



## (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108315010 B

(45)授权公告日 2020.05.19

(21)申请号 201710035523.3

H01L 51/54(2006.01)

(22)申请日 2017.01.17

H01L 51/50(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 108315010 A

(56)对比文件

CN 103539749 A, 2014.01.29,

(43)申请公布日 2018.07.24

审查员 张璐

(73)专利权人 吉林大学

地址 130012 吉林省长春市前进大街2699号

(72)发明人 杨兵 周长江 张诗童 刘海超  
高宇

(74)专利代理机构 北京金信知识产权代理有限公司 11225

代理人 张皓 李维盈

(51)Int.Cl.

C09K 11/06(2006.01)

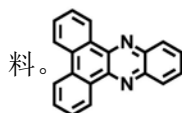
权利要求书1页 说明书8页 附图5页

(54)发明名称

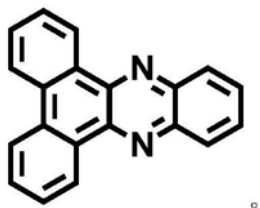
二苯并吩嗪作为磷光材料的用途及包含二苯并吩嗪的电致发光器件

(57)摘要

本发明涉及下式所示的二苯并吩嗪作为磷光材料,特别是室温磷光材料的用途。本发明还涉及使用二苯并吩嗪作为磷光材料的有机电致发光器件。二苯并吩嗪作为一种纯有机的、不含重原子的氮杂环室温磷光材料,有可能实现一种新型的高效直接激子利用的纯有机电致磷光材料。



1. 下式所示的二苯并吩嗪作为室温磷光材料的用途：



2. 如权利要求1所述的用途,其中,二苯并吩嗪作为室温磷光掺杂材料。

3. 一种有机电致发光器件,其中使用二苯并吩嗪作为室温磷光材料。

4. 根据权利要求3所述的有机电致发光器件,其中,所述有机发光器件包括:阳极、阴极和设置在阳极和阴极之间的一层或多层功能层,其中,所述功能层中的一层或多层使用二苯并吩嗪作为室温磷光材料。

5. 根据权利要求4所述的有机电致发光器件,其中,所述有机电致发光器件包含发光层,所述发光层使用二苯并吩嗪作为室温磷光材料。

6. 根据权利要求5所述的有机电致发光器件,其中,使用二苯并吩嗪用作发光层的客体材料。

## 二苯并吩嗪作为磷光材料的用途及包含二苯并吩嗪的电致发光器件

### 技术领域

[0001] 本发明涉及有机电致发光材料与器件领域,具体涉及二苯并吩嗪作为磷光材料的用途及包含二苯并吩嗪作为磷光材料的电致发光器件。

### 背景技术

[0002] 有机电致发光二极管(OLED)具有自发光、广视角、响应速度快、驱动电压低、大面积和柔性等技术优势,因此在平板显示和固态照明等领域有着广泛的应用前景和巨大的市场潜力。纵观有机电致发光材料的发展,第一代发光材料是以三(8-羟基喹啉)铝( $\text{Alq}_3$ )为代表的荧光材料,受自旋统计限制,该类材料在电致发光过程能量利用效率 $<25\%$ 。第二代发光材料是以金属铱配合物为代表的磷光材料,由于重原子效应,增强自旋轨道耦合,加快系间窜越速度,磷光材料理论上可实现100%的内量子效率,但存在价格昂贵、色度不全、铱资源紧缺等问题。公认的第三代发光材料是高能量利用效率、低成本的纯有机发光材料,目前主要包括如下三种发光机制:热活化延迟荧光(TADF)、三重态-三重态湮灭(TTA)和杂化局域-电荷转移激发态(HLCT)的热激子过程。它们在本质上是相同的,即把不能直接发光的三重态激子转换为单重态激子发光,但这三种发光机制的激子转换效率不易控制,容易导致三重态激子的不完全利用。因此,研究能直接利用(减少中间过程)三重态激子发光的纯有机材料,即室温磷光材料,其兼具高效率 and 低成本两大优势,不仅具有重要的基础科学意义,而且有望发展实用价值的材料体系。

[0003] 但是,纯有机材料体系表现出室温磷光现象是非常少见的,尤其是其发光效率相当低,严重限制了室温磷光材料体系的研究和发展,更谈不上其在有机电致发光器件方面的应用。究其原因,纯有机材料中由于普遍缺少重原子效应,自旋轨道耦合强度非常小,系间窜越发生困难。加之,在室温条件下,非辐射跃迁过程的竞争,增强的磷光发射更加困难。因此,通常两种思路被采用增强室温磷光发射。一方面,利用重原子效应(卤素、氘代)或杂原子(N、O、S)孤对电子 $n \rightarrow \pi$ 跃迁,增强自旋轨道耦合,提高系间窜越速率,增大磷光辐射速率 $k_r$ ( $T_1 \rightarrow S_0$ )。另一方面,通过增强体系刚性,降低非辐射速率 $k_{nr}$ ( $T_1 \rightarrow S_0$ )。例如, Kim等(O. Bolton, K. Lee, et al. Nature Chemistry 2011, 3, 207-212)通过晶体设计以及直接的重原子效应,实现了蓝、绿、黄、橙等多种颜色的室温磷光发射。Adachi等(S. Hirata, K. Totani, et al. Adv. Funct. Mater. 2013, 23, 3386-3397)通过将有机小分子重氢化后掺杂到无定型的主体分子中来实现有机小分子室温磷光发射。唐本忠院士研究组(W. Z. Yuan, X. Y. Shen, et al. J. Phys. Chem. C 2010, 114, 6090-6099)最早通过抑制分子的振动和转动在晶体状态下实现室温磷光的发射。

