



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110752303 A

(43)申请公布日 2020.02.04

(21)申请号 201810820053.6

(22)申请日 2018.07.24

(71)申请人 TCL集团股份有限公司

地址 516006 广东省惠州市仲恺高新技术
开发区十九号小区

(72)发明人 叶炜浩

(74)专利代理机构 深圳市君胜知识产权代理事
务所(普通合伙) 44268

代理人 王永文 刘文求

(51)Int.Cl.

H01L 51/50(2006.01)

H01L 51/54(2006.01)

B82Y 30/00(2011.01)

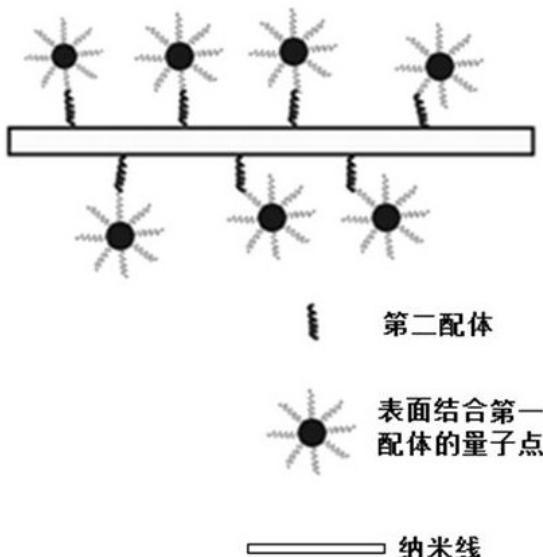
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54)发明名称

一种复合材料及其制备方法与量子点发光
二极管

(57)摘要

本发明公开一种复合材料及其制备方法与
量子点发光二极管，所述复合材料包括：量子点
和结合在所述量子点表面的第一配体；纳米线
和一端结合在所述纳米线表面的第二配体；所述第
二配体另一端与所述第一配体通过碳氮双键、酰
胺基或硫醇酯基连接；当电子传输到纳米线上时，
所述量子点通过第一配体接收传输到所述纳
米线上的电子。本发明所述复合材料中，由于纳
米线具有良好的电子运输能力，采用本发明的第
一配体能够将纳米线上的电子吸收并传输到所
述量子点上，使更多的电子传递到量子点上，从
而使量子点在电致发光过程中有更高的发光效
率，进而提高量子点在器件中的发光强度。



