



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104716265 A

(43) 申请公布日 2015. 06. 17

(21) 申请号 201510144863. 0

(22) 申请日 2015. 03. 30

(71) 申请人 京东方科技集团股份有限公司

地址 100015 北京市朝阳区酒仙桥路 10 号

(72) 发明人 万想

(74) 专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理有限公司 11112

代理人 彭瑞欣 陈源

(51) Int. Cl.

H01L 51/50(2006. 01)

H01L 51/52(2006. 01)

H01L 27/32(2006. 01)

H01L 51/56(2006. 01)

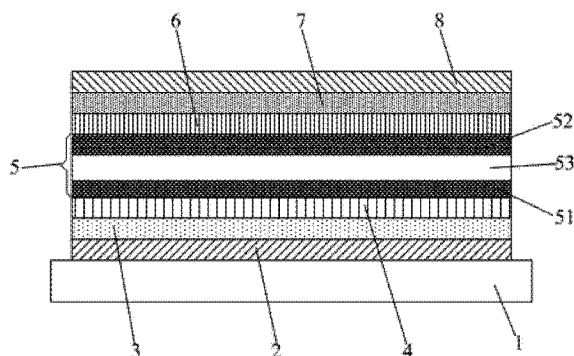
权利要求书1页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

蓝光有机电致发光器件及制备方法、显示面板和显示装置

(57) 摘要

本发明提供一种蓝光有机电致发光器件及制备方法、显示面板和显示装置。该蓝光有机电致发光器件包括：基板以及依次设置在基板上的阳极、空穴注入层、空穴传输层、发光层、电子传输层、电子注入层和阴极，发光层包括下表层、上表层和中间层；下表层、上表层和中间层的主发光体中均掺杂有客发光体，下表层的掺杂浓度大于中间层的掺杂浓度和上表层的掺杂浓度大于中间层的掺杂浓度；或者，下表层的掺杂浓度大于中间层的掺杂浓度，上表层的掺杂浓度等于中间层的掺杂浓度；或者，上表层的掺杂浓度大于中间层的掺杂浓度，下表层的掺杂浓度等于中间层的掺杂浓度。该蓝光有机电致发光器件的功耗大大降低；效率大大提高。



1. 一种蓝光有机电致发光器件,包括:基板以及依次设置在所述基板上的阳极、空穴注入层、空穴传输层、发光层、电子传输层、电子注入层和阴极,其特征在于,所述发光层包括靠近所述空穴传输层一侧的下表层、靠近所述电子传输层一侧的上表层和夹设于所述上表层和所述下表层之间的中间层;所述下表层、所述上表层和所述中间层的主发光体中均掺杂有客发光体,

所述下表层的掺杂浓度大于所述中间层的掺杂浓度和所述上表层的掺杂浓度大于所述中间层的掺杂浓度;

或者,所述下表层的掺杂浓度大于所述中间层的掺杂浓度,所述上表层的掺杂浓度等于所述中间层的掺杂浓度;

或者,所述上表层的掺杂浓度大于所述中间层的掺杂浓度,所述下表层的掺杂浓度等于所述中间层的掺杂浓度。

2. 根据权利要求1所述的蓝光有机电致发光器件,其特征在于,所述中间层的掺杂浓度范围为4% -8%,所述下表层和所述上表层的掺杂浓度范围均为20% -50%。

3. 根据权利要求1所述的蓝光有机电致发光器件,其特征在于,所述中间层和所述上表层的掺杂浓度范围均为4% -8%,所述下表层的掺杂浓度范围为20% -50%。

4. 根据权利要求1所述的蓝光有机电致发光器件,其特征在于,所述中间层和所述下表层的掺杂浓度范围均为4% -8%,所述上表层的掺杂浓度范围为20% -50%。

5. 根据权利要求1-4任意一项所述的蓝光有机电致发光器件,其特征在于,所述下表层的厚度范围为1-2nm。

6. 根据权利要求1-4任意一项所述的蓝光有机电致发光器件,其特征在于,所述上表层的厚度范围为2-3nm。

7. 根据权利要求1-4任意一项所述的蓝光有机电致发光器件,其特征在于,所述中间层的厚度范围为20-30nm。

8. 根据权利要求1-4任意一项所述的蓝光有机电致发光器件,其特征在于,所述主发光体采用n型有机半导体材料,所述客发光体采用p型有机半导体材料。

9. 一种显示面板,其特征在于,包括权利要求1-8任意一项所述的蓝光有机电致发光器件。

10. 一种显示装置,其特征在于,包括权利要求9所述的显示面板。

11. 一种蓝光有机电致发光器件的制备方法,包括:在基板上依次形成阳极、空穴注入层、空穴传输层、发光层、电子传输层、电子注入层和阴极,所述发光层包括靠近所述空穴传输层一侧的下表层、靠近所述电子传输层一侧的上表层和夹设于所述上表层和所述下表层之间的中间层,其特征在于,形成所述发光层具体包括:

在所述下表层、所述上表层和所述中间层的主发光体中分别掺杂客发光体,所述下表层的掺杂浓度大于所述中间层的掺杂浓度和所述上表层的掺杂浓度大于所述中间层的掺杂浓度;

或者,所述下表层的掺杂浓度大于所述中间层的掺杂浓度,所述上表层的掺杂浓度等于所述中间层的掺杂浓度;

或者,所述上表层的掺杂浓度大于所述中间层的掺杂浓度,所述下表层的掺杂浓度等于所述中间层的掺杂浓度。

蓝光有机电致发光器件及制备方法、显示面板和显示装置

技术领域

[0001] 本发明涉及显示技术领域,具体地,涉及一种蓝光有机电致发光器件及制备方法、显示面板和显示装置。

背景技术

[0002] 有机电致发光二极管 OLED(Organic Light Emitting Diode) 显示器件具有全固态,自发光,对比度高,视角宽等特点,是继液晶显示器件 LCD(Liquid Crystal Display) 后的下一代平板显示技术。

[0003] OLED 显示器件中通常设置有红光有机电致发光二极管(即红光 OLED)、绿光有机电致发光二极管(即绿光 OLED) 和蓝光有机电致发光二极管(即蓝光 OLED),通过发红色光、绿色光和蓝色光的有机电致发光二极管实现 OLED 显示器件的彩色显示。

[0004] 低功耗,高效率一直是 OLED 显示器件的重要指标。目前,降低 OLED 显示器件的功耗并提高其效率可通过降低 OLED 显示器件中蓝光 OLED 的功耗并提高蓝光 OLED 的效率来实现。但降低蓝光 OLED 的功耗和提高蓝光 OLED 的效率总是无法同时实现,这使得 OLED 显示器件的低功耗和高效率也无法同时实现。

发明内容

[0005] 本发明针对现有技术中存在的上述技术问题,提供一种蓝光有机电致发光器件及制备方法、显示面板和显示装置。该蓝光有机电致发光器件通过使下表层和上表层至少一个中客发光体的掺杂浓度大于中间层中客发光体的掺杂浓度,能使激发蓝光有机电致发光器件发光的电压大大降低,从而使蓝光有机电致发光器件的功耗大大降低;同时,还能使激子复合区域向发光层的中心移动,从而使由空穴和电子结合而成的激子的复合区域与空穴传输层之间不存在界面态,进而减少了激子猝灭现象的出现,使蓝光有机电致发光器件的效率大大提高。

[0006] 本发明提供一种蓝光有机电致发光器件,包括:基板以及依次设置在所述基板上的阳极、空穴注入层、空穴传输层、发光层、电子传输层、电子注入层和阴极,所述发光层包括靠近所述空穴传输层一侧的下表层、靠近所述电子传输层一侧的上表层和夹设于所述上表层和所述下表层之间的中间层;所述下表层、所述上表层和所述中间层的主发光体中均掺杂有客发光体,

[0007] 所述下表层的掺杂浓度大于所述中间层的掺杂浓度和所述上表层的掺杂浓度大于所述中间层的掺杂浓度;

[0008] 或者,所述下表层的掺杂浓度大于所述中间层的掺杂浓度,所述上表层的掺杂浓度等于所述中间层的掺杂浓度;