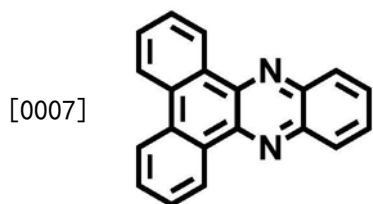
[0004] 然而,针对纯有机室温电致磷光器件目标,上述体系依然存在一些问题。一方面,对于含重原子的室温磷光材料体系,连接溴或碘原子的共价卤键在带电状态下易被分解,材料稳定性差;纯氘代体系的成本相当昂贵。另一方面,对于晶体诱导的室温磷光发射体系,在电致发光薄膜中,晶体的堆积方式被破坏,室温磷光发射大大降低;一些体系只能在

无氧条件下才能观测到室温磷光,这种需要特定环境的磷光发射体系大大限制了其电致磷光器件方面的应用。综上所述,引入杂原子,构筑孤对电子 $n \rightarrow \pi$ 跃迁,增强自旋轨道耦合,是实现纯有机室温磷光材料及其电致磷光器件的一个可行方案。这类室温磷光材料体系不仅合成简单,成本低廉,而且稳定性好,受环境影响较少,值得深入研究。

### 发明内容

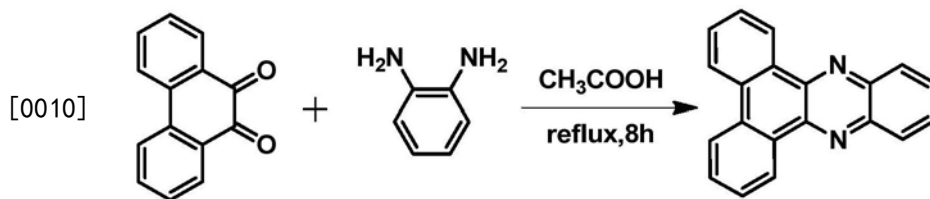
[0005] 本发明的发明人发现了一种纯有机的、不含重原子(如重金属原子、卤素原子、氘原子)的氮杂环室温磷光材料,从而有可能实现一种新型的高效直接利用三线态激子的纯有机电致磷光材料。

[0006] 本发明一个方面涉及下式所示的二苯并吩嗪(DPPZ)作为磷光材料,特别是室温磷光材料的用途:



[0008] 本发明的二苯并吩嗪可以是市售产品,例如由Alfa Aesar公司生产的二苯并吩嗪,也可以按照公开的方法合成,例如由Richard (Thorogood C A, Wildgoose G G, Crossley A, et al. Chemistry of Materials, 2007, 19 (20): 4964-4974.) 公开的合成方法。

[0009] 或者,本发明的二苯并吩嗪可以如下合成:



[0011] 其中,将化合物9,10-菲醌与苯二胺经环化脱水反应得到的化合物,

[0012] 所述环化脱水反应可以在例如乙酸的溶剂中回流约0.5-16小时。

[0013] 本发明的再一方面涉及一种有机电致发光器件,其中使用二苯并吩嗪作为磷光材料。在一个实施方式中,二苯并吩嗪在有机电致发光器件中用作室温磷光材料。

[0014] 所述有机电致发光器件的结构没有特别限制,可以使用现有技术中已知的有机发光器件的结构,只要能够实现电致发光功能即可。

[0015] 具体而言,所述有机发光器件包括:阳极、阴极和设置在阳极和阴极之间的一层或多层功能层,其中,所述功能层中的一层或多层使用二苯并吩嗪作为磷光材料。除了在功能层中的一层或多层中包含二苯并吩嗪作为磷光材料以外,根据本发明的有机发光器件可以使用现有技术中已知的材料和方法制备。

[0016] 二苯并吩嗪可以在有机发光器件中单独形成功能层中的一层或多层。但是,当必要时,二苯并吩嗪可以与其他材料混合来形成功能层。

[0017] 所述功能层可以包括空穴注入层、空穴传输层、空穴传输兼电子阻挡层、发光层、电子传输兼空穴阻挡层、电子传输层、电子注入层等。

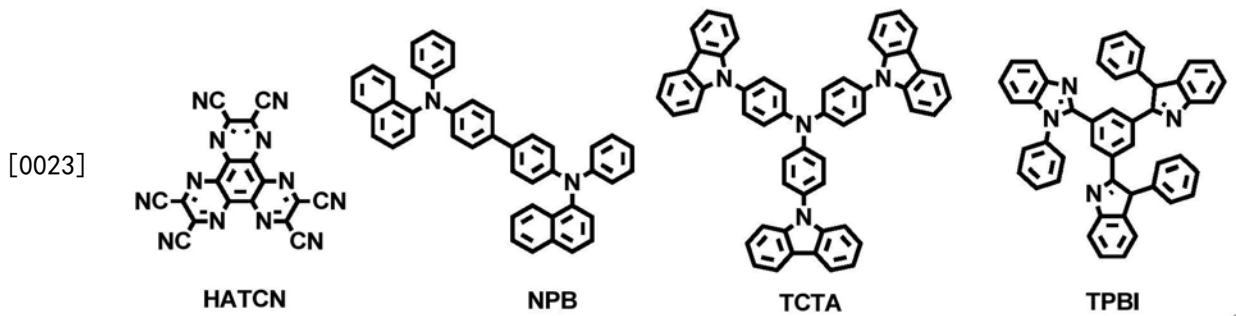
[0018] 在一个实施方式中,所述有机电致发光器件包含发光层,所述发光层使用二苯并吩嗪作为磷光材料,特别是室温磷光材料。具体而言,所述有机电致发光器件包含阳极层、发光层和阴极层,其中所述发光层使用二苯并吩嗪作为磷光材料。二苯并吩嗪可以单独用作磷光材料,或者可以用作发光层的主体材料或磷光掺杂材料。特别的,二苯并吩嗪可以用作发光层中的磷光掺杂材料。

[0019] 此外,作为用于制备发光层的其他发光材料,可以使用发红光、绿光或蓝光的材料,并且当必要时,可以混合使用两种或更多种发光材料。作为发光材料,可以使用通过结合分别由阳极和阴极注入的空穴和电子而单独发光的材料。但是,也可以使用在发光中同时涉及主体材料和掺杂剂材料的材料。

