

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102906894 A

(43) 申请公布日 2013. 01. 30

(21) 申请号 201180025111. 2

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专
利商标事务所 11038

(22) 申请日 2011. 05. 19

代理人 杨勇

(30) 优先权数据

61/347, 092 2010. 05. 21 US

61/391, 862 2010. 10. 11 US

13/110, 298 2011. 05. 18 US

(51) Int. Cl.

H01L 51/50 (2006. 01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

2012. 11. 21

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2011/037165 2011. 05. 19

(87) PCT申请的公布数据

W02011/146724 EN 2011. 11. 24

(71) 申请人 通用显示公司

地址 美国新泽西州

(72) 发明人 M·海克 J·J·布朗 P·莱弗默尔

M·S·韦弗

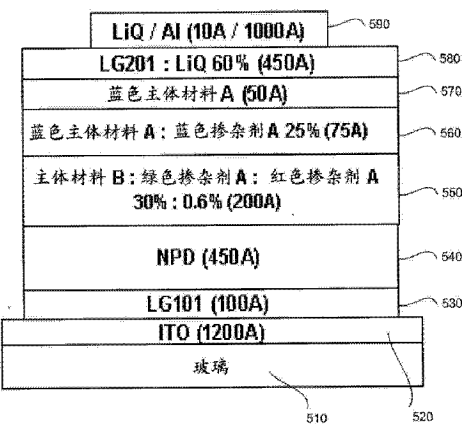
权利要求书 2 页 说明书 27 页 附图 10 页

(54) 发明名称

有机发光装置发光板

(57) 摘要

本发明公开了可包括一个或多个有机发光装置的第一装置。由所述有机发光装置所发射的光子中的至少 65% 是自有机磷光发射材料发射的。外部耦合增强体以光学方式耦合于每一有机发光装置。在一个实施方案中, 光板不附接于热管理结构。在一个实施方案中, 在不使用热管理结构的情况下, 当在 9, 000lm/m² 的发光度下操作时, 光板能够显示出小于 10℃ 的接面温度升高, 而与该光板实际上是否附接于热管理结构无关。光板可附接于热管理结构。光板可不附接于热管理结构。



1. 一种第一装置,包括:
光板,所述光板进一步包括:
一个或多个有机发光装置,其中由所述有机发光装置所发射的光子中的至少 65% 是自有有机磷光发射材料发射的;
外部耦合增强体,其以光学方式耦合于每一有机发光装置。
2. 如权利要求 1 所述的第一装置,其中所述光板不附接于热管理结构。
3. 如权利要求 1 所述的第一装置,其中在不使用热管理结构的情况下,当在 $9,000\text{lm}/\text{m}^2$ 下操作时,所述光板显示出小于 10°C 的接面温度升高。
4. 如权利要求 3 所述的第一装置,其中所述光板附接于热管理结构。
5. 如权利要求 3 所述的第一装置,其中所述光板不附接于热管理结构。
6. 如权利要求 1 所述的第一装置,其中每一有机发光装置具有 70% 至 100% 的内量子效率。
7. 如权利要求 1 所述的第一装置,其中每一有机发光装置具有 90% 至 100% 的内量子效率。
8. 如权利要求 1 所述的第一装置,其中,对于每一装置中具有带最高能量峰的发射光谱的发射材料而言,在于所述发射材料上形成激子之前,电子通过的最高 LUMO 与空穴通过的最低 HOMO 之间的能隙比所述最高能量峰的能量大出不超过 0.6eV。
9. 如权利要求 1 所述的第一装置,其中所述光板具有至少 $9,000\text{lm}/\text{m}^2$ 的发光度。
10. 如权利要求 1 所述的第一装置,其中所述光板具有至少 $15,000\text{lm}/\text{m}^2$ 的发光度。
11. 如权利要求 1 所述的第一装置,其中所述有机发光装置中的至少一个进一步包括:
第一子层,其包含第一有机主体材料和第一有机发射掺杂剂,所述第一有机发射掺杂剂具有在 400nm 与 500nm 之间的可见光范围内的峰值发射波长;
第二子层,其邻近于所述第一子层设置,并且比所述第一子层更接近所述第一装置的阳极,所述第二子层包含不同于所述第一有机主体材料的第二有机主体材料、具有在 500nm 与 600nm 之间的可见光范围内的峰值发射波长的第二有机发射掺杂剂;和具有在 600nm 与 700nm 之间的可见光范围内的峰值发射波长的第三有机发射掺杂剂。
12. 如权利要求 1 所述的第一装置,其中所述第一装置是所述光板。
13. 如权利要求 1 所述的第一装置,其中所述第一装置是消费型装置。
14. 如权利要求 1 所述的第一装置,其中所述一个或多个有机发光装置设置在选自玻璃、塑料和金属的材料的基板上。
15. 如权利要求 1 所述的第一装置,其中直接附接于所述光板的所有结构基本上由选自玻璃和塑料的材料组成。
16. 如权利要求 1 所述的第一装置,其中所述光板具有至少 25cm^2 的板面积。
17. 如权利要求 1 所述的第一装置,其中所述第一装置包括一个或多个汇流线,每一有机发射装置包括包含透明导电氧化物的第一电极,并且所述第一电极上的每一点均在距所述第一电极电连接的汇流线的 2cm 内。
18. 如权利要求 1 所述的第一装置,其中所述发光板在汇流线和电极中具有不大于 10% 的电阻性功率损耗。
19. 如权利要求 1 所述的第一装置,其中所述发光板在所述电极中具有不大于 2% 的电

阻性功率损耗。

20. 如权利要求 1 所述的第一装置,其中所述发光板在所述汇流线和电极中具有不大于 5% 的电阻性功率损耗。

21. 如权利要求 1 所述的第一装置,其中当在 $9,000\text{lm}/\text{m}^2$ 下操作时,所述光板在距所述第一电极电连接的汇流线大于 1.5cm 的距离处具有 <10% 的亮度均匀度。

22. 如权利要求 1 所述的第一装置,其中当在 $9,000\text{lm}/\text{m}^2$ 下操作时,所述光板在距所述第一电极电连接的汇流线大于 1.5cm 的距离处且所述第一电极的薄层电阻 $>10\ \Omega/\text{sq}$ 的情况下具有 <10% 的亮度均匀度。

23. 如权利要求 1 所述的第一装置,其中所述一个或多个有机发光装置中的所有发射材料均为有机磷光发射材料。

24. 如权利要求 1 所述的第一装置,其中所述一个或多个有机发光装置中的发射材料中的至少一种是有机荧光发射材料,所述有机荧光发射材料具有在 400nm 与 500nm 之间的可见光波长范围内带最高峰的发射光谱。

25. 如权利要求 1 所述的第一装置,其中当在 $9,000\text{lm}/\text{m}^2$ 下操作时,所述光板具有至少 80 的 CRI (Ra) 和小于 0.008 的 Duv。

26. 一种方法,包括:

提供包括光板的第一装置,所述光板进一步包括:

一个或多个有机发光装置,其中由所述有机发光装置所发射的光子中的至少 65% 是自有有机磷光发射材料发射的

外部耦合增强体,其以光学方式耦合于每一有机发光装置;

在至少 $9,000\text{lm}/\text{m}^2$ 的亮度水平下操作所述光板。

27. 如权利要求 26 所述的方法,其中所述光板不附接于热管理结构。

28. 如权利要求 26 所述的方法,其中在不使用热管理结构的情况下,当在 $9,000\text{lm}/\text{m}^2$ 下操作时,所述光板能够显示出小于 10°C 升高的接面温度升高。

29. 如权利要求 28 所述的方法,其中所述光板附接于热管理结构。

30. 如权利要求 28 所述的方法,其中所述光板不附接于热管理结构。

有机发光装置发光板

[0001] 本申请要求2010年5月21日提交的系列号为61/347,092的美国临时申请和2010年10月11日提交的系列号为61/391,862的美国临时申请的优先权,上述两申请中的每一者的公开内容全文以引用的方式明确地并入本文。

[0002] 请求保护的本发明是由以下各方中的一方或多方、代表以下各方中的一方或多方和/或结合以下各方中的一方或多方在大学公司联合研究协议下进行的:密执安大学董事会、普林斯顿大学董事会、南加州大学董事会和通用显示器公司(Universal Display Corporation)。该协议在请求保护的本发明完成之日和之前有效,并且请求保护的本发明的完成是由于在该协议的范围内开展活动的结果。

技术领域

[0003] 本发明涉及使用有机发光装置的发光板。

背景技术

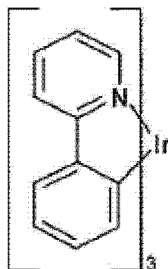
[0004] 由于多种原因,利用有机材料的光电装置越来越可取。用于制造这种装置的许多材料是相对廉价的,因此有机光电装置的潜力相比无机装置具有成本优势。此外,有机材料的固有性质(如其柔性)可使其很好地适合于特定的应用,如在柔性基板上的制造。有机光电装置的例子包括有机发光装置(OLED)、有机光电晶体管、有机光伏电池和有机光电探测器。对于OLED而言,有机材料相比常规材料可具有性能优势。例如,通常可以很容易地用适当的掺杂剂来调节有机发射层发光的波长。

[0005] OLED利用当在装置两端施加电压时发光的薄有机膜。在诸如平板显示器、照明和背光的应用中,OLED正成为日益受到关注的技术。若干OLED材料及构造描述在第5,844,363、6,303,238和5,707,745号美国专利中,上述专利的内容全文以引用的方式并入本文。

[0006] 磷光发射分子的一个应用是全彩色显示器。这种显示器的行业标准要求适应于发射被称作“饱和”颜色的特定颜色的像素。特别地,这些标准要求饱和的红色、绿色和蓝色像素。可以使用本领域中熟知的CIE坐标来量度颜色。

[0007] 绿色发射分子的一个例子是三(2-苯基吡啶)铱,表示为Ir(ppy)₃,其具有式I的结构:

[0008]



[0009] 在此图和本文后面的各图中,我们将自氮至金属(在此为Ir)的配价键描述为直

线。

[0010] 如本文中所用,术语“有机”包括聚合材料以及可用于制造有机光电装置的小分子有机材料。“小分子”是指不是聚合物的任意有机材料,并且“小分子”实际上可以相当大。小分子在一些情况下可以包括重复单元。例如,使用长链烷基作为取代基并未将分子从小分子”类别中移除。小分子也可以结合到聚合物当中,例如作为聚合物主链上的侧接基团或作为主链的一部分。小分子也可充当树枝状聚合物的核心部分,而所述树枝状聚合物由构造在核心部分上的一系列化学壳组成。树枝状聚合物的核心部分可以是荧光或磷光小分子发射体。树枝状聚合物可以是“小分子”,并且据信目前在 OLED 领域中使用的所有树枝状聚合物均为小分子。

[0011] 如本文中所用,“顶部”意指离基板最远,而“底部”意指离基板最近。在将第一层描述为“设置在”第二层之上时,该第一层的设置进一步远离基板。除规定第一层与第二层“接触”外,在第一层与第二层之间可以有其它层。例如,可以将阴极描述为“设置在”阳极之上,即使在之间有各种有机层。

[0012] 如本文中所用,“溶液可处理”意指能够被溶解、分散或传输于溶液或悬浮液形式的液体介质中和 / 或自溶液或悬浮液形式的液体介质中沉积。

[0013] 当认为配体对发射材料的光敏性质有直接贡献时,可将配体称为“光敏性的”。当认为配体对发射材料的光敏性质没有贡献时,可将配体称为“辅助性的”,尽管辅助性配体可改变光敏性配体的性质。

[0014] 如本文中所用,并且本领域技术人员一般会理解,第一“最高占有分子轨道”(HOMO) 或“最低未占有分子轨道”(LUMO) 能级“大于”或“高于”第二 HOMO 或 LUMO 能级,如果是第一能级更接近于真空能级的话。由于电离势 (IP) 被测定为相对于真空能级的负能量,因此较高的 HOMO 能级对应于具有较小绝对值的 IP(负得较少的 IP)。类似地,较高的 LUMO 能级对应于具有较小绝对值的电子亲合势 (EA) (负得较少的 EA)。在常规的能级图上,真空能级在顶部,材料的 LUMO 能级高于相同材料的 HOMO 能级。“较高的”HOMO 或 LUMO 能级比“较低的”HOMO 或 LUMO 能级更接近于这种图的顶部出现。

[0015] 如本文中所用,并且本领域技术人员一般会理解,第一功函“大于”或“高于”第二功函,如果是第一功函具有较高绝对值的话。因为功函通常被测定为相对于真空能级的负数,这意味着“较高的”功函较负。在常规的能级图上,真空能级在顶部,示出的“较高”功函在向下方向上进一步远离真空能级。因此, HOMO 和 LUMO 能级的定义遵循不同于功函的惯例。

[0016] 关于 OLED 的更多细节及上述的定义可见于第 7, 279, 704 号美国专利,该专利的内容全文以引用的方式并入本文。

发明内容

[0017] 本发明提供一种第一装置。该第一装置包括光板。光板进一步包括一个或多个有机发光装置。由有机发光装置所发射的光子中的至少 65% 是自有有机磷光发射材料发射的。其余的光子可由有机荧光发射材料发射。外部耦合增强体以光学方式耦合于每一有机发光装置。

[0018] 在一个实施方案中,光板不附接于热管理结构。

[0019] 在一个实施方案中,在不使用热管理结构的情况下,当在 $9,000\text{lm}/\text{m}^2$ 的发光度下操作时,光板能够显示出小于 10°C 的接面温度升高,而与光板实际上是否附接于热管理结构无关。光板可附接于热管理结构。光板可不附接于热管理结构。

[0020] 本文描述的各种特征可与前面段落中描述的装置和光板以任意组合的方式使用。

[0021] 在一个实施方案中,一个或多个有机发光装置中的所有发射材料均为磷光发射体。

[0022] 从效率观点来讲,优选一个或多个有机发光装置中的所有发射材料均为有机磷光发射材料。

[0023] 在一个实施方案中,一个或多个有机发光装置中的发射材料中的至少一种是有机荧光发射材料,该有机荧光发射材料具有在 400nm 与 500nm 之间的可见光波长范围内带最高峰的发射光谱。从纯的效率和板温度的角度来讲,一般来说使用荧光发射体可能并非优选。但从实际的角度来讲,使用蓝色发射磷光装置可能会涉及到许多不利的取舍,这样优选的是使用一些有机荧光发射材料以获得所需发射光谱的蓝色分量。

[0024] 优选地,每一有机发光装置具有 70% 至 100% 的内量子效率。更优选地,每一有机发光装置具有 90% 至 100% 的内量子效率。

[0025] 光板的每一磷光 OLED 具有最高能量发射材料,即,发射最高能量光子的发射材料,其可由发射光谱中的峰确定。如果只有一种发射材料,则该发射材料为“最高能量”发射材料。在有多于一种发射材料的情况下,“最高能量”发射材料是在发射光谱中的较高能量(即,较低波长)处具有峰值的发射材料。优选地,在于具有最高能量峰的发射材料上形成激子之前,电子通过的最高 LUMO 与空穴通过的最低 HOMO 之间的能隙比最高能量峰的能量大出不超过 0.6eV 。

[0026] 优选地,光板具有至少 $9,000\text{lm}/\text{m}^2$ 的发光度。更优选地,光板具有至少 $15,000\text{lm}/\text{m}^2$ 的发光度。

[0027] 优选地,在不使用热管理结构的情况下,当在 $9,000\text{lm}/\text{m}^2$ 的发光度下操作时,光板显示出小于 10°C 的接面温度升高。

[0028] 优选这些有机发光装置中的至少一个进一步包括第一子层和第二子层。第一子层具有第一有机主体材料和第一有机发射掺杂剂,其中第一有机发射掺杂剂具有在 400nm 与 500nm 之间的可见光范围内的峰值发射波长。第二子层邻近于第一子层设置,并且比第一子层更接近第一装置的阳极。第二子层具有不同于第一有机主体材料的第二有机主体材料、在 500nm 与 600nm 之间的可见光范围内具有峰值发射波长的第二有机发射掺杂剂;和在 600nm 与 700nm 之间的可见光范围内具有峰值发射波长的第三有机发射掺杂剂。