[0009] 或者,所述上表层的掺杂浓度大于所述中间层的掺杂浓度,所述下表层的掺杂浓度等于所述中间层的掺杂浓度。

[0010] 优选地,所述中间层的掺杂浓度范围为 4% -8%,所述下表层和所述上表层的掺

杂浓度范围均为 20% -50%。

[0011] 优选地,所述中间层和所述上表层的掺杂浓度范围均为 4% -8%,所述下表层的掺杂浓度范围为 20% -50%。

[0012] 优选地,所述中间层和所述下表层的掺杂浓度范围均为 4% -8%,所述上表层的掺杂浓度范围为 20% -50%。

[0013] 优选地,所述下表层的厚度范围为 1-2nm。

[0014] 优选地,所述上表层的厚度范围为 2-3nm。

[0015] 优选地,所述中间层的厚度范围为 20-30nm。

[0016] 优选地,所述主发光体采用 n 型有机半导体材料,所述客发光体采用 p 型有机半导体材料。

[0017] 本发明还提供一种显示面板,包括上述蓝光有机电致发光器件。

[0018] 本发明还提供一种显示装置,包括上述显示面板。

[0019] 本发明还提供一种蓝光有机电致发光器件的制备方法,包括:在基板上依次形成阳极、空穴注入层、空穴传输层、发光层、电子传输层、电子注入层和阴极,所述发光层包括靠近所述空穴传输层一侧的下表层、靠近所述电子传输层一侧的上表层和夹设于所述上表层和所述下表层之间的中间层,形成所述发光层具体包括:

[0020] 在所述下表层、所述上表层和所述中间层的主发光体中分别掺杂客发光体,所述下表层的掺杂浓度大于所述中间层的掺杂浓度和所述上表层的掺杂浓度大于所述中间层的掺杂浓度;

[0021] 或者,所述下表层的掺杂浓度大于所述中间层的掺杂浓度,所述上表层的掺杂浓度等于所述中间层的掺杂浓度;

[0022] 或者,所述上表层的掺杂浓度大于所述中间层的掺杂浓度,所述下表层的掺杂浓度等于所述中间层的掺杂浓度。

[0023] 本发明的有益效果:本发明所提供的蓝光有机电致发光器件,通过使下表层和上表层至少一个中客发光体的掺杂浓度大于中间层中客发光体的掺杂浓度,能使激发蓝光有机电致发光器件发光的电压大大降低,从而使蓝光有机电致发光器件的功耗大大降低;同时,还能使激子复合区域向发光层的中心移动,从而使由空穴和电子结合而成的激子的复合区域与空穴传输层之间不存在界面态,进而减少了激子猝灭现象的出现,使蓝光有机电致发光器件的效率大大提高。

[0024] 本发明所提供的显示面板,通过采用上述蓝光有机电致发光器件,不仅降低了功耗,而且还提高了效率。本发明所提供的显示装置,通过采用上述显示面板,不仅降低了功耗,而且还提高了效率。

附图说明

[0025] 图 1 为对比例中发光层的客发光体材料的掺杂浓度为 4% -8% 和 50% 时蓝光有机电致发光器件的电压 - 电流密度变化曲线图;

[0026] 图 2 为本发明实施例 1 中蓝光有机电致发光器件的结构剖视图;

[0027] 图 3 为本发明实施例 2 中蓝光有机电致发光器件的结构剖视图;

[0028] 图 4 为本发明实施例 3 中蓝光有机电致发光器件的结构剖视图。

[0029] 其中的附图标记说明：

[0030] 1. 基板 ;2. 阳极 ;3. 空穴注入层 ;4. 空穴传输层 ;5. 发光层 ;51. 下表层 ;52. 上表层 ;53. 中间层 ;6. 电子传输层 ;7. 电子注入层 ;8. 阴极。

具体实施方式

[0031] 为使本领域的技术人员更好地理解本发明的技术方案,下面结合附图和具体实施方式对本发明所提供的一种蓝光有机电致发光器件及制备方法、显示面板和显示装置作进一步详细描述。

[0032] 对比例：

[0033] 为了解决现有技术中存在的问题,我们做了大量实验。如:为了降低蓝光 OLED 的功耗,蓝光 OLED 的发光层通常是将发光效率高的客发光体材料微量并均匀掺杂在主发光体材料中,如图 1 所示,当客发光体材料在主发光体材料中的掺杂浓度为 4% -8% 时,蓝光 OLED 的电压 - 电流密度变化曲线如图 1 中的虚线所示,掺杂浓度为 4% -8% 时虽然提高了蓝光 OLED 的效率,但蓝光 OLED 的电压提高了,不利于蓝光 OLED 用于显示。但如果客发光体材料在主发光体材料中的均匀掺杂浓度过高,如当客发光体材料在主发光体材料中的掺杂浓度为 50% 时,蓝光 OLED 的电压 - 电流密度变化曲线如图 1 中的实线所示,相比于 4% -8% 的掺杂浓度,蓝光 OLED 的电压降低了 8.4%,但由于 50% 的掺杂浓度是将客发光体材料均匀掺杂到主发光体材料中的掺杂浓度,当均匀掺杂的掺杂浓度为 50% 以上时很容易导致浓度猝灭效应以致蓝光 OLED 的效率降低。

