

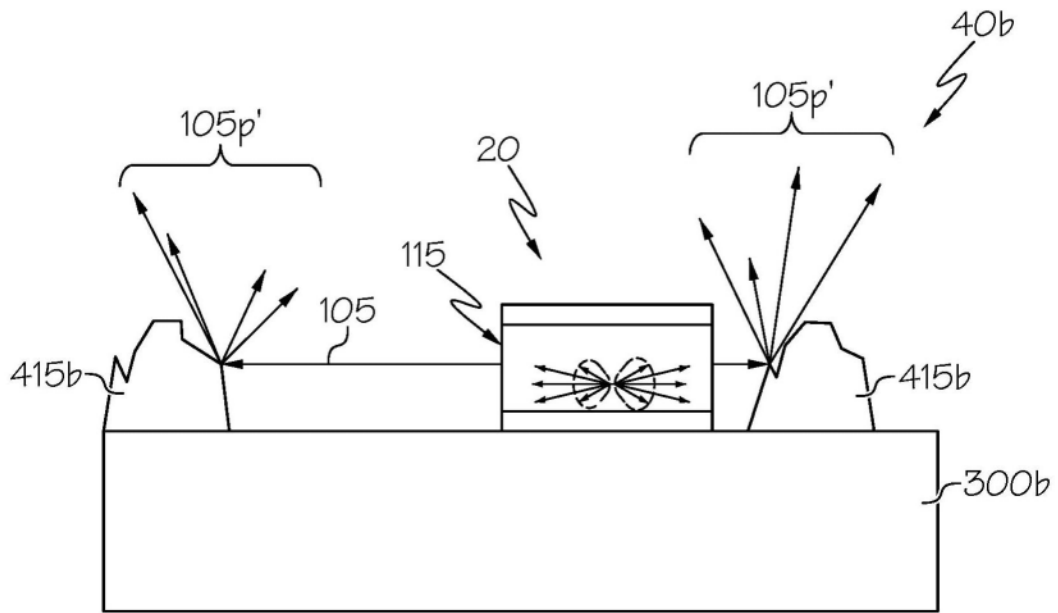


图4B

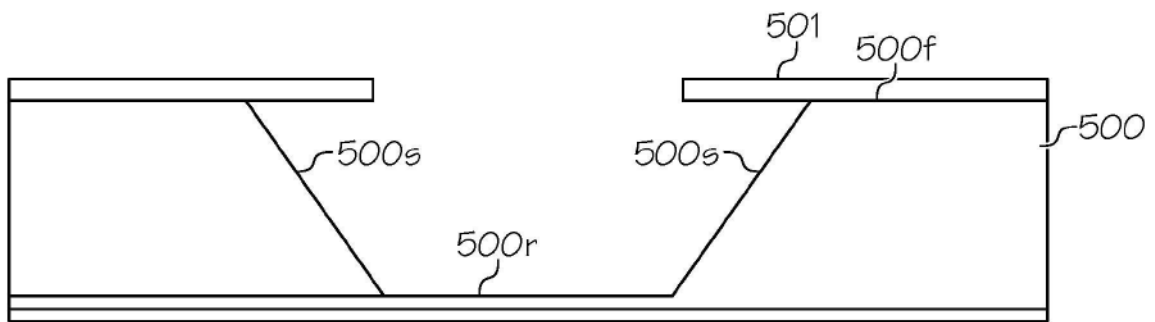


