



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107325811 A

(43)申请公布日 2017.11.07

(21)申请号 201710520524.7

(22)申请日 2017.06.29

(71)申请人 黑龙江大学

地址 150080 黑龙江省哈尔滨市南岗区学  
府路74号

(72)发明人 许辉 梁倩倩 段春波 韩春苗

(74)专利代理机构 哈尔滨市松花江专利商标事  
务所 23109

代理人 李红媛

(51)Int.Cl.

C09K 11/06(2006.01)

C07F 9/572(2006.01)

H01L 51/54(2006.01)

H01L 51/56(2006.01)

H01L 51/50(2006.01)

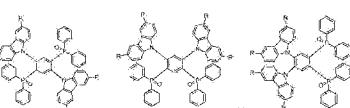
权利要求书7页 说明书30页 附图8页

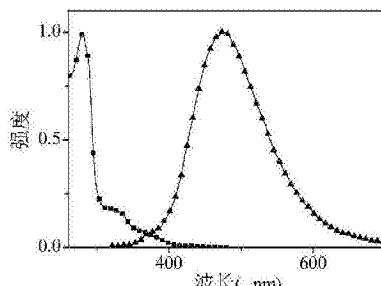
(54)发明名称

基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料和  
制备方法及应用

(57)摘要

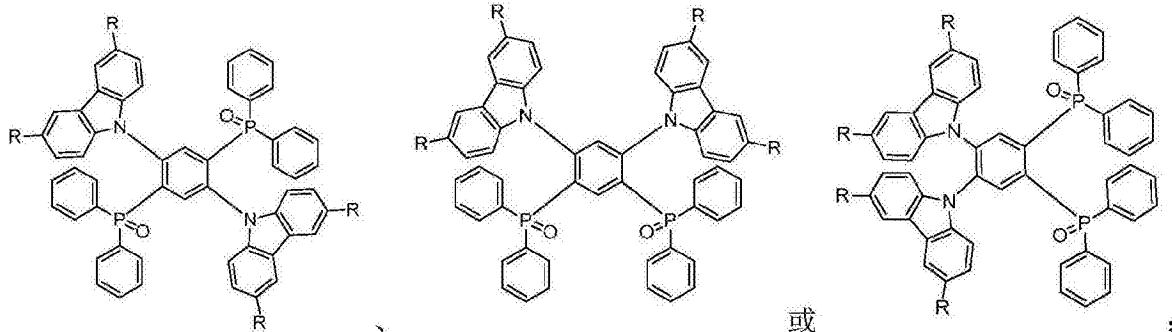
基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料和  
制备方法及应用,它涉及热激发延迟荧光材料和  
制备方法及应用。本发明的目的是为了解决现有  
TADF蓝光客体材料单一性差,蓝光色纯度低和效  
率低的问题。基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光

材料的结构为  制  
备方法:使用1,4-二溴-2,5-二氟苯、含氮杂环化  
合物和碳酸钾、二甲基亚砜、四氢呋喃、正丁基锂



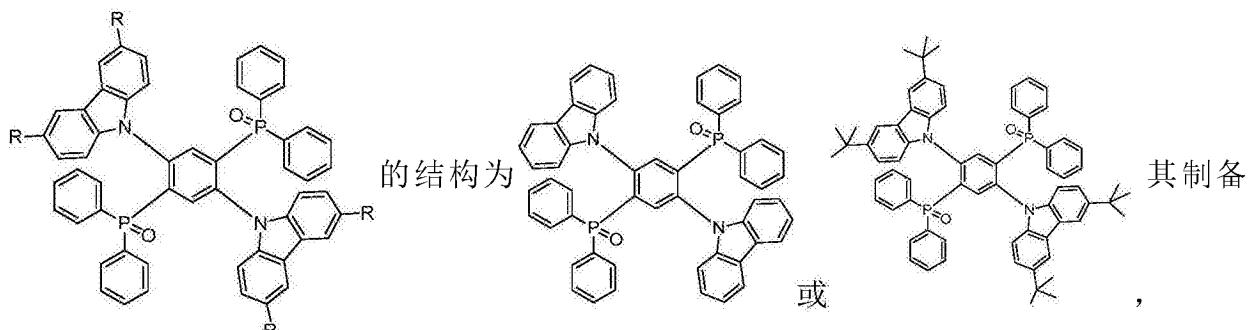
和二苯基氯化磷制备基于咔唑和膦氧的热激发  
延迟荧光材料。基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧  
光材料作为主体发光材料或客体发光材料应用  
在热激发延迟荧光电致发光器件中,作为主体发  
光材料应用在磷光器件或暖白光器件中。本发明  
可获得基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料  
和制备方法及应用。

1. 基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料，其特征在于该材料的结构为



其中，所述的R为H或t-C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>。

2. 如权利要求1所述的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料，其特征在于所述的



方法具体是按以下步骤完成的：

一、将1,4-二溴-2,5-二氟苯、含氮杂环化合物和碳酸钾加入到二甲基亚砜中，再在氩气气氛和温度为120℃~160℃下反应6h~12h，得到含有反应物的混合液I；使用水和二氯甲烷的混合液对含有反应物的混合液I进行萃取，然后使用无水硫酸钠对萃取后得到的有机层进行干燥，再使用旋转蒸发仪减压蒸发出溶剂，得到粗反应产物I；以溶剂I为淋洗剂，将粗反应产物I经柱层析纯化，得到反应产物I；

步骤一中所述的溶剂I为石油醚和二氯甲烷的混合溶液，溶剂I中石油醚与二氯甲烷的体积比为5:1；

步骤一中所述的含氮杂环化合物为咔唑或3,6-二叔丁基咔唑；

步骤一中所述的1,4-二溴-2,5-二氟苯的物质的量与二甲基亚砜的体积比为(0.8mmol~1.2mmol):5mL；

步骤一中所述的含氮杂环化合物的物质的量与二甲基亚砜的体积比为(1.8mmol~2.5mmol):5mL；

步骤一中所述的碳酸钾的物质的量与二甲基亚砜的体积比为(1.8mmol~2.5mmol):5mL；

步骤一中所述的水和二氯甲烷的混合液中水和二氯甲烷的体积比为1:5；

二、在-100℃~0℃下将反应产物I和四氢呋喃混合，再在搅拌条件下滴加正丁基锂，再在温度为-100℃~0℃下搅拌反应10h~36h，再在搅拌的条件下滴加二苯基氯化磷，再在搅拌速度为60r/min~80r/min下磁力搅拌5h~24h，再使用水来淬灭反应，再使用水淬灭反应，再加入质量分数为30%的双氧水，再在搅拌速度为60r/min~80r/min下搅拌0.5h~1.5h，得到含有反应物的混合液II；使用二氯甲烷对含有反应物的混合液II进行萃取，然后

使用无水硫酸钠对萃取后得到的有机层进行干燥,再使用旋转蒸发仪减压蒸发出溶剂,得到粗反应产物Ⅱ;以溶剂Ⅱ为淋洗剂,将粗反应产物Ⅱ经柱层析纯化,再使用乙酸乙酯进行重结晶,得到基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料;

步骤二中所述的反应产物I的物质的量与四氢呋喃的体积比为2mmol:(5mL~20mL);

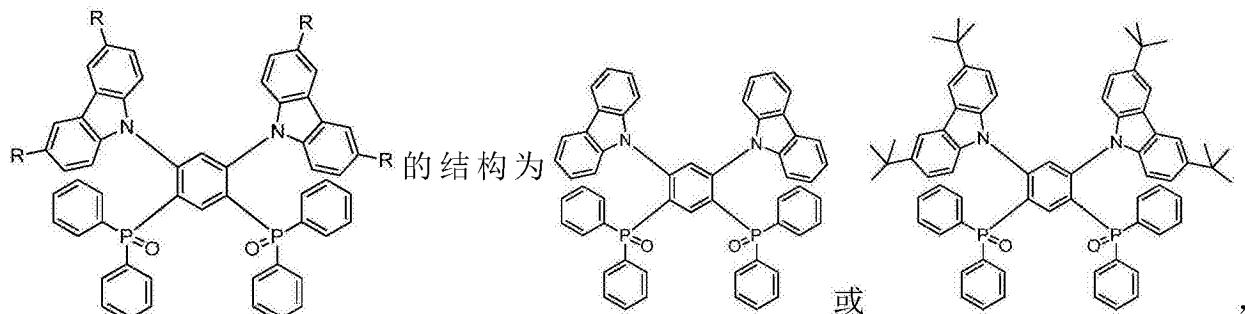
步骤二中所述的正丁基锂的物质的量与四氢呋喃的体积比为(1mmol~5mmol):(5mL~20mL);

步骤二中所述的二苯基氯化磷的物质的量与四氢呋喃的体积比为(1mmol~5mmol):(5mL~20mL);

步骤二中所述的溶剂Ⅱ为石油醚和甲醇的混合物,溶剂Ⅱ中石油醚合甲醇的体积比为20:1;

步骤二中所述的双氧水的物质的量与四氢呋喃的体积比为(1mmol~20mmol):(5mL~20mL)。

3. 如权利要求1所述的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料,其特征在于所述的



其制备方法具体是按以下步骤完成的:

一、将1,5-二溴-2,4-二氟苯、含氮杂环化合物和碳酸钾加入到二甲基亚砜中,再在氩气气氛和温度为120℃~160℃下反应6h~12h,得到含有反应物的混合液I;使用水和二氯甲烷的混合液对含有反应物的混合液I进行萃取,然后使用无水硫酸钠对萃取后得到的有机层进行干燥,再使用旋转蒸发仪减压蒸发出溶剂,得到粗反应产物I;以溶剂I为淋洗剂,将粗反应产物I经柱层析纯化,得到反应产物I;

步骤一中所述的含氮杂环化合物为咔唑或3,6-二叔丁基咔唑;

步骤一中所述的1,5-二溴-2,4-二氟苯的物质的量与二甲基亚砜的体积比为(0.8mmol~1.2mmol):5mL;

步骤一中所述的含氮杂环化合物的物质的量与二甲基亚砜的体积比为(1.8mmol~2.5mmol):5mL;

步骤一中所述的碳酸钾的物质的量与二甲基亚砜的体积比为(1.8mmol~2.5mmol):5mL;

步骤一中所述的溶剂I为石油醚合二氯甲烷的混合溶液,溶剂I中石油醚和二氯甲烷的体积比为5:1;

步骤一中所述的水和二氯甲烷的混合液中水与二氯甲烷的体积比为1:5;

二、在-100℃~0℃下将反应产物I和四氢呋喃混合,再在搅拌条件下滴加正丁基锂,再在温度为-100℃~0℃下搅拌反应10h~36h,再在搅拌的条件下滴加二苯基氯化磷,再在搅拌速度为60r/min~80r/min下磁力搅拌5h~24h,再使用水来淬灭反应,再使用水淬灭反

应,再加入质量分数为30%的双氧水,再在搅拌速度为60r/min~80r/min下搅拌0.5h~1.5h,得到含有反应物的混合液II;使用二氯甲烷对含有反应物的混合液II进行萃取,然后使用无水硫酸钠对萃取后得到的有机层进行干燥,再使用旋转蒸发仪减压蒸发出溶剂,得到粗反应产物II;以溶剂II为淋洗剂,将粗反应产物II经柱层析纯化,再使用乙酸乙酯进行重结晶,得到基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料;

步骤二中所述的反应产物I的物质的量与四氢呋喃的体积比为2mmol:(5mL~20mL);

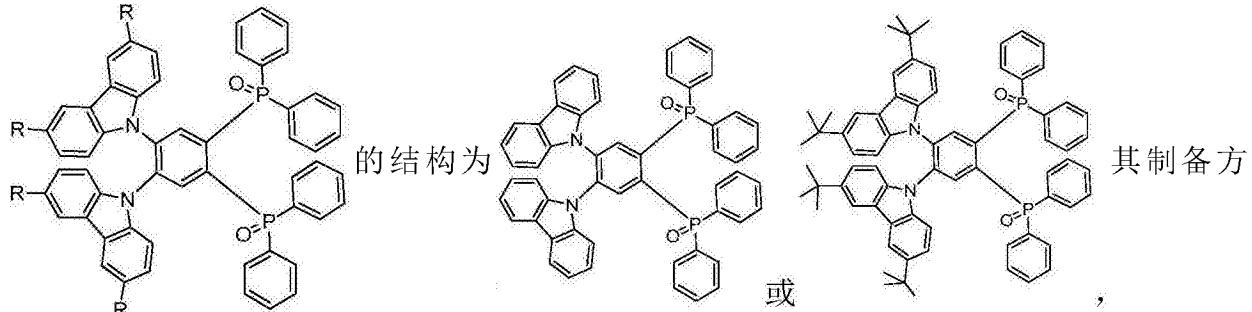
步骤二中所述的正丁基锂的物质的量与四氢呋喃的体积比为(1mmol~5mmol):(5mL~20mL);

步骤二中所述的二苯基氯化膦的物质的量与四氢呋喃的体积比为(1mmol~5mmol):(5mL~20mL);

步骤二中所述的双氧水的物质的量与四氢呋喃的体积比为(1mmol~20mmol):(5mL~20mL);

步骤二中所述的溶剂II为石油醚和甲醇的混合液,溶剂II中石油醚与甲醇的体积比为30:1。

4. 如权利要求1所述的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料,其特征在于所述的



法具体是按以下步骤完成的:

一、将1,2-二溴-4,5-二氟苯、含氮杂环化合物和碳酸钾加入到二甲基亚砜中,再在氩气气氛和温度为120℃~160℃下反应6h~12h,得到含有反应物的混合液I;使用水和二氯甲烷的混合溶液对含有反应物的混合液I进行萃取,然后使用无水硫酸钠对萃取后得到的有机层进行干燥,再使用旋转蒸发仪减压蒸发出溶剂,得到粗反应产物I;以溶剂I为淋洗剂,将粗反应产物I经柱层析纯化,得到反应产物I;

步骤一中所述的含氮杂环化合物为咔唑或3,6-二叔丁基咔唑;

步骤一中所述的1,2-二溴-4,5-二氟苯的物质的量与二甲基亚砜的体积比为(0.8mmol~1.2mmol):5mL;

步骤一中所述的含氮杂环化合物的物质的量与二甲基亚砜的体积比为(1.8mmol~2.5mmol):5mL;

步骤一中所述的碳酸钾的物质的量与二甲基亚砜的体积比为(1.8mmol~2.5mmol):5mL;

步骤一中所述的溶剂I为石油醚和二氯甲烷的混合液,溶剂I中石油醚和二氯甲烷的体积比为5:1;

步骤一中所述的水和二氯甲烷的混合溶液中水和二氯甲烷的体积比为1:5;

二、在-100℃~0℃下将反应产物I、四氢呋喃和乙醚混合,再在搅拌条件下滴加正丁基

锂,再在温度为-100℃~0℃下搅拌反应10h~36h,再在搅拌的条件下滴加二苯基氯化膦,再在搅拌速度为60r/min~80r/min下磁力搅拌5h~24h,再使用水来淬灭反应,得到含有反应物的混合液Ⅱ;使用二氯甲烷对含有反应物的混合液Ⅱ进行萃取,使用无水硫酸钠对萃取后得到的有机层进行干燥,再使用旋转蒸发仪减压蒸发出溶剂,得到粗反应产物Ⅱ;以溶剂Ⅱ为淋洗剂,将粗反应产物Ⅱ经柱层析纯化,再使用乙酸乙酯进行重结晶,得到反应产物Ⅱ;

步骤二中所述的反应产物I的物质的量与四氢呋喃的体积比为2mmol:(5mL~20mL);

步骤二中所述的四氢呋喃与乙醚的体积比为1:1;

步骤二中所述的正丁基锂的物质的量与四氢呋喃的体积比为(1mmol~5mmol):(5mL~20mL);

步骤二中所述的二苯基氯化膦的物质的量与四氢呋喃的体积比为(1mmol~5mmol):(5mL~20mL);

步骤二中所述的溶剂Ⅱ为石油醚和二氯甲烷的混合溶液,溶剂Ⅱ中石油醚和二氯甲烷的体积比为5:1;

三、在-100℃~0℃下将反应产物Ⅱ和四氢呋喃混合,再在搅拌的条件下滴加正丁基锂,再在温度为-100℃~0℃下搅拌反应10h~36h,再在搅拌的条件下滴加二苯基氯化膦,再在搅拌速度为60r/min~80r/min下磁力搅拌5h~24h,再使用水来淬灭反应,再加入质量分数为30%的双氧水,再在搅拌速度为60r/min~80r/min下搅拌0.5h~1.5h,得到含有反应物的混合液Ⅲ;使用二氯甲烷对含有反应物的混合液Ⅲ进行萃取,然后使用无水硫酸钠对萃取后得到的有机层进行干燥,再使用旋转蒸发仪减压蒸发出溶剂,得到粗反应产物Ⅲ;以溶剂Ⅲ为淋洗剂,将粗反应产物Ⅲ经柱层析纯化,再使用乙酸乙酯进行重结晶,得到基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料;

步骤三中所述的反应产物Ⅱ的物质的量与四氢呋喃的体积比为2mmol:(5mL~20mL);

步骤三中所述的正丁基锂的物质的量与四氢呋喃的体积比为(1mmol~5mmol):(5mL~20mL);

步骤三中所述的二苯基氯化膦的物质的量与四氢呋喃的体积比为(1mmol~5mmol):(5mL~20mL);

步骤三中所述的溶剂Ⅲ为石油醚和二氯甲烷的混合溶液,溶剂Ⅲ中石油醚和二氯甲烷的体积比为5:1;

步骤三中所述的双氧水的物质的量与四氢呋喃的体积比为(1mmol~20mmol):(5mL~20mL)。

5. 如权利要求1所述的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料的应用,其特征在于所述的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料作为客体发光材料或主体发光材料应用在热激发延迟荧光电致发光器件中。

6. 根据权利要求5所述的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料的应用,其特征在于所述的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料作为客体发光材料应用在热激发延迟荧光电致发光器件中,热激发延迟荧光电致发光器件具体是按以下方法制备的:

一、将经过去离子水清洗的玻璃或塑料衬底放入真空蒸镀仪中,再在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nm s}^{-1} \sim 0.3\text{nm s}^{-1}$ 的条件下在玻璃或塑料衬底上蒸镀氧化铟锡,在玻