[0029] 该第一装置可以是该光板。该第一装置可以是消费型装置,其中将该光板整合到该消费型装置当中。

[0030] 优选地,将一个或多个有机发光装置设置在选自玻璃、塑料和金属的材料的基板上。

[0031] 优选地,直接附接于光板的所有结构基本上由选自玻璃和塑料的材料组成。

[0032] 优选地,光板具有至少 25cm^2 的板面积。

[0033] 第一装置可包括一个或多个汇流线。每一有机发射装置可包括包含透明导电氧化物的第一电极。第一电极上的每个点均在距第一电极电连接的汇流线的 2cm 内。

[0034] 优选地,发光板在汇流线和电极中具有不大于 10% 的电阻性功率损耗。更优选地,发光板在汇流线和电极中具有不大于 5% 的电阻性功率损耗。优选地,发光板在电极中具有不大于 2% 的电阻性功率损耗。

[0035] 优选地,当在 $9,000\text{lm}/\text{m}^2$ 下操作光板时,其在距第一电极电连接的汇流线大于 1.5cm 处具有 <10% 的亮度均匀度。更优选地,当在 $9,000\text{lm}/\text{m}^2$ 下操作光板时,其在距第一电极电连接的汇流线大于 1.5cm 的距离处并且在第一电极的薄层电阻 $>10\ \Omega/\text{sq}$ 的情况下具有 <10% 的亮度均匀度。

[0036] 优选地,当在 $9,000\text{lm}/\text{m}^2$ 下操作光板时,其具有至少 80 的显色指数 (“CRI”) (Ra) 和小于 0.008 的 Duv。

[0037] 本发明提供了一种方法。为进行该方法提供了一种第一装置。该第一装置包括光板。光板进一步包括一个或多个有机发光装置。由有机发光装置所发射的光子中的至少 65% 是自有机磷光发射材料发射的。在一个实施方案中,一个或多个有机发光装置中的所有发射材料均为磷光发射体。外部耦合增强体以光学方式耦合于每一有机发光装置。在至少 $9,000\text{lm}/\text{m}^2$ 的发光度下操作光板。

[0038] 在一个实施方案中,光板不附接于热管理结构。

[0039] 在一个实施方案中,在不使用热管理结构的情况下,当在 $9,000\text{lm}/\text{m}^2$ 的发光度下操作时,光板能够显示出小于 10°C 的接面温度升高,而与光板实际上是否附接于热管理结构无关。光板可附接于热管理结构。光板可不附接于热管理结构。

[0040] 本文描述的各种特征可与前面段落中描述的装置和光板以任意组合的方式来使用。

[0041] “发光度”是由发光板所产生的光量的量度,并且不依赖于测量方向。发光度的准确测量应考虑到由发光板所发射的所有光。

[0042] 在一个实施方案中,由有机发光装置所发射的光子中的至少 65% 是自有机磷光发射材料发射的。其余的光子可由有机荧光发射材料发射。

[0043] 从效率观点来讲,优选一个或多个有机发光装置中的所有发射材料均为有机磷光发射材料。

[0044] 在一个实施方案中,一个或多个有机发光装置中的发射材料中的至少一种是有机荧光发射材料,该有机荧光发射材料具有在 400nm 与 500nm 之间的可见光波长范围内带最高峰的发射光谱。从纯的效率角度来讲,一般来说使用荧光发射体可能并非优选。但从实际的角度来讲,使用蓝色发射磷光装置可能会涉及到许多不利的取舍,这样优选的是使用一些有机荧光发射材料以获得所需发射光谱的蓝色分量。

[0045] 在一个实施方案中提供了一种第一装置。该装置包括光板。光板进一步包括一个或多个有机发光装置,其中由有机发光装置所发射的光子中的至少 65% 是自有机磷光发射材料发射的。外部耦合增强体以光学方式耦合于每一有机发光装置。在不使用热管理结构的情况下,当在 $9,000\text{lm}/\text{m}^2$ 下操作时,光板显示出小于 10°C 的接面温度升高。

[0046] 在一个实施方案中,第一装置实际上可附接于热管理结构或不附接于热管理结构,只要在不使用热管理结构的情况下当在 $9,000\text{lm}/\text{m}^2$ 下操作时,光板显示出小于 10°C 的温度升高即可。

附图说明

[0047] 图 1 示出有机发光装置。

[0048] 图 2 示出不具有单独电子传输层的反向有机发光装置。

[0049] 图 3 示出发光板。

[0050] 图 4 示出发光板。

[0051] 图 5 示出装置架构。

[0052] 图 6 示出对于两个不同发光板的板表面温度与发光度的对比图。

[0053] 图 7 示出对于两个不同发光板的板功效与发光度的对比图。

[0054] 图 8 示出如在建模中使用的 OLED 的阳极。

[0055] 图 9 示出对于示例性装置的板电压与温度的对比图。

[0056] 图 10 示出对于示例性装置的板电压与温度的对比图。

[0057] 图 11 示出发光板布局。

[0058] 发明详述

[0059] 一般来说, OLED 包括设置在阳极与阴极之间并且电连接阳极和阴极的至少一个有机层。当施加电流时, 阳极将空穴注入 (若干) 有机层, 阴极将电子注入 (若干) 有机层。注入的空穴和电子各自朝带相反电荷的电极迁移。当电子和空穴定域在同一分子上时就形成“激子”, “激子”是具有激发能态的定域电子-空穴对。当激子经由光电发射机制松弛时就发射光。在一些情况下, 激子可定域在准分子或激基复合物上。也可能会发生非辐射性机制, 如热松弛, 但通常认为是不可取的。

[0060] 最初的 OLED 使用自其单重态发射光 (“荧光”) 的发射分子, 例如在第 4, 769, 292 号美国专利中所公开的那样, 该专利的内容全文以引用的方式并入。荧光发射通常发生在不到 10 纳秒的时间范围内。

[0061] 新近以来, 具有自三重态发光 (“磷光”) 的发射材料的 OLED 已有示范。Baldo 等人, “Highly Efficient Phosphorescent Emission from Organic Electroluminescent Devices”, *Nature*, 第 395 卷, 第 151-154 页, 1998 年; (“Baldo-I”) 和 Baldo 等人, “Very high-efficiency green organic light-emitting devices based on electrophosphorescence”, *Appl. Phys. Lett.*, 第 75 卷, 第 3 期, 第 4-6 页 (1999) (“Baldo-II”), 这两篇文献的内容全文以引用的方式并入。第 7, 279, 704 号美国专利第 5-6 栏更详细地描述了磷光, 该内容以引用的方式并入。

[0062] 图 1 示出有机发光装置 100。各图不一定是按比例绘制的。装置 100 可包括基板 110、阳极 115、空穴注入层 120、空穴传输层 125、电子阻挡层 130、发射层 135、空穴阻挡层 140、电子传输层 145、电子注入层 150、保护层 155 和阴极 160。阴极 160 是具有第一导电层 162 和第二导电层 164 的复合阴极。可以通过按顺序沉积所述的层来制造装置 100。US 7, 279, 704 的第 6-10 栏更详细地描述了这些不同的层以及实例材料的性质和功能, 该专利的上述内容以引用的方式并入。

[0063] 有针对这些层的每一种的更多实例。例如, 第 5, 844, 363 号美国专利公开了柔性和透明基板-阳极组合, 该专利的内容全文以引用的方式并入。p 型掺杂的空穴传输层的一个例子是按 50:1 的摩尔比掺杂 F. sub. 4-TCNQ 的 m-MTDATA, 如第 2003/0230980 号美国专利申请公布中所公开的那样, 该申请的内容全文以引用的方式并入。授予 Thompson 等人

的第 6, 303, 238 号美国专利中公开了发射材料和主体材料的例子, 该专利的内容全文以引用的方式并入。n 型掺杂的电子传输层的一个例子是按 1:1 的摩尔比掺杂 Li 的 BPhen, 如第 2003/0230980 号美国专利申请公布中所公开的那样, 该申请的内容全文以引用的方式并入。全文以引用的方式并入的第 5, 703, 436 号和第 5, 707, 745 号美国专利公开了包括复合阴极的阴极例子, 所述复合阴极具有薄金属层 (如 Mg:Ag), 其带有上覆的透明、导电性溅射沉积的 ITO 层。第 6, 097, 147 号美国专利和第 2003/0230980 号美国专利申请公布中更详细地描述了阻挡层的理论和使用, 这两者的内容全文以引用的方式并入。第 2004/0174116 号美国专利申请公布中提供了注入层的例子, 该申请的内容全文以引用的方式并入。保护层的描述可见于第 2004/0174116 号美国专利申请公布, 该申请的内容全文以引用的方式并入。

[0064] 图 2 示出反向 OLED 200。该装置包括基板 210、阴极 215、发射层 220、空穴传输层 225 和阳极 230。可以通过按顺序沉积所述的层来制造装置 200。因为最常见的 OLED 构造具有设置在阳极之上的阴极, 而装置 200 具有设置在阳极 230 之下的阴极 215, 所以装置 200 可称作“反向”OLED。在装置 200 的相应层中可以使用与针对装置 100 所描述类似的材料。图 2 提供了可如何从装置 100 的结构中省略一些层的一个例子。

[0065] 借助于非限制性例子来提供图 1 和图 2 中所示的简单层状结构, 并且要理解的是, 本发明的实施方案可与多种其它结构结合使用。所描述的具体材料和结构在本质上是示例性的, 并且可以使用其它材料和结构。可以通过以不同的方式结合所描述的各种层来实现功能性 OLED, 或者可基于设计、性能和成本因素而完全省略掉若干层。也可以包括没有具体描述的其它层。可以使用不同于所具体描述的材料。虽然本文提供的许多实施例将各种层描述为包含单一的材料, 但要理解的是, 可以使用材料的组合, 如主体材料和掺杂剂的混合物, 或更一般地使用混合物。此外, 这些层可具有各种子层。本文中给予各层的名称并非意欲具有严格的限制意义。例如, 在装置 200 中, 空穴传输层 225 传输空穴并将空穴注入发射层 220, 并且可以被描述为空穴传输层或空穴注入层。在一个实施方案中, 可将 OLED 描述为具有设置在阴极与阳极之间的“有机层”。此有机层可包括单一层, 或者可进一步包括不同有机材料的多个层, 例如针对图 1 和 2 所描述的那样。

[0066] 也可以使用没有具体描述的结构和材料, 如包含聚合材料的 OLED (PLED), 如授予 Friend 等人的第 5, 247, 190 号美国专利中所公开的那样, 该专利的内容全文以引用的方式并入。借助于进一步的实施例, 可以使用具有单一有机层的 OLED。可以堆叠 OLED, 例如在授予 Forrest 等人的第 5, 707, 745 号美国专利中所描述的那样, 该专利的内容全文以引用的方式并入。OLED 结构可与图 1 和 2 中所示的简单层状结构有偏差。例如, 基板可包括成角度的反射面以改进外部耦合, 如授予 Forrest 等人的第 6, 091, 195 号美国专利中所描述的台面结构, 和 / 或如在授予 Bulovic 等人的第 5, 834, 893 号美国专利中所描述的凹坑结构, 这两个专利的内容全文以引用的方式并入。

[0067] 除另有规定外, 可以通过任意合适的方法来沉积各实施方案的任何层。对于有机层而言, 优选的方法包括热蒸发、喷墨 (如第 6, 013, 982 和 6, 087, 196 号美国专利中所述, 这两个专利的内容全文以引用的方式并入)、有机气相沉积 (OVPD) (如授予 Forrest 等人的第 6, 337, 102 号美国专利中所述, 该专利的内容全文以引用的方式并入) 和通过有机蒸气喷印的沉积 (OVJP) (如系列号为 10/233, 470 的美国专利申请中所述, 该申请的内容全文以

引用的方式并入)。其它合适的沉积方法包括旋涂及其它基于溶液的方法。基于溶液的方法优选在氮或惰性气氛中实施。对于其它层而言,优选的方法包括热蒸发。优选的图案化方法包括通过掩模的沉积、冷焊(如第 6,294,398 和 6,468,819 号美国专利中所述,这两个专利的内容全文以引用的方式并入)和与诸如喷墨及 OVJD 的沉积方法中的一些有关的图案化。也可以采用其它的方法。可以对要沉积的材料进行改性以使之与特定的沉积方法相容。例如,可以在小分子中使用取代基,如支链或非支链烷基和芳基,并且优选含至少 3 个碳,以增强其经受溶液处理的能力。可以使用具有 20 个或更多碳的取代基,3-20 个碳是优选的范围。具有非对称结构的材料可具有比具有对称结构的材料更好的溶液可处理性,因为非对称材料可具有较低的再结晶倾向。可使用树枝状聚合物取代基以提高小分子经受溶液处理的能力。

[0068] 可以将按本发明实施方案制造的装置整合到多种消费型产品当中,包括平板显示器、电脑显示器、电视、广告牌、用于内部或外部照明和 / 或发信号的灯、抬头显示器、全透明显示器、柔性显示器、激光打印机、电话、移动电话、个人数字助理 (PDA)、膝上型电脑、数码相机、便携式摄像机、取景器、微显示器、车辆、大面积墙、电影院或体育场屏幕或标牌。各种控制机制可用于控制按本发明制造的装置,包括无源矩阵和有源矩阵。这些装置中的许多旨在使用于对人类舒适的温度范围内,如 18℃ 至 30℃,更优选在室温 (20-25℃) 下使用。

[0069] 本文描述的材料和结构可在除了 OLED 以外的装置中得到应用。例如,诸如有机太阳能电池和有机光电检测器的其它光电装置可使用这些材料和结构。更一般地,诸如有机晶体管的有机装置可使用这些材料和结构。

[0070] 术语卤基、卤素、烷基、环烷基、烯基、炔基、芳烷基、杂环基、芳基、芳族基团和杂芳基是本领域中已知的,在 US 7,279,704 第 31-32 栏中有定义,该专利的内容以引用的方式并入本文。

[0071] 本发明提供了具有优异性能的 OLED 发光板的意料不到的低成本和简单的结构。

[0072] 本发明提供一种第一装置。该第一装置包括光板。光板进一步包括一个或多个有机发光装置。由有机发光装置所发射的光子中的至少 65% 是自有机磷光发射材料发射的。其余的光子可由有机荧光发射材料发射。外部耦合增强体以光学方式耦合于每一有机发光装置。

[0073] 在一个实施方案中,光板不附接于热管理结构。

[0074] 在一个实施方案中,在不使用热管理结构的情况下,当在 9,000lm/m² 的发光度下操作时,光板能够显示出小于 10℃ 的接面温度升高,而与光板实际上是否附接于热管理结构无关。光板可附接于热管理结构。光板可不附接于热管理结构。

[0075] 本文描述的各种特征可与前面段落中描述的装置和光板以任意组合的方式来使用。

[0076] 在一个实施方案中,一个或多个有机发光装置中的所有发射材料均为磷光发射体。

[0077] 从效率观点和期望保持操作接面温度尽可能低的方面来讲,优选一个或多个有机发光装置中的所有发射材料均为有机磷光发射材料。

[0078] 在一个实施方案中,一个或多个有机发光装置中的发射材料中的至少一种是有机荧光发射材料,该有机荧光发射材料具有在 400nm 与 500nm 之间的可见光波长范围内带最

高峰的发射光谱。从纯的效率 / 温度的角度来讲,一般来说使用荧光发射体可能并非优选。但从实际的角度来讲,使用蓝色发射磷光装置可能会涉及到许多不利的取舍,这样优选的是使用一些有机荧光发射材料以获得所需发射光谱的蓝色分量。即使当由组成发光板的 OLED 所发射的光子中的多达 35% 是归因于荧光发射体,基于本文中的描述,仍可预期有相当的优点归因于磷光发射体。

[0079] 估计自磷光发射体发射离开光板的光子的比例的一种方式检查发射材料的激发态寿命,并测量激发态寿命 $>100\text{ns}$ 的光子的比例。对此进行确定的简单方式则是施加电压脉冲并测量脉冲期间的光谱。此为“总发射光谱”。在电压脉冲结束后,然后可以使用栅以特定的时间间隔测量光谱。例如,可以 $>100\text{ns}$ 的时间来测量光谱 – 这将是“磷光发射光谱”。可以很容易地采用这种测量来确定激发态寿命 $>100\text{ns}$ 的所发射光子的比例。仅为了本申请的目的,可假设有有机磷光材料具有大于 100ns 的辐射寿命,并且有机荧光材料具有小于 100ns 的辐射寿命。虽然基于辐射寿命的这种分类是适用于几乎所有相关材料的合理性一般规则,并提供了实用的方式以测量来自装置的发射中有多少是归因于磷光发射,但发明者并不试图定义术语“磷光”和“荧光”。此外,权利要求的撰写可以不使用术语“磷光”或“荧光”,而是按照是否光子中的至少 65% 具有 100ns 或更长的辐射寿命来撰写。

