

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2020 年 7 月 2 日 (02.07.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/134147 A1

(51) 国际专利分类号:
H01L 51/50 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2019/103444

(22) 国际申请日: 2019 年 8 月 29 日 (29.08.2019)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201811647837.X 2018 年 12 月 29 日 (29.12.2018) CN

(71) 申请人: **TCL 科技集团股份有限公司 (TCL TECHNOLOGY GROUP CORPORATION)** [CN/CN]; 中国广东省惠州市仲恺高新区惠风三路 17 号 TCL 科技大厦, Guangdong 516006 (CN)。

(72) 发明人: **聂志文 (NIE, Zhiwen)**; 中国广东省惠州市仲恺高新区惠风三路 17 号 TCL 科技大厦, Guangdong 516006 (CN)。 **杨一行 (YANG, Yixing)**; 中国广东省惠州市仲恺高新区惠风三路 17 号 TCL 科技大厦, Guangdong 516006 (CN)。

(74) 代理人: 深圳市君胜知识产权代理事务所 (普通合伙) (**JOHNSON INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY (SHENZHEN)**); 中国广东省深圳市南山区粤海街道高新区社区高新南七道 20 号深圳国家工程实验室大楼 A503, Guangdong 518000 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM,

(54) **Title:** QUANTUM DOT LIGHT EMITTING DIODE

(54) 发明名称: 一种量子点发光二极管

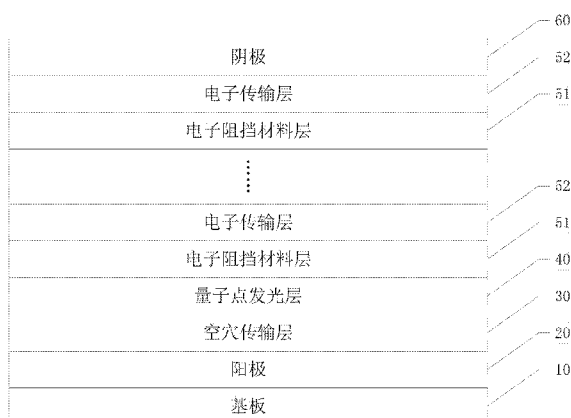


图 1

60 Cathode
52 Electron transport layer
51 Electron blocking material layer
52 Electron transport layer
51 Electron blocking material layer
40 Quantum dot light-emitting layer
30 Hole transport layer
20 Anode
10 Substrate

(57) **Abstract:** Disclosed is a quantum dot light emitting diode, comprising a cathode, an anode, and a quantum dot light emitting layer disposed therebetween. A functional layer is disposed between the cathode and the quantum dot light emitting layer. The functional layer comprises n layers of stacked functional structural units. The functional structural units are composed of alternatively stacked electron blocking material layers and electron transport layers. The electron blocking material layers in the functional structural units are disposed close to the quantum dot light-emitting layer, the electron transport layers in the functional structural units are disposed close to the cathode, and n represents an integer greater than or equal to 1. The functional layer of the quantum dot light-emitting diode of the present disclosure is arranged to reduce the transmission rate of electrons to the quantum dot light-emitting layer, so as to balance the injection rate of electrons and electron holes to increase the recombination efficiency of carriers in the quantum dot layer, and further increase the luminous efficiency, stability and service life of quantum dot light-emitting diodes.



AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布：

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要：公开一种量子点发光二极管，包括阴极、阳极以及设置在阴极和阳极之间的量子点发光层，所述阴极和量子点发光层之间设置有功能层，所述功能层包括 n 层层叠设置的功能结构单元，所述功能结构单元由层叠设置的电子阻挡材料层和电子传输层组成，所述功能结构单元中的电子阻挡材料层靠近量子点发光层设置，所述功能结构单元中的电子传输层靠近阴极设置，所述 n 为大于等于1的整数。本公开量子点发光二极管通过所述功能层的设置能够降低电子传输至量子点发光层的传输速率，从而平衡电子和空穴的注入速率，以提高载流子在量子点层中的复合效率，进而提高量子点发光二极管的发光效率、稳定性和使用寿命。

一种量子点发光二极管

技术领域

本公开涉及量子点领域，尤其涉及一种量子点发光二极管。

背景技术

量子点发光二极管（QLED）为典型的三明治结构，由电极，功能层，发光层等构成。在外加电压的激发下，载流子通过两端电极由各功能层进入到量子点进行复合形成激子，复合后的激子通过辐射跃迁的形式释放光子，从而发光。由于胶体量子点自身具有发光效率高、色纯度高、色域广、稳定性好等特性，QLED 不仅承袭了量子点的这些优异的性能，而且 QLED 还具有自发光、可视角广、可弯曲等特点，表现出极大的商业应用前景，成为新一代新型与照明显示领域的重要研究方向。同时，由于量子点本身是采用溶液法加工制备，非常适合配置成油墨，然后采用印刷、喷墨等方式实现大规模、大面积化制备。目前，经过二十多年的研究与发展，QLED 器件得到了迅速发展，并取得了显著的成果。特别是近年来由对功能层的调控转至对量子点自身的调控，对量子点进行合金化和厚壳层的生长极大的推动了 QLED 器件性能的提升。

现阶段，对于 QLED 器件而言，如何同步提升器件效率、寿命和稳定性，仍然是一个极具挑战性的难题。通常，半导体量子点普遍具有很深的 HOMO 能级，电荷在各功能层传输时存在较大的势垒，导致器件在工作时电子和空穴注入不平衡。一方面，高的载流子注入势垒会增加器件的工作电压；另一方面，不平衡的电荷注入会使得载流子在发光层内的复合几率大大降低，容易引发激子的非辐射跃迁，从而影响了器件的发光效率和寿命。

