(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 105189698 A
(43)申请公布日 2015.12.23

(21)申请号 201480023021.3
(22)申请日 2014.04.22
(30)优先权数据
PV2013-301 2013.04.22 CZ
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2015.10.22
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/CZ2014/000039 2014.04.22
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2014/173376 EN 2014.10.30
(71)申请人 克莱托斯波尔公司
地址 捷克图尔诺夫
(72)发明人 扬·库柏特 金得里希·胡兹维卡
扬·波莱克
(74)专利代理机构 北京市立方律师事务所 11330
代理人 刘莉婕 缑正
(51)Int.Cl.
C09K 11/77(2006.01)

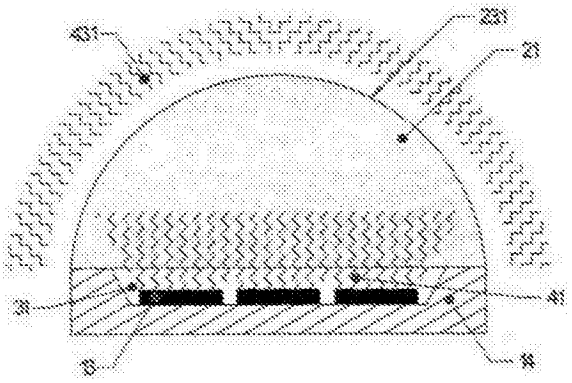
权利要求书2页 说明书12页 附图8页
按照条约第19条修改的权利要求书2页

(54)发明名称

具有单晶磷光体的白光发光二极管和生产的方法

(57)摘要

根据本发明，具有被放置在选自InGaN、GaN或AlGaN组的芯片上的单晶磷光体的二极管包括以下事实，即单晶磷光体(21)从被被选自Ce^{3+}、Ti^{3+}、Cr^{3+}、Eu^{2+}、Sm^{2+}、B^{3+}、C、Gd_3^+或Ga^{3+}组的原子掺杂的LuYAG和/或YAP和/或GGAG主体创造的单晶铸锭(51)创造，单晶铸锭(51)从熔融物使用选自Czochralski、HEM、Badgasarov、Kyropoulos或EFG组的方法被生长，当Lu^{3+}、Y^{3+}和AL^{3+}原子可以在主体中被B^{3+}、Gd_3^+或Ga^{3+}原子代替高至99.9%的量时。磷光体(21)的组成和生产的方法、其的表面的处理和形状以及整个的二极管的构建确保在从二极管的InGaN芯片(13)自身朝向正在被照亮的物体的方向的已转换的光的抽取并且限制在单晶磷光体(21)和包胶剂(31)或单晶磷光体(21)和周围环境(44)的界面上的全反射效应。



CN 105189698 A

1.一种白光发光二极管，具有置于选自InGaN、GaN或AlGaN组的芯片上的单晶磷光体，其中所述单晶磷光体(21)产生自基于掺杂有选自Ce^{3+}、Ti^{3+}、Cr^{3+}、Eu^{2+}、Sm^{2+}、B^{3+}、C、Gd_3^+或Ga^{3+}组的原子的LuYAG和/或YAP和/或GGAG的主体的单晶铸锭(51)，所述单晶铸锭(51)用选自Czochralski、HEM、Badgasarov、Kyropoulos或EFG组的方法自熔融物生长。

2.根据权利要求1所述的二极管，其中所述单晶磷光体(21)基于相应于化学式$(Lu_x,Y_{1-x})_3Al_5O_{12}$的主体，其中X是0.01高至0.99，或掺杂有$Ce^{3+}$、$Ti^{3+}$、$Cr^{3+}$、$Eu^{2+}$、$Sm^{2+}$、$B^{3+}$的$YAlO_3$，此时$Lu^{3+}$、$Y^{3+}$和$Al^{3+}$原子在所述主体中被$B^{3+}$、$Gd_3^+$或$Ga^{3+}$原子以0.1至99.9wt%的量代替。

3.根据权利要求1和2所述的二极管，其中所述单晶磷光体(21)中的Ce^{3+}浓度范围从0.02高至0.5wt%和/或Sm^{2+}浓度范围从0.01高至0.3wt%和/或Eu^{2+}浓度范围从0.001高至1wt%和/或Ti^{3+}浓度范围从0.05高至5wt%和/或Cr^{3+}浓度范围从0.01高至2wt%。

4.根据权利要求1至3所述的二极管，其中所述单晶磷光体(21)含有在氧空位上的具有在410nm和615nm处发射峰的诱导色中心。

5.根据权利要求1至3所述的二极管，其中所述单晶磷光体(21)设置有来自$(Lu,Y)_3Al_5O_{12}$、$Y_3Al_5O_{12}$、$YAlO_3$或Al_2O_3组的铝酸盐基上的掺杂有稀土的最少一个更多层的互补磷光体(24)。

6.根据权利要求1至3所述的二极管，其中所述单晶磷光体(21)用主要由$(Lu,Y)_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}$组成的具有0.01至0.5wt% Ce^{3+}浓度的最少一个层和主要由$YAlO_3:Ti^{3+}$组成的具有0.1至5wt% Ti^{3+}浓度的最少一个更多层来产生。

7.一种生产根据权利要求1至6所述的单晶二极管磷光体的方法，其中将所述单晶铸锭(51)用装有金刚石的锯切割为具有0.2至2mm厚度的单晶板坯(52)，所述单晶板坯(52)随后用金刚石圆盘锯或脉冲激光器、具有磨蚀剂的水射流或它们的组合切割为具有1至5mm外部边长的所述单晶磷光体(21)的单个板(21.1)并且在所述芯片与金或银丝(18)电接触的位点设置有沟槽或切口。

8.一种生产根据权利要求1至6所述的单晶二极管磷光体的方法，其中所述单晶铸锭(51)被切割为具有1.5至10mm的边长的单晶立方体(53)，所述单晶立方体(53)随后加工为具有0.5至5mm的半径的球形盖子(21.2)的形状并且至少部分定位在所述半导体芯片(13)上。

9.一种生产根据权利要求7和8所述的单晶磷光体的方法，其中将所述单晶磷光体(21)的板坯(52)或球形盖子(21.2)的远离所述芯片(13)的表面用采用具有0.1至5微米晶粒度的Al_2O_3、SiC、金刚石的定向喷砂划道来粗糙化或在R_a＝0.8至5μm的范围内切割或用HF、H_3PO_4、H_3PO_4+H_2SO_4或HNO_3+HCl酸化学和机械处理或在NaOH、KOH、$KHSO_4$或硼砂熔融物中蚀刻或用氟化物或溴化物等离子体蚀刻。

10.一种生产根据权利要求1至6所述的单晶二极管磷光体的方法，其中所述单晶铸锭(51)用装有金刚石的锯切割为具有0.2至2mm的厚度的单晶板坯(52)，激光、具有磨蚀剂的水射流或机械微型钻孔向所述单晶板坯(52)中集成具有20至40μm直径的孔形状的散射中心(22)，所述散射中心(22)的平均间距为最小40μm。

11.一种生产根据权利要求7和8所述的单晶磷光体的方法，其中板(21.1)或球形盖子(21.2)形状的所述单晶磷光体(21)的远离所述芯片(13)的表面(23)被抛光并且然后

在抽取光的方向的侧面上设置有抗反射层 (32)。

12. 一种生产根据权利要求 7 和 8 所述的单晶磷光体的方法，其中压碎的单晶铸锭的层在硅氧烷包胶剂中或用等离子体沉积应用于板 (21.1) 或球形盖子 (21.2) 形状的所述单晶磷光体 (21) 的远离所述芯片 (13) 的所述表面 (23) 上。

13. 一种生产根据权利要求 7 所述的单晶磷光体的方法，其中所述单晶磷光体 (21) 的所述板 (21.1) 的横向边缘在 45° 角度以下去角并且作为对于被自发地发射入所述侧面中的光的反射表面起作用。

14. 一种生产根据权利要求 7 和 8 所述的单晶磷光体的方法，其中板 (21.1) 或球形盖子 (21.2) 形状的所述单晶磷光体 (21) 的更邻近所述芯片 (13) 的内部表面 (23.1) 通过用 Al_2O_3 或金刚石加工来抛光并且设置有用于超过 500nm 波长的反射层 (33) 并且在所述单晶磷光体 (21) 的远离所述芯片 (13) 的所述表面 (23) 是板 (21.2) 形状的情况下，其被粗糙化和 / 或设置有散射中心 (22)。

15. 根据权利要求 1 和 6 所述的白光发光二极管，其中板 (21.2) 或球形盖子 (21.2) 形状的所述单晶磷光体 (21) 用透明硅氧烷 (31) 固定于所述芯片 (13)。

16. 根据权利要求 1 和 6 所述的白光发光二极管，其中所述单晶磷光体 (21) 与所述芯片 (13) 物理分隔并且在所述芯片 (13) 和所述单晶磷光体 (21) 之间有具有最小 1.5 折射率的光传导硅氧烷层 (31) 并且所述单晶磷光体 (21) 物理连接于冷却器 (14)。

17. 根据权利要求 1 至 6 所述的白光发光二极管，其中其包括最少一个芯片 (13) 和最少一个单晶磷光体 (21) 并且所述芯片 (13) 和所述单晶磷光体 (21) 是相同的或不同的。

18. 根据权利要求 1 至 6 所述的白光发光二极管，其中其包括最少 2 个芯片 (13) 和一个单晶磷光体 (21)。

19. 根据权利要求 1 至 6 所述的白光发光二极管，其中其包括 2 个芯片 (13)，此时最少一个芯片装配有所述单晶磷光体 (21) 并且最少一个芯片发射具有 600 至 700nm 之间的最大值的光。

具有单晶磷光体的白光发光二极管和生产的方法

[0001] 发明背景

[0002] 本发明涉及当利用磷光体技术转换光时具有高于 0.5W 的功率和高于 40Im 的光通量的高效率的白光发光二极管。此外，本发明涉及单晶磷光体、其的组成和形状、其的生产技术和二极管构造排列的优化。

[0003] 现有技术的描述

[0004] 标准白光发光二极管（也仅称为“W-LED”）的结构不允许直接发射白光，而是基于混合色谱的蓝光分量（最大地 450 至 470nm）和黄光分量（最大地 550nm）或，可能地，红光分量 (EP0936682 和 US6600175 专利）。在最常见的排列中，其是具有具有量子空穴的 InGaN 芯片的结构，发射具有在 455 至 470nm 之间的发射峰的蓝光，此时芯片的量子效率朝向更长的波长减少并且随着芯片中的 InN 的增加的部分减少。黄光分量由在称为“磷光体”的荧光材料的辅助下芯片发射的蓝光的部分向下转换而获得。考虑到其突出的性质，在大多数的应用中被用作磷光体的是 $(Y_{1-a}Gd_a)_3(Al_{1-b}Ga_b)_5O_{12}:Ce^{3+}$，其中 $0<a<1$，$0<b<1$，掺杂有铈或可能地镓或钆的钇 - 铝石榴石（此外仅称为 YAG:Ce）。在该材料中吸收的蓝光光子以高至 100％效率转换，归因于向具有较低的能量和在 55nm 处发射峰的光子的斯托克斯位移 (EP0936682 专利）。已转换的蓝光光子的量与材料中的 Ce^{3+} 原子浓度成正比例。

