



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110582551 A

(43)申请公布日 2019.12.17

(21)申请号 201880029719.4

(22)申请日 2018.03.27

(30)优先权数据

62/477,716 2017.03.28 US

15/935,507 2018.03.26 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2019.11.04

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2018/024540 2018.03.27

(87)PCT国际申请的公布数据

W02018/183308 EN 2018.10.04

(71)申请人 纳米系统公司

地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 E·C·李

(74)专利代理机构 北京市金杜律师事务所

11256

代理人 陈文平 韦嵘

(51)Int.Cl.

G09K 11/08(2006.01)

H05B 33/00(2006.01)

H01L 27/15(2006.01)

H01L 33/50(2006.01)

H01L 27/32(2006.01)

H01L 33/44(2006.01)

H01L 33/46(2006.01)

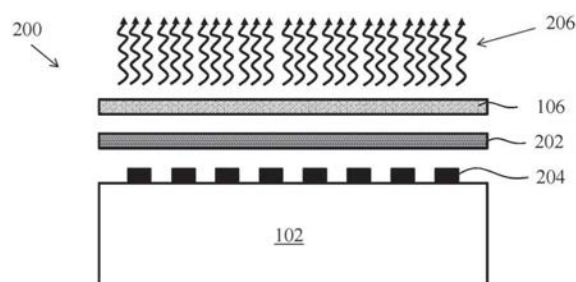
权利要求书2页 说明书9页 附图4页

(54)发明名称

使用量子点增加微型LED设备的光输出的方法

(57)摘要

描述了基于量子点技术的照明设备及其制造方法。一种照明设备,其包括具有多个微型LED的基材、分束器和具有多个量子点的膜。所述分束器包括多个层,并且设置在所述基材和所述具有多个量子点的膜之间。



1. 一种照明设备,其包括:  
包括多个微型LED的基材;  
包括多个量子点的膜;和  
包括多个层的分束器,其中,所述分束器设置在所述基材和所述膜之间。
2. 根据权利要求1所述的照明设备,其中,所述多个微型LED中的每一个被配置为仅在蓝色波长范围内发射光。
3. 根据前述权利要求中任一项所述的照明设备,其中,所述基材是柔性基材。
4. 根据前述权利要求中任一项所述的照明设备,其中,布置所述多个层以使得所述分束器透射至少90%的波长在400nm与480nm之间的光、并反射至少90%的波长在500nm与800nm之间的光。
5. 根据前述权利要求中任一项所述的照明设备,其中,所述多个层包括二氧化钛、五氧化钽或二氧化硅。
6. 根据前述权利要求中的任一项所述的照明设备,其中,所述基材是表面积小于750cm<sup>2</sup>的裸片。
7. 根据前述权利要求中任一项所述的照明设备,其中,所述多个量子点包括配置为在绿色波长范围内发射光的量子点、和配置为在红色波长范围内发射光的量子点。
8. 根据前述权利要求中任一项所述的照明设备,其中,所述分束器包括复合层压结构,所述复合层压结构包括多个层。
9. 根据权利要求1至7中任一项所述的照明设备,其中,所述分束器的厚度在1μm与50μm之间。
10. 根据权利要求1至7中任一项所述的照明设备,其中,所述分束器包括由挤出的聚合物形成的多个堆叠的膜层。
11. 根据前述权利要求中任一项所述的照明设备,其中,所述膜包括第一层、第二层以及设置在所述第一层和所述第二层之间的粘合材料,所述粘合材料包含量子点。
12. 一种制造照明设备的方法,所述方法包括:  
在基材上形成多个微型LED;  
在多个微型LED上方设置分束器,其中,所述分束器包括多个堆叠层;和  
在分束器上方设置包括多个量子点的膜。
13. 根据权利要求12所述的方法,其中,所述多个微型LED中的每一个被配置为仅在蓝色波长范围内发光。
14. 根据权利要求12或13所述的方法,其中,设置所述分束器包括设置包括所述多个层的复合层压结构。
15. 根据权利要求12或13所述的方法,其中,设置所述分束器包括设置由挤出的聚合物形成的多个堆叠的膜层。
16. 根据权利要求12或13所述的方法,其中,设置所述分束器包括使用化学气相沉积(CVD)沉积材料层。
17. 根据权利要求12或13所述的方法,其中,设置所述分束器包括使用原子层沉积(ALD)沉积材料层。
18. 根据权利要求16或17所述的方法,其中,所述材料包括二氧化钛、五氧化钽或二氧

化硅。

19. 根据权利要求12至18中任一项所述的方法, 其中, 设置所述膜包括: 设置第一层、第二层、以及在所述第一层和所述第二层之间的粘合材料, 所述粘合材料包含量子点。

20. 根据权利要求12至19中的任一项所述的方法, 其中, 设置所述多个层以使得所述分束器透射至少90%的波长在400nm与480nm之间的光、并反射至少90%的波长在500nm与800nm之间的光。

21. 根据权利要求12至20中任一项所述的方法, 其中, 所述形成包括: 以阵列形成所述多个微型LED。

22. 根据权利要求12至21中任一项所述的方法, 其中, 设置所述膜包括: 设置具有配置为在绿色波长范围内发射光的量子点、和配置为在红色波长范围内发射光的量子点的膜。

## 使用量子点增加微型LED设备的光输出的方法

### 技术领域

[0001] 本申请涉及包括高发光量子点 (QD) 的显示设备,所述量子点包含核/壳结构。

### 背景技术

[0002] 量子点可以用于显示设备中以产生鲜艳的色彩,并且由于使用更少的电子器件而具有降低的成本。通常,必须使用红色、绿色和蓝色光源中的全部以在屏幕上产生各种颜色,或者将白色光源与各种滤色方法一起使用以产生色域。两种方法都需要大量的电子器件,并且在较大型显示器中变得特别昂贵。

[0003] 量子点 (QD) 具有在单个光谱峰处以窄线宽发射光的独特能力,从而生成高度饱和的颜色。可以基于QD的尺寸来调节发射波长。这种调节发射波长的能力使显示器工程师能够定制设计光谱,以最大化显示器的效率和色彩性能。

[0004] QD的尺寸依赖性的特性被用于生产QD膜。QD膜可以用作显示设备中的颜色降频变换层。在发射型显示器中使用颜色降频变换层可以通过在光通过彩色滤光片之前将白光或蓝光变换为更红的光、更绿的光或两者,从而提高系统效率。颜色降频变换层的这种用途可以减少由于滤光而导致的光能损失。

[0005] 由于QD的宽吸收和窄发射光谱,其可以用作变换材料。然而,QD各向同性地(即,在所有方向上)发射光,并且因此许多发射的光没有被引导向要观看的显示设备的前部。这限制了设备的光输出及其整体效率。

