

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H01L 33/00 (2006.01)

H01L 51/00 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200680016283.2

[43] 公开日 2008 年 5 月 7 日

[11] 公开号 CN 101176214A

[22] 申请日 2006.5.3

[21] 申请号 200680016283.2

[30] 优先权

[32] 2005.5.12 [33] EP [31] 05103973.3

[86] 国际申请 PCT/IB2006/051385 2006.5.3

[87] 国际公布 WO2006/120610 英 2006.11.16

[85] 进入国家阶段日期 2007.11.12

[71] 申请人 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 H·贝克特尔 H·格雷纳

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 李静岚 谭祐祥

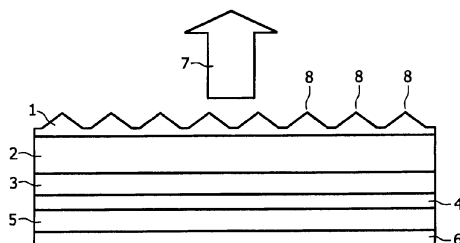
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 1 页

[54] 发明名称

电致发光光源

[57] 摘要

电致发光光源具有：透明基板(2)；电致发光层结构，用于发射光通过基板；第一光输出耦合层(3)，其设置在基板和电致发光层结构之间，用于在光进入基板(2)时产生光的不均匀的角分布；和第二光输出耦合层(1)，考虑光传播方向(7)，其设置在基板(2)上面，具有适于光的不均匀的角分布的表面结构，用于来自电致发光光源的有效的光输出耦合。



1. 一种电致发光光源，其具有：透明基板（2）；电致发光层结构，用于发射光通过基板；第一光输出耦合层（3），其设置在基板和电致发光层结构之间，用于在光进入基板（2）时产生光的不均匀的角分布；和第二光输出耦合层（1），当在光的传播方向（7）上观察，其设置在基板（2）上面，具有适于光的不均匀的角分布的表面结构，用于来自电致发光光源的有效的光输出耦合。

2. 如权利要求1所述的电致发光光源，其特征在于，不均匀的角分布具有最大值，并且所述最大值周围的 ± 15 度的角度范围包括多于70%的光（11），优选地多于80%的光（11），特别优选地多于90%的光（11）。

3. 如权利要求1或2中任一项所述的电致发光光源，其特征在于，不均匀的角分布的最大值位于大于45度，优选地大于60度，特别优选地大于75度的角度处。

4. 如前面权利要求中任一项所述的电致发光光源，其特征在于，第一光输出耦合层（3）的厚度 H_2 在100nm和10 μ m之间。

5. 如前面权利要求中任一项所述的电致发光光源，其特征在于，第一光输出耦合层（3）至少包括第一材料（9）和第二材料（10）。

6. 如权利要求5所述的电致发光光源，其特征在于，第一材料（9）具有折射率 n_1 ，第二材料（10）具有折射率 n_2 ，并且折射率 n_1 和 n_2 之间的差在0.1和2.5之间。

7. 如权利要求5或6中任一项所述的电致发光光源，其特征在于，第一材料（9）基本上以在平行于第一光输出耦合层（3）表面的平面中的多重结构元素的周期性结构设置在第二材料（10）中，所述结构元素被设计为空间体，包括球体、圆柱体、棱锥体、立方体或椭球体。

8. 如权利要求7所述的电致发光光源，其特征在于，当在光的传播方向上观察，结构元素具有高度 H_1 ，并且第一光输出耦合层（3）的厚度 H_2 的值在 H_1 和 $10 \cdot H_1$ 之间。

9. 如权利要求7或8中任一项所述的电致发光光源，其特征在于，对于总数为 N 的结构元素，两个相邻结构元素之间的距离 a_i 可以偏离平均距离 a_0 ，并且距离 a_i 的分布 $n(a_i)$ 满足下式：

$$n(a_i) = \frac{N}{a_i s \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{\ln^2(a_i/a_0)}{2s^2} \right]$$

其中 $0 < s < 0.4$ 。

10. 如前面权利要求中任一项所述的电致发光光源，其特征在于，第二光输出耦合层（1）的表面结构（8）包括正方棱锥结构、三角棱锥结构、六角棱锥结构、椭圆形穹顶结构或者圆锥结构。