[0005] 所有的这些磷光体以具有几百纳米高至几十微米的晶粒度的粉末或多晶陶瓷的层的形式应用在二极管上 (US/8133461，WO/2008/051486A1)。磷光体可以置于在 InGaN 芯片正上方的薄层中或可以被分散在芯片上的环氧物或硅氧烷光学部件中。极度重要的是磷光体的均匀的分布，取决于来自芯片的蓝光的光角度，以保持所得到的光的颜色均匀性。

[0006] 当沉积转换光的磷光体时，是重要的是保持磷光体的均匀的分布，使得光的色温应当不取决于光的角度。然而，在所有的所声明的情况下，普遍地使用的粉末磷光体受制于很多缺点，例如反向散射、温度消光和热降解。

[0007] 具有超过 500nm 的大小的磷光体晶粒上光的反向散射的现象导致在期望的方向的光强度的显著的减少。具有比光波长小的大小的磷光体晶粒上光的瑞利散射导致光子的在各种方向的偏转以及在朝向芯片的非期望的方向的返回。如果这些散射中心的数量是大的，那么被反向散射的光的强度不是可忽略的并且可以是总强度的百分之几十。后续地，反向散射的光被吸收在二极管的单个部分中并且促进其的进一步暖化。这种现象可以通过将晶粒大小减少至低于光波长的大小来减少，这使它们是对于单个光子不可见的并且光可以更容易地穿透经过它们。然而，粉末大小的减少导致磷光体的转换效率下降，归因于缺陷对单个晶粒的表面的增加的影响。

[0008] 标准二极管的一个显著的问题是在操作的过程中的芯片和磷光体的暖化。热由 InGaN 芯片自身产生，其效率为约 30％，并且热也在斯托克斯位移期间在光朝向更长波长的转换期间在磷光体中产生。磷光体可以被局部地暴露于高至 200℃的温度，这导致磷光体的发光效率（被吸收的蓝光光子和被发射的黄光光子的比率）的减少，这被称为磷光体的温度消光。这种消光以具有最小的尺寸的晶粒的磷光体显示出最多。晶粒的内部部分是单晶的，然而，在它们的表面上有大量的缺陷以及晶格结构的有关的表面位错，均来源于加工

并且来源于材料的天然的特性。这些缺陷作为无光发射复合中心起作用，这显著地减少磷光体的转换效率。磷光体消光伴随着 YAG 主体中的超过 0.5 原子% Ce^{3+}的浓度显示。Ce^{3+}的较大的浓度同时用于减少粉末磷光体的体积以及用于减少反向散射效应。

[0009] 同样地，增加的温度显著地增加二极管单个部分的热降解。硅氧烷聚合物，最普遍地使用的高效率 W-LED 的包胶剂和透镜材料，是相对地稳定的。尽管如此，但热学影响导致包胶剂材料分解以及在磷光体的微晶晶粒和包胶剂的边界上的光学上活性的缺陷的产生。这些缺陷促使总的辐射功率的减少和进一步的二极管暖化。

[0010] 解决与热产生相关的问题的一种方式称为“远程磷光体”(WO/2010/143086A1；EP2202444；WO/2012/092175A1；WO/2009/134433A3)，此时磷光体粉末的转换材料被分散至较大的表面上并且被定位在外部与 InGaN 芯片直接接触。例如，其以薄层沉积至位于芯片发射的蓝光束中或位于外部灯护套的内部壁上的光学上可穿透的板上，使得蓝光的至少某个部分朝向更长的波长转换。

[0011] 对粉末和多晶陶瓷材料的主要缺点的解决方案是使用透明的单晶磷光体。单晶层与多晶的磷光体相比也显著地减少光的散射并且消除非期望的反向散射的效应。CREE 公司的专利 (WO2009/126272) 描绘了 $Y_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}$、$Tb_{3-x}RE_xO_{12}:Ce^{3+}$或 $Sr_{2-x-y}Ba_xCa_ySiO_4:Eu$ 磷光体的单晶层的使用，其通过外延方法或通过从熔融物抽取旋转的晶体（直接在 InGaN 芯片上和在基板上，后续从所述基板转移至 InGaN 芯片上）的方法来制备。在 (WO2009/126272) 专利的情况下，单晶磷光体始终与芯片刚性连接，使得实现生成自芯片的光的更好的输出耦合，具有超过 2.4 的折射率。在以最小 1.7 的折射率直接向单晶磷光体中的光跃迁的情况下，可能的是比使用普遍地使用的具有在 1.4 至 1.6 之间的折射率的包胶剂获得更多的来自芯片的光。

[0012] 然而通过液相外延 (LPE) 方法制备的外延层的厚度被限于几十微米，并且为了获得足够的来自芯片的光吸收，层必须大比例掺杂 Ce^{3+}。由于铈原子大小，高的掺杂剂浓度导致增加的缺陷数量，这减少所得到的层的发光效率。该 (WO2009/126272) 专利还描述了以下可能性，即使用多种各种掺杂剂在 InGaN 芯片自身的一些区域中掺杂磷光体，使得所得到的白光二极管由于更宽的色谱发射实现更好的彩色再现。

[0013] 该专利 (WO 2009/126272) 具体描述具有 0.5 至 1mm 厚度并且具有 6mm 直径的圆形单晶板作为磷光体的使用。磷光体表面可以被切割、纹路化或平坦化。根据该专利 (WO 2009/126272)，为了实现在空间上更均匀的彩色再现，外来颗粒被加入磷光体自身中或加入至包封材料，作为散射中心起作用，然而，可使用的材料的类型未在任何单一的实施例中被具体描述。单晶磷光体始终至少部分地覆盖芯片并且部分光通过其转换。

[0014] 此外，该专利 (WO 2009/126272) 提到使用基于 $YAG:Ce^{3+}$的单晶作为用于基于 InGaN 的半导体结构的制备的自支持的基板，这可以导致在具有 2.5 的折射率的半导体芯片自身中的总内反射的减少，然而，这在实践中不是可行的，归因于两种材料不同的晶格常数。两种材料的晶格常数的差异，即对于单晶 YAG 来说12.01Å 和对于 GaN 来说5.185Å 对于 InN 来说高至5.69Å，将导致在 InGaN 芯片中的内部缺陷和错位的大量产生并且导致操作性质和稳定性的显著恶化。

[0015] 本专利尝试基于显示出比其粉末变体更好的性质的单晶磷光体解决光转换结构

的应用并且处理芯片与磷光体配合的排列。

[0016] 在所声明的专利 (US2008/0283864) 中，来自基于 $Y_3Al_5O_{12}$、$Ca_xSr_yMg_{1-x-y}AlSiN_3$、$Sr_{2-x}Ba_xSiO_4SiAlON$、$Y_2O_2S$ 或 La_2O_2S 的材料的单晶磷光体，通过 Czochralski 或 Bridgeman 方法产生自从熔融物，以具有平面表面的光转换结构的形式使用，其用硅氧烷粘合剂层固定至芯片上。根据本专利，具有 10nm 至 200μm 的厚度的单晶磷光体实现 0.1 高至 20％或 0.5 高至 20％的铕的范围内的铈掺杂。

[0017] 因此提出调整磷光体形状和大小，使得芯片可以在空间上与磷光体配合，磷光体表面可以被不同地纹路化、粗糙化或成型以减少总的反射现象。单晶磷光体可以也与一个更多的光学元件互补以便来自芯片的光更好的输出耦合。

[0018] 也根据本专利，已抛光的单晶磷光体可以被用作用于半导体芯片生产的基板。其还包括使用薄层制备的方法和反向程序在半导体芯片自身上制备单晶磷光体层，其中半导体芯片通过使用经典的方法在单晶磷光体的已抛光的层上生长来制备。然而，在两个所声明的情况二者中，问题在于不同的材料晶格常数值，在生长过程期间导致内部缺陷例如错位的产生。

[0019] 发明概述

[0020] 根据本发明，具有位于选自 InGaN、GaN 或 AlGaN 组的芯片上的单晶体的白光发光二极管包括以下事实：单晶磷光体产生自基于掺杂有选自 Ce^{3+}、Ti^{3+}、Cr^{3+}、Eu^{2+}、Sm^{2+}、B^{3+}、C、Gd_3^+或 Ga^{3+}组的原子的具有化学组成 LuYAG/$(Lu,Y)_3Al_5O_{12}$/ 或 YAP/$YAlO_3$/ 和 / 或 GGAG/$Gd_3(Al,Ga)_5O_{12}$的主体的单晶铸锭 (51)，使用选自 Czochralski、HEM、Badgasarov、Kyropoulos 或 EFG 组的方法生长自熔融物。

[0021] 单晶磷光体含有主体，主体基于 $(Lu_x,Y_{1-x})_3Al_5O_{12}$，其中 X 是 0.01 至 0.99，或基于掺杂有 Ce^{3+}、Ti^{3+}、Cr^{3+}、Eu^{2+}、Sm^{2+}、B^{3+}的 $YAlO_3$，其中 Lu^{3+}、Y^{3+}和 Al^{3+}原子在主体中被 B^{3+}、Gd_3^+或 Ga^{3+}原子以 0.01 至 99.9wt％的量代替。

[0022] 单晶磷光体中的 Ce^{3+}的浓度范围在 0.02 至 0.5wt％之间和 / 或 Sm^{2+}的浓度范围在 0.01 至 3wt％之间和 / 或 Eu^{2+}的浓度范围在 0.001 至 1wt％之间和 / 或 Ti^{3+}的浓度范围在 0.05 至 5wt％之间和 / 或 Cr^{3+}的浓度范围在 0.01 至 2wt％之间。

[0023] 单晶磷光体优选地含有氧空位上的具有在 410nm 和 615nm 处的发射峰的诱导色中心。

[0024] 单晶磷光体优选地设置有基于来自 $(Lu,Y)_3Al_5O_{12}$、$Y_3Al_5O_{12}$、$YAlO_3$或 Al_2O_3组的铝酸盐的掺杂有稀土的最少一个更多层的互补磷光体。

[0025] 单晶磷光体优选地使用由具有 0.01 高至 0.5wt％的 Ce^{3+}浓度的 $(Lu,Y)_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}$组成的最小一个层和主要由具有 0.1 高至 5wt％的 Ti^{3+}浓度的 $YAlO_3:Ti^{3+}$组成的最小一个更多层来产生。

[0026] 远离芯片的磷光体表面确保抽取从二极管 InGaN 芯片自身朝向正在被照亮的物体的方向的已转换的光，并且因此尝试限制在单晶磷光体和包胶剂或单晶磷光体和外部环境之间的界面上的全反射效应。以下的磷光体处理的方式和最终的白光发光二极管结构有助于于所述限制。

[0027] 根据本发明的生产单晶二极管磷光体的方法还由以下组成：单晶铸锭由带有金刚石的锯切割为具有 0.2 至 2mm 的宽度的单晶板坯并且随后板坯由金刚石圆盘锯或使用脉冲

激光器、具有磨蚀剂的水射流或它们的组合切割为具有 1 至 5mm 的外部边长的单个单晶磷光体板并且在与金或银丝接触的电芯片位点中设置有沟槽或切口。

[0028] 单晶铸锭也可以被切割为具有 1.5 至 10mm 的边长的单晶立方体。单晶立方体后续被加工以获得具有 0.5 高至 5mm 的半径的球形盖子的形状，球形盖子然后被定位为至少部分地在半导体芯片上。

