(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 113748532 A
(43)申请公布日 2021.12.03

(21)申请号 202080029955.3
(22)申请日 2020.04.17
(30)优先权数据
62/836,286 2019.04.19 US
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2021.10.19
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2020/028718 2020.04.17
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2020/214930 EN 2020.10.22
(71)申请人 纳米系统公司
地址 美国加利福尼亚州
(72)发明人 马瑞青 J•哈特洛弗 C•霍茨
(74)专利代理机构 北京市金杜律师事务所 11256
代理人 郜红 邵长准
(51)Int.Cl.
H01L 51/52(2006.01)
H01L 51/50(2006.01)

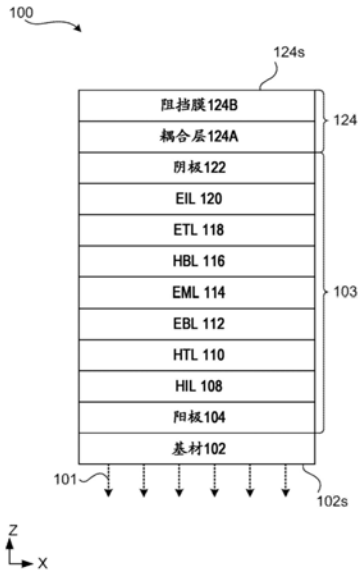
权利要求书3页 说明书20页 附图6页

(54)发明名称

柔性电致发光装置

(57)摘要

本公开描述柔性电致发光(FEE)装置的实施方案。FEE装置包含具有量子点(QD)膜的装置堆叠和柔性基材,其中配置所述量子点膜以产生具有第一峰值波长的第一光,配置所述柔性基材以支撑所述装置堆叠和发射所述第一光的第一部分。所述FEE装置进一步包含设置在所述装置堆叠上的封装层和设置在所述柔性基材上的外耦合层。可以配置所述封装层为所述FEE装置提供机械和环境保护,使其免受湿气或氧气的影响。可以配置所述外耦合层以防止在所述柔性基材中的第一光的第二部分的全内反射和从所述柔性基材提取所述第二部分。可以进一步配置所述外耦合层以消除在所述外耦合层和利用所提取的第二部分照射的表面之间的界面处的气隙,以响应于基本上共形地放置在所述表面上的FEE装置。



CN 113748532 A

1.一种柔性电致发光(FEL)装置,其包含:

装置堆叠,其包含量子点(QD)膜,配置所述量子点膜以产生具有第一峰值波长的第一光;

柔性基材,配置所述柔性基材以支撑所述装置堆叠和发射所述第一光的第一部分;

封装层,其设置在所述装置堆叠上,其中配置所述封装层为所述FEL装置提供机械和环境保护,使其防湿气或防氧气;和

外耦合层,其设置在所述柔性基材上,其中配置所述外耦合层以

防止在所述柔性基材中的第一光的第二部分的全内反射和从所述柔性基材提取所述第二部分;或

消除在所述外耦合层和利用所提取所述第二部分照射的表面之间的界面处的气隙,以响应于基本上共形地放置在所述表面上的FEF装置。

2.根据权利要求1所述的FEL装置,其进一步包含插入所述柔性基材和所述外耦合层之间的颜色处理层,其中配置所述颜色处理层以将所述第一光下转换产生第二光,该第二光具有不同于所述第一峰值波长的第二峰值波长。

3.根据权利要求1-2中任一项所述的FEL装置,其进一步包含设置在所述封装层上的导热层,其中配置所述导热层以从所述装置堆叠散发热量。

4.根据权利要求1-2中任一项所述的FEL装置,其中配置所述封装层以从所述装置堆叠散发热量。

5.根据权利要求1-4中任一项所述的FEL装置,其中进一步配置所述外耦合层以使所述表面与从所述装置堆叠产生的热量热绝缘。

6.根据权利要求1-5中任一项所述的FEL装置,其中所述QD层包含不含镉的QD群,配置所述不含镉的QD群发射红光、绿光、蓝光或近红外光。

7.根据权利要求1-6中任一项所述的FEL装置,其中所述封装层包含耦合层和阻挡膜;和

其中所述耦合层包含压敏粘合剂层,并且配置所述耦合层以将所述阻挡膜附接到所述装置堆叠。

8.根据权利要求1-7中任一项所述的FEL装置,其进一步包含设置在所述柔性基材或所述外耦合层上的第二封装层。

9.根据权利要求1-8中任一项所述的FEL装置,其进一步包含设置在所述外耦合层上的功能层,其中配置所述功能层以漫射所述第一光,所述第一光基本上均匀地穿过所述FEL装置的表面。

10.根据权利要求1-9中任一项所述的FEL装置,其中所述柔性基材包含波纹结构。

11.根据权利要求1-10中任一项所述的FEL装置,其中所述导热层包含金属箔或金属网结构层。

12.根据权利要求1-11中任一项所述的FEL装置,其中配置所述FEL装置以在约7V的驱动电压和约630nm的主要电致发光峰值波长下以约25,000cd/m^2的亮度发射所述第一部分。

13.一种柔性电致发光(FEL)装置,其包含:

柔性基材;

第一和第二装置堆叠,其设置在所述柔性基材上,其中所述第一和第二装置堆叠包含

基于第一和第二量子点(QD)的发射层(EML),配置所述发射层同时分别发射具有第一和第二峰值波长的第一和第二光,并且其中所述第一和第二峰值波长彼此不同;

封装层,其设置在所述第一和第二装置堆叠上;和

外耦合层,其设置在所述柔性基材上,其中配置所述外耦合层以从所述装置堆叠同时提取所述第一和第二光的部分。

14.根据权利要求13所述的FEL装置,其中进一步配置所述外耦合层以消除在所述外耦合层和利用所提取部分照射的表面之间的界面处的气隙,以响应于基本上共形地放置在所述表面上的FEL装置。

15.根据权利要求13-14中任一项所述的FEL装置,其进一步包含设置在所述封装层上的导热层,其中配置所述导热层以从所述第一和第二装置堆叠散发热量。

16.根据权利要求13-15中任一项所述的FEL装置,其中进一步配置所述外耦合层以使所述表面与从所述第一和第二装置堆叠产生的热量热绝缘。

17.根据权利要求13-16中任一项所述的FEL装置,其中所述第一和第二EML都包含不含镉的QD。

18.根据权利要求13-17中任一项所述的FEL装置,其中所述第一和第二装置堆叠在所述柔性基材上彼此相邻定位。

19.根据权利要求13-18中任一项所述的FEL装置,其中所述第一和第二装置堆叠具有共同阳极和共同阴极。

20.根据权利要求13-19中任一项所述的FEL装置,其中所述第一或第二峰值波长为约660nm。

21.根据权利要求13-19中任一项所述的FEL装置,其中所述第一或第二峰值波长为约860nm。

22.一种制备柔性电致发光(FEL)装置的方法,所述方法包括:

提供具有阳极材料层的柔性基材;

在所述阳极材料层上形成量子点(QD)膜;

在所述QD膜上形成阴极;

在所述阴极上形成封装层;和

在所述柔性基材上形成外耦合层。

23.根据权利要求22所述的方法,其中所述柔性基材的提供包括使用具有聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)层的基材材料和具有氧化铟锡(ITO)的阳极材料预沉积层。

24.根据权利要求22-23中任一项所述的方法,其中所述柔性基材的提供包括使用波纹结构。

25.根据权利要求22-24中任一项所述的方法,其中所述封装层的形成包括:

在所述阴极上设置压敏粘合剂(PSA)层;和

在所述PSA层上设置阻挡膜。

26.根据权利要求25所述的方法,其中所述PSA层和所述阻挡膜的设置包括分别设置柔性粘合剂材料和柔性阻挡材料,其具有约$10^{-5}g/m^2$-天至约$10g/m^2$-天的水蒸气透过率(WVTR)。

27.根据权利要求25中任一项所述的方法,其中所述PSA层和所述阻挡层的设置包括设

置柔性材料。

28.根据权利要求25-27中任一项所述的方法，其中所述阻挡膜的设置包括在所述PSA层上设置金属层压材料或金属箔。

29.根据权利要求25-27中任一项所述的方法，其中所述阻挡膜的设置包括在所述PSA层上设置光学透明的、反射的或不透明的材料。

30.根据权利要求22-29中任一项所述的方法，其进一步包括在所述封装层上形成导热层。

31.根据权利要求22-30中任一项所述的方法，其进一步包括在所述柔性基材上直接形成颜色处理层。

32.根据权利要求31中任一项所述的方法，其进一步包括在所述颜色处理层上形成第二封装层。

柔性电致发光装置

技术领域

[0001] 本发明涉及在柔性基材上具有基于发光纳米结构(例如量子点(QD))的发射层的电致发光装置(例如发光二极管(LED))。

背景技术

[0002] 电致发光(EL)装置用作显示器(例如电话、平板电脑、显示器、电视或数字广告牌)和医疗应用(例如光医学)中的光源。随着对便携式和可穿戴装置需求的增加,EL装置(例如,LED和有机LED(OLED))已经在轻质且柔性基材上制备,该基材可以被弯曲而不会对所述EL装置造成结构和功能的损坏。

[0003] 然而,所述挑战之一是制备在低驱动电压(例如,电压低于约8伏(V))下发射具有高亮度(brightness)(也称为亮度(luminance))(例如,亮度大于约20,000坎德拉/平方米(cd/m^2))的光的柔性EL(FEL)装置,以有效地将所述光渗透入人类皮肤,例如用于光医学应用。另一个挑战是封装所述FEL装置,以为其提供机械和/或环境保护(例如,防湿气和/或防污染),从而与所述非柔性EL装置相比,实现类似或更长的工作寿命和效率。此外,为了便于大规模制备,用简单的加工技术以低成本制备和封装FEL装置也具有挑战性。

发明内容

[0004] 本公开提供不昂贵、高亮度光产生的FEL装置的示例,其具有基于纳米结构(NS)的发射层(EML)和针对湿气、氧气和/或污染物的有效封装。本公开还提供用于制备该装置的示例性不昂贵方法。

[0005] 在一些实施方案中,可以配置所述FEL装置以发射一个或多个主要发射峰值波长处在所述可见和/或红外(IR)光谱(例如主要发射峰值波长为约600nm至约1200nm)内的高亮度的光。来自这些基于NS的FEL装置的光亮度可以比具有基于非NS的EML的FEL装置更高,如OLED,因为OLED的效率通常在高光亮度水平下降低,这种效应被称为效率下降,并且OLED在高电流密度下具有显著的效率下降。

[0006] 基于NS的FEL装置的上述配置可以在其EML中使用不含镉(不含Cd)的NS实现,但也可使用镉NS。在一些实施方案中,所述不含镉的FEL装置可以产生一个或多个波长在所述可见和/或IR光谱内的光,所述光具有在低驱动电压下大于约20,000cd/m^2的亮度(例如在7V下为约25,000cd/m^2)。所述不含镉的FEL装置可以适用于光医学应用,例如因为镉的固有毒性可能对人体健康有害。