图5A

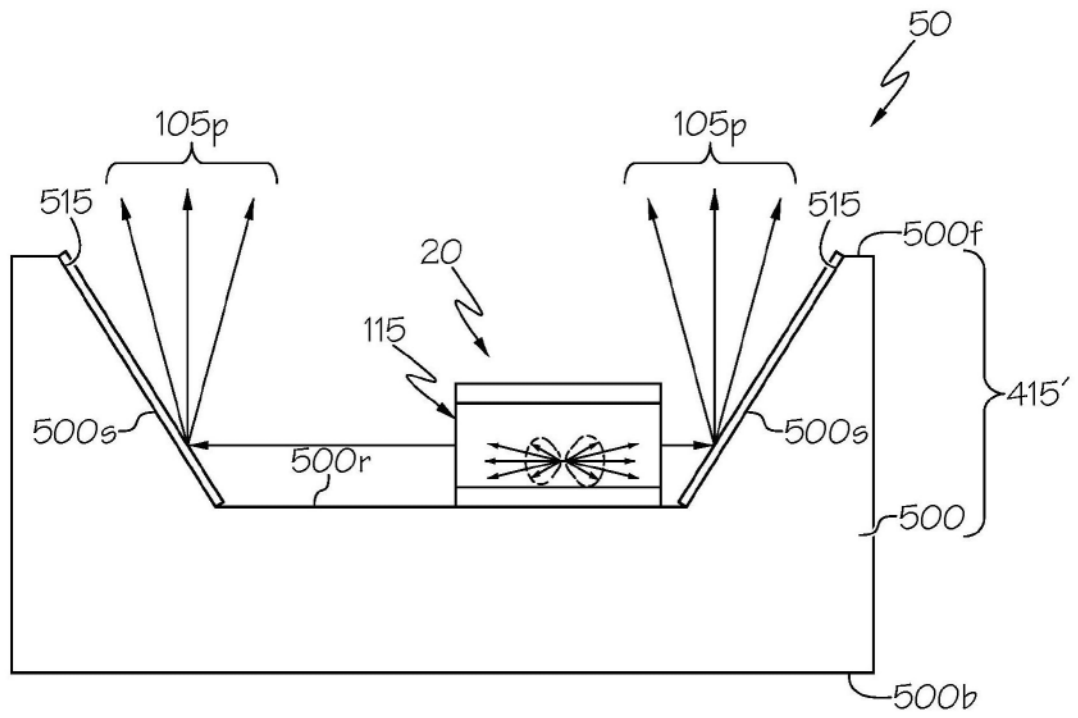


图5B

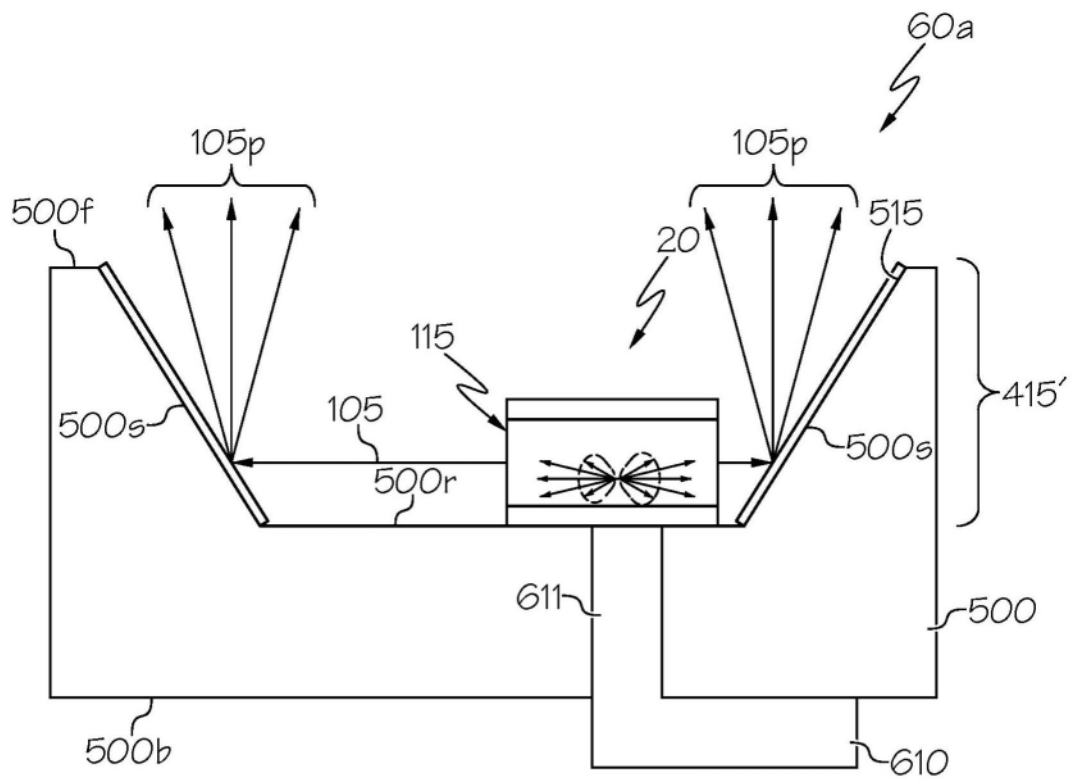