1. 一种复合材料,其特征在于,包括:
量子点和结合在所述量子点表面的第一配体;
纳米线和一端结合在所述纳米线表面的第二配体;
所述第二配体另一端与所述第一配体通过碳氮双键、酰胺基或硫醇酯基连接;
当电子传输到纳米线上时,所述量子点通过第一配体接收传输到所述纳米线上的电子。
2. 根据权利要求1所述的复合材料,其特征在于,所述第一配体选自β-二酮类化合物和吡啶-2,6-二羧酸及其衍生物中的一种或多种。
3. 根据权利要求2所述的复合材料,其特征在于,所述吡啶-2,6-二羧酸衍生物选自2,6-双(1-硝基-3-甲基-5-氧代-4-甲酰吡唑)吡啶、6-(N,N-二羧甲基氨基)甲酰基吡啶-2-甲酸、2,6-双(1-苯基-5-吡唑啉酮-3-基)吡啶、3-(4-甲氧基-苯甲酰乙酰)-1,5-二苯基-1H-吡唑和2,6-双(吡唑-1,5-二苯基-3-甲酰乙酰)吡啶中的一种或多种。
4. 根据权利要求2所述的复合材料,其特征在于,所述β-二酮类化合物选自苯甲酰硝基甲烷、1-(4-硝基-1-吡唑-1-基)丙酮、苯甲酰丙酮、二苯甲酰甲烷和酰代比唑啉酮中的一种或多种。
5. 根据权利要求2所述的复合材料,其特征在于,所述第一配体选自苯甲酰硝基甲烷、2,6-双(1-硝基-3-甲基-5-氧代-4-甲酰吡唑)吡啶、1-(4-硝基-1-吡唑-1-基)丙酮中的一种或多种。
6. 根据权利要求2所述的复合材料,其特征在于,所述第二配体选自硫羧酸、氨基酸及其聚合物、胺基羧酸和胺基磺酸中的一种或多种;
其中:
当所述第二配体为硫羧酸和/或巯基磺酸时,所述第一配体为吡啶-2,6-二羧酸及其衍生物时,所述第二配体中一端通过羧基和/或磺酸基结合在所述纳米线表面,所述第二配体中的另一端通过硫醇酯基与第一配体连接;
或者,当所述第二配体为胺基磺酸和/或氨基酸及其聚合物时,所述第一配体选自吡啶-2,6-二羧酸及其衍生物,所述第二配体一端的羧基和/或磺酸基结合在所述纳米线表面,所述第二配体的另一端通过酰胺基与第一配体连接;
或者,当所述第二配体为胺基磺酸和/或氨基酸及其聚合物时,所述第一配体选自β-二酮类化合物,所述第二配体一端的羧基和/或磺酸基结合在所述纳米线表面,所述第二配体的另一端通过碳氮双键与第一配体连接。
7. 根据权利要求1所述的复合材料,其特征在于,所述纳米线选自硅纳米线、碳纳米线、碲纳米线、硒纳米线、氧化锌纳米线、氧化钛纳米线、氧化锡纳米线、氧化锰纳米线、氧化铝纳米线、氧化镓纳米线、二氧化硅纳米线和氮化硅纳米线中的一种或多种。
8. 一种复合材料的制备方法,其特征在于,包括步骤:
提供量子点,所述量子点表面结合有第一配体;
提供纳米线,所述纳米线表面与第二配体的一端结合;
将所述量子点和所述纳米线混合,使所述第二配体的另一端与所述第一配体通过碳氮双键、酰胺基或硫醇酯基连接,得到所述复合材料;
其中,当电子传输到所述复合材料中的纳米线上时,所述量子点通过第一配体接收传

输到所述纳米线上的电子。

9. 根据权利要求8所述的复合材料的制备方法，其特征在于，使所述第二配体的另一端与所述第一配体通过碳氮双键、酰胺基或硫醇酯基连接的条件：反应温度为25–35°C，和/或反应时间为20–35h。

10. 一种量子点发光二极管，所述量子点发光二极管包括量子点发光层，其特征在于，所述量子点发光层的材料包括权利要求1–7任一项所述复合材料。

一种复合材料及其制备方法与量子点发光二极管

技术领域

[0001] 本发明涉及量子点技术领域，尤其涉及一种复合材料及其制备方法与量子点发光二极管。

背景技术

[0002] 现今主流的显示技术是LCD显示技术，需要用背光源，存在着功耗居高不下，结构工艺复杂，成本高等诸多缺限。当量子点取代传统的荧光粉，可极大地提升显示屏的色域。量子点在背光源模组中的应用表明，显示屏色域可从72% NTSC 提升至110% NTSC。然而，当量子点摆脱背光源技术，利用有源矩阵量子点发光二极管显示器件时，相较于传统的背光源LCD，自发光的QLED在黑色表现、高亮度条件等场景下的显示效果更加突出、功耗更小、可适应的温度范围更宽广，并可以制备色域高达130%NTSC的显示屏。

[0003] 量子点具有优异的光学性质，包括全光谱发光峰位连续可调、色纯度高、稳定性好，是一种优异的发光和光电材料。量子点显示是利用量子点的特殊性能来实现高性能、低成本的显示技术，其色域值可以高达130%NTSC色域左右，超过传统的显示技术色域的覆盖率，展现出极致画质，从而更加自然原色的展现画面。然而，量子点表面包覆着较长的油酸碳链形成势垒阻碍载流子的运动，导致器件中载流子的运输能力低，限制了其在光电器件上的应用。一维结构的纳米线由于存在量子限域效应，具有独特的电子传输性能，在室温下具有很高的电子和空穴迁移率，使得其可以作为性能优良的导电沟道材料。

发明内容

[0004] 鉴于上述现有技术的不足，本发明的目的在于提供一种复合材料及其制备方法与量子点发光二极管，旨在解决现有量子点表面包覆着较长的油酸碳链形成势垒阻碍载流子的运动，导致载流子的运输能力低，限制了其在光电器件上的应用的问题。