[0020] 如果二苯并吩嗪用作磷光主体材料,要一起使用的磷光掺杂材料可以使用现有技术中已知的那些磷光掺杂材料。如果二苯并吩嗪用作磷光掺杂材料,要一起使用的磷光主体材料可以使用现有技术中已知的那些磷光主体材料。例如主体材料可以选自常用的空穴传输材料和电子传输材料,例如将在下面描述的空穴传输材料和电子传输材料。

[0021] 所述有机电致发光器件的除了发光层之外的其他功能层没有限制,可以使用现有技术中已知的材料制备,只要有机电致发光器件能够实现电致发光功能即可。但是,本发明的有机发光器件在必要时可以不包括除了发光层以外的其他功能层,而且可以添加与上述功能层不同的其他必要层。

[0022] 在一个实施方式中,如图1所示,所述有机电致发光器件包括依次叠加的阳极层(例如,采用ITO导电玻璃衬底)、空穴注入层(例如由HATCN形成)、空穴传输层(例如由NPB形成)、空穴传输兼电子阻挡层(例如由TCTA形成)、发光层(例如采用二苯并吩嗪以40%质量比(基于客体材料DPPZ和主体材料TPBI的总质量)掺杂于主体材料TPBI形成)、电子传输层(例如由TPBI形成)、电子注入层(例如由LiF形成)和阴极层(例如采用Al),其中,图中的顺序代表蒸镀的顺序,能级为材料对应的电化学能级。但是,本发明的有机电致发光器件不限于上述结构。所有功能层及阴极层均可以采用真空蒸镀工艺制成,该类器件中所用到的一些功能层材料分子如下所示:



[0024] 在根据本发明的有机发光器件中,除了发光层之外的功能层的材料在下面进行举例说明,但是它们仅用于举例说明的目的,并非意图限制本发明的范围,并且可以用现有技术中已知的材料替代。

[0025] 阳极层可以采用本领域中常用的阳极材料制成。作为阳极材料,可以使用具有相对较大功函的材料,并且可以使用透明导电氧化物、金属、导电聚合物等,例如可以采用ITO导电玻璃衬底。

[0026] 空穴注入层可以采用本领域中常用的空穴注入材料。作为空穴注入材料,可以使

用现有技术中已知的空穴注入材料,例如可以采用酞菁化合物(例如铜酞菁(CuPc)),PEDOT:PSS(聚(3,4-亚乙基二氧噻吩):聚(4-苯乙烯磺酸)),HATCN(Cas No.105598-27-4),TCTA、m-MTDATA(4,4',4''-三(N-3-甲基苯基-N-苯基氨基)三苯胺)、m-MTDAPB(1,3,5-三[4-(3-甲基苯基苯基氨基)苯基]苯)、PANI/DBSA(聚苯胺/十二烷基苯磺酸)或PEDOT/PSS、PANI/CSA(聚苯胺/樟脑磺酸)或PANI/PSS(聚苯胺/聚(4-苯乙烯磺酸))、MoO<sub>3</sub>、WO<sub>3</sub>等。

[0027] 空穴传输层可以采用本领域中常用的空穴传输材料。作为空穴传输材料,可以使用吡啶啉衍生物、基于芳基胺的衍生物、芪衍生物、三苯基二胺衍生物等,并且也可以使用低分子或高分子材料,例如可以采用NPB(N,N'-二苯基-N,N'-(1-萘基)-1,1'-联苯-4,4'-二胺),TNATA,TAD,TPTE,TAPC,CBP,CzSi,m-CP,m-CBP。

[0028] 电子传输层可以采用本领域中常用的电子传输材料。作为电子传输材料,可以使用噻二唑衍生物、蒽醌二甲烷及其衍生物、苯醌及其衍生物、萘醌及其衍生物、蒽醌及其衍生物、四氰基蒽醌二甲烷及其衍生物、茚酮衍生物、二苯基二氰基乙烯及其衍生物、联苯醌衍生物、8-羟基喹啉及其衍生物的金属络合物等,并且也可以使用高分子材料和低分子材料,例如可以采用8-羟基喹啉(Alq<sub>3</sub>),BAIq,TPBI,TAZ,BCP,TpPyPb,BmPyPb。

[0029] 电子注入层可以采用本领域中常用的电子注入材料。作为电子注入材料,例如可以采用CsF、CsCo<sub>3</sub>、LiF、Liq等。

[0030] 阴极层可以采用本领域中常用的阴极材料。作为阴极材料,可以使用具有相对较小功函的材料,并且可以使用金属、金属氧化物、导电聚合物等,例如可以采用Al、Mg、Ag、Ca等金属材料。

[0031] 应当理解,本发明中制作OLED器件的目的,只是为了更好地说明本发明中二苯并吩嗪作为磷光材料具有的独特的电致发光性能,而并非是对二苯并吩嗪作为磷光材料应用的限制。

[0032] 有益效果

[0033] 本发明人发现,二苯并吩嗪是一种纯有机的氮杂环室温磷光材料,具有刚性的共平面结构,其中的氮原子中的n电子效应增强了单三线态的耦合,在粉末、旋涂薄膜中均有较强的室温磷光发射。此外,二苯并吩嗪的三线态激子非常稳定,而且寿命较短,以约5%质量的掺杂比在PMMA中制成的薄膜,在室温大气条件下依然有磷光的发射。而且,使用二苯并吩嗪制成的OLED器件,展现了一个以磷光为主的电致发光,这是目前首次观测到的现象,而且它的亮度可以达到1907cd/m<sup>2</sup>,有着稳定的发光性能。另外,通过调节掺杂比,在约25%质量的掺杂比时能取得一个CIE坐标(0.28,0.31)的白光发射,在白光照明领域有着潜在的应用。

## 附图说明

[0034] 图1:根据本发明一个实施方式的化合物DPPZ的有机电致发光器件的结构示意图;

[0035] 图2:化合物DPPZ粉末状态下的无延迟发射光谱和延迟50微秒后的发射光谱;

[0036] 图3:化合物DPPZ掺杂膜状态下的无延迟发射光谱和延迟50微秒后的发射光谱;