[0029] 单晶磷光体的板坯或球形的盖子远离芯片的表面用采用具有 0.1 至 5 微米的晶粒度的 Al_2O_3、SiC、金刚石的定向喷砂划道来粗糙化或在 R_a = 0.8 至 5μm 的范围内切割或用 HF、H_3PO_4、H_3PO_4+H_2SO_4或 HNO_3+HCl 酸化学和机械处理或在 NaOH、KOH、$KHSO_4$或硼砂熔融物中蚀刻或用氟化物或溴化物等离子体蚀刻。

[0030] 激光、具有磨蚀剂的水射流或机械微型钻孔在单晶板坯中产生具有 20 至 40μm 的直径的孔的形状的散射中心，散射中心的平均距离在 50 至 300μm 之间并且散射中心作为已转换的光的散射中心起作用。

[0031] 远离芯片的板或球形盖子形状的单晶磷光体表面被抛光并且然后在抽取光的方向的侧面上设置有抗反射层。

[0032] 在板或球形盖子形状的单晶磷光体的远离芯片的表面上，压碎的单晶铸锭的层优选地应用于硅氧烷包胶剂中或与等离子体沉积一起应用。

[0033] 横向单晶磷光体板边缘优选地在 45° 角度以下去角并且作为对于被自发地发射入侧面中的光的反射表面起作用。

[0034] 板或球形盖子形状的单晶磷光体的更邻近芯片的内部表面优选地通过用 Al_2O_3或金刚石加工来抛光并且使用用于超过 500nm 的波长的反射层来处理，而在其是板形状的情况下，远离单晶磷光体芯片的表面被粗糙化和 / 或设置有散射中心。

[0035] 发光二极管，其中单晶磷光体具有上文提到的组成并且根据上文提到的程序生产和调整并且是板或球形盖子的形状，使用透明硅氧烷固定于芯片。

[0036] 单晶磷光体优选地被与芯片物理分隔并且在芯片和单晶磷光体之间有具有最小 1.5 的折射率的光传导硅层并且单晶磷光体与冷却器物理连接以优化已产生的热的远离磷光体自身的撤回。

[0037] 二极管优选地包括最少一个芯片和最少一个单晶磷光体并且芯片和单晶磷光体是相同的或不同的。

[0038] 二极管也可以包括最少 2 个芯片和一个单晶磷光体。

[0039] 二极管可以包括最少 2 个芯片，此时最少一个芯片装配有根据本发明的单晶磷光体并且最少一个芯片发射具有在 600 至 700nm 之间的峰的光。

[0040] 与吸收峰在 460nm 处的 YAG:Ce 材料相比，取决于 Y 和 Lu 原子比率，基于 $(Lu,Y)_3Al_5O_{12}$:Ce(LuYAG:Ce) 的单晶磷光体具有迁移高至 445nm 的主要的吸收峰，并且更适合于在该区域中发射光的 InGaN 芯片，见图 A-1。其也使得能够改变磷光体的 535 至 555nm 区域中的发射最大值，取决于 Lu 和 Y 原子比率，使得 CRI 值被最大化。这么做时，磷光体的转换效率完全不改变。

[0041] 与现有专利中授予专利的 YAG:Ce 材料相比，发射绿光的基于 LuYAG:Ce 的磷光体的使用导致对整个可见光谱的更好的覆盖，并且当与用于红光的另一个磷光体或与高于 600 的区域中的另一个红光源组合时，其导致超过 95 的彩色再现指数值。该材料还显示出

高的热发光稳定性和抵抗高至 700K 温度的温度消光的抵抗性。

[0042] 基于 $Gd_3(Al,Ga)_5O_{12}$:Ce(GGAG:Ce) 的单晶磷光体具有迁移高至约 440nm 区域的主要的吸收最大值，归功于此其可以与相应的具有低于 450nm 的发射峰的 InGaN 芯片组合，YAG:Ce 材料不具有对于其来说足够的吸收。这样的 InGaN 芯片同样比发射至 460nm 的芯片在更宽范围的传递通过流动中更稳定并且显示出更高的量子效率。基于 $Gd_3(Al,Ga)_5O_{12}$:Ce 的单晶磷光体发射的光谱是与基于 YAG:Ce 的磷光体相同的。与红光互补磷光体或在红光区中发射光的二极管组合，获得具有比 90 更好的彩色再现指数 CRI 的光是可能的。当与 YAG 材料比较时，基于 GGAG 的单晶也具有是更容易加工的优点，因为 GGAG 硬度是以硬度的莫氏硬度计 7.5 而在单晶 YAG 的情况下其是 8.5。

[0043] 基于 $YAlO_3$(YAP) 主体的单晶磷光体能够获得完全地新的磷光体类型，其不能够以粉末形式高效率地生产，因为钙钛矿相是与石榴石相相比较不优选的并且以粉末形式制备纯的钙钛矿相实际上是不可能的。然而，当从熔融物制备该材料时，用于生长的条件可以以使得所得到的单晶主要由仅钙钛矿相组成的方式建立。基于 YAP 的磷光体提供与基于 YAG 的荧光材料可比较的效率，此时与 YAG 相比 YAP 的迁移晶格参数将大多数的掺杂剂的吸收和发射迁移甚至几百 nm，例如与具有 555nm 峰的 YAG:Ce 相比，YAP:Ce 发射具有 370nm 峰的光。YAP:Ti 材料在具有邻近 580nm 的发射峰和 410 至 500nm 区域中的吸收的橙色光谱区中发射光。

[0044] 与单晶磷光体粉末形式相比磷光体体积和表面之间的明显更小的比率也有助于磷光体和包胶剂界面明显更高的抵抗性。

[0045] 根据本发明的单晶磷光体生产的方式增加正在被从磷光体抽取的光的总的抽取强度，其通过限制对单晶磷光体和硅聚合物 / 环氧物光学部件或内部环境的界面的全反射影响来实现。

[0046] 限制全反射影响并且增加期望方向的抽取强度可以以多种方式实现。选项中的一个是以使得其含有最小相应于抽取光波长的大小的表面不均匀性的方式处理远离芯片的单晶磷光体表面。比黄光波长明显更小的大小的缺陷由于光波特性的影响保持对于这种光是几乎不可见的，仅发生瑞利散射。

[0047] 另一个选项是以不存在已定义的单晶材料的形式在材料中诱导散射中心，随机地改变穿透射束的方向，这显著地减少单晶磷光体内侧的全反射的量。散射中心 (22) 可以在材料内侧使用气泡或其他已定义的材料结构产生，在使用例如 EFG 方法的单晶生长阶段期间或在单晶加工期间制备。单晶磷光体可以还作为在一个或多个半导体芯片上方的光学部件自身起作用。例如图 A-2，在其中不具有对于用于使光均匀的其他的硅氧烷、环氧物或镜光学部件 (31) 的需要。这通过以下来实现：使磷光体远离芯片 (23.1) 的侧面具有球形盖子的形状以使得已转换的光尽可能邻近垂直线地冲击在磷光体和周围环境界面上并且由于全反射效应 (43.2) 以光被俘获在磷光体中为代价增加总的抽取性能。

[0048] 与迄今已授予专利的程序相比，用作单晶磷光体的材料是使高效率使用具有甚至低于 460nm 的发射峰的 InGaN 芯片成为可能的材料，这使获得具有与标准二极管相比的高至 5％更高的发光效率 (Im/W) 的二极管是可能的并且其也覆盖低于 450nm 的可见光区。磷光体也被用作高效率的白光发光二极管的光学部件自身，这简化整个器件的构建。与所有的迄今所利用的解决方案相比，具有优化的远离芯片的外部磷光体表面的单晶磷光体也提

供显著地更高的外部发光效率，更高的来自磷光体的抽取光和被磷光体吸收的光的比率。还具有导致芯片和磷光体暖化的逆向的光反射的显著减少，这延长二极管真正的使用寿命时间，因为未发生磷光体材料自身的这样的强烈的热降解，也未发生磷光体和硅氧烷透镜界面的降解。

[0049] 图片的列表

[0050] A-1 已归一化的 YAG:Ce、LuAG:Ce 和 GGAG:Ce 材料吸收光谱

[0051] A-2 具有一个单晶磷光体的发光二极管

[0052] B-1 单晶磷光体球形盖子生产程序

[0053] B-2 具有一个球形盖子形状具有接触开口的单晶磷光体的发光二极管

[0054] B-3a 单晶磷光体板生产程序

[0055] B-3b 具有用于芯片接触的开口的单晶磷光体板

[0056] B-3c 在支撑箔上的单晶磷光体板布局

[0057] B-3d 在支撑箔上的单晶磷光体板布局

[0058] B-3e 在支撑箔上的单晶磷光体板布局

[0059] B-3f 具有一个板形式的单晶磷光体的发光二极管

[0060] B-7a 具有孔形式的散射中心的单晶磷光体

[0061] B-7b 具有一个具有孔形式的诱导散射中心的单晶磷光体的发光二极管

[0062] B-8a 具有一个已分隔的并且已冷却的单晶磷光体和抗反射层的发光二极管

[0063] B-8b 具有更多的芯片和一个已分隔的并且已冷却的单晶磷光体和抗反射层的发光二极管

[0064] B-9 具有更多的芯片和一个球形盖子形式的已分隔的单晶磷光体的发光二极管

[0065] B-10 具有一个球形盖子形式的已分隔的单晶磷光体的发光二极管

[0066] B-12a 具有更多的球形盖子形式的磷光体的组合的发光二极管

[0067] B-12b 具有更多的板形式的磷光体的组合的发光二极管

[0068] B-13 具有在更多的芯片上一个板形式的单晶磷光体的发光二极管

[0069] B-14 具有单晶磷光体并且由更多的层组成的发光二极管

[0070] 附图标记列表

[0071] 10 白光发光二极管

[0072] 11 支撑衬垫

[0073] 12 反射镜

[0074] 13 芯片

[0075] 14 冷却器

[0076] 15 热传导粘糊剂

[0077] 16 阴极

[0078] 17 阳极

[0079] 18 丝

[0080] 19 金属传导层

[0081] 20 粉末磷光体

[0082] 21 单晶磷光体

[0083] 21.1 板

[0084] 21.2 球形盖子

[0085] 22 散射中心

[0086] 23.1 发射磷光体表面（远离芯片）

[0087] 23.2 非活性的磷光体表面（朝向芯片）

[0088] 24 补充性芯片

[0089] 31 硅氧烷聚合物

[0090] 32 抗反射层

[0091] 33 反射层

[0092] 41 来自芯片的光

[0093] 42 发光中心

[0094] 43.1 来自磷光体的光（在期望的方向）

[0095] 43.2 损失的光

[0096] 51 单晶铸锭

[0097] 52 单晶板坯

[0098] 53 单晶立方体

[0099] 54 支撑箔

[0100] 优选的实施方案的详细描述

[0101] 实施例 1- 半球的生产 (B-1 方案）

[0102] 用于制备用于单晶磷光体 21生产的单晶铸锭 51的熔融物是以所得到的具有 1wt％的氧化铈 CeO_2的单晶铸锭 51$(Lu_{0.6}Y_{0.4})_3Al_5O_{12}$的化学计量组成。关于熔融物和发育中的单晶铸锭 51中的 CeO_2浓度，分布系数是 10 至 1。Ce^{3+}掺杂剂浓度之后仅为熔融物中当前 Ce^{3+}浓度的 10％。这种现象本身由朝向单晶铸锭 51的端部的增加的 Ce^{3+}浓度证实，在单晶铸锭 51的端部，在经典的 Czochralski 方法的情况下，Ce^{3+}浓度与其开始时相比可以加倍，并且，同样地，微观的和宏观的缺陷的浓度朝向晶体端部增加。为了保持所得到的二极管的彩色再现，将不得不调整所得到的单晶磷光体形状或大小。在通过根据 WO2012110009 的方法制备的单晶铸锭 51的情况下，铸锭以 (111) 方向制备，具有来自具有 18kg 初始重量的熔融物的 4.7kg 的重量，而在这种情况下单晶铸锭 51中 Ce^{3+}浓度变化是可忽略的。

