



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105322099 B

(45)授权公告日 2018.01.05

(21)申请号 201510863168.X

H01L 51/52(2006.01)

(22)申请日 2015.11.30

H01L 51/54(2006.01)

H01L 51/56(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105322099 A

(56)对比文件

CN 104752623 A, 2015.07.01, 说明书

【0029】-【0040】段, 附图1.

CN 104752623 A, 2015.07.01, 说明书

【0029】-【0040】段, 附图1.

CN 101728490 A, 2010.06.09, 说明书

【0057】-【0058】段.

WO 2015/022974 A1, 2015.02.19, 全文.

WO 2014/166584 A1, 2014.10.16, 全文.

(43)申请公布日 2016.02.10

(73)专利权人 华南理工大学

地址 510640 广东省广州市天河区五山路
381号

审查员 孙金岭

(72)发明人 苏仕健 李祥龙 陈东成 彭俊彪
曹镛

(74)专利代理机构 广州市华学知识产权代理有
限公司 44245

代理人 罗啸秋

(51) Int. Cl.

H01L 51/50(2006.01)

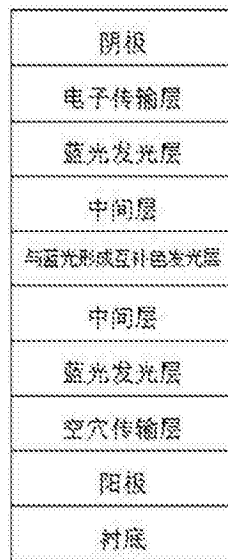
权利要求书1页 说明书6页 附图4页

(54)发明名称

一种全荧光白光有机发光二极管及其制备方法

(57)摘要

本发明属于有机光电器件技术领域,公开了一种全荧光白光有机发光二极管及其制备方法。所述发光二极管包括依次层叠的衬底、阳极、空穴传输层、蓝光发光层、中间层、与蓝光形成互补色的发光层、中间层、蓝光发光层、电子传输层和阴极。每一个对应的功能层都是由能够充当相应功能的有机半导体材料实现。本发明的全荧光白光有机发光二极管的电致发光光谱来源于不含重金属的荧光材料,具备较低的加工成本、高的发光效率和高的显色指数,理论内量子效率可以达到100%,具有良好的应用前景。



1. 一种全荧光白光有机发光二极管,其特征在于:所述发光二极管由依次层叠的衬底、阳极、空穴传输层、蓝光发光层、中间层、与蓝光形成互补色的发光层、中间层、蓝光发光层、电子传输层和阴极构成;其中所述蓝光发光层材料为NI-1-PhTPA,与蓝光形成互补色的发光层材料为6wt%热活化延迟荧光材料PXZDSO₂与CBP的共混膜;或所述蓝光发光层材料为CBP与10wt%NI-1-PhTPA的共混,与蓝光形成互补色的发光层材料为CBP与5wt%PXZDSO₂和0.35wt%DBP的共混。

2. 根据权利要求1所述的一种全荧光白光有机发光二极管,其特征在于:所述的衬底为玻璃、石英、蓝宝石、聚酰亚胺、聚对苯二甲酸乙二醇酯、聚乙烯对苯二甲酸酯、聚萘二甲酸乙二醇酯、金属、合金或不锈钢薄膜;所述的阳极和阴极为金属、金属氧化物、聚(3,4-亚乙二氧基噻吩)-聚(苯乙烯磺酸)或其改性产物。

3. 根据权利要求2所述的一种全荧光白光有机发光二极管,其特征在于:所述的金属是指铝、银、金或银镁合金;所述的金属氧化物是指氧化铟锡、掺氟二氧化锡、氧化锌和铟镓锌氧化物中的一种或两种以上的组合。

4. 根据权利要求1所述的一种全荧光白光有机发光二极管,其特征在于:所述的空穴传输层为单层,或加入电子、激子阻挡层的多层;所述的电子传输层为单层,或加入空穴、激子阻挡层的多层。

5. 根据权利要求1所述的一种全荧光白光有机发光二极管,其特征在于:所述的中间层为可担当阻止蓝光发光层和其互补色发光层之间的不良相互作用的功能层,该功能层由共混或非共混的有机半导体材料制备而成。

6. 根据权利要求1所述的一种全荧光白光有机发光二极管,其特征在于:所述的阳极与空穴传输层之间还加入一层阳极缓冲层;所述阴极与电子传输层之间还加入一层阴极缓冲层。

7. 权利要求1~6任一项所述的一种全荧光白光有机发光二极管的制备方法,其特征在于,包括以下步骤:取带有阳极层的衬底材料,然后在阳极层上依次制备空穴传输层、蓝光发光层、中间层、与蓝光形成互补色的发光层、中间层、蓝光发光层、电子传输层和阴极,得到所述全荧光白光有机发光二极管。