璃或塑料衬底上得到厚度为1nm~100nm的阳极导电层；

二、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nms}^{-1} \sim 0.3\text{nms}^{-1}$ 的条件下在阳极导电层上蒸镀MoO<sub>x</sub>材料，在阳极导电层上得到厚度为10nm的空穴注入层；

三、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nms}^{-1} \sim 0.3\text{nms}^{-1}$ 的条件下在空穴注入层上蒸镀NPB材料，在空穴注入层上得到厚度为50nm的空穴传输层；

四、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nms}^{-1} \sim 0.3\text{nms}^{-1}$ 的条件下在空穴传输层上蒸镀mCP材料，在空穴传输层上得到厚度为5nm的电子阻挡层；

五、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nms}^{-1} \sim 0.3\text{nms}^{-1}$ 的条件下在电子阻挡层上蒸镀发光材料，在电子阻挡层上得到厚度为30nm的发光层；

步骤五中所述的发光材料为主体发光材料和客体发光材料的混合物；所述的主体发光材料为DPETPO；所述的客体发光材料为基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料；所述的发光材料中客体发光材料的质量分数为30%；

六、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nms}^{-1} \sim 0.3\text{nms}^{-1}$ 的条件下在发光层上蒸镀DPTPO材料，在发光层上得到厚度为20nm的空穴阻挡层；

七、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nms}^{-1} \sim 0.3\text{nms}^{-1}$ 的条件下在空穴阻挡层上蒸镀Bphen材料，在空穴阻挡层上得到厚度为40nm的电子传输层；

八、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nms}^{-1} \sim 0.3\text{nms}^{-1}$ 的条件下在电子传输层上蒸镀LiF材料，在电子传输层上得到厚度为0.5nm的电子注入层；

九、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nms}^{-1} \sim 0.3\text{nms}^{-1}$ 的条件下在电子注入层上蒸镀金属Al材料，在电子注入层上得到厚度为150nm的阴极导电层，再进行封装，得到热激发延迟荧光电致发光器件。

7. 根据权利要求5所述的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料的应用，其特征在于所述的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料作为主体发光材料应用在热激发延迟荧光电致发光器件中，热激发延迟荧光电致发光器件具体是按以下方法制备的：

一、将经过去离子水清洗的玻璃或塑料衬底放入真空蒸镀仪中，再在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nms}^{-1} \sim 0.3\text{nms}^{-1}$ 的条件下在玻璃或塑料衬底上蒸镀氧化铟锡，在玻璃或塑料衬底上得到厚度为1nm~100nm的阳极导电层；

二、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nms}^{-1} \sim 0.3\text{nms}^{-1}$ 的条件下在阳极导电层上蒸镀MoO<sub>x</sub>材料，在阳极导电层上得到厚度为10nm的空穴注入层；

三、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nms}^{-1} \sim 0.3\text{nms}^{-1}$ 的条件下在空穴注入层上蒸镀NPB材料，在空穴注入层上得到厚度为50nm的空穴传输层；

四、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nms}^{-1} \sim 0.3\text{nms}^{-1}$ 的条件下在空穴传输层上蒸镀mCP材料，在空穴传输层上得到厚度为5nm的电子阻挡层；

五、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nms}^{-1} \sim 0.3\text{nms}^{-1}$ 的条件下在电子阻挡层上蒸镀发光材料，在电子阻挡层上得到厚度为30nm的发光层；

步骤五中所述的发光材料为主体发光材料和客体发光材料的混合物；所述的主体发光材料为基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料；所述的客体发光材料为DMAC-DPS；所述的发光材料中客体发光材料的质量分数为10%；

六、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nms}^{-1} \sim 0.3\text{nms}^{-1}$ 的条件下在发光层上蒸

镀DPTPO材料,在发光层上得到厚度为20nm的空穴阻挡层;

七、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nm s}^{-1} \sim 0.3\text{nm s}^{-1}$ 的条件下在空穴阻挡层上蒸镀Bphen材料,在空穴阻挡层上得到厚度为40nm的电子传输层;

八、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nm s}^{-1} \sim 0.3\text{nm s}^{-1}$ 的条件下在电子传输层上蒸镀LiF材料,在电子传输层上得到厚度为0.5nm的电子注入层;

九、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nm s}^{-1} \sim 0.3\text{nm s}^{-1}$ 的条件下在电子注入层上蒸镀金属Al材料,在电子注入层上得到厚度为150nm的阴极导电层,再进行封装,得到热激发延迟荧光电致发光器件。

8. 如权利要求1所述的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料的应用,其特征在于所述的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料作为主体发光材料应用在磷光器件中。

9. 根据权利要求8所述的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料的应用,其特征在于所述的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料作为主体发光材料应用在磷光器件中,磷光器件具体是按以下方法制备的:

一、将经过去离子水清洗的玻璃或塑料衬底放入真空蒸镀仪中,再在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nm s}^{-1} \sim 0.3\text{nm s}^{-1}$ 的条件下在玻璃或塑料衬底上蒸镀氧化铟锡,在玻璃或塑料衬底上得到厚度为1nm~100nm的阳极导电层;

二、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nm s}^{-1} \sim 0.3\text{nm s}^{-1}$ 的条件下在阳极导电层上蒸镀MoOx材料,在阳极导电层上得到厚度为10nm的空穴注入层;

三、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nm s}^{-1} \sim 0.3\text{nm s}^{-1}$ 的条件下在空穴注入层上蒸镀NPB材料,在空穴注入层上得到厚度为60nm的空穴传输层;

四、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nm s}^{-1} \sim 0.3\text{nm s}^{-1}$ 的条件下在空穴传输层上蒸镀mCP材料,在空穴传输层上得到厚度为5nm的电子阻挡层;

五、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nm s}^{-1} \sim 0.3\text{nm s}^{-1}$ 的条件下在电子阻挡层上蒸镀发光材料,在电子阻挡层上得到厚度为30nm的发光层;

步骤五中所述的发光材料为主体发光材料和客体发光材料的混合物;所述的主体发光材料为基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料;所述的客体发光材料为P0-01;所述的发光材料中客体发光材料的质量分数为8%;

六、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nm s}^{-1} \sim 0.3\text{nm s}^{-1}$ 的条件下在发光层上蒸镀DPTPO材料,在发光层上得到厚度为20nm的空穴阻挡层;

七、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nm s}^{-1} \sim 0.3\text{nm s}^{-1}$ 的条件下在空穴阻挡层上蒸镀TPBi材料,在空穴阻挡层上得到厚度为30nm的电子传输层;

八、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nm s}^{-1} \sim 0.3\text{nm s}^{-1}$ 的条件下在电子传输层上蒸镀LiF材料,在电子传输层上得到厚度为0.5nm的电子注入层;

九、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nm s}^{-1} \sim 0.3\text{nm s}^{-1}$ 的条件下在电子注入层上蒸镀金属Al材料,在电子注入层上得到厚度为150nm的阴极导电层,再进行封装,得到磷光器件。

10. 如权利要求1所述的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料的应用,其特征在于所述的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料作为主体发光材料应用在暖白光器件中,暖白光器件的制备方法具体是按以下方法制备的:

一、将经过去离子水清洗的玻璃或塑料衬底放入真空蒸镀仪中，再在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nms}^{-1} \sim 0.3\text{nms}^{-1}$ 的条件下在玻璃或塑料衬底上蒸镀氧化铟锡，在玻璃或塑料衬底上得到厚度为 $1\text{nm} \sim 100\text{nm}$ 的阳极导电层；

二、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nms}^{-1} \sim 0.3\text{nms}^{-1}$ 的条件下在阳极导电层上蒸镀MoOx材料，在阳极导电层上得到厚度为 $10\text{nm}$ 的空穴注入层；

三、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nms}^{-1} \sim 0.3\text{nms}^{-1}$ 的条件下在空穴注入层上蒸镀NPB材料，在空穴注入层上得到厚度为 $60\text{nm}$ 的空穴传输层；

四、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nms}^{-1} \sim 0.3\text{nms}^{-1}$ 的条件下在空穴传输层上蒸镀mCP材料，在空穴传输层上得到厚度为 $5\text{nm}$ 的电子阻挡层；

五、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nms}^{-1} \sim 0.3\text{nms}^{-1}$ 的条件下在电子阻挡层上蒸镀发光材料，在电子阻挡层上得到厚度为 $30\text{nm}$ 的发光层；

步骤五中所述的发光材料为主体发光材料和客体发光材料的混合物；所述的主体发光材料为基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料；所述的客体发光材料为PO-01；所述的发光材料中客体发光材料的质量分数为 $0.5\%$ ；

六、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nms}^{-1} \sim 0.3\text{nms}^{-1}$ 的条件下在发光层上蒸镀DPTPO材料，在发光层上得到厚度为 $20\text{nm}$ 的空穴阻挡层；

七、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nms}^{-1} \sim 0.3\text{nms}^{-1}$ 的条件下在空穴阻挡层上蒸镀TPBi材料，在空穴阻挡层上得到厚度为 $30\text{nm}$ 的电子传输层；

八、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nms}^{-1} \sim 0.3\text{nms}^{-1}$ 的条件下在电子传输层上蒸镀LiF材料，在电子传输层上得到厚度为 $0.5\text{nm}$ 的电子注入层；

九、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nms}^{-1} \sim 0.3\text{nms}^{-1}$ 的条件下在电子注入层上蒸镀金属Al材料，在电子注入层上得到厚度为 $150\text{nm}$ 的阴极导电层，再进行封装，得到暖白光器件。

## 基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料和制备方法及应用

### 技术领域

[0001] 本发明涉及热激发延迟荧光材料和制备方法及应用。

### 背景技术

[0002] 制备白色的有机发光二极管 (Organic Light Emitting Diodes,OLED) 在固态照明和全色显示上有很大的意义。很多的暖白光器件是由黄光和蓝光混合构成。黄光和蓝光的发光效率对整个器件起到重要的影响。所以构建出高效的蓝光和黄光器件有利于提高暖白光器件的性能。

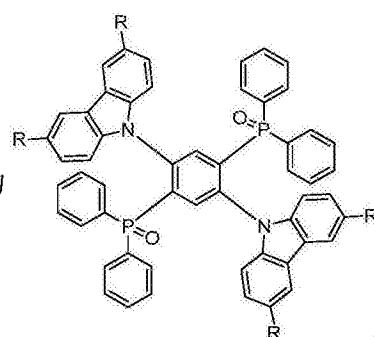
[0003] 具有热激活延迟荧光 (Thermally Activated Delayed Fluorescence,TADF) 性质的有机分子通常为给受体型分子，并且具有小的三线态和单线态能极差。小的单线态和三线态能极差可以使三线态的激子转换为单线态的激子，从而提高激子的利用率，实现100% 的内量子效率。但在高浓度下，会出现激子湮灭现象，降低效率。在TADF之前的磷光材料也取得了较大的成功。含贵金属的有机金属磷光体由于有效的自旋轨道耦合而具有发射三重态，能够实现更高的外量子效率 (External Quantum Efficiency, EQE)。尽管报道了高效的蓝色磷光有机发光二极管，但是使用昂贵和不可再生的贵金属，妨碍了它们的普及。

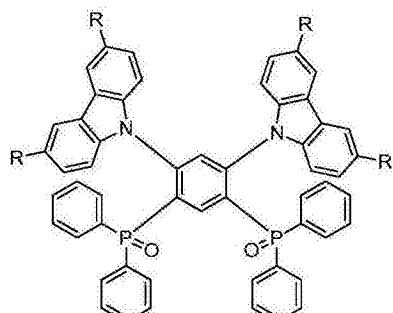
[0004] 2016年Chihaya Adachi报道了以膦氧为受体的蓝色的TADF分子，前线轨道并没有得到很好的分离，半峰宽为约100nm，外量子效率10%。蓝色TADF材料由于高的三线态能级可以用于作为磷光材料的主体。这样就可以构造蓝光和黄光混合的暖白光器件。磷光黄光材料的低掺杂可以降低主体吸收主体激子，减少主体材料淬灭。同时所用的磷光材料极少，可以降低器件成本，实现环境友好，但是Chihaya Adachi报道了以膦氧为受体的蓝色的TADF分子制备的蓝光器件存在单一性差，蓝光色纯度低和外量子效率低的问题。

### 发明内容

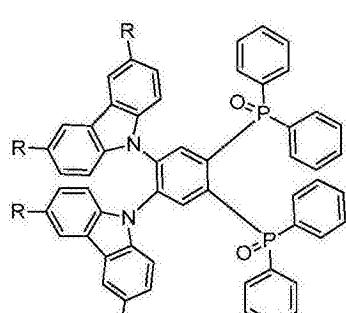
[0005] 本发明的目的是为了解决现有TADF蓝光客体材料单一性差，蓝光色纯度低和效率低的问题，而提供基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料和制备方法及应用。

[0006] 基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料的结构为

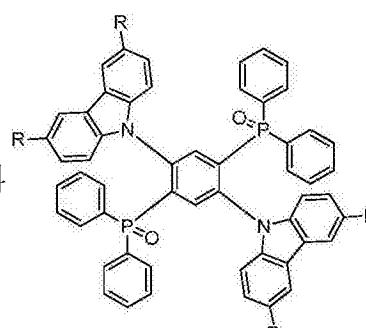




或

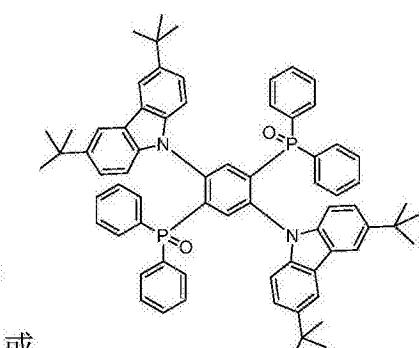
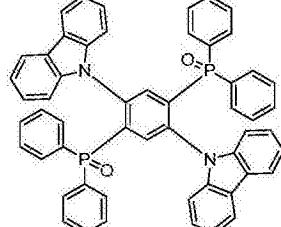


其中,所述的R为H或t-C4H9。



[0007] 基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料

的结构为



其制备方法具体是按以下步骤完成

或

,

的:

[0008] 一、将1,4-二溴-2,5-二氟苯、含氮杂环化合物和碳酸钾加入到二甲基亚砜中,再在氩气气氛和温度为120℃~160℃下反应6h~12h,得到含有反应物的混合液I;使用水和二氯甲烷的混合液对含有反应物的混合液I进行萃取,然后使用无水硫酸钠对萃取后得到的有机层进行干燥,再使用旋转蒸发仪减压蒸发出溶剂,得到粗反应产物I;以溶剂I为淋洗剂,将粗反应产物I经柱层析纯化,得到反应产物I;

[0009] 步骤一中所述的溶剂I为石油醚和二氯甲烷的混合溶液,溶剂I中石油醚与二氯甲烷的体积比为5:1;

[0010] 步骤一中所述的含氮杂环化合物为咔唑或3,6-二叔丁基咔唑;

[0011] 步骤一中所述的1,4-二溴-2,5-二氟苯的物质的量与二甲基亚砜的体积比为(0.8mmol~1.2mmol):5mL;

[0012] 步骤一中所述的含氮杂环化合物的物质的量与二甲基亚砜的体积比为(1.8mmol~2.5mmol):5mL;

[0013] 步骤一中所述的碳酸钾的物质的量与二甲基亚砜的体积比为(1.8mmol~2.5mmol):5mL;

[0014] 步骤一中所述的水和二氯甲烷的混合液中水和二氯甲烷的体积比为1:5;

[0015] 二、在-100℃~0℃下将反应产物I和四氢呋喃混合，再在搅拌条件下滴加正丁基锂，再在温度为-100℃~0℃下搅拌反应10h~36h，再在搅拌的条件下滴加二苯基氯化膦，再在搅拌速度为60r/min~80r/min下磁力搅拌5h~24h，再使用水来淬灭反应，再使用水淬灭反应，再加入质量分数为30%的双氧水，再在搅拌速度为60r/min~80r/min下搅拌0.5h~1.5h，得到含有反应物的混合液II；使用二氯甲烷对含有反应物的混合液II进行萃取，然后使用无水硫酸钠对萃取后得到的有机层进行干燥，再使用旋转蒸发仪减压蒸发出溶剂，得到粗反应产物II；以溶剂II为淋洗剂，将粗反应产物II经柱层析纯化，再使用乙酸乙酯进行重结晶，得到基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料；

[0016] 步骤二中所述的反应产物I的物质的量与四氢呋喃的体积比为2mmol:(5mL~20mL)；

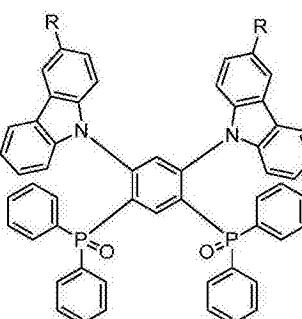
[0017] 步骤二中所述的正丁基锂的物质的量与四氢呋喃的体积比为(1mmol~5mmol):(5mL~20mL)；

[0018] 步骤二中所述的二苯基氯化膦的物质的量与四氢呋喃的体积比为(1mmol~5mmol):(5mL~20mL)；

[0019] 步骤二中所述的溶剂II为石油醚和甲醇的混合物，溶剂II中石油醚合甲醇的体积比为20:1；

[0020] 步骤二中所述的双氧水的物质的量与四氢呋喃的体积比为(1mmol~20mmol):(5mL~20mL)。

[0021] 基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料的结构为



或

其制备方法具体是按以下步骤完成的：

[0022] 一、将1,5-二溴-2,4-二氟苯、含氮杂环化合物和碳酸钾加入到二甲基亚砜中，再在氩气气氛和温度为120℃~160℃下反应6h~12h，得到含有反应物的混合液I；使用水和二氯甲烷的混合液对含有反应物的混合液I进行萃取，然后使用无水硫酸钠对萃取后得到的有机层进行干燥，再使用旋转蒸发仪减压蒸发出溶剂，得到粗反应产物I；以溶剂I为淋洗剂，将粗反应产物I经柱层析纯化，得到反应产物I；