11. 如前面权利要求中任一项所述的电致发光光源，其特征在于，第二光输出耦合层（1）的表面结构（8）在光的传播方向（7）中的高度 H_r 大于 $10\mu\text{m}$ 并且小于基板厚度的 5 倍。

12. 如前面权利要求中任一项所述的电致发光光源，其特征在于，第二光输出耦合层（1）具有大于或等于基板（2）的折射率并且小于 3 的折射率。

电致发光光源

技术领域

本发明涉及具有用于改善光输出耦合的层的电致发光光源。

背景技术

一种电致发光光源(EL光源)是公知的,其由施加在基板上的多重薄层(EL层结构)组成,并且具有用于发射光的电致发光层(EL层)。典型的结构包括基板、施加在基板上的作为透明电极(阳极)的电传导层ITO(氧化铟锡)、具有光发射材料的电致发光层和由金属,优选的是具有低的功函数的金属制成的电极(阴极)。其通常分为底发射器(通过透明基板发射)和顶发射器(通过透明封装器件发射到面向远离基板的面)。在顶发射器的情况中,基板也可以是不透明的。

电致发光光源的一个问题是电致发光光源的EL层中产生的光的低程度的输出耦合。其原因是沿从光密介质(折射率 n_2)到光疏介质(折射率 n_1 ,其中 $1 \leq n_1 < n_2$)的从EL层到离开EL光源的光路径发生的多次转换。在两个这种媒质之间的边界表面处,如果边界表面上的入射角大于角度 $\alpha = \arcsin(n_1/n_2)$,则光是全反射的。这里入射角是光线传播方向与边界表面的法线(其还被称为表面法线)之间的角度。

由于将光从透明基板,例如玻璃发射到空气中的情况中以及将光从透明电极发射到基板的情况中发生的全反射,引起了输出耦合损耗。EL层几乎各向同性地发射到透明电极中的光的转换不是特别重要的,这是因为这些层的折射率非常相似。如果不采取额外的改进措施,由于全反射,电致发光光源的输出耦合损耗导致了EL层中初始产生的光的 $\leq 26\%$ 的输出耦合效率。

文献US2005/0007000公开了多重可行的层,用于改善光输出耦合(光输出耦合层),例如,体漫射层、表面漫射层、具有微结构表面的层、抗反射层和光输出耦合层,其包括具有公共粗糙或微结构表面的两个子层。这些层可以施加在透明电极和透明基板之间,并且/或者施加在基板上的光发射方向中。由于该可用的电致发光光源示出了基本上低于50%的光输出耦合,因此依然需要改善的光输出耦合。

发明内容

因此，本发明的目的在于提供一种具有改善的光输出耦合的电致发光光源。

该目的是通过一种电致发光光源实现的，其具有：透明基板；电致发光层结构，用于发射光通过基板；第一光输出耦合层，其设置在基板和电致发光层结构之间，用于在光进入基板时产生光的不均匀的角分布；和第二光输出耦合层，当从光传播的方向观察，其设置在基板上面，具有适于光的不均匀的角分布的表面结构，用于来自电致发光光源的有效的光输出耦合。这里，不均匀的角分布是偏离余弦分布的角分布。

现有技术中未被考虑的是，对于最优化的光输出耦合，第二光输出耦合层的结构必须适于入射角分布。基板和空气之间的边界表面上的入射角分布基本上依赖于在透明电极和透明基板之间是否存在额外的第一光输出耦合层，该层影响光的角分布（光线传播方向和层法线之间的角度）。通过在基板中生成已定义的光的角分布以及对于该角分布最优化的第二光输出耦合层的表面结构，相比于具有未相互调谐的一个或多个光输出耦合层的 EL 光源的情况，实现了更好的发光效率（来自 EL 光源的输出耦合的光量子数相对于 EL 层中产生的光量子数）。在未相互调谐的光输出耦合层的情况中，第一光输出耦合层可以改善进入基板的光的输入耦合，但未能获得来自 EL 光源的改善的光输出耦合。