[0037] 图4:化合物DPPZ在40%掺杂比条件下的光致(PL)发光光谱和电致发光(EL)光谱;

[0038] 图5:化合物DPPZ在40%掺杂比条件下光致发光过程和电致发光过程示意图;

[0039] 图6:化合物DPPZ在40%掺杂比条件下电压-亮度曲线;

- [0040] 图7:化合物DPPZ在40%掺杂比条件下电压-电流密度曲线;  
[0041] 图8:化合物DPPZ在40%掺杂比条件下亮度-外量子曲线;  
[0042] 图9:化合物DPPZ在不同掺杂比条件下的EL光谱。

## 具体实施方式

[0043] 下文中,将参考实施例更详细地描述本发明,但是,应当理解的是,这些实施例仅用于举例说明的目的,并非意图限制本发明的范围。

[0044] 实验药品与试剂

[0045] 实验中所用化学试剂均由北京化学试剂公司生产,合成材料过程中所涉及化学药品均通过Adrich或Alfa公司购买直接使用。器件功能层材料均购于台湾流明科技公司(Luminescence Technology Corp.),纯度>99.5%。

[0046] 测试仪器

[0047] 核磁<sup>1</sup>H和<sup>13</sup>C波谱的测试采用AVANCZ型500M核磁共振光谱仪。

[0048] 质谱的测试采用MALDI-TOF飞行时间质谱仪。

[0049] 化合物元素含量的测试采用Flash EA 1112元素分析仪。

[0050] 荧光光谱的测定采用岛津公司生产的RF-5301PC型荧光光谱仪。

[0051] 时间分辨光谱采用的是Horiba Fluoromax-4荧光光谱仪。

[0052] 电化学能级通过BAS 100W Bioanalytical Systems型电化学工作站完成,工作电极为玻碳,对电极采用铂丝,参比采用Ag/Ag<sup>+</sup>,内标为二茂铁,溶剂为乙腈或二氯甲烷,电解质为六氟磷酸四丁基铵,浓度0.1摩尔每升,扫描速率为50-100毫伏每秒。

[0053] 寿命测试采用的是爱丁堡FLS-980设备,激发光源是375纳米的激光器。

[0054] 电致发光器件的测试采用PR650光谱仪和Keithley 2400电流电压测试仪。

[0055] 真空镀膜机:北京泰科诺科技有限公司高真空有机金属蒸发镀膜机。

[0056] 手套箱:伊特克斯惰性气体系统(北京)有限公司型号Lab2000。

[0057] 制备实施例1:化合物DPPZ的合成:

[0058] 化合物菲醌与化合物1,2-苯二胺由Aladrich试剂公司购买。将9,10-二菲醌(1.04g,5mmol)和1,2-苯二胺(0.54g,5mmol)加入到单口瓶中,之后加入乙酸(80mL)加热回流8小时。冷却至室温后,将所得混合物倒入乙醇(200mL)中,过滤,固体用乙醇洗涤3次。粗产物通过硅胶柱色谱纯化(洗脱剂:二氯甲烷),真空干燥后得到米白色固体1.12g,即DPPZ,产率为80%。

[0059] 对合成的DPPZ进行核磁<sup>1</sup>H和<sup>13</sup>C波谱、质谱和元素分析,结果如下。

[0060] <sup>1</sup>H NMR (500MHz, DMSO) δ9.32 (d, J=7.9Hz, 2H), 8.84 (d, J=8.1Hz, 2H), 8.38 (dd, J=6.4, 3.4Hz, 2H), 8.02 (dd, J=6.4, 3.3Hz, 2H), 7.92 (t, J=7.5Hz, 2H), 7.85 (t, J=7.5Hz, 2H). <sup>13</sup>C NMR (126MHz, CDCl<sub>3</sub>) δ142.60, 142.20, 132.01, 130.31, 129.68, 129.47, 127.94, 126.28, 122.92. C<sub>20</sub>H<sub>12</sub>N<sub>2</sub>质谱的理论值280.32;实际值:284.3. C<sub>20</sub>H<sub>12</sub>N<sub>2</sub>元素分析的理论值:C 85.69, H 4.31, N 9.99;实际值:C 86.15, H 4.11, N 9.92.

[0061] 实验实施例1:发射光谱测试

[0062] 采用Horiba Fluoromax-4荧光光谱仪进行了二苯并吩嗪在不同时间尺度下的发射光谱的测试。采用岛津公司生产的RF-5301PC型荧光光谱仪在室温下进行稳态发射光谱

测试。采用爱丁堡FLS-980设备,使用375纳米的激光作为激发光源检测发射荧光和磷光的寿命。

[0063] 首先测试了制备实施例1的二苯并吩嗪在四氢呋喃溶剂中室温条件下的发射,观测到一个由420纳米为主峰的荧光发射,相应的寿命小于0.2纳秒,结果如表一。之后测量了其在四氢呋喃溶液中77K条件下的发射光谱,结果表明其由短寿命的以420纳米为主峰的荧光和长寿命的以550纳米为主峰的磷光两种成分的发射组成,具体数值见表一。

[0064] 然后测试了制备实施例1的二苯并吩嗪粉末在即时条件下和延迟50微秒条件下的发射光谱,结果如表一和图2所示。参考图2,通过对比发现,寿命短的荧光成分在延迟中消失了,说明了二苯并吩嗪粉末的发射光谱在室温条件下由420纳米为主峰的荧光和以500纳米为主峰的磷光两种成分组成。

[0065] 将制备实施例1的二苯并吩嗪以5%质量比(总质量为二苯并吩嗪和PMMA质量之和)掺杂在PMMA中,用二氯甲烷溶剂溶解,之后以1500转每分钟速率旋涂在干净的石英片上制成掺杂膜。然后测试了掺杂膜在即时条件下和延迟50微秒条件下的发射光谱,结果如表1和图3所示。参考图3,结果表明掺杂膜状态下的发射由以420纳米为主峰的荧光成分和550纳米处的磷光成分组成,这与之后电致发光光谱的峰位吻合。