[0080] 如本文中所用,“热管理结构”是指相对于由在基板上制造的装置组成的“标准”光板而言显著地增加了自光板的热散消的任何结构。此上下文中的“显著”是与在相同基板上制造的另外的等同装置相比而言,由于热管理结构的存在而使每单位面积的能量增加 10% 或更多。特定基板的使用(如使用金属而不是玻璃或塑料)不被视为是热管理结构。外部耦合增强体不被视为是热管理结构。载电流的汇流线不被视为是热管理结构,但可将仅出于导热目的存在的金属线视为是热管理结构。热管理结构可以是有源的,如风扇或具有用于冷却剂循环的通道的板,或者是无源的,如带有翅片的金属块或具有高热发射系数的片材,其中“高”是相对于出于与热管理无关的原因而存在的结构而言。

[0081] 如本文中所用,“外部耦合增强体”是相对于标准 OLED 而言使由 OLED 产生的光的外部耦合增加至少 25% 的结构。“标准”OLED 是在扁平基板上制造的,并且具有扁平电极。公众普遍接受的是,标准 OLED 外部耦合由 OLED 所产生的光的约 20%。其余的光由于波导、反射和 / 或吸收而损失。本领域中已知有许多结构用于增加外部耦合,包括使用高指数基板、大型提取器 (macroextractor)、微透镜或表面散射层、使用微腔和 / 或使用集成的低指数格栅。外部耦合增强体可附接于 OLED,如微透镜,或者可以是集成到 OLED 当中的构造,如微腔。相对于具有 20% 外部耦合(不存在增强)的标准 OLED,外部耦合增加 25% 将导致 25% 而不是 20% 的外部耦合,因为 $20\% \times 1.25 = 25\%$ 。使用广泛公知的结构,如微透镜和 / 或上面描述的其它结构,可以很容易地获得 25% 的外部耦合增加。公开的例子包括:

[0082] Y. Sun 和 S. R. Forrest, “Enhanced light out-coupling of organic light-emitting devices using embedded low-index grids”, Nature Photonics, 2, 483 (2008)。

[0083] S. Moller、S. R. Forrest, “Improved light outcoupling in organic light emitting diodes employing ordered microlens arrays”, J. Appl. Phys. 91, 3324 (2002)。

[0084] N. Nakamura、N. Fukumoto、F. Sinapi、N. Wade、Y. Aoki 和 K. Maeda, “Glass

substrates for OLED lighting with high out-coupling efficiency,” Soc. Informat. Disp. Tech. Digest, 603-606 (2009)。

[0085] T. Clausen 和 C. Dabruzzi, 3M Display & Graphics Business Laboratory, “Substrates & Encapsulation & Light Outcoupling”, DOE Solid-State Lighting Manufacturing Workshop, 2009 年 6 月 24-25 日, Vancouver, WA。

[0086] 优选地,每一有机发光装置具有 70% 至 100% 的内量子效率。更优选地,每一有机发光装置具有 90% 至 100% 的内量子效率。最优选地,每一有机发光装置具有约 100% 的内量子效率。

[0087] 光板的每一磷光 OLED 具有发射材料,所述发射材料具有发射光谱,所述发射光谱带有可存在于磷光 OLED 中的发射材料的最高能量峰。此发射材料可以是仅具有一种发射材料的 OLED 的单一发射材料。优选地,在于具有最高能量峰的发射材料上形成激子之前,电子通过的最高 LUMO 与空穴通过的最低 HOMO 之间的能隙比最高能量峰的能量大出不超过 0.6eV。常用于 OLED 中的各种有机材料的 HOMO 和 LUMO 能级是公开的,或者可以使用诸如 DFT Gaussian 03 平台的商购程序很容易地进行计算。这种材料的选择标准有助于减少或最小化随着电子和空穴在装置中形成激子而成为热的能量损耗量。

[0088] 优选地,光板能够达到至少 9,000lm/m² 的发光度。更优选地,光板能够达到至少 15,000lm/m² 的发光度。

[0089] 优选地,在不使用热管理结构的情况下,当在至少 9,000lm/m² 的发光度下操作时,光板显示出小于 10°C 的接面温度升高。

[0090] 如本文中所用的发光度 (lm/m²) 定义为由 OLED 板所发射的流明总数除以板面积。在此,板面积为由有源发射区的轮廓所界定的表面的面积,包括有源发射区和之间的区域两者。板面积有可能小于基板面积,后者包括板边缘周围的非发射区,这些区域可能需要进行封装、电连接、机械安装等。

[0091] 如本文中所用,术语“接面温度”是指电子装置中的实际半导体的最高温度。在操作中,接面温度通常高于电子装置的外部温度。例如,对于 OLED 光板而言,接面温度通常高于表面温度。对于具有均匀横截面的 OLED 光板区(例如,包括单一大面积像素的板区)而言,接面温度与表面温度之差正比于装置内的功率耗散与热阻的乘积。然而,在板区具有非均匀横截面(例如,包括由非发射汇流线区分开的个别有源发射区的板区)的情况下,对非发射板区需要考虑额外的校正。在 OLED 光板中,可将接面温度宽泛地定义为有机堆叠内的温度,并且特别是,发射层 (EML) 内或直接邻近 EML 处的温度。由于亮度的非均匀性和热消散的变化,板区内不同位置处的接面温度可不同。

[0092] 可用于预测或确定有机发射板在不同位置处的接面温度的一种方法是,测量装置的发射区上方的板的表面温度。下面描述这种方法。表面温度测量值通常低于实际接面温度(由于以下所述的原因),但通常可用于估计一些 OLED 装置的接面温度。

[0093] 对于以下所描述的示例性实施方案和测试而言,对于每一板,于 OLED 发光板的发射表面上在有源发射区中心的有源发射区正上方的点处测量表面温度。在允许用几分钟使测量值稳定后,使用 K 型热电耦记录表面温度。对于在本申请中测量的 OLED 发光板而言,使厚度 <0.5mm 的光提取层以光学方式连接于基板表面。在光提取层的表面上进行温度测

量。对于示例性装置而言,光提取层薄且具有高导热性。基于比较具有和不具有光提取层的装置的其它实验,已知光提取层的表面上的温度大致与基板表面处的温度相同(基板表面处的温度高出 $<0.2^{\circ}\text{C}$),因此在某些实施方案中可用作接面温度的近似。

[0094] 就一些板可包括厚隔热层(可能是用于封装或光提取)而言,发光板的表面温度可不同于绝热层的外表面处的温度。在这种情况下,可通过移除绝热层或通过间接测量和/或计算来获得发光板的接面温度。以下就一示例性测试来讨论一种这样的方法,该方法更详细地描述在系列号为 13/047220 的美国申请中,该申请为共同转让的,并且其全文以引用的方式并入本文。然而,可采用任何这样的方法来确定接面温度,包括例如在不同温度下表征发射光谱(参见例如 Tessler 等人,Current Heating in Polymer Light Emitting Diodes,Applied Physics Letters,卷 73:6(1998 年 8 月 10 日));和红外(IR)成像(参见例如 Zhou 等人,Real-Time Observation of Temperature Rise and Thermal Breakdown Processes in Organic LEDs Using an IR Imaging and Analysis System,Advanced Materials,卷 12:4(2000)),上述文献中的每一篇在此以引用的方式并入。

[0095] 应当指出的是,在本申请要求其优先权的申请中,示例性装置的表面温度为装置接面温度的相对准确的近似,并且因此将表面温度的测定值称为“装置的温度”。因此,本文中(并且如下所示)使用接面温度与其中给出的研究结果完全一致。事实上,采用替代的方法来确定接面温度证实了在优先权申请中使用表面温度的近似性。

[0096] 优选有机发光装置中的至少一个进一步包括第一子层和第二子层。第一子层具有第一有机主体材料和第一有机发射掺杂剂,其中第一有机发射掺杂剂具有在 400nm 与 500nm 之间的可见光范围内的峰值发射波长。第二子层邻近于第一子层设置,并且比第一子层更接近第一装置的阳极。第二子层具有不同于第一有机主体材料的第二有机主体材料、在 500nm 与 600nm 之间的可见光范围内具有峰值发射波长的第二有机发射掺杂剂;和在 600nm 与 700nm 之间的可见光范围内具有峰值发射波长的第三有机发射掺杂剂。

[0097] 第一装置可以是光板。第一装置可以是消费型装置,其中将光板整合到消费型装置当中。

[0098] 优选地,将一个或多个有机发光装置设置在选自玻璃、塑料和金属的材料的基板上。

[0099] 优选地,直接附接于光板的所有结构基本上由选自玻璃和塑料的材料组成。

[0100] 优选地,光板具有至少 25cm^2 的板面积。在此尺寸及更大的尺寸时,相比于可能适用于实验室中的实验目的但不太适合商业目的的较小板而言,高光板操作接面温度更有可能成问题。

[0101] 优选地,光板具有若干装置,这些装置具有经选择以使得光板的 CRI (Ra) 大于或等于 80 的发射光谱。100 是最大的 CRI。可通过使用发射不同颜色(如红色、绿色和蓝色条带)的若干不同类型的装置或者通过具有多种发射材料的单一装置而很容易地实现大于 80 的 CRI (Ra)。80 是可使用已知的磷光发射材料而容易实现的相对适度的 CRI (Ra) 目标。另外,可取的是来自光板的总发射光谱紧密地匹配黑体辐射体。这可以按 $Duv = \sqrt{(\Delta u')^2 + (\Delta v')^2}$ 来量化, Duv 是在光板色度的 CIE 1976 (u', v') 颜色空间中距黑体曲线的距离。CIE 1976 (u', v') 颜色空间的使用比 CIE 1931 (x, y) 颜色空间优先,因为在 CIE 1976 (u', v') 颜色空间中,距离大致正比于感测到的色差。转换是非常简单的: $u' = 4x/$

$(-2x+12y+3)$ 且 $v' = 9y/(-2x+12y+3)$ 。对于光板而言, $Duv < 0.010$ 是优选的, 且 $Duv < 0.005$ 是更优选的。优选地, 当在 $9,000\text{lm/m}^2$ 下操作光板时, 其具有至少 80 的 CRI (Ra) 和小于 0.008 的 Duv。使用本文所公开的架构及其变化形式可以很容易地获得这些参数。

[0102] 第一装置可包括一个或多个汇流线。每一有机发射装置可包括包含透明导电氧化物的第一电极。第一电极上的每一点均在距第一电极电连接的汇流线的 2cm 内。

[0103] 优选地, 发光板在汇流线和电极中具有不大于 10% 的电阻性功率损耗。更优选地, 发光板在汇流线和电极中具有不大于 5% 的电阻性功率损耗。优选地, 发光板在电极中具有不大于 2% 的电阻性功率损耗。通过使用本文所公开的结构和计算可以很容易地得到这些参数并已经得到了证明。

[0104] 优选地, 当在 $9,000\text{lm/m}^2$ 下操作光板时, 其在距第一电极电连接的汇流线大于 1.5cm 的距离处具有 $<10\%$ 的亮度均匀度。更优选地, 当在 $9,000\text{lm/m}^2$ 下操作光板时, 其在距第一电极电连接的汇流线大于 1.5cm 的距离处并且在第一电极的薄层电阻 $>10\Omega/\text{sq}$ 的情况下具有 $<10\%$ 的亮度均匀度。通过使用本文所公开的结构和计算可以很容易地得到这些参数并已经得到了证明。

[0105] 本发明提供了一种方法。为进行该方法提供了一种第一装置。该第一装置包括光板。光板进一步包括一个或多个有机发光装置。由有机发光装置所发射的光子中的至少 65% 是自有机磷光发射材料发射的。其余的光子可由有机荧光发射材料发射。在一个实施方案中, 一个或多个有机发光装置中的所有发射材料均为磷光发射体。外部耦合增强体以光学方式耦合于每一有机发光装置。在至少 $9,000\text{lm/m}^2$ 的发光度下操作光板。

[0106] 在一个实施方案中, 光板不附接于热管理结构。

[0107] 在一个实施方案中, 在不使用热管理结构的情况下, 当在 $9,000\text{lm/m}^2$ 的发光度下操作时, 光板能够显示出小于 10°C 的表面温度和 / 或接面温度升高, 而与光板实际上是否附接于热管理结构无关。要注意的是, 该“和 / 或”语言的使用是为了说明对于一些实施方案而言, 表面温度可以是接面温度的良好近似。光板可附接于热管理结构。光板可不附接于热管理结构。

[0108] 本文描述的各种特征可与前面段落中描述的装置和光板以任意组合的方式使用。

[0109] 在一个实施方案中提供了一种第一装置。该装置包括光板。光板进一步包括一个或多个有机发光装置, 其中由有机发光装置所发射的光子中的至少 65% 是自有机磷光发射材料发射的。外部耦合增强体以光学方式耦合于每一有机发光装置。在不使用热管理结构的情况下, 当在 $9,000\text{lm/m}^2$ 下操作时, 光板显示出小于 10°C 的表面温度和 / 或接面温度升高。

[0110] 在各实施方案中, 发光板实际上可附接于热管理结构或可不附接于热管理结构, 只要在不使用热管理结构的情况下当在 $9,000\text{lm/m}^2$ 下操作时, 光板显示出小于 10°C 的表面温度和 / 或接面温度升高即可。

[0111] 如本文中所示, “OLED 发光板” 是用于一般照明目的的板, 这与例如 OLED 显示板相反。OLED 发光板与显示板之间存在许多差异。显示板用于显示图像。因此, 对应于显示板像素的较小装置通常对于实现较高分辨率是可取的, 并且还可取的是像素具有相对较低的纵横比, 这样可以兼得垂直分辨率和水平分辨率。另外, 在显示板中, 通常期望独立地控制每一像素的开关状态和强度。在发光板中, 较大的装置对于实现较高的填充因子和高的

总光输出通常是可取的,并且对于独立地控制不同的装置是开还是关是不太可取的,除了有可能作为控制强度的方式之外。此外,对于发光板的许多用途而言,高显色指数(CRI)是可取的,而在显示板中较少考虑CRI。通常按一般性CRI来报告CRI,其通常由Ra表示。相反,对于全彩色显示的不同颜色装置而言,实现特定的CIE坐标是可取的,而对于发光板则较少考虑特定的CIE坐标。

[0112] 当将OLED技术缩放到可用于一般照明目的的面区时会出现热问题。发光板上的局部加热可能会引起照明的非均匀性,并显著缩短板的寿命。近来,有关OLED发光板的热问题已变得更加显著,因为所需发光度已从 $3,000\text{lm}/\text{m}^2$ 增加到现在的 $9,000\text{lm}/\text{m}^2$ 或甚至到 $15,000\text{lm}/\text{m}^2$,以使OLED发光板能够与目前现有的荧光灯具竞争。但是,在这些较高的亮度水平下,热问题可能会很显著。

[0113] 为了理想地实现低的板操作温度(即,实现低接面温度以使有机材料的热加速降解最小化,和/或实现低表面温度以确保板冷却到可以触摸),业内人士建议增加散热器到板结构当中,如美国专利6,265,820中所述。PEW的Komoda在第七届有机半导体会议(英国伦敦,2009年9月28-30日)上介绍了一种OLED发光板,其中使用了热辐射技术以确保在2,000尼特下OLED板表面温度 $\leq 55^\circ\text{C}$ 。即使是使用了这种新技术,所报告的表面温度还是非常高。此外,业界报道称没有这种散热器的OLED发光板可能会具有高操作接面温度。描述热管理的其它参考文献包括:

[0114] Chung, S等人, Substrate thermal conductivity effect on heatdissipation and lifetime improvement of organic light-emittingdiodes, Applied Physics Letters 94(2009)253302-1-253302-3。

[0115] 美国能源部, Lighting Research and Development BuildingTechnologies Program, Solid State Lighting Research and Development: Multi-Year Program Plan, 2010年3月,第1-136页。

[0116] U.S.Department of Energy Solid State Light Manufacturing R&DWorkshop Preparatory Materials,