因此，现有技术还有待于改进和发展。

发明内容

鉴于上述现有技术的不足，本公开的目的在于提供一种量子点发光二极管，旨在解决现有 QLED 器件中载流子注入不平衡导致载流子在发光层内的复合几率降低，影响了器件的发光效率和寿命的问题。

本公开的技术方案如下：

一种量子点发光二极管，包括阴极、阳极以及设置在阴极和阳极之间的量子点发光层，其中，所述阴极和量子点发光层之间设置有功能层，所述功能层包括 n 层层叠设置的功能结构单元，所述功能结构单元由层叠设置的电子阻挡材料层和电子传输层组成，所述功能结构单元中的电子阻挡材料层靠近量子点发光层设置，所述功能结构单元中的电子传输层靠近阴极设置，所述 n 为大于等于 1 的整数。

有益效果：本公开提供的量子点发光二极管通过所述功能层的设置能够降低电子传输至量子点发光层的传输速率，从而平衡电子和空穴的注入速率，以提高载流子在量子点层中的复合效率，进而提高量子点发光二极管的发光效率、稳定性和使用寿命；进一步地，所述功能层中的电子阻挡材料层还可阻止电子传输层中的正交溶剂对量子点发光层的光学性能产生不利影响。

附图说明

图 1 为本公开一种量子点发光二极管较佳实施例的结构示意图。

图 2 为本公开量子点发光二极管的能带结构示意图。

图 3 为本公开实施方式的一种量子点发光二极管的制备方法工艺流程图。

具体实施方式

本公开提供一种量子点发光二极管，为使本公开的目的、技术方案及效果更加清楚、明确，以下对本公开进一步详细说明。应当理解，此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本公开，并不用于限定本公开。

量子点发光二极管有多种形式，且所述量子点发光二极管分为正型结构和反型结构，在一些实施方式中，所述正型结构的量子点发光二极管包括从下至上层叠设置的基板、阳极、量子点发光层、电子传输层以及阴极。在本公开的又一实施方式中，所述基板可以包括衬底、层叠设置在衬底表面的阳极和层叠设置在阳极的空穴注入层；在本公开的又一种实施方式中，所述基板可以包括衬底、层叠设置在衬底表面的阳极、层叠设置在阳极表面的空穴注入层和层叠设置在空穴注入层表面的空穴传输层。

在一些实施方式中,所述反型结构的量子点发光二极管可包括从下往上层叠设置的基板、阴极、量子点发光层以及阳极。在本公开的一种实施方式中,所述基板可以包括衬底、层叠设置在衬底表面的阴极和层叠设置在阴极表面的电子注入层;在本公开的又一种实施方式中,所述基板可以包括衬底、层叠设置在衬底表面的阴极、层叠设置在阴极表面的电子注入层和层叠设置在电子注入层表面的电子传输层;在本公开的还一种实施方式中,所述基板可以包括衬底、层叠设置在衬底表面的阴极、层叠设置在阴极表面的电子注入层、层叠设置在电子注入层表面的电子传输层和层叠设置在电子传输层表面的空穴阻挡层。

本公开提供一种量子点发光二极管,其包括阴极、阳极以及设置在阴极和阳极之间的量子点发光层,所述阴极和量子点发光层之间设置有功能层,所述功能层包括 n 层层叠设置的功能结构单元,所述功能结构单元由层叠设置的电子阻挡材料层和电子传输层组成,所述功能结构单元中的电子阻挡材料层靠近量子点发光层设置,所述功能结构单元中的电子传输层靠近阴极设置,所述 n 为大于等于 1 的整数。

对于量子点发光二极管而言,电子从阴极传输至量子点发光层的过程中,电子在各传输层的 LUMO 能级越深,电子传输时的势垒越大,电子隧穿过该传输层时所需要的能量越高,导致电子传输速率越慢。本实施例通过在阴极和量子点发光层之间设置功能层,所述功能层包括 n 层层叠设置的功能结构单元,所述功能结构单元由层叠设置的电子阻挡材料层和电子传输层组成,所述功能结构单元能够有效降低电子的传输速率,从而平衡电子和空穴的注入速率,以提高载流子在量子点发光层中的复合效率,进而提高量子点发光二极管的发光效率、稳定性和使用寿命。

在一些实施方式中,所述电子阻挡材料层的材料选自 PVK、Poly-TPD、NPB、TCTA、TAPC、CBP、TFB 和 DNA 中的一种或多种,但不限于此。

在一些实施方式中,所述电子阻挡材料层的材料选自化合物掺杂的 PVK、Poly-TPD、NPB、TCTA、TAPC、CBP、TFB 和 DNA 中的一种或多种,所述化合物选自 Li-TFSI、NiO、CuSCN、MoO₃、CuO、V₂O₅ 或 CuS 中的一种,但不限于此。

在一些实施方式中,所述电子阻挡材料层的 LUMO 能级为 -2.0~-5.0 eV。

本公开的具体实施方式中将主要以如图 1 所示的正型结构的量子点发光二极管为例进行介绍。具体的，如图 1 所示，所述正型结构的量子点发光二极管包括从下至上层叠设置的基板 10、阳极 20、空穴传输层 30、量子点发光层 40、功能层以及阴极 60，所述功能层包括 n 层层叠设置的功能结构单元，所述功能结构单元由层叠设置的电子阻挡材料层 51 和电子传输层 52 组成，所述功能结构单元中的电子阻挡材料层 51 靠近量子点发光层设置，所述功能结构单元中的电子传输层 52 靠近阴极设置，所述 n 为大于等于 2 的整数，且所述 n 层功能结构单元中的相邻两层功能结构单元中，靠近阴极的电子阻挡材料层材料的 LUMO 能级大于靠近量子点发光层的电子阻挡材料层材料的 LUMO 能级。

本实施例量子点发光二极管通过所述功能层的设置能够有效平衡电子和空穴的注入速率，从而提高载流子在量子点发光层中的复合效率，进而提高量子点发光二极管的发光效率、稳定性和使用寿命。实现上述效果的机理具体如下：

