



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110246975 A

(43)申请公布日 2019. 09. 17

(21)申请号 201910180885.0

(22)申请日 2019.03.11

(30)优先权数据

10-2018-0028318 2018.03.09 KR

(71)申请人 三星电子株式会社

地址 韩国京畿道

(72)发明人 金泰亨 张银珠 丁大荣 金龙郁

元裕镐 0. 曹

(74)专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 金拟粲

(51)Int.Cl.

H01L 51/50(2006.01)

H01L 27/32(2006.01)

H01L 51/56(2006.01)

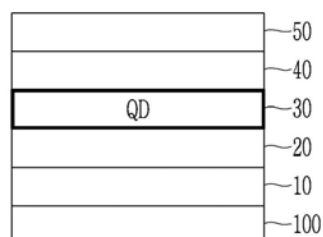
权利要求书3页 说明书26页 附图6页

(54)发明名称

电致发光显示装置

(57)摘要

电致发光显示装置包括:彼此面对的第一电极和第二电极;设置在所述第一电极与所述第二电极之间的量子点发射层,所述量子点发射层包括多个量子点且不包括镉,其中所述量子点发射层包括设置在红色像素中的红色发射层、设置在绿色像素中的绿色发射层、和设置在蓝色像素中的蓝色发射层,其中所述装置具有大于或等于约89%的根据DCI标准的颜色再现性。



1. 电致发光显示装置,包括彼此面对的第一电极和第二电极;以及设置在所述第一电极与所述第二电极之间的量子点发射层,所述量子点发射层包括多个量子点且不包括镉,
其中所述量子点发射层包括设置在红色像素中的红色发射层、设置在绿色像素中的绿色发射层、和设置在蓝色像素中的蓝色发射层,
其中所述红色发射层包括多个发射红色光的量子点,且所述红色像素呈现出在627纳米-640纳米的范围内的电致发光峰值波长和小于或等于42纳米的半宽度,
其中所述绿色发射层包括多个发射绿色光的量子点,且所述绿色像素呈现出在525纳米-536纳米的范围内的电致发光峰值波长和小于或等于39纳米的半宽度,
其中所述蓝色发射层包括多个发射蓝色光的量子点,且所述蓝色像素呈现出在440纳米-460纳米的范围内的电致发光峰值波长和小于或等于33纳米的半宽度,和
其中所述装置具有大于或等于89%的根据DCI标准的颜色再现性。
2. 如权利要求1所述的电致发光显示装置,其中所述装置具有大于或等于66%的根据BT2020标准的颜色再现性。
3. 如权利要求1所述的电致发光显示装置,其中所述装置具有大于或等于94%的根据DCI标准的颜色再现性。
4. 如权利要求1所述的电致发光显示装置,其中所述装置具有大于或等于72%的根据BT2020标准的颜色再现性。
5. 如权利要求1所述的电致发光显示装置,其中所述红色像素呈现出小于或等于36纳米的半宽度,
所述绿色像素呈现出小于或等于37纳米的半宽度,和
所述蓝色像素呈现出小于或等于30纳米的半宽度。
6. 如权利要求1所述的电致发光显示装置,其中所述发射红色光的量子点包括半导体纳米晶体颗粒,所述半导体纳米晶体颗粒包括包含镉、磷、和任选地锌的芯,以及设置在所述芯的表面上的壳,所述壳包含锌、硫、和任选地硒。
7. 如权利要求6所述的电致发光显示装置,其中所述半导体纳米晶体颗粒具有大于或等于5纳米且小于或等于15纳米的尺寸。
8. 如权利要求1所述的电致发光显示装置,其中所述发射绿色光的量子点包括发射绿色光的半导体纳米晶体颗粒,所述发射绿色光的半导体纳米晶体颗粒包括包含镉、磷、和任选地锌的芯,以及设置在所述芯的表面上并且包含锌、硫、和任选地硒的壳。
9. 如权利要求8所述的电致发光显示装置,其中所述发射绿色光的半导体纳米晶体颗粒具有大于或等于6纳米且小于或等于15纳米的尺寸。
10. 如权利要求1所述的电致发光显示装置,其中所述发射蓝色光的量子点包括包含锌、碲、和硒的发射蓝色光的半导体纳米晶体颗粒,
其中碲的量小于硒的量,和
所述发射蓝色光的半导体纳米晶体颗粒具有包括包含锌、碲、和硒的第一半导体材料的芯,以及设置在所述芯的至少一部分上的壳,所述壳包括具有与所述第一半导体材料的组成不同的组成的第二半导体材料。

11. 如权利要求10所述的电致发光显示装置,其中在所述发射蓝色光的半导体纳米晶体颗粒中,碲相对于硒的摩尔比小于或等于0.05。

12. 如权利要求10所述的电致发光显示装置,其中在所述半导体纳米晶体颗粒中,锌的量大于硒的量。

13. 如权利要求10所述的电致发光显示装置,其中在所述半导体纳米晶体颗粒中,碲相对于锌的摩尔比小于或等于0.03。

14. 如权利要求10所述的电致发光显示装置,其中所述第一半导体材料包含 $\text{ZnTe}_x\text{Se}_{1-x}$,其中,x大于0且小于或等于0.05。

15. 如权利要求10所述的电致发光显示装置,其中所述第二半导体材料包含锌、硒、和硫。

16. 如权利要求10所述的电致发光显示装置,其中所述发射蓝色光的半导体纳米晶体颗粒具有大于或等于8纳米且小于或等于30纳米的尺寸。

17. 如权利要求1所述的电致发光显示装置,其中在所述装置中,红色像素具有大于或等于2%的峰值外量子效率。

18. 如权利要求1所述的电致发光显示装置,其中在所述装置中,绿色像素具有大于或等于2%的峰值外量子效率。

19. 如权利要求1所述的电致发光显示装置,其中在所述装置中,蓝色像素具有大于或等于2%的峰值外量子效率。

20. 如权利要求1所述的电致发光显示装置,其中在所述装置中,红色像素具有大于或等于200坎德拉/平方米的最大亮度。

21. 如权利要求1所述的电致发光显示装置,其中在所述装置中,绿色像素具有大于或等于300坎德拉/平方米的最大亮度。

22. 如权利要求1所述的电致发光显示装置,其中在所述装置中,蓝色像素具有大于或等于300坎德拉/平方米的最大亮度。

23. 如权利要求1所述的电致发光显示装置,其中所述装置包括电荷辅助层,和其中所述电荷辅助层在所述第一电极与所述量子点发射层之间、在所述第二电极与所述量子点发射层之间、或其组合。

24. 如权利要求23所述的电致发光显示装置,其中

所述第一电极为阳极,和

所述电致发光显示装置包括在所述第一电极与所述量子点发射层之间的空穴注入层、空穴传输层、电子阻挡层、或其组合,和

所述第二电极为阴极,和

所述电致发光显示装置包括在所述第二电极与所述量子点发射层之间的电子注入层、电子传输层、空穴阻挡层、或其组合。

25. 如权利要求24所述的电致发光显示装置,其中所述空穴传输层包括聚[9,9-二辛基芴-共-N-[4-丁基苯基]-二苯基胺],和所述聚[9,9-二辛基芴-共-N-[4-丁基苯基]-二苯基胺]具有大于或等于50,000道尔顿的重均分子量。

26. 如权利要求24所述的电致发光显示装置,其中所述电子传输层和所述电子注入层的至少一个包括8-(4-(4,6-二(萘-2-基)-1,3,5-三嗪-2-基)苯基)喹诺酮:8-羟基喹啉锂、

8-羟基喹啉锂、氧化锌、或其组合。

27. 如权利要求23所述的电致发光显示装置,其中所述电荷辅助层不包括聚-[(9,9-双(3'-(N,N-二甲基氨基)丙基)-2,7-芴)-交替-2,7-(9,9-二辛基芴)]。

28. 如权利要求27所述的电致发光显示装置,其中所述电荷辅助层不包括共轭的聚电解质。

电致发光显示装置

[0001] 对相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2018年3月9日在韩国知识产权局提交的韩国专利申请No.10-2018-0028318的优先权和权益,将其全部内容通过引用引入本文中。

技术领域

[0003] 公开了电致发光显示装置(器件)。

背景技术

[0004] 包括量子点的电致发光显示装置可用在显示设备中。光发射可通过如下引起:施加电压,导致在所述器件中的层之间产生的激发电荷的辐射复合。然而,仍然存在对于改善的电致发光材料的需求。

发明内容

[0005] 实施方式提供包括不含镉的量子点并且能够提供改善的颜色再现性的基于量子点的电致发光显示装置。

[0006] 在实施方式中,电致发光显示装置包括:

[0007] 彼此面对的第一电极和第二电极;以及

[0008] 设置在所述第一电极与所述第二电极之间的量子点发射层,所述量子点发射层包括多个量子点且不包括镉,

[0009] 其中所述量子点发射层包括设置在红色像素中的红色发射层、设置在绿色像素中的绿色发射层、和设置在蓝色像素中的蓝色发射层,

[0010] 其中所述红色发射层包括多个发射红色光的量子点且所述红色像素呈现出在约627纳米(nm)-约640nm的范围内的电致发光(EL)峰值波长和小于或等于约42nm的半宽度(FWHM),

[0011] 其中所述绿色发射层包括多个发射绿色光的量子点且所述绿色像素呈现出在约525nm-约536nm的范围内的电致发光峰值波长和小于或等于约39nm的半宽度(FWHM),

[0012] 其中所述蓝色发射层包括多个发射蓝色光的量子点且所述蓝色像素呈现出在约440nm-约460nm的范围内的电致发光峰值波长和小于或等于约33nm的半宽度(FWHM),和

[0013] 其中所述装置具有大于或等于约89百分比(%)的根据DCI标准的颜色再现性。

[0014] 所述装置可具有大于或等于约66%的根据BT2020标准的颜色再现性。

[0015] 所述装置可具有大于或等于约94%的根据DCI标准的颜色再现性。

[0016] 所述装置可具有大于或等于约72%的根据BT2020标准的颜色再现性。

[0017] 在所述装置中,所述红色像素可呈现出小于或等于36nm的半宽度(FWHM)。

[0018] 在所述装置中,所述绿色像素可呈现出小于或等于37nm的半宽度(FWHM)。

[0019] 在所述装置中,所述蓝色像素可呈现出小于或等于30nm的半宽度(FWHM)。

[0020] 所述发射红色光的量子点的至少一部分可为发射红色光的半导体纳米晶体颗粒,

其包括包含铟 (In)、磷 (P)、和任选地锌 (Zn) 的芯,以及设置在所述芯的表面上并且包含锌、硫、和任选地硒的壳。

[0021] 所述发射红色光的半导体纳米晶体颗粒可具有大于或等于5nm且小于或等于约15nm的尺寸。

[0022] 所述发射绿色光的量子点的至少一部分可为发射绿色光的半导体纳米晶体颗粒,其包括包含铟 (In)、磷 (P)、和任选地锌 (Zn) 的芯,以及设置在所述芯的表面上并且包含锌、硫、和任选地硒的壳。

[0023] 所述发射绿色光的半导体纳米晶体颗粒可具有大于或等于6nm且小于或等于约15nm的尺寸。

[0024] 所述发射蓝色光的量子点的至少一部分可为包含锌、碲、和硒的发射蓝色光的半导体纳米晶体颗粒,其中碲的量小于硒的量,和所述发射蓝色光的半导体纳米晶体颗粒可包括:包括包含锌、碲、和硒的第一半导体材料的芯,以及包括具有与所述第一半导体材料不同的组成的第二半导体材料并且设置在所述芯的至少一部分上的壳。

[0025] 在所述发射蓝色光的半导体纳米晶体颗粒中,碲相对于硒的摩尔比可小于或等于约0.05。

[0026] 在所述发射蓝色光的半导体纳米晶体颗粒中,锌的量可大于硒的量。

[0027] 在所述发射蓝色光的半导体纳米晶体颗粒中,碲相对于锌的摩尔比可小于或等于约0.03。

[0028] 所述第一半导体材料可包括 $\text{ZnTe}_x\text{Se}_{1-x}$,其中, x 大于约0且小于或等于约0.05。

[0029] 所述第二半导体材料可包括锌、硒、和硫。

[0030] 所述发射蓝色光的半导体纳米晶体颗粒可具有大于或等于约8nm且小于或等于约30nm的尺寸。

[0031] 在所述装置中,红色像素可具有大于或等于约2%的峰值外量子效率。

[0032] 在所述装置中,绿色像素可具有大于或等于约2%的峰值外量子效率。

[0033] 在所述装置中,蓝色像素可具有大于或等于约2%的峰值外量子效率。

[0034] 在所述装置中,红色像素可具有大于或等于约200 cd/m^2 的最大亮度。

[0035] 在所述装置中,绿色像素可具有大于或等于约300 cd/m^2 的最大亮度。

[0036] 在所述装置中,蓝色像素可具有大于或等于约300 cd/m^2 的最大亮度。

[0037] 所述装置可包括在所述第一电极与所述量子点发射层之间和在所述第二电极与所述量子点发射层之间的电荷辅助层。

[0038] 在所述装置中,所述第一电极可包括阳极,和

[0039] 所述装置可进一步包括在所述第一电极与所述量子点发射层之间的空穴注入层、空穴传输层、电子阻挡层、或其组合,

[0040] 所述第二电极可包括阴极,和

[0041] 所述装置可进一步包括在所述第二电极与所述量子点发射层之间的电子注入层、电子传输层、空穴阻挡层、或其组合。

[0042] 所述空穴注入层和所述空穴传输层的至少一个可包括聚[9,9-二辛基芴-共-N-[4-丁基苯基]-二-苯基胺] (TFB),和TFB可具有大于或等于约50000道尔顿的重均分子量。

[0043] 所述电子传输层和所述电子注入层的至少一个可包括ET204:Liq、Liq、ZnO、

ZnMgO、或其组合。

[0044] 所述电荷辅助层可不包括聚-[(9,9-双(3'-(N,N-二甲基氨基)丙基)-2,7-茚)-交替-2,7-(9,9-二辛基茚)](PFN)。

[0045] 所述电荷辅助层可不包括共轭的聚电解质。所述电荷辅助层可不包括共轭的聚电解质(例如具有N,N-二烷基氨基)烷基的)。

[0046] 可实现包括不具有重金属的环境友好的量子点(例如,非镉基量子点)的电致发光显示装置。根据实施方式的装置可通过电压施加而具有所限定的最大发射峰值波长和所限定的半宽度(FWHM),且由此显示改善的颜色再现性。

[0047] 还公开制造所述电致发光显示装置的方法,所述方法包括:提供所述发射红色光的半导体纳米晶体、所述发射绿色光的半导体纳米晶体、和所述发射蓝色光的半导体纳米晶体;和