[0007] 这类不含镉的FEL装置可以在人类皮肤外部使用和/或放置在人体内用于光治疗。在一些实施方案中,所述不含镉的FEL装置可以通过激发所述治疗化合物分子中的电荷状态,在治疗位点激活治疗化合物或被配制到所述治疗化合物中的光抑制剂。所述治疗位点可以在人类皮肤上或人体内。

[0008] 在一些实施方案中,可以配置所述FEL装置为可拉伸的和/或与不均匀表面基本上共形的,例如用于光医学应用的人类皮肤。在不均匀表面上的一个示例性应用可以是具有

所述基于NS的FEL装置作为光源的LED带。所述LED带可以共形地放置在治疗位点，并且来自所述FEL装置的光可以用于光治疗。在一些实施方案中，FEL装置可以具有导热层，配置所述导热层以从所述FEL装置的发光侧散发热量。因此，例如在光医学应用中使用的FEL装置可以有效地从治疗位点散发热量。或者，对于基于热的治疗，可以控制散热量。

[0009] 在一些实施方案中，在所述发射层(EML)中的发光NS可以具有阻挡涂料，配置所述阻挡涂料以提供具有防湿气和或防污染封装的EML。因此，所述FEL装置不必使用具有非常低的水蒸气透过率(WVTR)(例如，小于$10^{-5}g/m^2$-天)的阻挡材料封装，这可能需要复杂和/或昂贵的封装工艺。所述FEL装置可以使用简单的封装工艺，利用具有相对高WVTR(例如，$10^{-5}g/m^2$-天、$10^{-4}g/m^2$-天、$10^{-3}g/m^2$-天、$10^{-2}g/m^2$-天，或$10^{-1}g/m^2$-天)的不昂贵阻挡材料封装，从而降低制备成本和有利于大规模制备。

[0010] 根据一个实施方案，FEL装置包含具有量子点(QD)膜和柔性基材的装置堆叠，其中配置所述量子点(QD)膜以产生具有第一峰值波长的第一光，配置所述柔性基材以支持所述装置堆叠和发射所述第一光的第一部分。所述FEL装置还包含设置在所述装置堆叠上的封装层和设置在所述柔性基材上的外耦合层。可以配置所述封装层为FEL装置以提供机械和环境保护，使其防湿气或防氧气。可以配置所述外耦合层以防止在所述柔性基材中的第一光的第二部分的全内反射和从所述柔性基材提取所述第二部分。可以进一步配置所述外耦合层以消除在所述外耦合层和利用所提取的第二部分照射的表面之间的界面处的气隙，以响应于基本上共形地放置在所述表面上的FEL装置。

[0011] 根据一个实施方案，FEL装置包括柔性基材和设置在所述柔性基材上的第一和第二装置堆叠。所述第一和第二装置堆叠包含第一和第二基于量子点(QD)的发射层(EML)，可以配置所述发射层同时分别发射具有第一和第二峰值波长的第一和第二光。所述第一和第二峰值波长彼此不同。所述FEL装置进一步包含设置在所述第一和第二装置堆叠上的封装层和设置在所述柔性基材上外耦合层。可以配置所述外耦合层以从所述装置堆叠同时提取所述第一和第二光的部分。

[0012] 根据一个实施方案，制备FEL装置的方法包括提供具有阳极预沉积层的柔性基材，在阳极预沉积层上形成QD膜，在所述QD膜上形成阴极，在所述阴极上形成封装层，和在所述封装层上形成外耦合层。

[0013] 下面参照附图详细描述本发明的进一步特征和优点，以及本发明的各种实施方案的结构和操作。应当注意，本发明不限于本文所述特定实施方案。这类实施方案在本文中仅出于说明的目的而呈现。基于本文包含的教导，其他实施方案对于相关领域的技术人员将是显而易见的。

附图说明

[0014] 并入本文并构成本说明书的一部分的附图示出了本文公开的实施方案，并且与描述一起进一步用于解释本实施方案的原理并使相关领域的技术人员能够制备和使用本实施方案的技术。

[0015] 根据一些实施方案，图1是具有封装层的底部发射柔性电致发光(FEL)装置的横截面图的示意图。

[0016] 根据一些实施方案，图2是具有封装层的顶部发射FEL装置的横截面图的示意图。

[0017] 根据一些实施方案,图3示出了FEL装置的亮度与电压特性。

[0018] 根据一些实施方案,图4示出了具有基于不含Cd的NS的EML的FEL装置的电致发光光谱。

[0019] 根据一些实施方案,图5是具有导热层和光外耦合层的FEL装置的横截面图的示意图。

[0020] 根据一些实施方案,图6是具有多个EML的FEL装置的横截面图的示意图。

[0021] 根据一些实施方案,图7是具有颜色处理层和封装层的FEL装置的横截面图的示意图。

[0022] 根据一些实施方案,图8是用于制备具有封装层的FEL装置的方法的流程图。

[0023] 根据一些实施方案,图9是纳米结构(NS)的横截面图的示意图。

[0024] 根据一些实施方案,图10是NS膜的示意图。

[0025] 本发明的特征和优点将从下文结合所述附图进行的详细描述中变得更加明显,其中相同的参考标记始终标识相应的元件。在所述附图中,除非另有说明,相似的标识数字通常表示相同、功能相似和/或结构相似的元件。元件第一次出现的图由相应标识数字中最左边的数字表示。除非另有说明,本公开中提供的附图不应被解释为按比例绘制的附图。

具体实施方式

[0026] 尽管可以讨论具体的配置和布置,但应当理解,这仅仅是出于说明的目的。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而言,显然本发明也可以用于除了在此具体提及的应用之外的各种其他应用。应当理解,本文示出和描述的特定实施是示例,并不旨在以任何方式限制本申请的范围。

[0027] 应当注意,说明书中提及“一个实施方案”、“一种实施方案”、“一个示例性实施方案”等,表示所述的实施方案可以包括特定的特征、结构或特性,但并非每个实施方案都必须包括特定的特征、结构或特性。此外,这些短语不一定指相同的实施方案。此外,当结合实施方案描述特定特征、结构或特性时,无论是否明确描述,结合其他实施方案实现这类特征、结构或特性都在本领域技术人员的知识范围内。

[0028] 除非另有明确说明,本说明书中所有表示数量、材料比、材料的物理性质和/或用途的数字均应理解为由“约”一词修饰。

[0029] 在实施方案中,术语“显示装置”是指允许数据在显示屏上可见表示的元件布置。合适的显示屏可以包括用于向用户可视地显示信息的各种平的、弯曲的或其他形状的屏幕、膜、片或其它结构。本文所述显示装置可以包括在例如包含液晶显示器(LCD)、电视、计算机、监视器、移动电话、智能电话、个人数字助理(PDA)、游戏装置、电子阅读装置、数码相机、平板电脑、可穿戴装置、汽车导航系统、数字标牌、增强现实、虚拟现实等。

[0030] 如本文所用,术语“约”表示给定量的值在该值的±10%变化。例如,“约100nm”包括从90nm到110nm的尺寸范围,包括端值。

[0031] 如本文所用,术语“基本上”表示给定量的值在该值的±1%至±5%之间变化。

[0032] 在实施方案中,术语“光学耦合的”意味着定位组件以使得光能够在没有实质干扰的情况下从一个组件传递到另一个组件。

[0033] 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的区域或特征尺寸的结构。在一些实施方案中，所述纳米结构具有小于约200nm、小于约100nm、小于约50nm、小于约20nm或小于约10nm的尺寸。通常，所述区域或特征尺寸将沿着所述结构的最小轴。这种结构的示例包括纳米线、纳米棒、纳米管、分支纳米结构、纳米四针状、纳米三针状、纳米双针状、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晶体的、基本上单晶的、多晶的、无定形的或其组合。在一些实施方案中，所述纳米结构的三个维度的每一个具有小于约500nm、小于约200nm、小于约100nm、小于约50nm、小于约20nm或小于约10nm的尺寸。

[0034] 如本文所用，术语“QD”或“纳米晶体”是指基本上单晶的纳米结构。纳米晶体具有至少一个尺寸小于约500nm的、并低至小于约1nm的数量级的区域或特征尺寸的结构。普通技术人员容易理解术语“纳米晶体”、“QD”、“纳米点”和“点”表示类似的结构并且在本文中可互换使用。本发明还包括多晶或无定形纳米晶体的使用。

[0035] 当关于纳米结构使用时，术语“异质结构”指以至少两种不同和/或可区分的材料类型为特征的纳米结构。通常，所述纳米结构的一个区域包含第一材料类型，而所述纳米结构的第二区域包含第二材料类型。在一些实施方案中，所述纳米结构包含第一材料的核和第二(或第三等)材料的至少一个壳。其中所述不同材料类型例如围绕纳米线的长轴、分支纳米线的臂的长轴或纳米晶体的中心径向分布。壳可以但不需要完全覆盖被视为壳的相邻材料或被视为异质结构的纳米结构；例如，以一种材料的核被第二材料的小岛覆盖为特征的纳米晶体是异质结构。在其他实施方案中，所述不同材料类型分布在所述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含完全不同的材料，或者所述不同区域可以包含具有不同掺杂剂或相同掺杂剂的不同浓度的基础材料(例如硅)。

[0036] 如本发明所用，纳米结构的术语“直径”指垂直于所述纳米结构第一轴的横截面的直径，其中所述第一轴与所述第二和第三轴(所述第二和第三轴是长度最接近彼此相等的两个轴)的长度相差最大。所述第一轴不一定是所述纳米结构的最长轴；例如，对于圆盘形纳米结构，所述横截面将是垂直于所述圆盘短纵轴的基本上圆形的横截面。如果所述横截面不是圆形，则所述直径为该横截面的长轴和短轴的平均值。对于细长或高长径比的纳米结构，例如纳米线，所述直径是在垂直于所述纳米线最长轴的横截面上测量的。对于球形纳米结构，所述直径通过所述球的中心从一侧到另一侧测量。

[0037] 当关于纳米结构使用时，术语“晶体的”或“基本上晶体的”是指所述纳米结构通常在所述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”将取决于所述特定纳米结构的绝对尺寸，因为单晶的有序化不能延伸到所述晶体的边界之外。在这种情况下，“长程有序”将意味着至少在所述纳米结构的大部分尺寸上的基本上有序。在一些情况下，纳米结构可以带有氧化物或其他涂层，或可以由核和至少一个壳组成。在这种情况下，可以理解的是，所述氧化物、壳(或多个壳)或其他涂层可以但不需要表现出这种有序(例如，其可以是无定形的、多晶的或其他的)。在这种情况下，短语“晶体的”、“基本上晶体的”、“基本上单晶的”或“单晶的”指所述纳米结构的中心核(不包括所述涂层或壳)。在此使用的术语“晶体的”或“基本上晶体的”也旨在包括含有各种缺陷、堆叠错位、原子取代等的结构，只要所述结构表现出长程有序(例如，有序度超过所述纳米结构或

其核的至少一个轴的长度的至少约80％)。另外,应当理解核与纳米结构外部的厚度或核与相邻壳的厚度或壳与第二相邻壳的厚度的界面可以包含非晶体区域,甚至可以是无定形的。这并不妨碍所述纳米结构如本发明所定义的是结晶的或基本上结晶的。

