



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108039422 A

(43)申请公布日 2018.05.15

(21)申请号 201711378822.3

(22)申请日 2017.12.19

(71)申请人 天津大学

地址 300350 天津市津南区海河教育园雅
观路135号天津大学北洋园校区

(72)发明人 王世荣 吴操 李祥高 肖殷

(74)专利代理机构 天津市北洋有限责任专利代
理事务所 12201

代理人 王丽

(51)Int.Cl.

H01L 51/56(2006.01)

H01L 51/50(2006.01)

H01L 51/54(2006.01)

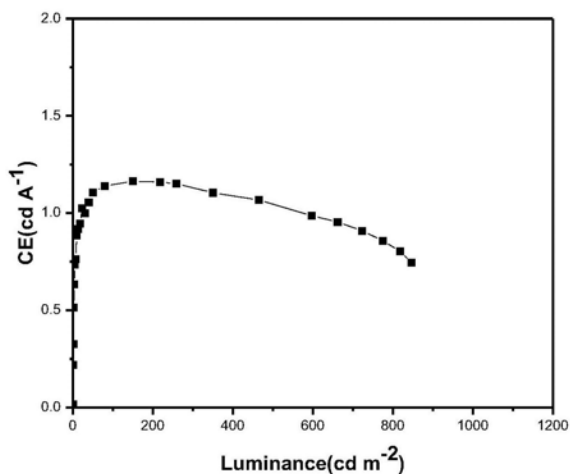
权利要求书1页 说明书12页 附图5页

(54)发明名称

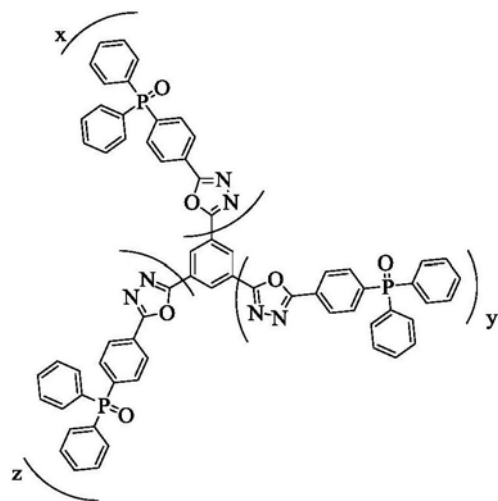
应用于溶液加工型有机电致发光器件的电子传输材料及制备方法

(57)摘要

本发明涉及应用于溶液加工型有机电致发光器件的电子传输材料及制备方法;本发明的电子传输材料为醇溶性噁二唑基电子传输材料;将氧化铟锡玻璃片清洗、并在超声波清洗仪中放置;取出后将氧化铟锡玻璃片加入乙醇中煮沸;然后,将煮沸过后的氧化铟锡玻璃片用氮气吹干后加入氧等离子清洗机中处理;先将二苯基氧磷基噁二唑传输材料溶于醇中;再将氧化铟锡玻璃片放置于旋转涂布仪上旋转;最后,使用移液枪取二苯基氧磷基噁二唑醇溶液滴加至已旋转涂布好空穴注入层和发光层的氧化铟锡玻璃片上;将旋转涂布完成的氧化铟锡玻璃片放置于通氮气的烘箱中,加热至溶剂沸点以上,得到电子传输层的无定形薄膜。可以应用在有机电致发光器件领域。



1. 应用于溶液加工型有机电致发光器件的电子传输材料,其特征是材料为二苯基氧磷基噁二唑,结构式如下:



其中, x 、 y 、 z 取0或1两者中的任意一个数,但是 x 、 y 、 z 不同时为零。

2. 如权利要求1所述的传输材料,其特征是传输材料选自二苯基(4-(5-苯基-1,3,4-噁二唑-2-基)苯基)氧化磷、((1,3-亚苯基双(1,3,4-噁二唑-5,2-二基))双(4,1-亚苯基))双(二苯基氧化磷)或((苯-三(1,3,4-噁二唑-5,2-二基))三(4-苯-二基))(三苯基氧化磷)。

3. 权利要求1传输材料的应用于溶液加工型有机电致发光器件的方法,其特征是包括如下步骤:

1) 将氧化铟锡玻璃片清洗、并在超声波清洗仪中放置;取出后将氧化铟锡玻璃片加入乙醇中煮沸;然后,将煮沸过后的氧化铟锡玻璃片用氮气吹干后加入氧等离子清洗机中处理;

2) 旋转涂布电子传输层:先将二苯基氧磷基噁二唑传输材料溶于醇中;再将氧化铟锡玻璃片放置于旋转涂布仪上旋转;最后,使用移液枪取二苯基氧磷基噁二唑醇溶液滴加至已旋转涂布好空穴注入层和发光层的氧化铟锡玻璃片上;

3) 将旋转涂布完成的氧化铟锡玻璃片放置于通氮气的烘箱中,加热至溶剂沸点以上,得到电子传输层的无定形薄膜。

4. 如权利要求3所述的方法,其特征是氧化铟锡玻璃片清洗是将氧化铟锡玻璃片依次用带洗洁精的去离子水、去离子水、乙醇、甲醇、丙酮清洗,并在超声波清洗仪中放置半小时。

5. 如权利要求3所述的方法,其特征是将氧化铟锡玻璃片平稳放置于旋转涂布仪转速时间为10-30s,转速调节为2000-4000转每分钟。

6. 如权利要求3所述的方法,其特征是烘箱中加热温度为80-120℃,保温时间为10-30min。

应用于溶液加工型有机电致发光器件的电子传输材料及制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及有机电子传输材料及其在有机发光器件的应用,具体涉及以二苯基氧磷为侧基、噁二唑为核心的一系列电子传输材料的制备方法,为实现全溶液制程OLED器件提供了基础。

背景技术

[0002] 电致发光是一种直接将电能转换为光能的现象,即在一些物质上加上电压后可以发光的现象。我们称之为“电致发光”(electroluminescence,EL),相应的发光装置称为有机发光二极管(organic light-emitting diode,OLED)。由于其具有自发光、响应时间快、高效率、低功耗、使用温度范围大、低驱动电压、高亮度、广视角、全彩发射、器件可做到很薄,且可制备大面积柔性器件等优势,而被广泛地应用到全彩显示及固态照明技术中。

[0003] 目前OLED的制备方法主要有两种,分别为真空蒸镀法和溶液加工法。使用真空蒸镀法制备的OLED具备成膜性好、器件效率高等优点;但是,真空蒸镀法成本高,材料利用率低,对设备要求高。OLED溶液加工技术具备制备工艺简单、条件易实现、易制程大面积器件等优点;但是,OLED溶液加工法相关的技术不成熟,尚未有标准的工业流程和材料作为基础,开发相关的高性能材料成为了必要;本发明的目的便是为了溶液加工OLED提供合适的电子传输层。

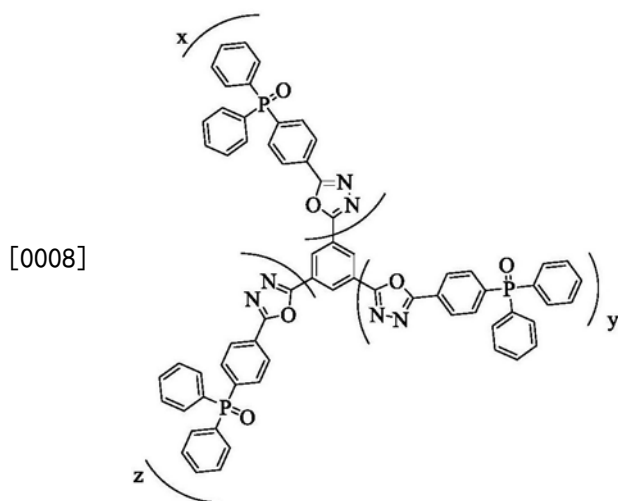
[0004] 为了实现以溶液加工方式为基础的工业化生产,OLED器件中电子传输层(electron-transporting layer,ETL)不能溶解下层的发光层,而发光层一般是油溶性的,因此制备水或醇溶性的高效率地电子传输层成为了必要。具体结构附图1,从上到下分别为:阴极、电子注入层、电子传输层、发光层、空穴注入层和阳极;本发明是要解决溶液加工OLED器件中发光层与电子传输层之间容易互溶的问题,采用具有醇溶性的电子传输材料,以达到不溶解发光层的目的。提供了一类噁二唑基电子传输材料的制备方法及应用。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于提出一种二苯基氧磷基噁二唑溶性电子传输材料及其在溶液加工型有机电致发光器件中的应用。本发明的醇溶性噁二唑基电子传输材料可以应用在有机电致发光器件领域。基于噁二唑基电子传输材料的有机电致发光器件,该器件包含阳极、阴极和有机层,有机层包含发光层、空穴注入层、空穴传输层、空穴阻挡层、电子注入层、电子传输层中的一层或一层以上。并且二苯基氧磷基噁二唑充当其中的电子传输层。