[0048] 形成设置在第一电极和第二电极之间的量子点发射层,所述量子点发射层包括多个量子点且不包括镉,

[0049] 其中所述量子点发射层包括设置在红色像素中的红色发射层、设置在绿色像素中的绿色发射层、和设置在蓝色像素中的蓝色发射层,

[0050] 其中所述红色发射层包括多个发射红色光的量子点,且所述红色像素呈现出在约627纳米-约640纳米的范围内的电致发光峰值波长和小于或等于约42纳米的半宽度,

[0051] 其中所述绿色发射层包括多个发射绿色光的量子点,且所述绿色像素呈现出在约525纳米-约536纳米的范围内的电致发光峰值波长和小于或等于约39纳米的半宽度,

[0052] 其中所述蓝色发射层包括多个发射蓝色光的量子点,且所述蓝色像素呈现出在约440纳米-约460纳米的范围内的电致发光峰值波长和小于或等于约33纳米的半宽度,和

[0053] 其中所述装置具有大于或等于约89%的根据DCI标准的颜色再现性。

附图说明

[0054] 本专利或申请文件包含至少一幅以彩色制成的图。在请求和支付必要的费用之后,具有彩图的本专利或专利申请公布的副本将由知识产权局提供。

[0055] 通过参照附图进一步详细地描述其示例性实施方式,本公开内容的以上和其它优点和特征将变得更加明晰,其中

[0056] 图1为x色坐标对y色坐标的图,并且显示在CIE色坐标图中的DCI标准色域(颜色范围)、NTSC标准色域、和BT2020标准色域;

[0057] 图2为QD LED装置的实施方式的示意性横截面图;

[0058] 图3为QD LED装置的实施方式的示意性横截面图;

[0059] 图4显示在合成实施例3-1中制造的ZnTeSe芯的透射电子显微镜(TEM)图像;

[0060] 图5显示在合成实施例3-2中制造的发射蓝色光的半导体纳米晶体颗粒的透射电子显微镜(TEM)图像;

[0061] 图6的(A)-(E)显示在合成实施例3-2中制造的发射蓝色光的半导体纳米晶体颗粒的TEM-EDX(元素面扫描)分析的结果,其中(A)在单一图像中显示全部数据,(B)为HAADF图像,(C)为Zn分布图(map),(D)为Se分布图,且(E)为S分布图;

[0062] 图7为外量子效率(百分数,%)对发光(坎德拉/平方米,cd/m²)的图并且显示在实

施例2中的取决于用于空穴辅助层的聚合物(TFB)的分子量的装置的性质的变化;

[0063] 图8为强度(任意单位)对波长(纳米,nm)的图并且分别显示实施例3中的使用与Liq一起和与Liq一起的有机n-型半导体作为电子辅助层的材料的装置的EL光谱;

[0064] 图9为电流密度(毫安/平方厘米, mA/cm²)对电压(V)的图并且显示实施例4的装置的取决于电压的电流的变化;

[0065] 图10为外量子效率(%)对亮度(坎德拉/平方米(cd/m²))的图并且显示实施例4的装置的取决于亮度的外量子效率。

具体实施方式

[0066] 参照以下实例实施方式连同附于此的附图,本公开内容的优点和特性、以及用于实现其的方法将变得明晰。然而,所述实施方式不应被解释为限于本文中阐述的实施方式。除非另外定义,否则在本说明书中使用的所有术语(包括技术和科学术语)可以具有本领域中的普通知识的人员通常理解的含义使用。在常用字典中定义的术语不应被理想化或夸大地解释,除非清楚地定义。另外,除非明确地相反描述,否则措辞“包括(包含)”将被理解为意指包括所陈述的要素,但是排除任何其它要素。

[0067] 此外,单数包括复数,除非另外提及。因此,单数形式“一个(种)(a, an)”和“所述(该)”意图包括复数形式,包括“至少一个(种)”,除非内容清楚地另外指明。“至少一个(种)”将不被解释为限制“一个(种)”。“或”意味着“和/或”。如本文中所使用的,术语“和/或”包括相关列举项目的一个或多个的任何和全部组合。将进一步理解,术语“包括”或“包含”当用作本说明书中时,表明存在所陈述的特征、区域、整体、步骤、操作、元件、和/或组分,但不排除存在或增加一种或多种另外的特征、区域、整体、步骤、操作、元件、组分、和/或其集合。

[0068] 如本文中使用的“约”或“大约”包括所陈述的值且意味着在如由本领域普通技术人员考虑到所讨论的测量和与具体量的测量有关的误差(即,测量系统的限制)而确定的对于具体值的可接受的偏差范围内。例如,“约”可意味着相对于所陈述的值的偏差在一种或多种标准偏差范围内,或者在±10%或5%的范围内。

[0069] 在附图中,为了清楚,层、膜、面板、区域等的厚度被放大。在说明书中,相同的附图标记始终表示相同的元件。

[0070] 将理解,当一个元件例如层、膜、区域、或基板被称为“在”另外的元件“上”时,其可直接在所述另外的元件上或者还可存在中间元件。相反,当一个元件被称为“直接在”另外的元件“上”时,则不存在中间元件。

[0071] 如本文中使用的,当未另外提供定义时,“取代的”指的是这样的化合物或部分:其中它的氢原子的至少一个被选自如下的取代基代替:C1-C30烷基、C2-C30烯基、C2-C30炔基、C6-C30芳基、C7-C30烷芳基、C1-C30烷氧基、C1-C30杂烷基、C3-C30杂烷芳基、C3-C30环烷基、C3-C15环烯基、C6-C30环炔基、C2-C30杂环烷基、卤素(-F、-Cl、-Br、或-I)、羟基(-OH)、硝基(-NO₂)、氰基(-CN)、氨基(-NRR',其中R和R'独立地为氢或C1-C6烷基)、叠氮基(-N₃)、脒基(-C(=NH)NH₂)、胼基(-NHNH₂)、亚胼基(=N(NH₂))、醛基(-C(=O)H)、氨基甲酰基(-C(=O)NH₂)、硫醇基(-SH)、酯基(-COOR,其中R为C1-C6烷基或C6-C12芳基)、羧基(-COOH)或其盐(-C(=O)OM,其中M为有机或无机阳离子)、磺酸基团(-SO₃H)或其盐(-SO₃M,其中M为有

机或无机阳离子)、磷酸基团($-\text{PO}_3\text{H}_2$)或其盐($-\text{PO}_3\text{MH}$ 或 $-\text{PO}_3\text{M}_2$,其中M为有机或无机阳离子)、或其组合。

[0072] 如本文中使用的,烃基团指的是包括碳和氢的基团(例如,烷基、烯基、炔基、或芳基)。所述烃基团可为单价的、或具有更大的化合价,通过从烷烃、烯烃、炔烃、或芳烃除去一个或多个氢原子而形成。在所述烃基团中,至少一个亚甲基可被氧部分、羰基部分、酯部分、 $-\text{NH}-$ 、或其组合代替。

[0073] 如本文中使用的,“烷基”指的是直链或支化的饱和单价烃基团(甲基、乙基、己基等)。

[0074] 如本文中使用的,“烯基”指的是具有一个或多个碳-碳双键的直链或支化的单价烃基团。

[0075] 如本文中使用的,“炔基”指的是具有一个或多个碳-碳三键的直链或支化的单价烃基团。

[0076] 如本文中使用的,“芳基”指的是通过从芳族烃除去至少一个氢而形成的基团(例如,苯基或萘基)。

[0077] 如本文中使用的,“杂”指的是其包括N、O、S、Si、P、或其组合的一个或多个(例如,1-3个)杂原子。

[0078] 如本文中使用的,“族”指的是周期表的族。

[0079] 如本文中使用的,当未另外提供定义时,半宽度(FWHM)指的是在量子点的电致发光光谱中的最大发射峰的半宽度(FWHM)。

[0080] 在本文中,基于数字电影倡导组织(DCI)标准的颜色再现性和基于简称为“BT2020”标准的国际电信联盟建议(ITU-R)建议BT.2020(International Telecommunication Union Recommendation(ITU-R) Recommendation BT.2020)的颜色再现性指的是在如图1中所示的国际照明委员会(CIE)色度图(即,色坐标)中将电致发光显示装置的色域相对于根据各标准的色域匹配(例如,匹配部分的面积对标准色域的总面积的比)。

[0081] 半导体纳米晶体颗粒(在下文中,也称作量子点)是具有比在相同材料的块体晶体中的玻尔激发的直径小的尺寸的纳米晶体。由于纳米晶体的芯的尺寸,电子、空穴、和激子的量子限制发生,使得实现与所述纳米晶体的芯的带隙能量对应的光发射。量子点的带隙能量可根据量子点的尺寸、结构、和组成而改变。例如,当量子点的尺寸增加时,量子点可具有窄化的带隙能量和增大的发射波长。这样的半导体纳米晶体已经作为发光材料在多种领域中例如作为显示装置、作为能量储存装置、或生物发光装置引起了注意。

[0082] 大部分适于实际应用的具有电致发光性质的量子点是基于镉(Cd)的。镉具有不利的环境和/或健康问题,并且是在多个国家中根据限制有害物质指令(Restriction of Hazardous Substances Directive)(RoHS)定义的被限制的元素之一。因此,为了应用于QLED显示装置,具有相对窄的半宽度(FWHM)和能够发射纯蓝色(例如,在455nm附近的光致发光(PL)峰)的光的量子点是期望的。然而,能够提供该发射的发射蓝色光的量子点尚未被报道。当前,不存在这样的基于量子点的电致发光显示装置:其提供如图1中所示的合适的高的基于DCI颜色标准、或下一代颜色标准例如BT2020的颜色再现性,并提供合乎需要的水的电致发光性质,且不包括具有不合乎需要的性质的金属例如镉。

[0083] 根据实施方式的电致发光显示装置包括红色像素、绿色像素、和蓝色像素层。所述显示装置包括：彼此面对的第一电极和第二电极；以及设置在所述第一电极与所述第二电极之间的量子点发射层，其中所述量子点发射层包括多个量子点并且不包括镉(或有毒的重金属例如镉、铅或汞)。

[0084] 所述量子点发射层包括设置在所述红色像素中的红色发射层、设置在所述绿色像素中的绿色发射层、和设置在所述蓝色像素中的蓝色发射层。

[0085] 所述红色发射层包括多个(例如，非镉的)发射红色光的量子点，由此所述红色像素呈现出在约627纳米(nm)-约640nm、约628nm-约639nm、约630纳米(nm)-约638nm、或者约627纳米(nm)-约628nm的范围内的电致发光(EL)峰值波长，并且具有小于或等于约42nm、例如约5nm-约42nm、约7nm-约40nm、或约9nm-约38nm、或约35nm-约42nm的半宽度(FWHM)。

[0086] 所述绿色发射层包括多个(例如，非镉的)发射绿色光的量子点，由此所述绿色像素呈现出在约525nm-约536nm、约526nm-约535nm、或约527纳米(nm)-约534nm的范围内的电致发光峰值波长，并且具有小于或等于约39nm、小于或等于约38nm、小于或等于约37nm、小于或等于约36nm、例如约5nm-约39nm、约7nm-约40nm、或约9nm-约38nm的半宽度(FWHM)。所述蓝色发射层包括多个(例如，非镉的)发射蓝色光的量子点，由此所述蓝色像素呈现出在约440nm-约460nm、约441nm-约459nm、或约442nm-约458nm、或约449nm-约454nm的范围内的电致发光峰值波长，并且具有小于或等于约33nm或者小于或等于约20nm、例如约5nm-约33nm、约7nm-约33nm、或约9nm-约33nm、或约19nm-约33nm的半宽度(FWHM)。

[0087] 所述装置可具有大于或等于约89百分比(%)、例如约89%-约101%、或约90%-约100%的根据DCI标准的颜色再现性。所述装置可具有大于或等于约66%、例如约66%-约99%、或约68%-约98%、或约72%-约99%、或约74%-约98%、或71-85%的根据BT2020标准的颜色再现性。所述装置可具有大于或等于约94%、例如约94.5%-约99.9%、或约95%-约99%的根据DCI标准的颜色再现性。

[0088] 所述第一电极可包括阳极且所述第二电极可包括阴极。替代地，所述第一电极可包括阴极且所述第二电极可包括阳极。

[0089] 装置的实施方式显示于图2和3中。阴极50可包括电子注入导体。阳极10可包括空穴注入导体。包括在所述阴极中的电子注入导体和所述阳极的空穴注入导体的功函可适当地选择且没有特别限制。例如，所述阴极可具有比所述阳极的功函小的功函。在替代实施方式中，所述阳极可具有比所述阴极的功函小的功函。

[0090] 所述电子注入导体和所述空穴注入导体可各自独立地包括基于金属的材料(例如金属、金属化合物、合金、其组合)、其它导电材料、或其组合。所述金属可包括铝、镁、钨、镍、钴、铂、钽、或钙、或其组合。所述金属化合物或其它导电材料可为金属氧化物例如氧化镓铟或氧化铟锡(ITO)、或具有金属性质的材料例如导电聚合物例如聚亚乙基二氧噻吩，例如(例如具有相对高的功函的)聚合物材料，但不限于此。

[0091] 所述第一电极和所述第二电极的至少一个可为光透射电极或透明电极。在实施方式中，所述第一电极和所述第二电极两者都可为光透射电极。所述第一电极和所述第二电极可各自独立地被图案化。所述第一电极和/或所述第二电极可各自独立地设置在基板上。所述基板可为绝缘基板。所述基板可为光学透明的，例如具有大于或等于约50%、大于或等于约60%、大于或等于约70%、大于或等于约80%、大于或等于约85%、或者大于或等于约

90%且小于或等于约99%、或者小于或等于约95%的透明度。所述基板可包括用于红色像素的区域、用于绿色像素的区域、和用于蓝色像素的区域。薄膜晶体管可设置在所述基板的各区域中,并且所述薄膜晶体管的源电极和漏电极的至少一个可电连接到所述第一电极或所述第二电极。

[0092] 所述光透射电极可设置在透明基板(例如,绝缘透明基板)上。所述基板可为刚性的或柔性的。所述基板可为塑料、玻璃、或金属。

[0093] 所述光透射电极可包括例如透明导体例如氧化铟锡(ITO)或氧化铟锌(IZO)、氧化镓铟、氧化锌铟锡、氮化钛、聚苯胺、或LiF/Mg:Ag,或金属薄膜,金属的单层或多层例如Ag、Au、Pt、或其组合,但不限于此。在其中所述第一电极或所述第二电极为非光透射电极的实施方式中,其可包括例如不透明的导体例如铝(Al)、锂铝(Li:Al)合金、镁-银合金(Mg:Ag)、或氟化锂-铝(LiF:Al)。