[0066] 表一

		$\lambda$ (nm)	寿命	百分比 (%)	
[0067]	DPPZ	四氢呋喃 (298 K)	420	<0.2 ns	
		四氢呋喃 (77 K)	420	<0.2 ns	
			550	1.4 $\mu$ s	44.74
				10.8 $\mu$ s	55.26
		粉末 (298 K)	440	<0.2 ns	
			486	13 $\mu$ s	81.60
				112 $\mu$ s	13.22
				373 $\mu$ s	5.18
			518	13 $\mu$ s	76.41
				123 $\mu$ s	17.14
				442 $\mu$ s	6.46
			560	17 $\mu$ s	35.79
				148 $\mu$ s	35.28
				675 $\mu$ s	28.93
		掺杂膜 (298 K)	440	0.3 ns	100
	550	15 $\mu$ s	73.91		
		291 $\mu$ s	18.64		
		1000 $\mu$ s	7.46		

[0068] 实验实施例2:光致发光(PL)和电致发光(EL)的发射光谱测试

[0069] 采用岛津公司生产的RF-5301PC型荧光光谱仪在室温下进行光致发光(PL)光谱测试。采用美国PR650光谱仪在室温下进行电致发光(EL)光谱测试。

[0070] 将制备实施例1的二苯并吩嗪通过真空蒸镀的方法以40%质量比(总质量为客体DPPZ和主体TPBI的质量之和)掺杂于主体材料TPBI中制备成发光层。将此发光层蒸镀在干净的石英片上,然后采用岛津公司生产的RF-5301PC型荧光光谱仪,我们得到了其在室温下

的光致发光 (PL) 光谱。将此发光层应用到有机电致发光器件中, 器件结构如图1所示, 图中给出了各功能层的次序和相应的能级, 其中电化学能级通过BAS 100W Bioanalytical Systems型电化学工作站完成测得。电致发光器件具体构筑过程见制备实施例2-6, 然后采用美国PR650光谱仪和Keithley 2400电流电压测试仪, 在12伏特电压时我们得到了其在室温下的电致发光 (EL) 光谱, 结果如图4所示。

[0071] 参考图4, PL和EL发射光谱都有着荧光发射和磷光发射, 只是相应的比例有很大的不同。

[0072] 图5是对图4两种发射过程原理的示意图。在光致发光中, 首先生成的基本都是单线态激子, 只有部分会通过隙间窜越生成三线态激子, 因此主要是荧光发射, 但是在电致发光过程中, 空穴和电子复合, 生成25%的单线态激子和75%的三线态激子, 所以磷光很强, 这也表明了本发明的二苯并吩嗪直接利用了三线态激子。

[0073] 制备实施例2-6: 使用DPPZ制备有机电致发光器件

[0074] 本实施例用下述方法制备有机电致发光器件:

[0075] ITO玻璃为购自深圳南玻显示器件科技有限公司, 型号为LOLED-S1-I2, 表面ITO薄膜厚度为1500 Å, 方块电阻约为12 Ω/sq。

[0076] 清洗ITO玻璃: 先用异丙醇, 丙酮, 甲苯, 丙酮, 异丙醇在超声浴中各自清洗20分钟, 并于烘箱中烘干备用; 蒸镀在紫外臭氧清洗机中对ITO玻璃表面处理30分钟, 然后在阳极蒸镀空穴注入层HATCN, 厚度为5nm;

[0077] 在空穴注入层HATCN上蒸镀空穴传输层NPB, 厚度为7nm;

[0078] 在空穴传输层NPB上蒸镀空穴传输层兼电子阻挡TCTA, 厚度为45nm;

[0079] 在空穴传输层TCTA上蒸镀以DPPZ为客体材料、TPBI为主体材料的掺杂发光层, 厚度为20nm;

[0080] 在掺杂发光层上蒸镀电子传输层TPBI, 厚度为25nm;

[0081] 在电子传输层TPBI上蒸镀电子注入层LiF, 厚度为1nm;

[0082] 在电子传输层上蒸镀阴极Al, 厚度为100nm。

[0083] 器件的结构是ITO/HATCN (5nm) /NPB (7nm) /TCTA (45nm) /TPBI:DPPZ (20nm) /TPBI (25nm) /LiF (1nm) /Al (100nm), 真空蒸镀的过程中, 气压 $<4.0 \times 10^{-4}$ 。

[0084] 按照上述制备方法, 在制备掺杂发光层时分别以DPPZ为5%、15%、20%、30%和40%的质量比 (基于客体材料和主体材料的总质量) 制备了制备实施例2-6的有机电致发光器件, 如下表二所示。

[0085]

制备实施例	DPPZ质量比
2	5%
3	15%
4	20%
5	30%
6	40%

[0086] 实验实施例3: 有机电致发光器件性能的评估

[0087] 采用PR650光谱仪和Keithley 2400电流电压测试仪进行有机电致发光器件的性能测试。

[0088] 测试流程如下:

[0089] 电流密度-电压-亮度特性曲线通过使用计算机控制Keithley 2400源表为器件提供不同的测试电压,并记录电流;通过PR650亮度计读取器件亮度,器件距离亮度表面的距离为2cm,器件有效发光面积为5mm<sup>2</sup>。电压从10.8V-20.8V,步长为0.4V,延迟时间为200ms。

[0090] 电流密度计算公式为:电流密度=实时电流(A)/器件有效发光面积(m<sup>2</sup>)。

[0091] 电流效率通过读取的亮度与电流密度经计算得出,计算公式为:电流效率=亮度(cd/m<sup>2</sup>)/实时电流密度(A/m<sup>2</sup>),计算得到的单位为cd/A。

[0092] 功率效率通过电流效率与实时电压经计算得出,计算公式为:功率效率=3.14×电流效率(cd/A)/实时电压(V),计算得到其单位为lm/W。

[0093] 器件电致发光光谱由PR650采得。

[0094] 外量子效率是结合电流效率、电致发光光谱、视见函数算出,计算公式:

$$[0095] \quad EQE = LE \cdot \frac{\pi \cdot e}{683 \cdot h \cdot c} \cdot \frac{\int_{380}^{780} I(\lambda) \cdot \lambda d\lambda}{\int_{380}^{780} I(\lambda) \cdot K(\lambda) d\lambda}$$