[0117] ORBEOS™ for OLED Lighting, Preliminary Data, OSRAM, (2009-11-18) 第1-20页。

[0118] Novalled 演示了在金属基板上的可靠的OLED, 新闻发布稿, 德国德累斯顿, 2010年4月29日。

[0119] Franky So, University of Florida at 2010DOE Solid-State LightingR&D Workshop, 2010年2月2-4日举办于北卡罗莱纳州的罗利(参考Junji Kido在Plastic Electronics 2007的报告)。

[0120] 授予Ghosh等人的第6,265,820号美国专利。

[0121] 授予Cok的第7,205,718号美国专利。

[0122] 授予Sundahn的第6,777,870号美国专利。

[0123] 授予Cok的第7,049,745号美国专利。

[0124] 然而,散热装置或更一般而言的任何热管理结构可显著地增加OLED发光板的成本、重量和/或厚度。

[0125] 热管理结构的耐受性是其中OLED发光板与OLED显示板之间差异明显的另一领

域。显示板（特别是较大的显示板）往往用于较高端的消费型产品。在这种情况下，从设计和经济的角度来讲，可能合理的是略微增加成本以便整合热管理结构，并且与其它技术相比仍然具有竞争力。然而，在磷光 OLED 发光板（除了诸如荧光 OLED 发光板的技术以外，在市场上还与各种类型的灯泡竞争）中，增加热管理结构的成本可能相对更为显著。

[0126] 发明者已展示，通过使用具有高内量子效率的磷光 OLED 技术，几乎可以完全移除来自激子态的非辐射性衰变的加热。优选地，所有磷光装置的内量子效率为至少 70%，更优选为至少 90%，最优选为约 100%。100% 为内量子效率的任何范围的最高值。使用高内量子效率的磷光 OLED 使得温度能够比同等的荧光 OLED 板低，后者由于存在不能发光的激子的原因而固有地产生大量的热，并且经由其它机制的衰变通常涉及热的产生。此外，驱动 PHOLED 发光板所需的较低电流将减少在整个板区中分配电荷时的 I^2R 功率损耗和相关的热产生。

[0127] 具有所述内量子效率的磷光 OLED 是本领域中已知的，并且可以很容易地获得。文献中的例子包括以下参考文献中公开的装置：

[0128] Schwartz, G. 等人, Triple Harvesting in Hybrid White Organic Light-Emitting Diodes, Adv. Funct. Mater. (2009) 19, 1319-1333。

[0129] Reineke, S. 等人, White Organic Light-Emitting Diodes with Fluorescent Tube Efficiency, Nature (14 May 2009) 459, 234-239。

[0130] Xiao, L. 等人, Nearly 100% Internal Quantum Efficiency in an Organic Blue-Light Electrophosphorescent Device Using a Weak Electron Transporting Material with a Wide Energy Gap, Adv. Mater. (2009) 21, 1271-1274。

[0131] Williams, Evan 等人, Excimer-Based White Phosphorescent Organic Light Emitting Diodes with Nearly 100% Internal Quantum Efficiency, Adv. Mater. (2007) 19, 197-202。

[0132] Wang, Q. 等人, Harvesting Excitons Via Two Parallel Channels for Efficient White Organic LEDs with Nearly 100% Internal Quantum Efficiency: Fabrication and Emission-Mechanism Analysis, Adv. Funct. Mater. (2009) 19, 84-95。

[0133] Jeon, S. 等人, Theoretical maximum quantum Efficiency in Red Phosphorescent Organic Light-Emitting Diodes at a Low Doping concentration Using a Spirobenzofluorene Type Triplet Host Material, Organic Electronics (2010) 11, 881-886。

[0134] Sun, Y. 等人, Management of Singlet and Triplet Excitons for Efficient White Organic Light-Emitting Devices, Nature (2006 年 4 月 13 日) 440, 908-912。

[0135] Baldo, M. 等人, Highly Efficient Phosphorescent Emission From Organic Electroluminescent Devices, Nature (1998 年 9 月 10 日) 395, 151-154。

[0136] Sun, Y. 等人, Multiple Exciton Generation regions in Phosphorescent White Organic Light Emitting Devices, Organic Electronics (2008) 9, 994-1001。

[0137] Jeon, W. 等人, Low Roll-Off Efficiency Green Phosphorescent Organic Light-Emitting Devices with Simple Double Emissive Layer Structure, Applied Physics Letters (2008) 93, 063303-1-063303-3。

[0138] 这些参考文献中的许多描述了理想的内量子效率与具有理想的高 CRI 的装置的组合。

[0139] 此外,使用以光学方式耦合于每一装置的外部耦合增强体进一步减少了热产生。在没有任何外部耦合增强的标准装置构造中,所产生的光子中约 20% 逸出装置以对观察者产生光。余者以通常导致产生热的方式被反射、波导和 / 或吸收。外部耦合增强可用于减少这种热的产生。这样减少或避免了将排热设备嵌入 OLED 板内的成本和复杂化,并有助于其中在 $9,000\text{lm}/\text{m}^2$ 乃至 $15,000\text{lm}/\text{m}^2$ 的发光度下的发光板上的热升高可 $<10^\circ\text{C}$ 的设计。

[0140] 随着 OLED 发光板被开发用于一般的照明应用,并且被设计成用于 $9,000\text{lm}/\text{m}^2$ 至 $15,000\text{lm}/\text{m}^2$ 的发光度,业界正在考虑通过使用增加降低板温度的结构来降低这些板的操作表面温度和 / 或接面温度的装置。用于排除来自这些板的额外热的建议装置增加了板的成本、厚度、重量和复杂度并且是不可取的。使板在接近于室温下操作的一个原因是要延长板的寿命。OLED 会劣化,特别是在高亮度和在高温下。因此维持低的操作接面温度是可取的。作为一般性规则,OLED 劣化是速率取决于接面温度的化学反应。Ishii 和 Taga 先前的研究已表明,环境温度每升高 10°C ,装置的寿命减少大约 1.8 倍。

[0141] 发明者已发现,通过使用高效磷光 OLED 技术制作 OLED 发光板,在无需整合任何额外热管理结构的情况下,即使在 $9,000\text{lm}/\text{m}^2$ 至 $15,000\text{lm}/\text{m}^2$ 的发光度下,表面温度的操作升高和接面温度的操作升高均可小于 10°C 。这是意料之外的。 10°C 或以下的接面温度升高可延长板寿命,并且 10°C 或以下的表面温度升高可确保板不会太热而不能触摸。

[0142] 此外,对于任何给定的板布局而言,PHOLED 装置的较低电流要求将导致板均匀度的提高。

[0143] 由本发明所带来的低板接面温度的另一优点是,可以将更多的驱动电子装置整合到板本身上面。因为驱动电子装置会产生热,所以在常规的 OLED 发光板中,设置在板上的任何额外的电路将导致温度升高的增加,同时寿命损失,并因此使板的均匀度也损失。具有较低操作接面温度的 PHOLED 板可耐受由驱动电子装置在板上所产生的额外热,而不使其超过寿命将会明显缩短且非均匀性会变得明显的水平,例如 10°C 。

[0144] 优选地,由于 PHOLED 发光板上的汇流线和 PHOLED 电极的电阻所致的功率损耗各自为 5% 或更少,或更一般地总共小于 10%。电阻性功率损耗导致不可取的热产生。随着板面积的增加,对于另外类似的汇流线和电极构造而言,以百分比计的电阻性功率损耗通常也增加,因为平均载荷子沿电阻路径行进得更远。

[0145] 在此,“电阻性功率损耗”被定义为由于电荷从板与外界之间的电极接头传输到 OLED 的有源发射区而产生的功效损耗(以 lm/W 测量)。这可被视为是具有电阻性功率损耗的大面积光板与电阻性功率损耗可忽略不计的同等小面积像素之间的功效差。估计此功率损耗的一种方式是在相同的电流密度下操作时比较大面积光板与同等小面积像素的电压。应计算小面积像素和大面积光板的有源面积,并且通过包括所有光提取增强在内的积分球进行测量时,两者均应在对于板产生 $9,000\text{lm}/\text{m}^2$ 的电流密度下操作。对于相同的有机装置堆叠和光提取增强而言,每单位面积每单位电流的光输出大致恒定,因此功效差仅由操作电压的变化而产生。因此在传递相同电流密度时的操作电压之差可用于估计电阻性功率损耗。因此,对于 $<10\%$ 的总电阻性功率耗损,板的电压应当比同等小面积像素的电压高出不超过 10%。

[0146] 如本文中所用,在下述情况下小面积像素“同等”于大面积板:(1)小面积像素的有机堆叠基本上由大面积板的有机堆叠的有机层组成;(2)小面积像素的有机堆叠在结构上同等于大面积板的有机堆叠;和/或(3)小面积像素的有机堆叠在功能上同等于大面积板的有机堆叠。

[0147] 如本文中所用,如果预期小面积像素的有机堆叠具有与大面积板的有机堆叠类似的 JVL 特性(其中,“J”是电流密度,“V”是电压,且“L”是亮度),则小面积像素的有机堆叠“基本上由”大面积板的有机堆叠的有机层“组成”。也就是说,小面积像素的有机堆叠将以与大面积像素中的有机堆叠相同的方式起作用。使用此术语旨在包括如下的情况,其中各装置不是完全等同的,但差别仅包括(例如)层厚度的微小变化;层之一的浓度的微小变动;用已知以相同方式起作用的材料进行材料替换;和/或其它小的变动,以使本领域普通技术人员能理解,对于寿命测试的目的,各装置将以相同的方式起作用。此用语旨在涵盖这些情况以及不实质影响装置的特性和功能的其它差异。

[0148] 如本文中所用,如果第一有机堆叠包含与第二有机堆叠相同的材料,并且这些材料的厚度和浓度水平(虽然不必精确地等同)在实验误差范围内,则第一有机堆叠“在结构上同等于”第二有机堆叠。例如,第一有机堆叠的各层中的每一者的厚度和浓度可以在与第二有机堆叠中的相应层差 5% 的范围内。

[0149] 如本文中所用,如果第一有机堆叠包含与第二有机堆叠相同的层,仅有不显著影响有机堆叠的 JVL 特性的不同,则第一有机堆叠“在功能上同等于”第二有机堆叠。所述的不同可以是任意形式的,举例来说,如厚度、浓度和/或材料的差异。如果本领域技术人员确信可合理地使用来自一个装置的寿命数据来预测预期具有类似寿命的另一装置的寿命,则所述装置是“在功能上同等的”。

[0150] PHOLED 发光板中的电阻性功率损耗有两个主要成分:(1)归因于 OLED 电极中的薄层电阻的损耗;和(2)归因于沿汇流线的电荷传输的损耗。归因于 OLED 电极中的薄层电阻的功率损耗主要发生于透明电极中。对于最常见的 OLED 构造,其如设置在基板上的 ITO 阳极(或其它透明导电氧化物)和金属阴极,归因于 OLED 电极中的薄层电阻的电阻性功率损耗几乎全在阳极中,并且在计算中忽略阴极的电阻是合理的。

[0151] 随着像素尺寸增加,阳极的薄层电阻引起导致 I^2R 功率损耗的电势降。如果将 TCO 薄层分成由高导电性汇流线所围绕的较小的个别“像素”,则可减少电阻性功率损耗。可优化汇流线宽度、厚度和材料的选择以使电阻性功率损耗最小化。然而,沿与较小像素相关联的额外汇流线的电荷传输也产生热。

[0152] 可采用基本的建模和简单的计算来确定:

[0153] a) 每一“像素”可取的最大尺寸

[0154] b) 对每一“像素”提供电流的汇流线的可取的尺寸和材料

[0155] 基本的建模做这样的假设,即电流在整个板架构中是均匀的。这一假设是“最坏情况”的情形,并导致计算的电阻性功率损耗过高。本文中稍后描述的更复杂的建模摒弃了这一假设。电流在整个板架构中有可能不是均匀的,因为(例如)并不是所有的电荷都行进至板区的中心。确切地说,在装置的边缘周围所发射的光有可能归因于未行进更远进入板区的载荷子的重组。然而,基本建模可用于计算粗略的近似值。

[0156] 作为计算归因于电极中的薄层电阻的电阻性功率损耗的例子,假定

- [0157] 像素亮度 $L=2,000\text{cd}/\text{m}^2$
- [0158] ($2,000\text{cd}/\text{m}^2$ 的亮度约同等于 $6,000\text{lm}/\text{m}^2$ 的发光度)
- [0159] 发光效率 $LE=60\text{cd}/\text{A}$
- [0160] 操作电压 $=4.0\text{V}$
- [0161] 方形像素在所有边上被汇流线接触
- [0162] ITO 薄层电阻 $=10\ \Omega/\text{sq}$ 。
- [0163] 像素的功率需求 $=I \times V$
- [0164] 功率 $=[2,000\text{cd}/\text{m}^2/60\text{cd}/\text{A}] \times [\text{像素面积 } \text{m}^2] \times 4.0\text{V}=66.66\text{W}/\text{m}^2 \times \text{像素面积}$
- [0165] 因此,对于 $<5\%$ 的功率损耗而言,功率损耗 $<6.66\text{W}/\text{m}^2 \times \text{像素面积}$ 。
- [0166] 功率损耗 $=I^2R$
- [0167] $I^2R=(\text{像素面积})^2 \times J^2R=(\text{像素面积})^2 \times [2,000\text{cd}/\text{m}^2/600\text{cd}/\text{A}]^2 \times 10\ \Omega=(\text{像素面积})^2 \times 11,111.11\text{W}/\text{m}^4$
- [0168] 因此, $(\text{像素面积})^2 \times 11,111.11\text{W}/\text{m}^4 < 6.66\text{W}/\text{m}^2 \times \text{像素面积}$
- [0169] 像素面积 $\times 11,111.11\text{W}/\text{m}^2 < 6.66\text{W}/\text{m}^2$
- [0170] 像素面积 $<5.994\text{cm}^2$
- [0171] 因此,对于方形布局而言,每一 ITO 像素有源发射区优选 $<2.45\text{cm} \times 2.45\text{cm}$ 。
- [0172] 要注意的是,对于具有一半 $LE(=30\text{cd}/\text{A})$ 的荧光像素而言,使用基本建模的假设,仅一半像素区可能有相同的亮度非均匀度。
- [0173] 上述的基本建模是一种简化,其可用于初步评估电阻性功率损耗。在此简单模型中,假设电流 (I) 在整个电极中是恒定的。在真实装置中,随着电势降增加,电流将减小。这导致在电极电阻较高之处的电流减小,此又导致在整个像素中的亮度非均匀性。此外,载荷子在有源发射区中重组以形成激子态。因此,在距电极接头较远距离处,需要传输较少的电荷。因此,上述的简单模型是计算可取的像素尺寸的最坏情况的情形。在更高级的模型中,可考虑整个像素中的电流变化,并且对于相同的电阻性功率损耗而言,这导致对像素面积进行更大和更准确的估计。
- [0174] 作为使用简单模型计算归因于汇流线中的电阻的电阻性功率损耗的例子,假设:
- [0175] $1\text{cm} \times 1\text{cm}$ 像素面积
- [0176] $1\text{cm} \times 1\text{cm}$ 像素的 15×15 阵列 - 总有源面积 $=225\text{cm}^2$
- [0177] 像素亮度 $L=2,000\text{cd}/\text{m}^2$
- [0178] 发光功效 $LE=60\text{cd}/\text{A}$
- [0179] 操作电压 $=4.0\text{V}$
- [0180] 电流在汇流线的两端(即,发光板 2 侧的阳极接头)被提供给汇流线
- [0181] $\rho=2.44 \times 10^{-8}\ \Omega\text{m}$ 的金汇流线
- [0182] 沿每一汇流线的电流 $=[2,000\text{cd}/\text{m}^2/60\text{cd}/\text{A}] \times [0.01\text{m} \times 0.075\text{m}]/2=12.5\text{mA}$
- [0183] 由每一汇流线提供的功率 $=I \times V=12.5\text{mA} \times 4\text{V}=50\text{mW}$
- [0184] 如果我们想要由于汇流线中的电阻性损耗产生 $<5\%$ 的功率损耗,则沿汇流线的 I^2R 功率损耗 $<2.5\text{mW}$ 。
- [0185] $R=\rho L/A$
- [0186] $I^2R < 2.5\text{mW}$, 则 $(0.0125\text{A})^2 \times (2.44 \times 10^{-8}\ \Omega\text{m} \times 0.075\text{m}/\text{汇流线面积}) < 2.5\text{mW}$