在这一点上，有利的是，不均匀的角分布具有最大值以及所述最大值周围的 ± 15 度的角度范围包括多于 70% 的光，优选地多于 80% 的光，特别优选地多于 90% 的光。耦合到基板中的光越多，其入射角基本上仅在窄的范围中变化，则第二光输出耦合层越优化地适于该角分布。

这里，电致发光光源是有利的，其中不均匀的角分布的最大值位于大于 45 度，优选地大于 60 度，特别优选地大于 75 度的角度处。可以特别好地产生第二光输出耦合层的有效的光输出耦合表面结构，用于以大的角度进入基板的光线。这里，光传播方向与基板和第一光输出耦合层之间的边界表面的表面法线之间的角度被标为光进入角。

在 100nm 和 10 μ m 之间的第一光输出耦合层的厚度 H_2 是有利的,用于产生不均匀的角分布。

进一步有利的是,第一光输出耦合层至少包括第一材料和第二材料。

特别有利的是,第一材料具有折射率 n_1 ,第二材料具有折射率 n_2 ,并且折射率 n_1 和 n_2 之间的差在 0.1 和 2.5 之间。因此,这两种材料在光学上充分好地相异,以对光的角分布产生影响。

在优选实施例中,第一材料基本上以平行于第一光输出耦合层表面的平面中的多重结构元素的周期性结构设置在第二材料中,该结构元素被设计为空间体,包括球体、圆柱体、棱锥体、立方体或椭球体。相比于具有统计分布微粒的散射层的情况,通过该周期性的并且因此栅格状的结构,可以更加有效地并且以更加确定的方式管理输入耦合到基板中的光。相比于例如,散射栅格的情况,其以较小的角平均值使光耦合到基板中,所产生的基板中的光的角分布也可以更加明确地变化。

在这一点上,有利的是,当从光的传播方向上观察,结构元素具有高度 H_1 ,并且第一光输出耦合层的厚度 H_2 的值在 H_1 和 $10 \cdot H_1$ 之间。

为了使光有效地输出耦合到基板中,特别有利的是,对于总数为 N 的结构元素,两个相邻结构元素之间的距离 a_i 可以偏离平均距离 a_0 ,并且距离 a_i 的分布 $n(a_i)$ 满足下式:

$$n(a_i) = \frac{N}{a_i s \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{\ln^2(a_i/a_0)}{2s^2} \right]$$

其中 $0 < s < 0.4$ 。通过从理想栅格中的严格周期性的该特定的偏离,可以额外地增加输出耦合到基板中的光。

对于具有不均匀的角分布的光输出耦合,特别优选的是,第二光输出耦合层的表面结构包括正方棱锥结构、三角棱锥结构、六角棱锥结构、椭圆形穹顶结构或者圆锥结构。

在这一点上,特别优选的是,第二光输出耦合层的表面结构在光传播方向中的高度 H_r 大于 10 μ m 并且小于基板厚度的 5 倍。

而且,特别优选的是,第二光输出耦合层具有大于或等于基板的折射率的折射率,由此避免了自基板的发光过程中在基板和第二光输

出耦合层之间的边界表面处的全反射。

参考下面描述的实施例，本发明的这些和其他方面将是明确的，并且将得到说明，尽管本发明不应被视为限于这些实施例。

附图说明

在附图中：

图 1 示出了根据本发明的电致发光光源的层结构

图 2 示出了作为栅格状的结构的第一光输出耦合层

具体实施方式

所谓的底发射电致发光光源通常包括施加在平坦透明基板 2 上的有机或无机电致发光层 5 (EL 层) 的层结构，基板 2 例如，硼硅酸盐玻璃(折射率 1.45)、石英玻璃(折射率 1.50)或 PMMA(折射率 1.49)，该电致发光层设置在透明电极 4 和至少部分反射电极 6 之间，参看图 1。EL 层也可以由多个子层组成。在有机 EL 层中，可以将具有低功函数的材料的电子供应层设置在电极 6 (典型地是阴极) 和 EL 层 5 之间，以及电极 4 (典型地是阳极) 和 EL 层 5 之间，此外可以设置空穴输送层。在底发射光源中，光 7 通过基板到达观察者。