[0103] 随后使用金刚石圆盘锯将单晶铸锭 51切割为具有 3mm 边缘的单晶立方体 53。然后将它们在用于宝石加工的磨碎机中逐渐地切割为具有 1.7mm 的直径的球形的形状。在生产期间加工球形盖子 21.2的发射光表面 23.1以获得粗糙度 $R_a = 1\ \mu m$。这实现在所有方向上均匀的光抽取。将该 1.7mm 直径球使用蜡胶接至用于加工的保持器上。随后将它们从一个侧面逐渐切割，直到材料的一半被去除。球形盖子 21.2的非活性的表面 23.2使用金刚石悬浮液抛光。将具有已抛光的球形盖子 21.2的保持器运输入蒸汽加工设备中并且球形盖子 21.2的非活性的表面 23.2随后被设置有由具有 4 微米的总的厚度的 6 个 SiO_2-TiO_2的薄层组成的反射光学层 33。随后单个的球形盖子 21.2在热浴中从保持器脱胶接。该生产程序符合图 B-1 中的工艺。

[0104] 实施例 2- 半球的应用（图 B-2)

[0105] 用 Kyropoulos 方法制备的单晶铸锭 51生产的 $Gd_3(Al_{0.4},Ga_{0.6})_5O_{12}:Ce^{3+}$组成的单

晶磷光体 21依照实施例 1 使用晶体加工技术机械加工为具有 1.4mm 直径的球形盖子 21.2 形状。球形盖子 21.2形状的单晶磷光体 21的发射光表面 23.1以 R_a = 0.7 μm 的中值粗糙度值加工。用具有最小地 1.5 的折射率的透明硅氧烷聚合物 31将单晶磷光体 21固定于 InGaN 芯片 13以增加从芯片 13朝向单晶磷光体 21的光的光学输出耦合并且覆盖芯片 13 的整个表面（图 B-2)。使用激光在球形盖子 21.2中接触 InGaN 芯片 13的阴极 16和阳极 17的位点处产生切口。磷光体 23.2的非活性表面被抛光并且设置有基于 SiO_2-TiO_2的用于超过 500nm 波长的反射层 33。从单晶磷光体 21抽取的磷光体光 43.1均匀地方向限定于从芯片 13自身方向的 180° 的角度。整个的上文描述的白光发光二极管 10的组件位于铝冷却器 14上。具有球形盖子 21.1形状的单晶磷光体 21的白光发光二极管 10显示出所得到的光的优良的颜色同质性，独立于光角度。所得到的二极管给出具有 CRI 值 = 80.5 和色温 CT = 6230K 的白色颜色的视觉印象。

[0106] 实施例 3- 板的生产（图 B-3a)

[0107] 单晶铸锭 51根据 WO2012110009 方法并且依从于实施例 1 使用 $(Lu_{0.5},Y_{0.5})_3Al_5O_{12}$ 主体和 0.1wt% Ce^{3+}浓度掺杂制备。所使用的基本材料是以化学计量比率并且具有最小地 99.995% 的纯度的 Al_2O_3和 Lu_2O_3和 Y_2O_3，所述掺杂添加有 1wt% 的体积和纯度 99.999% 的 CeO_2氧化铈。从 $Y_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}$材料制备的单晶铸锭 51使其的晶体开始和结束部分使用金刚石圆盘锯除去。随后，将其围绕其外周成圆以获得 110nm 的均一的直径。将已成圆的单晶铸锭 51使用环氧物固定于衬垫并且定位在钢丝锯的间隔内。将其使用金刚石晶粒钢丝锯切割为具有 0.15mm 的厚度的板坯。随后将单个板坯在 HNO_3和 HCl 酸混合物中沸腾以除去胶接剂、冷却液体和磨蚀剂材料的沉积物。

[0108] 将单晶板坯 52 在正交偏光镜中并且在 UV 放电灯下检视和检查以检测内部缺陷的存在。通过在随机选择的板坯中测量发射谱检查掺杂剂含量。依从于图 B-7a 的具有 B1 = 150 μm 和 B2 = 200 μm 的尺寸的孔通过脉冲激光器钻孔至单晶板坯 52中，使得在定位磷光体之后，InGaN 芯片 13自身可以从上方与金丝 18接触。随后使用 UV 敏感粘合剂将单晶板坯放置至支撑箔 54上，将支撑箔 54在框架中伸展，确保在自动机器的“拾取与放置”供入器中的定位。然后用 Nd:YAG 激光将板坯 52切割为具有由芯片大小 (A1 = 1.1mm 并且 A2 = 1.1mm) 界定的侧面的板（图 B-3b)。孔和板 21.1的尺寸可以变化，仅板 21.1在支撑箔 54 上的排列取决于芯片 13的大小和其接触的方式。该排列在芯片 13于角落接触的情况下依照图 B-3c 或在芯片 13于芯片 13的不同位点接触的情况下依照图 B-3d 或 B-3e。这些切口的任意的组合和数量以及单个板 21.1的方向是技术上等同的。单个板 21.1保持刚性固定至支撑箔 54上直到被紫外光照亮，紫外光导致磨蚀剂的降解。然后将具有板 21.2的框架使用真空或机械操控器放置入保持器中并且随后将单个板坯 21.1用该“拾取与放置”操控自动机器放置在 InGaN 芯片 13上精确地界定的位点中，使得单晶板 21.1中的切口在将芯片 13与金丝 18接触的位点中。将板 21.1用粘合剂硅氧烷聚合物 31固定于芯片 13和单晶支撑箔 11(图 B-3f)。板 21.1在 InGaN 芯片 13和支撑衬垫 11上的金属层 19上的定位通过在已定义的超过 70℃的温度硬化硅氧烷聚合物 31来完成。通过上文描述的工艺所生产的白光发光二极管 10显示出优良的光通量长期稳定性，测试持续 500 小时的时间段并且使用 60Im 的光通量，其也是具有粉末磷光体的相似的白光发光二极管的值，未在任何情况中观察到抽取的下降。

[0109] 实施例 3.2- 使用 EFG 方法生产板

[0110] 使用 EFG 方法制备的具有 0.5×40×500mm 的尺寸的单晶板坯 52从具有 CeO_2掺杂的化学计量比率 $(Lu_{0.2},Y_{0.8})_3Al_5O_{12}$的 Lu_2O_3、Y_2O_3和 Al_2O_3氧化物的熔融物制备。钼坩埚中的熔融物由饱和化剂辅助朝向具有已定义的 0.5×40mm 大小的成形模具上升。边缘处以及模具内侧具有规则距离的沟槽，具有 10 至 50 μm 大小的气泡通过所述沟槽均匀地插入单晶中。随后将单晶板坯用 Nd:YAG 激光切割为具有 1×1×0.5mm 尺寸的板 21.2形状的单个单晶磷光体 21。单晶磷光体 21中的气泡同时地作为不减少磷光体效率并且增加从单晶磷光体 21抽取的光的有效散射中心起作用，否则会在单晶和其的周围的界面处受到全反射现象约束。

[0111] 实施例 4- 单晶板坯喷砂

[0112] 将依照实施例 3 制备的单晶铸锭 51用金刚石圆盘锯切割为具有 0.35mm 的厚度的单晶板坯 52。随后将单晶板坯 52用蜡胶接于金属衬垫并且放置在喷砂室中。基于具有 0.2 至 5 微米晶粒度的 B_4C 磨蚀剂材料以 10° 的角度并且在 5 巴的压力下从喷嘴扩散撞击晶粒在磷光体板坯表面上产生定向划道，有具有由晶粒度给定的宽度、它们的宽度的约 1/2 的深度和几个至几百微米的长度的沟槽。在从衬垫脱胶接之后，每个单晶板坯 52用对紫外光敏感的粘合剂胶接于支撑箔 54。

[0113] 随后将胶接于支撑箔 54的单晶板坯 52用金刚石直锯切割为具有 1.1×1.1mm 的侧面的板 21.1。将具有单晶板 21.1的承载器用紫外光穿过支撑箔 54照亮，导致在支撑箔 54上的粘合剂的降解，由此使得可以最终操控单个磷光体板 21.1。

[0114] 实施例 5- 板坯蚀刻

[0115] 将单晶磷光体 21的发射光表面 23.1化学处理以将表面层侵蚀几个微米的深度。进入点是具有 60mm 的直径和 0.3mm 的厚度的单晶板坯 52。将单晶板坯 52加热至 110℃的温度并且随后包埋在蜡中，在特氟隆支撑箔 54上的薄层中扩散。板坯的其他侧面，也就是说是具有远离芯片 13的磷光体 23.1表面的侧面，设置有丝网印刷工艺制备的具有 100 μm 间距的平行线形状的硅氧烷模板。然后将特氟隆支撑箔 54放置入浓氢氟酸溶液中并且加热至 60℃的温度持续 1 小时的持续时间。在与酸接触的位点中，在单晶板坯 52中出现具有高至 30 μm 的深度的表面缺陷，使来自材料的光的更高的输出耦合成为可能。

[0116] 实施例 6- 溴化氢蚀刻

[0117] 使用溴化氢的等离子体表面蚀刻通过在筛子中的选择性掩膜被施加至根据实施例 3 制备的单晶板坯 52的表面上，这导致被掩膜形状界定的具有高至 10 μm 的深度的缺陷。获取的表面结构增加在磷光体被界定部分中的光抽取。

[0118] 实施例 7- 钻孔（图 B-7a 和 B-7b）

[0119] 具有 0.2×1.5×1.5mm 的尺寸具有中值粗糙度值 R_a = 0.45 μm 的表面的单晶磷光体 21的板设置有用激光束钻孔制备的具有 20 至 25 μm 的直径的界定的开口（图 B-7a）。这些开口然后作为孔形状的散射中心 22起作用。将单晶板坯 52插入具有线性致动器的保持器中的激光头下。脉冲 Nd:YAG 激光照亮单晶板坯 52，同时线性发动机将单晶板坯 52以 600mm/min 的速度在 X 轴中运动。当达到单晶板坯 52的边缘时，板坯始终在 Y 轴迁移 70 μm 并且在相反的方向在 X 轴中迁移。重复该过程，直到整个的单晶板坯 52设置有具有 20 至 25 μm 直径的界定的孔。孔形式的散射中心 22的排列以经在穿过磷光体期间将光的散射概

率最大化的方式进行。将板 21.1放置在 InGaN 芯片 13和支撑衬垫 11上并且用透明硅氧烷聚合物 31固定。从 InGaN 芯片 13出来的光 41在吸收于发光中心 42中期间被单晶磷光体 21部分转换并且来自芯片的光 41部分地穿过其。单晶磷光体 21中的发光中心 42生成的光在所有的侧面中均匀发射。损失的光 43.2(其将由于全反射影响俘获在单晶磷光体中或将发射入侧面中)将在散射中心 22处提供并且,以更高的概率,来自磷光体 43.1的光将以期望的方向从磷光体 23.1的发射光表面抽取(图 B-7b)。

[0120] 实施例 8- 具有抗反射层 + 去角的板(图 B-8a 和 B-8b)