8. 根据权利要求7所述的一种全荧光白光有机发光二极管的制备方法,其特征在于:所述制备的方法包括热蒸镀、旋涂、刷涂、喷涂、浸涂、辊涂、印刷或喷墨打印中一种或两种以上相结合的方法。

一种全荧光白光有机发光二极管及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明属于有机光电器件技术领域,具体涉及一种全荧光白光有机发光二极管及其制备方法。

背景技术

[0002] 20世纪60年代,通过对单晶蒽施加偏电压,人们第一次观察到有机电致发光现象。国际上有机发光二极管器件的大规模研发始于20世纪80年代末。1987年美国柯达公司的邓青云博士等发明了三明治型有机双层薄膜电致发光器件(专利US4356429),标志着有机电致发光技术进入了孕育实用化时代。他们原创地构建了一个包含空穴传输层TPD(N,N'-diphenyl-N,N'-bis(3-methphenyl)1,1'-biphenyl-4,4'-diamine)和电子传输层Alq₃(tris(8-hydroxyquinolato)aluminum)的双层器件结构,由于器件结构中同时含有空穴注入/传输层和电子注入/传输层,大大降低了驱动电压,提高了载流子的复合效率,使有机发光二极管的外量子效率提高到1%,功率效率达到1.5lm/W,在小于10V的电压下亮度可达到1000cd/m²,使有机发光二极管获得了划时代的发展。有机电致发光二极管具有全固态、光谱宽(整个可见光区域)、视角宽(达170°以上)、厚度薄(纳米尺度)、可使用柔性基板、低电压直流驱动(3-10V)、功耗低、工作温度范围宽等非常吸引人的优点。另外,有机发光二极管还有自主发光和响应速度快(几十纳秒)的特点。自主发光使显示不再像液晶显示那样需要背光源,快速响应等优点又使有机发光二极管非常适合于动态视频显示。另一个液晶所没有的优点,就是有机发光二极管可制作出柔性器件,用在可穿戴设备中。同时,自主发光和快速响应的特点还使基于有机电致发光显示的图像点可以迅速完全地由亮态转换到暗态,大大提高了显示对比度。在加工方面,有机发光二极管可利用真空蒸镀(Vacuum deposition)或旋转涂布(Spin-coated)或者卷对卷(Roll-to-Roll)印刷等方法来制备薄膜,且溶液加工的方法使大面积制造工艺较简单,也可使制造成本较为低廉。因此,有机发光二极管技术在平板显示(flat panel display,FPD)和固体照明(solid state lighting,SSL)两个方向上具有极大应用潜力。

[0003] 1994年,Junji Kido等人第一次报道了白光有机发光二极管器件(Applied Physics Letters,1994,64:815),揭开了白光有机发光二极管研究的序幕。他们使用TPB(1,1',4,4'-tetraphenyl-1,3-butadiene)做蓝光客体、DCM-1((E)-2-(2-(4-(Dimethylamino)styryl)-6-methyl-4H-pyran-4-ylidene)malononitrile)做橙光客体、PVK(poly(N-vinylcarbazole))做主体材料,TAZ(3-(4'-tert-butylphenyl)-4-phenyl-5-(4''-biphenyl)-1,2,4-triazole)做空穴阻挡材料,Alq₃做电子注入和传输材料,器件功率效率达到0.83lm/W(10V)。随着研究的深入,白光有机发光二极管的性能也得到了稳步提高。特别是在有机发光二极管的材料体系中引入磷光材料,使得器件的内量子效率突破了25%的限制,理论上内量子效率可达100%。器件效率已从当时的极低水平发展到目前100lm/W的水平,这个效率值已超过荧光灯。随着白光有机发光二极管效率的大幅度提高,基于有机发光二极管的SSL也逐渐被许多研究者认同和看好。目前,研究人员从材料创新、