[0005] 本发明的技术方案如下：

一种复合材料，包括：

量子点和结合在所述量子点表面的第一配体；

纳米线和一端结合在所述纳米线表面的第二配体；

所述第二配体另一端与所述第一配体通过碳氮双键、酰胺基或硫醇酯基连接；

当电子传输到纳米线上时，所述量子点通过第一配体接收传输到所述纳米线上的电子。

[0006] 一种复合材料的制备方法，其中，包括步骤：

提供量子点，所述量子点表面结合有第一配体；

提供纳米线，所述纳米线表面与第二配体的一端结合；

将所述量子点和所述纳米线混合，使所述第二配体的另一端与所述第一配体通过碳氮双键、酰胺基或硫醇酯基连接，得到所述复合材料；

其中，当电子传输到所述复合材料中的纳米线上时，所述量子点通过第一配体接收传

输到所述纳米线上的电子。

[0007] 一种量子点发光二极管，所述量子点发光二极管包括量子点发光层，其中，所述量子点发光层的材料包括本发明所述复合材料。

[0008] 有益效果：本发明所述复合材料中，由于纳米线具有良好的电子运输能力，采用本发明的第一配体能够将传输到纳米线上的电子吸收并传输到所述量子点上，使更多的电子传递到量子点上，从而使量子点在电致发光过程中有更高的发光效率，进而提高量子点在器件中的发光强度。

附图说明

[0009] 图1为本发明提供的一种复合材料的结构示意图。

具体实施方式

[0010] 本发明提供一种复合材料及其制备方法与量子点发光二极管，为使本发明的目的、技术方案及效果更加清楚、明确，以下对本发明进一步详细说明。应当理解，此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明，并不用于限定本发明。

[0011] 本发明首先提供一种复合材料。

[0012] 在一种实施方式中，所述复合材料，如图1所示，包括：

量子点和结合在所述量子点表面的第一配体；

纳米线和一端结合在所述纳米线表面的第二配体；

所述第二配体另一端与所述第一配体通过碳氮双键、酰胺基或硫醇酯基连接；

当电子传输到纳米线上时，所述量子点通过第一配体接收传输到所述纳米线上的电子。

[0013] 所述复合材料中，由于纳米线具有良好的电子运输能力，采用本发明的第一配体能够将纳米线上的电子吸收并传输到所述量子点上，使更多的电子传递到量子点上发生能级跃迁而发光，从而使量子点在电致发光过程中有更高的发光效率，进而提高量子点在器件中的发光强度。

[0014] 第一配体增强量子点发光效率的强弱主要取决于第一配体吸收能量的强度、第一配体与量子点之间的能量传递效率。本发明的实施方式中通过在量子点表面修饰第一配体，所述量子点表面的金属离子（如 Cd^{2+} 、 Zn^{2+} ）与第一配体上的电负性较强的基团（如羧基、羰基）反应，形成金属有机物（如 $\text{RCOO}-\text{Cd}^{2+}$ ），实现量子点和第一配体的连接。在一种优选的实施方式中，所述第一配体选自吡啶-2,6-二羧酸及其衍生物和 β -二酮类化合物中的一种或多种。作为举例，所述吡啶-2,6-二羧酸衍生物选自2,6-双(1-硝基-3-甲基-5-氧代-4-甲酰吡唑)吡啶、6-(N,N-二羧甲基氨基)甲酰基吡啶-2-甲酸、2,6-双(1-苯基-5-吡唑啉酮-3-基)吡啶、3-(4-甲氧基-苯甲酰乙酰)-1,5-二苯基-1H-吡唑、2,6-双(吡唑-1,5-二苯基-3-甲酰乙酰)吡啶等中的一种或多种，但不限于此。作为举例，所述 β -二酮类化合物选自苯甲酰硝基甲烷、1-(4-硝基-1-吡唑-1-基)丙酮、苯甲酰丙酮、二苯甲酰甲烷和酰代比唑啉酮等中的一种或多种，但不限于此。