对于量子点发光二极管而言，电子从阴极传输至量子点发光层的过程中，电子在各传输层的 LUMO 能级越深，电子传输时的势垒越大，电子隧穿过该传输层时所需要的能量越高，导致电子传输速率越慢；本实施例所述功能层包括 n 层层叠设置的功能结构单元，所述功能结构单元由层叠设置的电子阻挡材料层和电子传输层组成，所述功能结构单元中的电子阻挡材料层靠近量子点发光层设置，所述功能结构单元中的电子传输层靠近阴极设置，所述 n 为大于等于 2 的整数，且所述 n 层功能结构单元中的相邻两层功能结构单元中，靠近阴极的电子阻挡材料层材料的 LUMO 能级大于靠近量子点发光层的电子阻挡材料层材料的 LUMO 能级。如图 2 所示，当电子从阴极传输至量子点发光层的过程中，所述电子需要先隧穿 LUMO 能级最大的电子阻挡材料层，此时所需要克服的电子势垒最大；然后再隧穿 LUMO 能级依次减小的电子阻挡材料层到达量子点发光层；所述阶梯式的电子阻挡材料层非常有利于缓解过量电子在量子点发光层中大量积累，有利于减缓电子的传输性能，因此，沿阴极至阳极的方向，随着电子阻挡材料层的 LUMO 能级的不断减少，电子的传输效率将逐步降低。本公开量子点发光二极管通过所述功能层的设置能够降低电子传输至量子点发光层的传输速率，从而平衡电子和空穴的注入速率，以提高载流子在量子点层中的复合效率，进而提高量子点发光二极管的发光效率、稳定性和使用寿命；进一步地，所述功能层中的电

子阻挡材料层还可阻止电子传输层中的正交溶剂对量子点发光层的光学性能产生不利影响。

在一些实施方式中，所述电子阻挡材料层和电子传输层的层数相同，且所述电子阻挡材料层和电子传输层的层数均为 2-10 层。优选的，所述电子阻挡材料层和电子传输层的层数均为 2-5 层。

在一些实施方式中，所述每层电子阻挡材料层的厚度为 2-5nm。

在一些实施方式中，所述电子阻挡材料层的 LUMO 能级为 -2.0~-5.0 eV。在一些具体的实施方式中，所述 n 层功能结构单元中的相邻两层功能结构单元中，靠近阴极的电子阻挡材料层材料的 LUMO 能级大于靠近量子点发光层的电子阻挡材料层材料的 LUMO 能级，且相邻电子阻挡材料层的 LUMO 能级差为 -0.1~-0.5eV。本实施方式中，呈阶梯式能级的电子阻挡材料层不仅能够有效地减慢电子的传输速率，使得电子进入到量子点发光层和空穴进入到量子点发光层能达到一种平衡态，增加电子和空穴的复合几率；同时，也可以有效地减少过量电子在量子点发光层中积累造成量子点荧光衰减。

在一些实施方式中，电子阻挡材料层材料选自 PVK、Poly-TPD、NPB、TCTA、TAPC、CBP、TFB 和 DNA 中的一种或多种，但不限于此。

在一些实施方式中，所述电子阻挡材料层的材料选自化合物掺杂的 PVK、Poly-TPD、NPB、TCTA、TAPC、CBP、TFB 和 DNA 中的一种或多种，所述化合物选自 Li-TFSI、NiO、CuSCN、MoO₃、CuO、V₂O₅ 或 CuS 中的一种，但不限于此。在一些实施方式中，所述电子阻挡层材料选自 PVK、Poly-TPD、NPB、TCTA、TAPC、CBP、TFB 和 DNA 中的一种与 Li-TFSI，NiO、CuSCN、MoO₃、CuO、V₂O₅ 和 CuS 中的一种组成的混合材料。选择混合材料化合物掺杂的电子阻挡材料的目的是，主要是为了调整电子阻挡层电子阻挡材料层材料的 LUMO 能级，实现阶能级间的阶梯势垒，从而调整电子和空穴的传输速率，提高激子的复合效率。作为举例，所述电子阻挡材料层材料选自 PVK:Li-TFSI，PVK:NiO、PVK:CuSCN、PVK: MoO₃、PVK: CuO、PVK: V₂O₅、PVK: CuS、Poly-TPD、Poly-TPD: Li-TFSI，Poly-TPD:-NiO，Poly-TPD: CuSCN，Poly-TPD: MoO₃、Poly-TPD: CuO、Poly-TPD: V₂O₅、Poly-TPD: CuS、NPB、NPB: Li-TFSI，NPB -TPD:-NiO，NPB -TPD: CuSCN，NPB: MoO₃、NPB: CuO、NPB: V₂O₅、NPB: CuS、

TCTA、TCTA: Li-TFSI、TCTA-TPD:-NiO、TCTA-TPD: CuSCN、TCTA: MoO₃、TCTA: CuO、TCTA: V₂O₅、TCTA: CuS、TAPC、TAPC: Li-TFSI、TAPC-TPD:-NiO、TAPC-TPD: CuSCN、TAPC: MoO₃、TAPC: CuO、TAPC: V₂O₅、TAPC: CuS、CBP、CBP: Li-TFSI、CBP-TPD:-NiO、CBP-TPD: CuSCN、CBP: MoO₃、CBP: CuO、CBP: V₂O₅、CBP: CuS、TFB、TFB: Li-TFSI、TFB-TPD:-NiO、TFB-TPD: CuSCN、TFB: MoO₃、TFB: CuO、TFB: V₂O₅和 TFB: CuS 中的一种或多种，但不限于此。