[0034] 另外,由于主发光体材料一般只传输一种载流子,如电子,所以激子(激子是由空穴和电子结合而成)复合区域一般更靠近蓝光 OLED 中的空穴传输层,由此很容易导致激子复合区域与空穴传输层之间的界面态的存在,从而导致激子猝灭并使激发蓝光 OLED 发光的电压提高,激子猝灭同样会使蓝光 OLED 的效率降低,而激发蓝光 OLED 发光的电压提高会直接导致蓝光 OLED 的功耗提高,这些都不利于 OLED 显示器件功耗的降低以及效率的提高。

[0035] 实施例 1：

[0036] 本实施例提供一种蓝光有机电致发光器件,如图 2 所示,包括:基板 1 以及依次设置在基板 1 上的阳极 2、空穴注入层 3、空穴传输层 4、发光层 5、电子传输层 6、电子注入层 7 和阴极 8,发光层 5 包括靠近空穴传输层 4 一侧的下表层 51、靠近电子传输层 6 一侧的上表层 52 和夹设于上表层 52 和下表层 51 之间的中间层 53;下表层 51、上表层 52 和中间层 53 的主发光体中均掺杂有客发光体;下表层 51 的掺杂浓度大于中间层 53 的掺杂浓度和上表层 52 的掺杂浓度大于中间层 53 的掺杂浓度。

[0037] 发光层 5 的上述设置,能使激发蓝光有机电致发光器件发光的电压大大降低,从而使蓝光有机电致发光器件的功耗大大降低;同时,发光层 5 的上述设置还能使激子复合区域向发光层 5 的中心移动,从而使由空穴和电子结合而成的激子的复合区域与空穴传输层 4 之间不存在界面态,进而减少了激子猝灭现象的出现,使蓝光有机电致发光器件的效率大大提高。

[0038] 本实施例中,中间层 53 的掺杂浓度范围为 4% -8%,下表层 51 的掺杂浓度范围为 20% -50%。下表层 51 的厚度范围为 1-2nm。上表层 52 的掺杂浓度范围为 20% -50%。上表层 52 的厚度范围为 2-3nm。如此设置,能够提高空穴在发光层 5 中的迁移速率,提高

电子和空穴的注入平衡,降低蓝光有机电致发光器件发光的电压,从而降低蓝光有机电致发光器件的功耗;同时还能使激子的复合区域的中心向发光层 5 的中心移动,减少由空穴和电子结合而成的激子的复合区域与空穴传输层 4 之间的界面态的存在,从而减少激子猝灭,提高蓝光有机电致发光器件的效率。

[0039] 本实施例中,中间层 53 的厚度范围为 20-30nm。上述掺杂浓度和厚度的中间层 53 能够配合上表层 52 和下表层 51 使空穴在发光层 5 中的迁移速率提高,电子和空穴的注入平衡提高,并使激子的复合区域的中心向发光层 5 的中心移动,减少了激子猝灭,从而不仅降低了蓝光有机电致发光器件的功耗,而且还提高了蓝光有机电致发光器件的效率。

[0040] 本实施例中,发光层 5 的主发光体采用 n 型有机半导体材料,客发光体采用 p 型有机半导体材料。该主发光体的材料和客发光体的材料是蓝光有机电致发光器件的常用材料。采用该种材料的发光层 5 能使蓝光有机电致发光器件的功耗更低且效率更高。

[0041] 例如:本实施例中,阳极 2 采用透明导电材料如氧化铟锡制成,阳极 2 的厚度为 70nm。空穴注入层 3 的厚度为 10nm,空穴传输层 4 的厚度为 120nm,发光层 5 的下表层 51 的厚度为 2nm,下表层 51 中客发光体的掺杂浓度为 50%,发光层 5 的中间层 53 的厚度为 25nm,发光层 5 的上表层 52 的厚度为 2nm,上表层 52 中客发光体的掺杂浓度为 50%,电子传输层 6 的厚度为 25nm,电子注入层 7 的厚度为 1nm,阴极 8 采用金属导电材料如铝制成,阴极 8 的厚度为 150nm。相比于对比例中 4%-8% 的客发光体掺杂浓度,本实施例中的蓝光有机电致发光器件能够降低电压 15%,同时还提高了蓝光有机电致发光器件的效率。