[0121] 具有 0.5mm 厚度的单晶板坯 52在磷光体 23.1的发射光表面上使用机械加工(实施例 7)或化学和机械加工(实施例 6)处理,以使得实现来自单晶磷光体 21的磷光体 43.1的光抽取的增加。随后,将该表面使用具有松散金刚石的抛光剂抛光,使得道 / 点表面品质(根据 MIL-O-13830A 标准)达到最小 40/20 的值。然后把用于 500 至 700nm 的波长的基于 MgF_2的抗反射层 32使用蒸汽加工施用在板坯 52的已抛光的表面上,这导致可见光的黄光和红光分量的抽取的增加。单晶板坯 52的其他侧面即非活性的磷光体表面 23.2以使得中值粗糙度值是 R_a= 0.2μm 的方式用磨蚀剂材料加工并且设置用于超过 500nm 的波长的反射层 33。单晶磷光体 21的板 21.1随后以使得其边缘以 45° 角度内小面去角的方式产生。这通过使用金刚石圆盘锯以 45° 去角切割单晶板坯 52来获取。在本申请中,将板 21.1放置入冷却器 14中(作为“远程磷光体”)并且一个受控的芯片 13上(图 B-8a)或可能地在更多分别受控的芯片 13上(图 B-8b)用热传导粘糊剂 15与其热连接。小面同样地作为损失光 43.2的散射表面起作用,否则损失光 43.2将已经扩散入侧面中。将在芯片 13、冷却器 14和板 21.1之间的间隔(来自芯片的光 41穿过其)用具有 1.5 折射率的透明硅氧烷聚合物 31填充。

[0122] 实施例 9- 在更多的芯片上的远距半球(图 B-9)

[0123] 将磷光体 21的单晶材料加工为具有 5mm 半径的球形盖子 21.2,依照实施例 1。随后将单晶磷光体 21装配在四个发射蓝光的 InGaN 芯片 13上的氧化铝冷却器 14中。在穿过发光中心 42中的单晶磷光体 21期间,将芯片的光 41用斯托克斯位移转换。将发射光磷光体表面 23.1以品质 R_a<0.1μm 抛光。将单晶磷光体 21用热传导粘糊剂 15连接于氧化铝冷却器 14。具有最小 1.5 折射率的透明硅氧烷聚合物 31被用作球形盖子 21.2和单个芯片 13之间的光传导层。在该排列中,多于 50%的来自磷光体 43.1的已转换的光以远离芯片 13的方向由发射表面 23在期望方向发射。

[0124] 实施例 10- 球形盖子和反射层(图 B-10)

[0125] 将依照实施例 1 制备的球形盖子 21.2形状的单晶磷光体 21放置在芯片 13上并且用作为用于由芯片产生的光 41的光传导层起作用的硅氧烷聚合物 31分隔(“远程磷光体”)。将单晶磷光体 21放置在使得其将与冷却器 14物理接触的位点中。为了改善单晶磷光体 21产生的热的传递,将其用热传导粘糊剂 15与热学冷却器 14连接。以这种方式,将单晶磷光体 21的真实温度保持在约 90℃的温度是可能的。为了增加从磷光体 43.1抽取的光,磷光体 23.2的非活性的表面被设置有优化的用于 500 至 700nm 波长的基于 SiO_2-TiO_2层的反射层 33。

[0126] 实施例 11- 远程磷光体板

[0127] 将通过使用 Nd:YAG 激光切割从单晶板坯 52生产的具有 2mm 直径和 250 微米厚度

的圆形形状的单晶磷光体21的板 21.2放置在 InGaN 芯片 13上的氧化铝保持器 14中。保持器还作为用于撤回光转换期间由单晶磷光体21产生的热的热学冷却器 14起作用。将单晶磷光体21用热传导粘糊剂 15连接于热学冷却器 14。将在单晶磷光体21和 InGaN 芯片13之间的间隔用具有最小 1.5 折射率的光学上透明的硅氧烷聚合物 31的光传导层填充。

[0128] 实施例 12- 更多的磷光体和更多的芯片组合 (图 B-12a 和图 B-12b)

[0129] 在具有更多的 InGaN 芯片 13的二极管的情况下，使用多个单晶磷光体 21(具有 545nm 处发光峰的 $(Lu_{0.3},Y_{0.7})_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}$) 和互补的磷光体 24(具有 580nm 处发光峰的 $YAlO_3:Ti^{3+}$)。将来自单晶磷光体21和互补的磷光体 24的球形盖子 21.2直接放置至具有 450nm 处发射峰的半导体 InGaN 芯片 13(图 B-12a) 上。这导致获获得含有可见光谱的蓝光、黄光和红光分量的光，这导致彩色再现的显著的改善。将单个单晶磷光体21和互补的磷光体24用透明硅氧烷聚合物 31固定在冷却器 14上芯片 13上的位置中。在这种情况下，多于 50％的来自磷光体43.1的已转换的光以期望的方向照亮。等效的解决方案可以还包括多个 InGaN 芯片与或仅与在紫外区中发射光的 AlGaN 芯片 13或以在超过 600nm 的红光区中的发射峰发射的芯片的组合。该等效的解决方案还包括用单晶板 23.1代替球形盖子23.2(图 B-12b)。

[0130] 上文描述的排列中的白光发光二极管10提供光的优良的颜色均匀性和等于 85 的彩色再现指数 (CRI) 值。

[0131] 实施例 13- 在更多芯片上的板 (图 B-13)

[0132] 将具有 5mm 直径和 250 μm 厚度的单晶磷光体21的单晶板 21.2放置在四个 InGaN 芯片 13上，使得其覆盖所有的这些芯片。来自芯片的蓝光 41穿过单晶磷光体 21并且被部分转换以获取具有 5500K 温度的所得到的白光。将板 21.2用光学上透明的硅氧烷聚合物31固定于 InGaN 芯片 13和氧化铝冷却器 14。

[0133] 实施例 14- 夹层物 (图 B-14)

[0134] 基于 $(Lu_{0.7},Y_{0.3})_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}$的单晶板坯 52被用作用于另一个 $Al_2O_3:Cr$ 功能层的衬垫。红光互补的磷光体24的这一顶部层使用“LPE”液体外延的方法制备。该层作为用于来自单晶磷光体21的光输出耦合的高效率层起作用并且还含有具有 580nm 处发射峰的转换磷光体。黄光单晶磷光体21和红光互补单晶磷光体 21以这种方式同时分隔，以防止相互的非期望的掺杂剂混合，这将导致总转换材料效率的增加。

[0135] 相同的结果也在当单晶衬垫上基于 $Y_3Al_5O_{12}$的互补磷光体24的第二层是多晶的并且用等离子喷涂技术制备时的情况下获得。来自芯片的光41和来自磷光体 43.1的光转移但没有直接向具有相似的折射率的材料中的反射，并且，由于该材料的无规的晶粒取向，其更易于从磷光体输出耦合。硅聚合物31，其也作为光均匀化光学部件和保护性层起作用，被用于将组合的单晶磷光体21和互补的磷光体 24固定在 InGaN 芯片 13和氧化铝冷却器 14上。

[0136] 实施例 15- 夹层物 - 在硅氧烷中的红光磷光体

[0137] 具有 120mm 直径和 0.3mm 厚度的基于 $(Lu_{0.7},Y_{0.3})_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}$的单晶板坯 52在一个侧面设置有在光学上透明的硅氧烷聚合物31中的来自被压碎的单晶铸锭 51的具有 0.2mm 的厚度的 $YAlO_3:Ti^{3+}$的层。在硬化顶部硅氧烷层之后，将板坯切割为单个磷光体。为了将组合的单晶磷光体21和互补的磷光体 24固定在 InGaN 芯片 13和氧化铝冷却器 14上，使

用硅氧烷聚合物31，其也作为光均匀化光学部和保护性层起作用。

[0138] 实施例16-具有诱导色中心的UV磷光体

[0139] 具有在氧空位位置中的诱导色中心的基于$(Lu_{0.1},Y_{0.9})_3Al_5O_{12}$材料的单晶磷光体21具有370nm处的强烈吸收。当与AlGaN芯片组合时，单晶磷光体21发射在可见光谱的整个区中的具有410和615nm处两个主峰的光。所得到的光给出具有热温度CT＝3280K并且具有彩色再现指数CRI值＝90的白色颜色的视觉印象。在用铈掺杂该材料的情况下，发射的光实现色温CT＝3750K和彩色再现指数CRI值＝94。当由具有370nm的发射峰的紫外光激发时，单晶磷光体形式的无掺杂材料LuAG发射具有580nm处发射峰的500至700nm区中的橙色光。

[0140] 工业适用性

[0141] 该具有单晶磷光体的高效率白光发光二极管(W-LED)可以在所有的需要强烈的照明的应用中利用，例如工业礼堂、体育场的照明，街道照明、在用于运输车辆的前灯中，高效个人手电筒或投影仪。

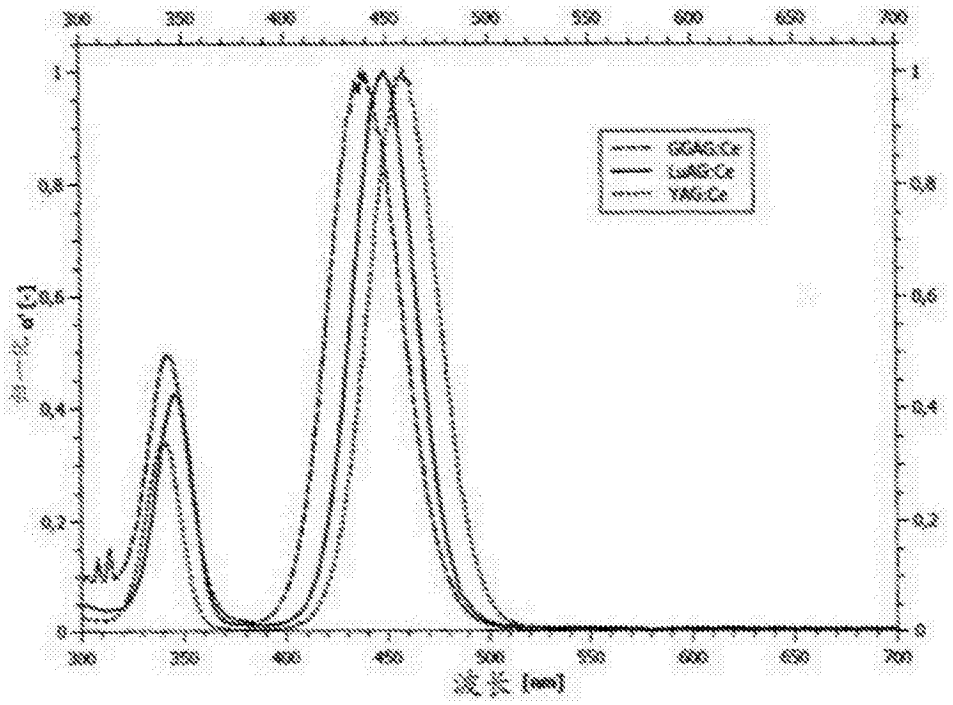

300
350
400
450
500
550
600
650
700
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
波长 (nm)