[0023] 步骤一中所述的含氮杂环化合物为咔唑或3,6-二叔丁基咔唑；

[0024] 步骤一中所述的1,5-二溴-2,4-二氟苯的物质的量与二甲基亚砜的体积比为(0.8mmol~1.2mmol):5mL；

[0025] 步骤一中所述的含氮杂环化合物的物质的量与二甲基亚砜的体积比为(1.8mmol~2.5mmol):5mL;

[0026] 步骤一中所述的碳酸钾的物质的量与二甲基亚砜的体积比为(1.8mmol~2.5mmol):5mL;

[0027] 步骤一中所述的溶剂I为石油醚合二氯甲烷的混合溶液,溶剂I中石油醚和二氯甲烷的体积比为5:1;

[0028] 步骤一中所述的水和二氯甲烷的混合液中水与二氯甲烷的体积比为1:5;

[0029] 二、在-100℃~0℃下将反应产物I和四氢呋喃混合,再在搅拌条件下滴加正丁基锂,再在温度为-100℃~0℃下搅拌反应10h~36h,再在搅拌的条件下滴加二苯基氯化膦,再在搅拌速度为60r/min~80r/min下磁力搅拌5h~24h,再使用水来淬灭反应,再使用水淬灭反应,再加入质量分数为30%的双氧水,再在搅拌速度为60r/min~80r/min下搅拌0.5h~1.5h,得到含有反应物的混合液II;使用二氯甲烷对含有反应物的混合液II进行萃取,然后使用无水硫酸钠对萃取后得到的有机层进行干燥,再使用旋转蒸发仪减压蒸发出溶剂,得到粗反应产物II;以溶剂II为淋洗剂,将粗反应产物II经柱层析纯化,再使用乙酸乙酯进行重结晶,得到基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料;

[0030] 步骤二中所述的反应产物I的物质的量与四氢呋喃的体积比为2mmol:(5mL~20mL);

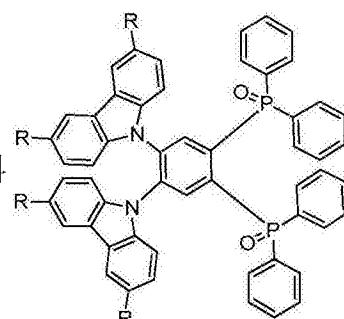
[0031] 步骤二中所述的正丁基锂的物质的量与四氢呋喃的体积比为(1mmol~5mmol):(5mL~20mL);

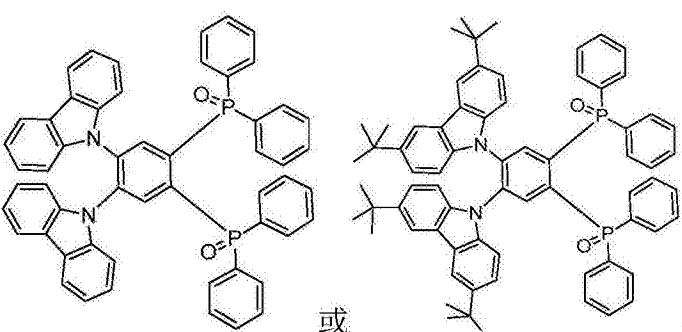
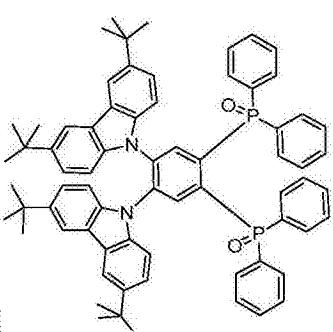
[0032] 步骤二中所述的二苯基氯化膦的物质的量与四氢呋喃的体积比为(1mmol~5mmol):(5mL~20mL);

[0033] 步骤二中所述的双氧水的物质的量与四氢呋喃的体积比为(1mmol~20mmol):(5mL~20mL);

[0034] 步骤二中所述的溶剂II为石油醚和甲醇的混合液,溶剂II中石油醚与甲醇的体积比为30:1。

[0035] 基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料的结构为



其制备方法具体是按以下步骤完成的:  
  
 或  


[0036] 一、将1,2-二溴-4,5-二氟苯、含氮杂环化合物和碳酸钾加入到二甲基亚砜中,再在氩气气氛和温度为120℃~160℃下反应6h~12h,得到含有反应物的混合液I;使用水和二氯甲烷的混合溶液对含有反应物的混合液I进行萃取,然后使用无水硫酸钠对萃取后得到的有机层进行干燥,再使用旋转蒸发仪减压蒸发出溶剂,得到粗反应产物I;以溶剂I为淋洗剂,将粗反应产物I经柱层析纯化,得到反应产物I;

[0037] 步骤一中所述的含氮杂环化合物为咔唑或3,6-二叔丁基咔唑;

[0038] 步骤一中所述的1,2-二溴-4,5-二氟苯的物质的量与二甲基亚砜的体积比为(0.8mmol~1.2mmol):5mL;

[0039] 步骤一中所述的含氮杂环化合物的物质的量与二甲基亚砜的体积比为(1.8mmol~2.5mmol):5mL;

[0040] 步骤一中所述的碳酸钾的物质的量与二甲基亚砜的体积比为(1.8mmol~2.5mmol):5mL;

[0041] 步骤一中所述的溶剂I为石油醚和二氯甲烷的混合液,溶剂I中石油醚和二氯甲烷的体积比为5:1;

[0042] 步骤一中所述的水和二氯甲烷的混合溶液中水和二氯甲烷的体积比为1:5;

[0043] 二、在-100℃~0℃下将反应产物I、四氢呋喃和乙醚混合,再在搅拌条件下滴加正丁基锂,再在温度为-100℃~0℃下搅拌反应10h~36h,再在搅拌的条件下滴加二苯基氯化膦,再在搅拌速度为60r/min~80r/min下磁力搅拌5h~24h,再使用水来淬灭反应,得到含有反应物的混合液II;使用二氯甲烷对含有反应物的混合液II进行萃取,使用无水硫酸钠对萃取后得到的有机层进行干燥,再使用旋转蒸发仪减压蒸发出溶剂,得到粗反应产物II;以溶剂II为淋洗剂,将粗反应产物II经柱层析纯化,再使用乙酸乙酯进行重结晶,得到反应产物II;

[0044] 步骤二中所述的反应产物I的物质的量与四氢呋喃的体积比为2mmol:(5mL~20mL);

[0045] 步骤二中所述的四氢呋喃与乙醚的体积比为1:1;

[0046] 步骤二中所述的正丁基锂的物质的量与四氢呋喃的体积比为(1mmol~5mmol):(5mL~20mL);

[0047] 步骤二中所述的二苯基氯化膦的物质的量与四氢呋喃的体积比为(1mmol~5mmol):(5mL~20mL);

[0048] 步骤二中所述的溶剂II为石油醚和二氯甲烷的混合溶液,溶剂II中石油醚和二氯甲烷的体积比为5:1;

[0049] 三、在-100℃~0℃下将反应产物II和四氢呋喃混合,再在搅拌的条件下滴加正丁基锂,再在温度为-100℃~0℃下搅拌反应10h~36h,再在搅拌的条件下滴加二苯基氯化膦,再在搅拌速度为60r/min~80r/min下磁力搅拌5h~24h,再使用水来淬灭反应,再加入质量分数为30%的双氧水,再在搅拌速度为60r/min~80r/min下搅拌0.5h~1.5h,得到含有反应物的混合液III;使用二氯甲烷对含有反应物的混合液III进行萃取,然后使用无水硫酸钠对萃取后得到的有机层进行干燥,再使用旋转蒸发仪减压蒸发出溶剂,得到粗反应产物III;以溶剂III为淋洗剂,将粗反应产物III经柱层析纯化,再使用乙酸乙酯进行重结晶,得到基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料;

[0050] 步骤三中所述的反应产物Ⅱ的物质的量与四氢呋喃的体积比为2mmol:(5mL~20mL)；

[0051] 步骤三中所述的正丁基锂的物质的量与四氢呋喃的体积比为(1mmol~5mmol):(5mL~20mL)；

[0052] 步骤三中所述的二苯基氯化膦的物质的量与四氢呋喃的体积比为(1mmol~5mmol):(5mL~20mL)；

[0053] 步骤三中所述的溶剂Ⅲ为石油醚和二氯甲烷的混合溶液，溶剂Ⅲ中石油醚和二氯甲烷的体积比为5:1；

[0054] 步骤三中所述的双氧水的物质的量与四氢呋喃的体积比为(1mmol~20mmol):(5mL~20mL)。

[0055] 所述的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料作为客体发光材料或主体发光材料应用在热激发延迟荧光电致发光器件中。

[0056] 所述的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料作为主体发光材料应用在磷光器件中。

[0057] 所述的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料作为主体发光材料应用在暖白光器件中。

[0058] 本发明的优点：

[0059] 一、本发明提供咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料，利用膦氧的若电子吸收能力和电子传输能力，咔唑的良好给电子能力和空穴传输能力，构成为给体-受体(D-A)型分子，可以有效的使空穴和电子复合。利用苯环作为核，可以有效的分离HUMO和LUMO能级，产生小的三线态和单线态的能级差，有利于激子从三线态到单线态的反隙间穿越，提高OLED的性能；

[0060] 二、取失重5%为裂解温度，本发明制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料的裂解温度为415°C~483°C；

[0061] 三、本发明制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料用作客体材料，膦氧基团作为吸电子基团具适当的吸电子能力，使发光峰蓝移，光谱在448nm~460nm之间，另外二苯基膦氧基团具大的位阻，抑制分子结构扭曲呈现出不易变形的刚性结构；以本发明制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料作为客体发光材料制备的热激发延迟荧光电致发光器件的电流密度分别为145mA/cm<sup>2</sup>~238mA/cm<sup>2</sup>，最大亮度为731cd/cm<sup>2</sup>~5204cd/cm<sup>2</sup>，电流效率分别为3.4mA/cm<sup>2</sup>~21.0mA/cm<sup>2</sup>，功率效率分别为3.31m/w~20.71m/w，外量子效率分别为2.8%~13.7%，发光光谱为448nm~460nm，半峰宽为65nm左右；

[0062] 四、以本发明制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料作为主体材料制备的蓝光器件的亮度-外量子效率分别为10.9%~16.1%，外量子效率高于10%；发光光谱为472nm~488nm；

[0063] 五、以本发明制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料作为主体材料制备的磷光器件的外量子效率分别为14.5%~22.5%，发光光谱均在465nm处；

[0064] 六、以本发明制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料作为主体材料制备的暖白光器件可以简化发光层的结构，使器件制备更加简单，暖白光器件的外量子效率为23%，发光光谱在480和546nm处。

[0065] 本发明可获得基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料。

## 附图说明

[0066] 图1为实施例一制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料溶于二氯甲烷中的光谱曲线,图1中“■”为紫外吸收光谱曲线,“▲”为荧光发射光谱曲线;

[0067] 图2为实施例一制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料的热重分析谱图;

[0068] 图3为实施例二制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料溶于二氯甲烷中的光谱曲线,图1中“■”为紫外吸收光谱曲线,“▲”为荧光发射光谱曲线;

[0069] 图4为实施例二制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料的热重分析谱图;

[0070] 图5为实施例三制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料溶于二氯甲烷中的光谱曲线,图1中“■”为紫外吸收光谱曲线,“▲”为荧光发射光谱曲线;

[0071] 图6为实施例三制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料的热重分析谱图;

[0072] 图7为实施例四制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料溶于二氯甲烷中的光谱曲线,图1中“■”为紫外吸收光谱曲线,“▲”为荧光发射光谱曲线;

[0073] 图8为实施例四制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料的热重分析谱图;

[0074] 图9为实施例五制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料溶于二氯甲烷中的光谱曲线,图1中“■”为紫外吸收光谱曲线,“▲”为荧光发射光谱曲线;

[0075] 图10为实施例五制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料的热重分析谱图;

[0076] 图11为实施例六制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料溶于二氯甲烷中的光谱曲线,图1中“■”为紫外吸收光谱曲线,“▲”为荧光发射光谱曲线;

[0077] 图12为实施例六制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料的热重分析谱图;

[0078] 图13为基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料作为客体发光材料应用在热激发延迟荧光电致发光器件中电致发光器件的电压-电流密度关系曲线,图13中“■”为实施例一制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料,“●”为实施例二制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料,“▲”为实施例三制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料,“▼”为实施例四制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料,“◆”为实施例五制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料,“◀”为实施例六制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料;

[0079] 图14为基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料作为客体发光材料应用在热激发延迟荧光电致发光器件中电致发光器件的电压-亮度关系曲线,图14中“■”为实施例一制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料,“●”为实施例二制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料,“▲”为实施例三制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料,“▼”为实施例四制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料,“◆”为实施例五制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料,“◀”为实施例六制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料;

[0080] 图15为基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料作为客体发光材料应用在热激发延迟荧光电致发光器件中电致发光器件的亮度-电流效率关系曲线,图15中“■”为实施例一制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料,“●”为实施例二制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料,“▲”为实施例三制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料,

“▼”为实施例四制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料，“◆”为实施例五制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料，“▲”为实施例六制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料；

[0081] 图16为基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料作为客体发光材料应用在热激发延迟荧光电致发光器件中电致发光器件的亮度-功率效率关系曲线，图16中“■”为实施例一制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料，“●”为实施例二制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料，“▲”为实施例三制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料，“▼”为实施例四制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料，“◆”为实施例五制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料，“◀”为实施例六制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料；

[0082] 图17为基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料作为客体发光材料应用在热激发延迟荧光电致发光器件中电致发光器件的亮度-外量子效率关系曲线，图17中“■”为实施例一制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料，“●”为实施例二制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料，“▲”为实施例三制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料，“▼”为实施例四制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料，“◆”为实施例五制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料，“◀”为实施例六制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料；

[0083] 图18为基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料作为客体发光材料应用在热激发延迟荧光电致发光器件中电致发光光谱，图18中“■”为实施例一制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料，“●”为实施例二制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料，“▲”为实施例三制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料，“▼”为实施例四制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料，“◆”为实施例五制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料，“◀”为实施例六制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料；

[0084] 图19为基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料作为主体发光材料应用在热激发延迟荧光电致发光器件中电致发光器件的亮度-外量子效率关系曲线，图19中“■”为实施例一制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料，“●”为实施例二制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料，“▲”为实施例三制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料，“▼”为实施例四制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料，“◆”为实施例五制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料，“◀”为实施例六制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料；

[0085] 图20为基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料作为主体发光材料应用在热激发延迟荧光电致发光器件中电致发光器件的电致发光光谱，图20中“■”为实施例一制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料，“●”为实施例二制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料，“▲”为实施例三制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料，“▼”为实施例四制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料，“◆”为实施例五制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料，“◀”为实施例六制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料；

[0086] 图21为基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料作为主体发光材料应用在磷光器

件中的亮度-外量子效率关系曲线,图21中“■”为实施例一制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料,“●”为实施例二制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料,“▲”为实施例三制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料,“▼”为实施例四制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料,“◆”为实施例五制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料,“◀”为实施例六制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料;

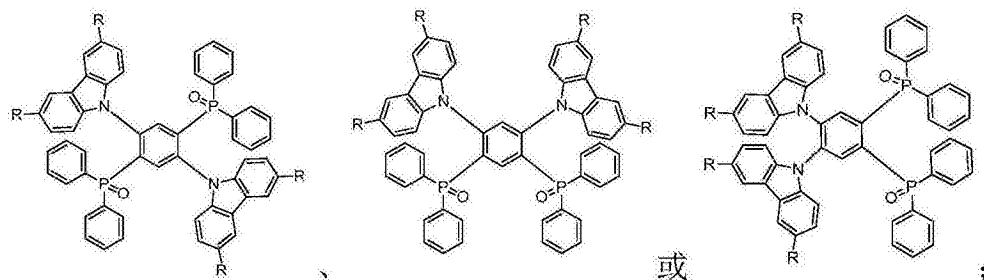
[0087] 图22为基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料作为主体发光材料应用在磷光器件中的电致发光光谱,图22中“■”为实施例一制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料,“●”为实施例二制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料,“▲”为实施例三制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料,“▼”为实施例四制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料,“◆”为实施例五制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料,“◀”为实施例六制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料;

[0088] 图23为实施例一制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料作为主体发光材料应用在暖白光器件中的亮度-外量子效率关系曲线;

[0089] 图24为实施例一制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料作为主体发光材料应用在暖白光器件中的电致发光光谱图。

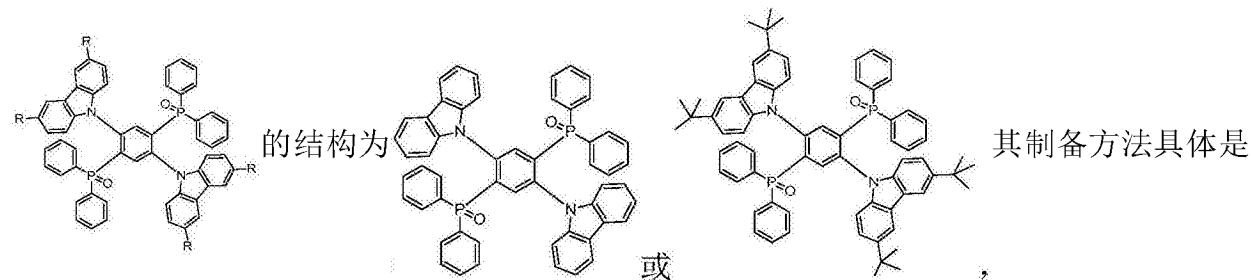
## 具体实施方式

[0090] 具体实施方式一:本实施方式是基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料的结构为



其中,所述的R为H或t-C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>。

[0091] 具体实施方式二:本实施方式是基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料



按以下步骤完成的:

[0092] 一、将1,4-二溴-2,5-二氟苯、含氮杂环化合物和碳酸钾加入到二甲基亚砜中,再在氩气气氛和温度为120℃~160℃下反应6h~12h,得到含有反应物的混合液I;使用水和二氯甲烷的混合液对含有反应物的混合液I进行萃取,然后使用无水硫酸钠对萃取后得到的有机层进行干燥,再使用旋转蒸发仪减压蒸发出溶剂,得到粗反应产物I;以溶剂I为淋洗剂,将粗反应产物I经柱层析纯化,得到反应产物I;

[0093] 步骤一中所述的溶剂I为石油醚和二氯甲烷的混合溶液,溶剂I中石油醚与二氯甲烷的体积比为5:1;