### 发明内容

[0006] 因此,存在提高显示设备的品质的需求。本文公开的实施方案可用于克服显示设备的上述限制,特别是当在基于微型LED技术的显示设备中使用量子点时可能出现的限制。

[0007] 根据一个实施方案,一种照明设备包括具有多个微型LED的基材、分束器和具有多个量子点的膜。所述分束器包括多个层,并且设置在所述基材和所述膜之间。

[0008] 根据一个实施方案,所述多个微型LED中的每一个仅在蓝色波长范围内发射光。

[0009] 根据一个实施方案,所述基材是柔性基材。

[0010] 根据一个实施方案,所述膜包括第一层、第二层以及设置在所述第一层和所述第二层之间的粘合材料,所述粘合材料包含量子点。

[0011] 根据一个实施方案,布置所述多个层以使得分束器透射至少90%的波长在400nm与480nm之间的光、并反射至少90%的波长在500nm与800nm之间的光。

[0012] 根据一个实施方案,所述分束器的多个层包括二氧化钛、五氧化钽或二氧化硅。

[0013] 根据一个实施方案,所述分束器的厚度在1 $\mu$ m与1 $\mu$ m之间。

[0014] 根据一个实施方案,所述基材是表面积小于750cm<sup>2</sup>的裸片。

[0015] 根据一个实施方案,所述多个量子点包括在绿色波长范围内发射光的量子点和在红色波长范围内发射光的量子点。

[0016] 根据一个实施方案,所述分束器包括复合层压结构,所述复合层压结构包括多个

层。

[0017] 根据一个实施方案,一种制造照明设备的方法包括:在基材上形成多个微型LED;以及在多个微型LED上方设置分束器。所述分束器包括多个堆叠层。所述方法还包括:在分束器上方设置包括多个量子点的膜。

[0018] 根据一个实施方案,设置分束器包括使用化学气相沉积(CVD)沉积材料层。

[0019] 根据一个实施方案,设置分束器包括使用原子层沉积(ALD)沉积材料层。

[0020] 根据一个实施方案,通过CVD或ALD沉积的材料包括二氧化钛、五氧化钽或二氧化硅。

[0021] 根据一个实施方案,所述形成包括以阵列形成多个微型LED。

[0022] 本发明的其他特征和优点、以及本发明的各种实施方案的结构和操作在下文中参考附图详细描述。要注意,本发明不限于本文描述的具体实施方案。在此提出这样的实施方案仅用于说明性目的。基于本文所包含的教导,其他实施方案对相关领域的技术人员将是显而易见的。

## 附图说明

[0023] 结合在本文中并构成说明书一部分的附图示出了本发明的实施方案,并且与说明书一起进一步用于解释本发明的实施方案的原理,并使相关领域的技术人员能够制造和使用本实施方案。

[0024] 图1示出使用量子点(QD)层的示例照明设备。

[0025] 图2示出根据一个实施方案所述的使用QD层和分束器的示例照明设备。

[0026] 图3示出根据一个实施方案所述的使用QD层和分束器的另一示例照明设备。

[0027] 图4示出根据一个实施方案所述的分束器的层结构。

[0028] 图5是根据一个实施方案所述的制造照明设备的流程图。

[0029] 图6示出根据一个实施方案所述的QD的示例结构。

[0030] 图7示出了根据一个实施方案所述的示例QD膜。

[0031] 本发明的特征和优点将根据下述详细描述在结合附图时变得更加显而易见,在所述附图中,相同的附图标记始终指示相应的元件。在附图中,相同的附图标记通常表示相同、功能相似和/或结构相似的元件。元素首次出现的附图通过相应附图标记中最左边的一个或多个数字指示。除非另有说明,否则贯穿本公开全文提供的附图不应解释为按比例绘制的附图。

## 具体实施方式

[0032] 尽管可以讨论特定的配置和布置,但是应当理解,这样做仅出于说明的目的。相关领域的技术人员将认识到,在不脱离本发明的精神和范围的情况下,可以使用其他配置和布置。对于相关领域的技术人员将显而易见的是,除了本文具体提到的那些之外,本发明还可以用于多种其他应用中。

[0033] 要注意,说明书中对“一个实施方案”、“一种实施方案”、“示例实施方案”等的指代表示所描述的实施方案可以包括特定的特征、结构或性质,但是每个实施方案不必然都包括特定的特征、结构或性质。此外,这些短语不必然指代同一个实施方案。另外,当结合一个

实施方案而描述特定的特征、结构或性质时,结合其他实施方案来实现这种特征、结构或性质将在本领域技术人员知识范围内,而无论是否明确描述。

[0034] 在本说明书中,指示材料的数量、比率、材料的物理特性和/或用途的所有数字要理解为由单词“约”修饰,除非另外明确指出。

[0035] 如本文所用,术语“约”表示给定量的值变化该值的 $\pm 10\%$ 、或任选变化该值的 $\pm 5\%$ 、或在一些实施方案中变化所描述的值的 $\pm 1\%$ 。例如,“约100nm”涵盖从90nm至110nm(包括端点)的尺寸范围。

[0036] 如本文所用,术语“纳米结构”是指具有至少一个尺寸小于约500nm的区域或特征维度的结构。在一些实施方案中,纳米结构的尺寸小于约200nm、小于约100nm、小于约50nm、小于约20nm或小于约10nm。通常,区域或特征维度将沿着结构的最小轴。此类结构的示例包括纳米线、纳米棒、纳米管、分支的纳米结构、纳米四脚架、三脚架、两脚架、纳米晶体、纳米点、QD、纳米颗粒等。纳米结构可以是例如基本上结晶的、基本上单晶的、多晶的、无定形的或它们的组合。在一些实施方案中,纳米结构的三个维度中的每一个具有小于约500nm、小于约1200nm、小于约100nm、小于约50nm、小于约20nm、或小于10nm的尺寸。

[0037] 如本文所用,术语“QD”或“纳米晶体”是指基本上为单晶的纳米结构。纳米晶体具有至少一个尺寸小于约500nm、并且低至小于约1nm的量级的区域或特征维度。普通技术人员容易理解术语“纳米晶体”、“QD”、“纳米点”和“点”表示相似的结构,并且在本文中可互换使用。本发明还涵盖使用多晶或无定形纳米晶体。