[0038] 在关于纳米结构使用时,术语“单晶的”表示所述纳米结构是基本上晶体的,并且基本上包括单晶。当关于包括核和一个或多个壳的纳米结构异质结构使用时,“单晶的”表示所述核是基本上晶体的,并且基本上包括单晶。

[0039] 如本发明所用,术语“配体”是能够与纳米结构的一个或多个面相互作用(无论是弱相互作用还是强相互作用)的分子,例如通过与所述纳米结构表面的共价、离子、范德华力或其他分子相互作用。

[0040] 如本文所用,术语“量子产率”(QY)是指例如被纳米结构或纳米结构群发射的光子与吸收的光子的比。如本领域中已知的,量子产率通常通过使用具有已知量子产率值的充分表征的标准样品的比较方法来确定。

[0041] 如本文所用,术语“主要发射峰值波长”是指所述发射光谱表现出最高强度的波长。

[0042] 如本文所用,术语“半高全宽”(FWHM)是指光谱宽度的量度。在发射光谱的情况下,FWHM可以指发射光谱在峰值强度值的一半处的宽度。

[0043] 本文所用的术语Forster半径在本领域中也称为Forster距离。

[0044] 术语“纳米结构(NS)膜”在本文中用于指具有发光纳米结构的膜。

[0045] 术语“柔性”在本文中用于指元件能够弯曲、扭曲、折叠、贴合、卷成管状、压缩或类似操作而不会使其结构和/或功能损坏。术语“柔性”在本文中还用于指元件能够拉伸而不会使其结构和/或功能损坏。

[0046] 根据一些实施方案,术语“近红外(NIR)波长区域”在本文中用于指IR光谱的波长区域,其可以包括约750nm至约1200nm的波长。

[0047] 根据一些实施方案,术语“红色波长区域”在本文中用于指可见光谱的波长区域,其可以包括约620nm至约750nm的波长。

[0048] 根据一些实施方案,术语“绿色波长区域”在本文中用于指可见光谱的波长区域,其可以包括约495nm至约570nm的波长。

[0049] 根据一些实施方案,术语“蓝色波长区域”在本文中用于指可见光谱的波长区域,其可以包括约435nm至约495nm的波长。

[0050] 此文引用的已公布专利、专利申请、网站、公司名称和科学文献在此通过引用整体并入,其程度与每一个都被具体和单独地指出通过引用并入一样。此处引用的任何参考文献与本说明书的具体教导之间的任何冲突应以有利于后者的方式解决。同样,本领域理解的词或短语的定义与本说明书中具体教导的词或短语的定义之间的任何冲突应以有利于后者的方式解决。

[0051] 除非另有定义,本文中使用的技术和科学术语具有本申请所属领域的技术人员通常理解的含义。本文参考了本领域技术人员已知的各种方法和材料。

[0052] 具体实施方式

[0053] 柔性电致发光装置的示例性实施方案

[0054] 根据一些实施方案,图1示出了底部发射柔性电致发光(FEL)装置100的横截面图

的示意图。在一些实施方案中，可以配置FEL装置100以在柔性显示器上生成图像，以为光医学应用(例如，光医学)和/或其他基于FEL装置的柔性装置中的应用提供柔性光源。术语“柔性”在本文中用于指元件能够在所有方向上弯曲、扭曲、折叠、卷成管状、压缩或类似操作而不会使其结构和/或功能损坏。术语“柔性”在本文中也用于指这样的元件，该元件能够在相对的方向上拉伸而不会使其结构和/或功能损坏。

[0055] 在一些实施方案中，可以配置FEL装置100以发射一个或多个主要发射峰值波长在可见和/或红外(IR)光谱(例如，主要发射峰值波长为约600nm至约1100nm)内的高亮度的光。来自FEL装置100的光亮度可以高于OLED，因为OLED的效率通常在高亮度水平下降低，这种效应被称为效率下降，并且OLED在高电流密度下具有显著的量子效率下降。

[0056] 在一些实施方案中，FEL装置100可以包含基材102、设置在基材102上的装置堆叠103和设置在装置103上的封装层124。可以配置基材102以支持装置堆叠103，并且可选地支持用于控制装置堆叠103的操作的控制电路(未示出)。在一些实施方案中，基材102可以是柔性的和/或可以与不均匀表面(例如用于FEL装置100的光医学应用的人类皮肤)基本上共形的。在一些实施方案中，基材102可以是光学透明的，以允许从装置堆叠103产生的光101通过基材102发射而基本上不吸收光101。从装置堆叠发射的光101在图1中由指向-Z方向的黑色箭头表示。

[0057] 在一些实施方案中，基材102可以包含波纹结构，使得装置堆叠103的层在FEL装置100的拉伸过程中不会受到张力。在一些实施方案中，基材102可以包含聚合物材料，例如塑料、聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)或其他合适的柔性聚合物材料。在一些实施方案中，基材102可以包含超薄银、银网、银纳米线、导电有机聚合物或不包含氧化铟锡(ITO)的其他合适的导电材料。在一些实施方案中，基材102可以具有沿着Z轴的垂直尺寸(例如，厚度)，其范围为约10μm至约150μm(例如，约10μm、约12μm、约25μm、约75μm、约100μm、约125μm或约150μm)。在一些实施方案中，基材102的表面102s可以用作屏幕，以显示使用光101生成的图像。在一些实施方案中，基材102可以用作封装层，以为FEL装置100提供环境保护。基材102的材料可以选择为具有阻挡特性的，例如水蒸气透过率(WVTR)为约$10^{-5}g/m^2$-天至约$10g/m^2$-天(例如，约$10^{-5}g/m^2$-天、约$10^{-4}g/m^2$-天、约$10^{-3}g/m^2$-天、约$10^{-2}g/m^2$-天或约$10^{-1}g/m^2$-天)。

[0058] 根据一些实施方案，装置堆叠103可以包含设置在基材102上的阳极104、设置在阳极104上的空穴注入层(HIL)108、在HIL 108上的空穴传输层(HTL)110、设置在HTL 110上的电子阻挡层(EBL)112、设置在EBL 112上的发射层(EML)114、设置在EML 114上的空穴阻挡层(HBL)116、设置在HBL 116上的电子传输层(ETL)118、设置在ETL 118上的电子注入层(EIL)120和设置在EIL120上的阴极122。在一些实施方案中，装置堆叠103可以包含阳极104、HTL 110、设置在HTL 110上的EML 114和设置在EML 114上的阴极122，而不包含HIL 108、EBL 112、HBL 116、ETL 118或EIL 120。在一些实施方案中，装置堆叠103可以包含阳极104、设置在阳极104上的发射层(EML)114和设置在EML 114上的阴极122，而不包含HIL 108、HTL 110、EBL 112、HBL 116、ETL 118或EIL 120。

[0059] 基于EML 114的组成，可以配置FEL装置100以发射在可见光谱和IR光谱(例如，红色、绿色、蓝色或IR)内的光101。在一些实施方案中，EML 114可以包含一个或多个基于NS的发光层，或者基于NS的发光层和有机发光层的组合。在一些实施方案中，所述基于NS的发光层(例如，参考图10所述的NS膜1000)可以包含发光NS，例如QD(例如，参考图9所述的NS

900)。可以基于通过基材102发射的光101的所需颜色(例如红色、绿色、蓝色或IR)选择EML 114中基于NS的发光层的NS的尺寸和材料。

[0060] 在一些实施方案中,可以选择EML 114中基于NS的发光层的NS的尺寸和材料,以发射主要发射峰值波长在所述可见光谱的红色波长区域(例如约620nm至约750nm的波长)、绿色波长区域(例如约495nm至约570nm的波长)或蓝色波长区域(例如约435nm至约495nm的波长)内的光101。在一些实施方案中,可以选择EML 114中基于NS的发光层的NS的尺寸和材料,以发射主要发射峰值波长在所述可见光谱和IR光谱(例如约600nm至约1100nm的波长)内的光101。在一些实施方案中,EML 114可以具有发光NS群,配置所述发光NS群以在可见或IR光谱中发射红色、绿色、蓝色、NIR和/或任何光。

[0061] 在一些实施方案中,EML 114的一个或多个基于NS的发光层可以包含不含镉的NS。不含Cd的FEL装置100可适用于光医学应用,因为镉的固有毒性可能对人体健康有害。这种不含Cd的FEL装置100可以在人类皮肤外部使用和/或可以放置在人体内用于光治疗。在一些实施方案中,不含Cd的FEL装置100可以通过激发所述治疗化合物分子中的电荷状态,在治疗位点激活治疗化合物或被配制到所述治疗化合物中的光抑制剂。所述治疗位点可以在人类皮肤上或人体内。

[0062] 在一些实施方案中,EML 114可以包含基于磷化铟(InP)的NS,其可以发射主要发射峰值波长在从绿色波长区域延伸至NIR波长区域的波长区域(例如约495nm至约1200nm的波长)内的光101。在一些实施方案中,EML 114可以包含基于硫化铅(PbS)、磷化镉(Cd_3P_2)、硫化银(Ag_2S)、硒化银铟($AgInSe_2$)、硅(Si)或甲脒铅碘($FAPbI_3$)的NS,其可以发射主要发射峰值波长在IR波长区域(例如约800nm至约1100nm的波长)内的光101。在一些实施方案中,EML 114可以包含基于第I-III-VI族半导体化合物的NS(例如,硒化铜铟($CuInSe_2$)或硫化铜铟($CuInS_2$)),其量子产率可以超过60%。

[0063] 在操作期间,当施加电压于装置堆叠103时,主要发射峰值波长在可见或IR光谱中的光101可以从EML 114产生并从FEL装置100发射。当施加电压时可以产生光101,因为电子和空穴在EML 114中复合以释放对应于可见和/或IR波长区域中的波长的光子。当施加电压使得阳极104相对于阴极122为正时,所述电子和空穴可以分别从阴极122和阳极104注入。在一些实施方案中,EML 114可以通过例如旋涂、喷墨印刷、槽模涂布、喷嘴印刷、接触印刷、合适的溶液印刷技术、热蒸发或合适的气相沉积技术在底层上形成。在一些实施方案中,EML 114可以包含基于磷化铟(InP)的QD,其直径为约3nm至约25nm(例如约5nm、约10nm或约15nm),并且配置所述QD发射在红色波长区域、绿色波长区域和/或红色和绿色波长区域的主要发射峰值波长。

[0064] 如上所述,在操作期间正偏置时,可以配置阳极104以将空穴注入装置堆叠103。根据一些实施方案,阳极104可以包含导电且光学透明的材料,例如氧化铟锡(ITO)。在一些实施方案中,阳极104可以通过在基材102上沉积和图案化导电且光学透明的材料而在基材102上形成。所述沉积可以通过例如溅射、热蒸发或用于沉积导电的且光学透明的材料的合适的方法进行。所述图案化可以通过例如在沉积期间的光刻工艺或掩膜工艺来进行。在一些实施方案中,阳极104可以具有沿着Z轴的垂直尺寸(例如厚度),其范围为约50nm至约150nm(例如约50nm、约80nm、约100nm、约120nm、约125nm、约140nm或约150nm)。