[0187] 汇流线面积 $>1.14 \times 10^{-10} \text{ m}^2$

[0188] 因此,对于宽度为 0.1mm 的金汇流线而言,汇流线厚度 $>1.14 \mu\text{m}$ 对应于 $<5\%$ 的电阻性功率损耗。

[0189] 前面段落中描述的汇流线中的薄层电阻的简单模型是一种简化,其可用于初步评估电阻性功率损耗。在此简单模型中,假设电流 (I) 沿汇流线是恒定的。在真实装置中,随着电势降增加,电流将减小。这导致在电极电阻较高之处的电流减小,此又导致沿汇流线的亮度非均匀性。此外,载荷子在有源发射区中重组以形成激子态。因此,在沿汇流线较远距离处需要传输较少的电荷。因此,前面段落中描述的简单模型是对于汇流线的最坏情况的情形。在更高级的模型中,必须包括沿汇流线的电流变化。

[0190] 对于任何给定的像素和汇流线构造而言,可以很容易地进行类似的计算。例如,基于电极和汇流线材料及尺寸可以很容易并简便地计算电阻性功率损耗的大小。这种计算可用于确定例如对于给定汇流线和像素几何形状的板面积,高于此则电阻性功率损耗超过 10%,或者确定是否任何特定的板在 OLED 电极和汇流线中具有超过 10% 的电阻性功率损耗。优选地,连同板的尺寸选择汇流线和电极的材料及尺寸,使得汇流线和 OLED 电极中的总电阻性损耗小于 10%。

[0191] 对于许多常见的材料和几何形状而言,这种计算的结果将大致如上所述。由计算可以看出,对于相对为电阻性的透明导电氧化物电极而言,并且对于所使用的典型材料而言,优选的是第一电极上的每一点均在距第一电极电连接的汇流线的约 2cm 内。这是描述了预期 TCO (透明导电氧化物) 电极中的电阻性功率损耗小于 5% 的许多几何形状的合理估计。

[0192] 可采用更高级的建模以考虑整个电极中的电流变化。

[0193] 在考虑整个电极中的电流变化的建模中,采用具有特定电极接头的方形像素。要理解的是,可以很容易地将这些结果扩展到其它构造。所述像素具有沿一个边缘接触 OLED 的阳极的汇流线和沿相对边缘接触 OLED 的阴极的汇流线。阳极和阴极由 OLED 的有机层隔开。假设阳极具有显著的电阻 (通常其将为 TCO,如铟锡氧化物),而阴极的电阻被忽略 (通常其将为金属)。图 8 示出如模型中所使用的 OLED 的阳极。阳极 800 是边长为 d 的方形。所示图 8 中的纵横比不一定是准确的。阳极 800 沿边缘 810 连接于汇流线。OLED 的阴极 (未示出) 也是边长为 d 的方形,并且通过 OLED 的有机层与阳极隔开,其沿边缘 820 连接于汇流线。为建模的目的,将阳极 800 分成编号为 1 至 n 的 n 个条带。每一条带具有由下标指示的相关联的电流 I、电压 V 和亮度 L,如此条带“i”具有电流 I_i 、电压 V_i 和亮度 L_i 。

[0194] 使用所述模型,输入为:(a) 对于已知有源面积的同等小面积像素的 JVL 关系;(b) 阳极的薄层电阻 (以 Ω/sq 为单位的 R);(c) 来自大面积光板的所需平均亮度;(d) 光提取增强;和 (e) 所需的亮度均匀度。然后所述模型针对所需的平均亮度和亮度均匀度计算从阳极到阴极接头的距离 (用“d”表示)。

[0195] 所述模型工作原理如下:

[0196] 将像素区分成一系列等宽的条带。邻近于阳极接头的条带为条带 n,邻近于阴极接头的条带为条带 1。第一条带具有电流 $=I_1=J_1 \times$ 条带面积,电压 $=V_1$ 且亮度 $=L_1$ 。第二条带具有电压 $=V_2=V_1+(I_1 \times R/n)$,其中 n 是条带总数且 d 是从阳极接头到阴极接头的距离。对于在该实施例中计算的数目而言,n=100。这考虑了整个第一条带中的电压降。第三条带具有

电压 $V_3 = V_2 + (I_2 \times R/n)$, 以此类推, 直到具有 $V_n = V_{n-1} + (I_{n-1} \times R/n)$ 的第 n 条带。对每一条带可计算电压 V_i 。然后可将同等小面积测试像素的 JVL 曲线用于确定对于给定 V_i 的每一条带的 I_i 和 L_i 。使用所述模型, 可以改变 d 和 L_i , 直至记录到所需的平均亮度和整个板中的亮度均匀度。在此实施例中并且在本文件的通篇中, 亮度均匀度被定义为 $(L_{\max}(L_n) - L_{\min}(L_1)) / L_{\max}(L_n)$ 。采用此定义, 亮度均匀度的较低值对应于越来越均匀发射的板区。平均亮度被定义为:

$$[0197] \quad L_{av} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n L_i$$

[0198] 一旦已确定 d 和 L_i , 则可计算每一条带的 V_i 、 I_i 和 L_i , 并用于确定给定平均亮度和亮度非均匀度的大面积板功效 (lm/W)。这由下式给出:

[0199]

$$\eta_{\text{板}} = \frac{\pi}{V} \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{J_i}$$

[0200] 然后可在相同的平均亮度下比较板功效与像素功效以估计具有特定装置架构的板的电阻性功率损耗。

[0201] 表 3 示出对通用显示器公司 (“UDC”) 制造和测试的具有图 5 中所示架构的小面积磷光白色 OLED 像素所测量的 JVL 数据。此输入数据用于在各种条件下计算高效磷光光板的 d 和电阻性功率损耗。此计算的结果示于表 1。表 4 示出通过假设发光效率低 $2.5 \times$ 而计算的同等小面积白色 OLED 像素的 JVL 数据。这大致为对同等荧光装置可预期的。此输入数据用于在各种条件下计算荧光光板的 d 和电阻性功率损耗。此计算的结果示于表 2。要注意的是, 像素尺寸已被估计为 $(2 \times d)^2$, 其假设可以在像素的两个边缘上制作阳极接头, 并且像素是方形的。所有的数据包括 $1.5 \times$ 外部耦合增强。

[0202] 表 1: 具有磷光发射体的大面积光板的模拟结果

[0203]

亮度均匀度	平均亮度(包括外部耦合) [cd/m ²]	薄层电阻 [Ω/sq]	离阳极接头的最远距离 (d)[cm]	计算的像素面积(2×d) ² [cm ²]	板功效 [lm/W]	像素功效 [lm/W]	计算的像素面积的电阻性功率损耗 [%]
10 %	3,000	10	1.45	8.45	41.24	41.60	0.865%
20 %	3,000	10	2.15	18.43	40.83	41.60	1.851%
10 %	3,000	15	1.19	5.62	41.24	41.60	0.865%
20 %	3,000	15	1.75	12.30	40.83	41.60	1.851%
10 %	3,000	20	1.03	4.23	41.24	41.60	0.865%
20 %	3,000	20	1.52	9.21	40.83	41.60	1.851 %
10 %	5,000	10	1.24	6.15	37.67	38.04	0.973 %
20 %	5,000	10	1.84	13.49	37.23	38.04	2.129 %
10 %	5,000	15	1.01	4.12	37.67	38.04	0.973 %
20 %	5,000	15	1.50	8.98	37.23	38.04	2.129 %
10 %	5,000	20	0.88	3.07	37.67	38.04	0.973 %
20 %	5,000	20	1.30	6.75	37.23	38.04	2.129 %

[0204] 表 2 :具有荧光发射体的大面积光板的模拟结果

[0205]

亮度均匀度	平均亮度(包括外部耦合) [cd/m ²]	薄层电阻 [Ω/sq]	离阳极接头的最远距离(d) [cm]	计算的像素面积(2×d) ² [cm ²]	板功效 [lm/W]	像素功效 [lm/W]	计算的像素面积的电阻性功率损耗 [%]
10 %	3,000	10	1.10	4.88	13.79	13.94	1.078%
20 %	3,000	10	1.63	10.69	13.60	13.94	2.439%
10 %	3,000	15	0.90	3.25	13.79	13.94	1.078%
20 %	3,000	15	1.34	7.13	13.60	13.94	2.439%
10 %	3,000	20	0.78	2.44	13.79	13.94	1.078%

[0206]

20 %	3,000	20	1.16	5.35	13.60	13.94	2.439%
10 %	5,000	10	0.98	3.83	11.94	12.10	1.322%
20 %	5,000	10	1.45	8.42	11.74	12.10	2.975%
10 %	5,000	15	0.80	2.54	11.94	12.10	1.322%
20 %	5,000	15	1.18	5.61	11.74	12.10	2.975%
10 %	5,000	20	0.69	1.91	11.94	12.10	1.322%
20 %	5,000	20	1.03	4.21	11.74	12.10	2.975%

[0207] 从表 1 和 2 中可以看出,电阻性功率损耗的显著性低于亮度非均匀度。这是因为电流优先流过电势降最小之处,因此在电势降最大之处暗淡。在 $3,000\text{cd/m}^2$ (大致等同于 $9,000\text{lm/m}^2$) 下操作时,像素面积 $=12.30\text{cm}^2$ 且阳极薄层电阻 $=15\ \Omega/\text{sq}$ 的磷光板可具有 20% 的亮度均匀度,电阻性功率损耗为 1.851%。发光效率低 $2.5\times$ 的同等荧光板具有 20% 的亮度均匀度,较小的像素面积 $=7.13\text{cm}^2$,且电阻性功率损耗 $=2.439\%$ 。

[0208] 此模型显示使用高效磷光发射体代替低效荧光发射体的两个明显的优势。首先,对于相同的亮度非均匀度可实现较小的电阻性功率损耗。其次,对于相同的电阻性功率损耗(或亮度非均匀度)可实现较大的像素尺寸。这使板上能有较大的像素尺寸,其意味着使用磷光发射体的板填充因子可较高,这使得能够有高发光度 (lm/m^2),高发光度在功效、操作寿命和制造成本方面具有优势。

[0209] 要注意的是,考虑非均匀电流的此模型比初始模型高级。然而,它不可能考虑到所有的相关因素。例如,该模型没考虑操作电压随界面温度升高(其由于整个板中的非均匀加热而产生)的减小。尽管如此,该模型可用于显示大面积光板性能的一般趋势,并合理地计算优选的参数。

[0210] 表 3:磷光像素的 JVL 数据 - 用于计算表 1 中的数据。

[0211]

像素面积 [cm ²]	电压 [V]	电流密度 [mA/cm ²]	亮度 [cd/m ²]
0.02	0.2	0.00	0
0.02	0.4	0.00	0
0.02	0.6	0.00	0
0.02	0.8	0.00	0
0.02	1.0	0.00	0
0.02	1.2	0.00	0
0.02	1.4	0.00	0
0.02	1.6	0.00	0
0.02	1.8	0.00	0
0.02	2.0	0.00	0
0.02	2.2	0.00	0
0.02	2.4	0.00	0
0.02	2.6	0.00	0
0.02	2.8	0.01	2
0.02	3.0	0.03	10
0.02	3.2	0.11	43
0.02	3.4	0.35	143
0.02	3.6	0.90	363
0.02	3.8	1.89	749
0.02	4.0	3.36	1,310
0.02	4.2	5.31	2,030
0.02	4.4	7.76	2,900
0.02	4.6	10.70	3,930
0.02	4.8	14.20	5,100
0.02	5.0	18.20	6,420
0.02	5.2	22.90	7,890
0.02	5.4	28.20	9,510
0.02	5.6	34.20	11,300
0.02	5.8	41.00	13,200
0.02	6.0	48.60	15,300
0.02	6.2	57.30	17,500
0.02	6.4	66.80	19,900
0.02	6.6	77.30	22,500
0.02	6.8	88.90	25,200
0.02	7.0	102.00	28,000
0.02	7.2	116.00	31,000
0.02	7.4	131.00	34,100
0.02	7.6	148.00	37,400
0.02	7.8	166.00	40,800
0.02	8.0	187.00	44,400

[0212] 表 4: 荧光像素的 JVL 数据 - 用于计算表 2 中的数据。发光效率比磷光像素的低 2.5×。

[0213]

像素面积 [cm ²]	电压 [V]	电流密度 [mA/cm ²]	亮度 [cd/m ²]
0.02	0.2	0.00	0
0.02	0.4	0.00	0
0.02	0.6	0.00	0
0.02	0.8	0.00	0
0.02	1.0	0.00	0
0.02	1.2	0.00	0
0.02	1.4	0.00	0
0.02	1.6	0.00	0
0.02	1.8	0.00	0
0.02	2.0	0.00	0
0.02	2.2	0.00	0
0.02	2.4	0.00	0
0.02	2.6	0.00	0
0.02	2.8	0.01	1
0.02	3.0	0.03	4
0.02	3.2	0.11	17
0.02	3.4	0.35	58
0.02	3.6	0.90	145
0.02	3.8	1.89	300
0.02	4.0	3.36	524
0.02	4.2	5.31	812
0.02	4.4	7.76	1160
0.02	4.6	10.70	1572
0.02	4.8	14.20	2040
0.02	5.0	18.20	2568
0.02	5.2	22.90	3156
0.02	5.4	28.20	3804
0.02	5.6	34.20	4520
0.02	5.8	41.00	5280
0.02	6.0	48.60	6120
0.02	6.2	57.30	7000
0.02	6.4	66.80	7960
0.02	6.6	77.30	9000
0.02	6.8	88.90	10080
0.02	7.0	102.00	11200
0.02	7.2	116.00	12400
0.02	7.4	131.00	13640
0.02	7.6	148.00	14960
0.02	7.8	166.00	16320
0.02	8.0	187.00	17760

[0214] 图 3 示出基板 310 上的发光板的板布局。由六个条带 320 界定有源区。每一条带长 4.9cm 且宽 6.5mm。各条带之间有 2mm 的间隔。

[0215] 图 4 示出基板 410 上的发光板的板布局。由十五个条带 420 界定有源区。每一条带长 60mm 且宽 6.9mm。各条带之间有 1.6mm 的间隔。

[0216] 如本文中所用,用于以“每单位面积的流明”为单位量化发光度的“面积”是由板上的有源区的轮廓所界定的表面的板面积。板面积包括有源发射装置区和装置之间的区域两者,这区别于仅是装置表面面积(装置表面面积将是“填充因子”乘以由有源区的轮

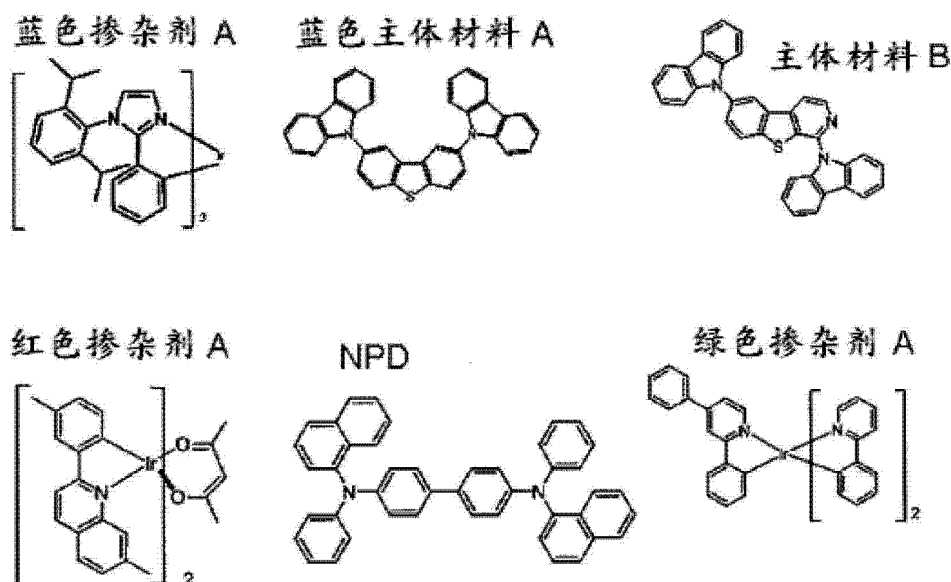
廓所界定的面积)。该“面积”不一定是总基板面积,总基板面积可包括围绕周边没有未包括在由有源区的轮廓所界定的表面中的装置的显著区域。例如,关于图 4,用于计算图 6 和 7 的曲线的发光度的相关“面积”为 (15 个条带) $(60\text{mm} \times 6.9\text{mm}) + (\text{装置之间的 } 14 \text{ 个区域}) (60\text{mm} \times 1.6\text{mm}) = 7554\text{mm}^2$ 。这微小于总基板面积 $140\text{mm} \times 71.75\text{mm} = 10045\text{mm}^2$,其中的差归因于有源区的轮廓外部的区域。虽然由有源区的轮廓所界定的表面的面积为 7554mm^2 ,但比较而言的有源面积仅为 $15 \text{ 个条带} \times 6.9\text{mm} \times 60\text{mm} = 6210\text{mm}^2$ 。因此板的填充因子将是 $6210/7554 = 82.2\%$ 。