图6A

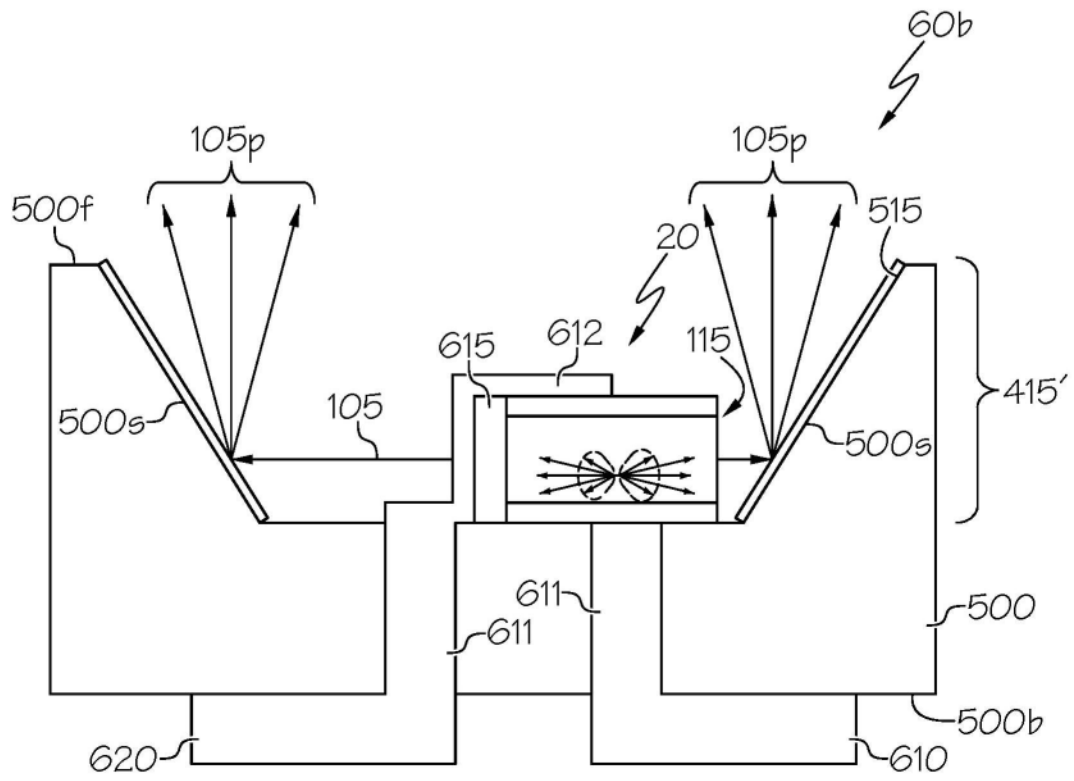


图6B