透明电极 4 可以包括，例如，p 掺杂硅、铟掺杂氧化锡 (ITO) 或者锑掺杂氧化锡 (ATO)。还可由具有特别高的电导率的有机材料产生透明电极，例如聚苯乙烯磺酸中的聚(3, 4-乙撑二氧噻吩) (来自 HC Starck 公司的 PEDT/PSS、Baytron P)。优选地，电极 4 包括具有折射率在 1.6 和 2.0 之间的 ITO。反射电极 6 自身可以是反射材料，例如铝、铜、银或金，或者可以额外地具有反射层结构。在光束 7 的方向观察，如果反射层或层结构设置在电极 6 下面，则电极 6 也可以是透明的。电极 6 可以结构化并且包括例如，传导材料的多重平行带。可替换地，不同于结构化，电极 6 可被设计为平面。

此外，根据本发明的电致发光光源还包括在透明电极 4 和透明基板 2 之间的第一光输出耦合层 3，以便于使自透明电极 4 发出的光 11 以不均匀的角分布 $n(\beta)$ 耦合到基板 2 中，其中 β 表示光 11 的传播方向与第一光输出耦合层 3 和基板 2 之间的边界表面的垂直线 12 (层法线) 之间的角度，参看图 2。如果输入耦合到基板 2 中的光的角分布 $n(\beta)$

是充分不均匀的,即偏离余弦分布,则另一个第二光输出耦合层 1 设置在同空气的边界表面处的基板 2 上,并且具有特别适于由第一光输出耦合层 2 产生的特定的角分布 $n(\beta)$ 的表面结构 8,其相比于不具有光输出耦合层 3 和 1 的 EL 光源或者具有一个或多个不相互匹配的光输出耦合层的 EL 光源,导致了输出耦合光量的提高。

在该情况中,第二光输出耦合层 1 的表面结构 8,该表面结构适于由第一光输出耦合层 2 产生的基板 2 中的光的角分布,包括正方棱锥结构、三角棱锥结构、六角棱锥结构、椭圆形穹顶结构和/或圆锥结构。

该结构化层可以通过例如,注射成型方法制造,并且可以层叠在基板上或者通过薄膜和光刻工艺直接施加在基板上。透明基板可被制造为具有在 1.4 和 3.0 之间的折射率。对于第二光输出耦合层,有利的材料具有大于或等于基板的折射率的折射率,以便避免第二光输出耦合层和基板之间的边界表面处的全反射。具有与基板相同的折射率的材料是优选的,以便使与空气的折射率差异尽可能地小,以使在同空气的边界表面处反射的光的部分最小。适用于第二光输出耦合层的材料是例如,石英玻璃 ($n=1.54$)、有机玻璃 (PMMA, $n=1.49$) 或者具有相似的折射率的其他塑料,例如,PMMA ($n=1.53$)。在光的传播方向上观察,优选的表面结构具有大于 $10\mu\text{m}$ 且小于基板厚度的 5 倍的高度。

用于产生输出耦合到基板中的光的不均匀的角分布的第一光输出耦合层可以包括折射率局部变化的层或者矩阵材料层,其在矩阵材料中具有规则或不规则设置的中心,用于在这些中心处光折射、光散射或光反射。该中心可以是,例如,矩阵材料中的混入空气、缺陷或相边界、矩阵材料中的微粒、具有比矩阵材料高和/或低的折射率或者具有效果相似的反射表面或其他中心的材料结构。

第一光输出耦合层的产生方法可以是,例如,薄膜工艺,如气相淀积或溅射,还可以结合掩膜、光刻和/或刻蚀工艺,用于使第一和/或第二材料结构化,或者湿法化学方法,诸如所谓的旋涂,其利用具有统计分布的微粒的悬浮液。第一光输出耦合层 3 还可以包括具有不同材料属性的两个或更多的子层。有利的是,第二光输出耦合层的厚度 H_2 的范围在 100nm 和 $10\mu\text{m}$ 之间。