[0015] 在一种更优选的实施方式中，所述第一配体选自苯甲酰硝基甲烷、2,6-双(1-硝基-3-甲基-5-氧代-4-甲酰吡唑)吡啶和1-(4-硝基-1-吡唑-1-基)丙酮等不限于此中的一

种或多种。上述第一配体为具有强吸电子基团(即硝基)的第一配体。当第一配体含强吸电子基团时,量子点的发光效率增强更加明显,这是因为强吸电子基团的吸电子能力使第一配体带正电,这样使纳米线上的电子更趋向于带正电荷的第一配体上,从而使量子点得到更多电子,提高其发光效率。

[0016] 在无机与有机的接触面上,由于两侧分子或原子的尺度、成键类型以及化学环境均有很大的差异,因此很难形成紧密的接触,如果插入第二配体,则刚好可以在纳米线无机材料与作为有机材料的第一配体之间起到纽带的作用,能够极好地将两者形成紧密的接触。

[0017] 在一种优选的实施方式中,所述第二配体选自巯羧酸、巯基磺酸、氨基酸及其聚合物、胺基磺酸中的一种或多种。

[0018] 作为举例,所述巯羧酸选自:巯基乙酸、巯基丙酸、巯基十六酸、巯基丁二酸、2,3-二巯基丁二酸和6-巯基己酸中的一种或多种,但不限于此。

[0019] 所述巯基磺酸选自:2-巯基乙磺酸、3-巯基丙磺酸和二巯基丙磺酸中的一种或多种,但不限于此。

[0020] 所述氨基酸选自:L-半胱氨酸、对氨基苯甲酸、2-氨基环己羧酸、4-氨基环己烷-1-羧酸、2-氨基对苯二甲酸和对氨基水杨酸中的一种或多种,但不限于此。

[0021] 氨基酸聚合物选自:还原型谷胱甘肽、聚天冬氨酸、聚L-亮氨酸-L天冬氨酸、聚L-赖氨酸和牛血清蛋白等中的一种或多种,但不限于此。

[0022] 所述胺基磺酸选自:对氨基苯磺酸、3-氨基丙烷磺酸、氨基磺酸铵、苯胺-2,4-二磺酸和4-甲苯胺-2-磺酸等中的一种或多种,但不限于此。

[0023] 第二配体中的羧基、磺酸基等亲水基团的一端会紧密地结合在无机物(纳米线)表面,而巯基、氨基等亲脂基团的一端则尽量选择远离无机物位置,这样在无机物上形成一层相对亲脂的表面,可以与量子点表面的第一配体中的基团通过反应,实现第一配体和第二配体的连接。第二配体的存在有利于减少两相界面带来的电子损失,使电子更好地从纳米线进入量子点。

[0024] 本发明的实施方式中通过在纳米线表面修饰第二配体,所述第二配体中的巯基、氨基等亲脂基团与量子点上连接的第一配体中的基团反应连接,得到所述复合材料。

[0025] 当所述第二配体为巯羧酸和/或巯基磺酸时,所述第一配体为吡啶-2,6-二羧酸及其衍生物时,所述第二配体中的羧基和磺酸基结合在所述纳米线表面,所述第二配体中的巯基与所述吡啶-2,6-二羧酸及其衍生物的羧基反应连接;

当所述第二配体为氨基酸及其聚合物和/或胺基磺酸时,所述第一配体选自吡啶-2,6-二羧酸及其衍生物、 β -二酮类化合物中的一种或多种,所述第二配体中的羧基和磺酸基结合在所述纳米线表面,所述第二配体中的氨基与所述吡啶-2,6-二羧酸及其衍生物中的羧基或 β -二酮类化合物中的羰基反应连接。

[0026] 在具体的实施方式中,所述第一配体中的基团与所述第二配体中的亲脂基团之间至少可以通过以下三种反应,实现第一配体与第二配体的连接:

(1) 第一配体为吡啶-2,6-二羧酸及其衍生物,第二配体为含巯基的巯羧酸和/或巯基磺酸,巯基与羧基在催化剂作用下,脱水发生酯化反应,此过程类似醇与酸发生的酯化反应;