[0006] 本发明的技术方案如下:

[0007] 应用于溶液加工型有机电致发光器件的电子传输材料,其材料为二苯基氧磷基噁二唑,结构式如下:



[0009] 其中, x 、 y 、 z 取0或1两者中的任意一个数,但是 x 、 y 、 z 不同时为零。

[0010] 优选传输材料选自二苯基(4-(5-苯基-1,3,4-噁二唑-2-基)苯基)氧化膦、((1,3-亚苯基双(1,3,4-噁二唑-5,2-二基))双(4,1-亚苯基))双(二苯基氧化膦)或((苯-三(1,3,4-噁二唑-5,2-二基))三(4-苯-二基))(三苯基氧化膦)。

[0011] 本发明传输材料应用于溶液加工型有机电致发光器件的方法:包括如下步骤:

[0012] 1) 将氧化铟锡玻璃片清洗、并在超声波清洗仪中放置;取出后将氧化铟锡玻璃片加入乙醇中煮沸;然后,将煮沸过后的氧化铟锡玻璃片用氮气吹干后加入氧等离子清洗机中处理;

[0013] 2) 旋转涂布电子传输层:先将二苯基氧磷基噁二唑传输材料溶于醇中;再将氧化铟锡玻璃片放置于旋转涂布仪上旋转;最后,使用移液枪取二苯基氧磷基噁二唑醇溶液滴加至已旋转涂布好空穴注入层和发光层的氧化铟锡玻璃片上;

[0014] 3) 将旋转涂布完成的氧化铟锡玻璃片放置于通氮气的烘箱中,加热至溶剂沸点以上,得到电子传输层的无定形薄膜。

[0015] 所述步骤1) 氧化铟锡玻璃片清洗是将氧化铟锡玻璃片依次用带洗洁精的去离子水、去离子水、乙醇、甲醇、丙酮清洗,并在超声波清洗仪中放置半小时。

[0016] 所述步骤2) 将氧化铟锡玻璃片平稳放置于旋转涂布仪转速时间为10-30s,转速调节为2000-4000转每分钟。

[0017] 所述步骤3) 烘箱中加热温度为80-120℃,保温时间为10-30min。

[0018] 本发明设计制备的电子传输层以传统的噁二唑基为母核,加上二苯基氧磷为侧基以增加材料的醇溶性。噁二唑基是一种传统高效的电子传输材料,而根据分子电子云模拟,二苯基氧磷基团中的磷氧基可以有效的割裂开分子内的共轭,从而增大分子的极性。这一方面增大了材料的电子迁移率,一方面根据相似相溶原理,分子更易溶于水或醇等极性溶剂。因此,以二苯基氧磷基噁二唑为电子传输层,制备溶液制程OLED成为了可能。

[0019] 本发明传输材料二苯基氧磷基噁二唑的合成过程均按照下面三步反应合成:

[0020] (1) 在一个配有磁力搅拌器的密封螺口瓶中,加入摩尔比为1:2:3的四丁基氟化铵水合物(TABF·3H₂O)、4-溴苯甲腈和三甲基硅叠氮,然后将混合物在85℃下剧烈搅拌(700转/分钟)18h。再然后将终产物用的乙酸乙酯溶解,再用1mol/L的HCl水溶液清洗有机相。最后,取有机相用无水MgSO₄干燥,经抽滤滤除固相,将得到的液相旋蒸得到5-(4-溴苯基)-2

氢-四唑。

[0021] (2) 将四唑基团比酰氯基团摩尔比为1:3的5-(4-溴苯基)-2氢-四唑和酰氯在四口烧瓶中和无水吡啶混合。得到的混合物在氮气的气氛下搅拌回流6小时。在冷却至环境温度后,加入1mol/LNaOH溶液和过量的去离子水,析出白色固体,过滤得到溴代噁二唑。

[0022] (3) 将二苯基氧磷、溴代噁二唑中溴原子、NiCl₂·6H₂O、锌、2,2'-联吡啶摩尔比为14:10:1:20:2的二苯基氧磷、溴代噁二唑NiCl₂·6H₂O、锌、2,2'-联吡啶加入四口烧瓶中。然后,将其在110℃、氮气气氛下,剧烈搅拌24小时后,得到一种灰色的混合溶液。最后用二氯甲烷和水对反应液进行反复洗涤,取有机相进行柱层析分离,得到目标产物。

[0023] 其中,当酰氯为苯甲酰氯时,得到目标产物为二苯基(4-(5-苯基-1,3,4-噁二唑-2-基)苯基)氧化磷(即x、y、z有一个为1,其余为0);当酰氯为间苯二甲酰氯时,得到目标产物为((1,3-亚苯基双(1,3,4-噁二唑-5,2-二基))双(4,1-亚苯基))双(二苯基氧化磷)(即x、y、z中有两个为1,其余为0);当酰氯为1,3,5-苯三甲酰氯时,得到目标产物为((苯-三(1,3,4-噁二唑-5,2-二基))三(4-苯-二基))(三苯基氧化磷)(即x=y=z=1)。

[0024] 由于第一、二步无需经过复杂且收率低的分离过程,如柱层析分离,通过三步法合成的醇溶性电子传输材料,收率可达70%。

附图说明

[0025] 图1背景技术中所述溶液制程OLED的垂直结构示意图。

[0026] 图2制备得到的二苯基(4-(5-苯基-1,3,4-噁二唑-2-基)苯基)氧化磷的¹H-NMR谱图。

[0027] 图3制备得到的((1,3-亚苯基双(1,3,4-噁二唑-5,2-二基))双(4,1-亚苯基))双(二苯基氧化磷)的¹H-NMR谱图。

[0028] 图4具体实施方式4中所制备红光器件的J-V-L曲线。

[0029] 图5具体实施方式4中所制备红光器件的亮度-电流效率曲线。

[0030] 图6具体实施方式5中所制备红光器件的J-V-L曲线。

[0031] 图7具体实施方式5中所制备红光器件的亮度-电流效率曲线。

[0032] 图8是具体实施方式6中所制备红光器件的J-V-L曲线。

[0033] 图9具体实施方式6中所制备红光器件的亮度-电流效率曲线。

具体实施方式

[0034] 为更好的理解本发明,现将具体实施方式列举如下,具体实施方式可以对本发明做进一步的解释和说明,但本发明并不只局限于以下的实例。参考以下步骤:

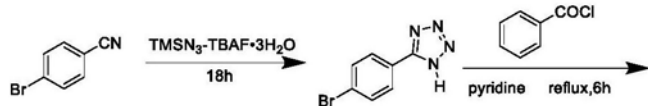
[0035] 1) 清洗氧化铟锡玻璃片:将氧化铟锡玻璃片依次用带洗洁精的去离子水、去离子水、乙醇、甲醇、丙酮清洗,并在超声波清洗仪中放置半小时;取出后将氧化铟锡玻璃片加入乙醇中煮沸;然后,将煮沸过后的氧化铟锡玻璃片用氮气吹干后加入氧等离子清洗机中处理;

[0036] 2) 旋转涂布电子传输层:先将二苯基氧磷基噁二唑溶于醇中;再将氧化铟锡玻璃片平稳放置于旋转涂布仪上,调节好转速,旋转时间;转速调节为2000-4000转每分钟,旋转时间为10-30s;最后,使用移液枪取二苯基氧磷基噁二唑醇溶液滴加至已旋转涂布好空穴

注入层和发光层的氧化铟锡玻璃片上。

[0037] 3) 退火: 将旋转涂布完成的氧化铟锡玻璃片放置于通氮气的烘箱中, 加热至溶剂沸点以上, 加热温度为80-120℃, 保温时间为10-30min。

[0038] 实施例1: 当x、y、z中有一个为1, 其余为0时, 即二苯基(4-(5-苯基-1,3,4-噁二唑-2-基)苯基)氧化膦的合成



[0039]



[0040] (1) 5-(4-溴苯基)-2氢-四唑的合成

[0041] 在一个配有磁力搅拌器的密封螺口瓶中, 加入0.131-1.31g 四丁基氟化铵水合物 (TBAF · 3H₂O) (0.5-5mmol), 0.182-1.82mg 4-溴苯甲腈 (1-10mmol) 和0.173-1.73mg 三甲基硅叠氮 (1.5-15mmol), 然后将混合物在85℃下剧烈搅拌 (700转/分钟) 18h。再然后将终产物用60-600mL的乙酸乙酯溶解, 再用1mol/L的HCl水溶液 (3×15-150mL) 清洗有机相。最后, 取有机相用无水MgSO₄干燥, 经抽滤滤除固相, 将得到的液相旋蒸得到5-(4-溴苯基)-2氢-四唑。产率为94.5-97.2%。¹H NMR (400MHz, DMSO): δ8.19-7.89 (m, 2H), 7.83 (d, J=8.6Hz, 2H)。