[0094] 步骤一中所述的含氮杂环化合物为咔唑或3,6-二叔丁基咔唑;

[0095] 步骤一中所述的1,4-二溴-2,5-二氟苯的物质的量与二甲基亚砜的体积比为(0.8mmol~1.2mmol):5mL;

[0096] 步骤一中所述的含氮杂环化合物的物质的量与二甲基亚砜的体积比为(1.8mmol~2.5mmol):5mL;

[0097] 步骤一中所述的碳酸钾的物质的量与二甲基亚砜的体积比为(1.8mmol~2.5mmol):5mL;

[0098] 步骤一中所述的水和二氯甲烷的混合液中水和二氯甲烷的体积比为1:5;

[0099] 二、在-100℃~0℃下将反应产物I和四氢呋喃混合,再在搅拌条件下滴加正丁基锂,再在温度为-100℃~0℃下搅拌反应10h~36h,再在搅拌的条件下滴加二苯基氯化膦,再在搅拌速度为60r/min~80r/min下磁力搅拌5h~24h,再使用水来淬灭反应,再使用水淬灭反应,再加入质量分数为30%的双氧水,再在搅拌速度为60r/min~80r/min下搅拌0.5h~1.5h,得到含有反应物的混合液II;使用二氯甲烷对含有反应物的混合液II进行萃取,然后使用无水硫酸钠对萃取后得到的有机层进行干燥,再使用旋转蒸发仪减压蒸发出溶剂,得到粗反应产物II;以溶剂II为淋洗剂,将粗反应产物II经柱层析纯化,再使用乙酸乙酯进行重结晶,得到基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料;

[0100] 步骤二中所述的反应产物I的物质的量与四氢呋喃的体积比为2mmol:(5mL~20mL);

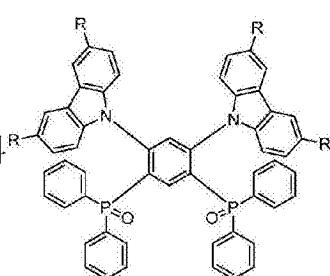
[0101] 步骤二中所述的正丁基锂的物质的量与四氢呋喃的体积比为(1mmol~5mmol):(5mL~20mL);

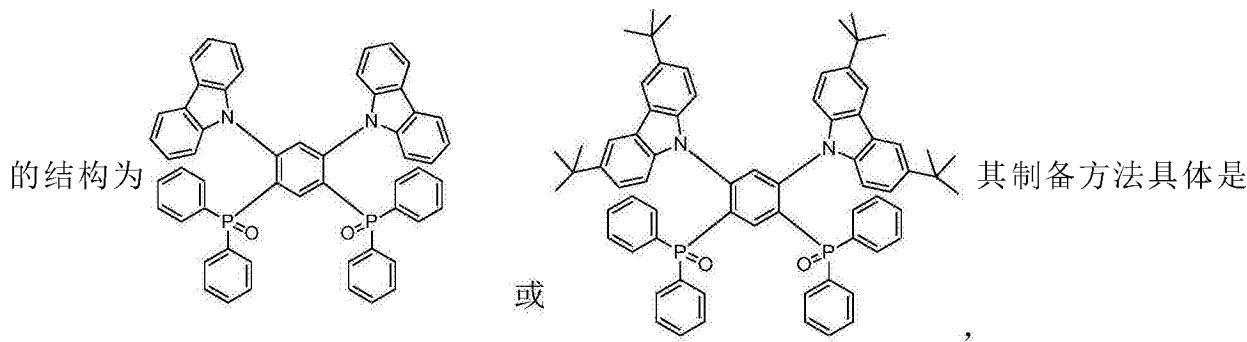
[0102] 步骤二中所述的二苯基氯化膦的物质的量与四氢呋喃的体积比为(1mmol~5mmol):(5mL~20mL);

[0103] 步骤二中所述的溶剂II为石油醚和甲醇的混合物,溶剂II中石油醚与甲醇的体积比为20:1;

[0104] 步骤二中所述的双氧水的物质的量与四氢呋喃的体积比为(1mmol~20mmol):(5mL~20mL)。

[0105] 具体实施方式三:基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料





按以下步骤完成的：

[0106] 一、将1,5-二溴-2,4-二氟苯、含氮杂环化合物和碳酸钾加入到二甲基亚砜中,再在氩气气氛和温度为120℃~160℃下反应6h~12h,得到含有反应物的混合液I;使用水和二氯甲烷的混合液对含有反应物的混合液I进行萃取,然后使用无水硫酸钠对萃取后得到的有机层进行干燥,再使用旋转蒸发仪减压蒸发出溶剂,得到粗反应产物I;以溶剂I为淋洗剂,将粗反应产物I经柱层析纯化,得到反应产物I;

[0107] 步骤一中所述的含氮杂环化合物为咔唑或3,6-二叔丁基咔唑;

[0108] 步骤一中所述的1,5-二溴-2,4-二氟苯的物质的量与二甲基亚砜的体积比为(0.8mmol~1.2mmol):5mL;

[0109] 步骤一中所述的含氮杂环化合物的物质的量与二甲基亚砜的体积比为(1.8mmol~2.5mmol):5mL;

[0110] 步骤一中所述的碳酸钾的物质的量与二甲基亚砜的体积比为(1.8mmol~2.5mmol):5mL;

[0111] 步骤一中所述的溶剂I为石油醚合二氯甲烷的混合溶液,溶剂I中石油醚和二氯甲烷的体积比为5:1;

[0112] 步骤一中所述的水和二氯甲烷的混合液中水与二氯甲烷的体积比为1:5;

[0113] 二、在-100℃~0℃下将反应产物I和四氢呋喃混合,再在搅拌条件下滴加正丁基锂,再在温度为-100℃~0℃下搅拌反应10h~36h,再在搅拌的条件下滴加二苯基氯化膦,再在搅拌速度为60r/min~80r/min下磁力搅拌5h~24h,再使用水来淬灭反应,再使用水淬灭反应,再加入质量分数为30%的双氧水,再在搅拌速度为60r/min~80r/min下搅拌0.5h~1.5h,得到含有反应物的混合液II;使用二氯甲烷对含有反应物的混合液II进行萃取,然后使用无水硫酸钠对萃取后得到的有机层进行干燥,再使用旋转蒸发仪减压蒸发出溶剂,得到粗反应产物II;以溶剂II为淋洗剂,将粗反应产物II经柱层析纯化,再使用乙酸乙酯进行重结晶,得到基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料;

[0114] 步骤二中所述的反应产物I的物质的量与四氢呋喃的体积比为2mmol:(5mL~20mL);

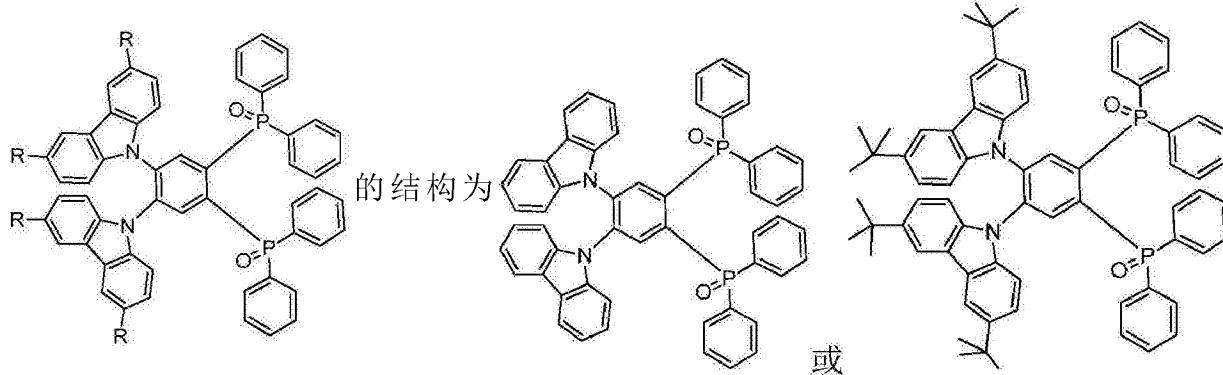
[0115] 步骤二中所述的正丁基锂的物质的量与四氢呋喃的体积比为(1mmol~5mmol):(5mL~20mL);

[0116] 步骤二中所述的二苯基氯化膦的物质的量与四氢呋喃的体积比为(1mmol~5mmol):(5mL~20mL);

[0117] 步骤二中所述的双氧水的物质的量与四氢呋喃的体积比为(1mmol~20mmol):(5mL~20mL);

[0118] 步骤二中所述的溶剂Ⅱ为石油醚和甲醇的混合液,溶剂Ⅱ中石油醚与甲醇的体积比为30:1。

[0119] 具体实施方式四:本实施方式是基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料



其制备方法具体是按以下步骤完成的:

[0120] 一、将1,2-二溴-4,5-二氟苯、含氮杂环化合物和碳酸钾加入到二甲基亚砜中,再在氩气气氛和温度为120℃~160℃下反应6h~12h,得到含有反应物的混合液I;使用水和二氯甲烷的混合溶液对含有反应物的混合液I进行萃取,然后使用无水硫酸钠对萃取后得到的有机层进行干燥,再使用旋转蒸发仪减压蒸发出溶剂,得到粗反应产物I;以溶剂I为淋洗剂,将粗反应产物I经柱层析纯化,得到反应产物I;

[0121] 步骤一中所述的含氮杂环化合物为咔唑或3,6-二叔丁基咔唑;

[0122] 步骤一中所述的1,2-二溴-4,5-二氟苯的物质的量与二甲基亚砜的体积比为(0.8mmol~1.2mmol):5mL;

[0123] 步骤一中所述的含氮杂环化合物的物质的量与二甲基亚砜的体积比为(1.8mmol~2.5mmol):5mL;

[0124] 步骤一中所述的碳酸钾的物质的量与二甲基亚砜的体积比为(1.8mmol~2.5mmol):5mL;

[0125] 步骤一中所述的溶剂I为石油醚和二氯甲烷的混合液,溶剂I中石油醚和二氯甲烷的体积比为5:1;

[0126] 步骤一中所述的水和二氯甲烷的混合溶液中水和二氯甲烷的体积比为1:5;

[0127] 二、在-100℃~0℃下将反应产物I、四氢呋喃和乙醚混合,再在搅拌条件下滴加正丁基锂,再在温度为-100℃~0℃下搅拌反应10h~36h,再在搅拌的条件下滴加二苯基氯化膦,再在搅拌速度为60r/min~80r/min下磁力搅拌5h~24h,再使用水来淬灭反应,得到含有反应物的混合液II;使用二氯甲烷对含有反应物的混合液II进行萃取,使用无水硫酸钠对萃取后得到的有机层进行干燥,再使用旋转蒸发仪减压蒸发出溶剂,得到粗反应产物II;以溶剂II为淋洗剂,将粗反应产物II经柱层析纯化,再使用乙酸乙酯进行重结晶,得到反应产物II;

[0128] 步骤二中所述的反应产物I的物质的量与四氢呋喃的体积比为2mmol:(5mL~20mL);

[0129] 步骤二中所述的四氢呋喃与乙醚的体积比为1:1;

[0130] 步骤二中所述的正丁基锂的物质的量与四氢呋喃的体积比为(1mmol~5mmol):(5mL~20mL);

[0131] 步骤二中所述的二苯基氯化膦的物质的量与四氢呋喃的体积比为(1mmol~5mmol):(5mL~20mL);

[0132] 步骤二中所述的溶剂II为石油醚和二氯甲烷的混合溶液,溶剂II中石油醚和二氯甲烷的体积比为5:1;

[0133] 三、在-100℃~0℃下将反应产物II和四氢呋喃混合,再在搅拌的条件下滴加正丁基锂,再在温度为-100℃~0℃下搅拌反应10h~36h,再在搅拌的条件下滴加二苯基氯化膦,再在搅拌速度为60r/min~80r/min下磁力搅拌5h~24h,再使用水来淬灭反应,再加入质量分数为30%的双氧水,再在搅拌速度为60r/min~80r/min下搅拌0.5h~1.5h,得到含有反应物的混合液III;使用二氯甲烷对含有反应物的混合液III进行萃取,然后使用无水硫酸钠对萃取后得到的有机层进行干燥,再使用旋转蒸发仪减压蒸发出溶剂,得到粗反应产物III;以溶剂III为淋洗剂,将粗反应产物III经柱层析纯化,再使用乙酸乙酯进行重结晶,得到基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料;

[0134] 步骤三中所述的反应产物II的物质的量与四氢呋喃的体积比为2mmol:(5mL~20mL);

[0135] 步骤三中所述的正丁基锂的物质的量与四氢呋喃的体积比为(1mmol~5mmol):(5mL~20mL);

[0136] 步骤三中所述的二苯基氯化膦的物质的量与四氢呋喃的体积比为(1mmol~5mmol):(5mL~20mL);

[0137] 步骤三中所述的溶剂III为石油醚和二氯甲烷的混合溶液,溶剂III中石油醚和二氯甲烷的体积比为5:1;

[0138] 步骤三中所述的双氧水的物质的量与四氢呋喃的体积比为(1mmol~20mmol):(5mL~20mL)。

[0139] 具体实施方式五:本实施方式是基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料作为客体发光材料或主体发光材料应用在热激发延迟荧光电致发光器件中。

[0140] 具体实施方式六:本实施方式与实施方式五的不同点是:基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料作为客体发光材料应用在热激发延迟荧光电致发光器件中,热激发延迟荧光电致发光器件具体是按以下方法制备的:

[0141] 一、将经过去离子水清洗的玻璃或塑料衬底放入真空蒸镀仪中,再在真空度为 $1\times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nm s}^{-1}\sim 0.3\text{nm s}^{-1}$ 的条件下在玻璃或塑料衬底上蒸镀氧化铟锡,在玻璃或塑料衬底上得到厚度为1nm~100nm的阳极导电层;

[0142] 二、在真空度为 $1\times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nm s}^{-1}\sim 0.3\text{nm s}^{-1}$ 的条件下在阳极导电层上蒸镀MoO<sub>x</sub>材料,在阳极导电层上得到厚度为10nm的空穴注入层;

[0143] 三、在真空度为 $1\times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nm s}^{-1}\sim 0.3\text{nm s}^{-1}$ 的条件下在空穴注入层上蒸镀NPB材料,在空穴注入层上得到厚度为50nm的空穴传输层;

[0144] 四、在真空度为 $1\times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nm s}^{-1}\sim 0.3\text{nm s}^{-1}$ 的条件下在空穴传输层上蒸镀mCP材料,在空穴传输层上得到厚度为5nm的电子阻挡层;

[0145] 五、在真空度为 $1\times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nm s}^{-1}\sim 0.3\text{nm s}^{-1}$ 的条件下在电子阻挡层上蒸镀发光材料,在电子阻挡层上得到厚度为30nm的发光层;

[0146] 步骤五中所述的发光材料为主体发光材料和客体发光材料的混合物;所述的主体

发光材料为DPETPO；所述的客体发光材料为基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料；所述的发光材料中客体发光材料的质量分数为30%；

[0147] 六、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nms}^{-1} \sim 0.3\text{nms}^{-1}$ 的条件下在发光层上蒸镀DPTPO材料，在发光层上得到厚度为20nm的空穴阻挡层；

[0148] 七、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nms}^{-1} \sim 0.3\text{nms}^{-1}$ 的条件下在空穴阻挡层上蒸镀Bphen材料，在空穴阻挡层上得到厚度为40nm的电子传输层；

[0149] 八、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nms}^{-1} \sim 0.3\text{nms}^{-1}$ 的条件下在电子传输层上蒸镀LiF材料，在电子传输层上得到厚度为0.5nm的电子注入层；

[0150] 九、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nms}^{-1} \sim 0.3\text{nms}^{-1}$ 的条件下在电子注入层上蒸镀金属Al材料，在电子注入层上得到厚度为150nm的阴极导电层，再进行封装，得到热激发延迟光电致发光器件。其他步骤与具体实施方式五相同。

[0151] 具体实施方式七：本实施方式是所述的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料作为主体发光材料应用在热激发延迟光电致发光器件中，热激发延迟光电致发光器件具体是按以下方法制备的：

[0152] 一、将经过去离子水清洗的玻璃或塑料衬底放入真空蒸镀仪中，再在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nms}^{-1} \sim 0.3\text{nms}^{-1}$ 的条件下在玻璃或塑料衬底上蒸镀氧化铟锡，在玻璃或塑料衬底上得到厚度为1nm~100nm的阳极导电层；

[0153] 二、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nms}^{-1} \sim 0.3\text{nms}^{-1}$ 的条件下在阳极导电层上蒸镀MoOx材料，在阳极导电层上得到厚度为10nm的空穴注入层；

[0154] 三、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nms}^{-1} \sim 0.3\text{nms}^{-1}$ 的条件下在空穴注入层上蒸镀NPB材料，在空穴注入层上得到厚度为50nm的空穴传输层；

[0155] 四、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nms}^{-1} \sim 0.3\text{nms}^{-1}$ 的条件下在空穴传输层上蒸镀mCP材料，在空穴传输层上得到厚度为5nm的电子阻挡层；

[0156] 五、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nms}^{-1} \sim 0.3\text{nms}^{-1}$ 的条件下在电子阻挡层上蒸镀发光材料，在电子阻挡层上得到厚度为30nm的发光层；

[0157] 步骤五中所述的发光材料为主体发光材料和客体发光材料的混合物；所述的主体发光材料为基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料；所述的客体发光材料为DMAC-DPS；所述的发光材料中客体发光材料的质量分数为10%；

[0158] 六、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nms}^{-1} \sim 0.3\text{nms}^{-1}$ 的条件下在发光层上蒸镀DPTPO材料，在发光层上得到厚度为20nm的空穴阻挡层；

[0159] 七、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nms}^{-1} \sim 0.3\text{nms}^{-1}$ 的条件下在空穴阻挡层上蒸镀Bphen材料，在空穴阻挡层上得到厚度为40nm的电子传输层；

[0160] 八、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nms}^{-1} \sim 0.3\text{nms}^{-1}$ 的条件下在电子传输层上蒸镀LiF材料，在电子传输层上得到厚度为0.5nm的电子注入层；