(2) 第一配体为吡啶-2,6-二羧酸及其衍生物,第二配体为含氨基的氨基酸及其聚合物和/或胺基磺酸,氨基与羧基在一定条件下,脱水发生酰化反应,生成酰胺类化合物;

(3) 第一配体为 β -二酮类化合物,第二配体为与含氨基的氨基酸及其聚合物和/或胺基磺酸,即酮类的羰基和氨基脱水反应(席夫碱反应),生成碳氮双键的亚胺。

[0027] 本发明复合材料中,由于纳米线的量子限域效应,使其具有较高的电子迁移能力。然而,在制备量子点过程中其表面包覆大量的有机物,与无机纳米线之间存在无机/有机界面,这对电子的传输有一定的影响。因此,在无机纳米线和量子点之间用第二配体连接,形成有机/无机缓冲层,可以减少由界面带来的能量损失。同时,利用量子点上修饰的第一配体可以有效地吸引电子并传递给量子点,从而有效地抵消有机配体与纳米线之间的界面损失,进而进一步地提高量子点的发光效率。

[0028] 在一种优选的实施方式中,所述量子点选自C、Si、CdSe、ZnSe、PbSe、CdTe、ZnO、InP、GaN、GaP、AlP、InN、ZnTe、InAs、GaAs、CaF₂、CdZnS、CdZnSe、CdSeS、PbSeS、ZnCdTe、CdS/ZnS、CdZnS/ZnS、CdZnSe/ZnSe、CdSeS/CdSeS/CdS、CdSe/CdZnSe/CdZnSe/ZnSe、CdZnSe/CdZnSe/ZnSe、CdS/CdZnS/CdZnS/ZnS、NaYF₄、NaCdF₄、CdZnSeS、CdSe/ZnS、CdZnSe/ZnS、CdSe/CdS/ZnS、CdSe/ZnSe/ZnS、CdZnSe/CdZnS/ZnS和InP/ZnS此中的一种或多种,但不限于此。

[0029] 在一种优选的实施方式中,所述纳米线选自硅纳米线、碳纳米线、碲纳米线、硒纳米线、氧化锌纳米线、氧化钛纳米线、氧化锡纳米线、氧化锰纳米线、氧化铝纳米线、氧化镓纳米线、二氧化硅纳米线和氮化硅纳米线中的一种或多种,但不限于此。由于纳米线具有良好的导电能力,可以提高量子点在器件中的发光强度。另外,由于纳米线具有出色的热学和机械性能,有利于制备优良光、机械性能的器件。

[0030] 本发明还提供一种复合材料的制备方法,其中,包括步骤:

步骤S100、提供量子点,所述量子点表面结合有第一配体;

步骤S200、提供纳米线,所述纳米线表面与第二配体的一端结合;

步骤S300、将所述量子点和所述纳米线混合,使所述第二配体的另一端与所述第一配体通过碳氮双键、酰胺基或硫醇酯基连接,得到所述复合材料;

其中,当电子传输到所述复合材料中的纳米线上时,所述量子点通过第一配体接收传输到所述纳米线上的电子。

[0031] 在一种优选的实施方式中,所述步骤S100具体包括步骤:按摩尔与质量比(1-2):1将所述第一配体与所述量子点混合于第一溶剂(如氯仿)中,搅拌反应2-4 h,然后清洗(如用乙醇进行清洗),烘干,得到表面结合第一配体的量子点。此步骤中,主要利用第一配体上的羧基、羰基等基团与量子点表面金属离子反应,形成金属有机物,实现所述第一配体与所述量子点的连接。

[0032] 在一种优选的实施方式中,所述步骤S200具体包括步骤:按摩尔与质量比(0.5-1):1将所述第二配体与所述纳米线混合于第二溶剂(如4-二氧六烷)中,分散20-40min,然后加热至70-90℃反应3-5h,最后清洗(如用乙醇进行清洗),烘干,得到表面结合第二配体的一端的纳米线。此步骤中,主要利用第二配体中的羧基、磺酸基等亲水基团与纳米线结合,使所述第二配体与所述纳米线结合。

[0033] 在一种优选的实施方式中,所述步骤S300具体包括步骤:将所述表面结合第一配体的量子点与所述表面结合第二配体的纳米线混合,25-35℃下反应20-35h,然后清洗(如