[0042] 基于蓝光有机电致发光器件的上述结构,本实施例还提供一种该蓝光有机电致发光器件的制备方法,包括:在基板上依次形成阳极、空穴注入层、空穴传输层、发光层、电子传输层、电子注入层和阴极,发光层包括靠近空穴传输层一侧的下表层、靠近电子传输层一侧的上表层和夹设于上表层和下表层之间的中间层。形成发光层具体包括:在下表层、上表层和中间层的主发光体中分别掺杂客发光体,下表层的掺杂浓度大于中间层的掺杂浓度和上表层的掺杂浓度大于中间层的掺杂浓度。

[0043] 其中,蓝光有机电致发光器件中各层的制备方法以及在发光层中掺杂客发光体的方法均为现有技术,所以此处不再赘述。在发光层的下表层和上表层中掺杂客发光体时,只要相应地控制掺杂时间和要掺杂的客发光体的浓度,即可实现对掺杂客发光体的上表层和下表层的厚度以及掺杂浓度的控制。

[0044] 实施例 2:

[0045] 本实施例提供一种蓝光有机电致发光器件,与实施例 1 不同的是,如图 3 所示,下表层 51 的掺杂浓度大于中间层的掺杂浓度,上表层的掺杂浓度等于中间层的掺杂浓度。即掺杂浓度相同的上表层和中间层可以合为一层。图 3 中掺杂浓度相同的上表层和中间层均未示出。

[0046] 本实施例中,中间层和上表层的掺杂浓度范围均为 4%-8%,下表层 51 的掺杂浓度范围为 20%-50%。

[0047] 本实施例中发光层 5 的下表层 51 的厚度范围以及蓝光有机电致发光器件的其他结构与实施例 1 中相同,此处不再赘述。如此设置,同样能够提高空穴在发光层 5 中的迁移速率,提高电子和空穴的注入平衡,降低蓝光有机电致发光器件发光的电压,从而降低蓝光有机电致发光器件的功耗;同时还能使激子的复合区域的中心向发光层 5 的中心移动,减

少由空穴和电子结合而成的激子的复合区域与空穴传输层 4 之间的界面态的存在,从而减少激子猝灭,提高蓝光有机电致发光器件的效率。

[0048] 相比于实施例 1,本实施例中蓝光有机电致发光器件的电压降低幅度明显减小,即本实施例中蓝光有机电致发光器件功耗的降低幅度明显比实施例 1 中该器件的功耗降低幅度小。

[0049] 相比于对比例中 4% -8% 的客发光体掺杂浓度,本实施例中的蓝光有机电致发光器件能够降低电压 10%,同时还提高了蓝光有机电致发光器件的效率。但本实施例中蓝光有机电致发光器件的效率提高幅度比实施例 1 中该器件的效率提高幅度小。

[0050] 相应地,本实施例中蓝光有机电致发光器件的制备方法也只需要控制掺杂时间和掺杂浓度,最终使发光层在靠近空穴传输层一侧的下表层中掺杂客发光体的浓度大于中间层的掺杂浓度。

[0051] 本实施例中蓝光有机电致发光器件的制备方法中其他结构的制备与实施例 1 中相同,此处不再赘述。

[0052] 实施例 3:

[0053] 本实施例提供一种蓝光有机电致发光器件,与实施例 1-2 不同的是,如图 4 所示,上表层 52 的掺杂浓度大于中间层的掺杂浓度,下表层的掺杂浓度等于中间层的掺杂浓度。即掺杂浓度相同的下表层和中间层可以合为一层。图 4 中掺杂浓度相同的下表层和中间层均未示出。

[0054] 本实施例中,中间层和下表层的掺杂浓度范围均为 4% -8%,上表层的掺杂浓度范围为 20% -50%。

[0055] 本实施例中发光层 5 的上表层 52 的厚度范围以及蓝光有机电致发光器件的其他结构与实施例 1 中相同,此处不再赘述。如此设置,同样能够提高空穴在发光层 5 中的迁移速率,提高电子和空穴的注入平衡,降低蓝光有机电致发光器件发光的电压,从而降低蓝光有机电致发光器件的功耗;同时还能使激子的复合区域的中心向发光层 5 的中心移动,减少由空穴和电子结合而成的激子的复合区域与空穴传输层 4 之间的界面态的存在,从而减少激子猝灭,提高蓝光有机电致发光器件的效率。