在一些实施方式中，所述电子传输层材料选自 ZnO、TiO₂、Alq₃、SnO、ZrO、AlZnO、ZnSnO、BCP、TAZ、PBD、TPBI、Bphen 和 CsCO₃ 中的一种或多种，但不限于此。在一些实施方式中，所述电子传输层的厚度为 10-120nm。

在一些实施方式中，所述量子点发光层材料选自 II-VI 族化合物、III-V 族化合物和 I-III-VI 族化合物中的一种或多种，但不限于此。作为举例，所述 II-VI 族化合物选自 CdSe、CdS、CdTe、ZnSe、ZnS、CdTe、ZnTe、CdZnS、CdZnSe、CdZnTe、ZnSeS、ZnSeTe、ZnTeS、CdSeS、CdSeTe、CdTeS；CdZnSeS、CdZnSeTe 和 CdZnSTe 中的一种或多种；所述 III-V 族化合物选自 InP、InAs、GaP、GaAs、GaSb、AlN、AlP、InAsP、InNP、InNSb、GaAlNP 和 InAlNP 中的一种或多种；所述 I-III-VI 族化合物选自 CuInS₂、CuInSe₂ 和 AgInS₂ 中的一种或多种。

在一些实施方式中，所述量子点发光层的厚度为 30-120nm。

在一些实施方式中，所述阳极材料选自 Li、Ca、Ba、LiF、CsN₃、Cs₂CO₃、CsF、Ag、Mo、Al、Cu 和 Au 中的一种或多种，但不限于此。在一些实施方式中，所述阳极的厚度为 20-150nm。

在一些实施方式中，所述空穴传输层材料选自 TFB、PVK、Poly-TBP、Poly-TPD、NPB、TCTA、TAPC、CBP、PEODT；PSS、MoO₃、WO₃、NiO、CuO、V₂O₅ 和 CuS 中的一种或多种，但不限于此。在一些实施方式中，所述空穴传输层的厚度为 30-100 nm。

在一些实施方式中，所述阴极材料选自 ITO、FTO 或 ZTO 中的一种。在一些实施方式中，所述阴极的厚度为 60-130nm。

需要说明的是，本公开量子点发光二极管还可包含以下功能层中的一层或多层：设置于阳极和空穴传输层之间的空穴注入层，设置于阴极和功能层之间的电子注入层。

如图 3 所示,本公开的一些实施方式还提供一种量子点发光二极管的制备方法,包括如下步骤:

S01 提供基板;

S02 在所述基板上形成功能层,所述功能层包括 n 层层叠设置的功能结构单元,所述功能结构单元由层叠设置的电子阻挡材料层和电子传输层组成,所述功能结构单元中的电子阻挡材料层靠近量子点发光层设置,所述功能结构单元中的电子传输层靠近阴极设置,所述 n 为大于等于 2 的整数。

具体的,量子点发光二极管分正置结构和倒置结构。正置结构包括层叠设置的阳极、阴极和设置在阳极和阴极之间的量子点发光层,正置结构的阳极设置在衬底上,在阳极和量子点发光层之间还可以设置空穴传输层、空穴注入层和电子阻挡层等空穴功能层,在阴极和量子点发光层之间还可以设置电子传输层、电子注入层和空穴阻挡层等电子功能层。倒置结构包括层叠设置的阳极、阴极和设置在阳极和阴极之间的量子点发光层,倒置结构的阴极设置在衬底上,在阳极和量子点发光层之间还可以设置空穴传输层、空穴注入层和电子阻挡层等空穴功能层,在阴极和量子点发光层之间还可以设置电子传输层、电子注入层和空穴阻挡层等电子功能层。

对于正置结构而言,设置在衬底上的底电极为阳极,在本公开的一些实施方式中,所述基板可以包括衬底、层叠设置在衬底表面的底电极、和层叠设置在底电极表面的量子点发光层;在本公开的另一些实施方式中,所述阳极基板可以包括衬底、层叠设置在衬底表面的底电极、层叠设置在底电极表面的空穴传输层和层叠设置在空穴传输层表面的量子点发光层;在本公开的又一些实施方式中,所述阳极基板可以包括衬底、层叠设置在衬底表面的底电极、层叠设置在底电极表面的空穴注入层、层叠设置在空穴注入层表面的空穴传输层和层叠设置在空穴传输层表面的量子点发光层;在本公开的又一些实施方式中,所述阳极基板可以包括衬底、层叠设置在衬底表面的底电极、层叠设置在底电极表面的空穴注入层、层叠设置在空穴注入层表面的空穴传输层、层叠设置在空穴传输层表面的电子阻挡层和层叠设置在电子阻挡层表面的量子点发光层;在本公开的又一些实施方式中,所述阳极基板可以包括衬底、层叠设置在衬底表面的底电极、层叠设置在底电极表面的空穴注入层、层叠设置在空穴注入层表面的空穴传输层、层叠设置在

空穴传输层表面的电子阻挡层、层叠设置在电子阻挡层表面的量子点发光层和层叠设置在量子点发光层表面的空穴阻挡层。

对于倒置结构而言，设置在衬底上的底电极为阴极，在本公开的一些实施方式中，所述阴极基板可以为衬底上设置的底电极；在本公开的又一些实施方式中，所述基板可以包括衬底、层叠设置在衬底表面的底电极和层叠设置在底电极表面的电子注入层。

本公开的实施方式提供一种如图 1 所述正式结构的量子点发光二极管的制备方法的实施例，具体的包括以下步骤：

提供一衬底，在所述衬底上形成阳极；

在所述阳极上制备空穴传输层；

在所述空穴传输层上制备量子点发光层；

在量子点发光层上制备电子阻挡材料层，在所述电子阻挡材料层上制备电子传输层，在所述电子传输层上继续制备有一电子阻挡材料层，重复上述步骤至按预定层数在倒数第一层电子阻挡材料层上制备最后第 n 层电子传输层，制得所述功能层；