[0096] 其中LE为电流效率,I(λ)是电致光谱在各波长处的相对强度函数,K(λ)是CIE标准视见函数。

[0097] 对于上述制备实施例6制造的有机电致发光器件,在室温大气条件下进行相关数据的采集,通过处理得相应的电压-亮度曲线,电压-电流密度曲线,亮度-外量子效率曲线,结果如图6-8所示。

[0098] 图6为制备实施例6制造的有机电致发光器件的电压-亮度曲线。参考图6可知开启电压为10.8伏特,亮度随着电压升高而增大,最大亮度可达1903卡德拉。

[0099] 图7为制备实施例6制造的有机电致发光器件的电压-电流密度曲线。参考图7可知电流密度随着电压增大而增大,最高电流密度可达214.9毫安每平方厘米。

[0100] 图8为制备实施例6制造的有机电致发光器件的亮度-外量子曲线。参考图8可知外量子效率并没有随着亮度的增加出现大滚降现象,其中最大外量子效率为0.47%。

[0101] 制备实施例6制造的有机电致发光器件的性能总结在表三中。

[0102] 表三

	驱动电压	最大亮度	最大电流效率	最大功率效率	最大外量子效率	发射峰
[0103]	(V)	(cd)	(cd/A)	(lm/W)	(%)	(nm)
	10.8	1903	1.18	0.23	0.47	434/550

[0104] 此外,采用PR650光谱仪对制备实施例2-6的有机电致发光器件在室温大气条件下进行发射光谱测试,结果如图9所示。参考图9可知在有机电致发光器件中,客体二苯并吩嗪不同的质量比,会导致发射光中荧光和磷光成分的比例有所不同,而且随着客体质量比的增加,磷光成分会变强,其中在25%质量比时,取得一个CIE坐标(0.28,0.31)的单分子白光发射,表明化合物二苯并吩嗪在白光照明领域有着潜在的应用。