[0161] 九、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nms}^{-1} \sim 0.3\text{nms}^{-1}$ 的条件下在电子注入层上蒸镀金属Al材料，在电子注入层上得到厚度为150nm的阴极导电层，再进行封装，得到热激发延迟光电致发光器件。

[0162] 具体实施方式八：本实施方式是基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料作为主体发光材料应用在磷光器件中。

[0163] 具体实施方式九：本实施方式与具体实施方式八的不同点是：基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料作为主体发光材料应用在磷光器件中，磷光器件具体是按以下方法制备的：

[0164] 一、将经过去离子水清洗的玻璃或塑料衬底放入真空蒸镀仪中，再在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nms}^{-1} \sim 0.3\text{nms}^{-1}$ 的条件下在玻璃或塑料衬底上蒸镀氧化铟锡，在玻璃或塑料衬底上得到厚度为 $1\text{nm} \sim 100\text{nm}$ 的阳极导电层；

[0165] 二、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nms}^{-1} \sim 0.3\text{nms}^{-1}$ 的条件下在阳极导电层上蒸镀MoO<sub>x</sub>材料，在阳极导电层上得到厚度为 $10\text{nm}$ 的空穴注入层；

[0166] 三、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nms}^{-1} \sim 0.3\text{nms}^{-1}$ 的条件下在空穴注入层上蒸镀NPB材料，在空穴注入层上得到厚度为 $60\text{nm}$ 的空穴传输层；

[0167] 四、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nms}^{-1} \sim 0.3\text{nms}^{-1}$ 的条件下在空穴传输层上蒸镀mCP材料，在空穴传输层上得到厚度为 $5\text{nm}$ 的电子阻挡层；

[0168] 五、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nms}^{-1} \sim 0.3\text{nms}^{-1}$ 的条件下在电子阻挡层上蒸镀发光材料，在电子阻挡层上得到厚度为 $30\text{nm}$ 的发光层；

[0169] 步骤五中所述的发光材料为主体发光材料和客体发光材料的混合物；所述的主体发光材料为基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料；所述的客体发光材料为PO-01；所述的发光材料中客体发光材料的质量分数为8%；

[0170] 六、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nms}^{-1} \sim 0.3\text{nms}^{-1}$ 的条件下在发光层上蒸镀DPTP0材料，在发光层上得到厚度为 $20\text{nm}$ 的空穴阻挡层；

[0171] 七、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nms}^{-1} \sim 0.3\text{nms}^{-1}$ 的条件下在空穴阻挡层上蒸镀TPBi材料，在空穴阻挡层上得到厚度为 $30\text{nm}$ 的电子传输层；

[0172] 八、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nms}^{-1} \sim 0.3\text{nms}^{-1}$ 的条件下在电子传输层上蒸镀LiF材料，在电子传输层上得到厚度为 $0.5\text{nm}$ 的电子注入层；

[0173] 九、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nms}^{-1} \sim 0.3\text{nms}^{-1}$ 的条件下在电子注入层上蒸镀金属Al材料，在电子注入层上得到厚度为 $150\text{nm}$ 的阴极导电层，再进行封装，得到磷光器件。其他与具体实施方式八相同。

[0174] 具体实施方式十：本实施方式是基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料作为主体发光材料应用在暖白光器件中，暖白光器件的制备方法具体是按以下方法制备的：

[0175] 一、将经过去离子水清洗的玻璃或塑料衬底放入真空蒸镀仪中，再在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nms}^{-1} \sim 0.3\text{nms}^{-1}$ 的条件下在玻璃或塑料衬底上蒸镀氧化铟锡，在玻璃或塑料衬底上得到厚度为 $1\text{nm} \sim 100\text{nm}$ 的阳极导电层；

[0176] 二、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nms}^{-1} \sim 0.3\text{nms}^{-1}$ 的条件下在阳极导电层上蒸镀MoO<sub>x</sub>材料，在阳极导电层上得到厚度为 $10\text{nm}$ 的空穴注入层；

[0177] 三、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nms}^{-1} \sim 0.3\text{nms}^{-1}$ 的条件下在空穴注入层上蒸镀NPB材料，在空穴注入层上得到厚度为 $60\text{nm}$ 的空穴传输层；

[0178] 四、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nms}^{-1} \sim 0.3\text{nms}^{-1}$ 的条件下在空穴传输层上蒸镀mCP材料，在空穴传输层上得到厚度为 $5\text{nm}$ 的电子阻挡层；

[0179] 五、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nms}^{-1} \sim 0.3\text{nms}^{-1}$ 的条件下在电子阻挡层上蒸镀发光材料，在电子阻挡层上得到厚度为 $30\text{nm}$ 的发光层；

[0180] 步骤五中所述的发光材料为主体发光材料和客体发光材料的混合物；所述的主体发光材料为基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料；所述的客体发光材料为P0-01；所述的发光材料中客体发光材料的质量分数为0.5%；

[0181] 六、在真空中度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nm s}^{-1} \sim 0.3\text{nm s}^{-1}$ 的条件下在发光层上蒸镀DPTPO材料，在发光层上得到厚度为20nm的空穴阻挡层；

[0182] 七、在真空中度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nm s}^{-1} \sim 0.3\text{nm s}^{-1}$ 的条件下在空穴阻挡层上蒸镀TPBi材料，在空穴阻挡层上得到厚度为30nm的电子传输层；

[0183] 八、在真空中度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nm s}^{-1} \sim 0.3\text{nm s}^{-1}$ 的条件下在电子传输层上蒸镀LiF材料，在电子传输层上得到厚度为0.5nm的电子注入层；

[0184] 九、在真空中度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nm s}^{-1} \sim 0.3\text{nm s}^{-1}$ 的条件下在电子注入层上蒸镀金属Al材料，在电子注入层上得到厚度为150nm的阴极导电层，再进行封装，得到暖白光器件。

[0185] 采用以下实施例验证本发明的有益效果：

[0186] 实施例一：基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料的制备方法，具体是按以下步骤完成的：

[0187] 一、将1mmol 1,4-二溴-2,5-二氟苯、2.2mmol含氮杂环化合物和2.27mmol碳酸钾加入到5mL二甲基亚砜中，再在温度为130℃下反应6h，得到含有反应物的混合液I；使用水和二氯甲烷的混合液对含有反应物的混合液I进行萃取，然后使用无水硫酸钠对萃取后得到的有机层进行干燥，再使用旋转蒸发仪减压蒸发出溶剂，得到粗反应产物I；以溶剂I为淋洗剂，将粗反应产物I经柱层析纯化，得到1,4-二咔唑-2,5-二溴苯；

[0188] 步骤一中所述的含氮杂环化合物为咔唑；

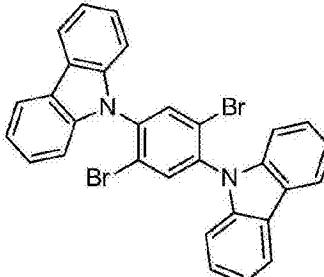
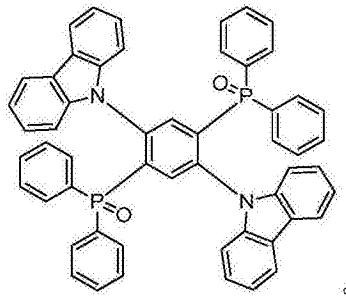
[0189] 步骤一中所述的溶剂I为石油醚和二氯甲烷的混合溶液，溶剂I中石油醚与二氯甲烷的体积比为5:1；

[0190] 步骤一中所述的水和二氯甲烷的混合液中水和二氯甲烷的体积比为1:5；

[0191] 二、在-40℃下将2mmol 1,4-二咔唑-2,5-二溴苯和20mL四氢呋喃混合，再在搅拌条件下滴加4mmol正丁基锂，再在温度为-40℃下搅拌反应12h，再加入4mmol二苯基氯化膦，再在搅拌速度为60r/min下磁力搅拌12h，再使用水来淬灭反应，再使用水淬灭反应，再加入5mmol质量分数为30%的双氧水，再在搅拌速度为60r/min~80r/min下搅拌0.5h~1.5h，得到含有反应物的混合液II；使用二氯甲烷对含有反应物的混合液II进行萃取，然后使用无水硫酸钠对萃取后得到的有机层进行干燥，再使用旋转蒸发仪减压蒸发出溶剂，得到粗反应产物II；以溶剂II为淋洗剂，将粗反应产物II经柱层析纯化，再使用乙酸乙酯进行重结晶，得到基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料；

[0192] 步骤二中所述的溶剂II为石油醚和甲醇的混合物，溶剂II中石油醚与甲醇的体积比为20:1；

[0193] 步骤二中所述的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料的结构式为

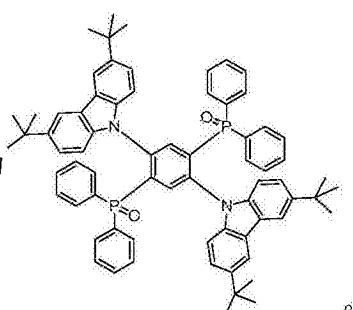


[0194] 实施例一中所述的1,4-二咔唑-2,5-二溴苯的结构式为

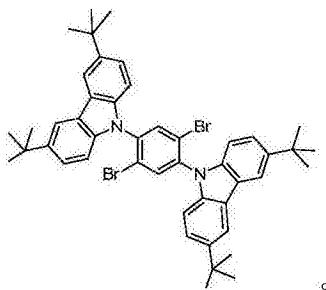
[0195] 实施例一制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料的核磁共振氢谱的数据为:<sup>1</sup>H NMR (TMS, CDCl<sub>3</sub>, 400MHz) : δ = 8.27 (d, J = 14Hz, 2H), 7.73 (d, J = 7.6Hz, 4H), 7.45 (t, J = 8Hz, 4H), 7.36 (t, J = 5.6Hz, 8H), 7.02 (t, J = 6.8Hz, 4H), 6.89 (t, J = 7.6Hz, 4H), 6.83 ppm (d, J = 8Hz, 4H)。

[0196] 实施例二:本实施例与实施例一的不同点是:步骤一中所述的含氮杂环化合物为3,6-二叔丁基咔唑;步骤一中得到1,4-二叔丁基咔唑-2,5-二溴苯,步骤二中得到基于咔唑

和膦氧的热激发延迟荧光材料的结构式为



[0197] 实施例二步骤一中得到1,4-二叔丁基咔唑-2,5-二溴苯的结构式为



[0198] 实施例二制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料的核磁数据为:δ = 8.25 (d, J = 16Hz, 2H), 7.69 (q, J<sub>1</sub> = 8Hz, J<sub>2</sub> = 12Hz, 8H), 7.60 (s, 4H), 7.47 (t, J = 7Hz, 4H), 7.37 (m, 8H), 6.84 (d, J = 7Hz, 4H), 6.62 (d, J = 7Hz, 4H), 1.23ppm (s, 36H)。

[0199] 实施例三:基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料的制备方法,具体是按以下步骤完成的:

[0200] 一、将1mmol 1,5-二溴-2,4-二氟苯、2.2mmol含氮杂环化合物和2.27mmol碳酸钾

加入到5mL二甲基亚砜中,再在氩气气氛和温度为130℃下反应6h,得到含有反应物的混合液I;使用水和二氯甲烷的混合液对含有反应物的混合液I进行萃取,然后使用无水硫酸钠对萃取后得到的有机层进行干燥,再使用旋转蒸发仪减压蒸发出溶剂,得到粗反应产物I;以溶剂I为淋洗剂,将粗反应产物I经柱层析纯化,得到1,5-二咔唑-2,4-二溴苯;

[0201] 步骤一中所述的含氮杂环化合物为咔唑;

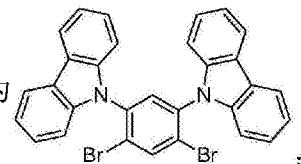
[0202] 步骤一中所述的溶剂I为石油醚合二氯甲烷的混合溶液,溶剂I中石油醚和二氯甲烷的体积比为5:1;

[0203] 步骤一中所述的水和二氯甲烷的混合液中水与二氯甲烷的体积比为1:5;

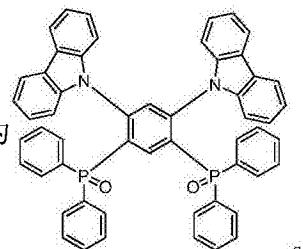
[0204] 二、在-100℃下将2mmol 1,5-二咔唑-2,4-二溴苯和20mL四氢呋喃混合,再在搅拌条件下滴加1mmol正丁基锂,再在温度为-100℃下搅拌反应10h,再加入1mmol二苯基氯化膦,再在搅拌速度为60r/min下磁力搅拌12h,再使用水来淬灭反应,再使用水淬灭反应,再加入5mmol质量分数为30%的双氧水,再在搅拌速度为60r/min下搅拌1h,得到含有反应物的混合液II;使用二氯甲烷对含有反应物的混合液II进行萃取,然后使用无水硫酸钠对萃取后得到的有机层进行干燥,再使用旋转蒸发仪减压蒸发出溶剂,得到粗反应产物II;以溶剂II为淋洗剂,将粗反应产物II经柱层析纯化,再使用乙酸乙酯进行重结晶,得到基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料;

[0205] 步骤二中所述的溶剂II为石油醚和甲醇的混合液,溶剂II中石油醚与甲醇的体积比为30:1。

[0206] 实施例三步骤一得到的1,5-二咔唑-2,4-二溴苯的结构式为



步骤三中得到的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料的结构式为

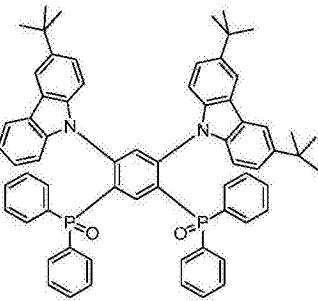


[0207] 实施例三步骤一得到的1,5-二咔唑-2,4-二溴苯的核磁共振氢谱的数据为: $\delta=8.38\text{ (d, }1\text{H), }8.13\text{ (d, }J=7.6\text{ Hz, }4\text{H), }7.65\text{ (s, }1\text{H), }7.46\text{ (m, }4\text{H), }7.26\text{ (m, }4\text{H), }7.19\text{ ppm (d, }J=8\text{ Hz, }4\text{H)}$ 。

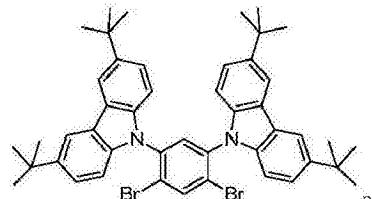
[0208] 实施例三制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料的核磁数据为: $\delta=8.09\text{ (t, }J=12\text{ Hz, }1\text{ H), }7.76\text{ (d, }J=8\text{ Hz, }4\text{ H), }7.39\text{ (dd, }J_1=7\text{ Hz, }J_2=4\text{ Hz, }4\text{ H), }3.34\text{ (t, }J=4\text{ Hz, }1\text{ H), }7.28\text{ (t, }J=7\text{ Hz, }4\text{ H), }7.16\text{ (q, }J=2\text{ Hz, }8\text{ H), }7.07\text{ (d, }J=8\text{ Hz, }4\text{ H), }7.01\text{ ppm (t, }J=8\text{ Hz, }8\text{ H)}$ 。

[0209] 实施例四:本实施例与实施例三的不同点是:步骤一中所述的含氮杂环化合物为3,6-二叔丁基咔唑;步骤一得到1,5-二叔丁基咔唑-2,4-二溴苯;步骤二得到的基于咔唑和

膦氧的热激发延迟荧光材料的结构式为



[0210] 实施例四步骤一得到 1,5 - 二叔丁基咔唑 - 2,4 - 二溴苯的结构式为



其他与实施例三相同。

[0211] 实施例四得到的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料的核磁数据为:  $\delta = 8.122$  (dd,  $J_1 = 4\text{Hz}$ ,  $J_2 = 12\text{Hz}$ , 2H), 7.68 (q,  $J = 8\text{Hz}$ , 8H), 7.59 (d,  $J = 2\text{Hz}$ , 4H), 7.45 (t,  $J = 8\text{Hz}$ , 4H), 7.36 (t,  $J = 8\text{Hz}$ , 4H), 6.82 (d,  $J = 8\text{Hz}$ , 4H), 6.60 (d,  $J = 8\text{Hz}$ , 4H), 1.29 ppm (s, 36H)。

[0212] 实施例五: 基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料的制备方法, 具体是按以下步骤完成的:

[0213] 一、将1mmol 1,2-二溴-4,5-二氟苯、2.2mmol含氮杂环化合物和2.27mmol碳酸钾加入到5mL二甲基亚砜中, 再在氩气气氛和温度为130℃下反应6h, 得到含有反应物的混合液I; 使用水和二氯甲烷的混合溶液对含有反应物的混合液I进行萃取, 然后使用无水硫酸钠对萃取后得到的有机层进行干燥, 再使用旋转蒸发仪减压蒸发出溶剂, 得到粗反应产物I; 以溶剂I为淋洗剂, 将粗反应产物I经柱层析纯化, 得到反应产物I;

[0214] 步骤一中所述的含氮杂环化合物为咔唑;

[0215] 步骤一中所述的溶剂I为石油醚和二氯甲烷的混合液, 溶剂I中石油醚和二氯甲烷的体积比为5:1;

[0216] 步骤一中所述的水和二氯甲烷的混合溶液中水和二氯甲烷的体积比为1:5;

[0217] 二、在-100℃下将2mmol反应产物I、20mL四氢呋喃和20mL乙醚混合, 再在搅拌条件下滴加1mmol正丁基锂, 再在温度为-100℃下搅拌反应10h, 再在搅拌的条件下滴加1mmol二苯基氯化膦, 再在搅拌速度为60r/min下磁力搅拌12h, 再使用水来淬灭反应, 得到含有反应物的混合液II; 使用二氯甲烷对含有反应物的混合液II进行萃取, 使用无水硫酸钠对萃取后得到的有机层进行干燥, 再使用旋转蒸发仪减压蒸发出溶剂, 得到粗反应产物II; 以溶剂II为淋洗剂, 将粗反应产物II经柱层析纯化, 再使用乙酸乙酯进行重结晶, 得到反应产物II;

