



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105280828 A

(43) 申请公布日 2016.01.27

(21) 申请号 201410348231.1

(22) 申请日 2014.07.21

(71) 申请人 吉林师范大学

地址 136000 吉林省四平市铁西区海丰大街
1301 号(72) 发明人 孔治国 王秀艳 周实 郭胜男
徐占林(74) 专利代理机构 吉林省长春市新时代专利商
标代理有限公司 22204

代理人 石岱

(51) Int. Cl.

H01L 51/50(2006.01)

H01L 51/54(2006.01)

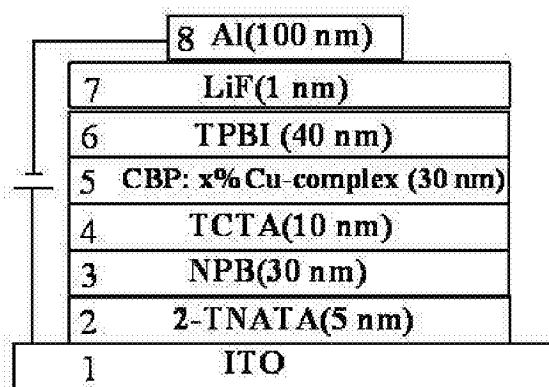
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

一种基于重原子效应的高效磷光材料铜(I)
配合物的有机电致发光器件

(57) 摘要

一种基于重原子效应的高效磷光材料铜(I)配合物的有机电致发光器件,属于由有机小分子材料构成的有机电致磷光器件领域。该发光器件为层状结构,依次为在玻璃衬底涂覆层氧化铟锡导电膜的阳极层、空穴注入层、空穴传输层、电子阻挡层、混合发光层、空穴阻挡层兼电子传输层、电子注入层、阴极;所述的空穴注入层的厚度为1~10nm;所述的空穴传输层给厚度为10~40nm;所述的电子阻挡层的厚度为3~15nm;所述的混合混合发光层的厚度为20~40nm;所述的空穴阻挡层兼电子传输层的厚度为25~40nm;所述的电子注入层(7)的厚度为1nm;阴极层的厚度为100~200nm。本发明制作工艺简单、成本低,可以大部分采用市场销售有机材料,并且由于采用了薄的多个有机层组合,使器件设计更为灵活。



1. 一种基于重原子效应的高效磷光材料铜(I)配合物的有机电致发光器件,磷光材料铜(I)配合物的寿命为 $0.62\mu\text{s}$,在磷光材料铜(I)配合物的掺杂浓度为6%时,器件在外加电压8V时,该器件的电致发光发射主峰为551nm,器件的最大电流效率和亮度分别为了 13.5cd/A 和 4900cd/m^2 ;在磷光材料铜(I)配合物的掺杂浓度为10%时,器件在外加电压8V时,该器件的电致发光发射主峰为553nm,器件的最大电流效率和亮度分别为了 16.4cd/A 和 4808cd/m^2 ;在磷光材料铜(I)配合物的最佳掺杂浓度为8%时,器件在外加电压7-13V时,该器件的电致发光发射主峰为552-554nm,器件的最大电流效率和亮度分别为了 20.5cd/A 和 4320cd/m^2 ,比当前已经报道的Cu(I)磷光配合物的磷光器件的性能都高。其特征是:该有机电致发光器件为层状结构,依次为在玻璃衬底涂覆层氧化铟锡导电膜的阳极层(1)、空穴注入层(2)、空穴传输层(3)、电子阻挡层(4)、混合发光层(5)、空穴阻挡层兼电子传输层(6)、电子注入层(7)、阴极(8);所述的空穴注入层(2)的厚度为 $1\sim 10\text{nm}$;所述的空穴传输层(3)给厚度为 $10\sim 40\text{nm}$;所述的电子阻挡层(4)的厚度为 $3\sim 15\text{nm}$;所述的混合混合发光层的厚度为 $20\sim 40\text{nm}$;所述的空穴阻挡层兼电子传输层(6)的厚度为 $25\sim 40\text{nm}$;所述的电子注入层(7)的厚度为 1nm ;阴极层(8)的厚度为 $100\sim 200\text{nm}$ 。

2. 根据权利要求1所述的一种基于重原子效应的高效磷光材料铜(I)配合物的有机电致发光器件,其特征是:所述的空穴注入层(2)采用的材料为4,4',4''-三[2-萘基苯基氨基]三苯基胺(2-TNATA)。