在一个实施例中,使来自电致发光光源的光输出耦合最优化,该

光源包括：光输出耦合层 3，其作为第二材料 10 的散射层，具有至少第一材料 9 的统计分布的光反射或折射微粒；和第二光输出耦合层 1，其作为表面结构 8，具有基本上平坦的表面，其具有侧壁陡峭的沟道。具有反射和/或散射微粒的第一光输出耦合层产生了基板 2 中的光 11 的主要具有小的传播角度 β 的输出耦合光的不均匀的角分布 $n(\beta)$ ，这是因为，在光的传播方向 7 上观察，在适当的微粒参数下（如尺寸和数目），前向散射的概率随着第二光输出耦合层中的光路径长度而增加。为了确保基板中的具有小的传播角度 β 的光不会在同空气的边界表面处经历全反射，第一光输出耦合层的表面结构应具有垂直于光传播方向 7 的大的平坦区域。利用平坦区域之间的沟道，导致了具有大于临界角度的传播角度的光部分的有效的输出耦合，沟道的侧面具有适当的深度，并且与基板的层法线所成的角度在 20 和 30 度之间的范围内。在具有大的传播角度 β 的光线的传播方向上观察，如果所有侧面的投影表面明显大于平坦区域的投影表面，则获得了该沟道的适当深度。

如果第一和第二材料的折射率值的变化量在 0.1 和 2.5 之间，则可以有利地实现有效的光输出耦合，其借助于折射作用从作为散射层的第一光输出耦合层输出耦合到基板中。具有高折射率的适当的材料是，例如，二氧化钛（ $n=2.52 \sim 2.71$ ）、硫化铅（ $n=3.90$ ）、金刚石（ $N=2.47$ ）或硫化锌（ $n=2.3$ ）。具有低折射率的材料是，例如，石英玻璃（ $n=1.46$ ）、氟化镁（ $n=1.38$ ）或者 PMMA（ $n=1.49$ ）。金属，例如，适于用作借助于反射作用的对应的散射层的材料。

在优选实施例中，第一光输出耦合层 3 包括第一材料 9，其设置在第二材料中，在平行于第二光输出耦合层 3 的表面的平面中基本上以多重结构元素的周期性结构，该结构元素被设计为空间体，参看图 2。在该情况中，如图 2 所示，结构元素可以以栅格状的方式设置在第一光输出耦合层 3 和基板 2 之间的边界表面处或者设置在第三光输出耦合层 3 中。该周期性结构呈现了光栅，本领域的技术人员通过改变该周期性结构，可以使其特性适于 EL 层发射的光的波长、层结构和基板的光学属性。在优选实施例中，通过如下方式选择周期性结构，其具有第一材料 9 的结构元素的高度 H_1 、相邻的结构元素之间的距离 a_i 和第一光输出耦合层的厚度 H_2 ，即在基板 2 中产生主要具有大于 45 度的

大的传播角度 β 的输出耦合光的角分布 $n(\beta)$ 。如果第一光输出耦合层 3 的厚度 H_2 在结构元素的高度 H_1 和 $10 \cdot H_1$ 之间,则可以特别有利地实现有效的输出耦合。在图 2 中示出的实施例中,结构元素具有圆柱体。然而,为了实现有效的光输出耦合,结构元素还可以包括球体、棱锥体、立方体、椭球体或其他空间体。同样地,相邻的结构元素之间的距离不需要是严格周期性的,而是可以简单地在平均距离 a_0 周围变化。对于光输出耦合特别有利的距离是 a_i ,其根据如下分布 $n(a_i)$ 在平均距离 a_0 周围变化:

$$n(a_i) = \frac{N}{a_i s \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{\ln^2(a_i/a_0)}{2s^2} \right]$$

其中 $0 < s < 0.4$ 。

为了确保基板 2 中的具有大的传播角度 β 的光未在同空气的边界表面处经历全反射,第二光输出耦合层 1 的表面结构 8,其适于在大角度处具有最大值的不均匀的角分布,基本上不应具有平行于基板 2 的表面的平坦区域。例如,棱锥结构的侧面应包括侧面和基板法线之间的小的角度,以便于使具有大的传播角度 β 的光直接输出耦合到空气,而不会在第二光输出耦合层的表面处发生全反射。