[0056] 相比于实施例 1,本实施例中蓝光有机电致发光器件的电压降低幅度明显减小,即本实施例中蓝光有机电致发光器件功耗的降低幅度明显比实施例 1 中该器件的功耗降低幅度小。

[0057] 相比于对比例中 4% -8% 的客发光体掺杂浓度,本实施例中的蓝光有机电致发光器件能够降低电压 5%,同时还提高了蓝光有机电致发光器件的效率。但本实施例中蓝光有机电致发光器件的效率提高幅度比实施例 1 中该器件的效率提高幅度小。

[0058] 相应地,本实施例中蓝光有机电致发光器件的制备方法也只需要控制掺杂时间和掺杂浓度,最终使发光层在靠近电子传输层一侧的上表层中掺杂客发光体的浓度大于中间层的掺杂浓度。

[0059] 本实施例中蓝光有机电致发光器件的制备方法中其他结构的制备与实施例 1 中相同,此处不再赘述。

[0060] 实施例 1-3 的有益效果:实施例 1-3 所提供的蓝光有机电致发光器件,通过使下表层和上表层至少一个中客发光体的掺杂浓度大于中间层中客发光体的掺杂浓度,能使激发

蓝光有机电致发光器件发光的电压大大降低,从而使蓝光有机电致发光器件的功耗大大降低;同时,还能使激子复合区域向发光层的中心移动,从而使由空穴和电子结合而成的激子的复合区域与空穴传输层之间不存在界面态,进而减少了激子猝灭现象的出现,使蓝光有机电致发光器件的效率大大提高。

[0061] 实施例 4:

[0062] 本实施例提供一种显示面板,包括实施例 1-3 任意一个中的蓝光有机电致发光器件。

[0063] 通过采用实施例 1-3 任意一个中的蓝光有机电致发光器件,不仅降低了该显示面板的功耗,而且还提高了该显示面板的效率。

[0064] 实施例 5:

[0065] 本实施例提供一种显示装置,包括实施例 4 中的显示面板。

[0066] 通过采用实施例 4 中的显示面板,不仅降低了该显示装置的功耗,而且还提高了该显示装置的效率。

[0067] 可以理解的是,以上实施方式仅仅是为了说明本发明的原理而采用的示例性实施方式,然而本发明并不局限于此。对于本领域内的普通技术人员而言,在不脱离本发明的精神和实质的情况下,可以做出各种变型和改进,这些变型和改进也视为本发明的保护范围。