3. 根据权利要求1所述的一种基于重原子效应的高效磷光材料铜(I)配合物的有机电致发光器件,其特征是:所述的电空穴传输层(3)采用的材料为N,N'-二(1-萘基)-N,N'-二苯基-1,1'-联苯-4-4'-二胺(NPB)。

4. 根据权利要求1所述的一种基于重原子效应的高效磷光材料铜(I)配合物的有机电致发光器件,其特征是:所述的电子阻挡层(4)采用的材料为4,4',4''-三[2-萘基苯基氨基]三苯基胺(2-TNATA)。

5. 根据权利要求1所述的一种基于重原子效应的高效磷光材料铜(I)配合物的有机电致发光器件,其特征是:所述的混合发光层(5)采用的材料为有重原子效应的Cu(I)配合物 $[\text{Cu}(\text{DPEphos})(\text{PyPPCl})]\text{BF}_4$ (Cu-E-Cl, DPEphos和PyPPCl分别表示(2-二苯基膦基)苯基醚和(5-氯-吡啶)并[1',2':2,3]吡嗪[5,6-f]1,10-邻菲罗啉)和4,4'-二(9-咔唑)联苯(CBP)的混合物,Cu(I)配合物的质量百分比参杂浓度分别为6%、8%和10%。

6. 根据权利要求1所述的一种基于重原子效应的高效磷光材料铜(I)配合物的有机电致发光器件,其特征是:所述的空穴阻挡层兼电子传输层(7)采用的材料为1,3,5-三(1-苯基-1H-苯并咪唑-2-基)苯(TPBi)。

7. 根据权利要求1所述的一种基于重原子效应的高效磷光材料铜(I)配合物的有机电致发光器件,其特征是:所述的电子注入层(7)采用的材料为氟化锂(LiF)。

8. 根据权利要求1所述的一种基于重原子效应的高效磷光材料铜(I)配合物的有机电致发光器件,其特征是:所述的阴极层(8)采用的材料为金属铝(Al)。

一种基于重原子效应的高效磷光材料铜(I)配合物的有机电致发光器件

技术领域

[0001] 本发明属于由有机小分子材料构成的有机电致发光器件,特别是涉及重原子效应的高效磷光材料铜(I)配合物的有机电致发光器件类装置。

背景技术

[0002] OLED 虽然已经研究了多年,但是由于材料、器件性能、工艺等方面诸多原因还未能大规模进入实用化阶段,新材料的研发对于继续推动 OLED 的发展是有益的。金属有机磷光配合物应用在 EL 领域使 EL 器件的效率大大提高,这主要是因为金属有机磷光配合物的强自旋-轨道耦合效应导致的单重态到三重态间有效的系间窜跃,造成了单重态和三重态的混合,减少了三重态辐射自旋禁阻,能产生相对于普通电致荧光材料四倍的效率。已用于 OLED 的磷光配合物种类有很多,如 Ru(II)、Os(II)、Pt(II) 和 Ir 等。但是由于已报道的这些金属有机磷光材料的知识产权以及昂贵的价格限制了这类材料的大范围应用,因此开发新的廉价的电致磷光金属配合物仍然是很重要的。光功能 Cu(I) 配合物是近年来新材料领域的一个亮点,以其结构的多样性,独特的光化学、光物理性能,日益在 OLED、光学传感器、非线性光学材料(NLO)、染料敏化太阳能电池等领域表现出诱人的应用前景,因而对价格低廉、环境友好、结构多样性的铜(I)配合物新材料的研发就更加有必要了。目前,基于铜(I)配合物的有机电致发光器件的性能对实际应用而言,其效率还是很低的,还需要进一步提高其性能。

发明内容

[0003] 针对现有技术存在的基于 Ru(II)、Os(II)、Pt(II) 和 Ir 等有机磷光材料的知识产权以及昂贵的价格限制了这类材料在 OLEDs 中的大范围应用的不足,我们选用价格低廉、环境友好、结构多样性的铜(I)配合物新材料;又由于铜(I)配合物新材料的磷光性能不足,我们采用向铜(I)配合物新材料引入了重原子取代基,利用重原子取代基的重原子效应来提高铜(I)配合物新材料的性能。本发明提供一种基于重原子效应的高效磷光材料铜(I)配合物的有机电致发光器件。