在所述发光层上制备阴极，得到所述量子点发光二极管；

其中，所述 n 为大于等于 2 的整数，且所述功能层中，相邻的两层电子阻挡材料层之间，靠近阴极的电子阻挡材料层材料的 LUMO 能级大于靠近量子点发光层的电子阻挡材料层材料的 LUMO 能级。

本公开中，各层制备方法可以是化学法或物理法，其中化学法包括但不限于化学气相沉积法、连续离子层吸附与反应法、阳极氧化法、电解沉积法、共沉淀法中的一种或多种；物理法包括但不限于溶液法（如旋涂法、印刷法、刮涂法、浸渍提拉法、浸泡法、喷涂法、滚涂法、浇铸法、狭缝式涂布法或条状涂布法等）、蒸镀法（如热蒸镀法、电子束蒸镀法、磁控溅射法或多弧离子镀膜法等）、沉积法（如物理气相沉积法、原子层沉积法、脉冲激光沉积法等）中的一种或多种。

下面通过实施例对本公开进行详细说明。

实施例 1

一种量子点发光二极管，从下至上依次包括层叠设置的衬底、阳极、空穴注入层、空穴传输层、量子点发光层、功能层和阴极，所述功能层包括交替层叠设

置的 5 层电子阻挡材料层和 5 层电子传输层,所述功能层的最底层为电子阻挡材料层且靠近量子点发光层设置,所述功能层的最顶层为电子传输层且靠近阴极设置;沿阳极至阴极的方向,所述每层电子阻挡材料层的材料依次为 PVK、掺杂有 1.5wt.%Li-TFSI 的 PVK、掺杂有 3wt.%Li-TFSI 的 PVK、4.5wt.%Li-TFSI 的 PVK 以及 6wt.%Li-TFSI 的 PVK;所述阳极为 ITO,厚度为 100nm;所述空穴注入层材料为 PEDOT:PSS,厚度为 40 nm;所述空穴传输层材料为 TFB,厚度为 80 nm;所述量子点发光层的材料为 InP/ZnS,厚度为 100nm;所述每层电子阻挡材料层的厚度为 4nm;所述每层电子传输层的材料均为 ZnO,所述每层电子传输层的厚度为 20 nm;所述阴极为 Al,厚度为 50 nm。

实施例 2

一种量子点发光二极管,从下至上依次包括层叠设置的衬底、阳极、空穴注入层、空穴传输层、量子点发光层、功能层和阴极,所述功能层包括交替层叠设置的 5 层电子阻挡材料层和 5 层电子传输层,所述功能层的最底层为电子阻挡材料层且靠近量子点发光层设置,所述功能层的最顶层为电子传输层且靠近阴极设置;沿阳极至阴极的方向,所述每层电子阻挡材料层的材料依次为 TFB、掺杂有 1.5wt.%Li-TFSI 的 TFB、掺杂有 3wt.%Li-TFSI 的 TFB、4.5wt.%Li-TFSI 的 TFB 以及 6wt.%Li-TFSI 的 TFB;所述阳极为 ITO,厚度为 100nm;所述空穴注入层材料为 PEDOT:PSS,厚度为 40 nm;所述空穴传输层材料为 TFB,厚度为 80 nm;所述量子点发光层的材料为 InP/ZnS,厚度为 40nm;所述每层电子阻挡材料层的厚度为 4nm;所述每层电子传输层材料为 SnO,所述每层电子传输层的厚度为 10 nm;所述阴极为 Al,厚度为 50 nm。

实施例 3

一种量子点发光二极管,从下至上依次包括层叠设置的衬底、阳极、空穴注入层、空穴传输层、量子点发光层、功能层和阴极,所述功能层包括交替层叠设置的 5 层电子阻挡材料层和 5 层电子传输层,所述功能层的最底层为电子阻挡材料层且靠近量子点发光层设置,所述功能层的最顶层为电子传输层且靠近阴极设置;沿阳极至阴极的方向,所述每层电子阻挡材料层的材料依次为 TCTA、掺杂有 1.5wt.% MoO₃ 的 TCTA、掺杂有 3wt.% MoO₃ 的 TCTA、4.5wt.% MoO₃ 的 TCTA 以及 6wt.% MoO₃ 的 TCTA;所述阳极为 ITO,厚度为 100nm;所述空穴注入层

材料为 PEDOT:PSS, 厚度为 40 nm; 所述空穴传输层材料为 TFB, 厚度为 80 nm; 所述量子点发光层的材料为 InP/ZnS, 厚度为 80nm; 所述每层电子阻挡材料层的厚度为 4nm; 所述每层电子传输层材料均为 TiO, 所述每层电子阻挡材料层的厚度为 15 nm; 所述阴极为 Al, 厚度为 50 nm。

实施例 4

一种量子点发光二极管, 从下至上依次包括层叠设置的衬底、阳极、空穴注入层、空穴传输层、量子点发光层、功能层和阴极, 所述功能层包括交替层叠设置的 5 层电子阻挡材料层和 5 层电子传输层, 所述功能层的最底层为电子阻挡材料层且靠近量子点发光层设置, 所述功能层的最顶层为电子传输层且靠近阴极设置; 沿阳极至阴极的方向, 所述每层电子阻挡材料层的材料依次为 PVK、掺杂有 1.5wt.%Li-TFSI 的 PVK、掺杂有 3wt.%Li-TFSI 的 PVK、4.5wt.%Li-TFSI 的 PVK 以及 6wt.%Li-TFSI 的 PVK; 所述阳极为 ITO, 厚度为 100nm; 所述空穴注入层材料为 PEDOT:PSS, 厚度为 40 nm; 所述空穴传输层材料为 TFB, 厚度为 80 nm; 所述量子点发光层的材料为 CdZnS/CdZnSe /ZnS, 厚度为 120nm; 所述每层电子阻挡材料层的厚度为 4nm; 所述电子传输层材料为 AlZnO, 所述每层电子传输层的厚度为 8 nm; 所述阴极为 Al, 厚度为 50 nm。