器件结构优化以及生产工艺改良等多方面着手,正朝着实现高效大面积照明与显示的目标努力。

[0004] 由于早期有机发光二极管中的电致发光均来自荧光材料,所以基于这些材料的有机发光二极管器件的内量子效率(指辐射光子数占注入载流子数的比例)一般不能突破25%的理论极限。因为电致激发条件下产生单线态和三线态激子的比例为1:3,根据自旋守恒定则,在荧光材料中,只有单线态的激子可被利用来发射光子,占激子总量的25%,另外的75%的三线态激子则没有被利用来进行发光,使得器件的最大外量子效率限制在5%-7.5%左右(光取出因子假定为0.2-0.3),这极大地制约了有机发光二极管的应用前景。1998年,吉林大学的马於光教授以及普林斯顿大学的Forrest教授等研究小组在磷光有机发光二极管器件的研制中首先取得突破(Synthetic Metals,1998,94:245;Nature,1998,395(6698):151),使得磷光有机发光二极管器件的理论最大内量子效率提升到100%成为可能。然而,磷光发光材料中含有稀有贵金属铱(Ir)、铂(Pt)、锇(Os)等,将极大制约磷光有机发光二极管器件成本的降低,同时蓝光磷光有机发光二极管器件寿命短、光色纯度差等问题也一直限制着白光有机发光二极管的发展。因而,发展和利用低成本的荧光发光材料,并且制备内量子效率达到100%的全荧光有机发光二极管器件成为有机光电领域的研究热点。2009年以来,日本九州大学Adachi教授研究组利用热活化延迟荧光机制实现了一系列高效的荧光有机发光二极管器件,其中有些器件内量子效率已经接近并达到100%,器件效率已经可以比拟磷光有机发光二极管。而且这些利用热活化延迟荧光机制工作的有机发光二极管器件大多具有较宽的发光光谱,使得器件在制作白光有机发光二极管中有着很大的优势。他们基于此制作了全热活化延迟荧光材料的白光有机发光二极管器件实现了17.6%的外量子效率(Applied Physics Letters,2014,104:233304)。但是并没有给出一个很重要白光评价指标—显色指数。这是因为他们报道的白光器件光谱覆盖不够宽,以致器件的显色指数不够理想。

[0005] 当前,基于热活化延迟荧光机制尚未实现较好性能的深蓝光和深红光材料,这在很大程度上制约了这类材料在白光器件中的应用。当前已见诸报道的深蓝光热活化延迟荧光材料是Adachi教授于2012年在《美国化学会志》上发表的编号为3的材料(Journal of American Chemistry Society,2012,134:14706),其色坐标为(0.15,0.07),基本达到了美国国家电视标准委员会(National Television Standards Committee,NTSC)制定的标准蓝光色坐标(0.14,0.08)。但是器件有个很大的缺点,外量子效率随着器件电流密度的增大滚降十分严重,而且报道中没有给出器件亮度。从已给出这方面数据的其他报道来看,此类深蓝光材料最大亮度也很低,目前无法满足应用需求。效率滚降快和亮度低这两大致命缺陷,严重制约了深蓝光热活化延迟荧光类材料的应用潜力。更为遗憾的是,从2012年至今,热活化延迟荧光在深蓝光材料开发上依然没有取得实质进展。这种情形也出现在深红光材料上。由于深蓝光和深红光材料的制约,基于全热活化延迟荧光材料的白光器件也一直没有取得显著进展。

[0006] 有鉴于蓝光磷光材料的色纯度和其高昂的成本,深蓝光热活化延迟荧光材料色纯度和效率滚降问题,传统的深蓝光荧光材料在制作白光有机发光二极管中依然扮演着重要角色(Nature,2006,440:908;Journal of Materials Chemistry C,2015,3:9233),这也是当前解决深蓝光材料问题的常见做法。另外,构筑白光有机发光二极管还需要较好的深红

光材料。鉴于磷光材料的高成本和热活化延迟荧光材料的色纯度及性能暂时不能有效解决的情况下,传统深红光荧光材料则表现出很大的优势。但是它较差的性能必须在制备白光有机发光二极管器件之前得到显著提升,以满足实现高效全荧光白光有机发光二极管器件要求。鉴于目前全荧光白光有机发光二极管器件外量子效率和显色指数均不够理想的现状,迫切需要寻求一种新的器件设计思路,基于新的器件结构实现利用传统荧光有机材料作为掺杂剂的高效率、高显色指数的全荧光白光有机发光二极管器件。

发明内容

[0007] 为了解决以上现有技术的缺点和不足之处,本发明的首要目的在于提供一种全荧光白光有机发光二极管。

[0008] 本发明的另一目的在于提供一种上述全荧光白光有机发光二极管的制备方法。

[0009] 本发明目的通过以下技术方案实现:

[0010] 一种全荧光白光有机发光二极管,包括依次层叠的衬底、阳极、空穴传输层、蓝光发光层、中间层、与蓝光形成互补色的发光层、中间层、蓝光发光层、电子传输层和阴极,其层列结构示意图如图1所示。

[0011] 所述的衬底为硬性衬底如玻璃、石英、蓝宝石等,以及柔性衬底如聚酰亚胺、聚对苯二甲酸乙二醇酯、聚乙烯对苯二酸脂、聚萘二甲酸乙二醇酯或其它聚酯类材料以及金属、合金或不锈钢薄膜等。

[0012] 所述的阳极和阴极为金属或者金属氧化物或者聚(3,4-亚乙二氧基噻吩)-聚(苯乙烯磺酸)(PEDOT:PSS)类及其改性产物;所述的金属是指铝、银镁合金、银、金等可用于充当电极的金属;所述的金属氧化物是指氧化铟锡(ITO)、掺氟二氧化锡(FTO)、氧化锌(ZnO)和铟镓锌氧化物(IGZO)等可用于充当电极的金属氧化物中的一种或两种以上的组合。