[0004] 一种基于重原子效应的高效磷光材料铜(I)配合物的有机电致发光器件,其特征是:该有机电致发光器件为层状结构,依次为在玻璃衬底涂覆层氧化铟锡导电膜的阳极层、空穴注入层、空穴传输层、电子阻挡层、混合发光层、空穴阻挡层兼电子传输层、电子注入层、阴极;所述的空穴注入层的厚度为 1~10nm;所述的空穴传输层给厚度为 10~40nm;所述的电子阻挡层的厚度为 3~15nm;所述的混合混合发光层的厚度为 20~40nm;所述的空穴阻挡层兼电子传输层的厚度为 25~40nm;所述的电子注入层的厚度为 1nm;阴极层的厚度为 100~200nm。

[0005] 所述的空穴注入层(2)采用的材料为 4,4',4''-三[2-萘基苯基氨基]三苯基胺(2-TNATA)。

[0006] 所述的电空穴注传输层 (3) 采用的材料为 N,N' - 二 (1- 萘基) -N,N' - 二苯基 -1,1' - 联苯 -4-4' - 二胺 (NPB)

[0007] 所述的电子阻挡层 (4) 采用的材料为 4,4',4'' - 三 [2- 萘基苯基氨基] 三苯基胺 (2-TNATA)。

[0008] 所述的混合发光层 (5) 采用的材料为有重原子效应的 Cu(I) 配合物 [Cu(DPEphos)(PyPPCl)]BF₄ (Cu-E-Cl, DPEphos 和 PyPPCl 分别表示 (2- 二苯基膦基) 苯基醚和 (5- 氯 - 吡啶) 并 [1',2':2,3] 吡嗪 [5,6-f] 1,10- 邻菲罗啉) 和 4,4' - 二 (9- 咔唑) 联苯 (CBP) 的混合物, Cu(I) 配合物的质量百分比参杂浓度分别为 6%、8% 和 10%。

[0009] 所述的空穴阻挡层兼电子传输层 (7) 采用的材料为 1,3,5- 三 (1- 苯基 -1H- 苯并咪唑 -2- 基) 苯 (TPBi)

[0010] 所述的电子注入层 (7) 采用的材料为氟化锂 (LiF)。

[0011] 所述的阴极层 (8) 采用的材料为金属铝 (Al)

[0012] 本发明的有益效果是: 本发明的有机电致发光器件为多层结构, 采用真空热沉积法成膜, 制作工艺简单、成本低, 可以采用市场销售有机材料, 并且由于采用了薄的多个有机层组合, 使器件设计更为灵活。

[0013] 本发明具有以下优点:

[0014] (1) 掺杂剂价格低廉、环境友好

[0015] 价格低廉、环境友好、结构多样性的铜 (I) 配合物新材料, 虽在 OLED 中有应用, 但由于其发光性能不足, 限制了其在应用; 我们研究表明了可以通过向铜 (I) 配合物新材料引入了重原子取代基, 利用重原子取代基的重原子效应来提高铜 (I) 配合物新材料的性能, 因此其材料来源丰富。

[0016] (2) 器件结构易于调整优化, 制备工艺简单

[0017] 由于本发明的器件采用小分子材料, 采用真空热蒸发法成膜, 器件结构为“三明治”式多层结构, 因此器件结构易于调整优化, 制备工艺简单。所有材料都是采用热蒸发法成膜。

[0018] (3) 体积小、重量轻

[0019] 由于本发明采用了薄的有机层和金属电极层, 所有功能层的厚度不超过 2 微米。

[0020] 本发明的基于重原子效应的高效磷光材料铜 (I) 配合物的有机电致发光器件可广泛应用于科学、工业和商业领域。

附图说明

[0021] 下面结合附图及具体实施方式对本发明做进一步说明。

[0022] 图 1 为本发明的一种基于重原子效应的高效磷光材料铜 (I) 配合物的有机电致发光器件结构示意图。

[0023] 图中: 1 为玻璃衬底涂覆层的氧化铟锡导电膜、2 为空穴注入层、3 为空穴注传输层、4 为电子阻挡层、5 为混合发光层、6 为空穴阻挡层兼电子传输层、7 为电子注入层、8 为阴极层。

[0024] 图 2, 所用的 [Cu(DPEphos)(PyPPCl)]BF₄(Cu-E-Cl)