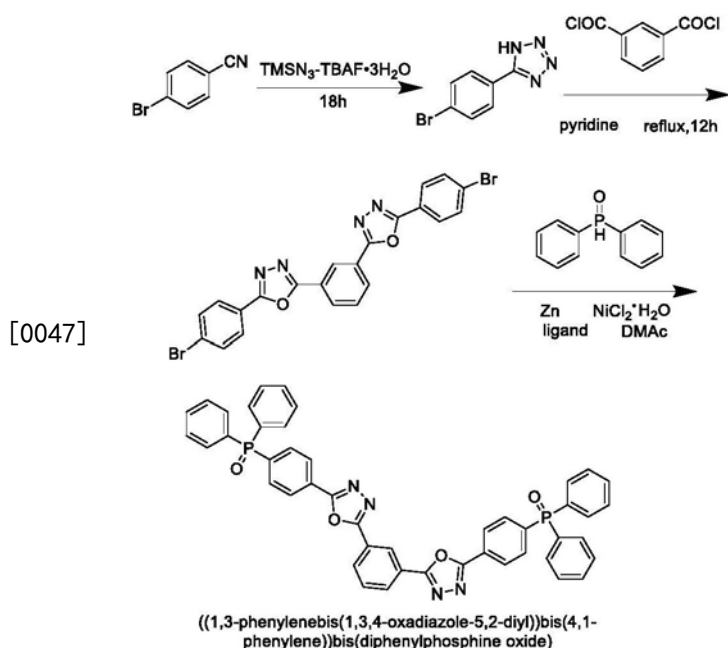
[0042] (2) 4-溴苯基-1,3,4-噁二唑-2-基苯的合成

[0043] 将0.225-2.25g 5-(4-溴苯基)-1氢-四唑 (10mmol) 和0.422-4.22mg 苯甲酰氯 (3-30mmol) 在500mL的四口烧瓶中和20-200mL无水吡啶混合。得到的混合物在氮气的气氛下搅拌回流6小时。在冷却至环境温度后, 加入1mol/L 5-50mL NaOH溶液和过量的去离子水, 析出白色固体, 过滤得到4-溴苯基-1,3,4-噁二唑-2-基苯。产率为97.1-98.1%。¹H NMR (400MHz, CDCl₃): δ8.22-8.09 (m, 2H), 8.03 (d, J=8.5Hz, 2H), 7.71 (d, J=8.5Hz, 2H), 7.63-7.48 (m, 3H)。

[0044] (3) 二苯基(4-(5-苯基-1,3,4-噁二唑-2-基)苯基)氧化膦的合成

[0045] 将反应物按以下配比加入四口烧瓶中: 84.84-848.4mg 二苯基氧磷 (0.42-4.2mmol)、90.342-903.42mg 4-溴苯基-1,3,4-噁二唑-2-基苯 (0.3-3mmol)、7.14-71.4mg NiCl₂ · 6H₂O (0.03-0.3mmol)、39-390mg Zn (6mmol)、9.36-93.6mg 2,2'-联吡啶 (0.06-0.6mmol) 和6-60mL DMAc。然后, 将其在110℃、氮气气氛下, 剧烈搅拌24小时后, 得到一种灰色的混合溶液。最后用二氯甲烷和水对反应液进行反复洗涤, 取有机相进行柱层析分离, 得到二苯基(4-(5-苯基-1,3,4-噁二唑-2-基)苯基)氧化膦, 产率为53.5-70.9%。¹H NMR (400MHz, CDCl₃): δ8.25 (dd, J=8.4, 2.2Hz, 1H), 8.15 (dd, J=7.9, 1.7Hz, 1H), 7.87 (dd, J=11.5, 8.3Hz, 1H), 7.74-7.66 (m, 2H), 7.63-7.47 (m, 5H)。核磁氢谱如图2所示

[0046] 实施例2: 当x、y、z中有两个为1, 其余为0时, ((1,3-亚苯基双(1,3,4-噁二唑-5,2-二基))双(4,1-亚苯基))双(二苯基氧化膦)的合成



[0048] (1) 5-(4-溴苯基)-2氢-四唑的合成

[0049] 在一个配有磁力搅拌器的螺旋加盖的小瓶中,加入13.074-130.74mg四丁基氟化铵水合物(0.05-0.5mmol),18.202-182.02mg4-溴苯腈(0.1-1mmol)和17.28-172.8mg三甲基硅叠氮(0.15-1.5mmol),然后将混合物在85℃下剧烈搅拌18h。再然后将终产物用6-60mL的乙酸乙酯溶解,再用0.1-1mol/L的HCl水溶液(3×1.5-15mL)清洗有机相。最后,取有机相用无水 MgSO_4 干燥,经抽滤滤除固相,将得到的液相旋蒸得到5-(4-溴苯基)-2氢-四唑。产率为94.5-97.2%。 ^1H NMR(400MHz,DMSO): δ 8.19-7.89(m,2H),7.83(d, $J=8.6\text{Hz}$,2H)。

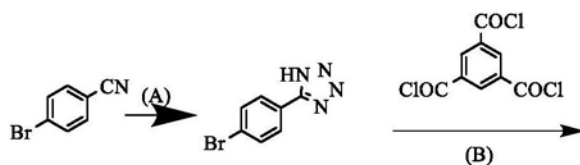
[0050] (2) 1,3-双(5-(4-溴苯基)-1,3,4-噁二唑-2-基)苯的合成

[0051] 将22.505-225.05mg5-(4-溴苯基)-1氢-四唑(0.1-1mmol)(1)和10.151-101.51mg间苯二甲酰氯(0.05-0.5mmol)在10-100mL的四口烧瓶中和3-30mL无水吡啶混合。得到的混合物在氮气的气氛下回流12小时。在冷却至环境温度后,加入1mol/L1-10mLNaOH水溶液和过量的去离子水,析出白色固体,过滤得到1,3-双(5-(4-溴苯基)-1,3,4-噁二唑-2-基)苯,产率为69.1-75.1%。 ^1H NMR(400MHz, CDCl_3): δ 8.90(d, $J=17.1\text{Hz}$,1H),8.41-8.32(m,2H),8.06(t, $J=8.2\text{Hz}$,3H),7.81-7.68(m,4H)。

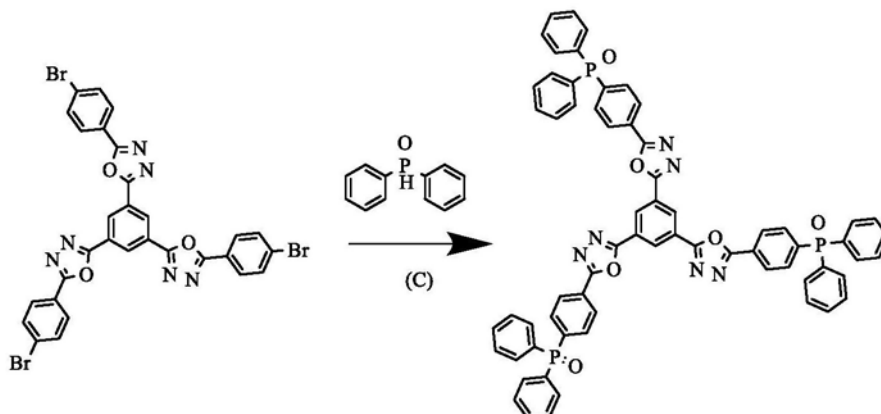
[0052] (3) ((1,3-亚苯基双(1,3,4-噁二唑-5,2-二基))双(4,1-亚苯基))双(二苯基氧化膦)的合成

[0053] 将反应物按以下配比加入四口烧瓶中:0.1695-1.695g二苯基氧磷(0.84-8.4mmol)、0.1572-1.572g1,3-双(5-(4-溴苯基)-1,3,4-噁二唑-2-基)苯(0.3-3mmol)、14.283-142.83mg $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (0.06-0.6mmol)、78-780mgZn(1.2-12mmol)、18.72-187.2mg2,2'-联吡啶(0.12-1.2mmol)和6-60mLDMAc。然后,将其在110℃、氮气气氛下,剧烈搅拌24小时后,得到一种灰色的混合溶液。最后用二氯甲烷和水对反应液进行反复洗涤,取有机相进行柱层析分离,得到((1,3-亚苯基双(1,3,4-噁二唑-5,2-二基))双(4,1-亚苯基))双(二苯基氧化膦),产率为40.3-69.3%。 ^1H NMR(400MHz, CDCl_3) δ 8.88(s,1H),8.37(d, $J=7.8\text{Hz}$,1H),8.28(d, $J=7.9\text{Hz}$,2H),7.89(t, $J=9.2\text{Hz}$,2H),7.80-7.64(m,4H),7.64-7.55(m,2H),7.52(d, $J=7.4\text{Hz}$,4H)。核磁氢谱如图3所示