[0217] 图 5 示出示例性装置架构。装置是通过 VTE 沉积到 $140\text{mm} \times 71.75\text{mm}$ 的基板上面的。有源区由在 VTE 沉积之前沉积到阳极上面的聚酰亚胺格栅所界定。有源区布局示于图 4。装置是在玻璃基板 510 上制造的,并且按顺序包括阳极 520 ($1200 \text{ \AA}$ 厚的 ITO)、空穴注入层 530 ($100 \text{ \AA}$ 厚的 LG101,可得自韩国的 LG Chemicals)、空穴传输层 540 ($450 \text{ \AA}$ 厚的 NPd)、第一发射层 550 (掺杂有 30% 绿色掺杂剂 A 和 0.6% 红色掺杂剂 A 的 $200 \text{ \AA}$ 厚的主体材料 B)、第二发射层 560 (掺杂有 25% 蓝色掺杂剂 A 的 $75 \text{ \AA}$ 厚的蓝色主体材料 A)、阻挡层 570 ($50 \text{ \AA}$ 厚的蓝色主体材料 A)、电子传输层 580 (40% LG201 (可得自韩国的 LG Chemicals) 和 60% LiQ 的 $450 \text{ \AA}$ 厚的层) 及电子注入层和阴极 590 ($10 \text{ \AA}$ 厚的 LiQ (羟基喹啉锂) 层和 $1000 \text{ \AA}$ 厚的 Al 层)。

[0218] 图 5 的示例性装置架构中的所有发射材料均为磷光的,并且在同一装置中包括三种不同的有机发射材料。其它优选的装置架构可涉及使用一种或多种颜色的荧光发射材料,最优选蓝色。其它优选的架构也可以独立地涉及针对不同发射材料的单独装置。

[0219] 以下示出用于图 5 中的示例性装置的每种材料的化学结构:

[0220]



[0221] 对示例性装置测定的表面温度

[0222] 图 6 示出对于两个发光板的表面温度对亮度的曲线。由空心方形表示的 UDC OLED 板是具有图 5 中所示的装置架构和图 4 中所示的板布局的 $140\text{mm} \times 71.75\text{mm}$ 磷光 OLED 发光板。该板具有 $<2.0\text{mm}$ 的总厚度,包括所有的封装和光提取系统。在 $12,300\text{lm/m}^2$ 下操作时,该板具有总电致发光光谱,所述总电致发光光谱提供具有 $\text{CRI}_a=80$ 、 $\text{CCT}=3045\text{K}$ 与

CIE 1931 (x, y)=(0.445, 0.426) 和 $Duv=0.0075$ 的发射。由实心圆圈表示的 OSRAM ORBEOS 发光板是可商购的同等荧光发光板, 并且使用所有的有机荧光发射体。该板具有总厚度 2.1mm, 包括所有的封装和光提取系统。在 $2,790\text{lm}/\text{m}^2$ 下操作时, 该板具有总电致发光光谱, 所述总电致发光光谱提供具有 $\text{CRI Ra}=73$ 、 $\text{CCT}=2715\text{K}$ 与 CIE 1931 (x, y)=(0.472, 0.435) 和 $Duv=0.0075$ 的发射。板区封闭于直径 $=79\text{mm}$ 的圆圈中。用于计算 $1\text{m}/\text{m}^2$ 的板面积为 49.02mm^2 。这不同于大约为 45.59mm^2 的有源面积 (给出 93% 的填充因子) 和大约为 63.45cm^2 的基板总面积。

[0223] 图 7 示出对于有关图 6 所讨论的两个发光板的功率功效对亮度的曲线。

[0224] 图 6 示出对于 $140\text{mm} \times 71.75\text{mm}$ OLED 发光板 (其功效示于图 7) 的表面温度升高对亮度的关系。图 6 中显示的数据汇总于下表 5(a) 和 (b)。对于全板照明观察到表面温度的 12.0°C 温度升高, 从不照明时的 23.8°C 到发光度为 $12,300\text{lm}/\text{m}^2$ 时的 35.8°C 。在 $12,300\text{lm}/\text{m}^2$ 下, 功率效率 $=36.9\text{lm}/\text{W}$ 。在 $12,300\text{lm}/\text{m}^2$ 下的表面温度比环境室温高 12°C 。这种低表面温度使得板寿命能够极长。图 6 还示出在相同表面温度下操作的同等荧光发光板的数据。对于全板照明观察到表面温度的 22.8°C 升高, 从不照明时的 22.4°C 到发光度为 $13,950\text{lm}/\text{m}^2$ 时的 45.2°C 。在 $13,950\text{lm}/\text{m}^2$ 下的功率效率 $=15.8\text{lm}/\text{W}$ 。两个板均包括与玻璃表面光学接触放置的光提取层。通过光提取层发射光。对于两个板而言, 光提取层使板的光输出增加 ~ 1.5 倍。

[0225] 表 5 示出对磷光和荧光 OLED 发光板测定的板表面温度和功效对发光度的关系。

[0226] 表 5(a): 磷光 OLED 发光板

[0227]

发光度 [lm/m^2]	功效 [lm/W]	板表面温度 [$^\circ\text{C}$]	温度升高 [$^\circ\text{C}$]
0		23.8	
2460	49.8	25.2	1.4
4920	44.4	28.2	4.4
7380	40.5	30.4	6.6
9840	38.7	33.4	9.6
12300	36.9	35.8	12.0

[0228] 表 5(b): OSRAM ORBEOS 荧光 OLED 发光板

[0229]

发光度 [lm/m ²]	功效 [lm/W]	板表面温度 [°C]	温度升高 [°C]
0		22.4	
2790	19.3	27.5	5.1
5580	18.4	30.5	8.1
8370	16.9	36	13.6
11160	16	40.1	17.7
13950	15.8	45.2	22.8

[0230] 对示例性装置计算的接面温度

[0231] 利用上面描述并示于表 5(a) 的用于测量表面温度的相同示例性装置, 发明者还针对使用另一种方法的相同装置计算了对于亮度 / 发光度值范围的接面温度, 该另一种方法详细描述在系列号为 13/047220 的美国申请中, 该申请的内容全文以引用的方式并入。又对于此示例性装置而言, 图 4 中示出了板布局, OLED 装置堆叠示于图 5, 上面在 ¶148 中描述了有机材料, 并且该示例性装置具有的板填充因子为 82%。

[0232] 将示例性 OLED 光板放入环境温度可控的环境中。如本文中所用, 术语“环境温度”是在没有归因于电流密度的加热的情况下 (或在一些实施方案中, 在没有材料加热的情况下, 对于一些装置而言, 材料加热是导致接面温度升高大于 1°C 的加热) 的有机装置的温度。在一些实施方案中, 这可以是周围环境的温度 (例如, 室温或烘箱中的温度)。在一些实施方案中, 可将有机装置放在加热板上面, 并且可将有机基板的上表面 (即, 上面设置有机装置的基板表面) 的温度用作有机装置或板的环境温度。这对于直接自加热板获取温度来说是优选的, 因为最有可能在整个基板中存在明显的温度降。

[0233] 然后对板施加 $=0.1\text{mA}/\text{cm}^2$ 的非加热电流密度, 并在一系列环境温度下测量电压。数据示于图 9, 其中用电压对绝对温度作图。为了将电压与温度相关, 无机 LED 业界有时采用的简单方法是以直线拟合数据点。然后由线的梯度给出 $1/K$, 其中 K 是由 $\Delta T_j = K \times \Delta V$ 给出的 K - 因子。 ΔT_j 是示例性装置的接面温度变化, 且 ΔV 是在整个板中测量的电压变化。对于 OLED 发光板采用此方法, 示例性装置的 K - 因子值经确定是, 对于该板在 $0.1\text{mA}/\text{cm}^2$ 下, $K=136.612^\circ\text{C}/\text{V}$ 。图 9 中所示的虚线为外推至 20°C 的最佳拟合直线。该直线提供了对数据点的合理拟合, 最小二乘法拟合 $=99.01\%$ 。

[0234] 一种替代方法是以指数曲线拟合数据点。这以图 10 中的虚线显示。该曲线遵循方程式 $V=\exp[-T/73.044]+2.6459$, 最小二乘法拟合 $R^2=99.99\%$ 。此 Arrhenius 关系被认为是至少部分地由于 OLED 装置堆叠中的有机材料中的电荷传输的温度依赖性产生的, 其中热活化跳跃被认为是主要的机制。当测量 OLED 接面温度时, 这往往是优选的方法, 因为在 OLED 中, 板电压和温度通常遵循 Arrhenius 关系, 而不是近似的线性关系。

[0235] 在确定示例性装置的接面温度的此示例性方法中, 由发明者进行的下一步是确定板电压的变化, 然后可将其用于确定接面温度。这是通过测量在 $J=0.1\text{mA}/\text{cm}^2$ 的电流密度下的初始电压 (V_1) 来进行的。然后发明者在表 6 中所示的一系列发光度值下照射示例性

OLED 光板(即,通过提供加热电流密度)。对于这些发光度水平中的每一者而言,在整个示例性装置中的电压(部分地由于对装置提供的电流的增加引起板的加热的原因,该电压处在低于初始电压水平 V_1 的电压值)已稳定后,然后将电流密度降回到 $J=0.1\text{mA}/\text{cm}^2$ 。然后测量整个板中的电压 (V_4)。此数据示于表 6。在表 6 中采用上述的两种拟合方法(线性和指数)计算接面温度。采用线性拟合确定 ΔT_j ,然后可将其用于方程式 $T_j=RT+\Delta T_j$ 。这示于第 5 和第 6 栏。指数拟合可用于简单地通过将 V_4 代入到所述曲线的方程中来确定 T_j 。

[0236] 表 6:磷光 OLED 发光板-接面温度数据。

[0237]

发光度 [lm/m ²]	V_1 [V]	V_4 [V]	ΔV (V_1-V_4) [V]	ΔT_j [°C] 线性拟合	T_j [°C] [RT+ ΔT_j] 线性拟合	T_j [°C] 指数拟合
2,460	3.346	3.340	0.006	0.8	20.8	20.6
4,920	3.346	3.318	0.028	3.8	23.8	22.9
7,380	3.346	3.294	0.052	7.1	27.1	25.6
9,840	3.346	3.281	0.065	8.9	28.9	27.1
12,300	3.346	3.266	0.080	10.9	30.9	28.8

[0238] 从在示例性装置的表面处测量的温度升高(示于表 5(a))与在示例性装置的接面处计算的温度升高(采用 2 种拟合方法示于表 6)的比较可以看出,两个数据组非常一致。应当注意的是,用于接面温度测量(20°C)的室温(RT)显著低于表面温度测量的温度(23.8°C),这可解释这些温度测量中的每一者的绝对温度之间的一些差异。

[0239] 例如,在 9,840lm/m² 下,表面温度升高经测量为 9.6°C,而接面温度升高经测量为 8.9°C(线性拟合)或 7.1°C(指数拟合)。这表明在不使用热管理结构的情况下,有可能制造出当在 9,000lm/m² 下操作时具有小于 10°C 的接面温度升高的 OLED 光板。

[0240] 还应当注意的是,在上述的测量中,测定的表面温度是示例性装置的最高表面温度,因为测量是在中心条带的中心进行。所确定的接面温度值是跨越整个 OLED 光板的平均接面温度。

[0241] 然后在具有大致等于 20°C 的环境温度的环境中在 12,300lm/m² 下操作同样的示例性 OLED 光板。如图 11 中所示,在 7 个不同位置处进行表面温度测量。点 4 处的表面温度经测量为 32.6°C,其比室温高 12.6°C。这与先前在环境温度大致等于 23.8°C 的环境中所测量的 12.1°C 的值(示于表 5(a))形成对比。所有 7 个测量点的平均表面温度为 29.5°C,其比环境温度高 9.5°C。相比较而言,计算的平均接面温度为 30.9°C(线性拟合)或 28.8°C(指数拟合),在相同条件下,其比环境温度高 10.9°C(线性拟合)或高 8.8°C(指数拟合)。这些数字都是一致的。如上所述,预期平均接面温度高于平均表面温度,这部分是由于板区内的非发射区和玻璃基板的热阻的原因。在此例中并未清楚地看到这一效果,这部分是因为表面温度测量仅在发光条带的中心进行,未在温度低很多的条带外边缘处进行。

[0242] 要理解的是,本文中所描述的各实施方案仅是举例说明,并非旨在限制本发明的

范围。例如,在不脱离本发明实质的情况下,可以用其它材料和结构来替换本文中描述的许多材料和结构。因此对本领域技术人员显而易见的是,请求保护的本发明可包括本文所描述的特定实施例和优选实施方案的变化形式。要理解的是,有关本发明原理的各种理论并非旨在具有限制意义。