[0025] 图 3, [Cu(DPEphos)(PyPPCl)]BF₄ 的时间分辨发射衰减曲线及拟合曲线

[0026] 图 4, 不同实施例的器件的电流效率

具体实施方式

[0027] 本发明的基于重原子效应的高效磷光材料铜(I)配合物的有机电致发光器件为多层结构, 采用真空热沉积法成膜, 采用 $20\ \Omega/\square$ 的 ITO 导电玻璃为衬底, 对其用丙酮、玻璃清洁剂 (TFD-7)、去离子水反复擦洗, 再依次用丙酮和去离子水超声波清洗。清洗过的 ITO 导电玻璃用紫外臭氧处理, 然后置于有机电致发光综合沉积系统中。各功能层均在 $2 \sim 3 \times 10^{-4}$ Pa 下蒸镀成膜, 不掺杂的有机层的蒸镀速率控制在 ~ 0.2 nm/s, 掺杂时基质材料控制在 ~ 0.4 nm/s, 掺杂剂控制在 ~ 0.002 nm/s, LiF 和 Al 电极的蒸镀速率分别控制在 ~ 0.05 nm/s 和 ~ 1 nm/s。薄膜厚度由石英振荡监控。

[0028] 技术方案: 本发明为层状结构, 依次为在玻璃衬底涂覆层氧化铟锡导电膜的阳极层 1、空穴注入层 2、空穴注传输层 3、电子阻挡层 4、混合发光层 5、空穴阻挡层兼电子传输层 6、电子注入层 7、阴极层 8。电混合发光层 5 和空穴阻挡层兼电子传输层 6 构成了第一个激子生成界面。在这里, 在一定外加电压下, 混合发光层 5 也可能与电子阻挡层 4 构成了第二个激子生成界面。再往后的功能层是空穴阻挡层兼电子传输、电子注入层和阴极。空穴注入层采用的材料为三苯基胺衍生物, 厚度为 $1 \sim 10$ nm; 空穴注传输层采用的材料为二胺衍生物 (diamine derivative), 厚度为 $10 \sim 40$ nm; 电子阻挡层采用的材料为三苯基胺衍生物, 厚度为 $3 \sim 15$ nm; 混合发光层采用质量分数为 X% 重原子效应的 Cu(I) 配合物 Cu-E-Cl 的 CBP (x 分别为 6、8、10), 厚度为 $20 \sim 40$ nm; 空穴阻挡层兼电子传输层的材料为 TPBi, 厚度为 $25 \sim 40$ nm; 电子注入层材料为 LiF, 厚度为 1 nm; 阴极层材料为金属铝厚度为 $100 \sim 200$ nm。

[0029] 本发明的制备方法: 在玻璃衬底涂覆层氧化铟锡导电膜的阳极层上面沉积空穴注入层; 在空穴注入层的上面沉积空穴注传输层; 在空穴注传输层的上面沉积电子阻挡层; 接着在上面采用双源共沉积法制备混合发光层; 之后在上面沉积空穴阻挡层兼电子传输层; 最后沉积电子注入层和阴极层; 上述各层均采用真空热沉积工艺。

[0030] 阳极层选用 $20\ \Omega/\square$ 的氧化铟锡 ITO 透明导电膜; 空穴注入层选用材料为 2-TNATA, 厚度选取 $1 \sim 10$ nm; 空穴注传输层选用 NPB, 厚度选取 $10 \sim 40$ nm; 电子阻挡层选用材料为 2-TNATA, 厚度选取 $3 \sim 15$ nm; 混合发光层选用有重原子效应的 Cu-E-Cl 掺杂材料和主体材料 CBP 混合而成, Cu-E-Cl 的质量百分比掺杂浓度分别为 6%、8% 和 10%, 厚度选取 $20 \sim 40$ nm; 空穴阻挡层兼电子传输层材料选用 TPBi, 厚度为 $25 \sim 40$ nm; 电子注入层材料选用为 LiF, 厚度为 1 nm; 阴极层选用材料为金属铝厚度为 $100 \sim 200$ nm。

[0031] 制作成功的器件以氧化铟锡 ITO 和银层分别作阳极和阴极, 发光从器件阳极一侧射出。亮度-电流-电压曲线通过吉时利-2400 电源和校正过的 TOPCON® 亮度计 BM-7 同时测量获得。所有的测试都在室温大气环境下进行, 器件没有封装。

[0032] 实施例 1:

[0033] 选用图 1 所示的器件结构: 在本实施例中, 采用 $20\ \Omega/\square$ 的 ITO 导电玻璃为衬底, 对其用丙酮、玻璃清洁剂 (TFD-7)、去离子水反复擦洗, 再依次用丙酮和去离子水超声波清洗。清洗过的 ITO 导电玻璃用紫外臭氧处理, 然后置于有机电致发光综合沉积系统中。首先在高真空 ($2 \sim 3 \times 10^{-4}$ 帕) 下, 在透明导电膜 ITO 上面沉积一层厚度为 5 nm 空穴注入层 2-TNATA, 空穴注传输层 3 的材料采用 NPB; 然后在空穴注传输层 3 上面沉积 30 nm 的电子阻