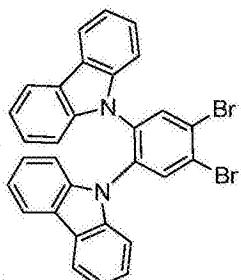
[0218] 步骤二中所述的溶剂II为石油醚和二氯甲烷的混合溶液, 溶剂II中石油醚和二氯甲烷的体积比为5:1;

[0219] 三、在-40℃下将2mmol反应产物II和20mL四氢呋喃混合, 再在搅拌的条件下滴加1mmol正丁基锂, 再在温度为-40℃下搅拌反应12h, 再在搅拌的条件下滴加1mmol二苯基氯化膦, 再在搅拌速度为60r/min下磁力搅拌12h, 再使用水来淬灭反应, 再加入5mmol质量分数为30%的双氧水, 再在搅拌速度为60r/min下搅拌1h, 得到含有反应物的混合液III; 使用

二氯甲烷对含有反应物的混合液Ⅲ进行萃取,然后使用无水硫酸钠对萃取后得到的有机层进行干燥,再使用旋转蒸发仪减压蒸发出溶剂,得到粗反应产物Ⅲ;以溶剂Ⅲ为淋洗剂,将粗反应产物Ⅲ经柱层析纯化,再使用乙酸乙酯进行重结晶,得到基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料;

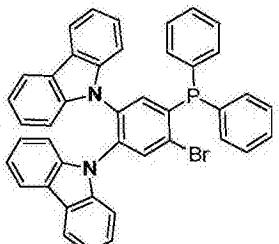
[0220] 步骤三中所述的溶剂Ⅲ为石油醚和二氯甲烷的混合溶液,溶剂Ⅲ中石油醚和二氯甲烷的体积比为5:1。

[0221] 实施例五步骤一中得到的反应产物I的结构式为



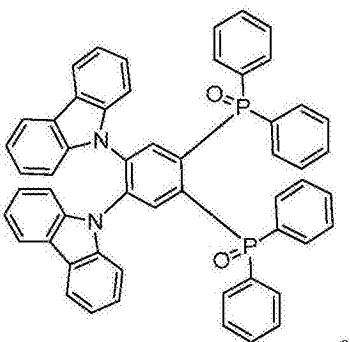
步骤二中得到

的反应产物II的结构式为



步骤三中得到的基于咔唑和膦氧的热激发

延迟荧光材料的结构式为



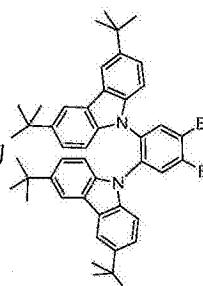
[0222] 实施例五步骤一中得到的反应产物I的核磁数据为: $\delta = 8.08$  (s, 2H), 7.77 (t,  $J = 4.0\text{Hz}$ , 4H), 7.14 (m, 4H), 7.07 ppm (m, 8H)。

[0223] 实施例五步骤二中得到的反应产物II的核磁数据为: $\delta = 8.12$  (d,  $J = 4\text{Hz}$ , 1H), 7.80 (t,  $J = 4\text{Hz}$ , 2H), 7.74 (d,  $J = 4\text{Hz}$ , 2H), 7.48 (t,  $J = 8\text{Hz}$ , 3H), 7.42 (q,  $J = 8\text{Hz}$ , 8H), 7.27 (d,  $J = 2\text{Hz}$ , 1H), 7.17 (d,  $J = 4\text{Hz}$ , 2H), 7.07 (t,  $J = 4\text{Hz}$ , 4H), 7.00 ppm (m, 7H)。

[0224] 实施例五步骤三中得到的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料的核磁数据为: $\delta = 8.27$  (dd,  $J_1 = 4\text{Hz}$ ,  $J_2 = 12\text{Hz}$ , 2H), 7.71 (dd,  $J_1 = 8\text{Hz}$ ,  $J_2 = 4\text{Hz}$ , 4H), 7.47 (t,  $J = 8\text{Hz}$ , 2H), 7.40 (t,  $J = 8\text{Hz}$ , 4H), 7.00 (t,  $J = 8\text{Hz}$ , 2H), 6.89, (t,  $J = 8\text{Hz}$ , 2H), 6.83 ppm (d,  $J = 8\text{Hz}$ , 2H)。

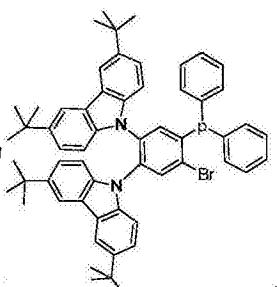
[0225] 实施例六:本实施例与实施例五的不同点是:步骤一中所述的含氮杂环化合物为

3,6-二叔丁基咔唑；步骤一中得到的反应产物I的结构式为



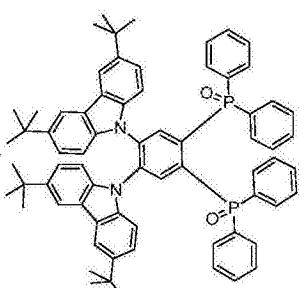
步骤二中得到

的反应产物II的结构式为



步骤三中得到的基于咔唑和膦氧的热激发延

迟荧光材料的结构式为



。

[0226] 实施例六步骤一中得到的反应产物I的核磁数据为: $\delta=7.98\text{ (s, }2\text{H)}, 7.59\text{ (d, }J=1.6\text{Hz, }4\text{H}), 6.78\text{ (s, }2\text{H)}, 6.75\text{ (s, }2\text{H)}, 1.23\text{ppm (s, }36\text{H})$ 。

[0227] 实施例六步骤二中得到的反应产物II的核磁数据为: $\delta=8.05\text{ (d, }J=4\text{Hz, }1\text{H}), 7.63\text{ (d, }J=4\text{Hz, }2\text{H}), 7.56\text{ (d, }J=4\text{Hz, }2\text{H}), 7.44\text{ (m, }10\text{H}), 7.19\text{ (d, }J=8\text{Hz, }2\text{H}), 6.86\text{ (d, }J=8\text{Hz, }4\text{H}), 6.63\text{ (d, }J=8\text{Hz, }2\text{H}), 1.32\text{ (s, }18\text{H}), 1.30\text{ppm (s, }18\text{H})$ 。

[0228] 实施例六步骤三中得到的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料的核磁数据为: $\delta=8.27\text{ (dd, }J_1=4\text{Hz, }J_2=12\text{Hz, }2\text{H}), 7.69\text{ (dd, }J_1=4\text{Hz, }J_2=12\text{Hz, }8\text{H}), 7.60\text{ (s, }4\text{H}), 7.45\text{ (d, }J=8\text{Hz, }4\text{H}), 7.37\text{ (m, }8\text{H}), 6.83\text{ (d, }J=12\text{Hz, }4\text{H}), 6.62\text{ (d, }J=8\text{Hz, }4\text{H}), 1.23\text{ppm (s, }36\text{H})$ 。

[0229] 图1为实施例一制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料溶于二氯甲烷中的光谱曲线,图1中“■”为紫外吸收光谱曲线,“▲”为荧光发射光谱曲线;

[0230] 从图1可知,实施例一制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料的紫外吸收光谱在279nm和327nm处,荧光发射在473nm处。

[0231] 图2为实施例一制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料的热重分析谱图;

[0232] 取失重5%为裂解温度,从图2可知,实施例一制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料的裂解温度为473℃。

[0233] 图3为实施例二制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料溶于二氯甲烷中的光谱曲线,图1中“■”为紫外吸收光谱曲线,“▲”为荧光发射光谱曲线;

[0234] 从图3可知,实施例二制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料的紫外吸收光谱在279nm和335nm处,荧光发射在492nm处。

- [0235] 图4为实施例二制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料的热重分析谱图；  
[0236] 取失重5%为裂解温度，从图4可知，实施例二制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料的裂解温度为431℃。  
[0237] 图5为实施例三制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料溶于二氯甲烷中的光谱曲线，图1中“■”为紫外吸收光谱曲线，“▲”为荧光发射光谱曲线；  
[0238] 从图5可知，紫外吸收光谱在280nm和334nm处，荧光发射在457nm处。  
[0239] 图6为实施例三制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料的热重分析谱图；  
[0240] 取失重5%为裂解温度，从图6可知，实施例三制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料的裂解温度为483℃。  
[0241] 图7为实施例四制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料溶于二氯甲烷中的光谱曲线，图1中“■”为紫外吸收光谱曲线，“▲”为荧光发射光谱曲线；  
[0242] 从图7可知，实施例四制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料的紫外吸收光谱在279nm和335nm处，荧光发射在445nm处。  
[0243] 图8为实施例四制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料的热重分析谱图；  
[0244] 取失重5%为裂解温度，从图8可知，实施例四制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料的裂解温度为445℃。  
[0245] 图9为实施例五制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料溶于二氯甲烷中的光谱曲线，图1中“■”为紫外吸收光谱曲线，“▲”为荧光发射光谱曲线；  
[0246] 从图9可知，实施例五制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料的紫外吸收光谱在279nm和335nm处，荧光发射在445nm处。  
[0247] 图10为实施例五制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料的热重分析谱图；  
[0248] 取失重5%为裂解温度，从图10可知，实施例五制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料的裂解温度为425℃。  
[0249] 图11为实施例六制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料溶于二氯甲烷中的光谱曲线，图1中“■”为紫外吸收光谱曲线，“▲”为荧光发射光谱曲线；  
[0250] 从图11可知，实施例六制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料的紫外吸收光谱在291nm和470nm处，荧光发射在445nm处。  
[0251] 图12为实施例六制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料的热重分析谱图；  
[0252] 取失重5%为裂解温度，从图12可知，实施例六制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料的裂解温度为415℃。  
[0253] 应用试验一：基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料作为客体发光材料应用在热激发延迟荧光电致发光器件中，热激发延迟荧光电致发光器件具体是按以下方法制备的：  
[0254] 一、将经过去离子水清洗的玻璃或塑料衬底放入真空蒸镀仪中，再在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.2\text{nm s}^{-1}$ 的条件下在玻璃或塑料衬底上蒸镀氧化铟锡，在玻璃或塑料衬底上得到厚度为50nm的阳极导电层；  
[0255] 二、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.2\text{nm s}^{-1}$ 的条件下在阳极导电层上蒸镀MoO<sub>x</sub>材料，在阳极导电层上得到厚度为10nm的空穴注入层；  
[0256] 三、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.2\text{nm s}^{-1}$ 的条件下在空穴注入层上蒸镀NPB材料，在空穴注入层上得到厚度为50nm的空穴传输层；

[0257] 四、在真空中度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.2\text{nm s}^{-1}$ 的条件下在空穴传输层上蒸镀mCP材料，在空穴传输层上得到厚度为5nm的电子阻挡层；

[0258] 五、在真空中度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.2\text{nm s}^{-1}$ 的条件下在电子阻挡层上蒸镀发光材料，在电子阻挡层上得到厚度为30nm的发光层；

[0259] 步骤五中所述的发光材料为主体发光材料和客体发光材料的混合物；所述的主体发光材料为DPETPO；所述的客体发光材料为实施例一制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料；所述的发光材料中客体发光材料的质量分数为30%；

[0260] 六、在真空中度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.2\text{nm s}^{-1}$ 的条件下在发光层上蒸镀DPTPO材料，在发光层上得到厚度为20nm的空穴阻挡层；

[0261] 七、在真空中度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.2\text{nm s}^{-1}$ 的条件下在空穴阻挡层上蒸镀Bphen材料，在空穴阻挡层上得到厚度为40nm的电子传输层；

[0262] 八、在真空中度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.2\text{nm s}^{-1}$ 的条件下在电子传输层上蒸镀LiF材料，在电子传输层上得到厚度为0.5nm的电子注入层；

[0263] 九、在真空中度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.2\text{nm s}^{-1}$ 的条件下在电子注入层上蒸镀金属Al材料，在电子注入层上得到厚度为150nm的阴极导电层，再进行封装，得到热激发延迟荧光电致发光器件。

[0264] 应用试验二：本试验与应用试验一的不同点是：步骤五中所述的客体发光材料为实施例二制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料。其他步骤与参数与应用试验一相同。

[0265] 应用试验三：本试验与应用试验一的不同点是：步骤五中所述的客体发光材料为实施例三制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料。其他步骤与参数与应用试验一相同。

[0266] 应用试验四：本试验与应用试验一的不同点是：步骤五中所述的客体发光材料为实施例四制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料。其他步骤与参数与应用试验一相同。

[0267] 应用试验五：本试验与应用试验一的不同点是：步骤五中所述的客体发光材料为实施例五制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料。其他步骤与参数与应用试验一相同。

[0268] 应用试验六：本试验与应用试验一的不同点是：步骤五中所述的客体发光材料为实施例六制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料。其他步骤与参数与应用试验一相同。

[0269] 对应用试验一、应用试验二、应用试验三、应用试验四、应用试验五和应用试验六制备的热激发延迟荧光电致发光器件的电压-电流密度关系进行测试，如图13所示；

[0270] 图13为基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料作为客体发光材料应用在热激发延迟荧光电致发光器件中电致发光器件的电压-电流密度关系曲线，图13中“■”为实施例一制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料，“●”为实施例二制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料，“▲”为实施例三制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料，“▼”为实施例四制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料，“◆”为实施例五制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料，“◀”为实施例六制备的基于咔唑和膦氧的热激发延

迟荧光材料；

[0271] 从图13可知，应用试验一至应用试验六制备的热激发延迟荧光电致发光器件的电流密度分别为 $186\text{mA}/\text{cm}^2$ 、 $145\text{mA}/\text{cm}^2$ 、 $163\text{mA}/\text{cm}^2$ 、 $226\text{mA}/\text{cm}^2$ 、 $238\text{mA}/\text{cm}^2$ 和 $152\text{mA}/\text{cm}^2$ 。

[0272] 对应用试验一、应用试验二、应用试验三、应用试验四、应用试验五和应用试验六制备的热激发延迟荧光电致发光器件的电压-亮度关系进行测试，如图14所示；

[0273] 图14为基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料作为客体发光材料应用在热激发延迟荧光电致发光器件中电致发光器件的电压-亮度关系曲线，图14中“■”为实施例一制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料，“●”为实施例二制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料，“▲”为实施例三制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料，“▼”为实施例四制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料，“◆”为实施例五制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料，“◀”为实施例六制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料；

[0274] 从图14可知，应用试验一至应用试验六制备的热激发延迟荧光电致发光器件的最大亮度分别为 $912\text{cd}/\text{cm}^2$ 、 $817\text{cd}/\text{cm}^2$ 、 $2137\text{cd}/\text{cm}^2$ 、 $5204\text{cd}/\text{cm}^2$ 、 $818\text{cd}/\text{cm}^2$ 和 $731\text{cd}/\text{cm}^2$ ，利用实施例四制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料制备的热激发延迟荧光电致发光器件的亮度最大。

[0275] 对应用试验一、应用试验二、应用试验三、应用试验四、应用试验五和应用试验六制备的热激发延迟荧光电致发光器件的亮度-电流效率关系进行测试，如图15所示；

[0276] 图15为基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料作为客体发光材料应用在热激发延迟荧光电致发光器件中电致发光器件的亮度-电流效率关系曲线，图15中“■”为实施例一制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料，“●”为实施例二制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料，“▲”为实施例三制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料，“▼”为实施例四制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料，“◆”为实施例五制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料，“◀”为实施例六制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料；

[0277] 从图15可知，应用试验一至应用试验六制备的热激发延迟荧光电致发光器件的电流效率分别为 $3.6\text{mA}/\text{cm}^2$ 、 $12.3\text{mA}/\text{cm}^2$ 、 $7.5\text{mA}/\text{cm}^2$ 、 $21.0\text{mA}/\text{cm}^2$ 、 $3.4\text{mA}/\text{cm}^2$ 和 $10.7\text{mA}/\text{cm}^2$ ，利用实施例四制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料制备的热激发延迟荧光电致发光器件的电流效率最高。

[0278] 对应用试验一、应用试验二、应用试验三、应用试验四、应用试验五和应用试验六制备的热激发延迟荧光电致发光器件的亮度-功率效率关系进行测试，如图16所示；

[0279] 图16为基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料作为客体发光材料应用在热激发延迟荧光电致发光器件中电致发光器件的亮度-功率效率关系曲线，图16中“■”为实施例一制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料，“●”为实施例二制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料，“▲”为实施例三制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料，“▼”为实施例四制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料，“◆”为实施例五制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料，“◀”为实施例六制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料；

[0280] 从图16可知，应用试验一至应用试验六制备的热激发延迟荧光电致发光器件的功

率效率分别为 $3.31\text{m/w}$ 、 $11.71\text{m/w}$ 、 $6.91\text{m/w}$ 、 $20.71\text{m/w}$ 、 $2.81\text{m/w}$ 和 $9.91\text{m/w}$ ,利用实施例四制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料制备的热激发延迟荧光电致发光器件的功率效率最高。

[0281] 对应用试验一、应用试验二、应用试验三、应用试验四、应用试验五和应用试验六制备的热激发延迟荧光电致发光器件的亮度-外量子效率关系进行测试,如图17所示;

[0282] 图17为基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料作为客体发光材料应用在热激发延迟荧光电致发光器件中电致发光器件的亮度-外量子效率关系曲线,图17中“■”为实施例一制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料,“●”为实施例二制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料,“▲”为实施例三制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料,“▼”为实施例四制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料,“◆”为实施例五制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料,“◀”为实施例六制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料;

[0283] 从图17可知,应用试验一至应用试验六制备的热激发延迟荧光电致发光器件的外量子效率分别为 $3.4\%$ 、 $9.4\%$ 、 $5.3\%$ 、 $13.7\%$ 、 $2.8\%$ 和 $8.4\%$ ,利用实施例四制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料制备的热激发延迟荧光电致发光器件的功率效率最高。

[0284] 对应用试验一、应用试验二、应用试验三、应用试验四、应用试验五和应用试验六制备的热激发延迟荧光电致发光器件的电致发光光谱进行测试,如图18所示;

[0285] 图18为基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料作为客体发光材料应用在热激发延迟荧光电致发光器件中电致发光器件的电致发光光谱,图18中“■”为实施例一制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料,“●”为实施例二制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料,“▲”为实施例三制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料,“▼”为实施例四制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料,“◆”为实施例五制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料,“◀”为实施例六制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料;