实施例 5

一种量子点发光二极管, 从下至上依次包括层叠设置的衬底、阳极、空穴注入层、空穴传输层、量子点发光层、功能层和阴极, 所述功能层包括交替层叠设置的 5 层电子阻挡材料层和 5 层电子传输层, 所述功能层的最底层为电子阻挡材料层且靠近量子点发光层设置, 所述功能层的最顶层为电子传输层且靠近阴极设置; 沿阳极至阴极的方向, 所述每层电子阻挡材料层的材料依次为 TFB、掺杂有 1.5wt.%Li-TFSI 的 TFB、掺杂有 3wt.%Li-TFSI 的 TFB、4.5wt.%Li-TFSI 的 TFB 以及 6wt.%Li-TFSI 的 TFB; 所述阳极为 ITO, 厚度为 100nm; 所述空穴注入层材料为 PEDOT:PSS, 厚度为 40 nm; 所述空穴传输层材料为 TFB, 厚度为 80 nm; 所述量子点发光层的材料为 CdZnS/CdZnSe /ZnS, 厚度为 30 nm; 所述每层电子阻挡材料层的厚度为 4nm; 所述每层电子传输层的材料均为 TPBI, 所述每层电子传输层的厚度为 12 nm; 所述阴极为 Al, 厚度为 50 nm。

实施例 6

一种量子点发光二极管，从下至上依次包括层叠设置的衬底、阳极、空穴注入层、空穴传输层、量子点发光层、功能层和阴极，所述功能层包括交替层叠设置的 5 层电子阻挡材料层和 5 层电子传输层，所述功能层的最底层为电子阻挡材料层且靠近量子点发光层设置，所述功能层的最顶层为电子传输层且靠近阴极设置；沿阳极至阴极的方向，所述每层电子阻挡材料层的材料依次为 TCTA、掺杂有 1.5wt.% MoO_3 的 TCTA、掺杂有 3wt.% MoO_3 的 TCTA、4.5wt.% MoO_3 的 TCTA 以及 6wt.% MoO_3 的 TCTA；所述阳极为 ITO，厚度为 100nm；所述空穴注入层材料为 PEDOT:PSS，厚度为 40 nm；所述空穴传输层材料为 TFB，厚度为 80 nm；所述量子点发光层的材料为 CdZnS/CdZnSe /ZnS，且厚度为 110nm；所述每层电子阻挡材料层的厚度为 4nm；所述每层电子传输层的材料均为 ZnO，所述每层电子传输层的厚度为 8 nm；所述阴极为 Al，厚度为 50 nm。

综上所述，本公开提供的量子点发光二极管包括设置在阴极和量子点发光层之间的功能层，所述功能层包括 n 层层叠设置的功能结构单元，所述功能结构单元由层叠设置的电子阻挡材料层和电子传输层组成，所述功能结构单元中的电子阻挡材料层靠近量子点发光层设置，所述功能结构单元中的电子传输层靠近阴极设置，所述 n 为大于等于 1 的整数。本公开量子点发光二极管通过所述功能层的设置能够降低电子传输至量子点发光层的传输速率，从而平衡电子和空穴的注入速率，以提高载流子在量子点层中的复合效率，进而提高量子点发光二极管的发光效率、稳定性和使用寿命；进一步地，所述功能层中的电子阻挡材料层还可阻止电子传输层中的正交溶剂对量子点发光层的光学性能产生不利影响。

应当理解的是，本公开的应用不限于上述的举例，对本领域普通技术人员来说，可以根据上述说明加以改进或变换，所有这些改进和变换都应属于本公开所附权利要求的保护范围。

权利要求书

1、一种量子点发光二极管，包括阴极、阳极以及设置在阴极和阳极之间的量子点发光层，其特征在于，所述阴极和量子点发光层之间设置有功能层，所述功能层包括 n 层层叠设置的功能结构单元，所述功能结构单元由层叠设置的电子阻挡材料层和电子传输层组成，所述功能结构单元中的电子阻挡材料层靠近量子点发光层设置，所述功能结构单元中的电子传输层靠近阴极设置，所述 n 为大于等于 1 的整数。

2、根据权利要求 1 所述的量子点发光二极管，其特征在于，所述电子阻挡材料层的材料选自 PVK、Poly-TPD、NPB、TCTA、TAPC、CBP、TFB 和 DNA 中的一种或多种。

3、根据权利要求 1 所述的量子点发光二极管，其特征在于，所述电子阻挡材料层的材料选自化合物掺杂的 PVK、Poly-TPD、NPB、TCTA、TAPC、CBP、TFB 和 DNA 中的一种或多种，所述化合物选自 Li-TFSI、NiO、CuSCN、MoO₃、CuO、V₂O₅ 或 CuS 中的一种。

4、根据权利要求 1 所述的量子点发光二极管，其特征在于，所述电子阻挡材料层的 LUMO 能级为 -2.0~-5.0 eV。

5、根据权利要求 1 所述的量子点发光二极管，其特征在于，所述 n 为大于等于 2 的整数，且所述 n 层功能结构单元中的相邻两层功能结构单元中，靠近阴极的电子阻挡材料层材料的 LUMO 能级大于靠近量子点发光层的电子阻挡材料层材料的 LUMO 能级。

6、根据权利要求 5 所述的量子点发光二极管，其特征在于， $2 \leq n \leq 10$ 。

7、根据权利要求 5 所述的量子点发光二极管，其特征在于， $2 \leq n \leq 5$ 。

8、根据权利要求 5 所述的量子点发光二极管，其特征在于，相邻电子阻挡材料层的 LUMO 能级差为 -0.1~-0.5 eV。

9、根据权利要求 5 所述的量子点发光二极管，其特征在于，所述每层电子阻挡材料层的厚度为 2-5nm。

10、根据权利要求 5 所述的量子点发光二极管，其特征在于，所述每层电子传输层的厚度为 10-120nm。

11、根据权利要求 5 所述的量子点发光二极管，其特征在于，所述电子传输层材料选自 ZnO、TiO₂、Alq₃、SnO、ZrO、AlZnO、InZnO、GaZnO、MgZnO、