[0094] 所述电极(所述第一电极和/或第二电极)的厚度没有特别限制,并且可各自独立地考虑装置效率而选择。例如,所述电极的厚度可大于或等于约5nm、例如大于或等于约10nm、大于或等于约20nm、大于或等于约30nm、大于或等于约40nm、或者大于或等于约50nm,但不限于此。例如,所述电极的厚度可小于或等于约100 μ m、例如小于或等于约90 μ m、小于或等于约80 μ m、小于或等于约70 μ m、小于或等于约60 μ m、小于或等于约50 μ m、小于或等于约40 μ m、小于或等于约30 μ m、小于或等于约20 μ m、小于或等于约10 μ m、小于或等于约1 μ m、小于或等于约900nm、小于或等于约500nm、或者小于或等于约100nm。

[0095] 设置在所述第一电极与所述第二电极(例如,阳极10与阴极50)之间的量子点发射层30包括多个量子点。所述多个量子点可不包括镉,例如,是不含镉的。在实施方式中,所述多个量子点的镉含量可为约0.01百万分率(ppm)-约100ppm、或约0.01ppm-约10ppm,基于所述多个量子点的总含量。所述量子点发射层可包括单个或多个(例如约2-约10个、或者约2个或更多或者约3个或更多)层,所述层各自包括多个量子点。所述多个量子点可包括具有芯-壳结构的量子点。

[0096] 所述量子点发射层可被图案化。在实施方式中,经图案化的量子点发射层包括设置在所述红色像素中的红色发射层、设置在所述绿色像素中的绿色发射层、和设置在所述蓝色像素中的蓝色发射层。

[0097] 所述红色发射层包括多个发射红色光的量子点。所述红色像素可具有大于或等于约627nm、例如大于或等于约628nm且小于或等于约640nm、例如约628nm-约639nm、或约630nm-约638nm的范围内的电致发光(EL)峰值波长。所述红色像素可呈现出小于或等于约42nm、例如小于或等于约40nm、例如约5nm-约42nm、约7nm-约40nm、或约9nm-约38nm、或约30nm-约42nm的半宽度(FWHM)。在实施方式中,所述红色像素可呈现出小于或等于约36nm的半宽度(FWHM)。

[0098] 所述绿色发射层包括多个发射绿色光的量子点。所述绿色像素可呈现出在约525nm-约536nm、约526nm-约535nm、或约527nm-约534nm的范围内的电致发光峰值波长。所述绿色像素可呈现出小于或等于约39nm、例如小于或等于约38nm、约5nm-约39nm、约7nm-约40nm、或约9nm-约38nm、或30-39nm的半宽度(FWHM)。在实施方式中,所述绿色像素可呈现出小于或等于约37nm的半宽度(FWHM)。

[0099] 所述蓝色发射层包括多个发射蓝色光的量子点。所述蓝色像素可呈现出在大于或

等于约440nm、例如大于或等于约445nm、大于或等于约450nm、或者大于或等于约451nm且小于或等于约460nm、例如小于或等于约458nm、或者小于或等于约455nm、例如约441nm-约459nm、或约442nm-约458nm的范围内的电致发光峰值波长,以及小于或等于约43nm、小于或等于约40nm、小于或等于约38nm、小于或等于约37nm、小于或等于约36nm、小于或等于约35nm、小于或等于约34nm、或者小于或等于约33nm(例如,且大于或等于约12nm、大于或等于约15nm、大于或等于约18nm、大于或等于约19nm)的半宽度(FWHM)。在实施方式中,所述蓝色像素可呈现出小于或等于约30nm或者小于或等于约20nm、约5nm-约33nm、约7nm-约33nm、或约9nm-约33nm的半宽度(FWHM)。

[0100] 根据实施方式的包括前述发射层和前述像素的电致发光显示装置可具有大于或等于约89%、例如约89%-约99%、或约90%-约98%的根据DCI标准的颜色再现性。所述装置可具有大于或等于约66%、例如约66%-约99%、或约68%-约98%、或约72%-约99%、或约74%-约98%的根据BT2020标准的颜色再现性。所述装置可具有大于或等于约89%的根据DCI标准的颜色再现性、和大于或等于约69%的根据BT2020标准的颜色再现性。所述装置可具有大于或等于约94%的根据DCI标准的颜色再现性。所述装置可具有大于或等于约71%的根据BT2020标准的颜色再现性。

[0101] 在实施方式中,所述红色发射层可发射具有如下的Cx的光:在CIE色坐标中大于或等于约0.64、例如大于或等于约0.65、或者大于或等于约0.66,例如在CIE色坐标中约0.64-约0.8、约0.65-约0.75、或约0.66-约0.70。所述红色发射层可发射具有0.66-0.71的Cx和0.29-0.34的Cy的光。在实施方式中,所述绿色发射层可发射具有如下的Cy的光:在CIE色坐标中大于或等于约0.64、例如大于或等于约0.65、大于或等于约0.66、大于或等于约0.67、大于或等于约0.68、或者大于或等于约0.69、例如在CIE色坐标中约0.64-约0.8、约0.65-约0.75、或约0.66-约0.70。所述绿色发射层可发射具有0.19-0.26的Cx和0.68-0.72的Cy的光。在实施方式中,所述蓝色发射层可发射具有如下的Cx和Cy的光:在CIE色坐标中,Cx大于或等于约0.1、例如大于或等于约0.12、大于或等于约0.13、或者大于或等于约0.14且小于或等于约0.2、例如小于或等于约0.19、小于或等于约0.18、小于或等于约0.17、或者小于或等于约0.16,和Cy大于或等于约0.02、大于或等于约0.03、大于或等于约0.04、大于或等于约0.05、大于或等于约0.06、大于或等于约0.07、大于或等于约0.08、或者大于或等于约0.09且小于或等于约0.2、小于或等于约0.19、小于或等于约0.18、小于或等于约0.17、小于或等于约0.16、小于或等于约0.15、小于或等于约0.14、小于或等于约0.13、小于或等于约0.12、小于或等于约0.11、或者小于或等于约0.1。所述蓝色发射层可发射具有0.145-0.15的Cx和0.05-0.09的Cy的光。

[0102] 提及其中蓝色发射层发射具有约0.1-约0.16的Cx和约0.02-约0.2的Cy的光的实施方式。

[0103] 所述发射红色光的量子点可包括发射红色光的半导体纳米晶体颗粒,所述发射红色光的半导体纳米晶体颗粒包括包含铟(In)、磷(P)、和任选地锌(Zn)的芯,以及设置在所述芯的表面上并且包含锌、硫、和任选地硒的壳。在所述发射红色光的半导体纳米晶体颗粒中,所述芯可包含InP或InZnP,且所述壳可包含ZnS或ZnSeS。所述壳可为具有至少多个层、例如约2-约10个层、或约3-约7个层的多层壳,且在实施方式中,各层可具有不同的组成。所述壳在径向方向上可具有变化的组成。在实施方式中,所述壳具有在径向方向上变化的组

成梯度。

[0104] 所述发射红色光的半导体纳米晶体颗粒可具有大于或等于约620nm、例如大于或等于约622nm、大于或等于约623nm、大于或等于约624nm、大于或等于约625nm、大于或等于约626nm、大于或等于约627nm且小于或等于约640nm、例如小于或等于约637nm、小于或等于约635nm、小于或等于约630nm、约620nm-约639nm、或约622nm(nm)-约637nm的光致发光峰值波长。所述发射红色光的半导体纳米晶体颗粒的光致发光峰可具有小于或等于约41nm、小于或等于约40nm、小于或等于约39nm、小于或等于约38nm、小于或等于约37nm、或小于或等于约36nm、例如约5nm-约42nm、约7nm-约40nm、或约9nm-约38nm的半宽度(FWHM)。所述发射红色光的半导体纳米晶体颗粒可具有大于或等于约80%、例如大于或等于约85%、大于或等于约89%、或者大于或等于约90%、例如约80%-约99%、或约85%-约98%的光致发光量子效率。

[0105] 所述发射红色光的半导体纳米晶体颗粒可具有球形形状、多角形状、多荚(多脚, multipod)形状、或其组合。所述发射红色光的半导体纳米晶体颗粒可具有大于或等于约5nm、例如大于或等于约6nm且小于或等于约10nm、例如小于或等于约9nm、或者小于或等于约8.8nm的(平均)尺寸。如本文中使用的,量子点的尺寸指的是量子点的直径、或者(当其为非球形时)由当通过电子显微镜分析例如SEM进行分析时的二维(2D)图像假定颗粒具有球形形状时确定的直径。

[0106] 所述发射红色光的半导体纳米晶体颗粒可具有拥有大于或等于约1nm、例如大于或等于约1.5nm、大于或等于约1.6nm、大于或等于约1.7nm、或者大于或等于约1.8nm且小于或等于约3nm、例如小于或等于约2.9nm、小于或等于约2.8nm、小于或等于约2.7nm、小于或等于约2.6nm、或者小于或等于约2.5nm的厚度的壳。所述发射红色光的半导体纳米晶体颗粒的壳在径向方向上可变化的组成例如组成梯度。例如,当所述壳包含ZnSeS时,在从所述芯到在其处所述壳可包括ZnS的最外层的径向方向上,硫的量可增加。在实施方式中,所述壳的最外层由ZnS组成。在实施方式中,所述壳的最内层由ZnSe或ZnSeS组成。

[0107] 在所述发射红色光的半导体纳米晶体颗粒中,相对于1摩尔的镉,磷的量可小于或等于约4摩尔、例如小于或等于约3摩尔、小于或等于约2摩尔、小于或等于约1摩尔、或者小于或等于约0.9摩尔。在所述发射红色光的半导体纳米晶体颗粒中,相对于1摩尔的镉,磷的量可大于或等于约0.5摩尔、例如大于或等于约0.7摩尔、大于或等于约0.77摩尔且小于或等于约1摩尔。在所述发射红色光的半导体纳米晶体颗粒中,相对于1摩尔的镉,硫的量可大于或等于约3摩尔、例如大于或等于约4摩尔且小于或等于约9摩尔、例如小于或等于约8摩尔。在所述发射红色光的半导体纳米晶体颗粒中,相对于1摩尔的镉,锌的量可大于或等于约2摩尔、例如大于或等于约2.5摩尔、大于或等于约3摩尔、大于或等于约4摩尔、大于或等于约5摩尔、大于或等于约6摩尔、或者大于或等于约7摩尔且小于或等于约30摩尔、例如小于或等于约25摩尔、或者小于或等于约20摩尔。在所述发射红色光的半导体纳米晶体颗粒中,相对于1摩尔的镉,硒的量可大于或等于约0.8摩尔、例如大于或等于约0.9摩尔、大于或等于约1摩尔且小于或等于约10摩尔、例如小于或等于约9摩尔。在所述发射红色光的半导体纳米晶体颗粒中,相对于1摩尔Zn,S和Se的总量可小于或等于1摩尔、例如小于约1摩尔且大于或等于约0.5摩尔、例如大于或等于约0.6摩尔、大于或等于约0.7摩尔、大于或等于约0.8摩尔、或者大于或等于约0.9摩尔。

[0108] 所述发射绿色光的量子点可包括发射绿色光的半导体纳米晶体颗粒,所述发射绿色光的半导体纳米晶体颗粒包括包含铟(In)、磷(P)、和任选地锌(Zn)的芯,以及设置在所述芯的表面上并且包含锌、硫、和任选地硒的壳。

[0109] 在所述发射绿色光的半导体纳米晶体颗粒中,所述芯可包括InP或InZnP,且所述壳可包括ZnS或ZnSeS。

[0110] 所述发射绿色光的半导体纳米晶体颗粒可具有大于或等于约524nm、或者大于或等于约525nm且小于或等于约545nm、或者小于或等于约536nm、约526nm-约545nm、或约527纳米(nm)-约535nm的光致发光(PL)峰值波长。所述发射绿色光的半导体纳米晶体颗粒可具有大于或等于约520nm、或者大于或等于约524nm且小于或等于约535nm的光致发光(PL)峰值波长。所述发射绿色光的半导体纳米晶体颗粒的光致发光(PL)峰可具有小于或等于约40nm、例如小于或等于约38nm、小于或等于约36nm、或者小于或等于约35nm、例如约5nm-约39nm、约7nm-约40nm、或约9nm-约38nm的半宽度(FWHM)。所述发射绿色光的半导体纳米晶体颗粒可具有大于或等于约80%、例如大于或等于约85%、例如约85%-约99%、或约90%-约98%的光致发光量子效率。

[0111] 所述发射绿色光的半导体纳米晶体颗粒可具有球形形状、多角形状、多荚(多脚)形状、或其组合。所述发射绿色光的半导体纳米晶体颗粒可具有大于或等于约6nm、例如大于或等于约6.5nm、或者大于或等于约7nm且小于或等于约15nm、例如小于或等于约10nm、小于或等于约9nm、或者小于或等于约8nm的(平均)尺寸。

[0112] 所述发射绿色光的半导体纳米晶体颗粒可具有大于或等于约2nm且小于或等于约5nm的壳厚度。所述发射绿色光的半导体纳米晶体颗粒的壳在径向方向上可具有变化的组成例如组成梯度。例如,当所述壳包括ZnSeS时,在从所述芯到在其处所述壳可包括ZnS的所述壳的最外层的径向方向上,硫的量可增加。在实施方式中,最外层由ZnS组成。在实施方式中,所述壳的最内层由ZnSe或ZnSeS组成。

[0113] 在所述发射绿色光的半导体纳米晶体颗粒中,相对于1摩尔的铟,磷的量可小于或等于约1摩尔。在所述发射绿色光的半导体纳米晶体颗粒中,相对于1摩尔的铟,磷的量可大于或等于约0.6摩尔、例如大于或等于约0.7摩尔。在所述发射绿色光的半导体纳米晶体颗粒中,相对于1摩尔的铟,硫的量可大于或等于约5摩尔、例如大于或等于约9摩尔、或者大于或等于约12摩尔且小于或等于约70摩尔、例如小于或等于约45摩尔、或者小于或等于约38摩尔。在所述发射绿色光的半导体纳米晶体颗粒中,相对于1摩尔的铟,锌的量可大于或等于约20摩尔、例如大于或等于约25摩尔、大于或等于约30摩尔、大于或等于约33摩尔、大于或等于约34摩尔、或者大于或等于约35摩尔且小于或等于约150摩尔、例如小于或等于约75摩尔、小于或等于约70摩尔、或者小于或等于约68摩尔。在所述发射绿色光的半导体纳米晶体颗粒中,相对于1摩尔的铟,硒的量可大于或等于约5摩尔、例如大于或等于约10摩尔、大于或等于约11摩尔、或者大于或等于约12摩尔且小于或等于约50摩尔、例如小于或等于约20摩尔、或者小于或等于约18摩尔。在所述发射绿色光的半导体纳米晶体颗粒中,相对于1摩尔的Zn的S和Se的总量可小于约1、例如小于或等于约0.9且大于或等于约0.7、例如大于或等于约0.75、或者大于或等于约0.8。