[0038] 当用于指代纳米结构时,术语“异质结构”是指特征在于至少两种不同和/或可区分的材料类型的纳米结构。典型地,纳米结构的一个区域包括第一材料类型,而纳米结构的第二区域包括第二材料类型。在某些实施方案中,纳米结构包括第一材料的芯和至少一个第二(或第三等)材料的壳,其中不同的材料类型围绕例如纳米线的长轴、分支纳米线的臂的长轴、或纳米晶体的中心而径向分布。壳可以但不必完全覆盖相邻材料以被视为壳、或对于纳米结构被视为异质结构;例如,特征在于一种材料的核被第二种材料的小岛覆盖的纳米晶体是异质结构。在其他实施方案中,不同的材料类型分布在纳米结构内的不同位置;例如,沿着纳米线的主轴(长轴)、或沿着分支纳米线的臂的长轴。异质结构内的不同区域可以包括完全不同的材料,或者不同区域可以包括具有不同掺杂剂或不同浓度的相同掺杂剂的基础材料(例如硅)。

[0039] 如本文所用,术语纳米结构的“直径”是指垂直于纳米结构的第一轴的截面的直径,其中第一轴相对于第二轴和第三轴(第二轴和第三轴是长度最接近的两个轴)具有最大的长度差。第一轴不必然是纳米结构的最长轴;例如,对于盘状纳米结构,截面将是垂直于盘的短纵轴的基本上圆形的截面。在截面不是圆形的情况下,直径是该截面主轴和副轴的平均值。对于细长或高纵横比的纳米结构、例如纳米线,在垂直于纳米线的最长轴的截面上测量直径。对于球形纳米结构,直径通过球的中心从一侧到另一侧进行测量。

[0040] 当针对纳米结构使用时,术语“结晶的”或“基本上结晶的”是指以下纳米结构通常在结构的一个或多个维度上表现出长程有序的事实。本领域技术人员将理解,术语“长程有序”将取决于特定纳米结构的绝对尺寸,因为单晶的有序不能延伸超过晶界。在该情况下,“长程有序”将意味着至少在纳米结构的大部分维度上具有实质有序性。在一些情况下,纳米结构可以载有氧化物或其他涂层,或者可以包括核和至少一个壳。在这种情况下,要理解

氧化物、一个或多个壳或其他涂层可以但不必表现出这种有序性(例如,其可以是无定形的、多晶的或其他形式)。在这种情况下,短语“结晶的”、“基本上结晶的”、“基本上单晶的”或“单晶的”是指纳米结构的中心核(不包括涂层或壳)。本文所用的术语“结晶的”或“基本上结晶的”旨在还涵盖包含各种缺陷、堆垛层错、原子替代等的结构,只要所述结构表现出基本长程有序性(例如,在纳米结构或其核的至少一个轴的长度的至少约80%上的有序性)。另外,将理解的是,核与纳米结构的外部之间、或核与相邻的壳之间、或壳与第二相邻的壳之间的界面可以包含非结晶区域,并且甚至可以是无定形的。如本文所定义,这不会阻止纳米结构为结晶的或基本上结晶的。

[0041] 当针对纳米结构使用时,术语“单晶”表示纳米结构是基本上结晶的并且包括基本上单晶。当针对包括核和一个或多个壳的纳米结构异质结构使用时,“单晶”表示核是基本上结晶的并且包括基本上单晶。

[0042] 如本文所用,术语“配体”是指例如通过与纳米结构表面的共价、离子、范德华力或其他分子相互作用,从而能够与纳米结构的一个或多个面发生相互作用的分子(无论是弱还是强)。

[0043] 如本文所用,术语“量子产率”(或QY)是指发射的光子与例如被纳米结构或纳米结构群吸收的光子之比。如本领域中已知的,量子产率通常使用具有已知量子产率值的充分表征的标准样品,通过比较法来确定。

[0044] 如本文所用,术语“主发射峰峰值波长”是指发射光谱显示出最高强度的波长。

[0045] 量子点照明设备

[0046] 图1示出了示例性照明设备100。照明设备100包括:基材102上的多个光源104;以及布置在光源104上方的量子点(QD)膜106。QD膜106和QD膜106内的QD的细节在下文提供,并且这些不是本文描述的实施方案的重点。光源104可以是发光二极管(LED),其以比QD膜106中的量子点发射的光更低的波长(即更高的能量)发射光。例如,光源104可以在蓝色波长范围内(即,约440nm和约470nm之间的一个或多个波长)发射光,而QD膜106内的QD包括:第一多个QD,其吸收蓝光并在绿色波长范围内(即,约520nm和约550nm之间的一个或多个波长)发射光;以及第二多个QD,其吸收蓝光并在红色波长范围内(即,约620nm和约650nm之间的一个或多个波长)发射光。

[0047] 作为由QD执行的光变换的结果,发射光108包括未被QD膜106吸收的来自光源104的蓝色波长范围内的光、以及从QD膜106内的QD发射的绿色和红色波长范围内的光。由此,产生了三原色,并且可以将其进行滤光并在下游组合以产生任何颜色。滤光组件为了清楚起见而未示出,并且其对于本实施方案而言不是关键的。

[0048] 图1的照明配置因不必要的散射和吸收而遭受光损失。QD膜106内QD的各向同性发射意味着大约一半的发射光被引回到基材102,其在此被基材102和光源104吸收或散射。其结果是,照明设备的整体效率由于有用的发射光的损失而减少。

[0049] 图2示出了根据一个实施方案所述的照明设备200。照明设备200包括在QD膜106和光源阵列204之间的分束元件202。光源204可以被设计为使得它们仅在蓝色波长范围内发射光。分束元件202可以是二色分束器,其包括选择以使得允许某些波长通过同时反射其他波长的多个堆叠的材料层。在该示出的实施方案中,分束元件202是可移动元件,例如复合层压结构,其包括堆叠的材料层。在另一个示例中,分束元件202包括多个堆叠的薄膜,其由

诸如丙烯酸类聚合物的挤出聚合物层形成。堆叠的薄膜的总厚度可以小于100 $\mu\text{m}$ ，由此允许分束元件202是高度柔性的。

[0050] 分束元件202可以被设计成使得允许蓝色波长范围内的光通过同时反射红色和绿色波长范围内的光。例如，分束元件202的透射光谱包括小于约490nm的波长的95%至100%之间的透射率、和大于约500nm的波长的小于3%之间的透射率。对于大于约500nm的波长，几乎所有的光都被反射。考虑到这些光学特性，从光源204生成的蓝色波长范围内的光将以低损失通过分束元件202，而从QD膜106内的QD发射的红色和绿色波长范围内的光将被反射回至照明设备200的前端（例如，在照明设备200是显示器的示例中朝向用户）。其结果是，与来自图1的发射光108相比，发射光206具有更大的光输出。由于存在分束元件202，所以与照明设备100相比，照明设备200的整体效率可以增加80%以上。