根据本发明的电致发光光源的实施例的一个示例包括第一光输出耦合层,用于在光进入基板时产生不均匀的光的角分布,其中第一光输出耦合层的厚度 H_2 为 700nm,第一光输出耦合层的第一和第二材料的折射率 n_1 和 n_2 分别为 1.42 和 1.94,第一光输出耦合层中的结构元素的高度 H_1 为 220nm,并且结构元素之间的平均距离 a_0 为 650nm。

借助于附图和描述解释的实施例仅呈现了用于改善来自电致发光光源的光输出耦合的示例,并且不应被解释为将本专利的权利要求限制于这些示例。对于本领域的技术人员,可替换的实施例也是可行的,该实施例同样涵盖于本专利的权利要求的保护范围内。从属权利要求的编号并非意味着权利要求的其他组合不能呈现本发明的有利实施例。

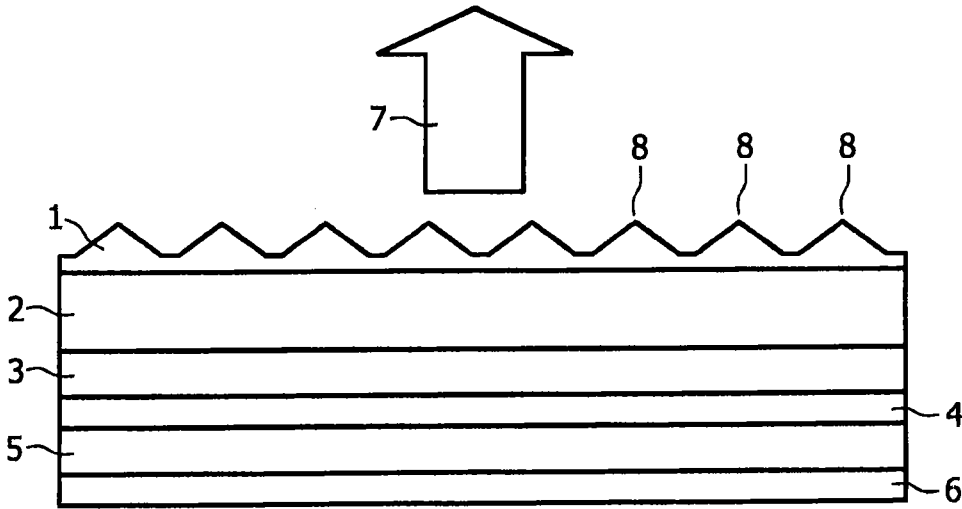


图 1

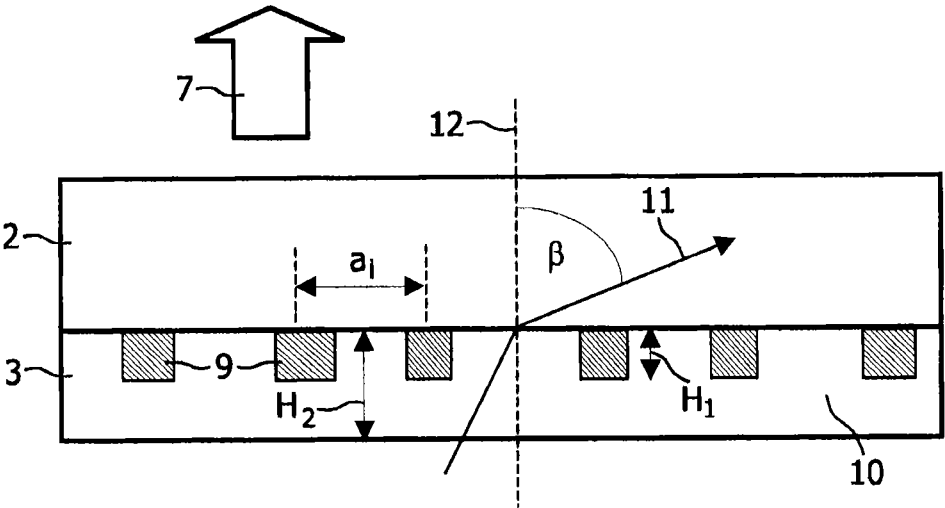


图 2