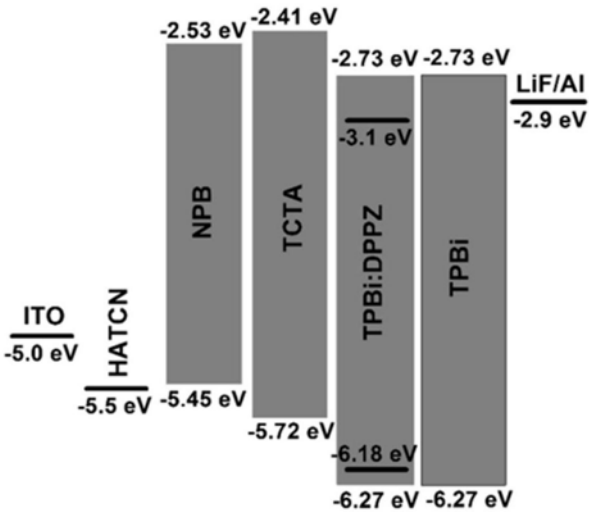


图1

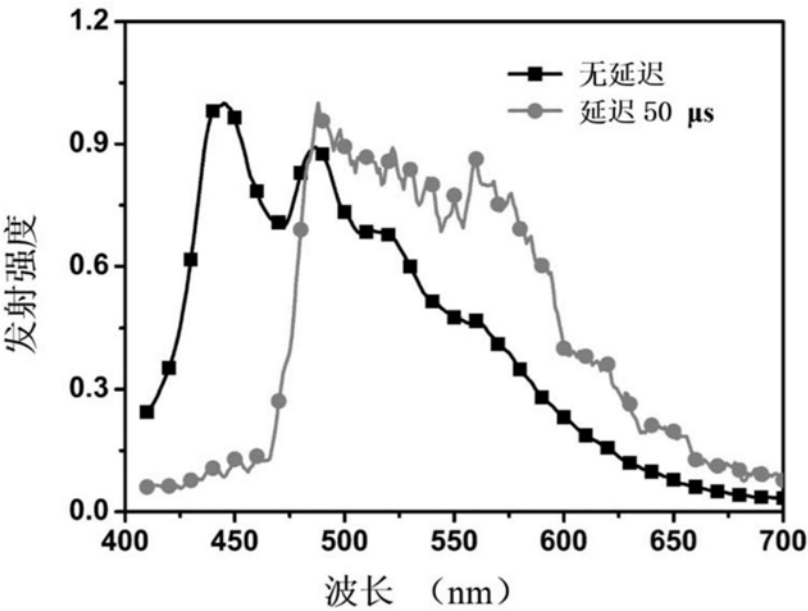


图2

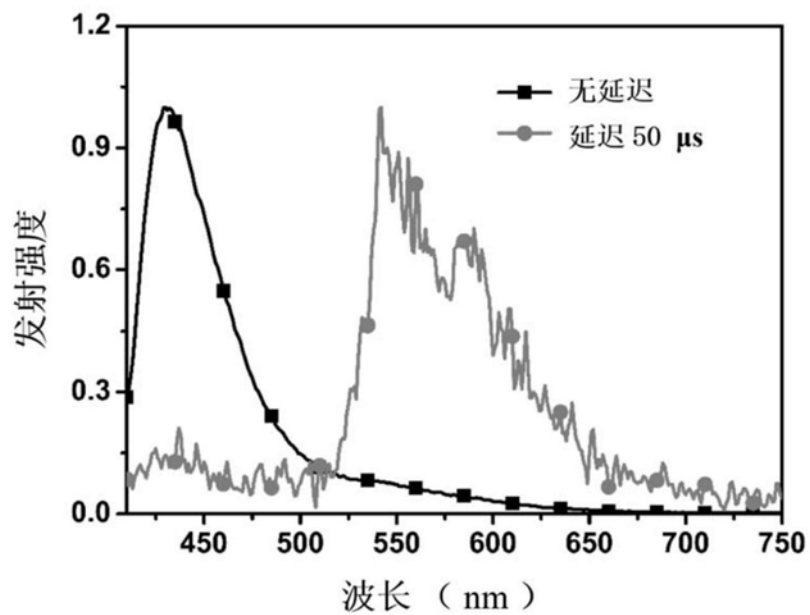


图3

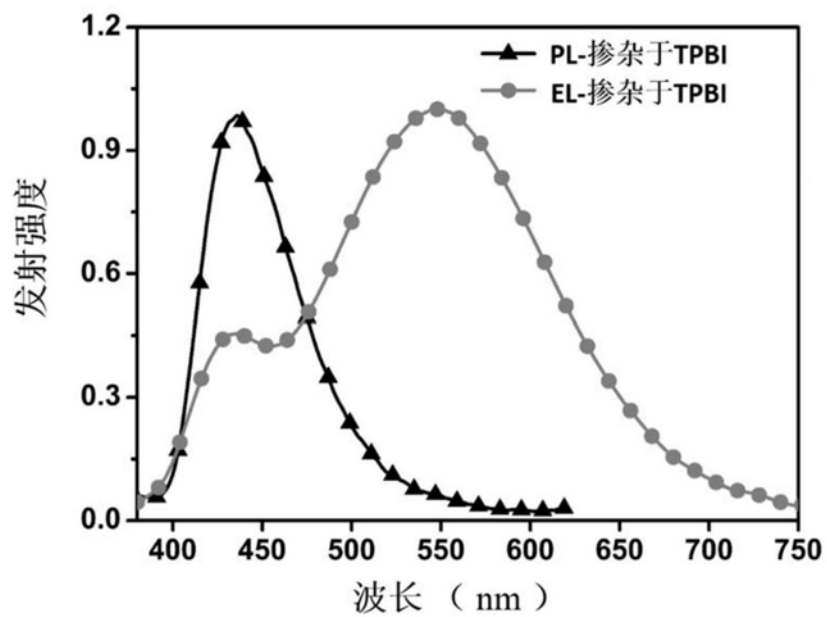


图4

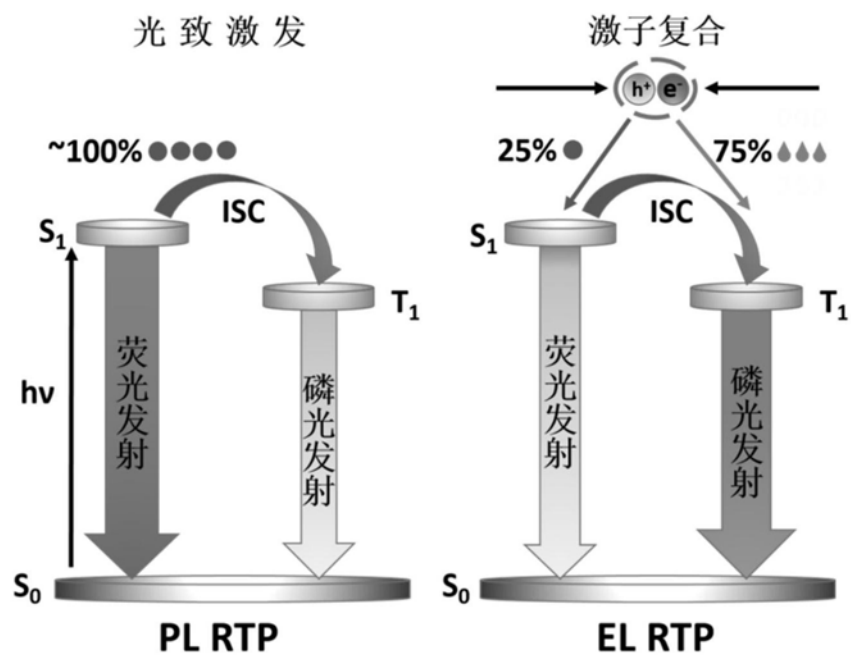


图5

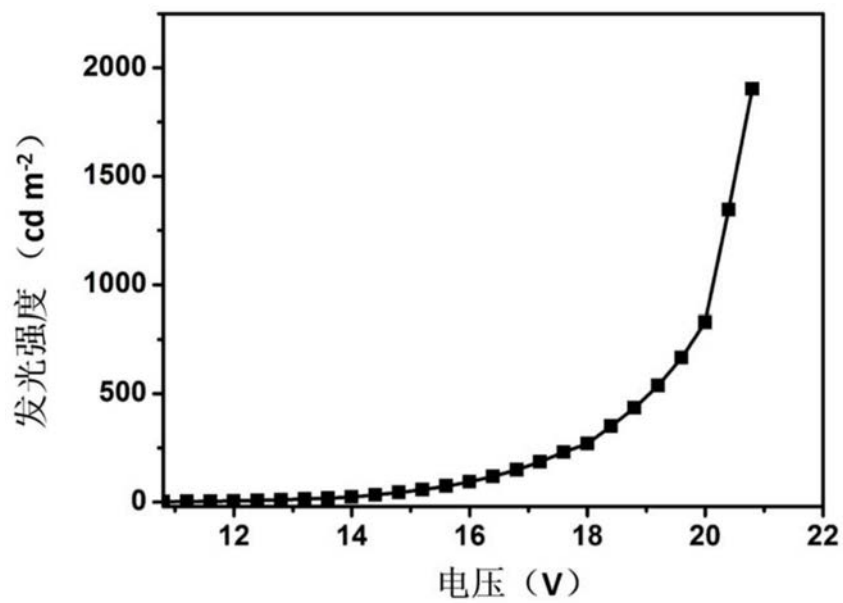


图6

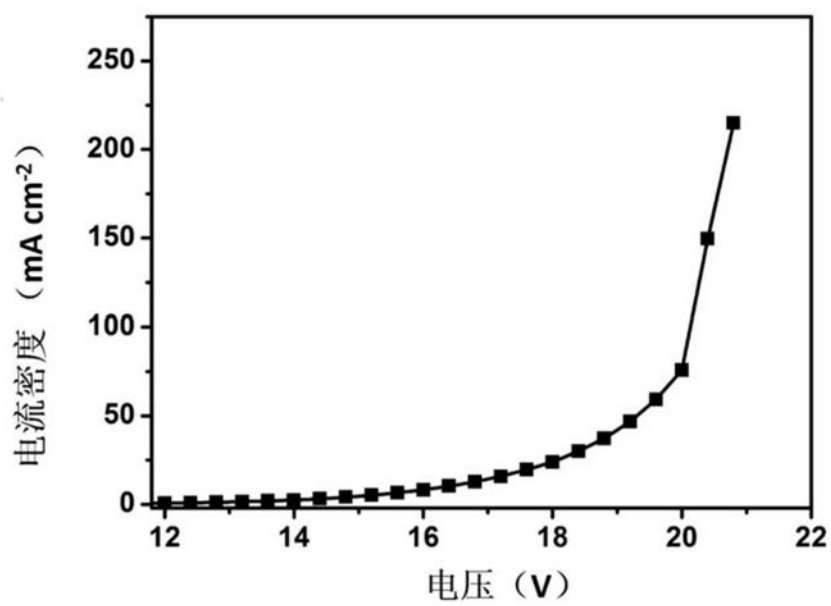


图7

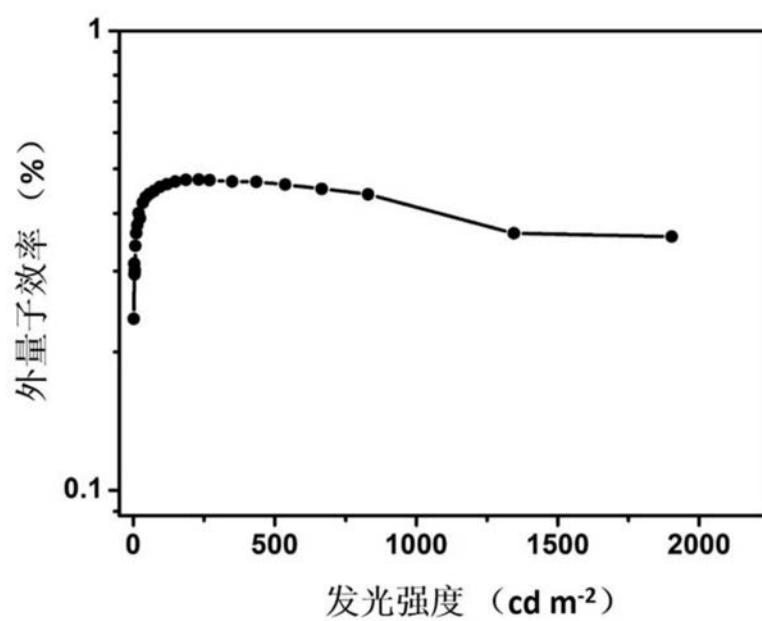


图8

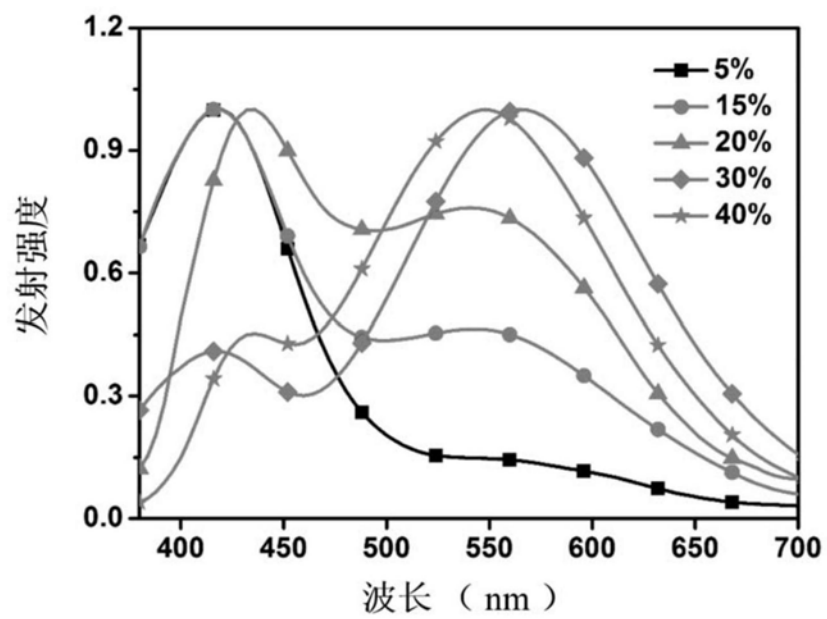


图9

专利名称(译)	二苯并吩嗪作为磷光材料的用途及包含二苯并吩嗪的电致发光器件		
公开(公告)号	<a href="#">CN108315010B</a>	公开(公告)日	2020-05-19
申请号	CN2017110035523.3	申请日	2017-01-17
[标]申请(专利权)人(译)	吉林大学		
申请(专利权)人(译)	吉林大学		
当前申请(专利权)人(译)	吉林大学		
[标]发明人	杨兵 周长江 张诗童 刘海超 高宇		
发明人	杨兵 周长江 张诗童 刘海超 高宇		
IPC分类号	C09K11/06 H01L51/54 H01L51/50		
CPC分类号	C09K11/06 C09K2211/1044 H01L51/0072 H01L51/5012		
代理人(译)	张皓 李维盈		
审查员(译)	张璐		
其他公开文献	CN108315010A		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>		

#### 摘要(译)

本发明涉及下式所示的二苯并吩嗪作为磷光材料，特别是室温磷光材料的用途。本发明还涉及使用二苯并吩嗪作为磷光材料的有机电致发光器件。二苯并吩嗪作为一种纯有机的、不含重原子的氮杂环室温磷光材料，有可能实现一种新型的高效直接激子利用的纯有机电致磷光材料。