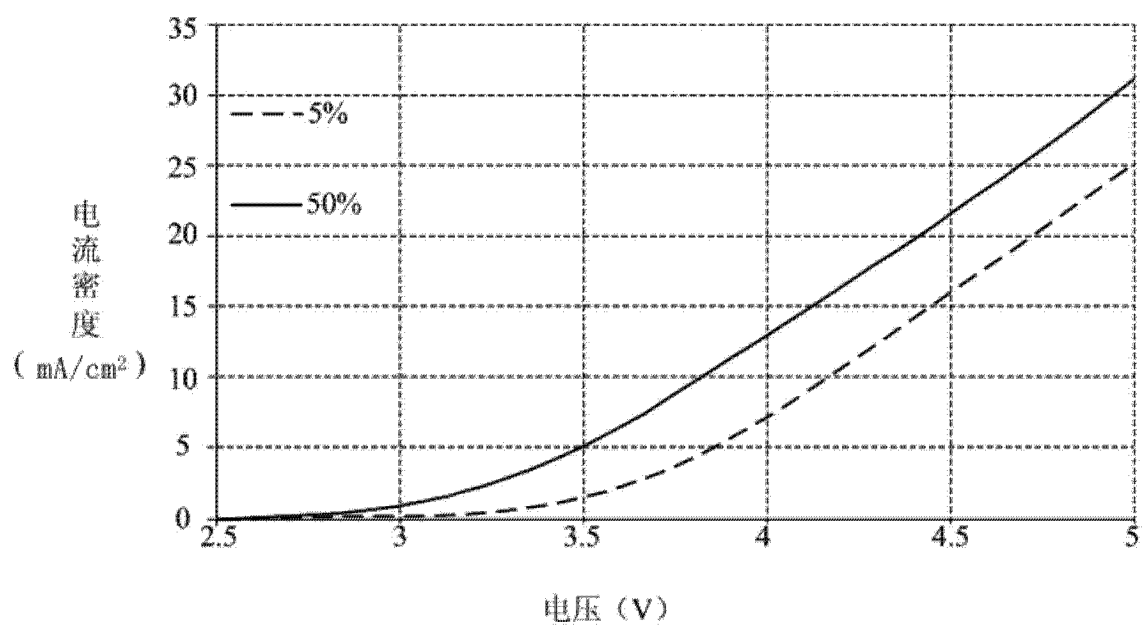


图 1

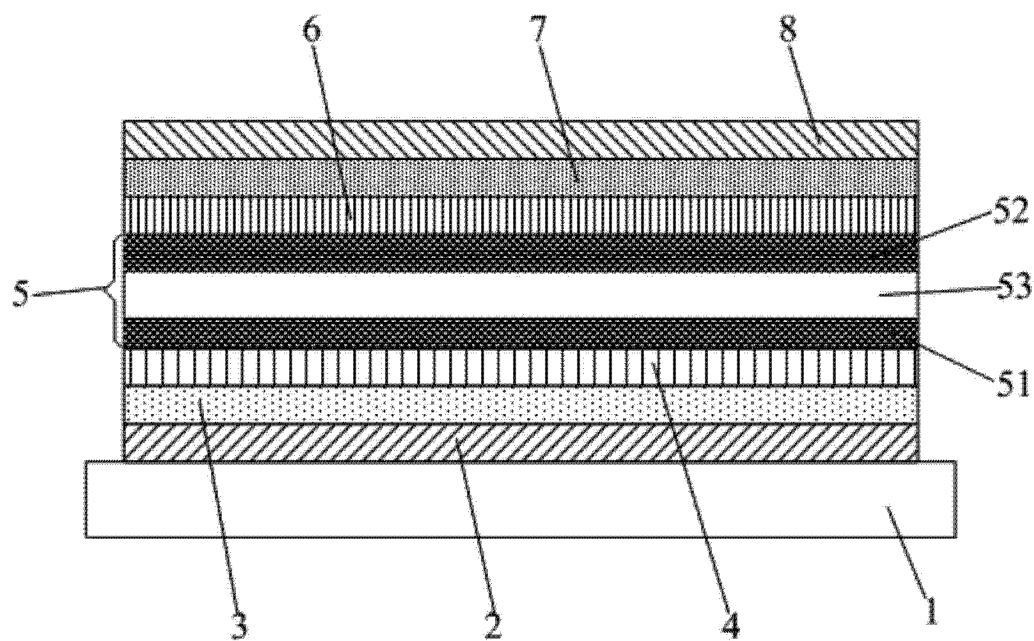


图 2

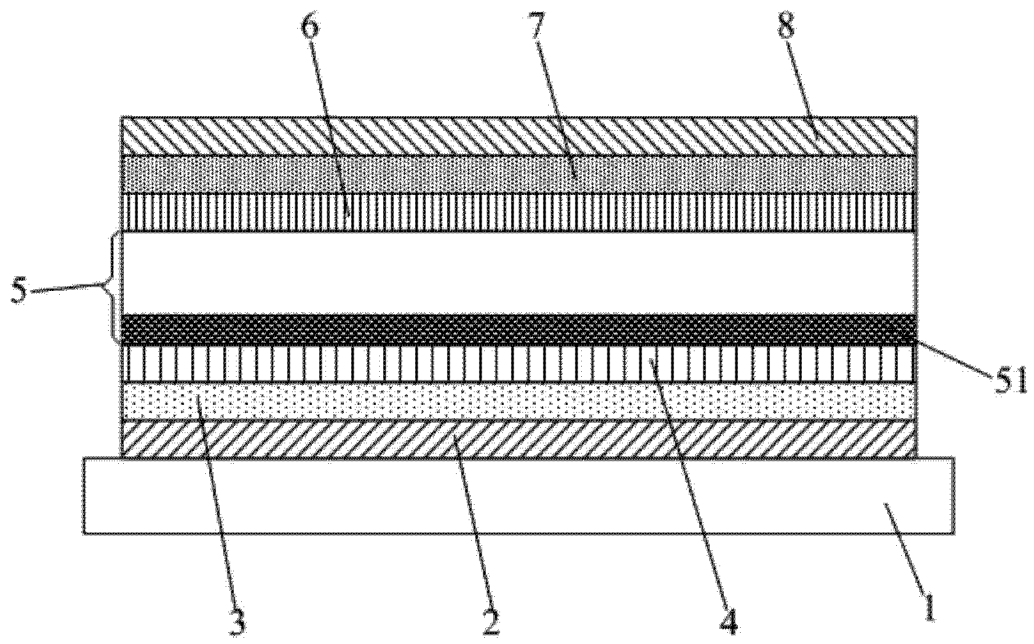


图 3

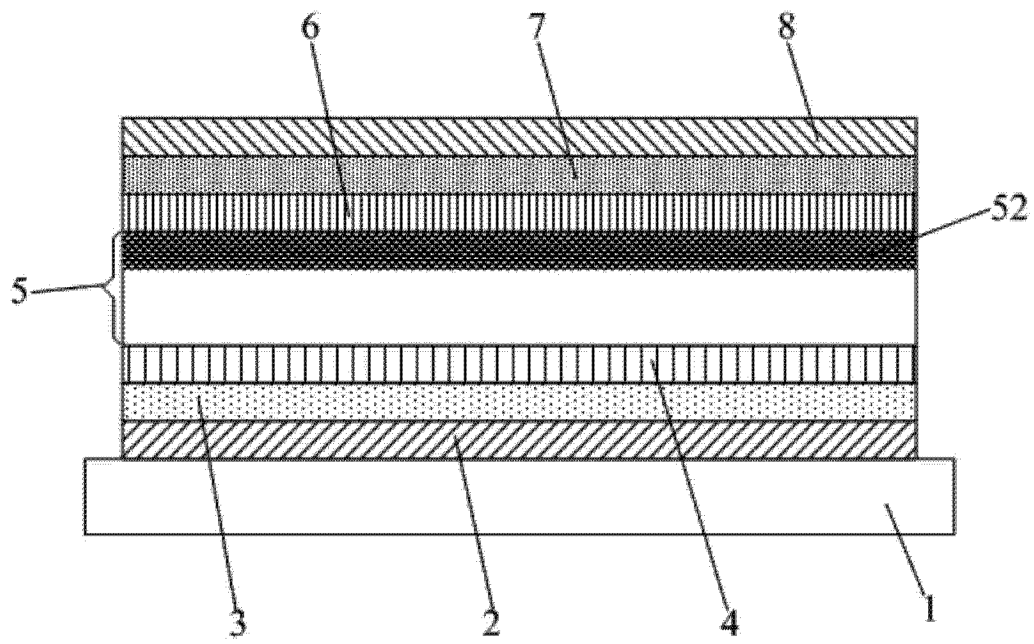


图 4

专利名称(译)	蓝光有机电致发光器件及制备方法、显示面板和显示装置		
公开(公告)号	CN104716265A	公开(公告)日	2015-06-17
申请号	CN201510144863.0	申请日	2015-03-30
[标]申请(专利权)人(译)	京东方科技集团股份有限公司		
申请(专利权)人(译)	京东方科技集团股份有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	京东方科技集团股份有限公司		
[标]发明人	万想		
发明人	万想		
IPC分类号	H01L51/50 H01L51/52 H01L27/32 H01L51/56		
CPC分类号	H01L51/5012 H01L27/32 H01L51/5056 H01L51/5072 H01L51/5092 H01L51/56		
代理人(译)	陈源		
其他公开文献	CN104716265B		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明提供一种蓝光有机电致发光器件及制备方法、显示面板和显示装置。该蓝光有机电致发光器件包括：基板以及依次设置在基板上的阳极、空穴注入层、空穴传输层、发光层、电子传输层、电子注入层和阴极，发光层包括下表层、上表层和中间层；下表层、上表层和中间层的主发光体中均掺杂有客发光体，下表层的掺杂浓度大于中间层的掺杂浓度和上表层的掺杂浓度大于中间层的掺杂浓度；或者，下表层的掺杂浓度大于中间层的掺杂浓度，上表层的掺杂浓度等于中间层的掺杂浓度；或者，上表层的掺杂浓度大于中间层的掺杂浓度，下表层的掺杂浓度等于中间层的掺杂浓度。该蓝光有机电致发光器件的功耗大大降低；效率大大提高。