[0286] 从图18可知,应用试验一至应用试验六制备的热激发延迟荧光电致发光器件的光谱分别为 $452\text{nm}$ 、 $456\text{nm}$ 、 $448\text{nm}$ 、 $456\text{nm}$ 、 $460\text{nm}$ 和 $452\text{nm}$ ,且应用试验一至应用试验六制备的热激发延迟荧光电致发光器件的半峰宽为 $65\text{nm}$ 左右。

[0287] 应用试验七:基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料作为主体发光材料应用在热激发延迟荧光电致发光器件中,热激发延迟荧光电致发光器件具体是按以下方法制备的:

[0288] 一、将经过去离子水清洗的玻璃或塑料衬底放入真空蒸镀仪中,再在真空度为 $1\times 10^{-6}\text{mbar}$ 和蒸镀速率为 $0.2\text{nms}^{-1}$ 的条件下在玻璃或塑料衬底上蒸镀氧化铟锡,在玻璃或塑料衬底上得到厚度为 $50\text{nm}$ 的阳极导电层;

[0289] 二、在真空中度为 $1\times 10^{-6}\text{mbar}$ 和蒸镀速率为 $0.2\text{nms}^{-1}$ 的条件下在阳极导电层上蒸镀 $\text{MoO}_x$ 材料,在阳极导电层上得到厚度为 $10\text{nm}$ 的空穴注入层;

[0290] 三、在真空中度为 $1\times 10^{-6}\text{mbar}$ 和蒸镀速率为 $0.2\text{nms}^{-1}$ 的条件下在空穴注入层上蒸镀 $\text{NPB}$ 材料,在空穴注入层上得到厚度为 $50\text{nm}$ 的空穴传输层;

[0291] 四、在真空中度为 $1\times 10^{-6}\text{mbar}$ 和蒸镀速率为 $0.2\text{nms}^{-1}$ 的条件下在空穴传输层上蒸镀 $\text{mCP}$ 材料,在空穴传输层上得到厚度为 $5\text{nm}$ 的电子阻挡层;

[0292] 五、在真空中度为 $1\times 10^{-6}\text{mbar}$ 和蒸镀速率为 $0.2\text{nms}^{-1}$ 的条件下在电子阻挡层上蒸镀

发光材料，在电子阻挡层上得到厚度为30nm的发光层；

[0293] 步骤五中所述的发光材料为主体发光材料和客体发光材料的混合物；所述的主体发光材料为实施例一制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料；所述的客体发光材料为DMAC-DPS；所述的发光材料中客体发光材料的质量分数为10%；

[0294] 六、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.2\text{nm s}^{-1}$ 的条件下在发光层上蒸镀DPTPO材料，在发光层上得到厚度为20nm的空穴阻挡层；

[0295] 七、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.2\text{nm s}^{-1}$ 的条件下在空穴阻挡层上蒸镀Bphen材料，在空穴阻挡层上得到厚度为40nm的电子传输层；

[0296] 八、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.2\text{nm s}^{-1}$ 的条件下在电子传输层上蒸镀LiF材料，在电子传输层上得到厚度为0.5nm的电子注入层；

[0297] 九、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.2\text{nm s}^{-1}$ 的条件下在电子注入层上蒸镀金属Al材料，在电子注入层上得到厚度为150nm的阴极导电层，再进行封装，得到热激发延迟荧光电致发光器件。

[0298] 应用试验八：本试验与应用试验七的区别点是：步骤五中所述的主体发光材料为实施例二制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料。其他步骤与参数与应用试验七相同。

[0299] 应用试验九：本试验与应用试验七的区别点是：步骤五中所述的主体发光材料为实施例三制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料。其他步骤与参数与应用试验七相同。

[0300] 应用试验十：本试验与应用试验七的区别点是：步骤五中所述的主体发光材料为实施例四制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料。其他步骤与参数与应用试验七相同。

[0301] 应用试验十一：本试验与应用试验七的区别点是：步骤五中所述的主体发光材料为实施例五制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料。其他步骤与参数与应用试验七相同。

[0302] 应用试验十二：本试验与应用试验七的区别点是：步骤五中所述的主体发光材料为实施例六制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料。其他步骤与参数与应用试验七相同。

[0303] 对应用试验七、应用试验八、应用试验九、应用试验十、应用试验十一和应用试验十二制备的热激发延迟荧光电致发光器件的亮度-外量子效率关系进行测试，如图19所示；

[0304] 图19为基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料作为主体发光材料应用在热激发延迟荧光电致发光器件中电致发光器件的亮度-外量子效率关系曲线，图19中“■”为实施例一制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料，“●”为实施例二制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料，“▲”为实施例三制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料，“▼”为实施例四制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料，“◆”为实施例五制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料，“◀”为实施例六制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料；

[0305] 从图19可知，应用试验七至应用试验十二制备的热激发延迟荧光电致发光器件的亮度-外量子效率分别为12.1%、15.8%、16.1%、15.8%、10.9%和11.8%，器件性能均在

10%上。

[0306] 对应用试验七、应用试验八、应用试验九、应用试验十、应用试验十一和应用试验十二制备的热激发延迟荧光电致发光器件的电致发光光谱进行测试,如图20所示;

[0307] 图20为基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料作为主体发光材料应用在热激发延迟荧光电致发光器件中电致发光器件的电致发光光谱,图20中“■”为实施例一制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料,“●”为实施例二制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料,“▲”为实施例三制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料,“▼”为实施例四制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料,“◆”为实施例五制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料,“◆”为实施例六制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料;

[0308] 从图20可知,应用试验七至应用试验十二制备的热激发延迟荧光电致发光器件的光谱分别为476nm、472nm、488nm、480nm、480nm和476nm。

[0309] 应用试验十三:基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料作为主体发光材料应用在磷光器件中,磷光器件具体是按以下方法制备的:

[0310] 一、将经过去离子水清洗的玻璃或塑料衬底放入真空蒸镀仪中,再在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.2\text{nm s}^{-1}$ 的条件下在玻璃或塑料衬底上蒸镀氧化铟锡,在玻璃或塑料衬底上得到厚度为50nm的阳极导电层;

[0311] 二、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nm s}^{-1} \sim 0.3\text{nm s}^{-1}$ 的条件下在阳极导电层上蒸镀MoO<sub>x</sub>材料,在阳极导电层上得到厚度为10nm的空穴注入层;

[0312] 三、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.2\text{nm s}^{-1}$ 的条件下在空穴注入层上蒸镀NPB材料,在空穴注入层上得到厚度为60nm的空穴传输层;

[0313] 四、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.2\text{nm s}^{-1}$ 的条件下在空穴传输层上蒸镀mCP材料,在空穴传输层上得到厚度为5nm的电子阻挡层;

[0314] 五、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.2\text{nm s}^{-1}$ 的条件下在电子阻挡层上蒸镀发光材料,在电子阻挡层上得到厚度为30nm的发光层;

[0315] 步骤五中所述的发光材料为主体发光材料和客体发光材料的混合物;所述的主体发光材料为实施例一制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料;所述的客体发光材料为P0-01;所述的发光材料中客体发光材料的质量分数为8%;

[0316] 六、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nm s}^{-1} \sim 0.3\text{nm s}^{-1}$ 的条件下在发光层上蒸镀DPTPO材料,在发光层上得到厚度为20nm的空穴阻挡层;

[0317] 七、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nm s}^{-1} \sim 0.3\text{nm s}^{-1}$ 的条件下在空穴阻挡层上蒸镀TPBi材料,在空穴阻挡层上得到厚度为30nm的电子传输层;

[0318] 八、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nm s}^{-1} \sim 0.3\text{nm s}^{-1}$ 的条件下在电子传输层上蒸镀LiF材料,在电子传输层上得到厚度为0.5nm的电子注入层;

[0319] 九、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.1\text{nm s}^{-1} \sim 0.3\text{nm s}^{-1}$ 的条件下在电子注入层上蒸镀金属Al材料,在电子注入层上得到厚度为150nm的阴极导电层,再进行封装,得到磷光器件。

[0320] 应用试验十四:本试验与应用试验十三的区别点是:步骤五中所述的主体发光材料为实施例二制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料。其他步骤与参数与应用试验

十三相同。

[0321] 应用试验十五：本试验与应用试验十三的区别点是：步骤五中所述的主体发光材料为实施例三制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料。其他步骤与参数与应用试验十三相同。

[0322] 应用试验十六：本试验与应用试验十三的区别点是：步骤五中所述的主体发光材料为实施例四制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料。其他步骤与参数与应用试验十三相同。

[0323] 应用试验十七：本试验与应用试验十三的区别点是：步骤五中所述的主体发光材料为实施例五制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料。其他步骤与参数与应用试验十三相同。

[0324] 应用试验十八：本试验与应用试验十三的区别点是：步骤五中所述的主体发光材料为实施例六制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料。其他步骤与参数与应用试验十三相同。

[0325] 对应用试验十三、应用试验十四、应用试验十五、应用试验十六、应用试验十七和应用试验十八制备的磷光器件的亮度-外量子效率关系进行测试，如图21所示；

[0326] 图21为基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料作为主体发光材料应用在磷光器件中的亮度-外量子效率关系曲线，图21中“■”为实施例一制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料，“●”为实施例二制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料，“▲”为实施例三制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料，“▼”为实施例四制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料，“◆”为实施例五制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料，“◀”为实施例六制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料；

[0327] 从图21可知，应用试验十三、应用试验十四、应用试验十五、应用试验十六、应用试验十七和应用试验十八制备的磷光器件的外量子效率分别为19.6%、14.5%、22.5%、21.5%、14.5%和16.6%。

[0328] 对应用试验十三、应用试验十四、应用试验十五、应用试验十六、应用试验十七和应用试验十八制备的磷光器件的电致发光光谱进行测试，如图22所示；

[0329] 图22为基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料作为主体发光材料应用在磷光器件中的电致发光光谱，图22中“■”为实施例一制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料，“●”为实施例二制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料，“▲”为实施例三制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料，“▼”为实施例四制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料，“◆”为实施例五制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料，“◀”为实施例六制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料；

[0330] 从图22可知，应用试验十三、应用试验十四、应用试验十五、应用试验十六、应用试验十七和应用试验十八制备的磷光器件的光谱均在465nm处。

[0331] 应用试验十九：基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料作为主体发光材料应用在暖白光器件中，暖白光器件的制备方法具体是按以下方法制备的：

[0332] 一、将经过去离子水清洗的玻璃或塑料衬底放入真空蒸镀仪中，再在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.2\text{nm s}^{-1}$ 的条件下在玻璃或塑料衬底上蒸镀氧化铟锡，在玻璃或塑料衬底上得到厚度为50nm的阳极导电层；

[0333] 二、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.2\text{nm s}^{-1}$ 的条件下在阳极导电层上蒸镀Mo0x材料,在阳极导电层上得到厚度为10nm的空穴注入层;

[0334] 三、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.2\text{nm s}^{-1}$ 的条件下在空穴注入层上蒸镀NPB材料,在空穴注入层上得到厚度为60nm的空穴传输层;

[0335] 四、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.2\text{nm s}^{-1}$ 的条件下在空穴传输层上蒸镀mCP材料,在空穴传输层上得到厚度为5nm的电子阻挡层;

[0336] 五、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.2\text{nm s}^{-1}$ 的条件下在电子阻挡层上蒸镀发光材料,在电子阻挡层上得到厚度为30nm的发光层;

[0337] 步骤五中所述的发光材料为主体发光材料和客体发光材料的混合物;所述的主体发光材料为实施例一制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料;所述的客体发光材料为P0-01;所述的发光材料中客体发光材料的质量分数为0.5%;

[0338] 六、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.2\text{nm s}^{-1}$ 的条件下在发光层上蒸镀DPTPO材料,在发光层上得到厚度为20nm的空穴阻挡层;

[0339] 七、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.2\text{nm s}^{-1}$ 的条件下在空穴阻挡层上蒸镀TPBi材料,在空穴阻挡层上得到厚度为30nm的电子传输层;

[0340] 八、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.2\text{nm s}^{-1}$ 的条件下在电子传输层上蒸镀LiF材料,在电子传输层上得到厚度为0.5nm的电子注入层;

[0341] 九、在真空度为 $1 \times 10^{-6}$ mbar和蒸镀速率为 $0.2\text{nm s}^{-1}$ 的条件下在电子注入层上蒸镀金属Al材料,在电子注入层上得到厚度为150nm的阴极导电层,再进行封装,得到暖白光器件。

[0342] 应用试验二十:本试验与应用试验十九的区别点为:步骤五所述的主体发光材料为实施例二制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料。其他步骤及参数与应用试验十九相同。

[0343] 应用试验二十一:本试验与应用试验十九的区别点为:步骤五所述的主体发光材料为实施例三制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料。其他步骤及参数与应用试验十九相同。

[0344] 应用试验二十二:本试验与应用试验十九的区别点为:步骤五所述的主体发光材料为实施例四制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料。其他步骤及参数与应用试验十九相同。

[0345] 应用试验二十三:本试验与应用试验十九的区别点为:步骤五所述的主体发光材料为实施例五制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料。其他步骤及参数与应用试验十九相同。

[0346] 应用试验二十四:本试验与应用试验十九的区别点为:步骤五所述的主体发光材料为实施例六制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料。其他步骤及参数与应用试验十九相同。

[0347] 对应用试验十九制备的暖白光器件的亮度-外量子效率关系进行测试,如图23所示;

[0348] 图23为实施例一制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料作为主体发光材料应用在暖白光器件中的亮度-外量子效率关系曲线;

[0349] 从图23可知,实施例一制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料作为主体发光材料应用在暖白光器件的外量子效率为23%。

[0350] 对应用试验十九制备的暖白光器件的电致发光光谱进行测试,如图24所示;

[0351] 图24为实施例一制备的基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料作为主体发光材料应用在暖白光器件中的电致发光光谱图;