[0114] 所述发射蓝色光的量子点可包括包含锌、碲、和硒的发射蓝色光的半导体纳米晶体颗粒。在所述发射蓝色光的半导体纳米晶体颗粒的实施方式中,碲的含量小于硒的含量。

所述发射蓝色光的半导体纳米晶体颗粒可具有包括包含锌、碲、和硒的第一半导体材料的芯,以及包括具有与所述第一半导体材料不同的组成的第二半导体材料(且例如包括Zn、Se和S)的壳,且所述壳可设置在所述芯上。所述壳可设置在所述芯的一部分上,或者在所述芯的全部上。

[0115] 所述芯的所述第一半导体材料可包括有限量的碲(Te)。所述芯可包括 $\text{ZnTe}_x\text{Se}_{1-x}$, 其中, x 大于约0且小于或等于约0.05。在所述芯中,通过增加碲量相对于硒量的比,所述半导体纳米晶体颗粒的最大发射峰的波长可增大。在所述芯中,基于1摩尔的硒,碲量可大于或等于约0.001摩尔、大于或等于约0.005摩尔、大于或等于约0.006摩尔、大于或等于约0.007摩尔、大于或等于约0.008摩尔、大于或等于约0.009摩尔、大于或等于约0.01摩尔、或者大于或等于约0.02摩尔。在所述芯中,基于1摩尔的硒,碲量可小于或等于约0.053摩尔、例如小于或等于约0.05摩尔、小于或等于约0.049摩尔、小于或等于约0.048摩尔、小于或等于约0.047摩尔、小于或等于约0.046摩尔、小于或等于约0.045摩尔、小于或等于约0.044摩尔、小于或等于约0.043摩尔、小于或等于约0.042摩尔、小于或等于约0.041摩尔、或者小于或等于约0.04摩尔。不受任何特定理论束缚,所述芯在Zn、Se、和Te的分布方面可具有不同的形式。在实施方式中,所述芯是均质的。在实施方式中,所述芯包括其中Se的含量在从所述芯的中心到所述芯的外表面的方向上变化的组成梯度。在实施方式中,所述芯包括其中Te的含量在从所述芯的中心到所述芯的外表面的方向上变化的组成梯度。

[0116] 所述第二半导体材料可包括锌(Zn)、硒(Se)、和硫(S)。所述壳可为多层壳。所述多层壳可包括直接设置在所述芯上的第一层、和最外层,其中所述第一层可包括 ZnSeS 且所述最外层可包括 ZnS 。在实施方式中,所述第一层由 ZnSeS 组成,且所述最外层由 ZnS 组成。所述壳可包括梯度合金,且硫量可具有浓度梯度,其中在远离所述芯的方向例如径向方向上,硫量增加。

[0117] 所述半导体纳米晶体颗粒可具有小于或等于约0.05、小于或等于约0.049、小于或等于约0.048、小于或等于约0.047、小于或等于约0.045、小于或等于约0.044、小于或等于约0.043、小于或等于约0.042、小于或等于约0.041、小于或等于约0.04、小于或等于约0.039、小于或等于约0.035、小于或等于约0.03、小于或等于约0.029、小于或等于约0.025、小于或等于约0.024、小于或等于约0.023、小于或等于约0.022、小于或等于约0.021、小于或等于约0.02、小于或等于约0.019、小于或等于约0.018、小于或等于约0.017、小于或等于约0.016、小于或等于约0.015、小于或等于约0.014、小于或等于约0.013、小于或等于约0.012、小于或等于约0.011、或者小于或等于约0.01的(例如,通过电感耦合等离子体-原子发射光谱法(ICP-AES)测量的)碲的摩尔量相对于硒的摩尔量的比,例如摩尔比。碲相对于硒的摩尔比可大于或等于约0.001、大于或等于约0.002、大于或等于约0.003、大于或等于约0.004、大于或等于约0.005、大于或等于约0.006、或者大于或等于约0.007。碲相对于硒的摩尔比可为约0.004-约0.025。

[0118] 在所述发射蓝色光的半导体纳米晶体颗粒中,锌的量可大于硒的量。所述发射蓝色光的半导体纳米晶体颗粒可具有小于或等于约0.02、小于或等于约0.019、小于或等于约0.018、小于或等于约0.017、小于或等于约0.016、小于或等于约0.015、小于或等于约0.014、小于或等于约0.013、小于或等于约0.012、或者小于或等于约0.011、例如约0.001-约0.02、约0.002-约0.01、或约0.005的(例如,通过电感耦合等离子体-原子发射光谱法测

定的) 碲相对于锌的摩尔比。

[0119] 在所述发射蓝色光的半导体纳米晶体颗粒中, (例如, 当通过ICP-AES分析进行分析时) 锌 (Zn) 的量可大于硒 (Se) 的量, 且硒的量可大于碲的量。

[0120] 例如, 当通过ICP-AES分析进行分析时, Se相对于Zn的摩尔比可小于约1、例如小于或等于约0.95、小于或等于约0.90、小于或等于约0.85、小于或等于约0.8、小于或等于约0.7、小于或等于约0.6、小于或等于约0.5、或者小于或等于约0.4。Se相对于Zn的摩尔比可大于或等于约0.05、例如大于或等于约0.1、或者大于或等于约0.2。

[0121] 例如, 当通过ICP-AES分析进行分析时, Te相对于Zn的摩尔比可小于或等于约0.03、例如小于或等于约0.027、小于或等于约0.025、小于或等于约0.02、小于或等于约0.019、小于或等于约0.018、小于或等于约0.017、0.016、小于或等于约0.015、小于或等于约0.01、小于或等于约0.009、小于或等于约0.008、小于或等于约0.007、小于或等于约0.006、或者小于或等于约0.005。Te相对于Zn的摩尔比可大于或等于约0.001、大于或等于约0.002、或者大于或等于约0.003。在根据实施方式的发射蓝色光的半导体纳米晶体颗粒中, 碲的量可小于或等于约1重量百分数(%)、例如约0.01重量%-约1重量%、或约0.05重量%-约0.5重量%, 基于所述半导体纳米晶体颗粒的总重量。所述发射蓝色光的半导体纳米晶体颗粒不包括镉。在实施方式中, 所述发射蓝色光的半导体纳米晶体颗粒的镉含量可为约0.01百万分率(ppm)-约100ppm、或约0.01ppm-约10ppm, 基于多个量子点的总含量。所述(发射蓝光)的半导体纳米晶体颗粒可不包括锰、铜、或其组合。

[0122] 在所述发射蓝色光的半导体纳米晶体颗粒中, 硫相对于Zn的摩尔比可大于或等于约0.1、例如大于或等于约0.15、大于或等于约0.2、或者大于或等于约0.3。在所述半导体纳米晶体颗粒中, 硫相对于Zn的摩尔比可小于或等于约0.9、例如小于或等于约0.8、小于或等于约0.7、或者小于或等于约0.6。在所述半导体纳米晶体颗粒中, Se+S相对于锌的摩尔比可大于或等于约0.3、大于或等于约0.4、或者大于或等于约0.5。在所述半导体纳米晶体颗粒中, Se和S的总量相对于锌的摩尔比可小于或等于约1、例如小于约1且大于或等于约0.5、例如大于或等于约0.6、大于或等于约0.7、或者大于或等于约0.8。硫相对于硒的比可大于或等于约0.5且小于或等于约2。

[0123] 所述发射蓝色光的半导体纳米晶体颗粒可具有球形形状、多角形状、多荚(多脚)形状、或其组合。在实施方式中, 所述半导体纳米晶体颗粒可具有多荚(多脚)形状。多荚可具有多个、例如约2约10个、或约3-约5个分支部分以及在其间的谷部分。所述芯的平均尺寸可大于或等于约2nm、大于或等于约3nm、或者大于或等于约4nm。所述芯的平均尺寸可小于或等于约6nm、例如小于或等于约5nm。所述发射蓝色光的半导体纳米晶体颗粒可具有大于或等于约3nm、例如大于或等于约4nm、大于或等于约5nm、大于或等于约6nm、大于或等于约7nm、大于或等于约8nm的尺寸(或平均尺寸, 下文中称作尺寸)。所述发射蓝色光的半导体纳米晶体颗粒可具有小于或等于约30nm、例如小于或等于约29nm、小于或等于约28nm、小于或等于约27nm、小于或等于约26nm、小于或等于约25nm、小于或等于约24nm、小于或等于约23nm、小于或等于约22nm、小于或等于约21nm、小于或等于约20nm、小于或等于约19nm、小于或等于约18nm、小于或等于约17nm、小于或等于约16nm、小于或等于约15nm、小于或等于约14nm、小于或等于约13nm、或者小于或等于约12nm的尺寸。

[0124] 根据实施方式的发射蓝色光的半导体纳米晶体颗粒可具有大于或等于约430nm、

例如大于或等于约440nm、大于或等于约446nm、大于或等于约449nm、或者大于或等于约450nm且小于或等于约470nm、例如小于约470nm、小于或等于约461nm、或者小于或等于约460nm的光致发光峰值波长。

[0125] 所述发射蓝色光的半导体纳米晶体颗粒可具有约450nm-约460nm的最大光致发光峰值波长。其最大光致发光峰可具有小于或等于约50nm、例如小于或等于约49nm、小于或等于约48nm、小于或等于约47nm、小于或等于约46nm、小于或等于约45nm、小于或等于约44nm、小于或等于约43nm、小于或等于约42nm、小于或等于约41nm、小于或等于约40nm、小于或等于约39nm、小于或等于约38nm、小于或等于约37nm、小于或等于约36nm、小于或等于约35nm、小于或等于约34nm、小于或等于约33nm、小于或等于约32nm、小于或等于约31nm、小于或等于约30nm、小于或等于约29nm、或者小于或等于约28nm且大于或等于约12nm、大于或等于约20nm、大于或等于约25nm、或者大于或等于约26nm、例如约2nm-约50nm、约4nm-约45nm、或约6nm-约40nm的半宽度(FWHM)。

[0126] 所述发射蓝色光的半导体纳米晶体颗粒可具有大于或等于约60%、例如大于或等于约61%、大于或等于约62%、大于或等于约63%、大于或等于约64%、大于或等于约65%、大于或等于约66%、大于或等于约67%、大于或等于约68%、或者大于或等于约69%的量子效率。所述半导体纳米晶体颗粒可具有大于或等于约80%、大于或等于约90%、大于或等于约95%、大于或等于约99%、或约100%的量子效率,例如约60%-约99.9%、约70%-约99%、或约75%-约98%的量子效率。

[0127] 基于镉的芯-壳半导体纳米晶体例如CdSe/CdS可通过所述纳米晶体的表面的钝化而呈现出高的发射性质和对光氧化的稳定性。这些纳米晶体的表面可被具有宽的带隙的无机壳罩盖(cap)。尽管不想受理论束缚,但是理解,所述无机壳使所述纳米晶体的表面钝化,有效地除去如果存在的话可形成对于在所述纳米晶体内部形成的激子的陷阱的悬空键或配位部分,由此光生载流子可被限制在所述芯内部,导致相对高的发光效率。然而,这样的芯-壳型半导体纳米晶体具有约470nm-约630nm的最大发射波长(即,中心发射波长),并且难以具有小于约470nm的最大发光波长。由于半导体纳米晶体的最大发射波长随着所述纳米晶体的尺寸的增加而增加,因此为了获得小于470nm的最大发射波长,具有非常小的尺寸(例如,小于1.6nm)的芯半导体纳米晶体是必要的。难以制造以窄的尺寸分布制造具有这样的尺寸的芯。在芯上的壳的形成可导致半导体纳米晶体的最大发射峰值波长的尺寸的增大(例如,导致红移)。因此,不易制备具有蓝色光发射的芯-壳半导体纳米晶体。根据实施方式的发射蓝色光的半导体纳米晶体颗粒可呈现出小于约470nm、例如小于或等于约465nm的最大发射峰值波长、以及相对高的量子效率和相对窄的半宽度(FWHM),即使其具有相对大的芯尺寸(例如,约2nm或更大、例如3nm或更大、或者4nm或更大)。

[0128] 具有前述结构/组成的发射红色光的半导体纳米晶体颗粒、发射绿色光的半导体纳米晶体颗粒、和发射蓝色光的半导体纳米晶体颗粒可以适当的方法制造。在实施方式中,用于制造所述发射红色光的半导体纳米晶体、发射绿色光的半导体纳米晶体、和发射蓝色光的半导体纳米晶体的方法可包括

[0129] 获得包括在各半导体纳米晶体颗粒中的芯;

[0130] 准备(制备)包括金属(例如,锌)的第一壳前体和包括有机配体的第一壳前体溶液;

[0131] 准备(制备)包括非金属元素(例如硫、硒、或其组合)的第二壳前体;和

[0132] 将所述第一壳前体溶液加热到第二反应温度,并且将所述芯和所述第二壳前体添加到所述第一壳前体溶液以在所述芯上形成第二半导体纳米晶体的壳。所述方法可进一步包括:将所述芯在其合成后从用于其合成的反应体系分离,和通过将合成的芯分散在有机溶剂中而制备芯溶液(或芯分散体)。

[0133] 在实施方式中,为了形成所述壳,将溶剂和任选的配体化合物在真空下加热(或真空处理)到预定的温度(例如,100℃或更大),置于在惰性气体气氛中,然后再次加热到预定的温度(例如,100℃或更大)。随后,添加所述芯并且顺序地或同时注入所述壳前体,且通过在预定的反应温度下加热而进行反应。在反应时间期间可顺序地注入具有不同比率的壳前体的混合物。

[0134] 用于所述发射红色光或发射绿色光的半导体纳米晶体颗粒的芯可适当地制造。在实施方式中,用于所述发射红色光或发射绿色光的半导体纳米晶体颗粒的芯可通过如下制造:获得包括镉前体、有机配体、有机溶剂、和任选地锌前体的第一混合物;根据需要所述混合物在大于或等于约100℃(例如,110℃或更大)的温度下(例如,在真空下)预处理;制备包括磷前体和有机溶剂的磷前体原液;和将所述第一混合物加热到反应温度以向其中添加所述磷前体原液,和以进行反应。

[0135] 所述镉前体的类型没有特别限制且可适当地选择。例如,所述镉前体可包括镉粉末、烷基化的镉例如C1-C4烷基镉化合物(例如三甲基镉)、C1-C6醇镉、氢氧化镉、羧酸镉(例如,乙酸镉)、硝酸镉、高氯酸镉、硫酸镉、乙酰丙酮镉、卤化镉、氰化镉、氧化镉、或过氧化镉。可使用包括前述的至少两种的组合。