[0013] 所述空穴传输层可为单一传输层或者包含电子、激子阻挡层的多层情形。

[0014] 所述蓝光发光层的制备材料为共混或者非共混的深蓝光荧光发光材料;蓝光发光层可以为单层或多层。

[0015] 所述的中间层为可担当阻止蓝光发光层和其互补色发光层之间的不良相互作用的功能层,该功能层由共混或非共混的可充当中间层作用的有机半导体材料制备而成。

[0016] 所述与蓝光形成互补色的发光层为可与蓝光形成颜色互补进而形成白光的发光层,包括黄光发光层以实现二元白光,或绿光和红光发光层以实现三元白光,其不限于单层或是多层,其制备材料也不限于共混或是非共混;所述与蓝光形成互补色的发光层中至少含有一种热活化延迟荧光材料。

[0017] 所述电子传输层可为单一传输层或者包含空穴、激子阻挡层的多层情形。

[0018] 所述的阳极与空穴传输层之间还可加入一层阳极缓冲层(又称空穴注入层或阳极界面层);所述阴极与电子传输层之间还可加入一层阴极缓冲层(又称阴极注入层或阴极界面层)。

[0019] 上述全荧光白光有机发光二极管的制备方法,包括以下步骤:

[0020] 取带有阳极层的衬底材料,然后在阳极层上依次制备空穴传输层、蓝光发光层、中间层、与蓝光形成互补色的发光层、中间层、蓝光发光层、电子传输层和阴极,得到所述全荧光白光有机发光二极管。

[0021] 所述制备的方法包括热蒸镀、旋涂、刷涂、喷涂、浸涂、辊涂、印刷或喷墨打印中一种或两种以上相结合的方法。

[0022] 本发明的制备方法及所得到的产物具有如下优点及有益效果：

[0023] (1) 本发明所涉及的器件有机层不含有稀有贵金属元素，利于降低器件的材料成本；

[0024] (2) 本发明所涉及的器件的蓝光发光层、中间层、与蓝光形成互补色的发光层材料可以是深蓝光传统荧光材料、深红光传统荧光材料和热活化延迟荧光材料的结合，避免了使用昂贵的磷光材料和色纯度、效率滚降过快的深蓝光、深红光热活化延迟荧光材料，实现了高效率的全荧光白光有机发光二极管，为实现低成本白光有机发光二极管提供了可行的实施方案；

[0025] (3) 本发明所涉及的器件可以同时利用单线态激子发射荧光和三线态激子被热活化延迟荧光材料利用而进行辐射发光，理论内量子效率可以达到100%，进而实现高的发光效率；由于深蓝光、深红光传统荧光材料的加入，可以同时实现宽的光谱覆盖和高的显色指数。

附图说明

[0026] 图1为本发明的全荧光白光有机发光二极管的层列结构示意图；

[0027] 图2为实施例1和实施例2中所用深蓝光荧光发光层材料NI-1-PhTPA、热活化延迟荧光材料PXZDSO₂的结构式；

[0028] 图3为实施例1、实施例2得到的全荧光白光有机发光二极管的电流密度-亮度-电压特性曲线图；

[0029] 图4为实施例1、实施例2得到的全荧光白光有机发光二极管的电流效率-功率效率-亮度特性曲线图；

[0030] 图5为实施例1、实施例2得到的全荧光白光有机发光二极管的外量子效率-亮度特性曲线图；

[0031] 图6为实施例1得到的全荧光白光有机发光二极管的发光光谱图；

[0032] 图7为实施例2得到的全荧光白光有机发光二极管的发光光谱图。

具体实施方式

[0033] 下面结合实施例及附图对本发明作进一步详细的描述，但本发明的实施方式不限于此。

[0034] 实施例1

[0035] 取同批号ITO导电玻璃衬底若干，规格为30毫米×30毫米，ITO厚度约为90纳米，其方块电阻约为20欧姆/方块。依次用丙酮、微米级半导体专用洗涤剂、去离子水、异丙醇超声清理15分钟，以除去衬底表面的污垢。随后放入恒温箱中80摄氏度烘干。烘干后的ITO衬底用等离子体(plasma)起辉设备处理4分钟，进一步除去表面附着的有机杂物。随后把ITO衬底转移到无水无氧、充满高纯氮气的手套箱内。在此手套箱中，把器件装入真空镀腔中。开启机械泵和分子泵，当镀腔内真空度小于 5×10^{-4} Pa后开始热蒸镀薄膜。利用特定的掩膜版，依次蒸镀阳极缓冲层材料HAT-CN(二吡嗪并(2,3-f:2',3'-h)喹喔啉-2,3,6,7,10,11-六