[0054] 实施例3: 当 $x=y=z=1$ 时, 即((苯-三(1,3,4-噁二唑-5,2-二基))三(4-苯-二基))(三苯基氧化磷)



[0055]



[0056] (1) 5-(4-溴苯基)-2氢-四唑的合成

[0057] 在一个配有磁力搅拌器的螺旋加盖的小瓶中, 加入13.074-130.74mg四丁基氟化铵水合物(0.05-0.5mmol), 18.202-182.02mg 4-溴苯腈(0.1-1mmol) 和17.28-172.8mg 三甲基硅叠氮(0.15-1.5mmol), 然后将混合物在85℃下剧烈搅拌18h。再然后将终产物用6-60mL的乙酸乙酯溶解, 再用1mol/L的HCl水溶液(3×1.5-15mL)清洗有机相。最后, 取有机相用无水MgSO₄干燥, 经抽滤滤除固相, 将得到的液相旋蒸得到5-(4-溴苯基)-2氢-四唑。产率为94.5-97.2%。¹H NMR(400MHz, DMSO): δ8.19-7.89(m, 2H), 7.83(d, J=8.6Hz, 2H)。

[0058] (2) 三(5-(4-溴苯基)-苯1,3,4-噁二唑基-2-基)的合成

[0059] 将22.505-225.05mg 5-(4-溴苯基)-1氢-四唑(0.15-1.5mmol) (1) 和13.274-132.74mg 1,3,5-苯三甲酰氯(0.05-0.5mmol) 在100mL的四口烧瓶中和3-30mL无水吡啶混合。得到的混合物在氮气的气氛下回流12小时。在冷却至环境温度后, 加入1mol/L 1-10mL NaOH水溶液和过量的去离子水, 析出白色固体, 过滤得到1,3-双(5-(4-溴苯基)-1,3,4-噁二唑-2-基)苯。

[0060] (3) ((苯-三(1,3,4-噁二唑-5,2-二基))三(4-苯-二基))(三苯基氧化磷)的合成

[0061] 将反应物按以下配比加入四口烧瓶中: 0.254-2.54g 二苯基氧磷(1.26-12.6mmol)、0.224-2.24g 1,3-双(5-(4-溴苯基)-1,3,4-噁二唑-2-基)苯(0.3-3mmol)、21.42-214.2mg NiCl₂·6H₂O(0.09-0.9mmol)、0.117-1.17g Zn(1.8-18mmol)、28.08-280.8mg 2,2'-联吡啶(0.18-1.8mmol) 和6-60mL DMAc。然后, 将其在110℃、氮气气氛下, 剧烈搅拌24小时后, 得到一种灰色的混合溶液。最后用二氯甲烷和水对反应液进行反复洗涤, 取有机相进行柱层析分离, 得到((苯-三(1,3,4-噁二唑-5,2-二基))三(4-苯-二基))(三苯基氧化磷)。

[0062] 实施例4:

[0063] 具体实施方式1所述的二苯基(4-(5-苯基-1,3,4-噁二唑-2-基)苯基)氧化磷用于

溶液制程OLED,其制备方法如下:

[0064] 首先,清洗氧化铟锡玻璃片。将氧化铟锡玻璃片依次用带洗洁精的去离子水、去离子水、乙醇、甲醇、丙酮清洗,并在超声波清洗仪中放置半小时;取出后将氧化铟锡玻璃片加入乙醇中煮沸;然后,将煮沸过后的氧化铟锡玻璃片用氮气吹干后加入氧等离子清洗机中处理;

[0065] 然后,旋转涂布各有机层。先将有机材料溶解于溶剂中,其中,二苯基氧磷基噁二唑用醇作为溶剂,除此之外的溶剂为氯苯;再将氧化铟锡玻璃片平稳放置于旋转涂布仪上,调节好转速,旋转时间,其中,电子传输层转速调节为2000转每分钟,旋转时间为10s,旋转涂布空穴注入层聚二氧乙基噻吩:聚对苯乙烯磺酸(PEDOT:PSS)时,转速调节为4000转每分钟,旋转时间为30s。最后,使用移液枪取上述溶液滴加至氧化铟锡玻璃片上。其中,旋转涂布有机层的顺序为:空穴注入层,使用聚二氧乙基噻吩:聚对苯乙烯磺酸(PEDOT:PSS);发光层,使用发光层的配比为聚乙炔吡唑(pvk):1,3-二(4-叔丁基苯基-1,3,4-噁二唑基)苯(oxd-7):客体材料=100:40:1/2/3,其中客体材料为二(1-苯基-异喹啉)(乙酰丙酮)合铱(III)(Ir(piq)₂(acac))、三[2-(对甲苯基)吡啶]合铱(III)(Ir(mppy)₃)或双(4,6-二氟苯基吡啶-N,C2)吡啶甲酰合铱(Firpic);电子传输层,使用二苯基(4-(5-苯基-1,3,4-噁二唑-2-基)苯基)氧化磷(溶剂包括但不限于正丁醇、异丙醇等醇类)。

[0066] 最后,退火;将旋转涂布完成的氧化铟锡玻璃片放置于通氮气的烘箱中,加热至溶剂沸点以上,保温一段时间;其中,具体实施方式1中所述醇溶性电子传输材料加热温度为80℃,保温时间为10min。

[0067] 旋转涂布完成后,将氧化铟锡玻璃片放入真空蒸镀仪中,蒸镀上电子注入层和阴极铝。

[0068] 此红光器件得到的J-V-L曲线如附图4所示,得到亮度-电流效率曲线如附图5所示。如图所示,最大亮度为1160cd m⁻²,最大电流效率为2.49cd A⁻¹,最大功率效率为1.27lm W⁻¹,器件具体性能如表1所示:

[0069] 表1以二苯基(4-(5-苯基-1,3,4-噁二唑-2-基)苯基)氧化磷为电子传输层器件性能指标

	器件	最大亮度(cd m ⁻²)	最大电流效率(cd A ⁻¹)	最大功率效率(lm W ⁻¹)
[0070]	1	1160	2.50	1.27

[0071] 实施例5:

[0072] 具体实施方式2所述的((1,3-亚苯基双(1,3,4-噁二唑-5,2-二基))双(4,1-亚苯基))双(二苯基氧化磷)用于溶液制程OLED,其制备方法如下:

[0073] 首先,清洗氧化铟锡玻璃片。将氧化铟锡玻璃片依次用带洗洁精的去离子水、去离子水、乙醇、甲醇、丙酮清洗,并在超声波清洗仪中放置半小时;取出后将氧化铟锡玻璃片加入乙醇中煮沸;然后,将煮沸过后的氧化铟锡玻璃片用氮气吹干后加入氧等离子清洗机中处理。

[0074] 然后,旋转涂布各有机层。先将有机材料溶解于溶剂中,其中,二苯基氧磷基噁二唑用醇作为溶剂,除此之外的溶剂为氯苯;再将氧化铟锡玻璃片平稳放置于旋转涂布仪上,调节好转速,旋转时间,其中,电子传输层转速调节为2000转每分钟,旋转时间为10s,旋转

涂布空穴注入层聚二氧乙基噻吩:聚对苯乙烯磺酸(PEDOT:PSS)时,转速调节为4000转每分钟,旋转时间为30s。最后,使用移液枪取上述溶液滴加至氧化铟锡玻璃片上。其中,旋转涂布有机层的顺序为:空穴注入层,使用聚二氧乙基噻吩:聚对苯乙烯磺酸(PEDOT:PSS);发光层,使用发光层的配比为聚乙炔吡唑(pvk):1,3-二(4-叔丁基苯基-1,3,4-噁二唑基)苯(oxd-7):客体材料=100:40:1/2/3,其中客体材料为二(1-苯基-异喹啉)(乙酰丙酮)合铱(III)(Ir(piq)2(acac))、三[2-(对甲苯基)吡啶]合铱(III)(Ir(mppy)3)或双(4,6-二氟苯基吡啶-N,C2)吡啶甲酰合铱(Firpic);电子传输层,使用二苯基(4-(5-苯基-1,3,4-噁二唑-2-基)苯基)氧化膦(溶剂包括但不限于正丁醇、异丙醇等醇类)。

[0075] 最后,退火;将旋转涂布完成的氧化铟锡玻璃片放置于通氮气的烘箱中,加热至溶剂沸点以上,保温一段时间。其中,具体实施方式1中所述醇溶性电子传输材料加热温度为80℃,保温时间为10min。

[0076] 旋转涂布完成后,将氧化铟锡玻璃片放入真空蒸镀仪中,蒸镀上电子注入层和阴极铝。

[0077] 此红光器件得到的J-V-L曲线如附图6所示,得到亮度-电流效率曲线如附图7所示。如图所示,最大亮度为846cd m⁻²,最大电流效率为1.63cd A⁻¹,最大功率效率为0.73lm W⁻¹,器件具体性能如表1所示:

[0078] 表2以((1,3-亚苯基双(1,3,4-噁二唑-5,2-二基))双(4,1-亚苯基))双(二苯基氧化膦)为电子传输层器件性能指标

	器件	最大亮度(cd m ⁻²)	最大电流效率(cd A ⁻¹)	最大功率效率(lm W ⁻¹)
[0079]	2	846	1.63	0.73

[0080] 实例6:

[0081] 具体实施方式3所述的((苯-三(1,3,4-噁二唑-5,2-二基))三(4-苯-二基))(三苯基氧化膦)用于溶液制程OLED,其制备方法如下:

[0082] 首先,清洗氧化铟锡玻璃片。将氧化铟锡玻璃片依次用带洗洁精的去离子水、去离子水、乙醇、甲醇、丙酮清洗,并在超声波清洗仪中放置半小时;取出后将氧化铟锡玻璃片加入乙醇中煮沸;然后,将煮沸过后的氧化铟锡玻璃片用氮气吹干后加入氧等离子清洗机中处理。

[0083] 然后,旋转涂布各有机层。先将有机材料溶解于溶剂中,其中,二苯基氧磷基噁二唑用醇作为溶剂,除此之外的溶剂为氯苯;再将氧化铟锡玻璃片平稳放置于旋转涂布仪上,调节好转速,旋转时间,其中,电子传输层转速调节为2000转每分钟,旋转时间为10s,旋转涂布空穴注入层聚二氧乙基噻吩:聚对苯乙烯磺酸(PEDOT:PSS)时,转速调节为4000转每分钟,旋转时间为30s。最后,使用移液枪取上述溶液滴加至氧化铟锡玻璃片上。其中,旋转涂布有机层的顺序为:空穴注入层,使用聚二氧乙基噻吩:聚对苯乙烯磺酸(PEDOT:PSS);发光层,使用发光层的配比为聚乙炔吡唑(pvk):1,3-二(4-叔丁基苯基-1,3,4-噁二唑基)苯(oxd-7):客体材料=100:40:1/2/3,其中客体材料为二(1-苯基-异喹啉)(乙酰丙酮)合铱(III)(Ir(piq)2(acac))、三[2-(对甲苯基)吡啶]合铱(III)(Ir(mppy)3)或双(4,6-二氟苯基吡啶-N,C2)吡啶甲酰合铱(Firpic);电子传输层,使用二苯基(4-(5-苯基-1,3,4-噁二唑-2-基)苯基)氧化膦(溶剂包括但不限于正丁醇、异丙醇等醇类)。

[0084] 最后,退火。将旋转涂布完成的氧化铟锡玻璃片放置于通氮气的烘箱中,加热至溶剂沸点以上,保温一段时间。其中,具体实施方式1中所述醇溶性电子传输材料加热温度为80℃,保温时间为10min。

[0085] 旋转涂布完成后,将氧化铟锡玻璃片放入真空蒸镀仪中,蒸镀上电子注入层和阴极铝。

[0086] 此红光器件得到的J-V-L曲线如附图8所示,得到亮度-电流效率曲线如附图9所示。如图所示,最大亮度为853cd m⁻²,最大电流效率为1.16cd A⁻¹,最大功率效率为0.41lm W⁻¹,器件具体性能如表1所示:

[0087] 表1以((苯-三(1,3,4-噁二唑-5,2-二基))三(4-苯-二基))(三苯基氧化磷)为电子传输层器件性能指标

	器件	最大亮度(cd m ⁻²)	最大电流效率(cd A ⁻¹)	最大功率效率(lm W ⁻¹)
[0088]	3	853	1.16	0.41

[0089] 实施例7:

[0090] 具体实施方式1所述的二苯基(4-(5-苯基-1,3,4-噁二唑-2-基)苯基)氧化磷用于溶液制程OLED,其制备方法如下:

[0091] 首先,清洗氧化铟锡玻璃片。将氧化铟锡玻璃片依次用带洗洁精的去离子水、去离子水、乙醇、甲醇、丙酮清洗,并在超声波清洗仪中放置半小时;取出后将氧化铟锡玻璃片加入乙醇中煮沸;然后,将煮沸过后的氧化铟锡玻璃片用氮气吹干后加入氧等离子清洗机中处理;

[0092] 然后,旋转涂布各有机层。先将有机材料溶解于溶剂中,其中,二苯基氧磷基噁二唑用醇作为溶剂,除此之外的溶剂为氯苯;再将氧化铟锡玻璃片平稳放置于旋转涂布仪上,调节好转速,旋转时间,其中,电子传输层转速调节为2000转每分钟,旋转时间为10s,旋转涂布空穴注入层聚二氧乙基噻吩:聚对苯乙烯磺酸(PEDOT:PSS)时,转速调节为4000转每分钟,旋转时间为30s。最后,使用移液枪取上述溶液滴加至氧化铟锡玻璃片上。其中,旋转涂布有机层的顺序为:空穴注入层,使用聚二氧乙基噻吩:聚对苯乙烯磺酸(PEDOT:PSS);发光层,使用发光层的配比为聚乙炔吡唑(pvk):1,3-二(4-叔丁基苯基-1,3,4-噁二唑基)苯(oxd-7):客体材料=100:40:1/2/3,其中客体材料为二(1-苯基-异喹啉)(乙酰丙酮)合铱(III)(Ir(piq)2(acac))、三[2-(对甲苯基)吡啶]合铱(III)(Ir(mppy)3)或双(4,6-二氟苯基吡啶-N,C2)吡啶甲酰合铱(Firpic);电子传输层,使用二苯基(4-(5-苯基-1,3,4-噁二唑-2-基)苯基)氧化磷(溶剂包括但不限于正丁醇、异丙醇等醇类)。

[0093] 最后,退火;将旋转涂布完成的氧化铟锡玻璃片放置于通氮气的烘箱中,加热至溶剂沸点以上,保温一段时间;其中,具体实施方式1中所述醇溶性电子传输材料加热温度为100℃,保温时间为20min。

[0094] 旋转涂布完成后,将氧化铟锡玻璃片放入真空蒸镀仪中,蒸镀上电子注入层和阴极铝。

[0095] 实施例8:

[0096] 具体实施方式2所述的((1,3-亚苯基双(1,3,4-噁二唑-5,2-二基))双(4,1-亚苯基))双(二苯基氧化磷)用于溶液制程OLED,其制备方法如下:

[0097] 首先,清洗氧化铟锡玻璃片。将氧化铟锡玻璃片依次用带洗洁精的去离子水、去离子水、乙醇、甲醇、丙酮清洗,并在超声波清洗仪中放置半小时;取出后将氧化铟锡玻璃片加入乙醇中煮沸;然后,将煮沸过后的氧化铟锡玻璃片用氮气吹干后加入氧等离子清洗机中处理。

[0098] 然后,旋转涂布各有机层。先将有机材料溶解于溶剂中,其中,二苯基氧磷基噁二唑用醇作为溶剂,除此之外的溶剂为氯苯;再将氧化铟锡玻璃片平稳放置于旋转涂布仪上,调节好转速,旋转时间,其中,电子传输层转速调节为2000转每分钟,旋转时间为10s,旋转涂布空穴注入层聚二氧乙基噻吩:聚对苯乙烯磺酸(PEDOT:PSS)时,转速调节为4000转每分钟,旋转时间为30s。最后,使用移液枪取上述溶液滴加至氧化铟锡玻璃片上。其中,旋转涂布有机层的顺序为:空穴注入层,使用聚二氧乙基噻吩:聚对苯乙烯磺酸(PEDOT:PSS);发光层,使用发光层的配比为聚乙炔吡唑(pvk):1,3-二(4-叔丁基苯基-1,3,4-噁二唑基)苯(oxd-7):客体材料=100:40:1/2/3,其中客体材料为二(1-苯基-异喹啉)(乙酰丙酮)合铱(III)(Ir(piq)2(acac))、三[2-(对甲苯基)吡啶]合铱(III)(Ir(mppy)3)或双(4,6-二氟苯基吡啶-N,C2)吡啶甲酰合铱(Firpic);电子传输层,使用二苯基(4-(5-苯基-1,3,4-噁二唑-2-基)苯基)氧化膦(溶剂包括但不限于正丁醇、异丙醇等醇类)。

[0099] 最后,退火;将旋转涂布完成的氧化铟锡玻璃片放置于通氮气的烘箱中,加热至溶剂沸点以上,保温一段时间。其中,具体实施方式1中所述醇溶性电子传输材料加热温度为100℃,保温时间为20min。

[0100] 旋转涂布完成后,将氧化铟锡玻璃片放入真空蒸镀仪中,蒸镀上电子注入层和阴极铝。

[0101] 实例9:

[0102] 具体实施方式3所述的((苯-三(1,3,4-噁二唑-5,2-二基))三(4-苯-二基))(三苯基氧化膦)用于溶液制程OLED,其制备方法如下:

[0103] 首先,清洗氧化铟锡玻璃片。将氧化铟锡玻璃片依次用带洗洁精的去离子水、去离子水、乙醇、甲醇、丙酮清洗,并在超声波清洗仪中放置半小时;取出后将氧化铟锡玻璃片加入乙醇中煮沸;然后,将煮沸过后的氧化铟锡玻璃片用氮气吹干后加入氧等离子清洗机中处理。

[0104] 然后,旋转涂布各有机层。先将有机材料溶解于溶剂中,其中,二苯基氧磷基噁二唑用醇作为溶剂,除此之外的溶剂为氯苯;再将氧化铟锡玻璃片平稳放置于旋转涂布仪上,调节好转速,旋转时间,其中,电子传输层转速调节为2000转每分钟,旋转时间为10s,旋转涂布空穴注入层聚二氧乙基噻吩:聚对苯乙烯磺酸(PEDOT:PSS)时,转速调节为4000转每分钟,旋转时间为30s。最后,使用移液枪取上述溶液滴加至氧化铟锡玻璃片上。其中,旋转涂布有机层的顺序为:空穴注入层,使用聚二氧乙基噻吩:聚对苯乙烯磺酸(PEDOT:PSS);发光层,使用发光层的配比为聚乙炔吡唑(pvk):1,3-二(4-叔丁基苯基-1,3,4-噁二唑基)苯(oxd-7):客体材料=100:40:1/2/3,其中客体材料为二(1-苯基-异喹啉)(乙酰丙酮)合铱(III)(Ir(piq)2(acac))、三[2-(对甲苯基)吡啶]合铱(III)(Ir(mppy)3)或双(4,6-二氟苯基吡啶-N,C2)吡啶甲酰合铱(Firpic);电子传输层,使用二苯基(4-(5-苯基-1,3,4-噁二唑-2-基)苯基)氧化膦(溶剂包括但不限于正丁醇、异丙醇等醇类)。

[0105] 最后,退火。将旋转涂布完成的氧化铟锡玻璃片放置于通氮气的烘箱中,加热至溶

剂沸点以上,保温一段时间。其中,具体实施方式1中所述醇溶性电子传输材料加热温度为100℃,保温时间为20min。

[0106] 旋转涂布完成后,将氧化铟锡玻璃片放入真空蒸镀仪中,蒸镀上电子注入层和阴极铝。实施例10:

[0107] 具体实施方式1所述的二苯基(4-(5-苯基-1,3,4-噁二唑-2-基)苯基)氧化膦用于溶液制程OLED,其制备方法如下:

[0108] 首先,清洗氧化铟锡玻璃片。将氧化铟锡玻璃片依次用带洗洁精的去离子水、去离子水、乙醇、甲醇、丙酮清洗,并在超声波清洗仪中放置半小时;取出后将氧化铟锡玻璃片加入乙醇中煮沸;然后,将煮沸过后的氧化铟锡玻璃片用氮气吹干后加入氧等离子清洗机中处理;

[0109] 然后,旋转涂布各有机层。先将有机材料溶解于溶剂中,其中,二苯基氧磷基噁二唑用醇作为溶剂,除此之外的溶剂为氯苯;再将氧化铟锡玻璃片平稳放置于旋转涂布仪上,调节好转速,旋转时间,其中,电子传输层转速调节为2000转每分钟,旋转时间为10s,旋转涂布空穴注入层聚二氧乙基噻吩:聚对苯乙烯磺酸(PEDOT:PSS)时,转速调节为4000转每分钟,旋转时间为30s。最后,使用移液枪取上述溶液滴加至氧化铟锡玻璃片上。其中,旋转涂布有机层的顺序为:空穴注入层,使用聚二氧乙基噻吩:聚对苯乙烯磺酸(PEDOT:PSS);发光层,使用发光层的配比为聚乙烯咔唑(pvk):1,3-二(4-叔丁基苯基-1,3,4-噁二唑基)苯(oxd-7):客体材料=100:40:1/2/3,其中客体材料为二(1-苯基-异喹啉)(乙酰丙酮)合铱(III)(Ir(piq)₂(acac))、三[2-(对甲苯基)吡啶]合铱(III)(Ir(mppy)₃)或双(4,6-二氟苯基吡啶-N,C2)吡啶甲酰合铱(Firpic);电子传输层,使用二苯基(4-(5-苯基-1,3,4-噁二唑-2-基)苯基)氧化膦(溶剂包括但不限于正丁醇、异丙醇等醇类)。

[0110] 最后,退火;将旋转涂布完成的氧化铟锡玻璃片放置于通氮气的烘箱中,加热至溶剂沸点以上,保温一段时间;其中,具体实施方式1中所述醇溶性电子传输材料加热温度为120℃,保温时间为30min。

[0111] 旋转涂布完成后,将氧化铟锡玻璃片放入真空蒸镀仪中,蒸镀上电子注入层和阴极铝。实施例11:

[0112] 具体实施方式2所述的((1,3-亚苯基双(1,3,4-噁二唑-5,2-二基))双(4,1-亚苯基))双(二苯基氧化膦)用于溶液制程OLED,其制备方法如下:

[0113] 首先,清洗氧化铟锡玻璃片。将氧化铟锡玻璃片依次用带洗洁精的去离子水、去离子水、乙醇、甲醇、丙酮清洗,并在超声波清洗仪中放置半小时;取出后将氧化铟锡玻璃片加入乙醇中煮沸;然后,将煮沸过后的氧化铟锡玻璃片用氮气吹干后加入氧等离子清洗机中处理。

[0114] 然后,旋转涂布各有机层。先将有机材料溶解于溶剂中,其中,二苯基氧磷基噁二唑用醇作为溶剂,除此之外的溶剂为氯苯;再将氧化铟锡玻璃片平稳放置于旋转涂布仪上,调节好转速,旋转时间,其中,电子传输层转速调节为2000转每分钟,旋转时间为10s,旋转涂布空穴注入层聚二氧乙基噻吩:聚对苯乙烯磺酸(PEDOT:PSS)时,转速调节为4000转每分钟,旋转时间为30s。最后,使用移液枪取上述溶液滴加至氧化铟锡玻璃片上。其中,旋转涂布有机层的顺序为:空穴注入层,使用聚二氧乙基噻吩:聚对苯乙烯磺酸(PEDOT:PSS);发光层,使用发光层的配比为聚乙烯咔唑(pvk):1,3-二(4-叔丁基苯基-1,3,4-噁二唑基)苯

(oxd-7):客体材料=100:40:1/2/3,其中客体材料为二(1-苯基-异喹啉)(乙酰丙酮)合铱(III)(Ir(piq)2(acac))、三[2-(对甲苯基)吡啶]合铱(III)(Ir(mppy)3)或双(4,6-二氟苯基吡啶-N,C2)吡啶甲酰合铱(Firpic);电子传输层,使用二苯基(4-(5-苯基-1,3,4-噁二唑-2-基)苯基)氧化膦(溶剂包括但不限于正丁醇、异丙醇等醇类)。

[0115] 最后,退火;将旋转涂布完成的氧化铟锡玻璃片放置于通氮气的烘箱中,加热至溶剂沸点以上,保温一段时间。其中,具体实施方式1中所述醇溶性电子传输材料加热温度为120℃,保温时间为30min。

[0116] 旋转涂布完成后,将氧化铟锡玻璃片放入真空蒸镀仪中,蒸镀上电子注入层和阴极铝。

[0117] 实例12:

[0118] 具体实施方式3所述的((苯-三(1,3,4-噁二唑-5,2-二基))三(4-苯-二基))(三苯基氧化膦)用于溶液制程OLED,其制备方法如下:

[0119] 首先,清洗氧化铟锡玻璃片。将氧化铟锡玻璃片依次用带洗洁精的去离子水、去离子水、乙醇、甲醇、丙酮清洗,并在超声波清洗仪中放置半小时;取出后将氧化铟锡玻璃片加入乙醇中煮沸;然后,将煮沸过后的氧化铟锡玻璃片用氮气吹干后加入氧等离子清洗机中处理。

[0120] 然后,旋转涂布各有机层。先将有机材料溶解于溶剂中,其中,二苯基氧磷基噁二唑用醇作为溶剂,除此之外的溶剂为氯苯;再将氧化铟锡玻璃片平稳放置于旋转涂布仪上,调节好转速,旋转时间,其中,电子传输层转速调节为2000转每分钟,旋转时间为10s,旋转涂布空穴注入层聚二氧乙基噻吩:聚对苯乙烯磺酸(PEDOT:PSS)时,转速调节为4000转每分钟,旋转时间为30s。最后,使用移液枪取上述溶液滴加至氧化铟锡玻璃片上。其中,旋转涂布有机层的顺序为:空穴注入层,使用聚二氧乙基噻吩:聚对苯乙烯磺酸(PEDOT:PSS);发光层,使用发光层的配比为聚乙炔吡啶(pvk):1,3-二(4-叔丁基苯基-1,3,4-噁二唑基)苯(oxd-7):客体材料=100:40:1/2/3,其中客体材料为二(1-苯基-异喹啉)(乙酰丙酮)合铱(III)(Ir(piq)2(acac))、三[2-(对甲苯基)吡啶]合铱(III)(Ir(mppy)3)或双(4,6-二氟苯基吡啶-N,C2)吡啶甲酰合铱(Firpic);电子传输层,使用二苯基(4-(5-苯基-1,3,4-噁二唑-2-基)苯基)氧化膦(溶剂包括但不限于正丁醇、异丙醇等醇类)。