图 A-1

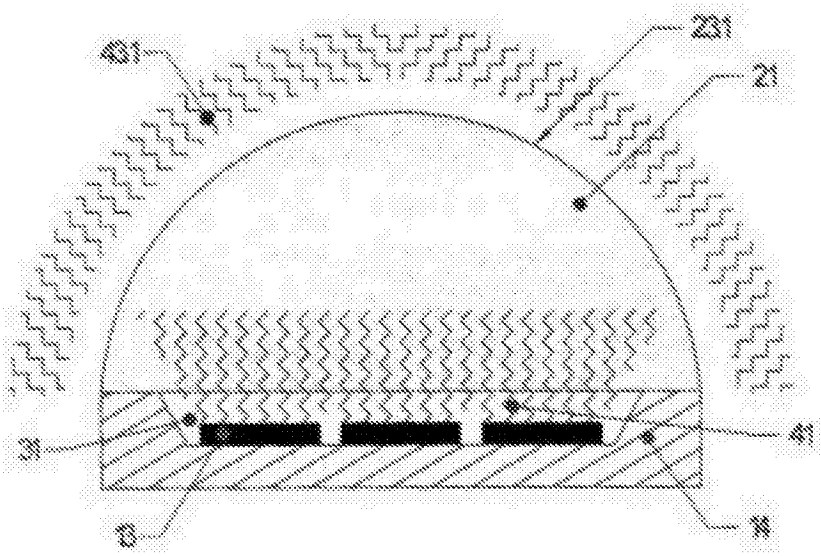

431
231
21
41
3
8
9

图 A-2

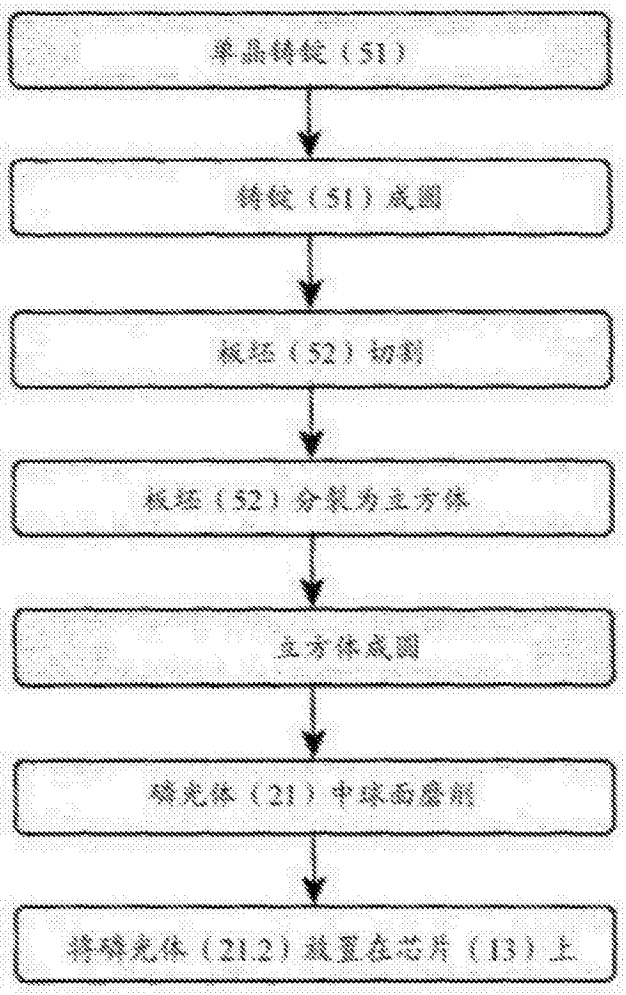

单晶硅锭（51）
硅锭（51）成圆
硅锭（52）切割
硅锭（52）分裂为立方体
立方体成圆
荧光体（21）中球面磨削
将荧光体（21.2）放置在芯片（13）上

图 B-1

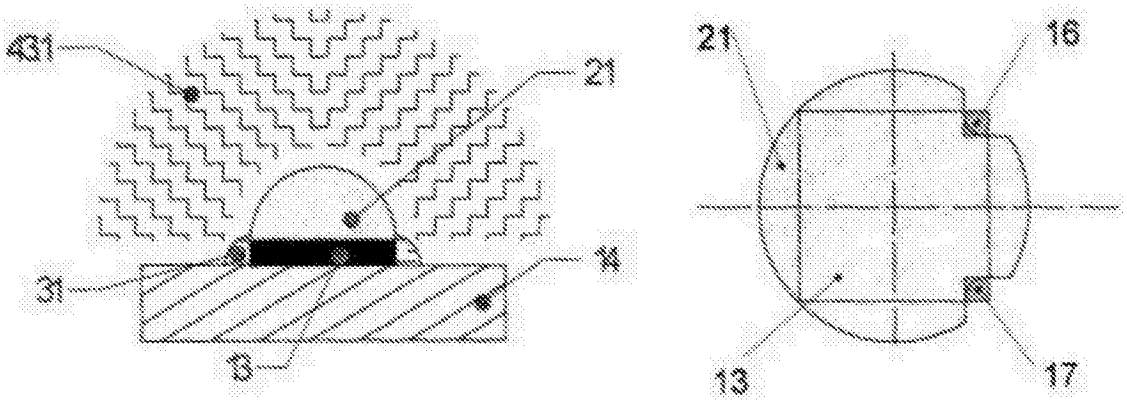

431
21
31
14
3
21
16
13
17

图 B-2

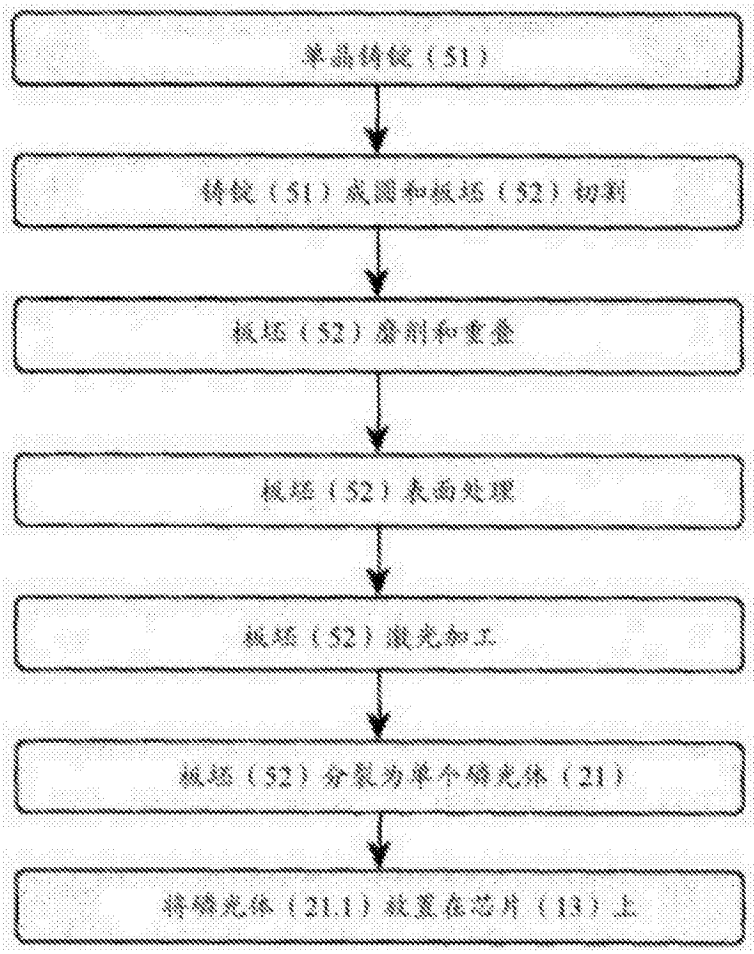

单晶硅锭（51）
硅锭（51）成型和板坯（52）切割
板坯（52）磨削和重整
板坯（52）表面处理
板坯（52）激光加工
板坯（52）分裂为单个硅光体（21）
硅硅光体（21.1）放置在芯片（13）上