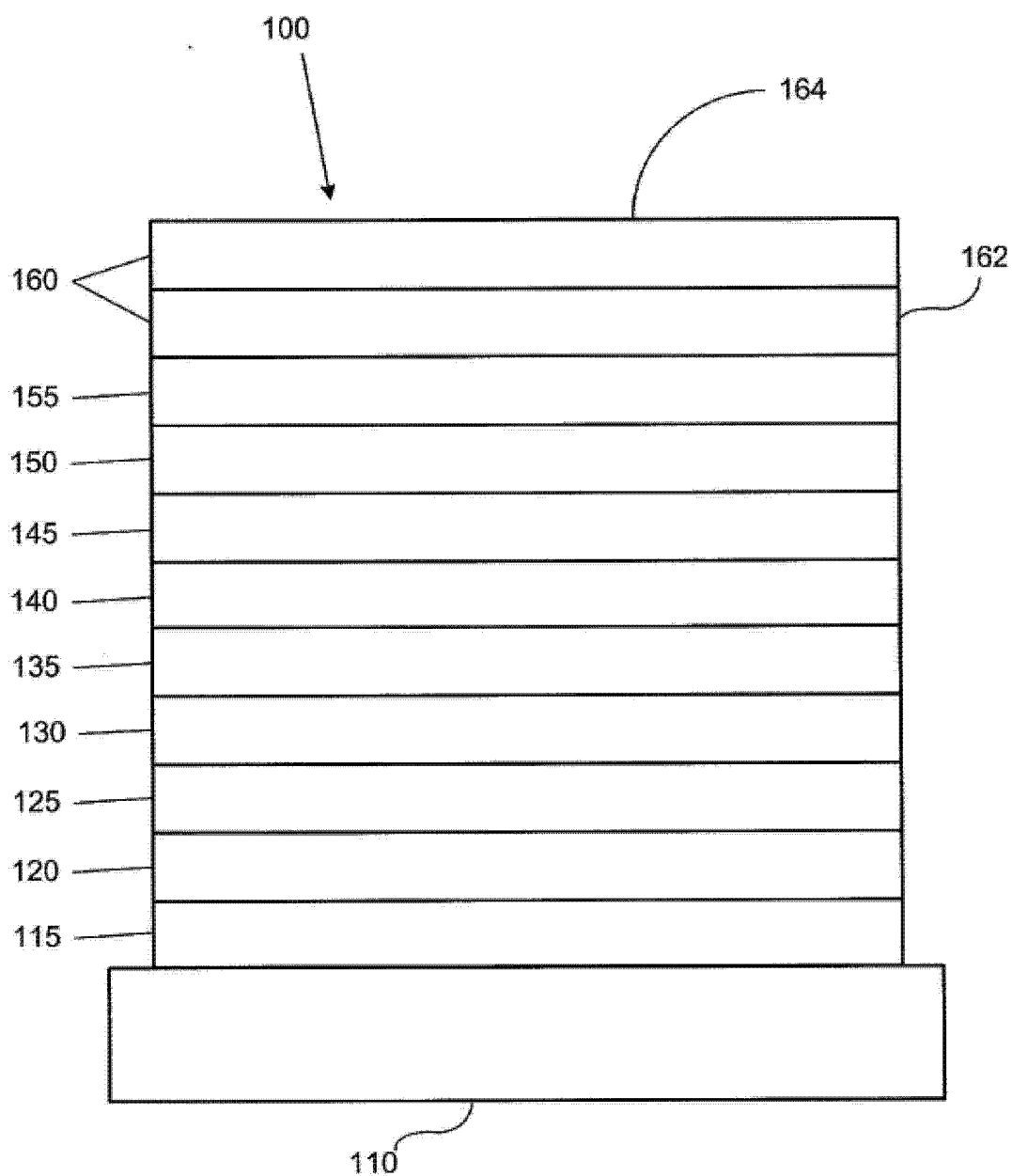


图 1

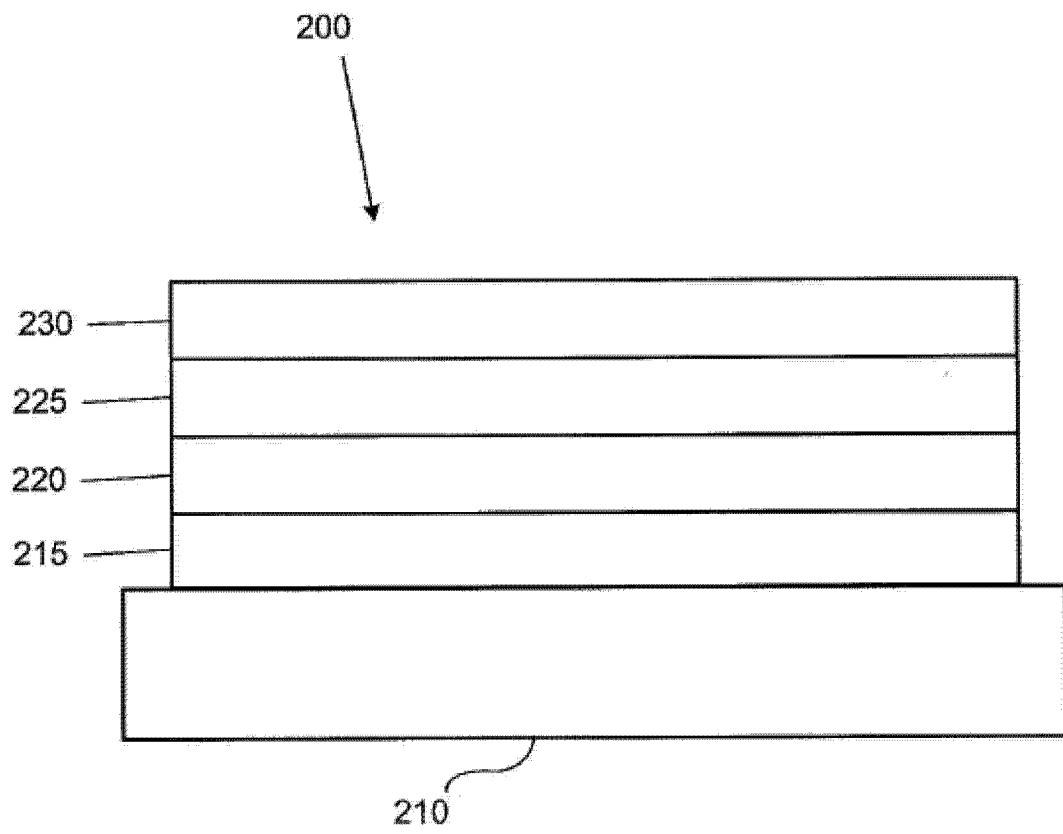


图 2

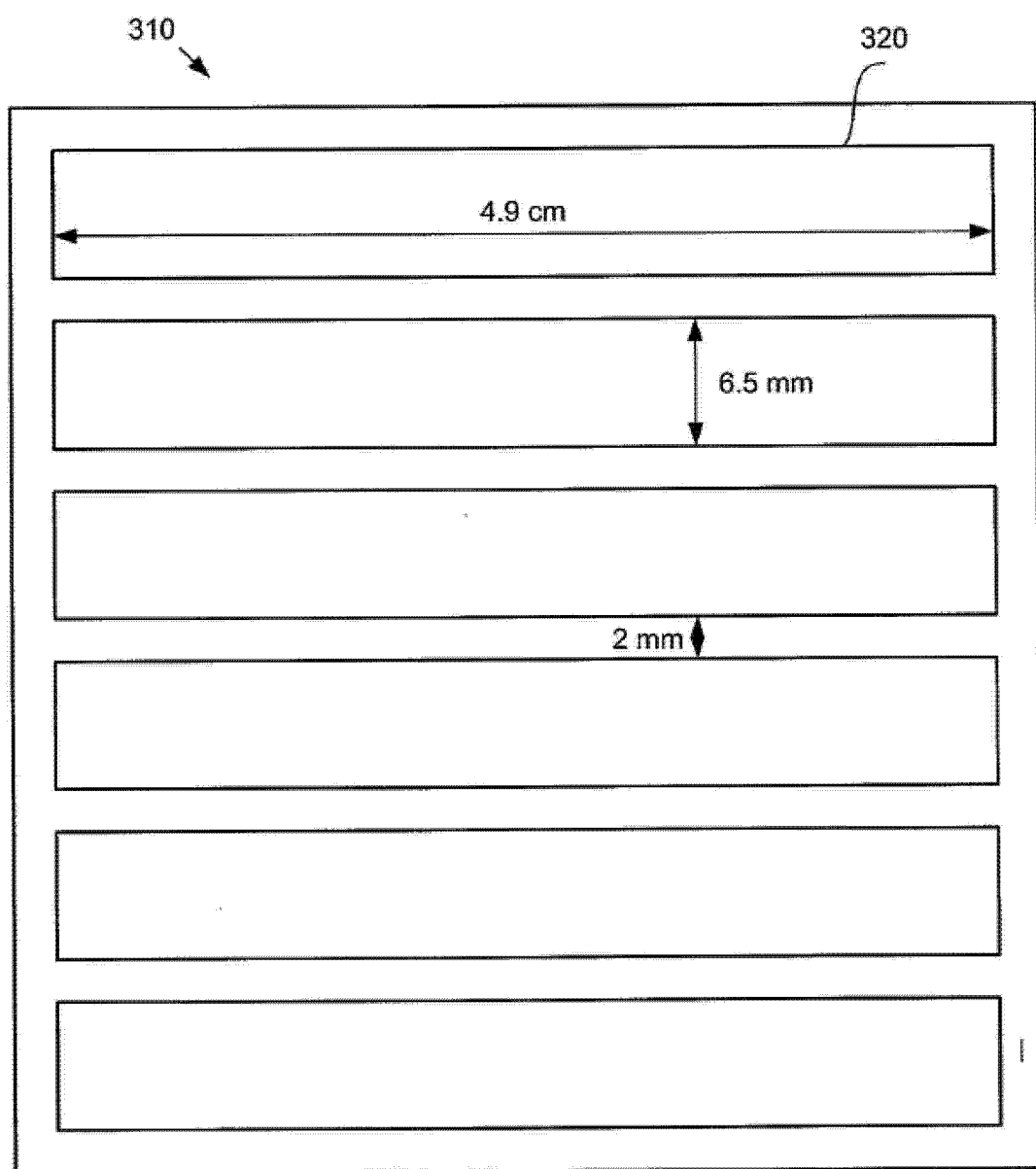


图 3

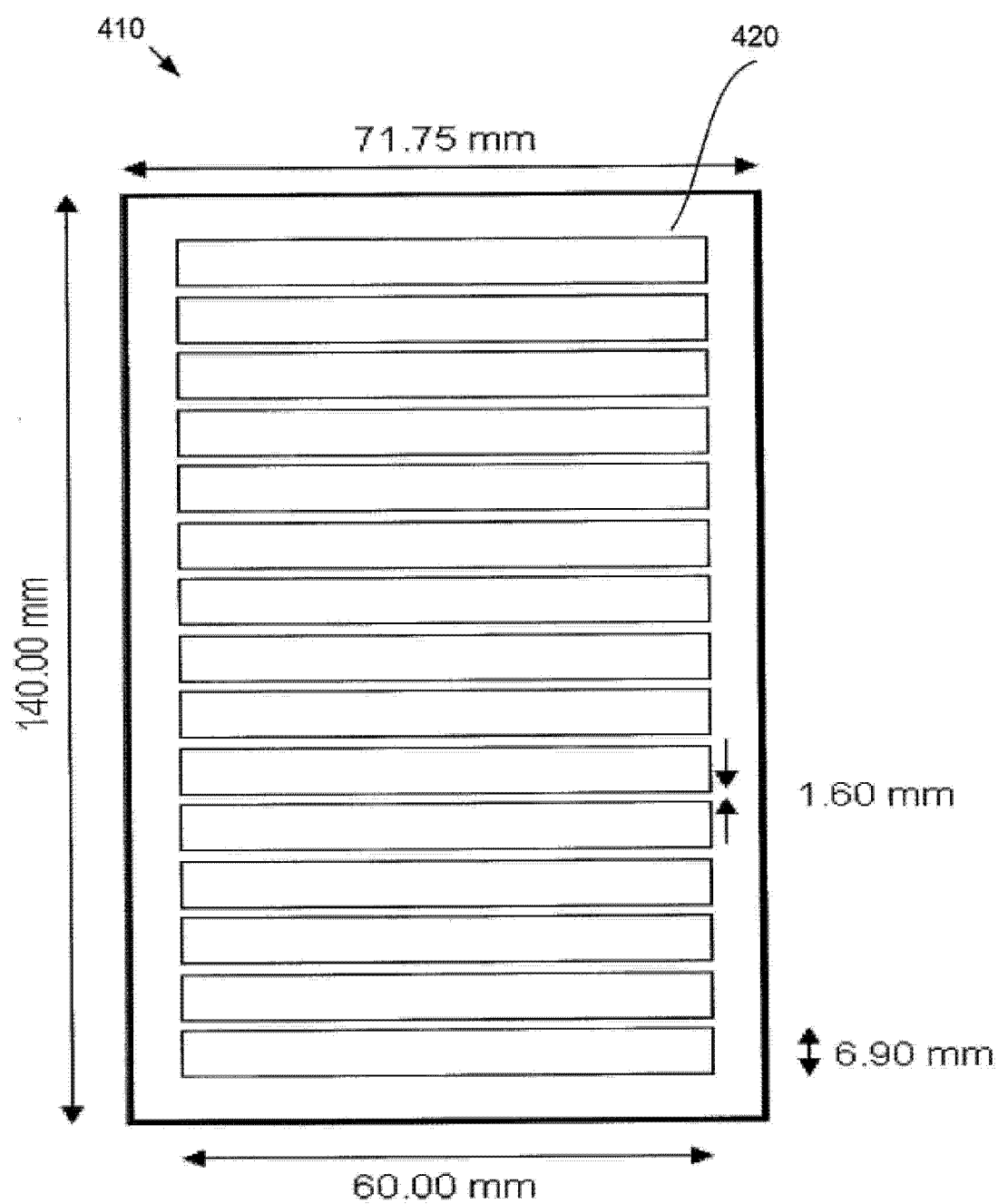


图 4

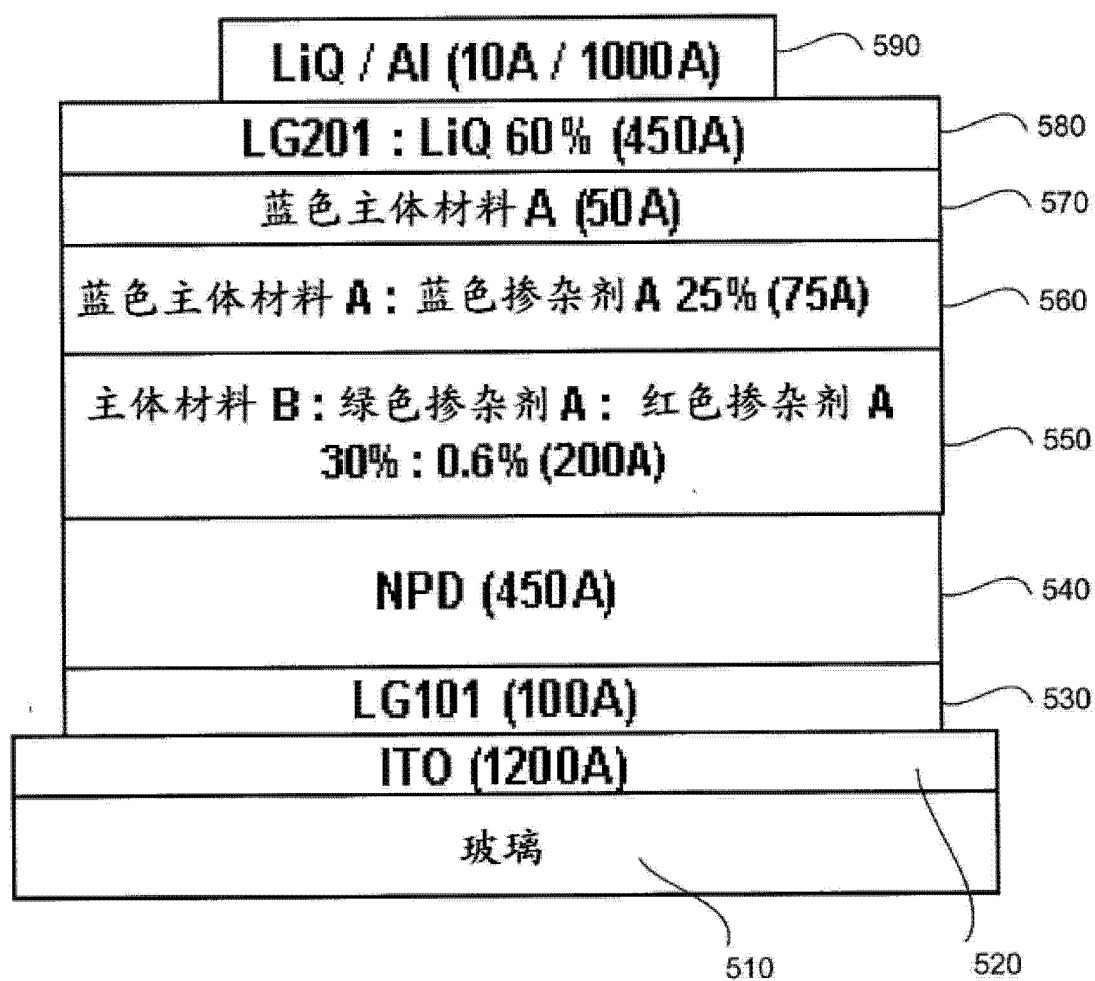


图 5

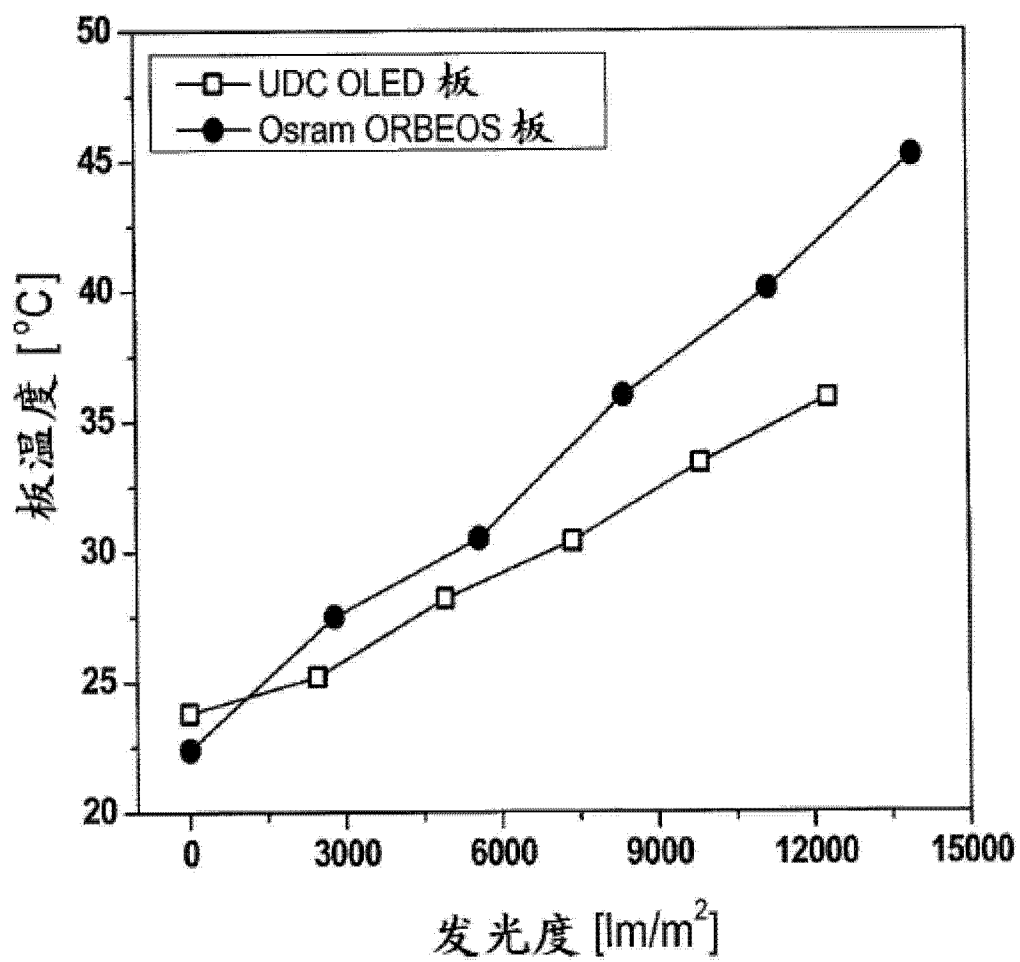