[0121] 最后,退火。将旋转涂布完成的氧化铟锡玻璃片放置于通氮气的烘箱中,加热至溶剂沸点以上,保温一段时间。其中,具体实施方式1中所述醇溶性电子传输材料加热温度为120℃,保温时间为30min。

[0122] 旋转涂布完成后,将氧化铟锡玻璃片放入真空蒸镀仪中,蒸镀上电子注入层和阴极铝。



图1

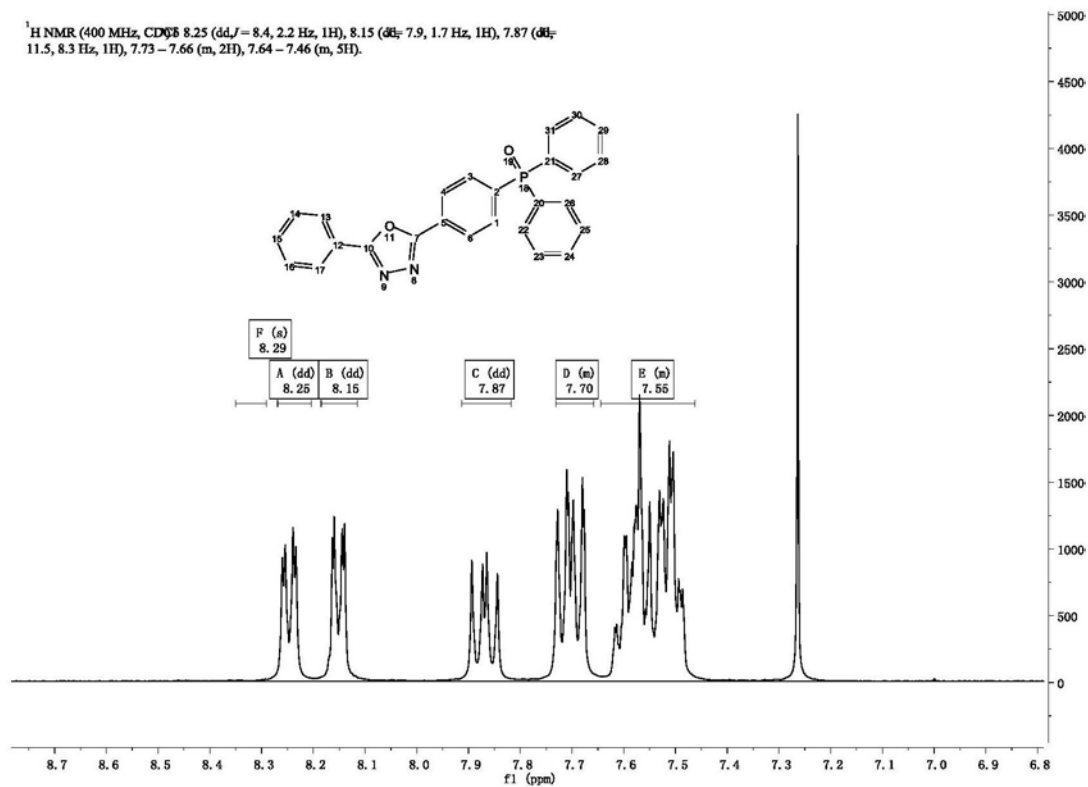


图2

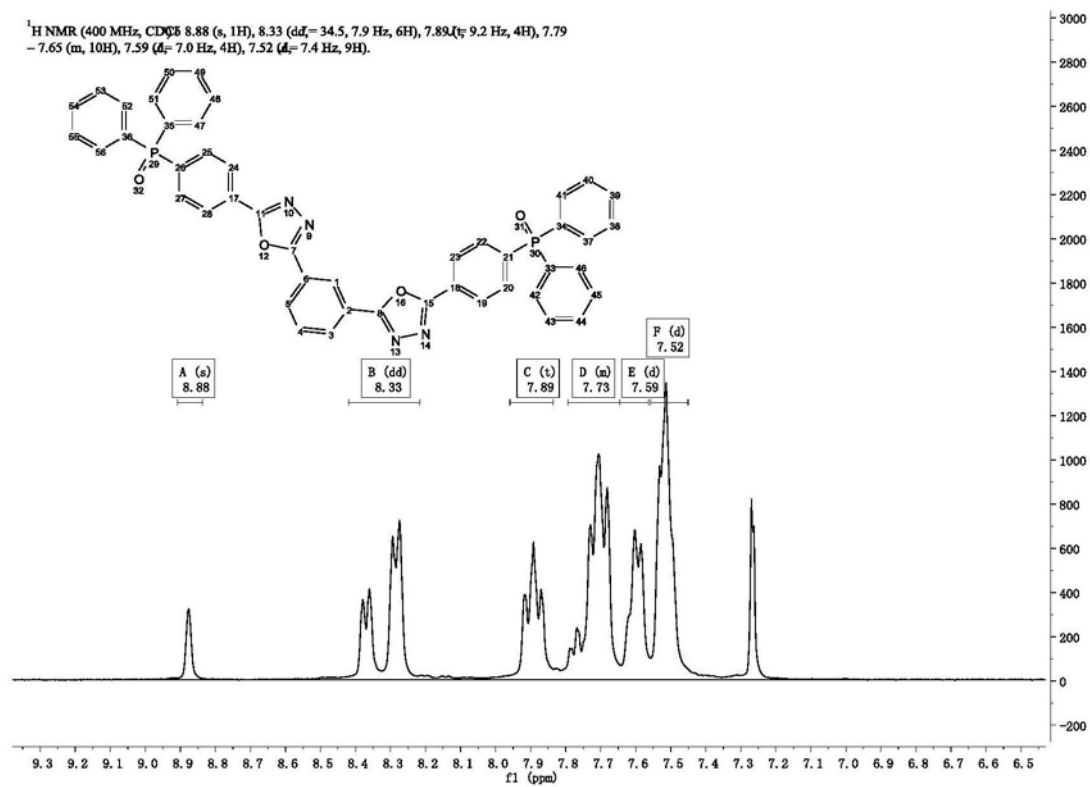


图3

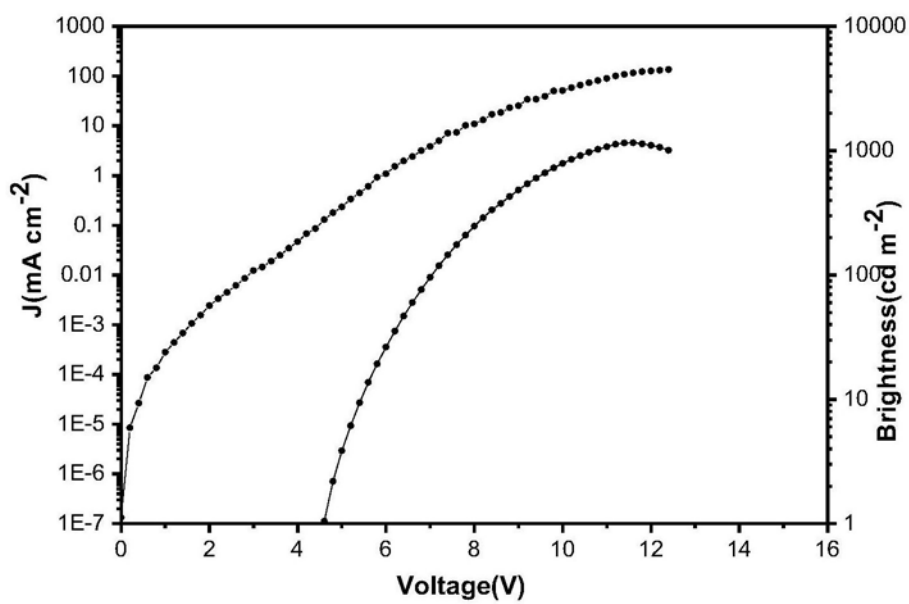


图4

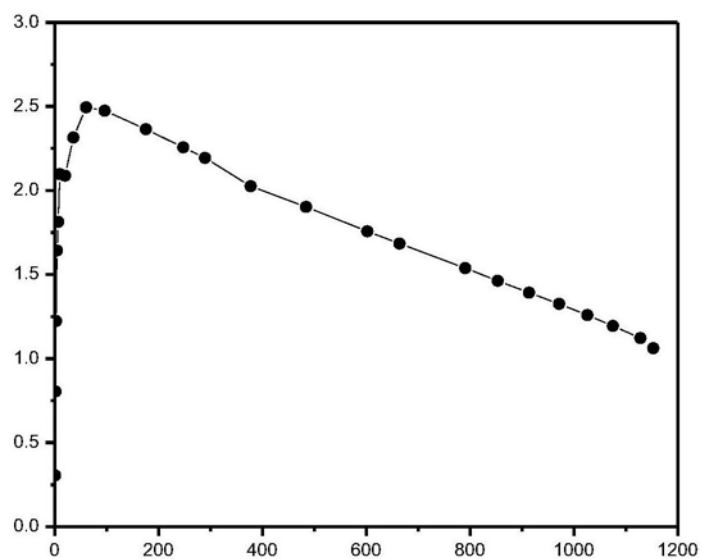


图5

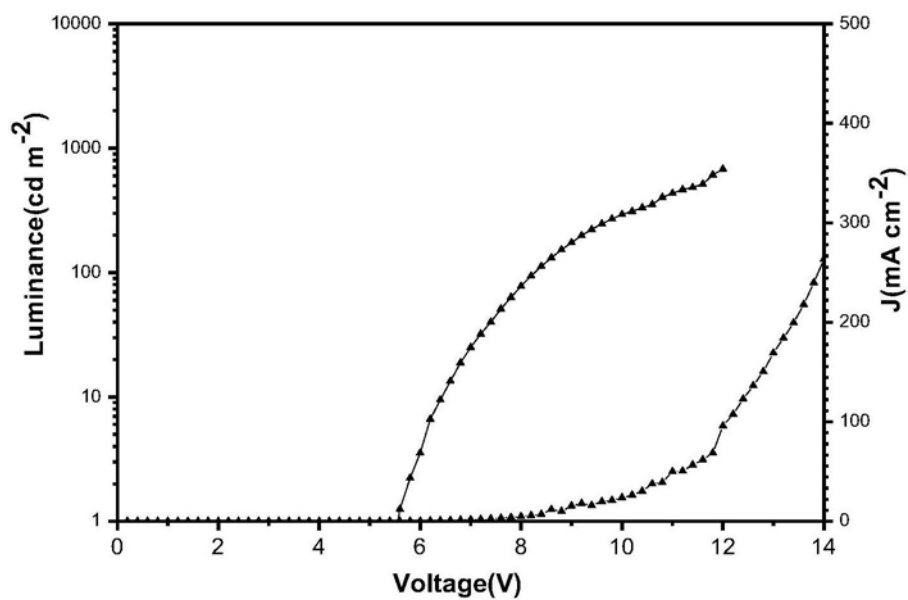


图6

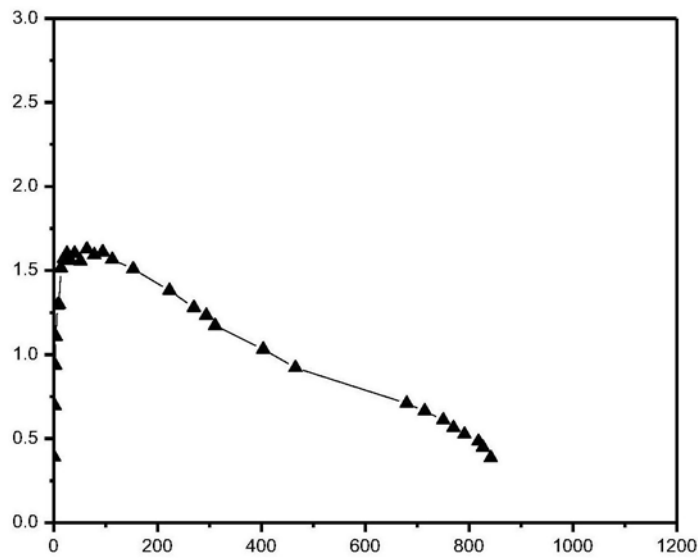


图7

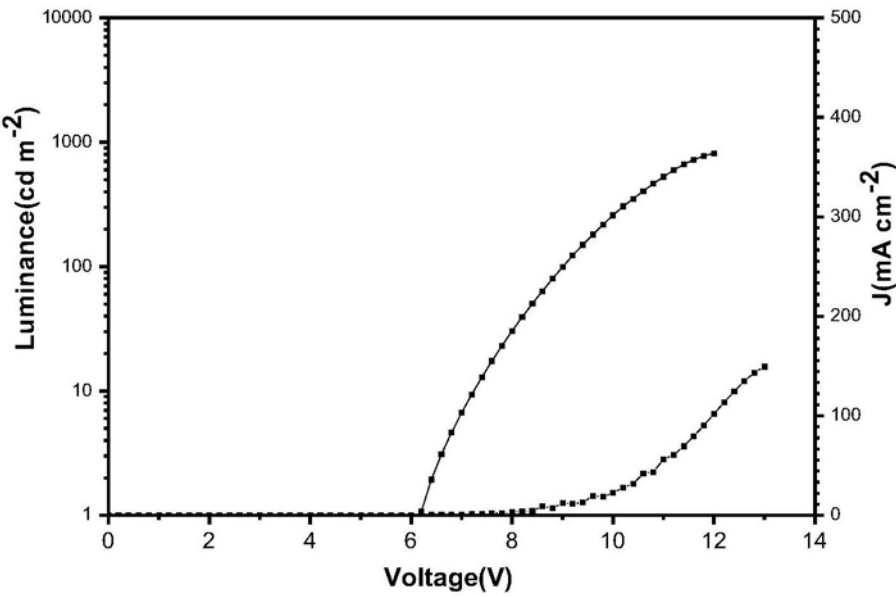


图8

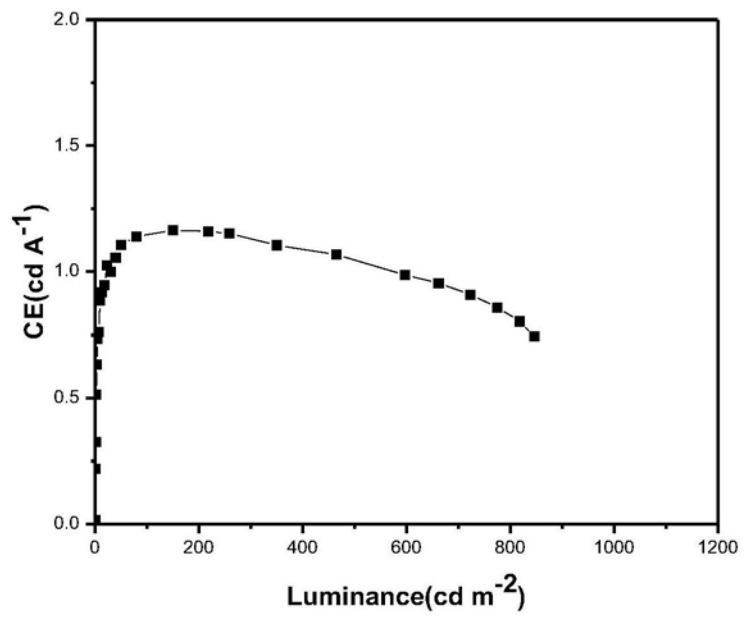


图9

专利名称(译)	应用于溶液加工型有机电致发光器件的电子传输材料及制备方法		
公开(公告)号	CN108039422A	公开(公告)日	2018-05-15