图 B-3a

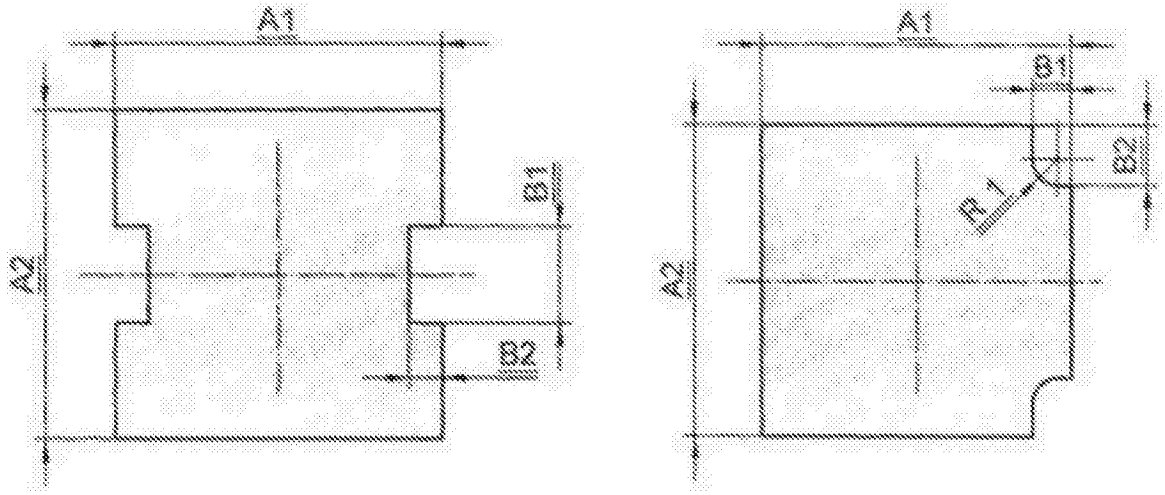

A1
A2
B1
B2
A1
B1
B2
R1
A2

图 B-3b

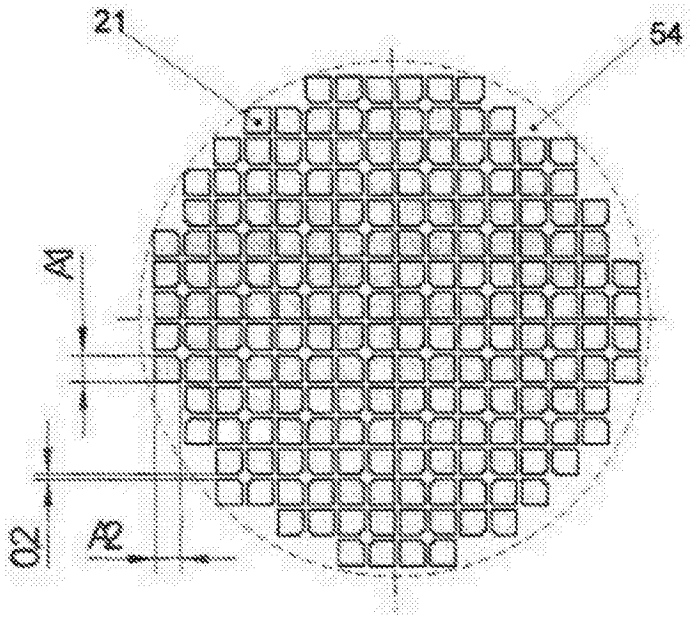


图 B-3c

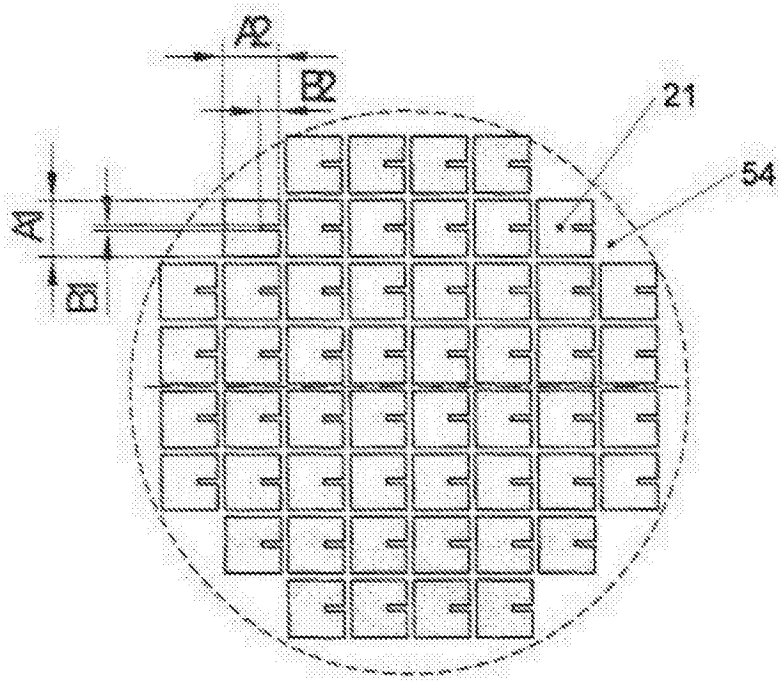


图 B-3d

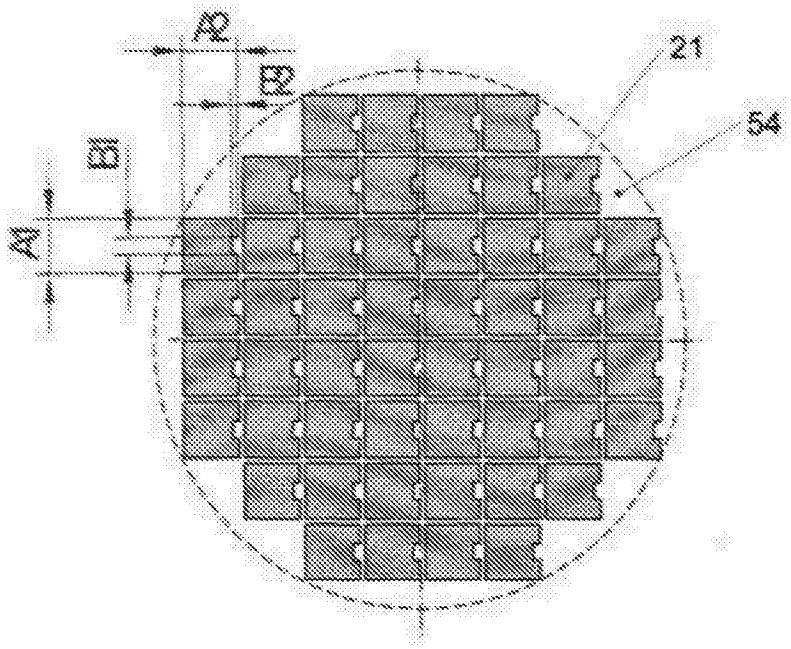


图 B-3e

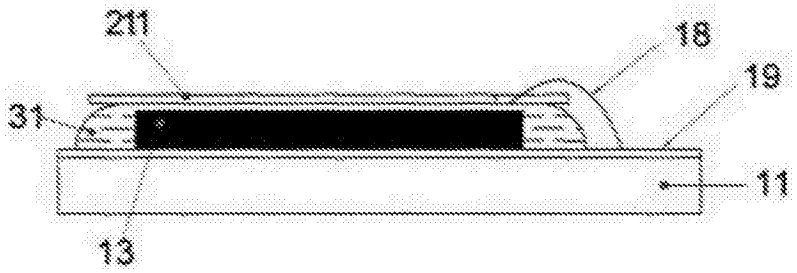


图 B-3f

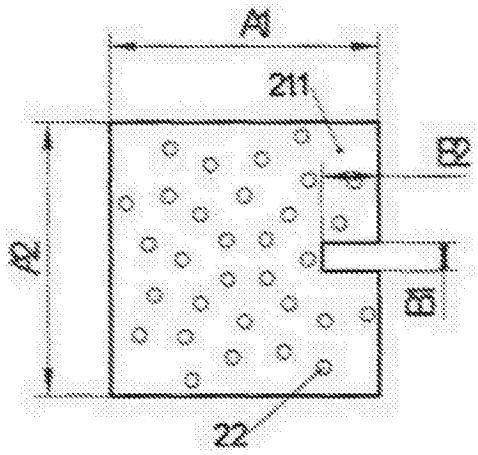


图 B-7a

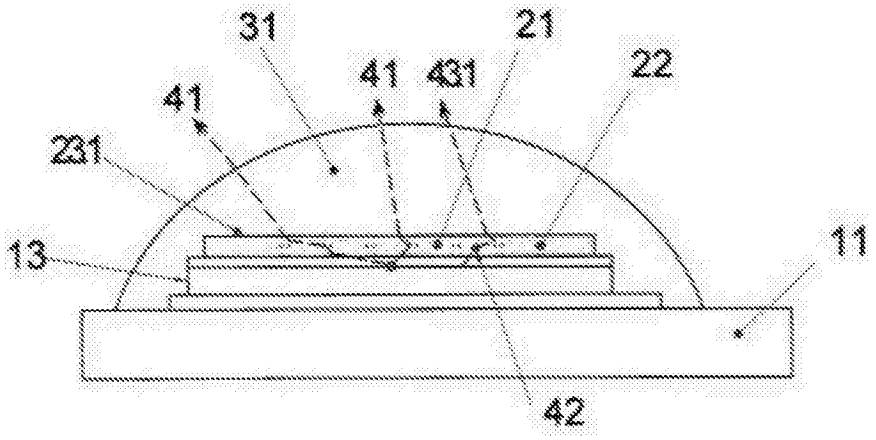


图 B-7b

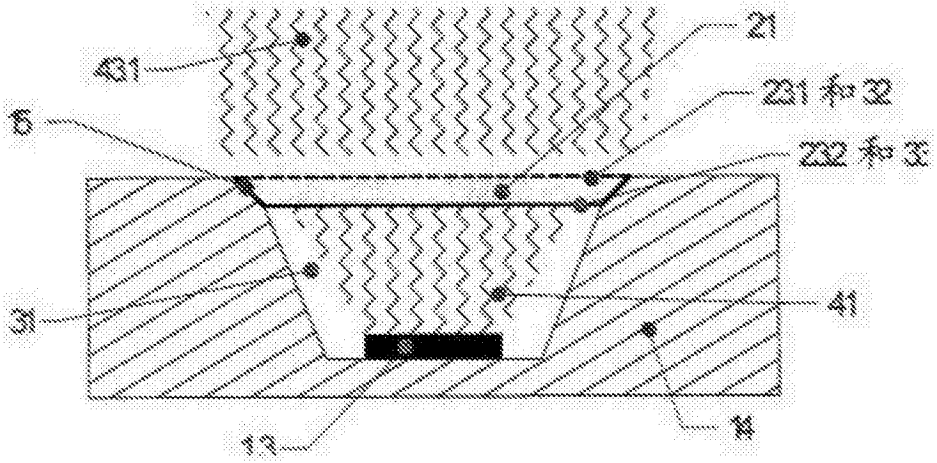


图 B-8a

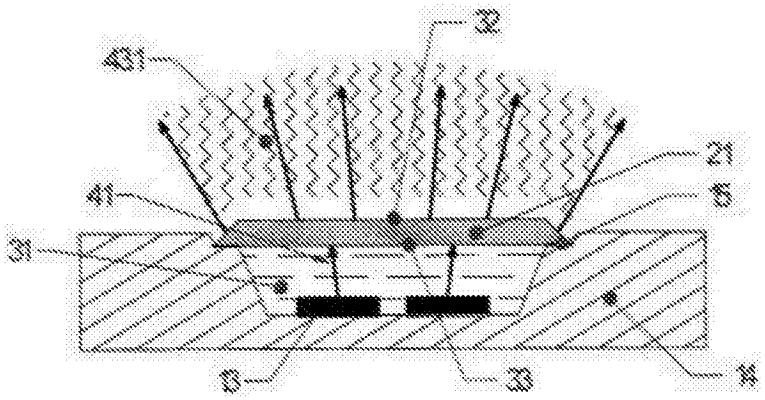


图 B-8b

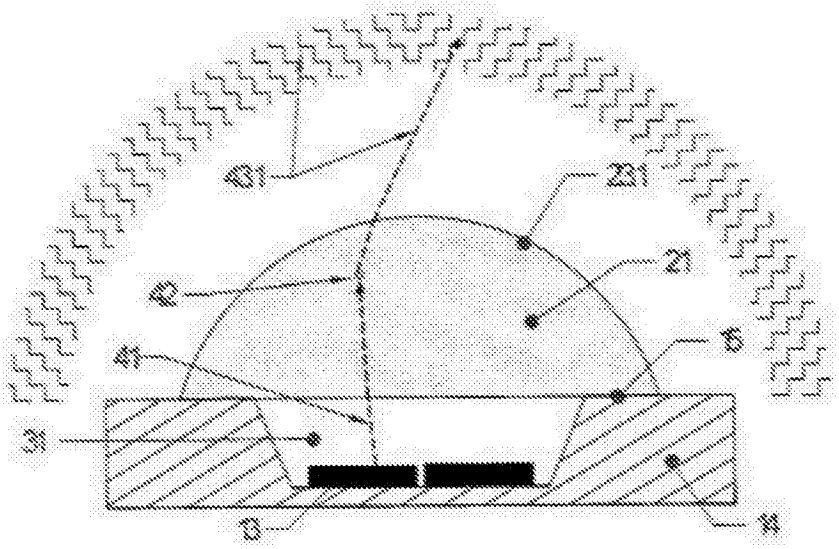


图 B-9

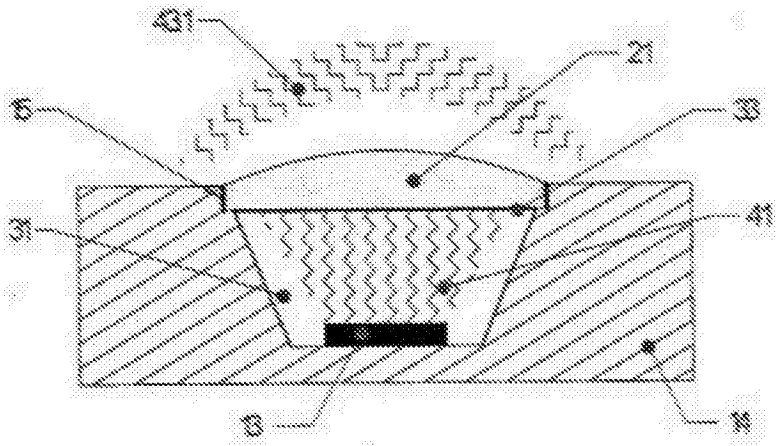


图 B-10

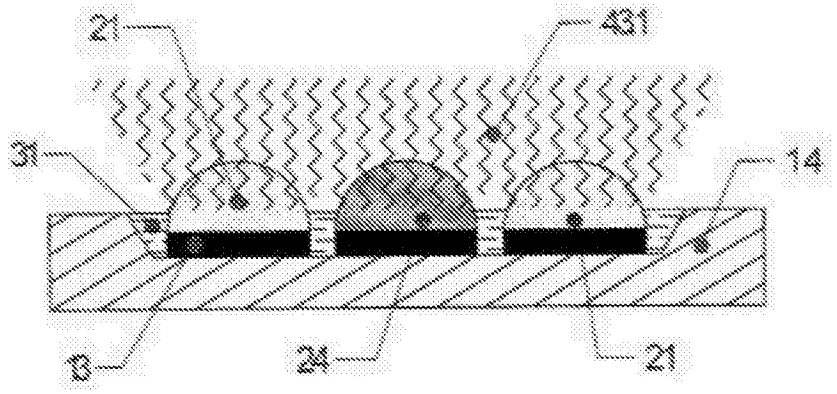


图 B-12a

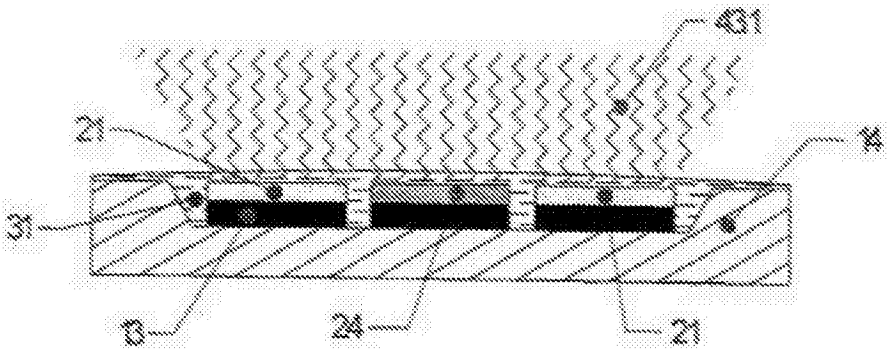


图 B-12b

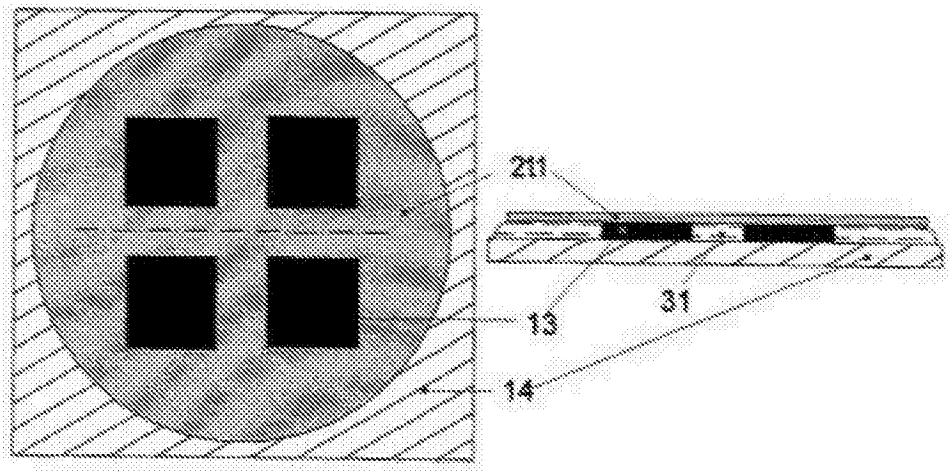


图 B-13

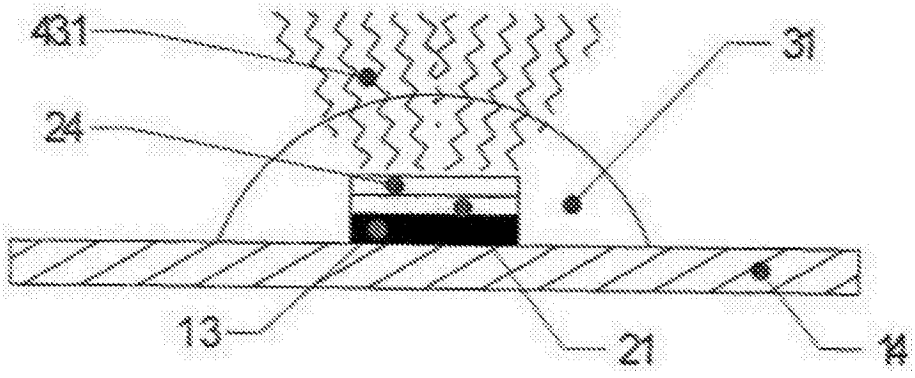


图 B-14

1.一种白光发光二极管，具有置于选自InGaN、GaN或AlGaN组的芯片上的单晶磷光体，其中所述单晶磷光体(21)基于掺杂有选自Ce^{3+}、Ti^{3+}、Cr^{3+}、Eu^{2+}、Sm^{2+}、B^{3+}、C、Gd_3^+或Ga^{3+}组的原子的LuYAG和/或YAP和/或GGAG的主体。

2.根据权利要求1所述的二极管，其中所述单晶磷光体(21)基于相应于化学式$(Lu_x,Y_{1-x})_3Al_5O_{12}$的主体，其中X是0.01高至0.99，或掺杂有$Ce^{3+}$、$Ti^{3+}$、$Cr^{3+}$、$Eu^{2+}$、$Sm^{2+}$、$B^{3+}$的$YAlO_3$，此时$Lu^{3+}$、$Y^{3+}$和$Al^{3+}$原子在所述主体中被$B^{3+}$、$Gd_3^+$或$Ga^{3+}$原子以0.1至99.9wt%的量代替。

3.根据权利要求1和2所述的二极管，其中所述单晶磷光体(21)中的Ce^{3+}浓度范围从0.02高至0.5wt%和/或Sm^{2+}浓度范围从0.01高至0.3wt%和/或Eu^{2+}浓度范围从0.001高至1wt%和/或Ti^{3+}浓度范围从0.05高至5wt%和/或Cr^{3+}浓度范围从0.01高至2wt%。

4.根据权利要求1至3所述的二极管，其中所述单晶磷光体(21)含有在氧空位上的具有在410nm和615nm处发射峰的诱导色中心。

5.根据权利要求1至3所述的二极管，其中所述单晶磷光体(21)设置有来自$(Lu,Y)_3Al_5O_{12}$、$Y_3Al_5O_{12}$、$YAlO_3$或Al_2O_3组的铝酸盐基上的掺杂有稀土的最少一个更多层的互补磷光体(24)。

6.根据权利要求1至3所述的二极管，其中所述单晶磷光体(21)用主要由$(Lu,Y)_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}$组成的具有0.01至0.5wt% Ce^{3+}浓度的最少一个层和主要由$YAlO_3:Ti^{3+}$组成的具有0.1至5wt% Ti^{3+}浓度的最少一个更多层来产生。