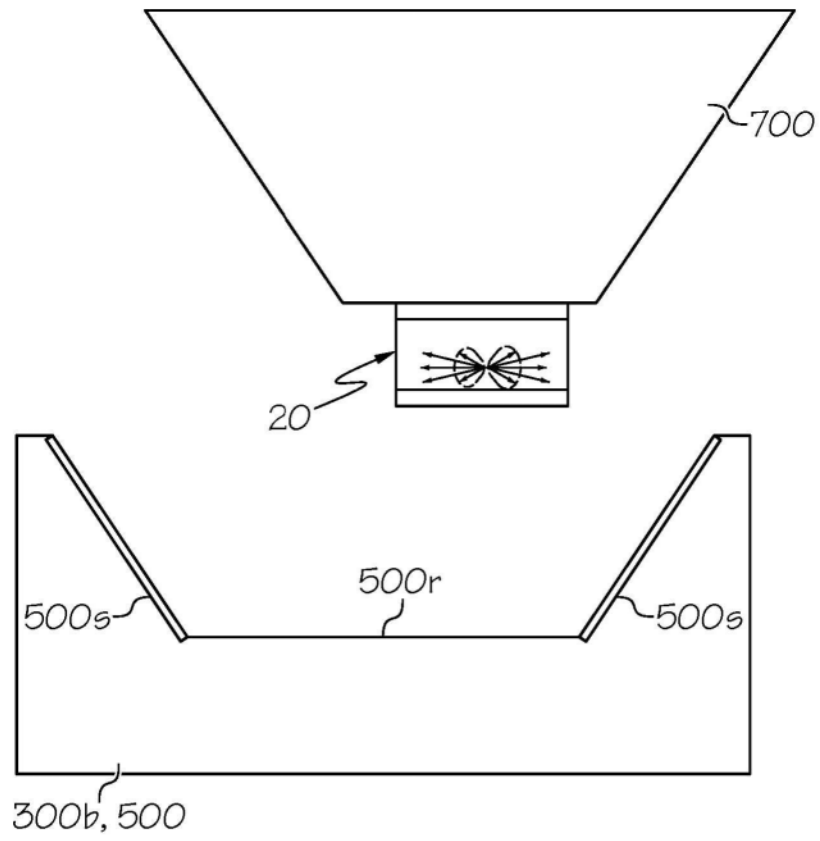


图7A

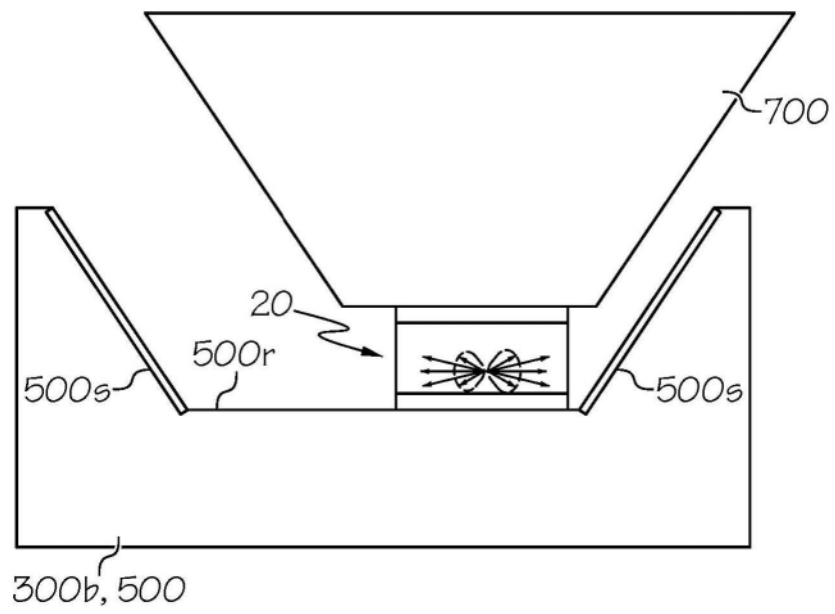


图7B