[0136] 锌前体的类型没有特别限制且可适当地选择。所述锌前体可包括Zn金属粉末、ZnO、烷基化的Zn化合物(例如,C2-C30二烷基锌例如二乙基锌)、C1-C6醇锌(例如,乙醇锌)、羧酸锌(例如,乙酸锌)、硝酸锌、高氯酸锌、硫酸锌、乙酰丙酮锌、卤化锌(例如,氯化锌)、氰化锌、氢氧化锌、或其组合。锌前体可为包括锌前体和有机溶剂/配体的锌前体溶液的形式。锌前体溶液可包括在有机溶剂中的有机配体。所述有机配体可包括脂肪酸和胺化合物。在所述锌前体溶液中的所述锌前体的浓度和所述有机配体的浓度没有特别限制且可适当地选择。

[0137] 所述有机配体和所述有机溶剂的类型没有特别限制且可适当地选择。

[0138] 所述磷前体的类型没有特别限制且可适当地选择。例如,所述磷前体可包括三(三甲基甲硅烷基)膦、三(二甲基氨基)膦、三乙基膦、三丁基膦、三辛基膦、三苯基膦、三环己基膦、或其组合,但不限于此。

[0139] 在反应体系中的各化合物(例如,镉前体、锌前体、磷前体、有机配体、和有机溶剂)之间的比率可考虑期望的量子点的组成而适当地选择。反应时间和温度可考虑待合成的芯的尺寸而适当地选择,但不特别限于此。例如,用于芯合成的反应温度可大于或等于约270℃且小于或等于约360℃,但不限于此。用于芯合成的反应时间可大于或等于约5分钟且小于约1小时,但不限于此。

[0140] 用于所述发射蓝色光的半导体纳米晶体颗粒的芯可通过包括如下的方法制造:

[0141] 提供包括锌前体和有机配体的锌前体溶液;

[0142] 准备(制备)硒前体和碲前体;和

[0143] 将锌前体溶液加热到第一反应温度,将硒前体和碲前体与有机配体一起添加到锌前体溶液以形成包含锌、硒和碲的第一半导体纳米晶体芯。

[0144] 用于所述发射蓝色光的半导体纳米晶体颗粒的锌前体可包括Zn金属粉末、ZnO、烷基化的Zn化合物(例如,C2-C30二烷基锌例如二乙基锌)、C1-C6醇锌(例如,乙醇锌)、羧酸锌(例如,乙酸锌)、硝酸锌、高氯酸锌、硫酸锌、乙酰丙酮锌、卤化锌(例如,氯化锌)、氰化锌、氢氧化锌、或其组合。锌前体溶液可包括在有机溶剂中的有机配体。所述有机配体可包括脂肪酸和胺化合物。在锌前体溶液中的锌前体的浓度和有机配体的浓度没有特别限制且可适当地选择。

[0145] 硒前体可包括硒-三辛基膦(Se-TOP)、硒-三丁基膦(Se-TBP)、硒-三苯基膦(Se-TPP)、硒-二苯基膦(Se-DPP)、或其组合,但不限于此。碲前体可包括碲-三辛基膦(Te-TOP)、碲-三丁基膦(Te-TBP)、碲-三苯基膦(Te-TPP)、或其组合,但不限于此。

[0146] 基于1摩尔的碲前体,用于形成所述芯的硒前体的量可大于或等于约20摩尔、例如大于或等于约25摩尔、大于或等于约26摩尔、大于或等于约27摩尔、大于或等于约28摩尔、大于或等于约29摩尔、大于或等于约30摩尔、大于或等于约31摩尔、大于或等于约32摩尔、大于或等于约33摩尔、大于或等于约34摩尔、大于或等于约35摩尔、大于或等于约36摩尔、大于或等于约37摩尔、大于或等于约38摩尔、大于或等于约39摩尔、或者大于或等于约40摩尔。基于1摩尔的碲前体,所述硒前体的量可小于或等于约60摩尔、小于或等于约59摩尔、小于或等于约58摩尔、小于或等于约57摩尔、小于或等于约56摩尔、或者小于或等于约55摩尔。在所述量的前述范围内,可形成具有前述组成的芯。

[0147] 所述第一反应温度可大于或等于约280℃、例如大于或等于约290℃。用于形成所述芯的反应时间没有特别限制且可适当地选择。例如,所述反应时间可大于或等于约5分钟、大于或等于约10分钟、大于或等于约15分钟、大于或等于约20分钟、大于或等于约25分钟、大于或等于约30分钟、大于或等于约35分钟、大于或等于约40分钟、大于或等于约45分钟、或者大于或等于约50分钟,但不限于此。例如,所述反应时间可小于或等于约2小时,但不限于此。通过控制所述反应时间,可控制所述芯的尺寸。

[0148] 在下文中,将进一步详细地描述ZnSeS壳的壳前体,但本公开内容不限于此,且可根据壳组成而选择适当的壳前体。

[0149] 在实施方式中,所述第一壳前体可包括锌。包括锌的所述第一壳前体可为锌粉末、C2-C30烷基化的锌化合物(例如,C2-C30二烷基锌)、C1-C6醇锌、羧酸锌、硝酸锌、高氯酸锌、硫酸锌、乙酰丙酮锌、卤化锌、氰化锌、氢氧化锌、ZnO、过氧化锌、碳酸锌、或其组合,但不限于此。所述第一壳前体的实例可为二甲基锌、二乙基锌、乙酸锌、乙酰丙酮锌、碘化锌、溴化锌、氯化锌、氟化锌、碳酸锌、氰化锌、硝酸锌、氧化锌、过氧化锌、高氯酸锌、硫酸锌、或其组合。

[0150] 所述第二壳前体包括硒、硫、或其组合。所述第二壳前体的含有硫的前体可为己硫醇、辛硫醇、癸硫醇、十二烷硫醇、十六烷硫醇、巯基丙基硅烷、硫-三辛基膦(S-TOP)、硫-三丁基膦(S-TBP)、硫-三苯基膦(S-TPP)、硫-三辛基胺(S-TOA)、双三甲基甲硅烷基硫、硫化铵、硫化钠、或其组合。

[0151] 所述第二壳前体的含有硒的前体可为硒-三辛基膦(Se-TOP)、硒-三丁基膦(Se-TBP)、硒-三苯基膦(Se-TPP)、硒-二苯基膦(Se-DPP)、或其组合,但不限于此。

[0152] 在实施方式中,在芯的合成之后和在壳生长期间,可将包括壳前体的溶液逐步添加到反应体系以使壳的组成变化。例如,在形成三元化合物的壳的情况中,可选择第一元素前体(例如,金属元素例如Zn)、第二元素前体(例如,第一非金属元素例如硫)、和第三元素前体(例如,第二非金属元素例如Se)溶液的添加顺序和量、以及反应时间。例如,将芯添加到第一元素前体溶液,向其添加第二元素前体溶液,然后进行反应预定的时间。随后,可将第三元素前体溶液和第二元素前体溶液以混合物的形式或者单独地添加到反应体系,然后进行反应。这里,可控制反应体系中的第三元素前体溶液和第二元素前体溶液的添加次数以及这些前体的比率。

[0153] 通过控制反应体系中的第三元素前体溶液和第二元素前体溶液的添加次数以及所述前体的比率,可在适当的时间控制在所述芯和壳的界面处的晶格失配。另外,通过改变反应温度和第三元素前体的类型,可控制在表面处的生长能量。

[0154] 所述有机溶剂可为C6-C22伯胺例如十六烷基胺,C6-C22仲胺例如二辛基胺,C6-C40叔胺例如三辛基胺,含氮杂环化合物例如吡啶,C6-C40烯烃例如十八碳烯,C6-C40脂族烃例如十六烷、十八烷、或角鲨烷,被C6-C30烷基取代的芳族烃例如苯基十二烷、苯基十四烷、或苯基十六烷,被至少一个(例如,1个、2个、或3个)C6-C22烷基取代的伯、仲、或叔膦(例如,三辛基膦),被(例如,1个、2个、或3个)C6-C22烷基取代的膦氧化物(例如三辛基膦氧化物),C12-C22芳族醚例如苯基醚或苄基醚,或其组合。

[0155] 所述有机配体可配位所制造的纳米晶体的表面并且使所述纳米晶体良好地分散在溶液中,以及可对所述纳米晶体的光发射和电特性具有影响。所述有机配体可包括RCOOH、RNH₂、R₂NH、R₃N、RSH、RH₂PO、R₂HPO、R₃PO、RH₂P、R₂HP、R₃P、ROH、RCOOR'、RPO(OH)₂、R₂POOH(其中,R和R'各自独立地为取代的或未取代的C1(或C6或更高、或者C10或更高)-C40脂族烷基、或取代的或未取代的C6-C40芳族烷基、或其组合)、或其组合。所述配体可单独地或者以两种或更多种化合物的混合物使用。

[0156] 有机配体化合物的具体实例可为:甲硫醇、乙硫醇、丙硫醇、丁硫醇、戊硫醇、己硫醇、辛硫醇、十二烷硫醇、十六烷硫醇、十八烷硫醇、苄硫醇;甲胺、乙胺、丙胺、丁胺、戊胺、己胺、辛胺、十二烷胺、十六烷基胺、油胺、十八烷基胺、二甲基胺、二乙基胺、二丙基胺;甲酸、乙酸、丙酸、丁酸、戊酸、己酸、庚酸、辛酸、十二烷酸、十六烷酸、十八烷酸、油酸、苯甲酸、棕榈酸、硬脂酸;膦例如甲基膦、乙基膦、丙基膦、丁基膦、戊基膦、三丁基膦、或三辛基膦;膦氧化物化合物例如甲基膦氧化物、乙基膦氧化物、丙基膦氧化物、丁基膦氧化物、或三辛基膦氧化物;二苯基膦或三苯基膦化合物、或其氧化物化合物;膦酸等,但不限于此。所述有机配体化合物可单独地或者以两种或更多种化合物的混合物使用。在实施方式中,所述有机配体化合物可为RCOOH和胺(例如,RNH₂、R₂NH、和/或R₃N)的组合。

[0157] 在反应完成之后,向反应产物添加非溶剂,并且可分离配位有所述配体化合物的纳米晶体颗粒。所述非溶剂可为与在芯形成和/或壳形成反应中使用的溶剂是可混溶的并且不能够将所制造的纳米晶体分散在其中的极性溶剂。所述非溶剂可取决于在反应中使用的溶剂进行选择,并且可为例如丙酮、乙醇、丁醇、异丙醇、水、四氢呋喃(THF)、二甲亚砜(DMSO)、二乙基醚、甲醛、乙醛、乙二醇、具有与前述非溶剂类似的溶解度参数的溶剂、或其组合。所述纳米晶体颗粒的分离可涉及离心、沉降、层析法、或蒸馏。如果期望,可将分离的纳米晶体颗粒添加到洗涤溶剂并洗涤。所述洗涤溶剂的类型没有特别限制并且可使用具有

与所述配体的溶解度参数类似的溶解度参数的溶剂,且其实例可包括己烷、庚烷、辛烷、氯仿、甲苯、苯等。

[0158] 实施方式的半导体纳米晶体颗粒(例如发射蓝光的半导体纳米晶体颗粒)可不对水、任意以上列举的非溶剂、或其混合物是可分散的。实施方式的量子点可为不溶于水的。实施方式的量子点可分散在上述有机溶剂。在一些实施方式中,所述量子点可分散在C6-C40脂族烃、C6-C40芳族烃、或其混合物中。

[0159] 所述电致发光显示装置可包括在所述第一电极与所述第二电极(例如,阳极与阴极)之间的电荷(空穴或电子)辅助层。例如,所述电致发光显示装置可包括在阳极10与量子点发射层30之间的空穴辅助层20和/或在阴极50与量子点发射层30之间的电子辅助层40。(见图2和3)

[0160] 所述空穴辅助层可包括例如用于促进空穴注入的空穴注入层(HIL)、用于促进空穴传输的空穴传输层(HTL)、用于抑制电子传输的电子阻挡层(EBL)、或其组合。例如,所述空穴注入层可设置在所述空穴传输层与所述阳极之间。例如,所述电子阻挡层可设置在所述发射层与所述空穴传输(注入)层之间,但不限于此。可适当地选择各层的厚度。例如,各层的厚度可大于或等于约1nm且小于或等于约500nm,但不限于此。所述空穴注入层可为通过溶液工艺(例如,旋涂)形成的包括例如PEDOT:PSS的有机层。所述空穴传输层也可通过溶液工艺(例如,旋涂)形成的有机层。

[0161] 所述电子辅助层可包括例如用于促进电子注入的电子注入层(EIL)、用于促进电子传输的电子传输层(ETL)、用于抑制空穴传输的空穴阻挡层(HBL)、或其组合。例如,所述电子注入层可设置在所述电子传输层与所述阴极之间。例如,所述空穴阻挡层可设置在所述发射层与所述电子传输(注入)层之间,但不限于此。可适当地选择各层的厚度。例如,各层的厚度可大于或等于约1nm且小于或等于约500nm,但不限于此。所述电子注入层可为通过沉积形成的有机层。所述电子传输层可包括无机氧化物纳米颗粒或者可为通过沉积形成的有机层。

[0162] 所述量子点发射层可设置在所述空穴注入(或传输)层或者电子注入(或传输)层中。所述量子点发射层可作为单独的层设置在所述空穴辅助层和所述电子辅助层之间。

[0163] 所述电荷辅助层、电子阻挡层、和空穴阻挡层可包括例如有机材料、无机材料、或有机/无机材料。所述有机材料可为具有空穴或电子相关性质的有机化合物。所述无机材料可为例如金属氧化物例如氧化钼、氧化钨、氧化锌、或氧化镍,但不限于此。

[0164] 所述空穴注入层和/或所述空穴传输层可包括例如聚(3,4-亚乙基二氧噻吩):聚(磺苯乙烯(PEDOT:PSS)、聚(9,9-二辛基-芴-共-N-(4-丁基苯基)-二苯基胺(TFB)、聚芳基胺(多芳基胺)、聚(N-乙烯基咔唑)(PVK)、聚苯胺、聚吡咯、N,N,N',N'-四(4-甲氧基苯基)-联苯胺(TPD)、4,4'-二[N-(1-萘基)-N-苯基-氨基]联苯(α -NPD)、m-MTDATA(4,4',4''-三[苯基(间-甲苯基)氨基]三苯基胺)、4,4',4''-三(N-咔唑基)-三苯基胺(TCTA)、1,1-二[(二-4-甲苯基氨基)苯基]环己烷(TAPC)、p-型金属氧化物(例如,NiO、WO₃、或MoO₃)、基于碳的材料例如石墨烯氧化物、或其组合,但不限于此。在实施方式中,所述空穴注入层可包括TFB或PVK。所述TFB可具有大于或等于约50,000、例如大于或等于约60,000、大于或等于约70,000、大于或等于约80,000、或者大于或等于约90,000的重均分子量。在实施方式中,所述空穴注入层可包括PEDOT:PSS。