ZnSnO、BCP、TAZ、PBD、TPBI、Bphen 和 CsCO₃ 中的一种或多种。

12、根据权利要求 1 所述的量子点发光二极管，其特征在于，所述量子点层材料选自 II-VI 族化合物、III-V 族化合物和 I-III-VI 族化合物中的一种或多种。

13、根据权利要求 1 所述的量子点发光二极管，其特征在于，所述阳极和量子点发光层之间还设置有空穴传输层，所述空穴传输层材料选自 TFB、PVK、Poly-TBP、Poly-TPD、NPB、TCTA、TAPC、CBP、PEODT、PSS、MoO₃、WO₃、NiO、CuO、V₂O₅ 和 CuS 中的一种或多种。

14、根据权利要求 13 所述的量子点发光二极管，其特征在于，所述空穴传输层的厚度为 30-100nm。

15、一种量子点发光二极管的制备方法，其特征在于，包括如下步骤：

提供基板；

在所述基板上形成功能层，所述功能层包括 n 层层叠设置的功能结构单元，所述功能结构单元由层叠设置的电子阻挡材料层和电子传输层组成，所述功能结构单元中的电子阻挡材料层靠近量子点发光层设置，所述功能结构单元中的电子传输层靠近阴极设置，所述 n 为大于等于 2 的整数。