挡层 4, 电子阻挡层 4 的材料采用 2-TNATA; 电子阻挡层 4 上沉积 30nm 的混合发光层 5, 混合发光层 5 的材料采用有重原子效应的 Cu-E-Cl 掺杂材料和主体材料 CBP 混合而成, Cu-E-Cl 的质量百分比掺杂浓度分别为 6%; 在电混合发光层 5 上沉积 40nm 空穴阻挡层兼电子传输层 6, 激子阻挡层 6 的材料采用 TPBi; 在空穴阻挡层兼电子传输层 6 上沉积 1nm 电子注入层 7, 电子注入层 7 的材料采用 LiF; 最后在电子注入层 7 上沉积 100nm 阴极层 8, 阴极层 8 的材料采用金属 Al。上述所有薄膜都采用热蒸发工艺沉积。各层的厚度使用膜厚监控仪器监视。制作成功的器件以氧化铟锡 ITO 和银层分别作阳极和阴极, 发光从器件阳极一侧射出。亮度-电流-电压曲线通过吉时利-2400 电源和校正过的 TOPCON® 亮度计 BM-7 同时测量获得。所有的测试都在室温大气环境下进行, 器件没有封装。采用上述的测量方法测得结果如下: 器件启亮电压为 3.5V; 器件在 12.6V, 电流为 412.27mA/cm² 时, 达到最大亮度 4320cd/m²; 电流在 0.13mA/cm² 时最大, 电流效率最大, 为 13.5cd/A, 功率效率也是最大, 为 9.41m/W。在电压为 8V 时, EL 光谱发射主均在位于 551nm。

[0034] 实施例 2:

[0035] 选用图 1 所示的器件结构: 在本实施例中, 采用 20Ω/□ 的 ITO 导电玻璃为衬底, 对其用丙酮、玻璃清洁剂 (TFD-7)、去离子水反复擦洗, 再依次用丙酮和去离子水超声波清洗。清洗过的 ITO 导电玻璃用紫外臭氧处理, 然后置于有机电致发光综合沉积系统中。首先在高真空 ($2 \sim 3 \times 10^{-4}$ 帕) 下, 在透明导电膜 ITO 上面沉积一层厚度为 5nm 空穴注入层 2-TNATA, 空穴注传输层 3 的材料采用 NPB; 然后在空穴注传输层 3 上面沉积 30nm 的电子阻挡层 4, 电子阻挡层 4 的材料采用 2-TNATA; 电子阻挡层 4 上沉积 30nm 的混合发光层 5, 混合发光层 5 的材料采用有重原子效应的 Cu-E-Cl 掺杂材料和主体材料 CBP 混合而成, Cu-E-Cl 的质量百分比掺杂浓度分别为 8%; 在电混合发光层 5 上沉积 40nm 空穴阻挡层兼电子传输层 6, 激子阻挡层 6 的材料采用 TPBi; 在空穴阻挡层兼电子传输层 6 上沉积 1nm 电子注入层 7, 电子注入层 7 的材料采用 LiF; 最后在电子注入层 7 上沉积 100nm 阴极层 8, 阴极层 8 的材料采用金属 Al。上述所有薄膜都采用热蒸发工艺沉积。各层的厚度使用膜厚监控仪器监视。制作成功的器件以氧化铟锡 ITO 和银层分别作阳极和阴极, 发光从器件阳极一侧射出。亮度-电流-电压曲线通过吉时利-2400 电源和校正过的 TOPCON® 亮度计 BM-7 同时测量获得。所有的测试都在室温大气环境下进行, 器件没有封装。采用实施例 1 所述的测量方法测得结果如下: 器件启亮电压为 3.0V; 器件在 12.5V, 电流为 240.33mA/cm² 时, 达到最大亮度 4320cd/m²; 电流在 0.17mA/cm² 时最大, 电流效率最大, 为 20.5cd/A, 功率效率也是最大, 为 14.271m/W; 在 1mA/cm² 时, 效率为 17cd/A, 10mA/cm² 时, 效率为 10.0cd/A。在电压从 7V 增加到 13V 时, EL 光谱发射主均在位于 552-554nm 范围内, 峰型也几乎没有改变。

[0036] 实施例 3:

[0037] 选用图 1 所示的器件结构: 在本实施例中, 采用 20Ω/□ 的 ITO 导电玻璃为衬底, 对其用丙酮、玻璃清洁剂 (TFD-7)、去离子水反复擦洗, 再依次用丙酮和去离子水超声波清洗。清洗过的 ITO 导电玻璃用紫外臭氧处理, 然后置于有机电致发光综合沉积系统中。首先在高真空 ($2 \sim 3 \times 10^{-4}$ 帕) 下, 在透明导电膜 ITO 上面沉积一层厚度为 5nm 空穴注入层 2-TNATA, 空穴注传输层 3 的材料采用 NPB; 然后在空穴注传输层 3 上面沉积 30nm 的电子阻挡层 4, 电子阻挡层 4 的材料采用 2-TNATA; 电子阻挡层 4 上沉积 30nm 的混合发光层 5, 混合发光层 5 的材料采用有重原子效应的 Cu-E-Cl 掺杂材料和主体材料 CBP 混合而成, Cu-E-Cl

的质量百分比掺杂浓度分别为 10% ;在电混合发光层 5 上沉积 40nm 空穴阻挡层兼电子传输层 6,激子阻挡层 6 的材料采用 TPBi ;在空穴阻挡层兼电子传输层 6 上沉积 1nm 电子注入层 7,电子注入层 7 的材料采用 LiF ;最后在电子注入层 7 上沉积 100nm 阴极层 8,阴极层 8 的材料采用金属 Al。上述所有薄膜都采用热蒸发工艺沉积。各 层的厚度使用膜厚监控仪器监视。制作成功的器件以氧化铟锡 ITO 和银层分别作阳极和阴极,发光从器件阳极一侧射出。亮度 - 电流 - 电压曲线通过吉时利 -2400 电源和校正过的TOPCON® 亮度计 BM-7 同时测量获得。所有的测试都在室温大气环境下进行,器件没有封装。采用实施例 1 所述的测量方法测得结果如下 :器件启亮电压为 3.5V ;器件在 13.1V,电流为 404.23mA/cm² 时,达到最大亮度 4808cd/m² ;电流在 0.13mA/cm² 时最大,电流效率最大,为 16.4cd/A,功率效率也是最大,为 11.4lm/W。在电压为 8V 时,EL 光谱发射主均在位于 553nm。