[0065] 可选地,HIL 108可以在阳极104上形成。可以配置HIL 108以有利于空穴从阳极

104注入到HTL 110。在一些实施方案中，HIL 108可以具有沿着Z轴的垂直尺寸(例如，厚度)，其范围为约3nm至约70nm(例如，约3nm、约10nm、约30nm、约40nm、约50nm、约60nm或约70nm)。在一些实施方案中，HIL 108可以包含p-型或n-型、有机或无机半导体材料，例如金属氧化物(例如，氧化镍(NiO)、氧化钼(MoO_3)、氧化钒(V_2O_5)、氧化钨(WO_3))、聚苯胺、聚噻吩(例如，掺杂有聚(苯乙烯磺酸酯)(PSS)的聚(3,4-亚乙基二氧噻吩)(PEDOT))、三[苯基(间甲苯基)氨基]三苯胺(mTDATA)或六氮杂三苯基-六甲腈(mTDATA)。HIL 108可以通过例如旋涂、喷墨印刷、槽模涂布、喷嘴印刷、接触印刷、合适的溶液印刷技术、卷对卷加工、热蒸发或合适的气相沉积技术在阳极104上沉积。

[0066] 在一些实施方案中，HTL 110可以在如图1所示的HIL 108上形成，或者如果可选地不包含HIL 108，则可以在阳极104上形成。可以配置HTL 110以有利于空穴从HIL 108传输至EML 114。在一些实施方案中，HTL 110可以具有沿着Z轴的垂直尺寸(例如，厚度)，其小于HIL 108的垂直尺寸，并且可以为约10nm至约30nm(例如，约10nm、约20nm或约30nm)。在一些实施方案中，HTL 110可以包含p型、有机或无机半导体材料，例如金属氧化物或金属氧化物的纳米结构(例如，氧化镍(NiO)、氧化钼(MoO_3)、氧化钒(V_2O_5)或氧化钨(WO_3))、或聚合物(例如，聚(N-乙烯基咔唑)、聚(三芳基胺)、三苯胺衍生物或咔唑衍生物)，或小有机分子(例如，N,N-二(1-萘基)-N,N-二苯基-(1,1-联苯基)-4,4-二胺(NPB))。在一些实施方案中，HTL110和HIL 108可以包含彼此相似或不同的材料。在一些实施方案中，HTL 110可以通过例如旋涂、喷墨印刷、槽模涂布、喷嘴印刷、接触印刷、合适的溶液印刷技术、卷对卷加工、热蒸发或合适的气相沉积技术在HIL 108上沉积。

[0067] 可选地，EBL 112可以作为EML 114和HTL 110之间的中间层在HTL 110上形成。可以配置EBL 112为通过在HTL 110和EML 114之间充当大能量势垒以阻止电子从EML 114逃逸。EBL 112可以包含具有浅导带的p型半导体材料，例如基于咔唑和苯并菲的有机化合物。在一些实施方案中，EBL 112可以通过例如旋涂、喷墨印刷、槽模涂布、喷嘴印刷、接触印刷、合适的溶液印刷技术、热蒸发或合适的气相沉积技术在HTL 110上沉积。

[0068] 类似于EBL 112，HBL 116可以可选地作为EML 114和ETL 118之间的中间层在EML 114上形成。可以配置HBL 116为通过在ETL118和EML 114之间充当大能量势垒以阻止空穴从EML 114中逃逸。HBL 116可以包含具有深价带的n型半导体材料，例如取代的苯并咪唑类有机化合物。在一些实施方案中，HBL 116可以通过例如旋涂、喷墨印刷、槽模涂布、喷嘴印刷、接触印刷、合适的溶液印刷技术、热蒸发或合适的气相沉积技术形成。

[0069] 可选地，ETL 118可以在HBL 116上形成，或者如果可选地不包含HBL 116，则可以在EML 114上形成。可以配置ETL 118以有利于电子从EIL 120传输至EML 114。在没有HBL 116的情况下，可以配置ETL 118以阻止空穴从EML 114中逃逸。在一些实施方案中，ETL 118可以包含n型、有机或无机半导体材料，例如金属氧化物或金属氧化物的纳米结构(例如，氧化锌(ZnO)、氧化锌镁(ZnMgO)或二氧化钛(TiO_2))或苯并咪唑衍生物。在一些实施方案中，ETL 118可以通过例如旋涂、喷墨印刷、槽模涂布、喷嘴印刷、接触印刷、合适的溶液印刷技术、热蒸发或合适的气相沉积技术形成。在一些实施方案中，ETL 118可以具有沿着Z轴的垂直尺寸(例如，厚度)，其范围为约50nm至约100nm(例如，约50nm、约60nm、约80nm或约100nm)。

[0070] 可选地，EIL 120可以在ETL 118上形成，并且可以配置EIL 120为通过与阴极122

形成欧姆或近欧姆接触以有利于电子从阴极122注入ETL 118。在一些实施方案中,EIL 120可以包含n型半导体材料、碱金属盐(例如氟化锂(LiF)或碳酸铯(Cs_2CO_3))、低功函数金属(例如钙(Ca)、钡(Ba)、镁(Mg)、镱(Yb)或铯(Cs))或有机化合物(例如聚芴、乙氧基化的聚乙烯亚胺(PEIE)或8-羟基喹啉锂(Liq))。在一些实施方案中,ETL 118和EIL 120可以包含彼此相似或不同的材料。EIL120可以通过例如旋涂、喷墨印刷、槽模涂布、喷嘴印刷、接触印刷、合适的溶液印刷技术、热蒸发或合适的气相沉积技术在ETL 118上沉积。

[0071] 阴极122可以直接在EIL 120上形成,或者如果可选地不包含EIL 120、ETL 118和HBL 116,则可以直接在EML 114上形成。如上所述,在操作期间负偏置时,可以配置阴极122以将电子注入装置堆叠103。在一些实施方案中,阴极122可以具有沿着Z轴的垂直尺寸(例如厚度),其范围为约100nm至约5μm(例如约250nm、约280nm、约300nm、约500nm、约1μm或约5μm)。根据一些实施方案,阴极122可以包含导电和光学反射材料,例如铝(Al)或银(Ag)。阴极122的反射材料可有助于反射光至基材102,并防止光通过阴极122发射。由于在EML 114(如上述讨论的)中电子和空穴复合后释放光子而产生的光可以向阴极122和基材102传输。阴极122的反射材料有助于将这些光子重定向到基材102,以从FEL装置100发射。在一些实施方案中,阴极122和阳极104可以是光学透明的,并且光101可以通过基材102和阴极122两者发射。

[0072] 在一些实施方案中,阴极122可以通过在EIL 120上沉积和图案化所述阴极材料形成。所述沉积可以通过例如溅射、热蒸发、合适的溶液印刷技术或用于沉积导电和光学反射材料的合适的方法进行。图案化可以通过例如喷墨印刷工艺或通过具有所需图案的掩膜热蒸发所述阴极材料进行。

[0073] 封装层124可以直接在阴极122上和FEL装置100的侧表面(图1中未示出)上形成,并且可以配置所述封装层124为FEL装置100提供机械和环境保护。在一些实施方案中,封装层124可以包含耦合层124A和阻挡膜124B。耦合层124A和阻挡膜124B的材料可以选择为具有阻挡特性的,以为FEL装置100提供机械和环境保护以及柔性和/或拉伸性。在一些实施方案中,耦合层124A和阻挡膜124B的材料可以具有阻挡特性,例如水蒸气透过率(WVTR)为约$10^{-5}g/m^2$-天至约10g/m^2-天(例如,约$10^{-5}g/m^2$-天、约$10^{-4}g/m^2$-天、约$10^{-3}g/m^2$-天、约$10^{-2}g/m^2$-天或约$10^{-1}g/m^2$-天),以提供防湿气保护。耦合层124A和阻挡膜124的WVTR可以彼此相似或不同。

[0074] 在一些实施方案中,耦合层124A可以包含配置耦合阻挡膜124B至阴极122的柔性压敏粘合剂或其他合适的柔性粘合剂材料。根据一些实施方案,阻挡膜124B可以包含金属层压材料、金属箔、装饰性彩色背衬(backing)或其他合适的柔性阻挡材料。耦合层124A和阻挡膜124B可以是光学透明的、反射的或不透明的。

[0075] 在一些实施方案中,耦合层124A可以具有沿着Z轴的垂直尺寸(例如,厚度),其范围为约20μm至约30μm(例如,约20μm、约25μm或约30μm)。在一些实施方案中,阻挡膜124B可以具有沿着Z轴的垂直尺寸(例如,厚度),其范围为约10μm至约150μm(例如,约10μm、约12μm、约75μm、约100μm、约125μm或约150μm)。在一些实施方案中,阻挡膜124B和基材102沿着Z轴的垂直尺寸可以彼此相似或不同。

[0076] 可以选择耦合层124A和阻挡膜124B的垂直尺寸,以减少装置堆叠103的拉伸或压缩,这可能由于层或接触的破裂或弯曲而导致装置故障。可以选择封装层124和基材102的

垂直尺寸，使得在FEL装置100的弯曲过程中受到的张力和/或压缩力可以基本上限制在封装层124和/或基材102内，并且不会延伸到FEL装置100的装置堆叠103层。因此，在FEL装置100的弯曲过程中，装置堆叠103层可以处于中性平面。中性平面可被定义为基本上没有拉力或压缩力的平面。

[0077] 在一些实施方案中，缓冲层(图1中未示出)可以在阴极122和耦合层124A之间沉积。所述缓冲层可以包含氧化物材料，并且具有约$10^{-5}g/m^2$-天至约$10g/m^2$-天(例如，约$10^{-5}g/m^2$-天、约$10^{-4}g/m^2$-天、约$10^{-3}g/m^2$-天、约$10^{-2}g/m^2$-天或约$10^{-1}g/m^2$-天)的WVTR，以提供额外的环境保护。所述缓冲层可以具有与耦合层124A和/或阻挡膜124B类似或不同的WVTR。

[0078] 在一些实施方案中，FEL 100可以包含在基材102上的封装层(未示出)。该基材侧封装层可以类似于封装层124，除了其耦合层和阻挡膜可以是光学透明的，以允许光101通过基材102发射而基本上不吸收光101。可以配置其耦合层以耦合其阻挡膜至基材102的表面102s。

[0079] 根据一些实施方案，图2示出了顶部发射FEL装置200的横截面图的示意图。除非另有说明，FEL装置100的上述讨论适用于FEL装置200。除了FEL装置200通过阴极222而非通过基材202发射光101，FEL装置200可以类似于FEL装置100。因此，与FEL装置100不同，FEL装置200可以包含不透明的和/或反射的基材202、透明的阴极222和设置在阴极222上的透明的封装层224。

[0080] 除了基材202的材料可以是不透明的和/或反射的，基材202的上述讨论适用于基材102。基材202的反射材料可有助于反射光至阴极222，并且防止光通过基材202发射。由于在EML 114(如上所述)中电子和空穴复合后释放光子而产生的光可以向阴极222和基材202传输。基材202的反射材料可有助于将这些光子重定向到阴极222，以从FEL装置200发射。在一些实施方案中，附加地或替代地，阳极104可以是反射的，并且包含导电和光学反射层，例如铝(Al)或银(Ag)。