[0051] 图3示出了根据一个实施方案所述的另一照明设备300。照明设备300包括QD膜106和光源204，在基材102和光源204上方沉积有薄膜分束器302。薄膜分束器302可以表示多个堆叠的薄膜，其设计成允许某些波长通过同时反射其他波长。薄膜分束器302可以包括与分束元件202相似的光学特性。薄膜分束器302的总厚度可以在约1 $\mu\text{m}$ 和50 $\mu\text{m}$ 之间。使用薄膜分束器302的结果是，与来自图1的发射光108相比，发射光304具有大得多的光输出。

[0052] 薄膜分束器302可以使用多种方法沉积在基材102和光源204上方。在一个示例中，使用原子层沉积（ALD）来沉积薄膜分束器302。在另一个示例中，使用化学气相沉积（CVD）来沉积薄膜分束器302。CVD工艺可以是等离子体增强的（PECVD）、或在比典型的CVD工艺更低的压力下进行（LPCVD）。在又一示例中，使用溅射来沉积薄膜分束器302。任一示例技术都可用于按顺序沉积每个材料层，以生成组成薄膜分束器302的层堆叠。

[0053] 薄膜分束器302和分束元件202两者可能均不适用于大型显示设备，例如大屏幕电视和监视器。这主要是由于制造这种元件的高成本以及在大面积上沉积薄膜分束器302的限制。因此，照明设备200和照明设备300可用于较小的电子屏幕，例如在手表、手机、PDA、遥控器、便携式游戏系统和玩具上发现的那些电子屏幕。在一个实施方案中，基材102的表面积（即，裸片尺寸）可小于约750 $\text{cm}^2$ 、小于约500 $\text{cm}^2$ 或小于约100 $\text{cm}^2$ 。在一个实施方案中，基材102是由举例而言诸如聚酯（PET）、聚酰亚胺（PI）、聚萘二甲酸乙二醇酯（PEN）或聚醚酰亚胺（PEI）的聚合物材料制成的柔性基材。

[0054] 薄膜分束器302和分束器元件202的光学特性可能高度依赖于温度。这样，从光源204产生的热量可能不利地影响薄膜分束器302和分束元件202按预期执行的能力。典型的LED产生太多的热量而不能用作光源204。根据一个实施方案，光源204包括多个微型LED。微型LED与典型的LED或有机发光二极管（OLED）不同。微型LED以阵列格式制造，其中每个单独的微型LED具有在约1 $\mu\text{m}$ 和约10 $\mu\text{m}$ 之间的范围内的最大尺寸。微型LED还主要由氮化镓（GaN）或氮化铟镓（InGaN）制成。由于其小尺寸和设计，微型LED散发少得多的热量，由此可以有效地与薄膜分束器302或分束元件202一起使用，而不会不利地影响它们的光学性能。微型LED的示例制造细节可以在美国专利号9,019,595中找到，其公开内容以参考的方式并入本文。

[0055] 使用薄膜分束器302的一个优点是其制造工艺可以与微型LED的制造工艺整合。例如，可以使用类似的加工工具来制造构成薄膜分束器302的微型LED和薄膜层，从而使整个制造更廉价并且更不复杂。

[0056] 图4示出了根据一个实施方案所述的示例性分束器400。分束器400可以表示薄膜



分束器302或分束元件202。分束器400包括多层,其中最下层被标识为层402-1,最上层被标识为层402-n。层402-1至402-n中的每一个的厚度和折射率被选择为提供分束器400的光学特性。根据一个实施方案,分束器400包括高折射率和低折射率的交替材料层。根据一个实施方案,分束器302包括50个至500个之间的层,每层的厚度在约50nm至约100nm之间。用于每个层402-1至402-n的示例材料包括二氧化钛( $\text{TiO}_2$ )、五氧化钽( $\text{Ta}_2\text{O}_5$ )和二氧化硅( $\text{SiO}_2$ )。

[0057] 根据一个实施方案,每个层402-1至402-n的折射率和厚度被选择为使分束器400透射波长小于约490的光(例如,蓝色波长范围内的光),同时反射波长大于约500nm的光(例如,红色和绿色波长范围内的光)。

[0058] 图5示出用于照明设备的示例制造方法500。方法500可以作为用于制造电子设备的大型工艺的一部分来执行。方法500不旨在穷举性的,并且可以在不脱离本发明的范围或精神的情况下执行其他步骤。另外,可以以与所示出的顺序不同的顺序来执行方法500的各个步骤。

[0059] 在步骤502,在基材上形成微型LED。基材可以是半导体基材。基材可以是柔性的。可以将微型LED形成为阵列,其中每个微型LED像素的最大尺寸在约 $1\mu\text{m}$ 至 $10\mu\text{m}$ 之间。

[0060] 在步骤504,在微型LED上方设置分束器。分束器可以是单独的元件,例如包含多个膜层的层压化合物或挤出的聚合物材料,或者分束器可以是在微型LED上方按顺序沉积的层的堆叠。可以使用多种技术来沉积这些层,例如ALD、CVD和溅射。

[0061] 在步骤506,在分束器上方设置量子点层。量子点层可以如下文更详细描述地,设置在量子点增强膜(QDEF)中。量子点层可以作为单独的元件提供,或者其可以是在分束器上方沉积的层。例如,可以将QD悬浮在氨基硅酮液体中,然后旋涂或流延在分束器上方。在下文详细讨论可用于悬浮QD的其他材料。

[0062] QD结构的示例实施方案

[0063] 本文提供了单个QD的示例结构的描述。这种QD可以用于QD膜106内。

[0064] 图6示出了根据一个实施方案所述的涂覆有阻挡层的QD 600的截面结构。涂覆有阻挡层的QD 600包括QD 601和阻挡层606。QD601包括核602和壳604。核602包括在吸收较高能量时发射光的半导体材料。用于核602的半导体材料的示例包括磷化铟(InP)、硒化镉( $\text{CdSe}$ )、硫化锌( $\text{ZnS}$ )、硫化铅( $\text{PbS}$ )、砷化铟(InAs)、磷化铟镓(InGaP)、硒化镉锌( $\text{CdZnSe}$ )、硒化锌( $\text{ZnSe}$ )和碲化镉( $\text{CdTe}$ )。也可以使用具有直接带隙的任何其他II-VI、III-V、三元或四元半导体结构。在一个实施方案中,核602还可以包括一种或多种掺杂剂,例如金属、合金,以提供一些示例。金属掺杂剂的示例可包括但不限于锌(Zn)、铜(Cu)、铝(Al)、铂(Pt)、铬(Cr)、钨(W)、钯(Pd)或它们的组合。与未掺杂的QD相比,再核602中存在一种或多种掺杂剂可以改善QD 601的结构和光学稳定性以及量子产率(QY)。