睛, dipyrzino (2,3-f:2',3'-h) quinoxaline-2,3,6,7,10,11-hexacarbonitrile)、空穴传输层材料TAPC (4,4'-环己基二[N,N-二(4-甲基苯基)苯胺], di-[4-(N,N-di-p-tolyl-amino)-phenyl]cyclohexane)、深蓝光荧光发光层材料NI-1-PhTPA、中间层材料CBP (4,4'-二(9-咔唑)联苯, 4,4'-bis(carbazol-9-yl)biphenyl)、与蓝光形成互补色的发光层是6wt%热活化延迟荧光材料PXZDSO₂ (2-(4-吩恶嗪苯)-9,10-二砒噻蒽, 2-(4-phenoxazinephenyl)thianthrene-9,9',10,10'-tetraoxide)与CBP的共混膜(6wt% PXZDSO₂:CBP)、中间层材料CBP、深蓝光荧光发光层材料NI-1-PhTPA、电子传输层材料TmPyPB (3,3'-[5'-[3-(3-吡啶基)苯基][1,1':3',1''-三联苯]-3,3''-二基]二吡啶, 1,3,5-tri[(3-pyridyl)-phen-3-yl]benzene)、阴极缓冲层材料氟化锂、阴极材料金属铝。蒸镀的各个功能层的蒸镀速率和厚度由石英晶振膜厚检测仪实时监控,分别控制阳极缓冲层材料HAT-CN的厚度为5纳米、空穴传输层材料TAPC的厚度为20纳米、深蓝光荧光发光层材料NI-1-PhTPA的厚度为10纳米、中间层材料CBP的厚度为3纳米、与蓝光形成互补色的发光层(6wt%PXZDSO₂:CBP)的厚度为15纳米、中间层材料CBP的厚度为3纳米、深蓝光荧光发光层材料NI-1-PhTPA的厚度为10纳米、电子传输层材料TmPyPB的厚度为55纳米、阴极缓冲层材料氟化锂的厚度为1纳米、阴极层材料金属铝的厚度为不小于80纳米。得到全荧光白光有机发光二极管的结构为:ITO玻璃衬底/HAT-CN(5纳米)/TAPC(20纳米)/NI-1-PhTPA(10纳米)/CBP(3纳米)/6wt%PXZDSO₂:CBP(15纳米)/CBP(3纳米)/NI-1-PhTPA(10纳米)/TmPyPB(55纳米)/氟化锂(1纳米)/铝(不小于80纳米)(器件1)。

[0036] 本实施例所用深蓝光荧光发光层材料NI-1-PhTPA、热活化延迟荧光材料PXZDSO₂的结构式如图2所示。

[0037] 本实施例得到的全荧光白光有机发光二极管进行光电性能测试:

[0038] 器件制备完成后,把器件从蒸镀腔体中取出来,利用玻璃盖板,通过环氧树脂类的封装胶在手套箱中进行简单封装。然后取出空气中进行测试,测试设备为柯尼卡-美能达公司(Konica Minolta)生产的CS200亮度计,器件电流电压信息由吉时利公司(Keithley)生产的2420电源表测定。通过亮度、电流、电压等信息可分别推算出器件的电流效率、功率效率。在朗伯分布的假设前提下,根据亮度、电流密度、电致发光光谱计算器件的外量子效率。器件的电致发光光谱由PhotoResearch公司生产的PR705设备测试而得。

[0039] 本实施例得到的有机发光二极管:ITO玻璃衬底/HAT-CN(5纳米)/TAPC(20纳米)/NI-1-PhTPA(10纳米)/CBP(3纳米)/6wt%PXZDSO₂:CBP(15纳米)/CBP(3纳米)/NI-1-PhTPA(10纳米)/TmPyPB(55纳米)/氟化锂(1纳米)/铝(不小于80纳米)的电流密度-亮度-电压特性曲线图、电流效率-功率效率-亮度特性曲线图、外量子效率-亮度特性曲线图和在不同亮度下的电致发光光谱图分别如图3、图4、图5和图6所示。

[0040] 由图3~6所示的结果可知,本实施例得到的器件为高效的白光器件。来源于热活化延迟荧光黄光材料的发光峰显著呈现,光谱特征表现为深蓝光荧光发光材料和黄色热活化延迟荧光的特征发光峰。此时实现了器件最大的外量子效率为11%,接近Adachi教授等人传统荧光深蓝光和热活化延迟荧光结合的器件结果(Advanced Materials 2015,27:2019),而且他们是使用热活化延迟荧光蓝光材料实现的。本实施例的器件为深蓝光传统荧光材料非共混发光层和与蓝光形成互补色的发光层为热活化延迟荧光黄光发光层的器件类型。