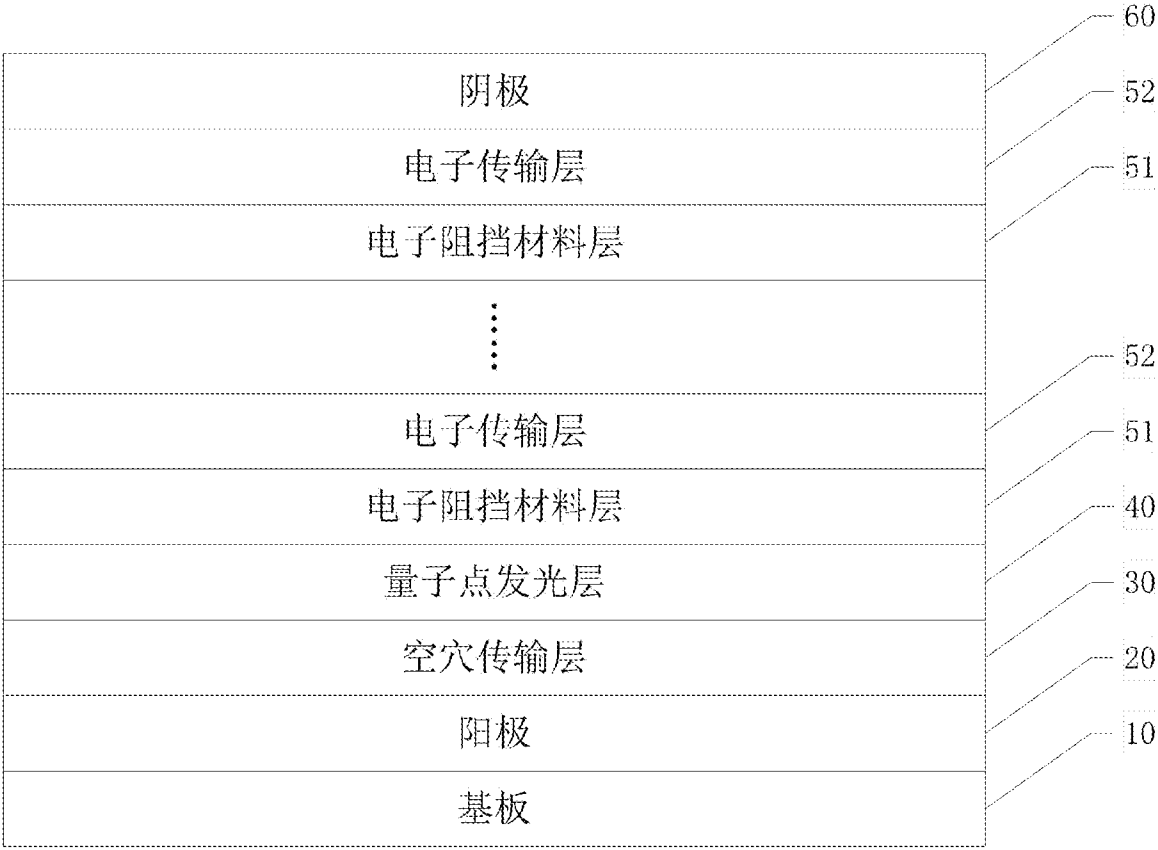


图 1

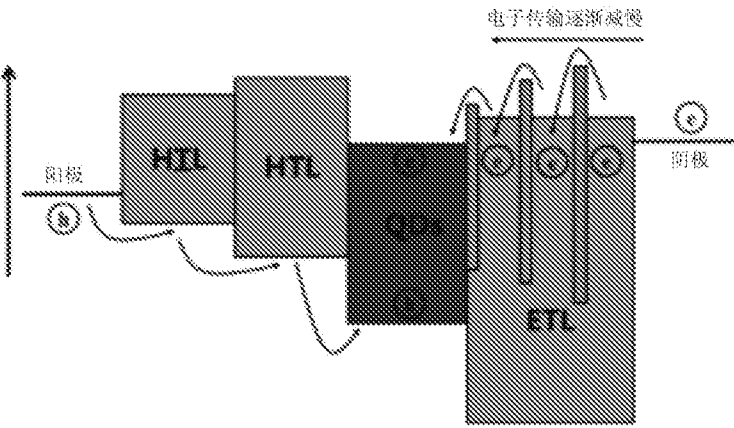


图 2

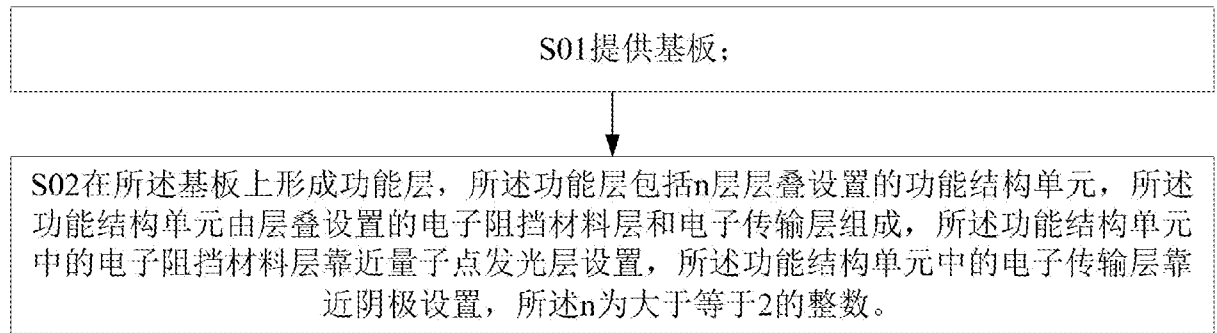


图 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/103444

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L 51/50(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNTXT; CNABS; CNKI; WOTXT; USTXT; VEN; EPTXT: 量子点, 发光二极管, 阻挡, 缓冲, 传输, quantum dot, light emitting diode, block, barrier, buffer, transport

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 106654027 A (NAJING TECHNOLOGY CO., LTD.) 10 May 2017 (2017-05-10) description, paragraphs 32-81, and figures 1-4	1-15
X	CN 105449112 A (NAJING TECHNOLOGY CO., LTD.) 30 March 2016 (2016-03-30) description, paragraphs 24-54, and figure 1	1-15
X	CN 107910449 A (TRULY (HUZHOU) SMART DISPLAY LIMITED) 13 April 2018 (2018-04-13) description, paragraphs 18-29, and figures 1-2	1-15
A	CN 105679958 A (BOE TECHNOLOGY GROUP CO., LTD.) 15 June 2016 (2016-06-15) entire document	1-15
A	CN 105322098 A (TCL CORPORATION) 10 February 2016 (2016-02-10) entire document	1-15
A	US 9905790 B2 (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 27 February 2018 (2018-02-27) entire document	1-15



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

07 November 2019

Date of mailing of the international search report

28 November 2019

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2019/103444

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	106654027	A	10 May 2017	None			
CN	105449112	A	30 March 2016	CN	105449112	B	20 April 2018
CN	107910449	A	13 April 2018	None			
CN	105679958	A	15 June 2016	US	2018205030	A1	19 July 2018
				CN	105679958	B	13 March 2018
				US	10186677	B2	22 January 2019
				WO	2017181654	A1	26 October 2017
CN	105322098	A	10 February 2016	CN	105322098	B	19 June 2018
US	9905790	B2	27 February 2018	KR	20170048965	A	10 May 2017
				EP	3163643	A1	03 May 2017
				US	2017117496	A1	27 April 2017

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/103444

A. 主题的分类 H01L 51/50 (2006.01) i 按照国际专利分类 (IPC) 或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类		
B. 检索领域 检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号) H01L 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库 (数据库的名称, 和使用的检索词 (如使用)) CNTXT; CNABS; CNKI; WOTXT; USTXT; VEN; EPTXT: 量子点, 发光二极管, 阻挡, 缓冲, 传输, quantum dot, light emitting diode, block, barrier, buffer, transport		
C. 相关文件		
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
X	CN 106654027 A (纳晶科技股份有限公司) 2017年 5月 10日 (2017 - 05 - 10) 说明书第32-81段及附图1-4	1-15
X	CN 105449112 A (纳晶科技股份有限公司) 2016年 3月 30日 (2016 - 03 - 30) 说明书第24-54段及附图1	1-15
X	CN 107910449 A (信利惠州智能显示有限公司) 2018年 4月 13日 (2018 - 04 - 13) 说明书第18-29段及附图1-2	1-15
A	CN 105679958 A (京东方科技集团股份有限公司) 2016年 6月 15日 (2016 - 06 - 15) 全文	1-15
A	CN 105322098 A (TCL集团股份有限公司) 2016年 2月 10日 (2016 - 02 - 10) 全文	1-15
A	US 9905790 B2 (SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD) 2018年 2月 27日 (2018 - 02 - 27) 全文	1-15
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。		
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件		
国际检索实际完成的日期 2019年 11月 7日		国际检索报告邮寄日期 2019年 11月 28日
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局 (ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		授权官员 赵芳 电话号码 86-(20)-28958388

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/103444

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	106654027	A	2017年 5月 10日	无			
CN	105449112	A	2016年 3月 30日	CN	105449112	B	2018年 4月 20日
CN	107910449	A	2018年 4月 13日	无			
CN	105679958	A	2016年 6月 15日	US	2018205030	A1	2018年 7月 19日
				CN	105679958	B	2018年 3月 13日
				US	10186677	B2	2019年 1月 22日
				WO	2017181654	A1	2017年 10月 26日
CN	105322098	A	2016年 2月 10日	CN	105322098	B	2018年 6月 19日
US	9905790	B2	2018年 2月 27日	KR	20170048965	A	2017年 5月 10日
				EP	3163643	A1	2017年 5月 3日
				US	2017117496	A1	2017年 4月 27日