[0065] 根据一个实施方案,核602的直径可以小于20nm。在另一个实施方案中,核602的直径尺寸可以在约1nm到约5nm之间。定制核602的尺寸的能力以及因此在纳米范围内的QD 601的尺寸使得能够在整个光谱中进行光发射覆盖。通常,较大的QD向光谱的红端发射光,而较小的QD向光谱的蓝端发射光。该效果是由于较大的QD具有比较小的QD间隔更近的能级。这允许QD可以吸收包含较少能量的光子,即接近光谱红端的光子。

[0066] 壳604围绕核602并且设置在核602的外表面上。壳604可以包括硫化镉( $\text{CdS}$ )、硫化

锌镉 (ZnCdS)、硒硫化锌 (ZnSeS)、硒化锌 (ZnSe) 和硫化锌 (ZnS)。在一个实施方案中,壳604可具有例如一个或多个单层的厚度。在其他实施方案中,壳604可具有约1nm至约5nm之间的厚度。壳604可用于帮助减少与核602的晶格失配并改善QD 601的QY。壳604还可帮助钝化和去除核602上的表面陷阱态,例如悬空键,以增加QD 601的QY。表面陷阱态的存在可能会提供非辐射复合中心,并有助于降低QD 601的发射效率。

[0067] 在替代实施方案中,在不背离本发明的精神和范围的情况下,QD 601可以包括设置在壳604上的第二壳、或围绕核602的两个以上的壳。在一个实施方案中,第二壳的厚度可以是两个单层量级,并且尽管不是必需的,但第二壳通常也是半导体材料。第二壳可以为核602提供保护。第二壳材料可以是硫化锌 (ZnS) 或硒化锌 (ZnSe),尽管在不脱离本发明的范围或精神的情况下也可以使用其他材料。

[0068] 阻挡层606被配置为形成QD 601上的涂层。在一个实施方案中,阻挡层606被设置在壳604的外表面上并基本上与其接触。在具有一个或多个壳的QD 601的实施方案中,阻挡层606可设置在QD 601的最外壳上。在一个示例实施方案中,阻挡层606被配置成在例如具有多个量子点的溶液、组合物、和/或膜中充当QD 601与一个或更多的量子点之间的间隔物,其中,所述多个量子点可类似于QD 601和/或涂覆有阻挡层的QD 600。在这样的QD溶液、QD的组合物、和/或QD膜中,阻挡层606可以有助于防止QD 601与相邻QD的聚集。QD 601与相邻QD的聚集可导致增加QD 601的尺寸增加,并随之导致在包括QD 601在内的聚集QD(未示出)的光学发射特性方面的降低或淬灭。如上所讨论的,QD的光学特征是尺寸依赖性的,并因此由于聚集而导致的QD尺寸增加会导致淬灭现象。阻挡层606还可以防止QD 601再吸收来自QD溶液、QD组合物、和/或QD膜中的其他QD的光学发射,并因此提高了这些QD溶液、QD组合物、和/或QD膜的QY。在进一步的实施方案中,阻挡层606为QD 601提供保护,使其免受例如可能会对QD 601的结构和光学特性产生不利影响的湿气、空气和/或恶劣环境(例如,在QD的光刻加工期间和/或在基于QD的设备的制造工艺期间使用的高温和化学药品)的影响。

[0069] 阻挡层606包括无定形的、光学透明的和/或电惰性的一种或多种材料。合适的阻挡层包括无机材料,例如但不限于无机氧化物和/或氮化物。根据各种实施方案,用于阻挡层606的材料的示例包括Al、Ba、Ca、Mg、Ni、Si、Ti或Zr的氧化物和/或氮化物。在各种实施方案中,阻挡层606的厚度可以在约8nm至约15nm的范围内。在一些实施方案中,阻挡层606的厚度可以具有最小值,以使得例如在溶液、组合物和/或膜中的两个相邻的QD 600之间的中心到中心距离等于或大于福斯特半径(本领域也称为福斯特距离),以减少或基本上消除相邻的QD 600之间的光学发射的共振能量转移和/或再吸收,并因此提高相邻的QD 600的QY。在一些实施方案中,阻挡层606的厚度可以具有约8nm至约15nm之间的最小值。

[0070] 福斯特半径可以指两个相邻QD、例如QD 600之间的中心到中心距离,在该距离下这两个相邻QD之间的共振能量转移效率为约50%。两个相邻QD之间的中心到中心距离大于福斯特半径可以降低共振能量转移效率,并提高相邻QD的光学发射特性和QY。共振能量转移的过程可以在一个处于电子激发态的QD将其激发能量转移到附近或相邻的QD时发生。共振能量转移过程是非辐射量子机械过程。因此,在从一个QD发生共振能量转移时,一个QD的光学发射特性可能被淬灭,并且一个QD的QY可能受到不利影响。

[0071] 根据一个实施方案,如图6所示,涂覆有阻挡层的QD 600可以额外地或任选地包括多个配体或表面活性剂608。根据一个实施方案,配体或表面活性剂608可以被吸附或结合

到涂覆有阻挡层的QD 600的外表面,例如在阻挡层606的外表面上。多个配体或表面活性剂608可包括亲水或极性头608a和疏水或非极性尾608b。亲水或极性头608a可以结合到阻挡层606。配体或表面活性剂608的存在可以帮助将QD 600和/或QD 601与其他QD例如在溶液、组合物、和/或膜中,在其形成过程中进行分离。如果允许QD在其形成过程中聚集,则QD(例如QD 600和/或QD 601)的量子效率可能会降低并淬灭这些QD的光学发射特性。配体或表面活性剂608还可用于赋予涂覆有阻挡层的QD 600某些特性、例如疏水性,以提供在非极性溶剂中的可混溶性,或提供反应位点(例如反胶束体系)以供其他化合物结合。

[0072] 存在宽泛种类的可用作配体608的配体。在一些实施方案中,配体是选自月桂酸、己酸、肉豆蔻酸、棕榈酸、硬脂酸和油酸中的脂肪酸。在一些实施方案中,配体是选自三辛基氧化膦(TOPO)、三辛基膦(TOP)、二苯基膦(DPP)、三苯基氧化膦和三丁基氧化膦中的有机膦或有机氧化膦。在一些实施方案中,配体是选自十二烷基胺、油胺、十六烷基胺和十八烷基胺中的胺。在一些实施方案中,配体是三辛基膦(TOP)。在一些实施方案中,配体是油胺。在一些实施方案中,配体是二苯基膦。

[0073] 存在宽泛种类的可用作表面活性剂608的表面活性剂。非离子型表面活性剂可用作表面活性剂608。非离子型表面活性剂的一些示例包括聚氧乙烯壬基苯基醚(商品名IGEPAL CO-520)、IGEPAL CO-630,IGEPAL CA-630和Arkopal N 100。