[0081] 阴极122的上述讨论适用于阴极222，除了阴极222可以包含导电的且光学透明的层，例如ITO层、ITO/Ag/ITO多层堆叠或超薄金属膜，例如厚度约为10nm的Ag薄层。

[0082] 除非另有说明，封装层124的上述讨论适用于封装层224。封装层224可以包含耦合层224A和阻挡膜224B，可以配置所述封装层以为FEL装置200提供机械和环境保护以及柔性和/或拉伸性。除了耦合层224A和阻挡膜224B可以是光学透明的，以允许光101通过阴极222发射而基本上不吸收光101，耦合层224A和阻挡膜224B可以分别类似于耦合层124A和阻挡膜124B。

[0083] 在一些实施方案中，FEL 200可以包含在基材202上的封装层(未示出)。该基材侧封装层可以类似于图1的封装层124，除了可以配置其耦合层以耦合其阻挡膜至基材202的表面202s。

[0084] 图3-4示出了基于不含Cd的NS的FEL装置(例如FEL装置100和200)的示例性装置特性。图3的亮度与电压的图显示，在7V的低驱动电压下，FEL装置可以实现约$25,000cd/m^2$的光亮度。如图4中FEL装置的电致发光特性所示，所述FEL装置发射的主要电致发光峰值波长为约630nm的光可以实现该亮度。

[0085] 根据一些实施方案，图5示出了底部发射FEL装置500的横截面图的示意图。FEL装置500可以包含FEL装置100，其具有导热层526、外耦合层528和功能层530。上面描述了图5

中与图1中的元件相同注释的元件。

[0086] 可以设置导热层526在阻挡膜124A上，并且可以配置所述导热层526以从FEL装置500的发光表面(例如，表面102s、528s和/或530s)散发热量。在操作过程中，FEL装置100可以产生所述热量。在一些实施方案中，导热层526可有助于防止FEL装置500在使用时加热目标位点，例如在光医学应用中，目标位点可以是人类皮肤上或人体内部的治疗位点。在一些实施方案中，导热层526可以包含金属箔层、金属网结构层或其他合适的柔性导热材料层。在一些实施方案中，导热层526可以使用喷涂、油漆、旋涂、印刷、转移或其他合适的导热材料沉积方法沉积。在一些实施方案中，导热层526可以具有沿着Z轴的垂直尺寸(例如厚度)，其范围为约10nm至约150nm(例如约20nm、约50nm或约150nm)或小于约150nm。

[0087] 在一些实施方案中，如果阻挡膜124B的材料除了上文参考图1所讨论的阻挡特性之外，还具有导热性，则导热层526不包含在FEL装置500中。在这种情况下，可以配置阻挡膜124B以从FEL装置500的发光表面散发热量。

[0088] 可以直接设置外耦合层528在基材102的表面102s上，并且可以配置所述外耦合层528以从FEL装置500提取光。光的提取可以包含为从装置103发射的光通过基材102提供方向性，并且防止所述光在基材102内全内反射。在没有外耦合层528的情况下，由于与空气相比基材102的折射率更高，所以通过基材102发射到空气中的部分光可以在基材102内全内反射。如果较高折射率材料(例如，基材102)中的光以大于临界角的角度到达与较低折射率材料(例如，空气)的界面，所述光可以折回所述较高折射率材料，而不是从所述较高折射率材料射出。这可以称为全内反射。这种通过基材102内的全内反射损失的发射光会降低从基材102发射的光的亮度。因此，外耦合层528可有助于增强从FEL装置500发射的光101的亮度，并且也有助于增加从FEL装置500的光提取。

[0089] 在一些实施方案中，外耦合层528可以包含使用例如喷沙在表面102s上形成的纹理表面。在一些实施方案中，外耦合层528可以包含弹性或聚合物材料，例如硅凝胶或其他合适的材料，除了光提取之外，这些材料还可有助于消除FEL装置500和表面(例如人类皮肤)之间的任何气隙，其中FEL装置500的发射表面(例如表面528s或530s)基本上共形地施加于所述表面上。由于外耦合层528的折射率高于空气，消除FEL 500和所施加表面之间的界面处的气隙可有助于防止因发射光的某些部分在外耦合层528内全内反射而导致的发射光损失。在一些实施方案中，具有聚合物材料(例如硅凝胶)的外耦合层528可以为从FEL装置500发射的光101照射的表面(例如人类皮肤)提供热绝缘。所述热绝缘可以是来自通过FEL装置500产生的热量。在一些实施方案中，外耦合层528可以具有沿着Z轴的垂直尺寸(例如厚度)，其范围为约10μm至约150μm(例如约20μm、约50μm或约150μm)。

[0090] 可选地，功能层530可以包含在FEL装置500中。可以设置功能层530在外耦合层528的表面528s上，并且可以配置所述功能层530以漫射发射的光，该发射的光基本上均匀地穿过表面530s；因此，在FEL装置500的应用(例如，光医学应用)期间，基本上均匀分布的光可以在表面(例如，人类皮肤)上传递。在一些实施方案中，功能层530可以包含织物或其他类似材料，其可以包含用于光医学应用的预涂层局部治疗。

[0091] 在一些实施方案中，FEL 500可以包含在基材102、功能层530上的封装层(未示出)，或者如果可选地不包含功能层530，包含在外耦合层528上的封装层(未示出)。该封装层可以类似于封装层124，除了其耦合层和阻挡膜可以是光学透明的，以允许光101通过功

能层530或外耦合层528发射而基本上不吸收光101。可以配置其耦合层以耦合其阻挡膜至表面530s,或者如果可选地不包含功能层530,则耦合至表面528s。

[0092] 类似于FEL装置500,FEL装置200可以包含设置在基材202上的外耦合层528,以及可选地,设置在外耦合层528上的功能层530。此外,FEL装置200可以在阻挡膜224A上包含类似于导热层526的导热层,除了FEL装置200的导热层可以是光学透明的,以允许光101通过阴极222和封装层224发射而基本上不吸收光101。

[0093] 根据一些实施方案,图6示出了底部发射FEL装置600的横截面图的示意图。除非另有说明,FEL装置100的上述讨论适用于FEL装置600。上文描述了图6中与图1中的元件相同注释的元件。FEL装置600可以类似于FEL装置100,除了FEL装置600包含两个相邻的装置堆叠603A-603B,而不是图1所示的一个装置堆叠103。除非另有说明,对装置堆叠103的上述讨论适用于装置堆叠603A-603B中的每一个。可以配置装置堆叠603A-603B以同时分别发射光601A-601B,并且主要发射峰值波长彼此相同。所述波长在可见或IR光谱内。即使图6中示出了两个相邻的装置堆叠603A-603B,FEL装置600也可以具有两个或多个相邻的装置堆叠,可以配置其以同时发射光,所述光的主要发射峰值波长彼此不同。

[0094] 除了装置堆叠603A-603B的EML之外,装置堆叠603A-603B的层可以彼此相似。除非另有说明,EML 114的上述讨论适用于每个装置堆叠603A-603B的EML。可以配置装置堆叠603A-603B的EML以同时分别发射光601A和601B,所述光的主要发射峰值波长彼此不同。例如,光601A-601B的主要发射峰值波长可以分别为660nm和860nm。所述主要发射峰值波长可以在可见或IR光谱内。可以选择装置堆叠603A-603B的EML中的NS的尺寸和材料,以分别发射光601A和601B。在一些实施方案中,除了所述EML之外,装置堆叠603A-603B可以在它们之间共享阳极104、HIL 108、HTL 110、EBL 112、HBL 116、ETL 118、EIL 120和/或阴极122。

[0095] 在一些实施方案中,FEL装置200可以具有装置堆叠603A-603B而不是装置堆叠103,并且可以配置所述FEL装置200以同时分别通过阴极222和封装层224发射光601A-601B。类似于FEL装置500,FEL装置600可以包含阻挡膜124B上的导热层526、基材102上的外耦合层528和外耦合层528上的可选的功能层530。

[0096] 根据一些实施方案,图7示出了底部发射FEL装置700的横截面的图的示意图。除非另有说明,FEL装置100的上述讨论适用于FEL装置700。上文描述了图7中与图1中的元件相同注释的元件。FEL装置700可以类似于FEL装置100,除了FEL装置700包含设置在基材102上的颜色处理层732和设置在颜色处理层732上的封装层724。可以配置颜色处理层732以处理光101(图7中未示出;图1示出)并产生经处理的光701。经处理的光701的颜色可以包含在可见光谱和IR光谱内的一个或多个主要发射峰值波长。光101的主要发射峰值波长可以短于光701的主要发射峰值波长。例如,如果光101的主要发射峰值波长为450nm和/或600nm,则光701的主要发射峰值波长可以分别为600nm和/或800nm。

[0097] 颜色处理层732可以包含一个或多个磷光体膜(例如,参考图10所述的NS膜1000)。所述一个或多个磷光体膜可以具有发光纳米结构(NS),例如QD(例如,参考图9所述的NS 900)。在一些实施方案中,EML 114(图7中未示出;图1示出)可以产生蓝光101,并且为了发射经处理的红色或绿色光701,所述一个或多个磷光体膜可以通过下转换蓝光101产生经处理的红色或绿色光701。在一些实施方案中,所述一个或多个磷光体膜可以包含带有所述发光NS的二氧化钛、氧化锌、硫化锌、硅或其组合的散射材料(例如,直径为约100nm至约500μm

的颗粒)。

[0098] 在一些实施方案中,颜色处理层732可以是通过例如喷墨印刷、喷嘴印刷、接触印刷或合适的溶液印刷技术形成的预图案化层,并且可以是自粘合的或者可以使用类似于耦合层124A的耦合层耦合到基材102。

[0099] 封装层724可以包含分别类似于耦合层124A和阻挡膜124B的耦合层724A和阻挡膜724B,除了耦合层724A和阻挡膜724B可以是光学透明的,以允许光701发射而基本上不吸收光701。

[0100] 在一些实施方案中,FEL装置200可以在阴极222和封装层224之间具有颜色处理层732,并且可以配置所述FEL装置200以处理光101并且通过阴极222和封装层224产生经处理的光701。类似于FEL装置500,FEL装置700可以包含阻挡膜124B上的导热层526、外耦合层528和可选的功能层530。在FEL装置700中,外耦合层528可以插入在基材102和颜色处理层732之间、颜色处理层732和封装层724之间或在阻挡膜724B上。可以可选地设置功能层530在阻挡膜724B上。

[0101] 除非另有说明,本公开中所述的位于其他元件上面(on)或上方(over)的元件可以直接位于其他元件之上,或者可以具有中间层。应当注意,尽管图1-2和图5-7中的一些元件显示为沿着X轴、Y轴和/或Z轴具有彼此相似的尺寸,但是这些元件中的每一个都可以在一个或多个方向上具有彼此不同的尺寸,而不偏离本发明的范围或精神。

[0102] 制造柔性电致发光装置的示例性方法

[0103] 根据一些实施方案,图8是用于制造FEL装置100、200、500、600和/或700的示例性方法800的流程图。根据具体应用,步骤可以以不同的顺序执行,也可以不执行。应当注意,方法800可能不会制备完整的FEL装置。因此,应当理解,可以在方法800之前、期间和之后提供额外的工艺,并且在本文仅简要描述一些其他工艺。