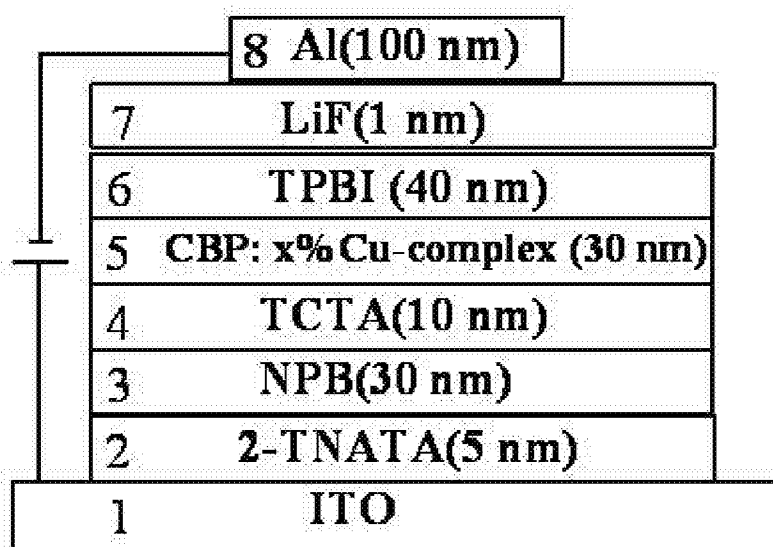


图 1

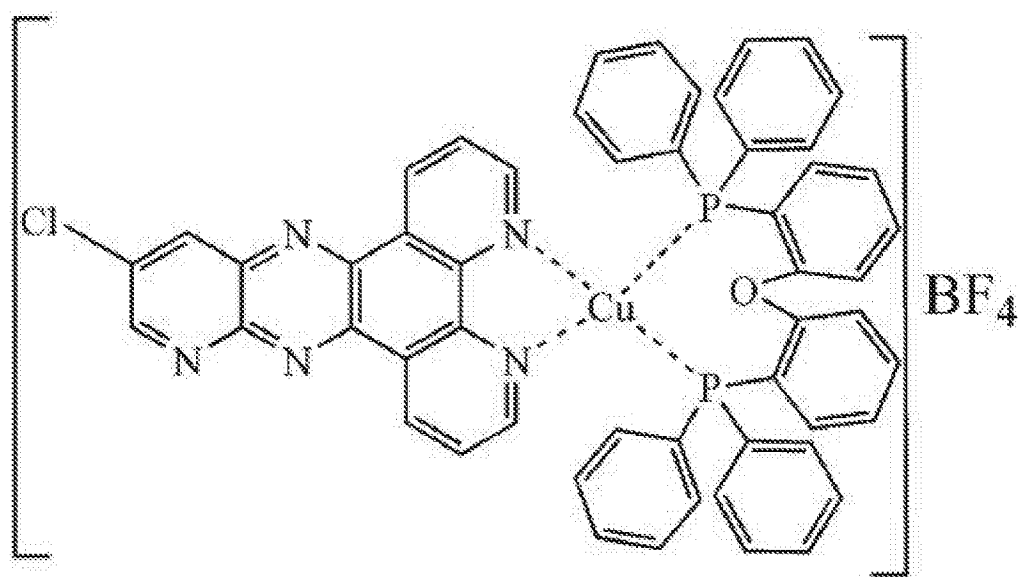


图 2

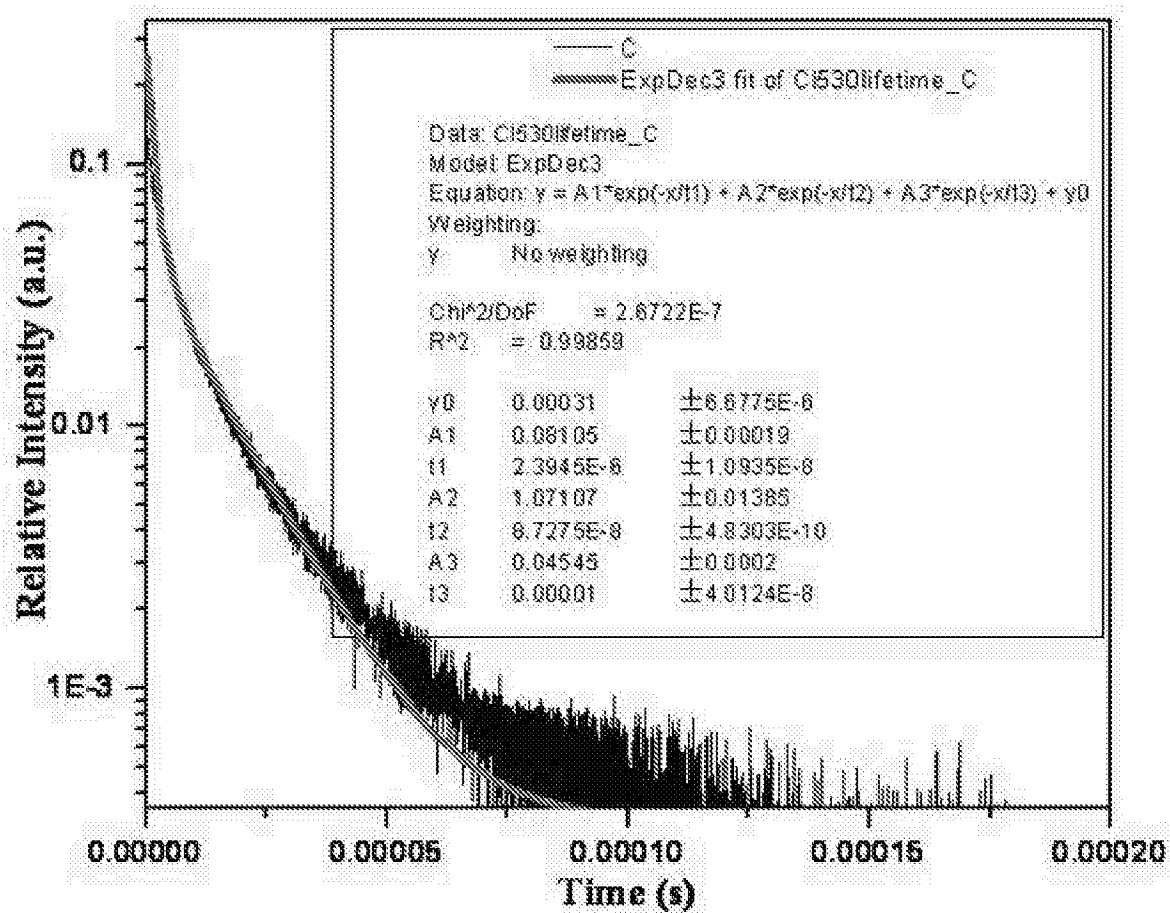


图 3

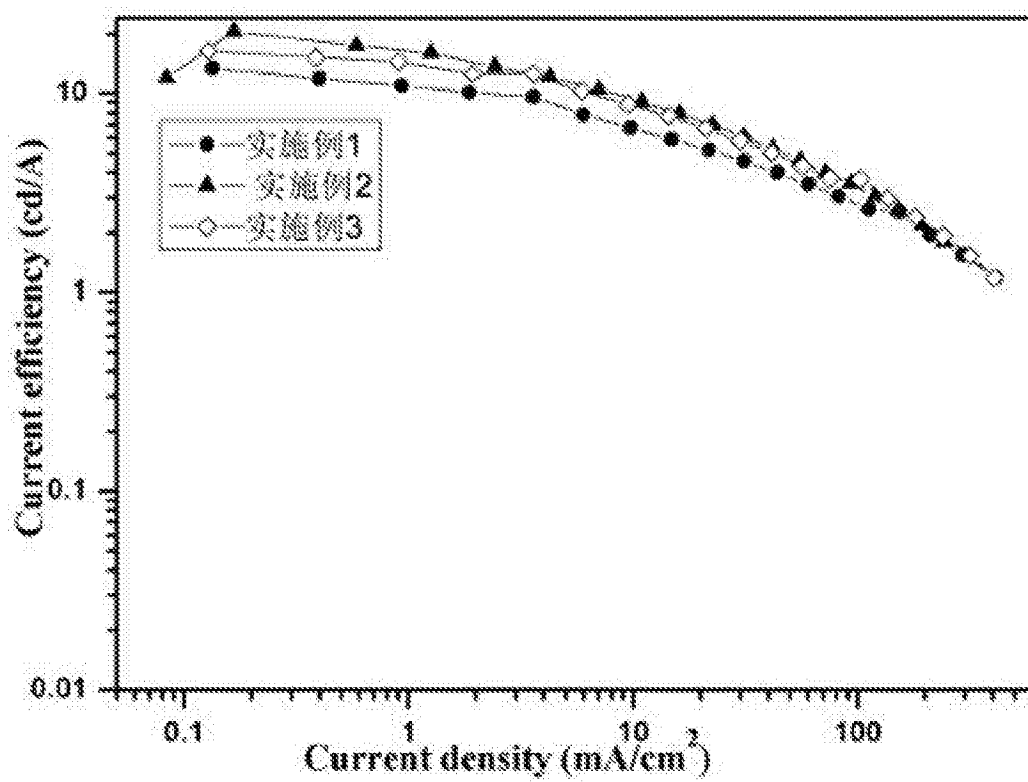


图 4

专利名称(译)	一种基于重原子效应的高效磷光材料铜(I)配合物的有机电致发光器件		
公开(公告)号	CN105280828A	公开(公告)日	2016-01-27
申请号	CN201410348231.1	申请日	2014-07-21
[标]申请(专利权)人(译)	吉林师范大学		
申请(专利权)人(译)	吉林师范大学		
当前申请(专利权)人(译)	吉林师范大学		
[标]发明人	孔治国 王秀艳 周实 郭胜男 徐占林		
发明人	孔治国 王秀艳 周实 郭胜男 徐占林		
IPC分类号	H01L51/50 H01L51/54		
代理人(译)	石岱		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

一种基于重原子效应的高效磷光材料铜(I)配合物的有机电致发光器件，属于由有机小分子材料构成的有机电致磷光器件领域。该发光器件为层状结构，依次为在玻璃衬底涂覆层氧化铟锡导电膜的阳极层、空穴注入层、空穴传输层、电子阻挡层、混合发光层、空穴阻挡层兼电子传输层、电子注入层、阴极；所述的空穴注入层的厚度为1~10nm；所述的空穴传输层给厚度为10~40nm；所述的电子阻挡层的厚度为3~15nm；所述的混合混合发光层的厚度为20~40nm；所述的空穴阻挡层兼电子传输层的厚度为25~40nm；所述的电子注入层(7)的厚度为1nm；阴极层的厚度为100~200nm。本发明制作工艺简单、成本低，可以大部分采用市场销售有机材料，并且由于采用了薄的多个有机层组合，使器件设计更为灵活。