[0074] 在一些实施方案中,QD 601和/或600可以被合成以在红色、橙色和/或黄色范围内发射光。在一些实施方案中,QD 601和/或600可以被合成以在绿色和/或黄色范围内发射光。在一些实施方案中,QD 601和/或600可以被合成以在蓝色、靛蓝、紫色和/或紫外范围内发射光。在一些实施方案中,QD 601和/或600可以被合成为在约605nm与约650nm之间、在约510nm与约550nm之间、或在约300nm与约480nm之间具有主发射峰值波长。

[0075] QD 601和/或600可以被合成以显示高QY。在一些实施方案中,QD 601和/或600可以被合成以显示80%至95%之间、或85%至90%之间的QY。

[0076] 因此,根据各种实施方案,QD 600可以被合成,以使得QD 601上的阻挡层606的存在基本上不改变或淬灭QD 601的光学发射特性。

[0077] QD的QY可以使用有机染料作为参考(例如,罗丹明640作为在540nm激发波长下的红色发射QD 601和/或600的参考,荧光素染料作为在440nm激发波长下的绿色发射QD 601和/或600的参考,二苯基蒽作为在355nm激发波长下的蓝色发射QD 601和/或600的参考),基于以下公式来计算:

$$[0078] \quad \Phi_x = \Phi_{ST} \left( \frac{Grad_x}{Grad_{ST}} \right) \left( \frac{\eta_x^2}{\eta_{ST}^2} \right)$$

[0079] 下标ST和X分别表示标准品(参考染料)和核/壳QD溶液(测试样品)。 $\Phi_x$ 是核/壳QD的量子产率,并且 $\Phi_{ST}$ 是参考染料的量子产率。 $Grad = (I/A)$ ,其中I是发射峰下的面积(波长标度);A是激发波长处的吸光度, $\eta$ 是溶剂中参考染料或核/壳QD的折射率。参见例如Williams et al.(1983) "Relative fluorescence quantum yields using a computer controlled luminescence spectrometer" Analyst 108:1067. Williams et al.中列出的参考针对绿色发射和红色发射的QD。

[0080] 示例量子点增强膜

[0081] 图7示出了量子点增强膜(QDEF) 700的示例。QDEF 700是QD膜106的一个示例。量子点增强膜700包括底层704、顶层706和夹在其间的量子点层702。

[0082] 底层704和顶层706可以是各种材料,其对于可见波长(例如400–700nm)基本上是透明的。例如,底层704和顶层706可以是玻璃或聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)。底层704和顶层706也可以由涂覆有氧化铝的聚酯制成。也可以使用其他聚合物,其对于由量子点发射且被捕获在量子点层702内的波长表现出低氧渗透性和低吸光度。底层704和顶层706不必包含相同的材料。

[0083] 量子点层702在粘合材料内包括多个量子点。根据一个实施方案,量子点层702具有在约50与150微米( $\mu\text{m}$ )之间的厚度,并且被用作光降频变换层。量子点层702可以具有大约100 $\mu\text{m}$ 的厚度。粘合材料结合到底层704和顶层706两者,从而将三明治状结构保持在一起。

[0084] 在一个实施方案中,多个量子点包括在绿色和红色可见波长光谱中的至少一者中发射的尺寸。量子点层702中的量子点受到保护免受环境影响,并保持彼此分离以避免淬灭。量子点可以在空间上隔开足够的距离,使得不会发生如激发态反应、能量转移、络合物形成和碰撞淬灭这样的淬灭过程。

[0085] 在一个示例中,将量子点混合在氨基硅酮液体中并在涂覆以形成量子点层702的环氧树脂中乳化。用于量子点层702的其他示例材料包括丙烯酸酯、环氧树脂、丙烯酸酯化环氧树脂、乙烯-乙酸乙烯酯、硫醇-烯、聚氨酯、聚醚、多元醇和聚酯。关于量子点增强膜的制造和操作的进一步细节可以在美国专利号9,199,842中找到,其公开内容以参考的方式并入本文。

[0086] 应当理解,“具体实施方式”部分而非“发明内容”和“说明书摘要”部分旨在用于解释权利要求。发明内容部分和说明书摘要部分可以阐述一个或多个发明人所设想的本发明的一个或多个但非全部示例性实施方案,并因此无意于以任何方式限制本发明和所附权利要求。

[0087] 上文已经借助于示出指定功能及其关系的实现的功能构造块来描述了本发明。为了说明的方便,在这里已经任意地定义了这些功能构件的边界。只要适当执行指定功能及其关系,则可以定义替代的边界。

[0088] 对特定实施方案的前述描述将充分地揭示本发明的一般性质,以至于在不背离本发明的一般概念的情况下,其他人可以通过应用本领域技术内的知识而容易地对该特定实施方案进行修改和/或适应于各种应用,而无需过度的实验。因此,基于本文提出的教导和指引,这样的适用和修改旨在落入所公开的实施方案的等同形式的含义和范围内。应当理解,本文中的措词或术语是出于说明而非限制的目的,使得本说明书的术语或措辞将由技术人员根据教导和指引来解释。