图 6

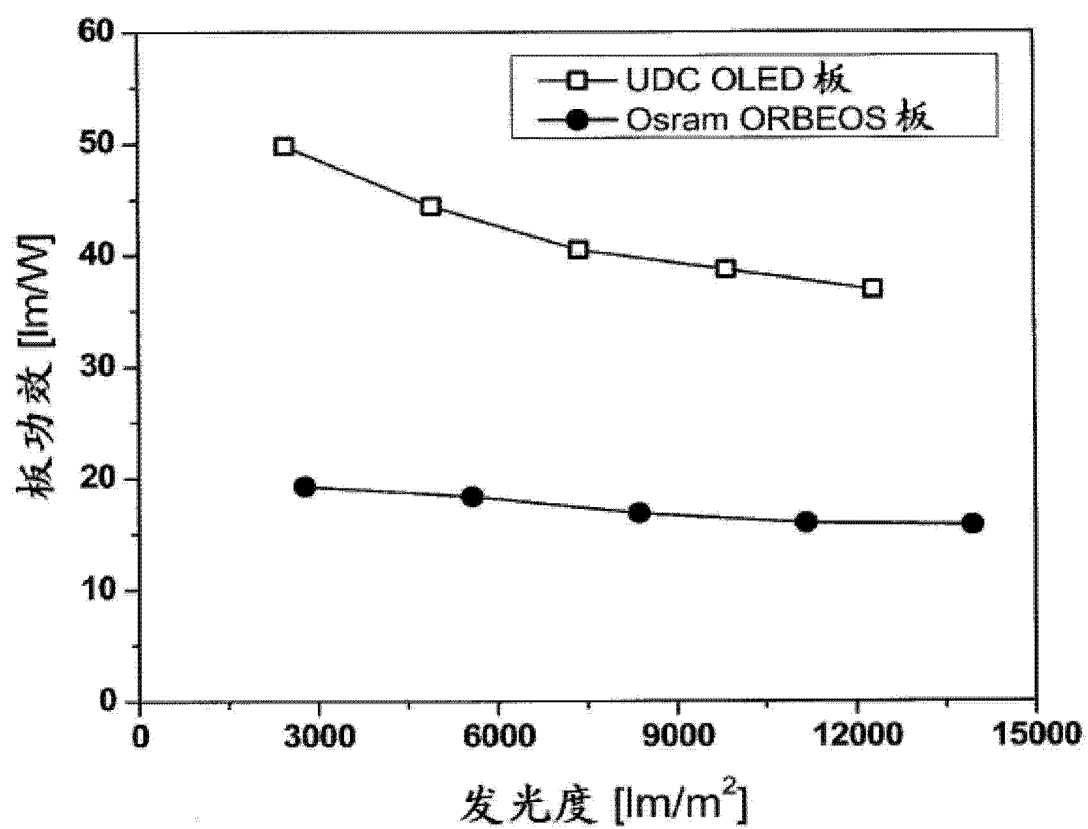


图 7

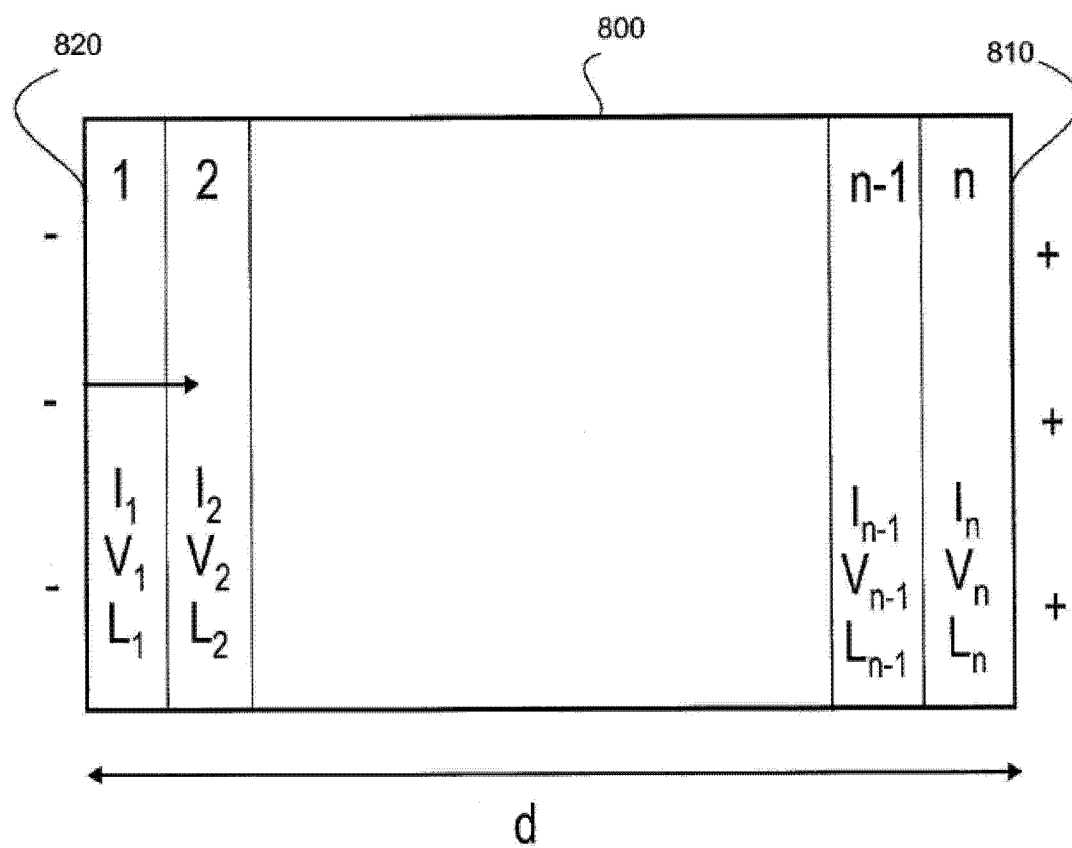


图 8

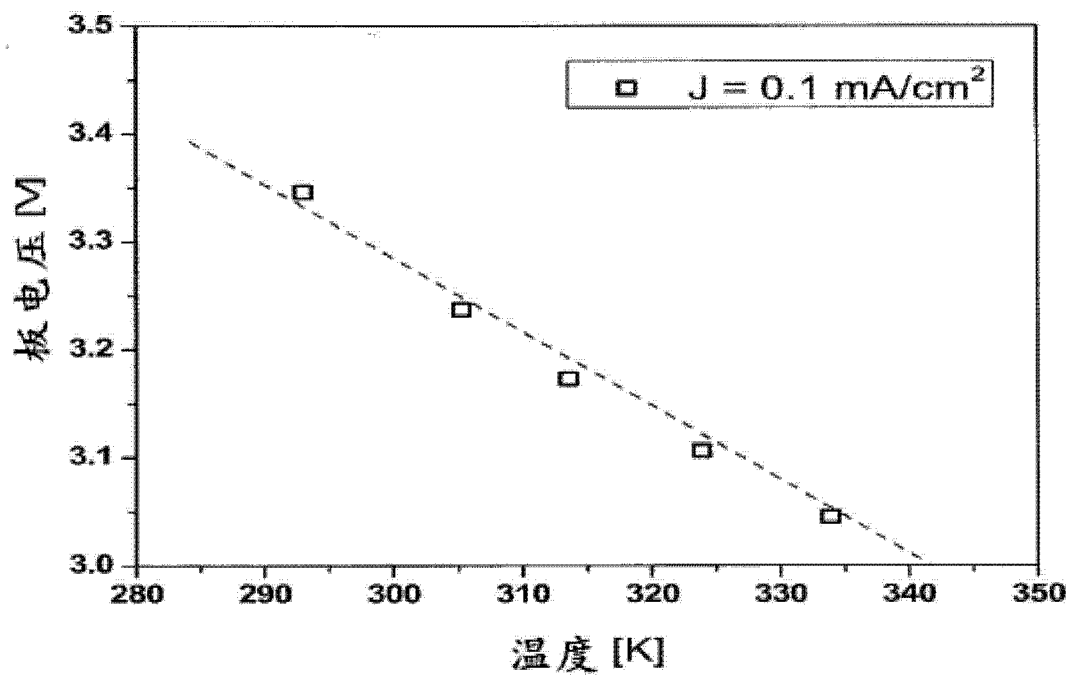


图 9

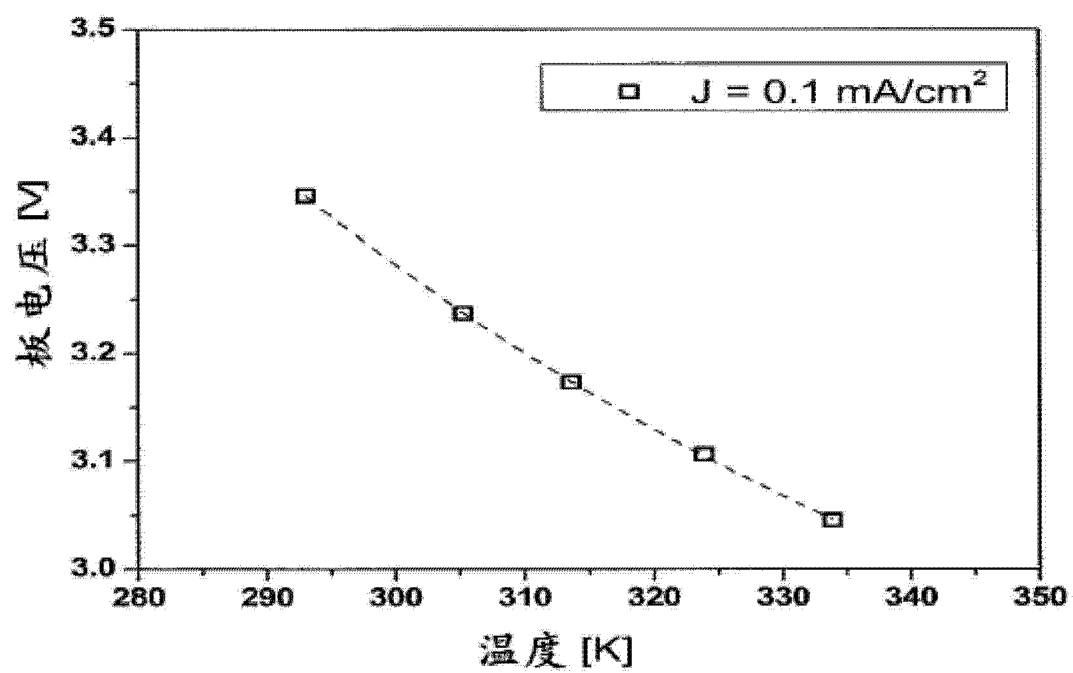


图 10

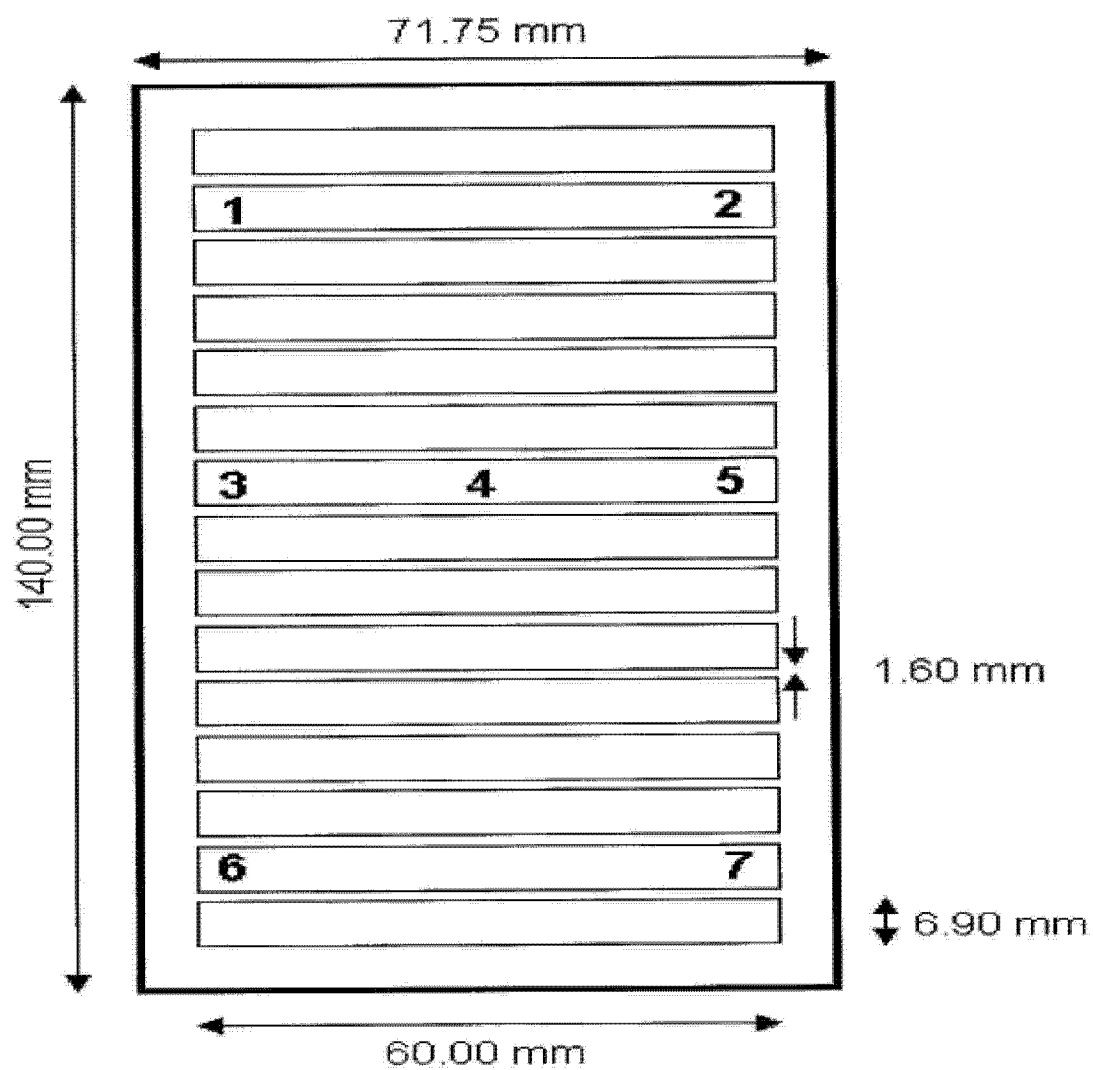


图 11