[0104] 在步骤805中,提供具有阳极预沉积层的柔性基材。例如,如图1所示,可以设置阳极104在基材102上。在一些实施方案中,基材102可以是柔性的和光学透明的,并且可以包含聚合物材料,例如塑料、聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)或其他合适的柔性聚合物材料。在一些实施方案中,基材102可以包含超薄银、银网、银纳米线、导电有机聚合物或不包含氧化铟锡(ITO)的其他合适的导电材料。在一些实施方案中,当可以配置FEL装置(例如FEL装置200)以通过阴极222而非通过基材102发射光101时,所述柔性基材(例如图2的基材202)的材料可以是不透明的和/或反射的。根据一些实施方案,阳极104可以包含导电的且光学透明的材料,例如氧化铟锡(ITO)。在一些实施方案中,具有预沉积的ITO层的PET塑料基材可以用作起始基材,以在后续处理步骤中沉积FEL装置100的其他层。

[0105] 在步骤810中,形成空穴注入层(HIL)、空穴传输层(HTL)和电子阻挡层(EBL)。例如,如图1所示,可以设置HIL 108在阳极104上。可以设置HTL 110在HIL 108上,并且可以设置EBL 112在HTL 110上。HIL 108、HTL 110和EBL 112均可以通过例如旋涂、喷墨印刷、槽模涂布、喷嘴印刷、接触印刷、合适的溶液印刷技术、卷对卷加工、热蒸发或合适的气相沉积技术在其底层上沉积。在一些实施方案中,HIL 108可以包含掺杂PSS(聚(苯乙烯磺酸酯))的PEDOT(聚(3,4-亚乙基二氧噻吩)),而HTL 110可以包含TFB(聚[(9,9-二辛基芴-2,7-二基)-共-(4,4'(N-(4-仲丁基苯基)))二苯胺])。

[0106] 在步骤815中,发射层(EML)在EBL上形成。例如,如图1所示,可以设置EML 114在

EBL 112上。在一些实施方案中，EML 114可以通过例如旋涂、喷墨印刷、槽模涂布、喷嘴印刷、接触印刷、合适的溶液印刷技术、热蒸发或合适的气相沉积技术在EBL 112上沉积。在一些实施方案中，EML 114可以包含直径为约20nm的基于磷化铟(InP)的QD，并且可以配置所述EML 114以发射在红色波长区域的主要发射峰值波长。

[0107] 在一些实施方案中，步骤810可以是可选的步骤，并且步骤805之后可以是步骤815，其中所述EML在阳极上形成。

[0108] 在步骤820中，形成空穴阻挡层(HBL)、电子传输层(ETL)和电子注入层(EIL)。例如，如图1所示，可以设置HBL 116在EML114上，可以设置ETL 118在HBL 116上，并且可以设置EIL 120在ETL 118上。HBL 116、ETL 118和EIL 120均可以通过例如旋涂、喷墨印刷、槽模涂布、喷嘴印刷、接触印刷、合适的溶液印刷技术、热蒸发或合适的气相沉积技术在其底层上沉积。在一些实施方案中，ETL 118可以包含氧化锌镁(ZnMgO)。

[0109] 在步骤825中，阴极在EIL上形成，并且封装层在阴极上形成。例如，如图1所示，可以设置阴极122在EIL 120上，可以设置封装层124在阴极122上。根据一些实施方案，阴极122可以包含导电的和光学反射的材料，例如铝(Al)或银(Ag)。在一些实施方案中，阴极122可以通过例如溅射、热蒸发、合适的溶液印刷技术或用于沉积导电的和光学反射的材料的合适方法在EIL 120上沉积所述阴极材料而形成。在一些实施方案中，所述阴极(例如，图2的阴极222)的材料可以包含导电的且光学透明的层，例如ITO层、ITO/Ag/ITO多层堆叠或超薄金属膜，例如当可以配置FEL装置(例如，FEL装置200)以通过阴极222而非通过基材102发射光101时，Ag薄层的厚度为约10nm。

[0110] 在一些实施方案中，步骤820可以是可选的步骤，并且步骤815之后可以是步骤825，其中阴极在EML上形成。

[0111] 封装层124可以直接在阴极122上形成。在一些实施方案中，封装层124可以包含耦合层124A和阻挡膜124B。耦合层124A和阻挡膜124B的材料可以选择为具有阻挡特性的，例如水蒸气透过率(WVTR)为约$10^{-5}g/m^2$-天至约$10g/m^2$-天(例如，约$10^{-5}g/m^2$-天、约$10^{-4}g/m^2$-天、约$10^{-3}g/m^2$-天、约$10^{-2}g/m^2$-天或约$10^{-1}g/m^2$-天)。耦合层124A和阻挡膜124的WVTR可以彼此相似或不同。

[0112] 在一些实施方案中，耦合层124A可以包含柔性压敏粘合剂(PSA)或其他合适的柔性粘合材料，可以配置所述其他合适的柔性粘合材料以耦合阻挡膜124B至阴极122。可以施加耦合层124A在阴极122上，然后可以施加阻挡膜124B在耦合层124A上。根据一些实施方案，阻挡膜124B可以包含金属层压材料、金属箔、装饰性彩色背衬或其他合适的柔性阻挡材料。耦合层124A和阻挡膜124B可以是光学透明的、反射的或不透明的。

[0113] 在步骤830中，导热层在所述封装层上形成。例如，如图5所示，可以设置导热层526在阻挡膜124A上。在一些实施方案中，导热层526可以包含金属箔层、金属网结构层或其他合适的柔性导热材料层。在一些实施方案中，导热层526可以使用喷涂、油漆、旋涂、印刷、转移或其他合适的导热材料沉积方法沉积。在一些实施方案中，导热层526可以具有沿着Z轴的垂直尺寸(例如厚度)，其范围为约10nm至约150nm(例如约20nm、约50nm或约150nm)或小于约150nm。

[0114] 在步骤835中，颜色处理层在基材上形成。例如，如图7所示，可以设置颜色处理层732在基材102上。在一些实施方案中，颜色处理层732可以是通过例如喷墨印刷、喷嘴印刷、

接触印刷或合适的溶液印刷技术形成的预图案化层，并且可以是自粘合的或者可以使用类似于耦合层124A的耦合层耦合到基材102。

[0115] 在步骤840中，封装层在所述颜色处理层上形成。例如，如图7所示，可以设置封装层724在颜色处理层732上。封装层724可以包含分别类似于耦合层124A和阻挡膜124B的耦合层724A和阻挡膜724B，除了耦合层724A和阻挡膜724B可以是光学透明的，以允许光701发射而基本上不吸收光701。

[0116] 在步骤845中，外耦合层直接或间接在所述基材上形成。例如，如图5所示，可以直接设置外耦合层528在基材102上。在一些实施方案中，如参考图7所讨论的，可以设置外耦合层528在所述颜色处理层732上或阻挡膜724B上，从而间接设置在所述基材上。

[0117] 在一些实施方案中，步骤830可以在步骤835、840或845之前或之后执行。

[0118] 阻挡层涂布的纳米结构的示例性实施方案

[0119] 根据一个实施方案，图9示出了的阻挡层涂布的发光纳米结构(NS)900的横截面结构。在一些实施方案中，NS 900群可以包含在EML 114的发光层中。阻挡层涂布的NS 900包含NS 901和阻挡层906。NS 901包含核902和壳904。核902包含发射光的半导体材料。核902的半导体材料的示例包括磷化铟(InP)、硒化镉(CdSe)、硫化锌(ZnS)、硫化铅(PbS)、砷化铟(InAs)、磷化铟镓，(InGaP)、硒化镉锌(CdZnSe)、硒化锌(ZnSe)和碲化镉(CdTe)。也可以使用表现出直接带隙的任何其他II-VI、III-V、三级或四级半导体结构。在一个实施方案中，核902还可以包含一种或多种掺杂剂(例如金属、卤素和合金)以提供一些示例。金属掺杂剂的示例可以包括但不限于锌(Zn)、铜(Cu)、铝(Al)、铂(Pt)、铬(Cr)、钨(W)、钯(Pd)或其组合。卤素掺杂剂的示例可以包括但不限于氟(F)、氯(Cl)、溴(Br)或碘(I)。与未掺杂的NS相比，核902中存在一种或多种掺杂剂可以提高NS 901的结构、电学和/或光学稳定性和QY。

[0120] 根据一个实施方案，核902的直径可以小于20nm。在另一个实施方案中，核902的直径可以为约1nm至约10nm。调整核902的尺寸以及NS 901在纳米范围内的尺寸的能力可以在整个光谱内实现光发射覆盖。一般而言，所述较大的NS向所述光谱的红端发射光，而较小的NS向所述光谱的蓝端发射光。当较大的NS的能级比所述较小的NS的能级间隔更近时，就会产生这种效应。这允许所述NS吸收包含较少能量的光子，即更接近所述光谱红端的光子。

[0121] 壳904围绕核902并设置在核902的外表面上。壳904可以包括但不限于硫化镉(CdS)、硫化锌镉(ZnCdS)、硫化硒锌(ZnSeS)和硫化锌(ZnS)。在一个实施方案中，壳904可以具有厚度904t，例如一个或多个单层。在其他实施方案中，壳904可以具有约1nm至约10nm的厚度904t。壳904可用于帮助减少与核902的晶格不匹配，并且提高NS 901的QY。壳904还可有助于钝化和去除核902上的表面陷阱态(例如悬挂键)，以增加NS 901的QY。表面陷阱态的存在可以提供非辐射复合中心，并且导致NS 901的发射效率降低。

[0122] 在替代实施方案中，NS 901可以包含设置在壳904上的第二壳，或围绕核902的多于两个的壳，而不脱离本发明的精神和范围。在一个实施方案中，所述第二壳可以是一个或多个单层厚度，并且通常也是半导体材料，尽管不是必需的。第二壳可以为核902提供保护。第二壳材料可以是硫化锌(ZnS)，尽管也可以使用其他材料，并且也可以包含掺杂剂，而不偏离本发明的范围或精神。

[0123] 可以配置阻挡层906以在NS 901上形成涂层。在一个实施方案中，设置阻挡层906在壳904的外表面904a上并与其基本上接触。在具有一个或多个壳的NS 901的实施方案中，

可以设置阻挡层906在NS 901的最外壳上并与其基本上接触。在示例性实施方案中，可以配置阻挡层906以在NS 901和一个或多个NS之间充当间隔，所述NS在例如具有多个NS的溶液、组合物和/或膜中，其中多个NS可以类似于NS 901和/或阻挡层涂布的NS 900。在这类NS溶液、NS组合物和/或NS膜中，阻挡层906可有助于防止NS 901与相邻NS的聚集。NS 901与相邻NS的聚合可导致NS 901尺寸的增加，并且因此导致包含NS 901的聚合NS(未示出)的光发射特性的降低或淬灭。在进一步的实施方案中，阻挡层906为NS 901提供保护，使其免受可能对NS 901的结构和光学性质产生不利影响的例如湿气、空气和/或恶劣环境(例如NS的光刻处理期间和/或基于NS的装置的制造过程中使用的高温和化学品)的影响。