[0041] 实施例2

[0042] 制备过程如同实施例1,依次蒸镀阳极缓冲层材料HAT-CN、空穴传输层材料TAPC、深蓝光荧光发光层材料CBP与10wt%NI-1-PhTPA的共混(CBP:10wt%NI-1-PhTPA)、中间层材料CBP、与蓝光形成互补色发光层材料是CBP与5wt%PXZDSO₂和0.35wt%DBP(5,10,15,20-四苯基双苯并[5,6]茚并[1,2,3-CD:1',2',3'-LM],dibenzo{[f,f']-4,4',7,7'-tetraphenyl}diindeno[1,2,3-cd:1',2',3'-lm]perylene)的共混(CBP:5wt%PXZDSO₂:0.35wt%DBP)、中间层材料CBP、深蓝光荧光发光层为共混材料CBP:10wt%NI-1-PhTPA、电子传输层材料TmPyPB、阴极缓冲层材料氟化锂、阴极材料金属铝。蒸镀的各个功能层的蒸镀速率和厚度由石英晶振膜厚检测仪实时监控,分别控制阳极缓冲层材料HAT-CN的厚度为5纳米、空穴传输层材料TAPC的厚度为20纳米、深蓝光荧光发光层材料CBP:10wt%NI-1-PhTPA的厚度为10纳米、中间层材料CBP的厚度为3纳米、与蓝光形成互补色发光层CBP:6wt%PXZDSO₂:0.35wt%DBP的厚度为15纳米、中间层材料CBP的厚度为3纳米、深蓝光荧光发光层共混材料CBP:10wt%NI-1-PhTPA的厚度为10纳米、电子传输层材料TmPyPB的厚度为55纳米、阴极缓冲层材料氟化锂的厚度为1纳米、阴极层材料金属铝的厚度不小于80纳米。得到全荧光白光有机发光二极管的结构为:ITO玻璃衬底/HAT-CN(5纳米)/TAPC(20纳米)/CBP:10wt%NI-1-PhTPA(10纳米)/CBP(3纳米)/CBP:6wt%PXZDSO₂:0.35wt%DBP(15纳米)/CBP(3纳米)/CBP:10wt%NI-1-PhTPA(10纳米)/TmPyPB(55纳米)/氟化锂(1纳米)/铝(不小于80纳米)(器件2)。该器件为深蓝光发光共混材料和与蓝光形成互补色的发光层为热活化延迟绿光材料、传统深红光荧光材料相结合的共混共发光器件类型。

[0043] 本实施例得到的发光二极管的电流密度-亮度-电压特性曲线图、电流效率-功率效率-亮度特性曲线图、外量子效率-亮度特性曲线图和电致发光光谱图分别如图3、图4、图5和图7所示。从图中结果可以看出:器件的电致发光光谱表现出NI-1-PhTPA、PXZDSO₂和DBP的特征发光峰,器件实现了超过15%的外量子效率,同时器件的显色指数在使用范围内100-1000cd/m²的亮度下高达95。出色的器件结果说明通过当下器件设计理念,有效地实现了深蓝光荧光材料、热活化延迟荧光绿光材料、被敏化的深红光传统荧光材料三者的共发光,得到了高效、高显色指数的全荧光白光二极管器件。这说明了以热活化延迟荧光材料为共主体,可实现对三线态激子的高效利用,同时其还可敏化传统深红光荧光材料,实现热活化延迟荧光材料和深红光传统荧光材料的同时发光,并最终实现三线态激子和单线态激子的有效利用。

[0044] 上述实施例为本发明较佳的实施方式,但本发明的实施方式并不受上述实施例的限制,其它的任何未背离本发明的精神实质与原理下所作的改变、修饰、替代、组合、简化,均应为等效的置换方式,都包含在本发明的保护范围之内。

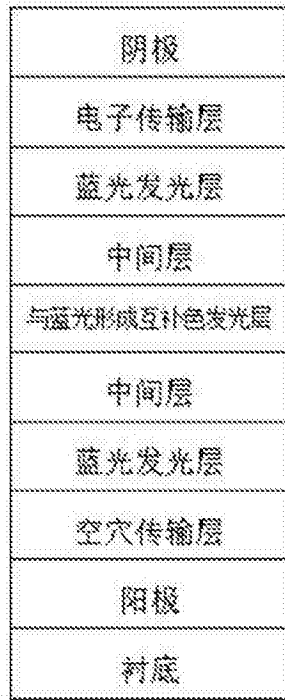
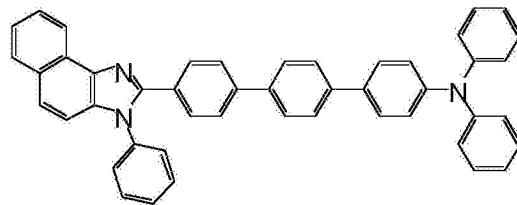
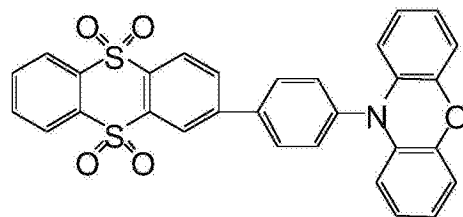