用乙醇进行清洗),得到所述复合材料。更优选的,按质量比(0.5-1):(1-2)将所述表面结合第一配体的量子点与所述表面结合第二配体的纳米线进行混合。此步骤中,主要利用第一配体上的基团与第二配体上的亲脂基团发生酯化反应、酰化反应或席夫碱反应等,使所述第一配体与所第二配体连接,从而使所述量子点接枝到所述纳米线上,得到所述复合材料。

[0034] 本发明利用具有较大比表面积的纳米线作为基体,通过在量子点表面修饰第一配体,在纳米线表面修饰第二配体,利用第一配体与第二配体的连接,使所述量子点接枝到所述纳米线上,得到所述复合材料。本发明所述复合材料具有高的电子传递效率,其发光效率得到较大的提高。

[0035] 本发明还提供一种量子点发光二极管,所述量子点发光二极管包括量子点发光层,其中,所述量子点发光层的材料包括本发明所述复合材料。由于纳米线具有良好的电子运输能力,当器件结构工作时,电子传输到发光层所述复合材料中的纳米线上,第一配体能够将纳米线上的电子吸收并传输到所述量子点上,使更多的电子传递到量子点上发生能级跃迁而发光,从而使量子点在电致发光过程中有更高的发光效率,进而提高量子点在器件中的发光强度。

[0036] 下面通过实施例对本发明进行详细说明。

[0037] 实施例1

本实施例所述复合材料的制备方法,包括以下步骤:

1、将0.8mol 2,4-二氯苄硫醇与1g硅纳米线溶于20mL 4-二氧六烷中,超声分散30min,然后加热至80℃反应3.5h,最后用乙醇清洗,烘干,得到表面修饰的硅纳米线;

2、将1.6mol的2,6-双(1-硝基-3-甲基-5-氧代-4-甲酰吡唑)吡啶与1g CdSe溶于15mL十八烯中,搅拌下100℃反应2h,然后用乙醇清洗,烘干,得到表面修饰的CdSe;

3、将上述1.2g表面修饰的硅纳米线和0.6g表面修饰的CdSe溶于10mL N,N-二甲基甲酰胺(DMF)中,缓慢滴加0.5mL硫酸,在80℃下反应4h,然后用乙醇清洗,得到所述复合材料。

[0038] 实施例2

本实施例所述复合材料的制备方法,包括以下步骤:

1、将0.5mol对氨基苯磺酸钠与1g氧化铝纳米线溶于25mL 4-二氧六烷中,超声分散40min,然后加热至120℃反应2h,最后用乙醇清洗,烘干,得到表面修饰的氧化铝纳米线;

2、将1.8mol 6-(N,N-二羧甲基氨基)甲酰基吡啶-2-甲酸与1g CdZnS/ZnS溶于20mL十八烯中,60℃搅拌回流5h,然后用乙醇清洗,烘干,得到表面修饰的CdZnS/ZnS;

3、先将0.7g表面修饰的CdZnS/ZnS和2mL氯化亚砜加至20mL N,N-二甲基甲酰胺(DMF)中,缓慢加热至90℃下反应2h,使羧基酰氯化;然后将上述酰氯化的表面修饰的CdZnS/ZnS加入至30mL含有1.5g表面修饰的氧化铝纳米线的乙酸乙酯中,60℃保温4h,然后用乙醇清洗,得到所述复合材料。

[0039] 实施例3

本实施例所述复合材料的制备方法,包括以下步骤:

1、将0.6mol对氨基苯甲酸钾与1g氮化硅纳米线溶于20mL 4-二氧六烷中,超声分散35min,然后加热至80℃反应4h,最后用乙醇清洗,烘干,得到表面修饰的氮化硅纳米线;

2、将1mol苯甲酰丙酮与1g CdZnSeS溶于18mL十八烯中,搅拌下90℃反应2h,然后用乙醇清洗,烘干,得到表面修饰的CdZnSeS;

3、将0.6g表面修饰的CdZnSeS溶于50mL DMF中,60℃恒温5h,在氮气保护下,逐滴滴加10mL含有1.5g氮化硅纳米线的DMF溶液,滴加完毕后继续恒温12h,然后用乙醇清洗,得到所述复合材料。