[0089] 本发明的广度和范围不应由任何上述示例性实施方案限制,而应仅根据所附权利要求及其等同方案来限定。

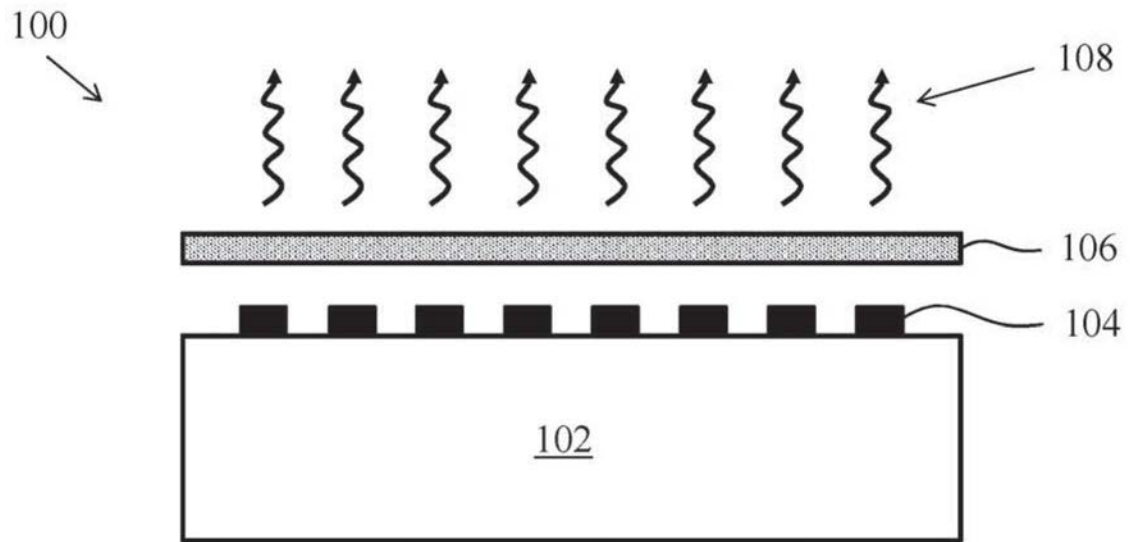


图1

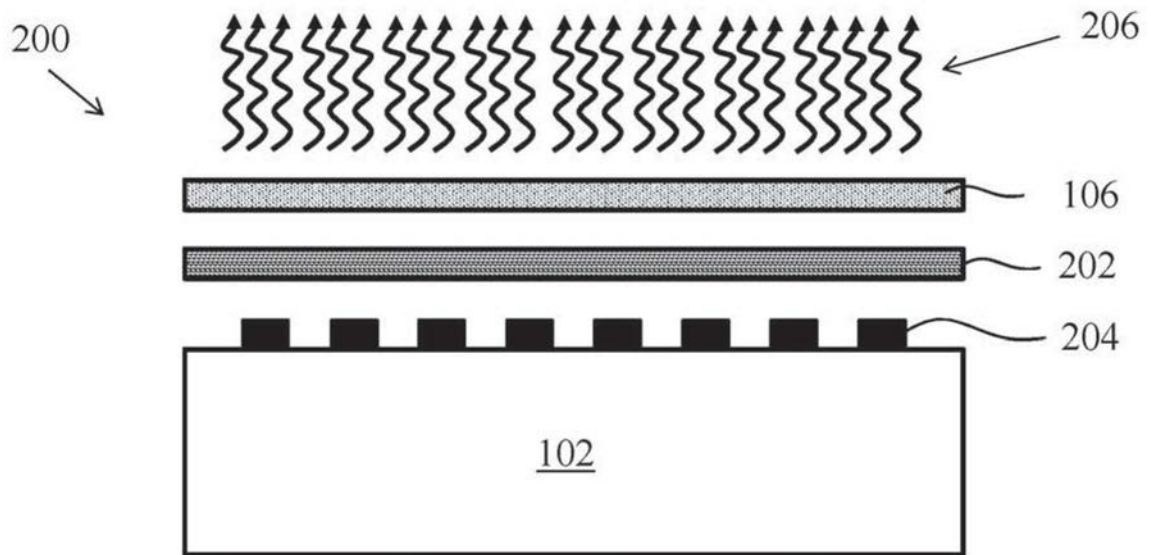


图2

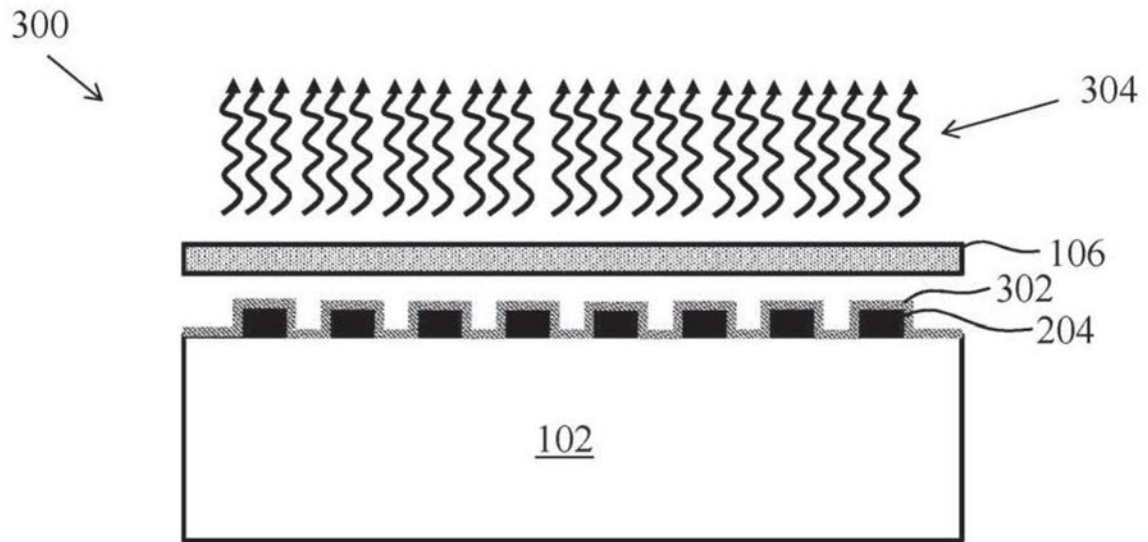