[0124] 阻挡层906可以包含一种或多种无定形的、光学透明的和/或电惰性的材料。合适的阻挡层包含无机材料，例如但不限于无机氧化物、卤化物和/或氮化物。根据各种实施方案，用于阻挡层906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906可以具有约0.5nm至约15nm的厚度906t。

[0125] 阻挡层涂布的NS 900可以额外地或可选地包含缓冲层907，可以配置所述缓冲层907以在NS 901上形成缓冲涂层。在一个实施方案中，设置缓冲层107在壳904上，并且使其与壳904的外表面904a和阻挡层906的内表面906a基本上接触。可以配置缓冲层107以在NS 901和NS 901后续处理过程中使用的化学品之间充当缓冲，例如在NS 901上形成阻挡层906。

[0126] 缓冲层907可有助于大幅度降低和/或防止NS 901的光发射特性中的淬灭，该淬灭因与NS 901后续处理过程中使用的化学品发生反应而发生。缓冲层907可以包含一种或多种无定形的、光学透明和/或电活性的材料。缓冲层907的一种或多种材料可以包含无机或有机材料。根据各种实施方案，缓冲层907的无机材料的示例包含金属的氧化物和/或氮化物。用于金属氧化物的示例包括ZnO、TiO_2、In_2O_3、Ga_2O_3、SnO_2、Al_2O_3或MgO。在各种实施方案中，缓冲层907可以具有约1nm至约5nm的厚度907t。

[0127] 如图9所示，根据一个实施方案，阻挡层涂布的NS 900可以额外地或可选地包含多个配体或表面活性剂908。根据一个实施方案，可以吸附或结合配体或表面活性剂908至阻挡层涂布的NS 900的外表面，例如在阻挡层906的外表面上，或在壳904或第二壳的外表面上。所述多个配体或表面活性剂908可以包含亲水或极性头908a和疏水或非极性尾908b。可以结合亲水或极性头908a至阻挡层906。配体或表面活性剂908的存在可有助于在NS 900和/或NS 901形成过程中将其与溶液、组合物和/或膜中的其他NS分离。如果允许所述NS在其形成过程中聚集，例如NS 900和/或NS 901的NS的量子效率可能下降。配体或表面活性剂908也可以用于赋予阻挡层涂布的NS 900某些性能，例如疏水性，以提供在非极性溶剂中的混溶性，或提供其他化合物结合的反应位点(例如反向胶束系统)。

[0128] 存在多种可用作配体908的配体。在一些实施方案中，所述配体是选自月桂酸、己酸、肉豆蔻酸、棕榈酸、硬脂酸和油酸的脂肪酸。在一些实施方案中，所述配体选自三辛基氧化膦(TOPO)、三辛基膦(TOP)、二苯基膦(DPP)、三苯基氧化膦和三丁基氧化膦的有机膦或有机氧化膦。在一些实施方案中，所述配体是选自十二胺、油胺、十六胺和十八胺的胺。在一些实施方案中，所述配体为三辛基膦(TOP)。在一些实施方案中，所述配体是油胺。在一些实施方案中，所述配体是硫醇，例如辛硫醇。在一些实施方案中，所述配体为二苯基膦。在一些实施方案中，所述配体是任何这些脂肪酸的中性盐，或任何这些胺、膦或氧化膦的硫属化物，

例如油酸锌、月桂酸锌、TOP-硒化物或TOP-硫化物。

[0129] 存在多种可用作表面活性剂908的表面活性剂。在一些实施方案中，非离子表面活性剂可用作表面活性剂908。在一些实施方案中，非离子表面活性剂的一些示例包括聚氧乙烯(5)壬基苯基醚(商品名IGEPAL CO-520)、聚氧乙烯(9)壬基苯基醚(IGEPAL CO-630)、辛基苯基-聚乙烯二醇(IGEPAL CA-630)、聚氧乙烯月桂醚(Brij 93)、聚氧乙烯十六烷基醚(Brij 52)、聚氧乙烯十八烷基醚(Brij S10)、聚氧乙烯(10)异辛基环己基醚(Triton X-100)和聚氧乙烯支链壬基环己基醚(Triton N-101)。

[0130] 在一些实施方案中，阴离子表面活性剂可用作表面活性剂908。阴离子表面活性剂的一些示例包括二辛基磺基琥珀酸钠、硬脂酸钠、十二烷基硫酸钠、单十二烷基磷酸钠、十二烷基苯磺酸钠和肉豆蔻基硫酸钠。

[0131] 在一些实施方案中，可以合成NS 901和/或900以发射在一个或多个不同颜色范围的光，例如红色、橙色和/或黄色范围。在一些实施方案中，可以合成NS 901和/或900以发射绿色和/或黄色范围的光。在一些实施方案中，可以合成NS 901和/或900以发射蓝色、靛蓝色、紫色和/或紫外范围的光。在一些实施方案中，可以合成主要发射峰值波长为约605nm至约650nm、约510nm至约550nm，或约300nm至约495nm的NS 901和/或900。

[0132] 可以合成NS 901和/或900以显示高QY。在一些实施方案中，可以合成NS 901和/或900以显示为80％至100％或85％至90％的QY。

[0133] 因此，根据各种实施方案，可以合成NS 900以使得NS 901上阻挡层906的存在基本上不会改变或抑制NS 901的光发射特性。

[0134] 纳米结构膜的示例性实施方案

[0135] 根据一个实施方案，图10示出了NS膜1000的横截面图。在一些实施方案中，EML 114的发光层可以类似于NS膜1000。

[0136] 根据一个实施方案，NS膜1000可以包含多个阻挡层涂布的核-壳NS 900(图9)和基质材料1010。根据一些实施方案，NS 900可以嵌入或以其他方式设置在基质材料1010中。如本文所用，术语“嵌入”用于表示NS被包裹或包覆在基质材料1010中。应当注意，在一个实施方案中，NS 900可以在整个基质材料1010中均匀分布，尽管在其他实施方案中，NS 900可以根据特定应用的均匀分布函数分布。应当注意，即使NS 900显示为具有相同的直径尺寸，本领域技术人员将理解NS 900可以具有尺寸分布。

[0137] 在一个实施方案中，NS 900可以包含具有在蓝色可见波长光谱、绿色可见波长光谱或红色可见波长光谱中发射的尺寸的均质的NS群。在其他实施方案中，NS 900可以包含第一NS群，其具有在蓝色可见波长光谱中发射的尺寸；第二NS群，其具有在绿色可见波长光谱中发射的尺寸；以及第三NS群，其在红色可见波长光谱中发射。

[0138] 基质材料1010可以是能够容纳NS 900的任何合适的主基质材料。合适的基质材料可以与NS 900和用于将NS膜1000施加于装置的任何围绕包装材料或层在化学和光学上兼容。合适的基质材料可以包含对一级光和二级光均透明的不发黄的光学材料，从而允许一级光和二级光通过基质材料传输。在一个实施方案中，基质材料1010可以完全围绕每个NS 900。在需要柔性或可模制的NS膜1000的应用中，基质材料1010可以是柔性的。或者，基质材料1010可以包含高强度、非柔性材料。

[0139] 基质材料1010可以包含聚合物、其他半导体纳米颗粒、有机和无机氧化物或其他

半导体或绝缘材料。适用于基质材料1010的聚合物可以是普通技术人员已知的可用于这类目的的任何聚合物。所述聚合物可以是基本上半透明的或基本上透明的。基质材料1010可以包括但不限于环氧树脂、丙烯酸酯、降冰片烯、聚乙烯、聚乙烯醇缩丁醛:聚醋酸乙烯酯、聚脲、聚氨酯;硅氧烷和硅氧烷衍生物,包括但不限于氨基硅氧烷(AMS)、聚苯基甲基硅氧烷、聚苯基烷基硅氧烷、聚二苯基硅氧烷、聚二烷基硅氧烷、倍半硅氧烷、氟化硅氧烷以及乙烯基和氢化取代的硅氧烷;由单体(包括但不限于甲基丙烯酸甲酯、甲基丙烯酸丁酯和甲基丙烯酸月桂酯)形成的丙烯酸类聚合物和共聚物;基于苯乙烯的聚合物,例如聚苯乙烯、氨基聚苯乙烯(APS)和聚(丙烯腈乙烯苯乙烯)(AES);与双功能单体如二乙烯苯交联的聚合物;适用于交联配体材料的交联剂、与配体胺(例如APS或PEI配体胺)结合形成环氧树脂的环氧化物等。

[0140] 在一些实施方案中,基质材料1010包含能够提高NS膜1000的光转换效率的散射微珠,例如TiO_2微珠、ZnS微珠或玻璃微珠。在一些实施方案中,基质材料1010可以包含导电或半导体材料。

[0141] 在另一个实施方案中,基质材料1010可以具有低的氧气和湿气渗透率,表现出高的光稳定性和化学稳定性,表现出良好的折射率,并附着于NS 900的外表面,从而提供气密密封以保护NS 900。在另一个实施方案中,基质材料1010可以通过UV或热固化方法固化,以有利于卷对卷加工。

[0142] 根据一些实施方案,NS膜1000可以通过混合在聚合物(例如,光致抗蚀剂)中的NS 900中并浇铸所述NS-聚合物混合物在基材上、混合NS 900与单体并使其聚合在一起、混合在溶胶-凝胶中的NS 900以形成氧化物或本领域技术人员已知的任何其他方法来形成。

[0143] 发光纳米结构的示例性实施方案

[0144] 本文描述了具有发光纳米结构(NS)的各种组合物。所述发光纳米结构的各种特性,包括其吸收特性、发射特性和折射率特性,可以针对各种应用进行定制和调整。

[0145] NS的材料特性基本上可以是均质的,或者在一些实施方案中可以是异质的。NS的光学特性可以通过其颗粒尺寸、化学或表面组成来确定。定制所述发光NS尺寸为约1nm至约20nm的能力可以在整个光谱内实现光发射覆盖,以在显色性方面提供极大的多样性。颗粒封装可以提供抗化学和UV劣化剂的稳健性。

[0146] 用于本文所述实施方案的发光NS可使用本领域技术人员已知的任何方法制备。合适的方法和示例性纳米晶体在美国专利申请号7,374,807;于2004年3月10日提交的美国专利申请系列号10/796,832;美国专利号6,949,206;和2004年6月8日提交的美国临时专利申请号60/578,236公开,其全部内容通过引用并入本文。

[0147] 用于本文所述实施方案的发光NS可由任何合适的材料制备,其包含无机材料,并且更合适的是无机导电或半导体材料。合适的半导体材料可以包含美国专利申请系列号10/796,832中公开的材料,并且可以包含任何类型的半导体,其包括第II-VI族、第III-V族、第IV-VI族、第I-III-VI族和第IV族半导体。合适的半导体材料可以包括但不限于Si、Ge、Sn、Se、Te、B、C(包括钻石)、P、BN、BP、BAs、AlN、AlP、AlAs、AlSb、GaN、GaP、GaAs、GaSb、InN、InP、InAs、InSb、AlN、AlP、AlAs、AlSb、GaN、GaP、GaAs、GaSb、ZnO、ZnS、ZnSe、ZnTe、CdS、CdSe、CdTe、HgS、HgSe、HgTe、BeS、BeSe、BeTe、MgS、MgSe、GeS、GeSe、GeTe、SuS、SnSe、SnTe、PbO、PbS、PbSe、PbTe、CuF、CuCl、CuBr、CuI、Si_3N_4、Ge_3N_4、Al_2O_3、$(Al、Ga、In)_2(S、Se、Te)_3$、