图1



NI-1-PhTPA



PXZDSO₂

图2

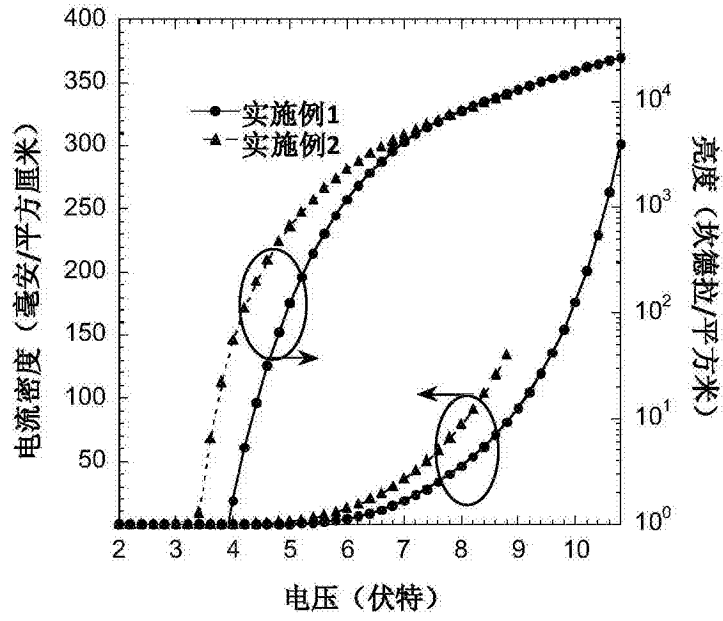


图3

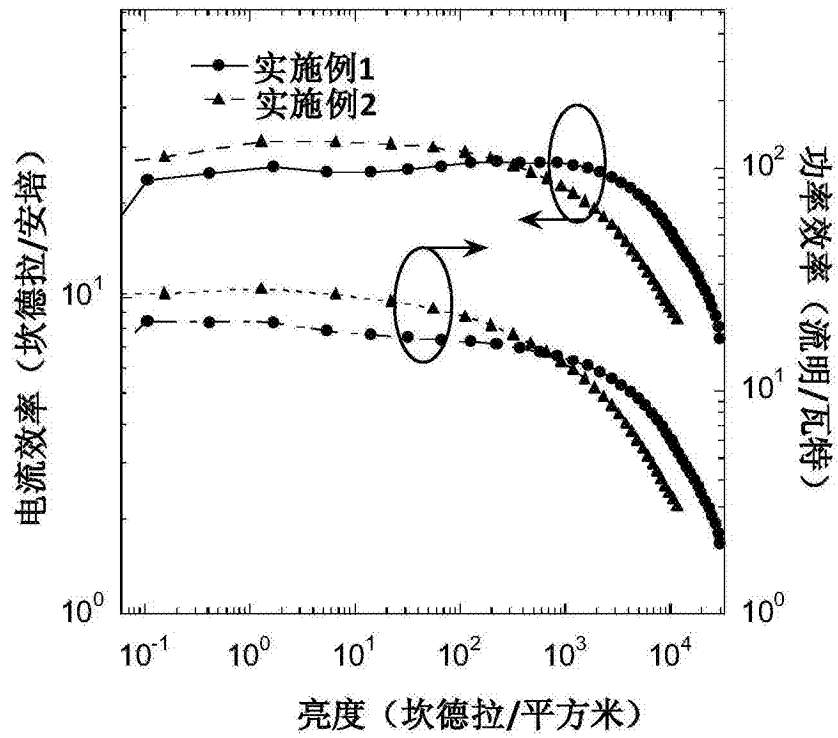


图4