申请号	CN201711137882.3	申请日	2017-12-19
[标]申请(专利权)人(译)	天津大学		
申请(专利权)人(译)	天津大学		
当前申请(专利权)人(译)	天津大学		
[标]发明人	王世荣 吴操 李祥高 肖殷		
发明人	王世荣 吴操 李祥高 肖殷		
IPC分类号	H01L51/56 H01L51/50 H01L51/54		
CPC分类号	H01L51/0034 H01L51/5072 H01L51/56		
代理人(译)	王丽		
其他公开文献	CN108039422B		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明涉及应用于溶液加工型有机电致发光器件的电子传输材料及制备方法；本发明的电子传输材料为醇溶性噁二唑基电子传输材料；将氧化铟锡玻璃片清洗、并在超声波清洗仪中放置；取出后将氧化铟锡玻璃片加入乙醇中煮沸；然后，将煮沸过后的氧化铟锡玻璃片用氮气吹干后加入氧等离子清洗机中处理；先将二苯基氧磷基噁二唑传输材料溶于醇中；再将氧化铟锡玻璃片放置于旋转涂布仪上旋转；最后，使用移液枪取二苯基氧磷基噁二唑醇溶液滴加至已旋转涂布好空穴注入层和发光层的氧化铟锡玻璃片上；将旋转涂布完成的氧化铟锡玻璃片放置于通氮气的烘箱中，加热至溶剂沸点以上，得到电子传输层的无定形薄膜。可以应用在有机电致发光器件领域。