[0040] 综上所述,本发明提供一种复合材料及其制备方法与量子点发光二极管,所述复合材料中,由于纳米线具有良好的电子运输能力,第一配体具有强的电子吸收和传递能力,因此,第一配体能够将纳米线上的电子吸收并传输到所述量子点上,使更多的电子传递到量子点上,从而使量子点在电致发光过程中有更高的发光效率。

[0041] 应当理解的是,本发明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发明所附权利要求的保护范围。

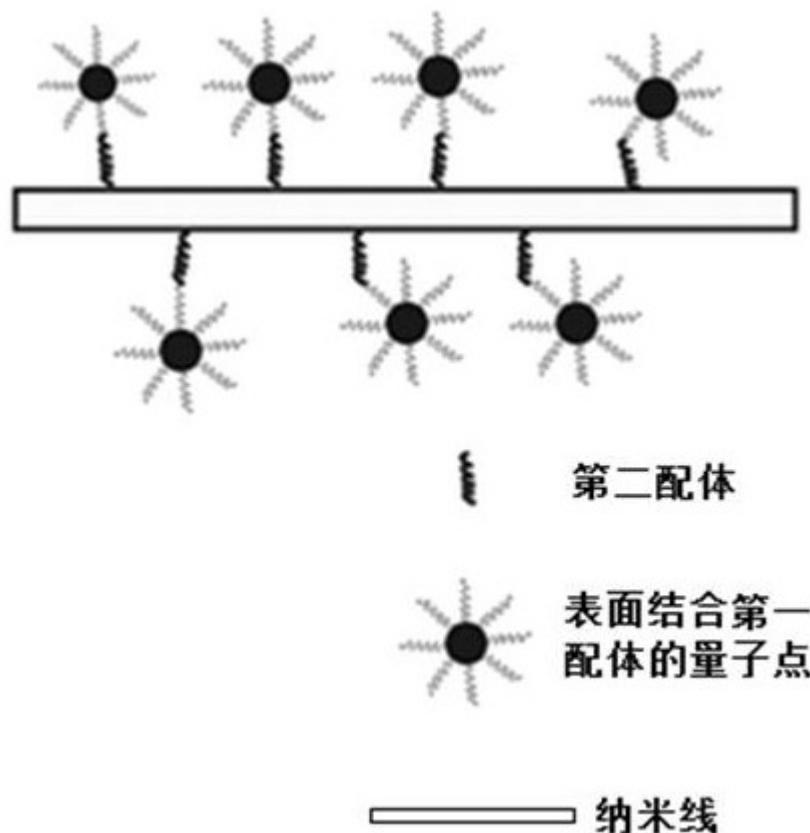


图1

专利名称(译)	一种复合材料及其制备方法与量子点发光二极管		
公开(公告)号	CN110752303A	公开(公告)日	2020-02-04
申请号	CN201810820053.6	申请日	2018-07-24
[标]申请(专利权)人(译)	TCL集团股份有限公司		
申请(专利权)人(译)	TCL集团股份有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	TCL集团股份有限公司		
[标]发明人	叶炜浩		
发明人	叶炜浩		
IPC分类号	H01L51/50 H01L51/54 B82Y30/00		
CPC分类号	B82Y30/00 H01L51/502 H01L2251/301 H01L2251/303		
代理人(译)	王永文		
外部链接	Espacenet	Sipo	

摘要(译)

本发明公开一种复合材料及其制备方法与量子点发光二极管，所述复合材料包括：量子点和结合在所述量子点表面的第一配体；纳米线和一端结合在所述纳米线表面的第二配体；所述第二配体另一端与所述第一配体通过碳氮双键、酰胺基或硫醇酯基连接；当电子传输到纳米线上时，所述量子点通过第一配体接收传输到所述纳米线上的电子。本发明所述复合材料中，由于纳米线具有良好的电子运输能力，采用本发明的第一配体能够将纳米线上的电子吸收并传输到所述量子点上，使更多的电子传递到量子点上，从而使量子点在电致发光过程中有更高的发光效率，进而提高量子点在器件中的发光强度。