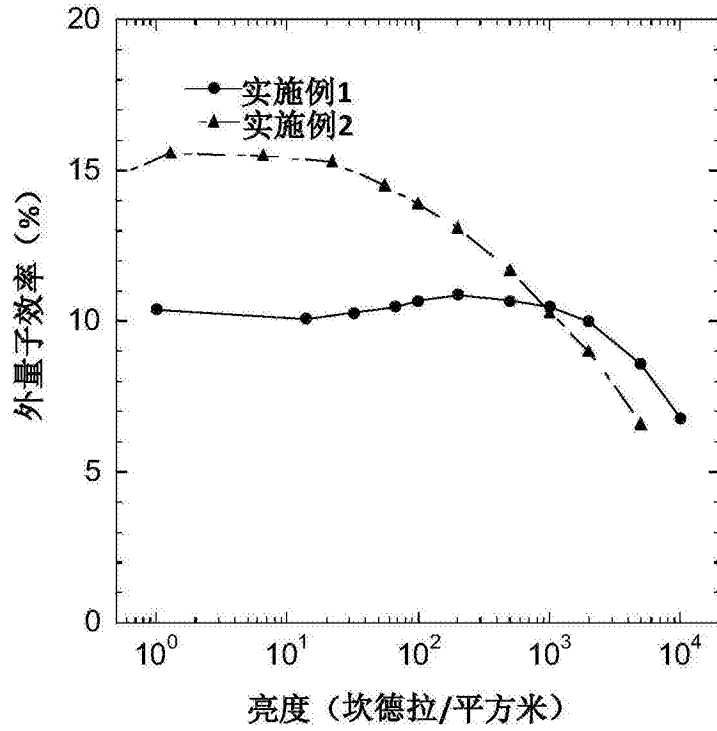


图5

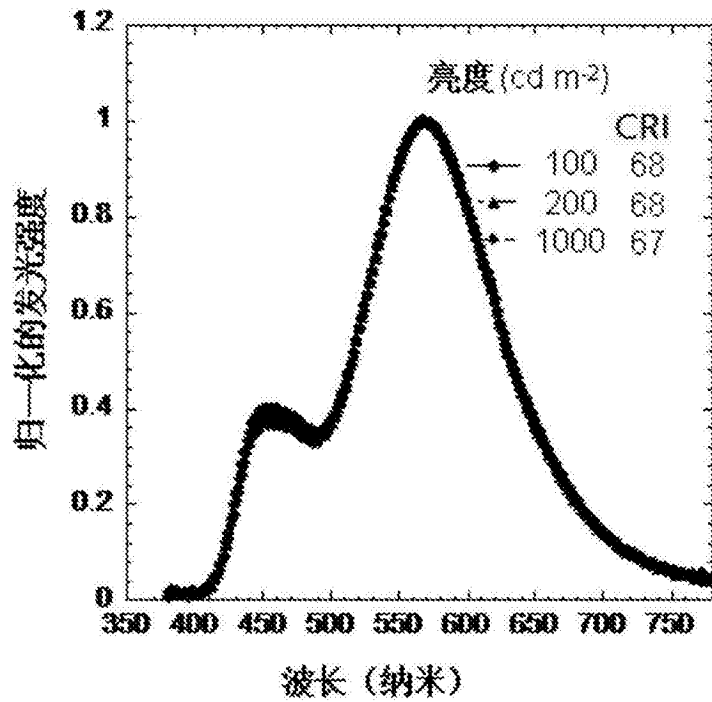


图6

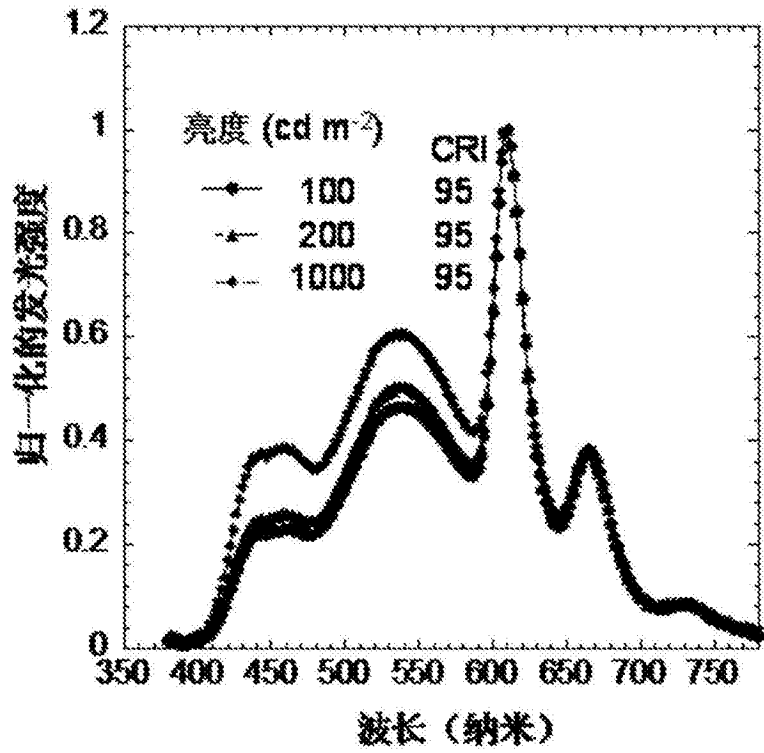


图7