[0165] 所述电子阻挡层 (EBL) 可包括例如聚 (3,4-亚乙基二氧噻吩): 聚 (磺苯乙烯) (PEDOT:PSS)、聚 (9,9-二辛基-芴-共-N-(4-丁基苯基)-二苯基胺) (TFB)、聚芳基胺 (多芳基胺)、聚 (N-乙基基咪唑)、聚苯胺、聚吡咯、N,N,N',N'-四 (4-甲氧基苯基)-联苯胺 (TPD)、4,4'-二 [N-(1-萘基)-N-苯基-氨基] 联苯 (α -NPD)、m-MTDATA、4,4',4''-三 (N-咪唑基)-三苯基胺 (TCTA) 或其组合,但不限于此。

[0166] 所述电子注入层和/或所述电子传输层可包括例如1,4,5,8-萘-四羧酸二酐 (NTCDA)、浴铜灵 (BCP)、三 [3-(3-吡啶基)-**苯基**] 硼烷 (3TPYMB)、LiF、Alq₃、Ga_q₃、Inq₃、Znq₂、Zn (BTZ)₂、BeBq₂、8-(4-(4,6-二 (萘-2-基)-1,3,5-三嗪-2-基) 苯基) 喹诺酮 (ET204)、8-羟基喹啉锂 (Li_q)、n-型有机半导体 (例如具有磷氧化物 (基团)) 或n-型无机半导体例如n-型金属氧化物ZnO即氧化锌 (其任选地包括镁)、或HfO₂)、Bphen、或其组合,但不限于此。

[0167] 所述空穴阻挡层可包括例如1,4,5,8-萘-四羧酸二酐 (NTCDA)、浴铜灵 (BCP)、三 [3-(3-吡啶基)-**苯基**] 硼烷 (3TPYMB)、LiF、Alq₃、Ga_q₃、Inq₃、Znq₂、Zn (BTZ)₂、BeBq₂、或其组合,但不限于此。

[0168] 在根据一种实施方式的装置中,设置在透明基板100上的阳极10可包括基于金属氧化物的透明电极 (例如,ITO电极),且面对所述阳极的阴极50可包括相对低的功函的金属 (Mg或Al)。例如,PEDOT:PSS和/或p-型金属氧化物可设置在透明电极10与发射层30之间作为空穴注入层 (或空穴传输层) 20。电子辅助层 (例如,电子传输层) 40可设置在量子点发射层30与阴极50之间。(见图2)

[0169] 根据另一实施方式的装置具有倒转的结构。这里,设置在透明基板100上的阴极50可包括基于金属氧化物的透明电极 (例如,ITO),且面对所述阴极的阳极10可包括 (例如,具有相对高的功函的) 空穴注入金属 (例如,Au或Ag)。例如,n-型金属氧化物 (ZnO) 可设置在透明电极50与发射层30之间作为电子辅助层 (例如,电子传输层) 40。MoO₃或另外的p-型金属氧化物可设置在金属阳极10和量子点发射层30之间作为空穴辅助层 (例如,空穴传输层) 20。(见图3)

[0170] 在下文中,说明具体实施例。然而,这些实施例是示例性的,且本公开内容不限于此。

[0171] 实施例

[0172] 分析方法

[0173] [1] 光致发光分析

[0174] 通过使用Hitachi F-7000光谱仪以372nm的辐射波长获得所制造的纳米晶体的光致发光 (PL) 光谱。

[0175] [2] UV光谱法分析

[0176] 通过使用Hitachi U-3310光谱仪进行UV光谱法分析以获得UV-可见吸收光谱。

[0177] [3] TEM分析

[0178] (1) 通过使用UT F30Tecnai电子显微镜获得纳米晶体的透射电子显微镜照片。

[0179] (2) 通过使用UT F30Tecnai电子显微镜进行TEM-EDX分析 (元素面扫描)。

[0180] [4] ICP分析

[0181] 通过使用Shimadzu ICPS-8100进行电感耦合等离子体-原子发射光谱法 (ICP-AES) 分析。

[0182] [5]X-射线衍射分析

[0183] 通过使用Philips XPert PRO设备以3kW的功率进行XRD分析以确认半导体纳米晶体的晶体结构。

[0184] [6]电致发光光谱法分析

[0185] 通过使用Keithley 2635B源表在向其施加电压的同时测量取决于电压的电流,并且通过使用CS2000光谱仪测量EL发光亮度。

[0186] 合成是在惰性气体气氛(流动的氮气)下进行的,除非特别提及。

[0187] 前体的量为摩尔量,除非特别提及。

[0188] 合成实施例1-1:InP芯的制造

[0189] 在300毫升(mL)反应烧瓶中将0.2毫摩尔(mmol)乙酸铟和0.6mmol棕榈酸溶解在1-十八碳烯中,并且将溶液在真空下加热至120℃。在1小时之后,将反应器中的气氛转变为氮气。将反应溶液加热至280℃,向其中快速注入0.15mmol三(三甲基甲硅烷基)膦(TMS3P)和1mL三辛基膦的混合溶液,并且使所获得的混合物反应30分钟。将反应溶液快速冷却至室温,向其添加丙酮,将所获得的混合物离心以获得沉淀物,并且将所述沉淀物分散在甲苯中。随后,由其获得的InP半导体纳米晶体的UV光谱分析结果显示580nm的UV第一吸收最大波长和3.5nm的芯直径。

[0190] 合成实施例1-2:具有InP/ZnSeS芯-壳结构的发射红色光的半导体纳米晶体颗粒(样品编号:R1、R2、R3、R5、R6、R7)

[0191] 将Se粉末和S粉末分别溶解在TOP中以制备2M Se/TOP原液和1M S/TOP原液。

[0192] 在300mL反应烧瓶中将乙酸锌和油酸溶解在三辛基胺中,并且将溶液在120℃下真空处理10分钟。将所述烧瓶用氮气(N₂)进行内部置换,并且加热至180℃。

[0193] 随后,将根据合成实施例1-1的InP芯添加到所述溶液,向其添加预定量的所述Se/TOP原液和预定量的所述S/TOP原液,并且将所获得的混合物在预定的温度(例如,280℃或320℃)下加热且使其反应60分钟。这里,所述Se/TOP和S/TPO溶液被添加三次。

[0194] 在样品编号R1、R2、R3、R5、R6、和R7中,相对于1摩尔的铟的总Se前体量各自分别为1.2摩尔、5摩尔、9摩尔、16摩尔、8.4摩尔、和8.4摩尔。在样品编号R1、R2、R3、R5、R6、和R7中,相对于1摩尔的铟的总S前体量各自分别为9摩尔、15摩尔、24摩尔、24摩尔、20摩尔、和23摩尔。相对于1摩尔的铟的Zn前体的总量为10摩尔、20摩尔、35摩尔、40摩尔、28摩尔、和30摩尔。

[0195] 当反应完成时,将反应器冷却,将所制备的纳米晶体用乙醇离心,然后分散在甲苯中。

[0196] 进行所获得的纳米晶体(QD)(样品编号R1、R2、和R3)的光致发光分析,且结果示于表1中。

[0197] 进行纳米晶体(R1、R2、R3、R5、R6、和R7)的TEM分析以测量它们的尺寸。进行所获得的纳米晶体(R1、R2、和R3)的ICP分析。结果示于表1中,其中PL为光致发光,FWHM为半宽度,且QY为量子产率。

[0198] 表1

样品	PL (nm)	FWHM (nm)	QY (%)	原子比					尺寸 (nm)	
				P	S	Zn	Se	In		
[0199]	R1	625	40	96	0.90	3.02	7.1	1.06	1.00	6.4
	R2	624	41	94	0.85	4.70	10.6	4.59	1.00	7.1
	R3	623	39	89	0.82	7.79	18.1	8.00	1.00	8.4
	R5	637	34	78	0.82	7.78	23.8	14.9	1.00	8.7
	R6	625	42	85	0.75	6.09	15.9	7.53	1.00	7.8

[0200]	R7	627	36	90	0.78	6.8	17.2	7.6	1.00	7.2
--------	----	-----	----	----	------	-----	------	-----	------	-----

[0201] 合成实施例2-1: InZnP芯的制造

[0202] 根据与合成实施例1-1相同的方法制备InZnP芯,除了如下之外:将乙酸锌以0.125mmol的量使用,将反应时间调整为10分钟,并且将反应温度设置在230℃。

[0203] 进行由其获得的InZnP半导体纳米晶体的UV光谱分析,由所述UV光谱分析,所述InZnP半导体纳米晶体具有510nm的UV第一吸收最大波长和2.5nm的芯直径。

[0204] 合成实施例2-2:具有InZnP/ZnSeS芯-壳结构的发射绿色光的半导体纳米晶体颗粒

[0205] 根据与合成实施例2-1相同的方法合成各发射绿色光的半导体纳米晶体颗粒G1、G2、G3、G4、和G5,除了如下之外:改变Zn、Se、和S的各注入量。

[0206] 在样品编号G1、G2、G3、G4、和G5中,基于1摩尔的In的Se前体的各总量分别为16摩尔、17摩尔、17摩尔、17摩尔、和16摩尔。

[0207] 在样品编号G1、G2、G3、G4、和G5中,基于1摩尔的In的S前体的各总量分别为81摩尔、40摩尔、110摩尔、51摩尔、和45摩尔。基于1摩尔的In的Zn前体的各总量分别为100摩尔、60摩尔、130摩尔、68摩尔、和65摩尔。

[0208] 进行所获得的纳米晶体(QD) G1、G2、G3、G4、和G5的光致发光分析,且结果显示于表2中。

[0209] 进行所获得的纳米晶体G1、G2、G3、G4、和G5的TEM分析以测量它们的尺寸。进行纳米晶体G1、G2、G3、和G4的ICP分析。结果显示于表2中。

[0210] 表2

样品	PL (nm)	FWHM (nm)	QY (%)	原子比					尺寸 (nm)
				P	S	Zn	Se	In	
G1	535	36	82	0.7	26.9	47.2	15.0	1.0	7.1

[0212]

G2	525	38	83	0.8	13.7	35.8	15.4	1.0	6.1
G3	535	35	80	0.7	37.7	64.4	15.2	1.0	7.7
G4	524	36	75	0.7	16.6	38.1	15.1	1.0	6.3
G5	520	50	80	0.7	17.1	33.5	14.8	1.0	6.1

[0213] 合成实施例3-1:ZnTeSe芯的制造

[0214] 将硒和碲分别分散在三辛基膦(TOP)中以制备2M Se/TOP原液和0.1M Te/TOP原液。

[0215] 另一方面,将0.125mmol乙酸锌连同0.25mmol棕榈酸、0.25mmol十六烷基胺、和10mL三辛基胺一起置于反应器中,并且在真空下加热至120℃。在1小时之后,将所述反应器的气氛用氮气置换。

[0216] 在将所述反应器加热至300℃之后,向其快速注入1/25(对于B5和B5)或1/30(对于B1至B4)的Te/Se比率的所制备的Se/TOP原液和Te/TOP原液。反应时间为约60分钟。由其获得的ZnSeTe芯具有在450nm-470nm的范围内的第一吸收最大波长、和在380nm-430nm的范围内的最大峰值发射波长。所述半导体纳米晶体具有约30%-40%的量子效率。

[0217] 所获得的ZnSeTe芯的扫描电子显微镜图像显示于图4中。参照所述图像,所述ZnSeTe芯结果看来大部分是具有相对均匀的尺寸分布的球形/多边形颗粒。

[0218] 合成实施例3-2:ZnTeSe/ZnSeS/ZnS的蓝色半导体纳米晶体颗粒的合成

[0219] 将1.8mmol(0.336g)乙酸锌、3.6mmol(1.134g)油酸、和10mL三辛基胺置于烧瓶中,并且在120℃下真空处理10分钟。将所述烧瓶用氮气(N₂)进行内部置换,并且加热至180℃。然后,向其在10秒内添加合成实施例3-1的ZnTeSe芯,随后,向其中缓慢地注入预定量的Se/TOP以及油酸锌,并且将所获得的混合物加热至280℃。随后,向其添加预定量的S/TOP以及油酸锌,并且将所获得的混合物加热至320℃且使其反应10分钟。相继地,向其中缓慢地注入预定量的Se/TOP和预定量的S/TOP的混合溶液以及油酸锌,并且使所获得的混合物再次反应20分钟。然后,向其中注入Se和S前体的混合溶液并且使其反应20分钟,其中按照所需的壳组成来控制Se前体和S前体的量。考虑到量子点的期望组成和前体的反应性来确定如在反应中使用的Se前体的总量和如在反应中使用的S前体的总量。例如,以下呈现的ICP数据可代表Se前体和S前体的量。

[0220] 当反应完成时,使所述反应器冷却,并且将制备的纳米晶体用乙醇离心且分散在甲苯中。进行发射蓝色光的半导体纳米晶体的TEM分析和TEM-EDX面扫描分析,且结果显示于图5和6的(A)-(E)中。

[0221] 进行发射蓝色光的半导体纳米晶体的光致发光分析,且结果显示于表3中。

[0222] 进行发射蓝色光的半导体纳米晶的TEM分析以测量尺寸。进行纳米晶体的ICP分析以测量壳厚度。结果显示于表3中。

[0223] 表3

[0224]

样品	PL (nm)	FWHM (nm)	QY(%)	原子比			尺寸 (nm)
				S/Zn	Se/Zn	S/Se	
B1	446	36	80	0.47	0.39	1.21	8.3
B2	450	32	90	0.61	0.27	2.26	9.2
B3	449	27	75	0.52	0.38	1.34	9.6
B4	449	12	90	0.35	0.53	0.66	9.1
B5	460	26	76	0.3	0.41	0.73	10.2
B6	461	40	74	0.28	0.35	0.8	9.8

[0225] 实施例1:发射红色光的电致发光装置

[0226] [1]制造在红色QD发射层中分别包括在合成实施例1-2中制备的发射红色光的半导体纳米晶体颗粒R1、R2、和R3的各电致发光装置(ITO/PEDOT:PSS/TFB/QD/ET204:Liq(1:1)/Al)。

[0227] 具体地,在基板上沉积ITO电极,并且在其上通过旋涂形成PEDOT:PSS层和TFB层(TFB分子量:30,000道尔顿)。在所述TFB层上,旋涂所述量子点的辛烷分散体。在其上真空沉积有机电子传输层(ETL,ET204:Liq),并且在其上沉积Al电极。

[0228] 在于所述ITO电极和所述Al电极之间施加电压(0至7V)的同时,测量电致发光装置的电致发光性质。所述电致发光性质显示于表4中,其中EQE为外量子效率。

[0229] 表4

样品	EL (nm)	FWHM (nm)	在 100 尼特下的 EQE	最大亮度(cd/m ²)
R1	628	42	1.50	248
R2	628	42	2.65	316
R3	630	42	2.98	1088