图3

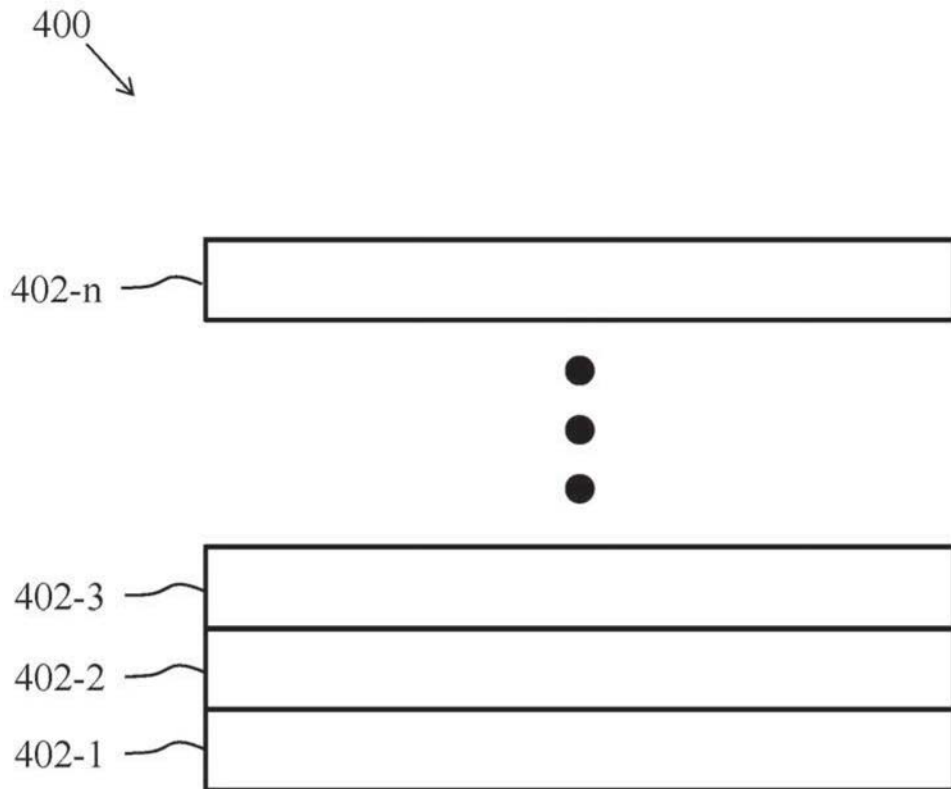


图4

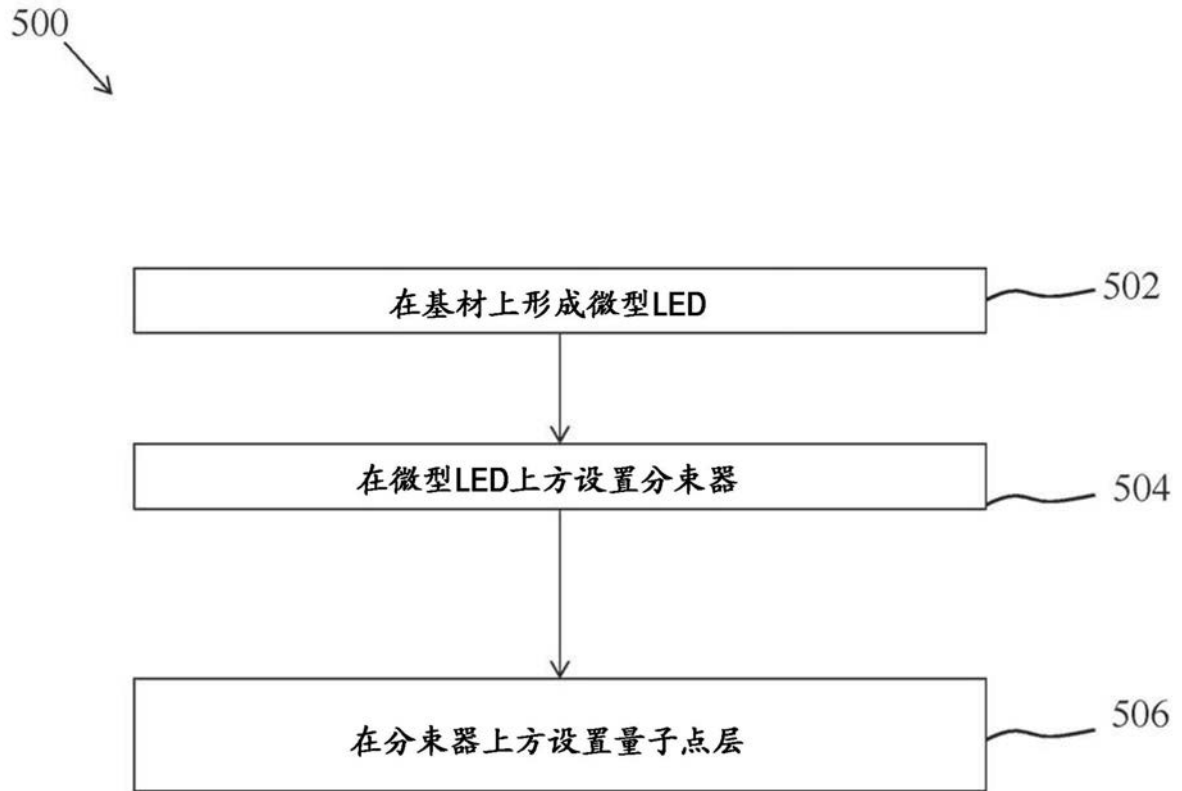


图5

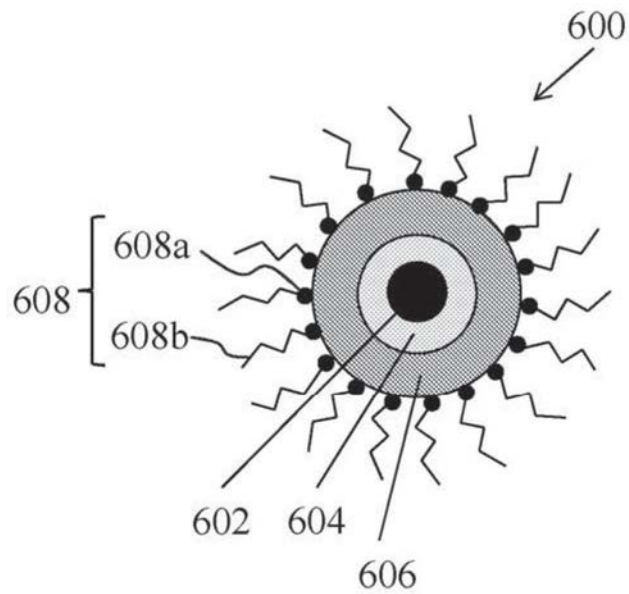


图6

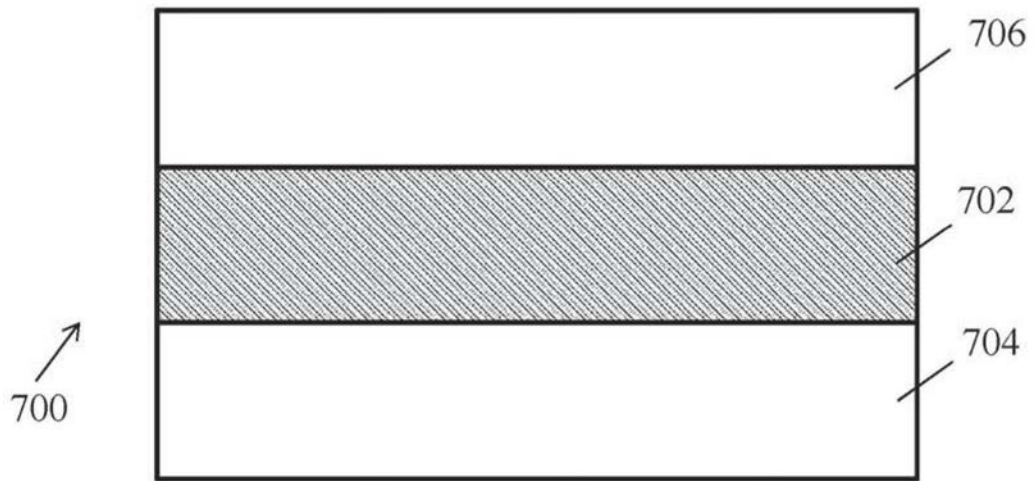


图7