[0352] 从图24可知,发光光谱在480和546nm处。

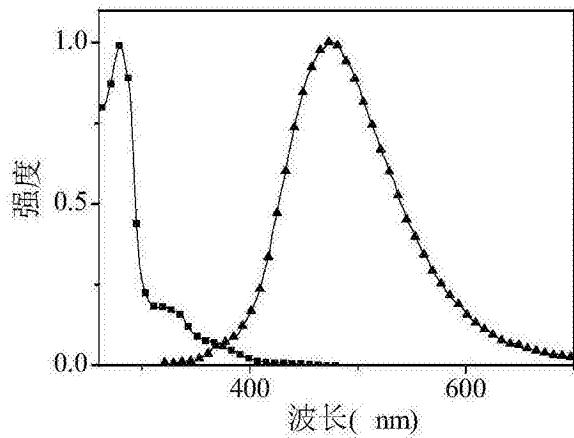


图1

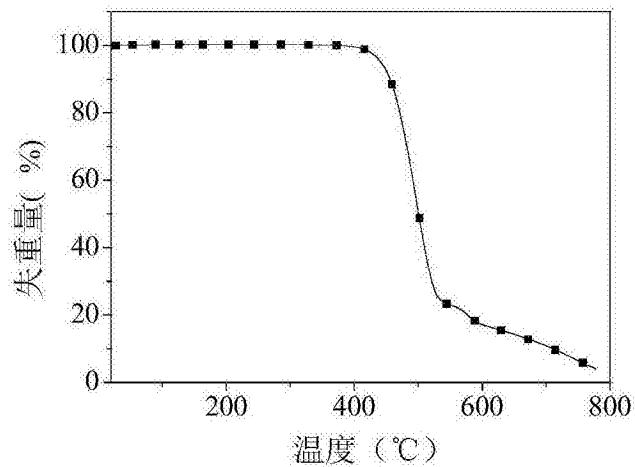


图2

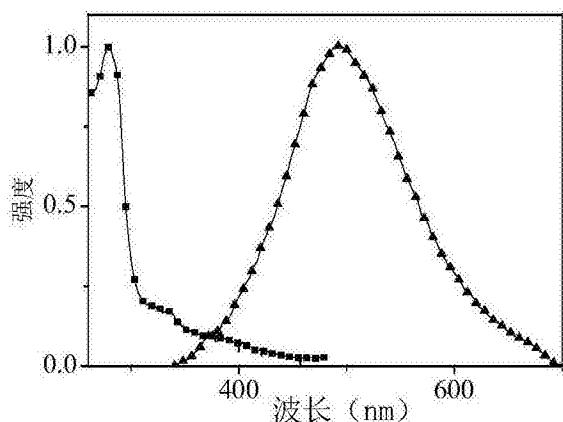


图3

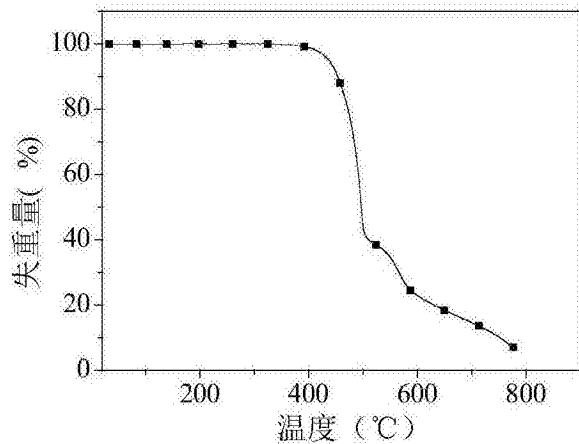


图4

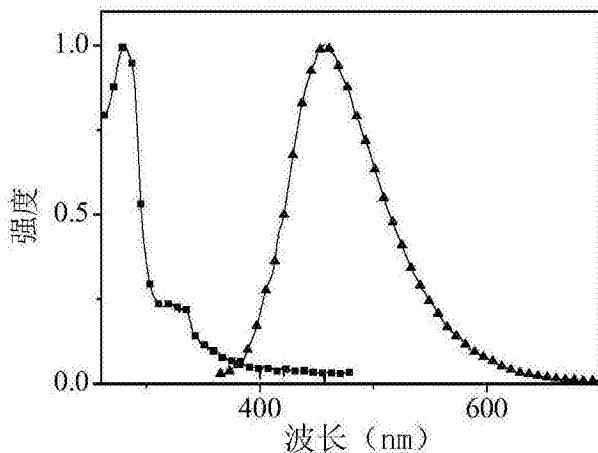


图5

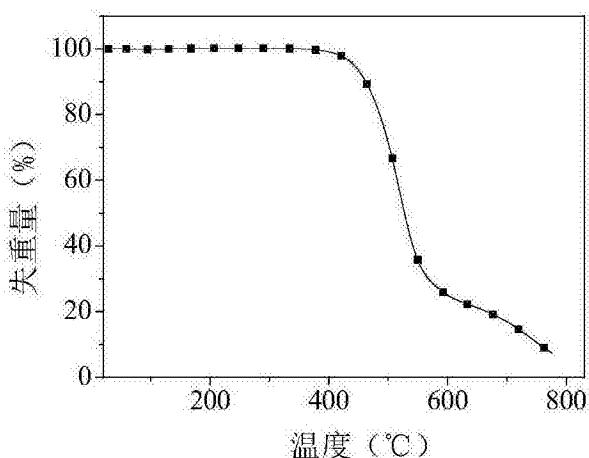


图6

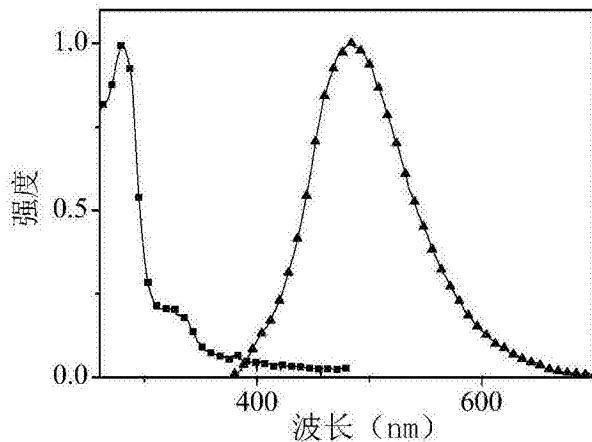


图7

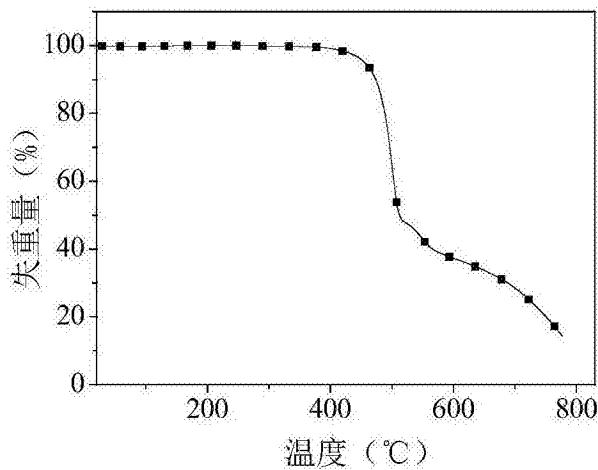


图8

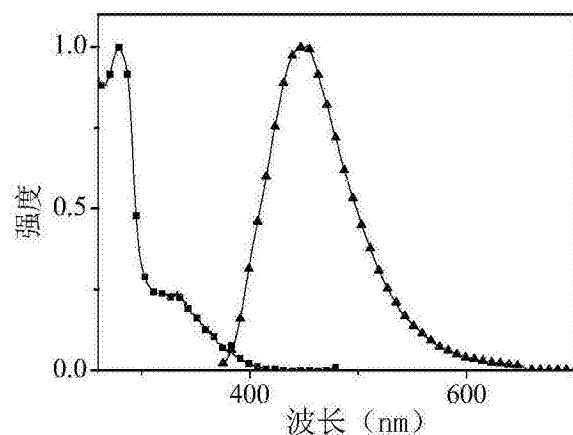


图9

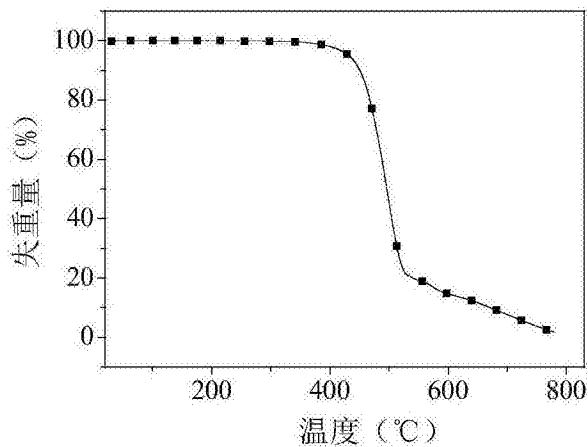


图10

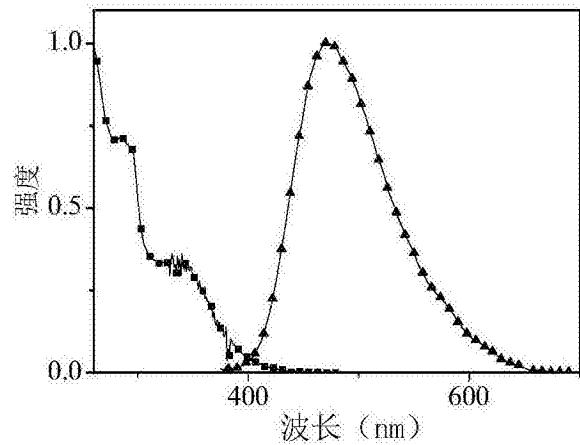


图11

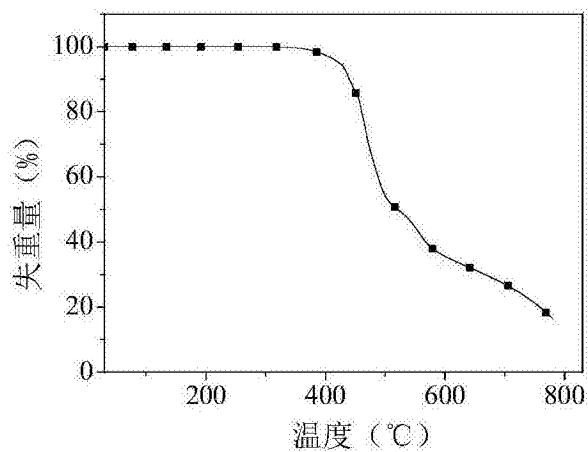


图12

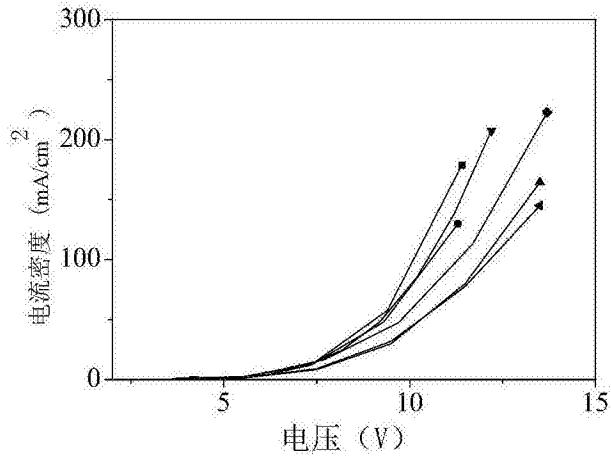


图13

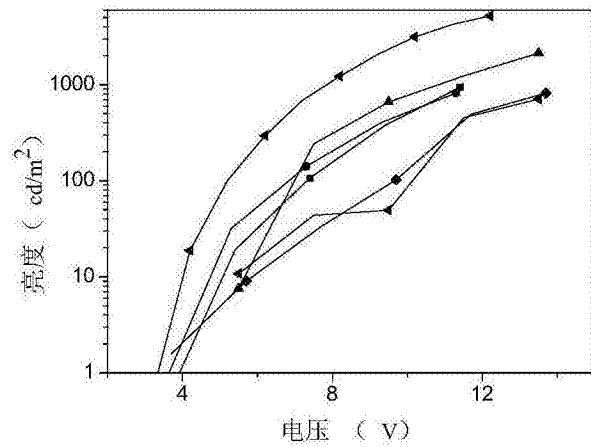


图14

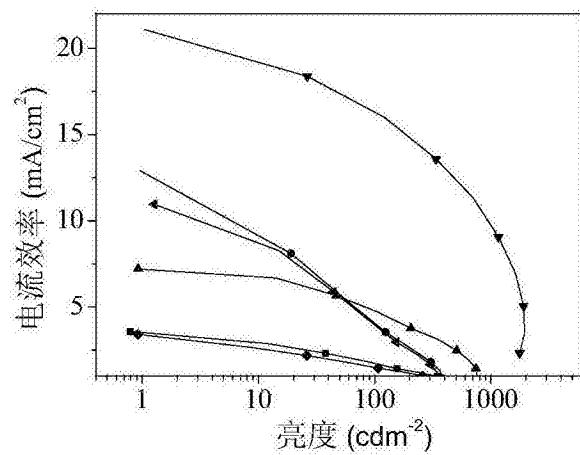


图15

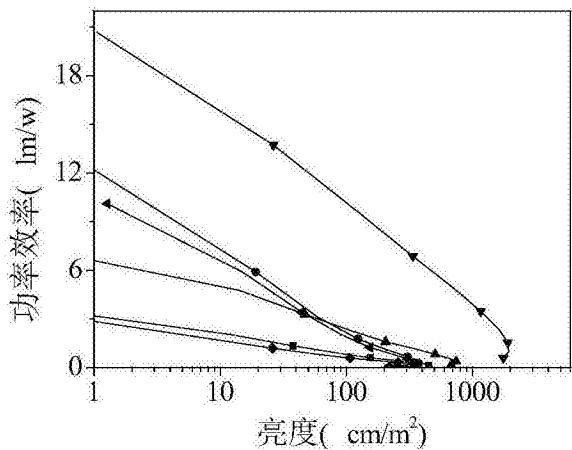


图16

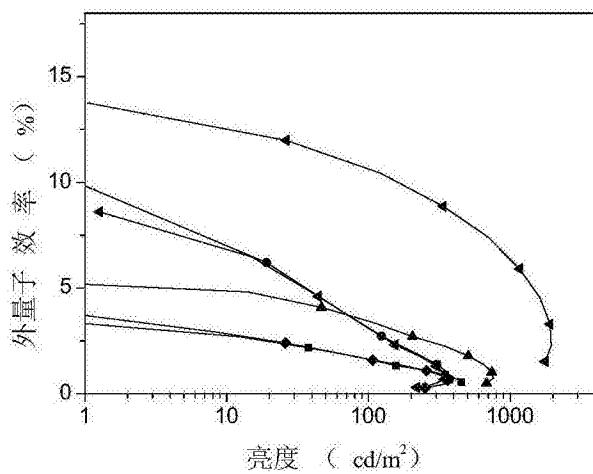


图17

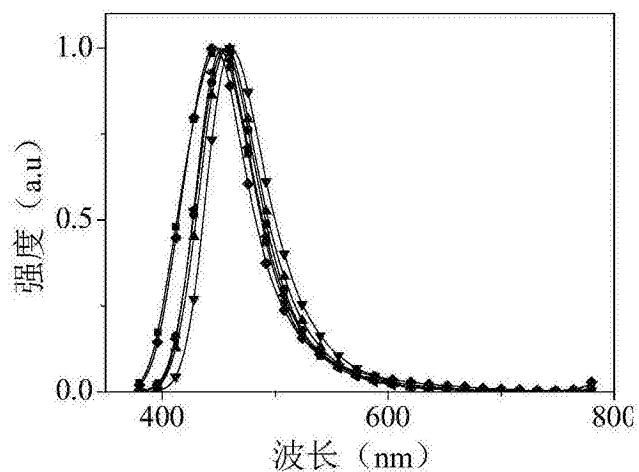


图18

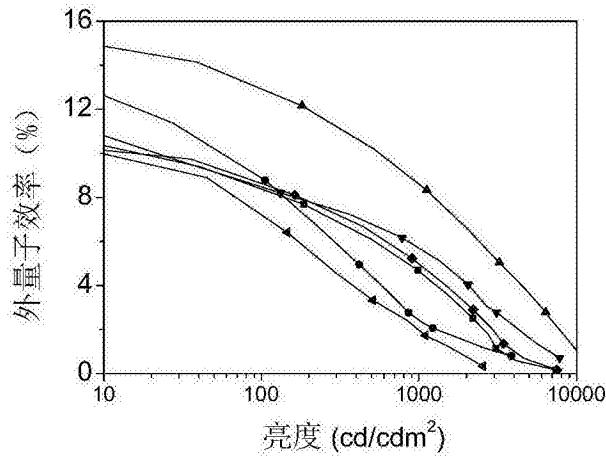


图19

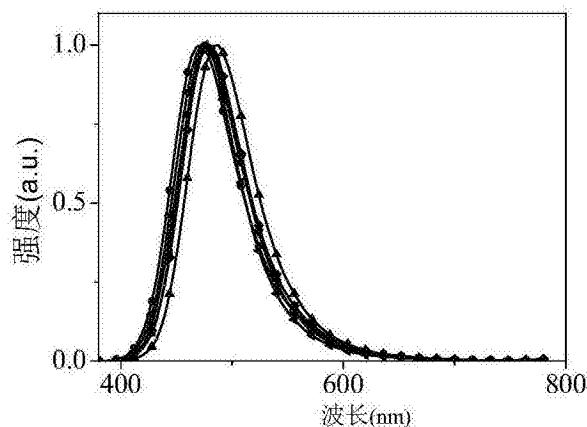


图20

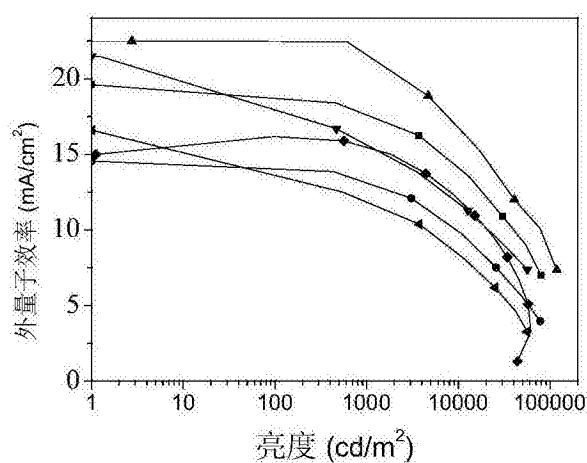


图21

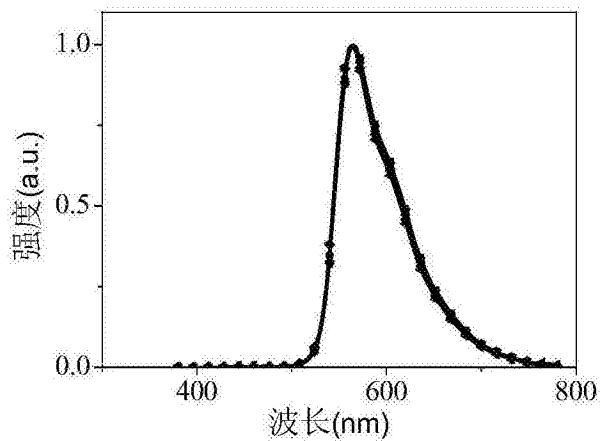


图22

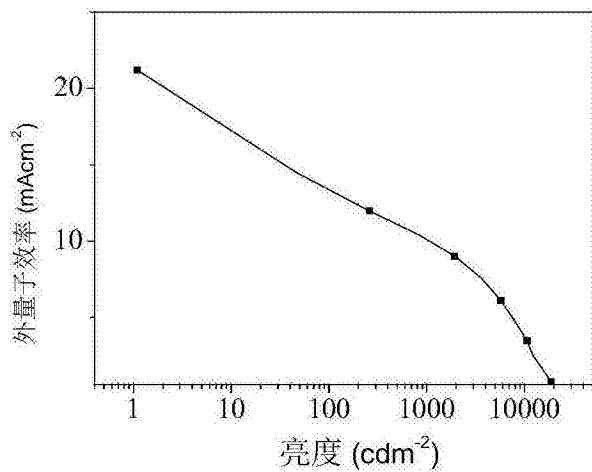


图23

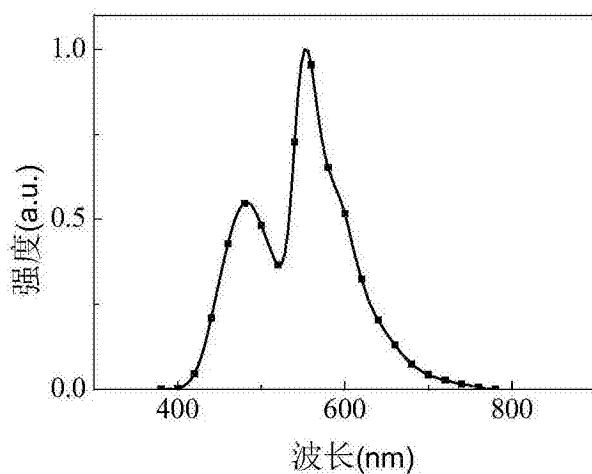


图24

专利名称(译)	基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料和制备方法及应用		
公开(公告)号	<a href="#">CN107325811A</a>	公开(公告)日	2017-11-07
申请号	CN201710520524.7	申请日	2017-06-29
[标]申请(专利权)人(译)	黑龙江大学		
申请(专利权)人(译)	黑龙江大学		
当前申请(专利权)人(译)	黑龙江大学		
[标]发明人	许辉 梁倩倩 段春波 韩春苗		
发明人	许辉 梁倩倩 段春波 韩春苗		
IPC分类号	C09K11/06 C07F9/572 H01L51/54 H01L51/56 H01L51/50		
代理人(译)	李红媛		
其他公开文献	CN107325811B		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">Sipo</a>		

### 摘要(译)

基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料和制备方法及应用，它涉及热激发延迟荧光材料和制备方法及应用。本发明的目的是为了解决现有TADF蓝光客体材料单一性差，蓝光色纯度低和效率低的问题。基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料的结构为制备方法：使用1,4-二溴-2,5-二氟苯、含氮杂环化合物和碳酸钾、二甲基亚砜、四氢呋喃、正丁基锂和二苯基氯化磷制备基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料。基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料作为主体发光材料或客体发光材料应用在热激发延迟荧光电致发光器件中，作为主体发光材料应用在磷光器件或暖白光器件中。本发明可获得基于咔唑和膦氧的热激发延迟荧光材料和制备方法及应用。