[0231] 参照表4,注意到,随着壳厚度增加,效率和亮度可增加。

[0232] 实施例2:发射蓝色光的电致发光装置

[0233] 制造在蓝色QD发射层中分别包括根据合成实施例3-2的发射蓝色光的半导体纳米晶体颗粒B1、B2、和B3的各电致发光装置(ITO/PEDOT:PSS/TFB(PVK)/QD/ET204:Liq/Al)。电致发光性质显示于表5中。

[0234] 表5

[0235]	样品	EL (nm)	FWHM (nm)	在 100 尼特 下的 EQE	最大亮度(cd/m ²)
	B1	451	43	1.96	370
	B2	454	37	2.47	656
	B3	454	33	2.65	848

[0236] 参照上表,注意到,随着壳厚度增加,效率和亮度可增加。

[0237] [2]根据与以上[1]相同的方法使用B3的量子点制造电致发光装置,除了如下之外:将TFB的重均分子量分别改变为15,000、50,000、和100,000,然后,测量其EQE。结果显示于图7中。参照图7的结果,具有大于或等于50,000的重均分子量的TFB显示改善的最大EQE。

[0238] [3]根据与以上[1]相同的方法制造电致发光装置,除了如下之外:分别使用与Liq一起(w/Liq)或不与Liq一起(w/o Liq)的具有膦氧化物基团的n-型有机半导体材料来形成EIL和ETL,并且测量其EQE。结果显示于图8中。参照图8的结果,EL发射半宽度(FWHM)取决于ETL而改变,且在Liq的情况中,半宽度(FWHM)增加。

[0239] 包括红色/绿色/蓝色像素的电致发光显示装置

[0240] 实施例3:

[0241] 在沉积有ITO电极(阳极)的玻璃基板上通过旋涂形成PEDOT:PSS层和TFB(或PVK)层作为空穴辅助层。在所述TFB(或PVK)层上,通过旋涂量子点的辛烷分散体而形成量子点发射层。这里,使用根据合成实施例1-2的发射红色光的量子点R1、根据合成实施例2-2的发射绿色光的量子点G1、和根据合成实施例3-2的发射蓝色光的量子点B2。在所述量子点发射层上,形成ET204:Liq层作为电子辅助层,然后,在其上沉积A1电极。

[0242] 在于所述ITO电极和所述A1电极之间施加电压(0至7V)的同时,测量由其制造的RGB电致发光显示装置的电致发光性质。所述RGB电致发光显示装置的电致发光性质显示于表6中。

[0243] 表6

[0244]	量子点	EL 光谱		CIE 1931 坐标	
		峰(nm)	FWHM (nm)	Cx	Cy
	R1	628	42	0.669	0.328
	G1	536	39	0.273	0.691
	B3	454	33	0.149	0.093

[0245] 参照以上结果,所述RGB电致发光显示装置显示出根据DCI标准的91.1%的颜色再现性。

[0246] 取决于向其施加的电压,测量所述装置的电致发光性质(I/V和EQE变化),且结果显示于图9和10中。

[0247] 因此,所述RGB电致发光显示装置显示出改善的电致发光性质。

[0248] 实施例4

[0249] 根据与实施例3相同的方法制造RGB电致发光显示装置,除了如下之外:分别如下表中所示地使用量子点,并且测量其电致发光性质。结果显示于表7中。

[0250] 表7

量子点	EL 光谱		CIE 1931 坐标	
	峰(nm)	FWHM (nm)	Cx	Cy
R1	628	42	0.669	0.328
G2	527	39	0.221	0.709
B2	454	33	0.149	0.093

[0253] 所述RGB电致发光显示装置显示出根据DCI标准的89.2%的颜色再现性、和根据BT2020的71.5%的颜色再现性。

[0254] 实施例5

[0255] 在沉积有ITO电极(阳极)的玻璃基板上旋涂PEDOT:PSS层和TFB(或PVK)层以形成空穴辅助层。在所述TFB(或PVK)层上,通过旋涂量子点的辛烷分散体而形成量子点发射层。这里,使用作为发射红色光的量子点的合成实施例1-2的R5、作为发射绿色光的量子点的合成实施例2-2的G3、和作为发射蓝色光的量子点的合成实施例3-2的B4。在所述量子点发射层上,形成ET204:LiQ作为电子辅助层,并且在其上沉积A1电极。

[0256] 通过在所述ITO电极和所述A1电极之间施加电压(0至7V),测量由其制造的显示装置的电致发光性质。所述装置的电致发光性质显示于表8中。

[0257] 表8

量子点	EL 光谱		CIE 1931 坐标	
	峰(nm)	FWHM (nm)	Cx	Cy
R5	627	36	0.684	0.315
G3	536	37	0.264	0.70
B4	454	19	0.149	0.057

[0259] 参照表8的结果,所述RGB电致发光显示装置显示出根据DCI标准的100%的颜色再现性、和根据BT2020的74.2%的颜色再现性。

[0260] 实施例6

[0261] 根据与实施例3相同的方法制造显示装置,除了如下之外:使用合成实施例2-2的G4作为发射绿色光的量子点,并且测量其电致发光性质。结果总结于表9中。

[0262] 表9

量子点	EL 光谱	CIE 1931 坐标
-----	-------	-------------

[0264]

	峰(nm)	FWHM (nm)	Cx	Cy
R5	640	36	0.703	0.296
G4	525	37	0.199	0.717
B4	454	19	0.149	0.057

[0265] 参照表9的结果,所述RGB电致发光显示装置显示出根据DCI标准的96%的颜色再现性、和根据BT2020的83.5%的颜色再现性。

[0266] 对比例1

[0267] 根据与实施例3相同的方法制造显示装置,除了如下之外:分别使用R5、G5、和B4作为发射红色、绿色、和蓝色光的量子点,并且测量其电致发光性质。结果显示于下表中。所述显示装置具有根据DCI标准的小于89%(约87%)的颜色再现性。

[0268] 对比例2

[0269] 根据与实施例3相同的方法制造显示装置,除了如下之外:分别使用R6、G4、和B5作为发射红色、绿色、和蓝色光的量子点,并且测量其电致发光性质。结果显示于下表中。所述显示装置具有根据DCI标准的小于89%(约83%)的颜色再现性。

[0270] 对比例3

[0271] 根据与实施例3相同的方法制造显示装置,除了如下之外:分别使用R7、G4、和B6作为发射红色、绿色、和蓝色光的量子点,并且测量其电致发光性质。结果显示于下表中。所述显示装置具有根据DCI标准的小于89%(约88%)的颜色再现性。结果总结于表10中。

[0272] 表10

[0273]

	量子点	EL 光谱		CIE 1931 坐标	
		峰(nm)	FWHM (nm)	Cx	Cy
对比例 1	R5	640	36	0.703	0.296
	G5	520	50	0.268	0.624
	B4	454	19	0.149	0.057

[0274]

对比例 2	R6	625	42	0.663	0.333
	G4	525	37	0.199	0.717
	B5	460	26	0.143	0.111
对比例 3	R7	627	36	0.684	0.315
	G4	525	37	0.199	0.717
	B6	461	40	0.135	0.107

[0275] 尽管已经关于当前被认为是实践性的实例实施方式的内容描述了本公开内容,但是将理解,本发明不限于所公开的实施方式。相反,其意图覆盖包括在所附权利要求的精神