7.一种生产根据权利要求1至6所述的单晶二极管磷光体的方法，其中所述单晶磷光体(21)产生自用选自Czochralski、HEM、Badgasarov、Kyropoulos或EFG组的方法自熔融物生长的所述单晶铸锭(51)并用装有金刚石的锯切割为具有0.2至2mm厚度的单晶板坯(52)，所述单晶板坯(52)随后用金刚石圆盘锯或脉冲激光器、具有磨蚀剂的水射流或它们的组合切割为具有1至5mm外部边长的所述单晶磷光体(21)的单个板(21.1)并且在所述芯片与金或银丝(18)电接触的位点设置有沟槽或切口。

8.一种生产根据权利要求1至6所述的单晶二极管磷光体的方法，其中所述单晶磷光体(21)产生自用选自Czochralski、HEM、Badgasarov、Kyropoulos或EFG组的方法自熔融物生长的所述单晶铸锭(51)并且之后被切割为具有1.5至10mm的边长的单晶立方体(53)，所述单晶立方体(53)随后加工为具有0.5至5mm的半径的球形盖子(21.2)的形状并且至少部分定位在所述半导体芯片(13)上。

9.一种生产根据权利要求7和8所述的单晶磷光体的方法，其中将所述单晶磷光体(21)的板坯(52)或球形盖子(21.2)的远离所述芯片(13)的表面用采用具有0.1至5微米晶粒度的Al_2O_3、SiC、金刚石的定向喷砂划道来粗糙化或在R_a= 0.8至5μm的范围内切割或用HF、H_3PO_4、H_3PO_4+H_2SO_4或HNO_3+HCl酸化学和机械处理或在NaOH、KOH、$KHSO_4$或硼砂熔融物中蚀刻或用氟化物或溴化物等离子体蚀刻。

10.一种生产根据权利要求1至6所述的单晶二极管磷光体的方法，其中所述单晶铸锭(51)用装有金刚石的锯切割为具有0.2至2mm的厚度的单晶板坯(52)，激光、具有磨蚀剂的水射流或机械微型钻孔向所述单晶板坯(52)中集成具有20至40μm直径的孔形状的散射中心(22)，所述散射中心(22)的平均间距为最小40μm。

11.一种生产根据权利要求7和8所述的单晶磷光体的方法，其中板(21.1)或球形盖

子 (21.2) 形状的所述单晶磷光体 (21) 的远离所述芯片 (13) 的表面 (23) 被抛光并且然后在抽取光的方向的侧面上设置有抗反射层 (32)。

12. 一种生产根据权利要求 7 和 8 所述的单晶磷光体的方法，其中压碎的单晶铸锭的层在硅氧烷包胶剂中或用等离子体沉积应用于板 (21.1) 或球形盖子 (21.2) 形状的所述单晶磷光体 (21) 的远离所述芯片 (13) 的所述表面 (23) 上。

13. 一种生产根据权利要求 7 所述的单晶磷光体的方法，其中所述单晶磷光体 (21) 的所述板 (21.1) 的横向边缘在 45° 角度以下去角并且作为对于被自发地发射入所述侧面中的光的反射表面起作用。

14. 一种生产根据权利要求 7 和 8 所述的单晶磷光体的方法，其中板 (21.1) 或球形盖子 (21.2) 形状的所述单晶磷光体 (21) 的更邻近所述芯片 (13) 的内部表面 (23.1) 通过用 Al_2O_3 或金刚石加工来抛光并且设置有用于超过 500nm 波长的反射层 (33) 并且在所述单晶磷光体 (21) 的远离所述芯片 (13) 的所述表面 (23) 是板 (21.2) 形状的情况下，其被粗糙化和 / 或设置有散射中心 (22)。

15. 根据权利要求 1 和 6 所述的白光发光二极管，其中板 (21.2) 或球形盖子 (21.2) 形状的所述单晶磷光体 (21) 用透明硅氧烷 (31) 固定于所述芯片 (13)。

16. 根据权利要求 1 和 6 所述的白光发光二极管，其中所述单晶磷光体 (21) 与所述芯片 (13) 物理分隔并且在所述芯片 (13) 和所述单晶磷光体 (21) 之间有具有最小 1.5 折射率的光传导硅氧烷层 (31) 并且所述单晶磷光体 (21) 物理连接于冷却器 (14)。

17. 根据权利要求 1 至 6 所述的白光发光二极管，其中其包括最少一个芯片 (13) 和最少一个单晶磷光体 (21) 并且所述芯片 (13) 和所述单晶磷光体 (21) 是相同的或不同的。

18. 根据权利要求 1 至 6 所述的白光发光二极管，其中其包括最少 2 个芯片 (13) 和一个单晶磷光体 (21)。

19. 根据权利要求 1 至 6 所述的白光发光二极管，其中其包括 2 个芯片 (13)，此时最少一个芯片装配有所述单晶磷光体 (21) 并且最少一个芯片发射具有 600 至 700nm 之间的最大值的光。