和范围内的多种变型和等同布置。

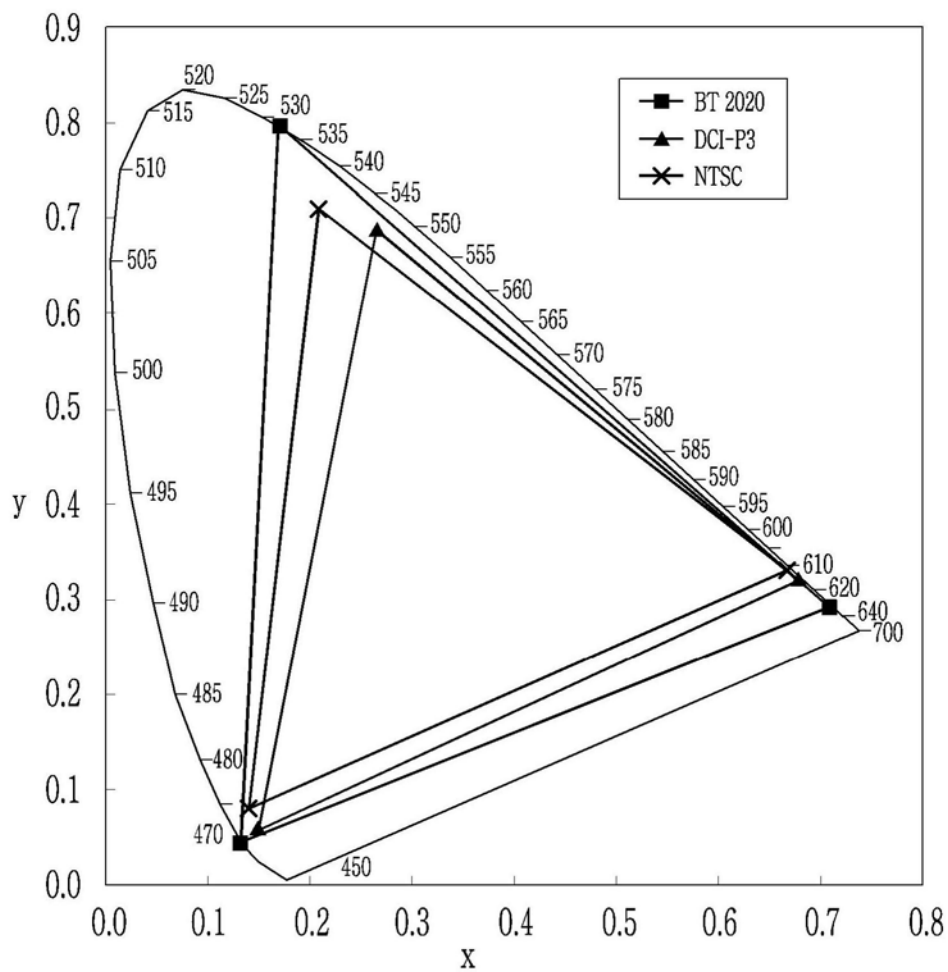


图1

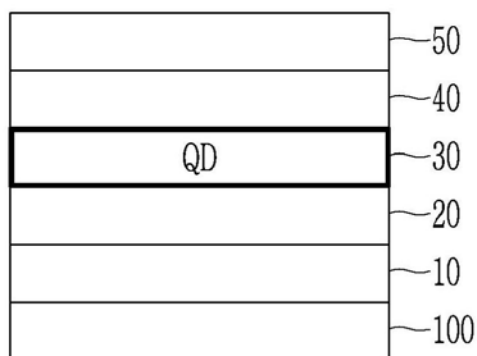


图2

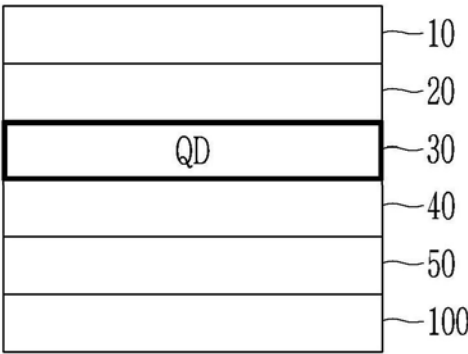


图3

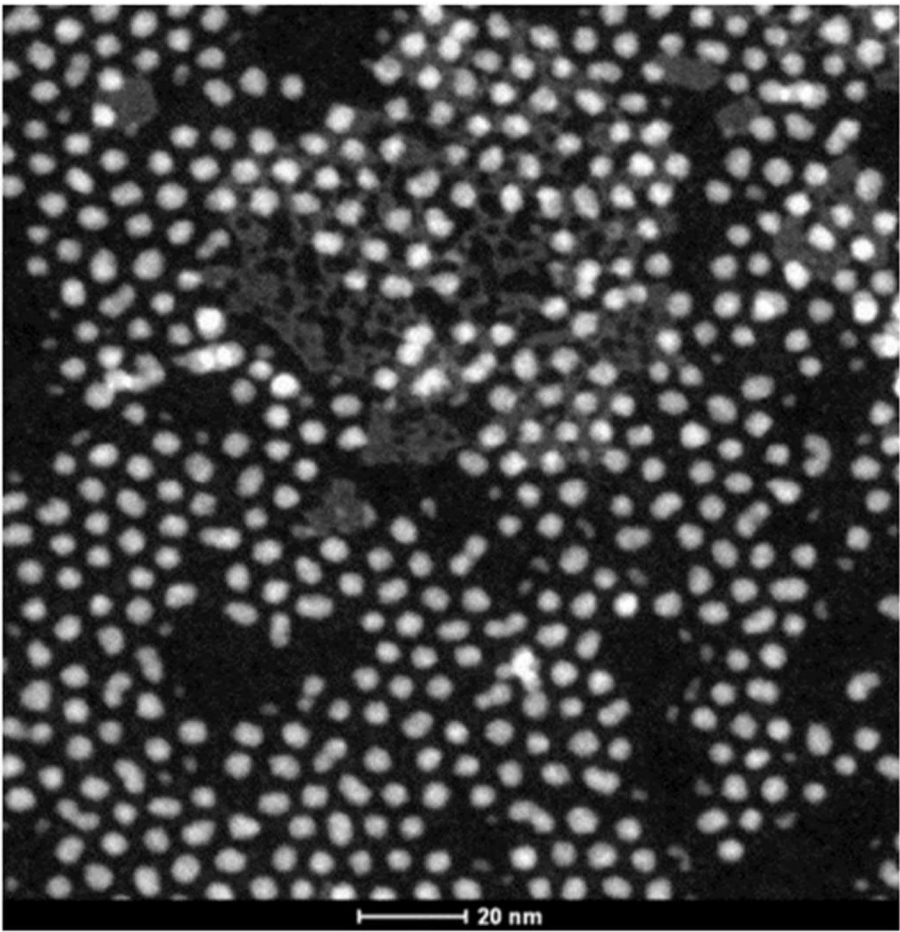


图4

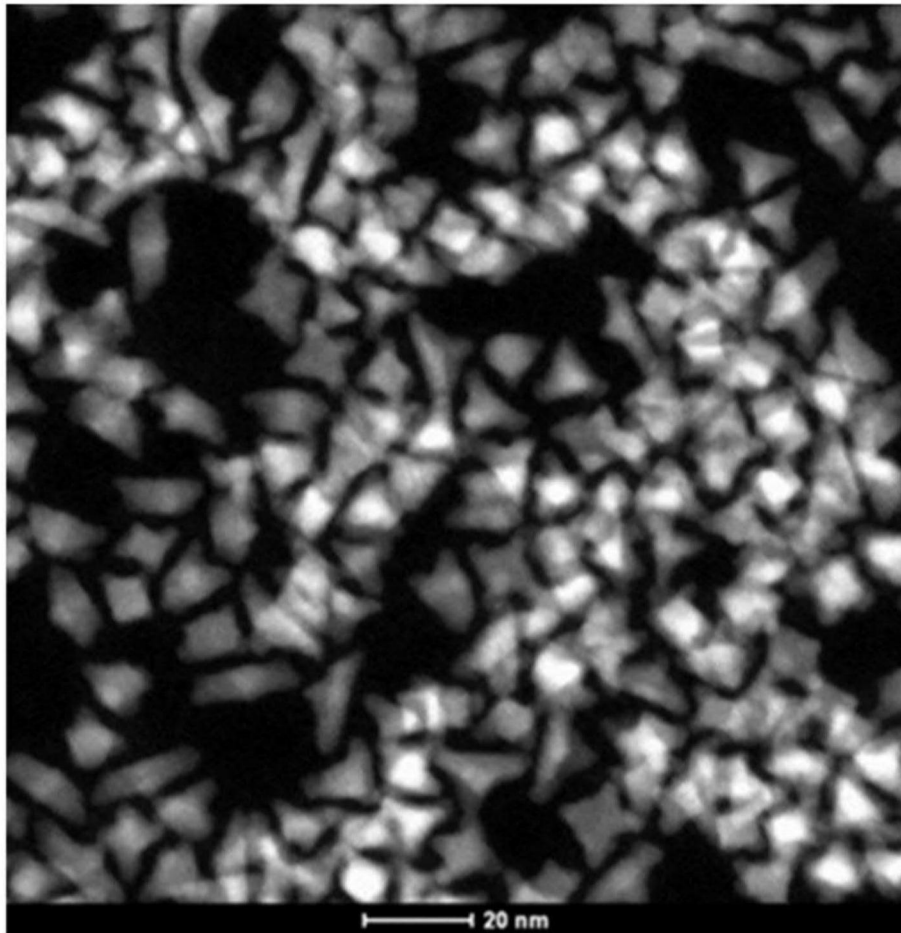


图5

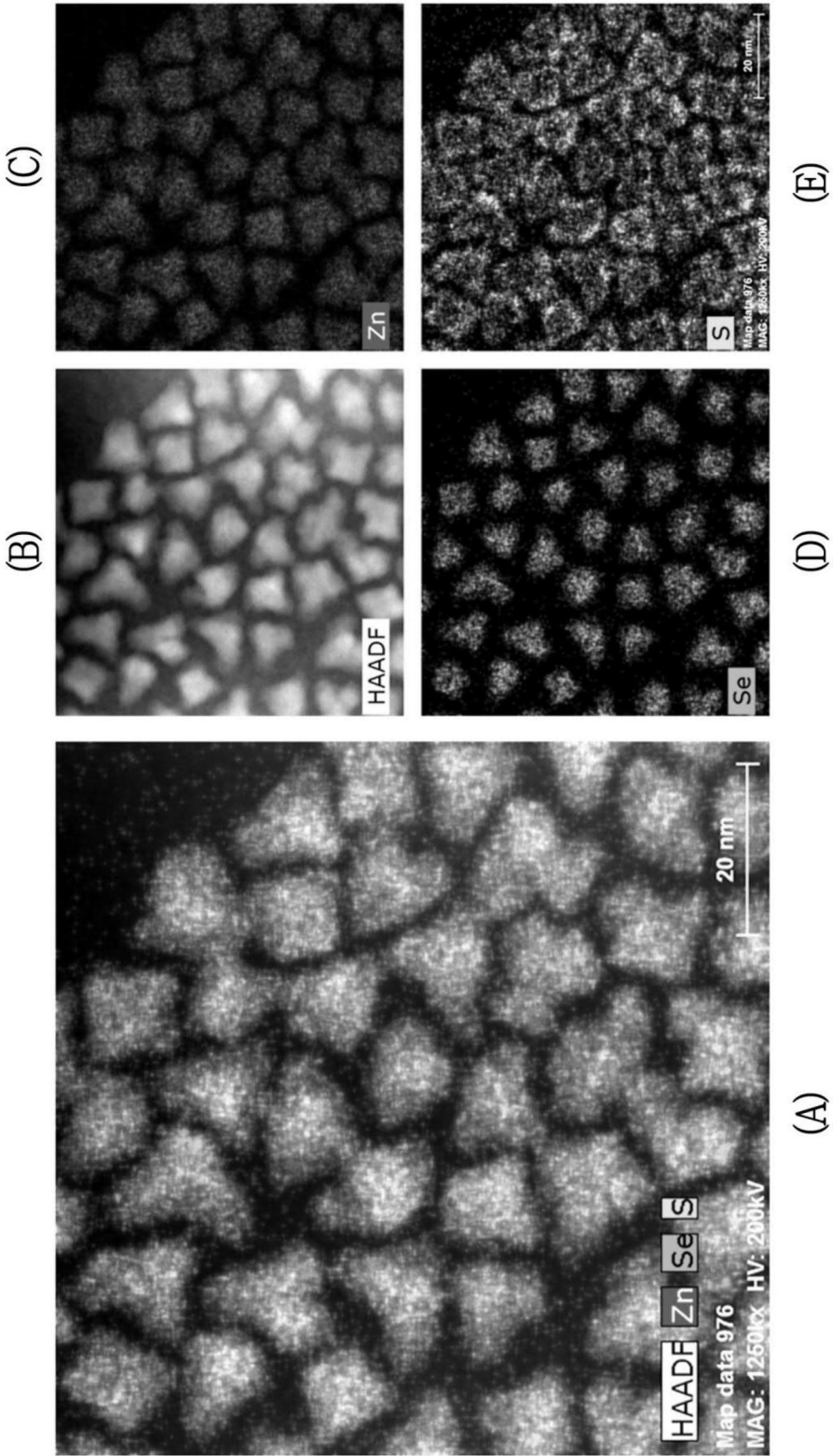


图6

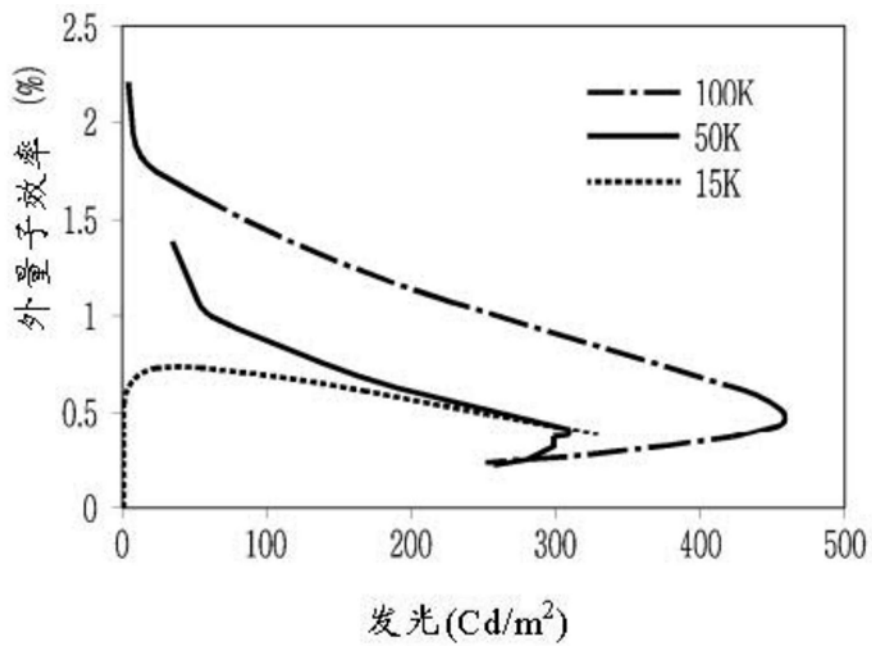


图7

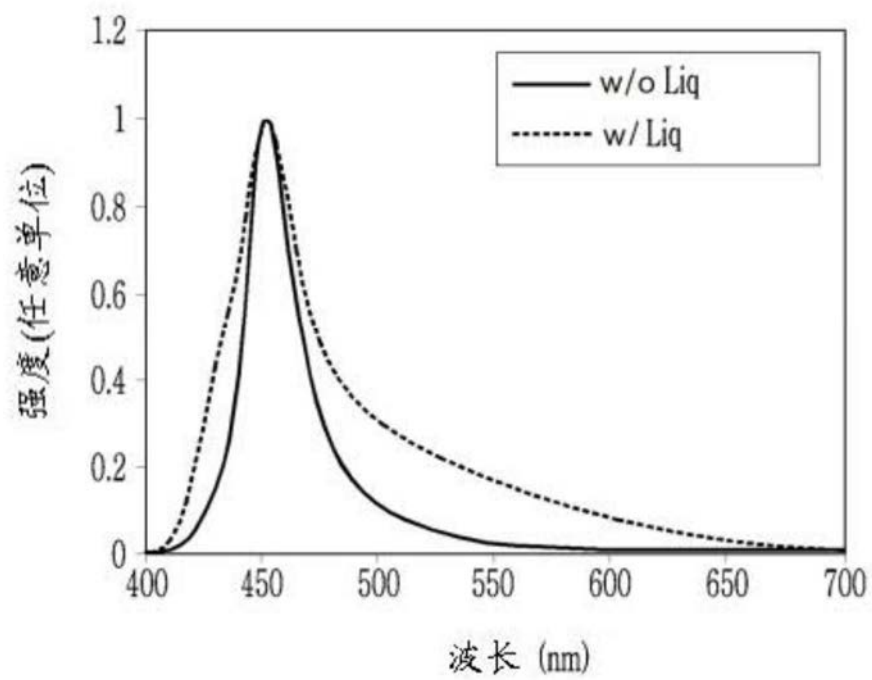


图8

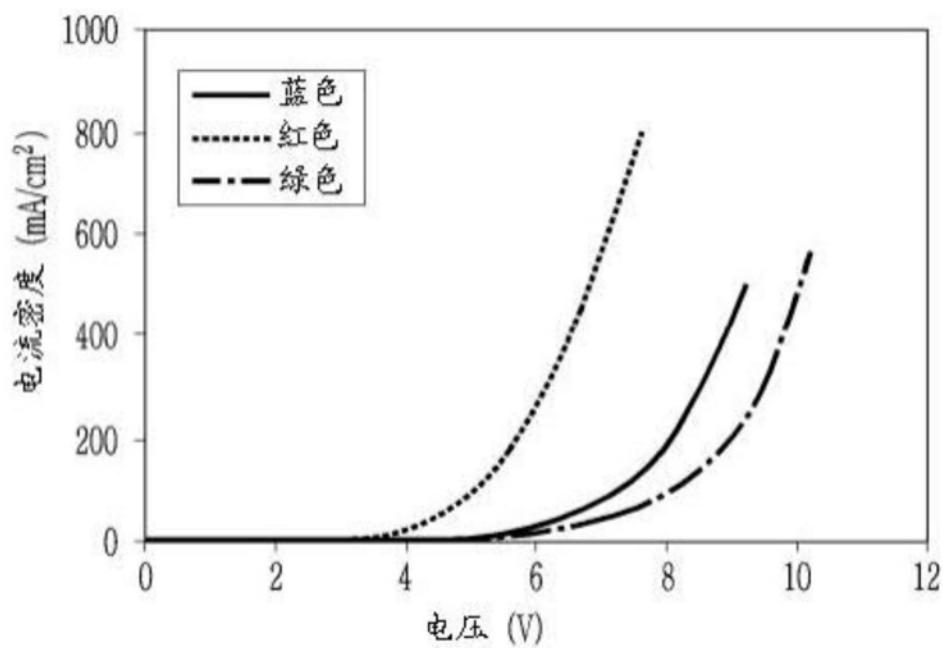


图9

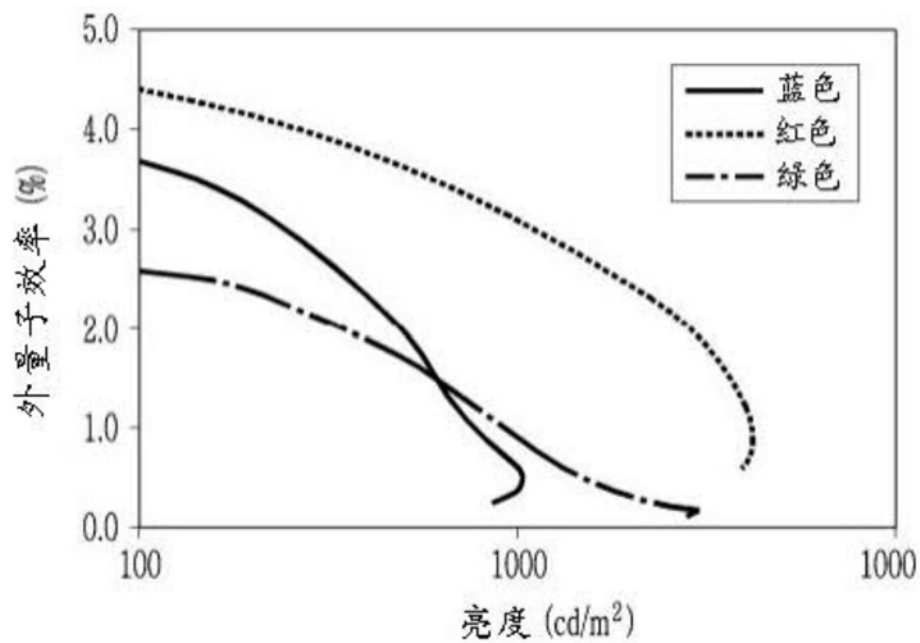


图10

专利名称(译)	电致发光显示装置		
公开(公告)号	CN110246975A	公开(公告)日	2019-09-17
申请号	CN201910180885.0	申请日	2019-03-11
[标]申请(专利权)人(译)	三星电子株式会社		
申请(专利权)人(译)	三星电子株式会社		
当前申请(专利权)人(译)	三星电子株式会社		
[标]发明人	金泰亨 张银珠 丁大荣 金龙郁 元裕镐 O 曹		
发明人	金泰亨 张银珠 丁大荣 金龙郁 元裕镐 O.曹		
IPC分类号	H01L51/50 H01L27/32 H01L51/56		
CPC分类号	H01L27/3211 H01L51/502 H01L51/5281 H01L51/56 C09K11/02 H05B33/14 C09K11/883 H01L51/0043 H01L51/5036 H01L51/5056 H01L51/5072 H01L51/5092 H01L51/5096		
优先权	1020180028318 2018-03-09 KR		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

电致发光显示装置包括：彼此面对的第一电极和第二电极；设置在所述第一电极与所述第二电极之间的量子点发射层，所述量子点发射层包括多个量子点且不包括镉，其中所述量子点发射层包括设置在红色像素中的红色发射层、设置在绿色像素中的绿色发射层、和设置在蓝色像素中的蓝色发射层，其中所述装置具有大于或等于约89%的根据DCI标准的颜色再现性。