Al_2CO、CuInGaS、CuInGaSe及这些半导体两种或更多种的适当组合。

[0148] 在一些实施方案中，所述发光NS可以具有掺杂剂，其选自由p型掺杂剂或n型掺杂剂组成的组。NS还可以具有II-VI或III-V半导体。II-VI或III-V半导体NS的示例可以包括元素周期表中第II族元素(如Zn、Cd和Hg)与第VI族元素(如S、Se、Te和Po)的任何组合；以及元素周期表第III族元素(如B、Al、Ga、In和Tl)与第V族元素(如N、P、As、Sb和Bi)的任何组合。

[0149] 本文所述发光NS还可以进一步包含与其表面缀合、配合、结合或附着的配体。合适的配体可以包含本领域技术人员已知的任何基团，其包括美国专利号8,283,412；美国专利公开号2008/0237540；美国专利公开号2010/0110728；美国专利号8,563,133；美国专利号7,645,397；美国专利号7,374,807；美国专利号6,949,206；美国专利号7,572,393；和美国专利号7,267,875公开的基团，其全部内容通过引用并入本文。使用这类配体可以增强所述发光NS结合到各种溶剂和基质(包含聚合物)中的能力。增加所述发光NS在各种溶剂和基质中的混溶性(即，不分离地混合的能力)可以使其分布在整个聚合物组合物中，使得所述NS不会聚集在一起，因此不会散射光。这类配体在本文中被描述为“混溶性增强的”配体。

[0150] 在一些实施方案中，提供了具有发光NS的组合物，所述发光NS分布或嵌入在基质中。合适的基质材料可以是普通技术人员已知的任何材料，包括聚合物材料、有机和无机氧化物。本文所述组合物可以是层、密封剂、涂层、片或膜。应当理解，在本文所述提及层、聚合层、基质、片或膜的实施方案中，这些术语可以互换使用，并且本文所述实施方案不限于任何一种类型的组合物，而是包含本文所述或本领域已知的任何基质材料或层。

[0151] 下转换NS(例如，如美国专利号7,374,807中所公开的)利用发光纳米结构的发射特性，所述发光纳米结构被定制为吸收特定波长的光，然后以第二波长发射，从而提供放射源(例如，LED)的增强的性能和效率。

[0152] 虽然本领域普通技术人员已知的任何方法均可用于制备发光NS，但也可以使用溶液相胶态方法来控制无机纳米材料磷光体的生长。参见Alivisatos,A.P.,“Semiconductor clusters,nanocrystals,and quantum dots,”Science 271:933(1996)；X.Peng,M.Schlamp,A.Kadavanich,A.P.Alivisatos,“Epitaxial growth of highly luminescent CdSe/CdS Core/Shell nanocrystals with photostability and electronic accessibility,”J.Am.Chem.Soc.30:7019-7029(1997)；和C.B.Murray,D.J.Norris,M.G.Bawendi,“Synthesis and characterization of nearly monodisperse CdE(E＝sulfur,selenium,tellurium)semiconductor nanocrystallites,”J Am.Chem.Soc.115:8706(1993)，其公开内容通过引用全部并入本文。

[0153] 根据一个实施方案，在一个示例中，CdSe可以用作可见光下转换的NS材料，这是由于该材料的合成相对成熟。由于通用表面化学的使用，也可以替代不含镉的NS。

[0154] 在半导体NS中，光诱导发射产生于所述NS的能带边缘态。来自发光NS的能带边缘发射与源自表面电子态的辐射和非辐射衰减通道竞争。X.Peng等，J Am.Chem.Soc.30:7019-7029(1997)。结果，表面缺陷(例如悬挂键)的存在提供非辐射复合中心，并导致更低的发射效率。钝化和去除表面陷阱态的有效且永久的方法可以是在所述NS的表面上外延生长无机壳材料。X.Peng等，J.Am.Chem.Soc.30:701 9-7029(1997)。可以选择所述壳材料，使得电子能级相对于核材料为类型1(例如，其具有更大的带隙，以提供将电子和空穴定位到

所述核的潜在步骤)。结果,非辐射复合的可能性可以降低。

[0155] 核-壳结构可以通过将含有所述壳材料的有机金属前体加入到含有所述核NS的反应混合物中获得。在这种情况下,所述核不是生长之后的成核事件,所述核(core)充当核(nuclei),并且所述壳可以从其表面生长。所述反应温度保持较低,以有利于壳材料单体加入到所述核表面,同时防止所述壳材料的纳米晶体独立成核。反应混合物中存在表面活性剂以指导壳材料的受控生长并确保其溶解性。当所述两种材料之间存在低的晶格不匹配时,可以获得均匀且外延生长的壳。

[0156] 用于制备核-壳发光NS的示例性材料可以包括但不限于Si、Ge、Sn、Se、Te、B、C(包括钻石)、P、Co、Au、BN、BP、BAs、AlN、AlP、AlAs、AlSb、GaN、GaP、GaAs、GaSb、InN、InP、InAs、InSb、AlN、AlP、AlAs、AlSb、GaN、GaP、GaAs、GaSb、ZnO、ZnS、ZnSe、ZnTe、CdS、CdSe、CdTe、HgS、HgSe、HgTc、BeS、BcSe、BcTe、MgS、MgSe、GeS、GeSe、GeTe、SnS、SnSe、SnTe、PbO、PbS、PbSe、PbTe、CuP、CuCl、CuBr、CuI、Si_3N_4、Ge_3N_4、Al_2O_3、$(Al、Ga、In)_2(S、Se、Te)_3$、AlCO,并且用于本申请的实践的壳发光NS包括但不限于(表示为核/壳)CdSe/ZnS、InP/ZnS、InP/ZnSe、PbSe/PbS、CdSe/CdS、CdTe/CdS、CdTe/ZnS及其他。

[0157] 用于本文所述实施方案的发光NS的尺寸可以小于约100nm,并且尺寸可以小于约1nm,并吸收可见光。如本文所用,可见光是人眼可见的波长为约380至约780nm的电磁辐射。可见光可以分为各种颜色的光谱,如红色、橙色、黄色、绿色、蓝色、靛蓝色和紫色。蓝光可以包含波长约435nm至约495nm的光,绿光可以包含波长约495nm至570nm的光,和红光可以包含波长约620nm至约750nm的光。

[0158] 根据各种实施方案,所述发光NS可以具有一定的尺寸和组成,以吸收紫外、近红外和/或红外光谱中的光子。所述紫外光谱可以包含波长约100nm至约400nm的光,近红外光谱可以包含波长约750nm至约100μm的光,和红外光谱可以包含波长约750nm至约300μm的光。

[0159] 虽然其他合适材料的发光NS可用于本文所述各种实施方案中,但在一些实施方案中,所述NS可以为ZnSe、ZnTe、ZnS、InAs、InP、CdSe或其任何组合,以形成用于本文所述实施方案的纳米晶体群。如上所述,在进一步的实施方案中,所述发光NS可以是核/壳纳米晶体,例如CdSe/ZnS、InP/ZnSe、CdSe/CdS或InP/ZnS。

[0160] 合适的发光纳米结构、制备发光纳米结构的方法(其包括各种溶解性增强的配体的添加)可以在已公布的美国专利公开号2012/0113672中找到,其整体内容通过引用并入本文。

[0161] 应当理解,尽管本文已经示出和描述了一些实施方案,但是所述权利要求不限于所描述和示出的部件的特定形式或布置。在说明书中,已经公开了示例性实施方案,尽管使用了特定术语,但是它们仅在一般和描述性的意义上使用,而非出于限制的目的。根据上述教导,所述实施方案的修改和变化是可能的。因此,应当理解,所述实施方案可以不同于具体描述的方式实践。

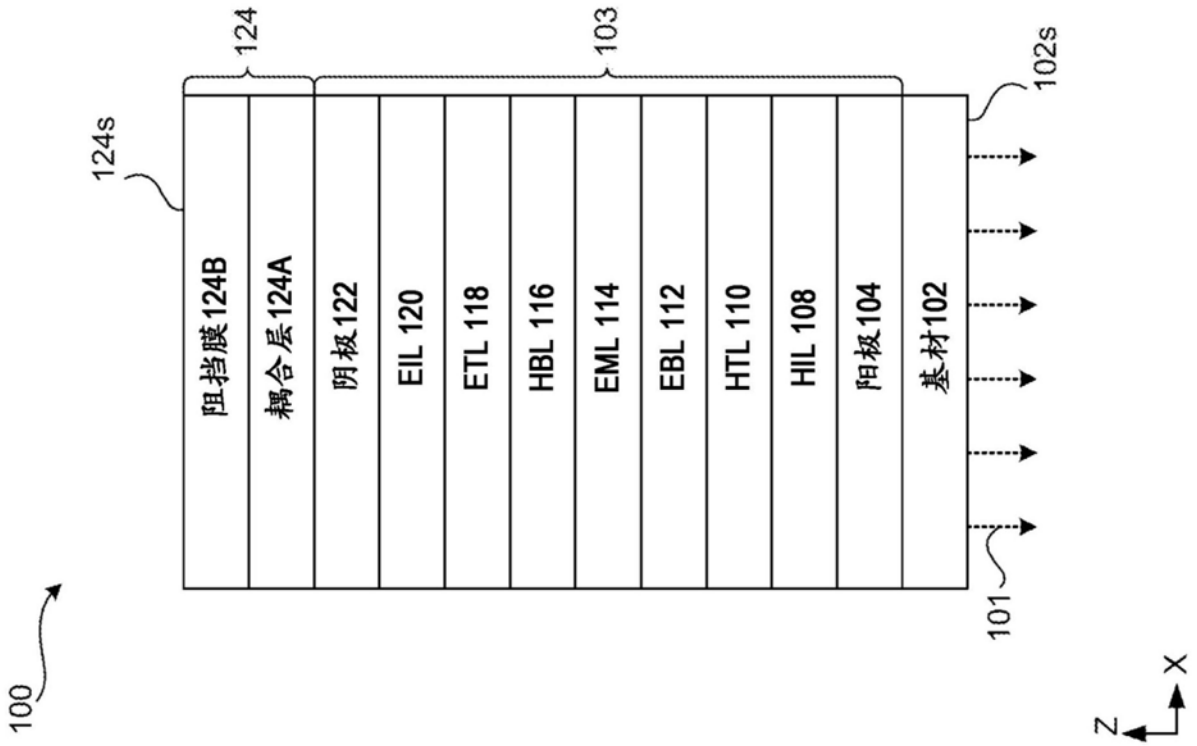

100
124
103
102s
124s
阻挡膜124B
耦合层124A
阴极122
EIL 120
ETL 118
HBL 116
EML 114
EBL 112
HTL 110
HIL 108
阳极104
基材102
101
Z
X

图1

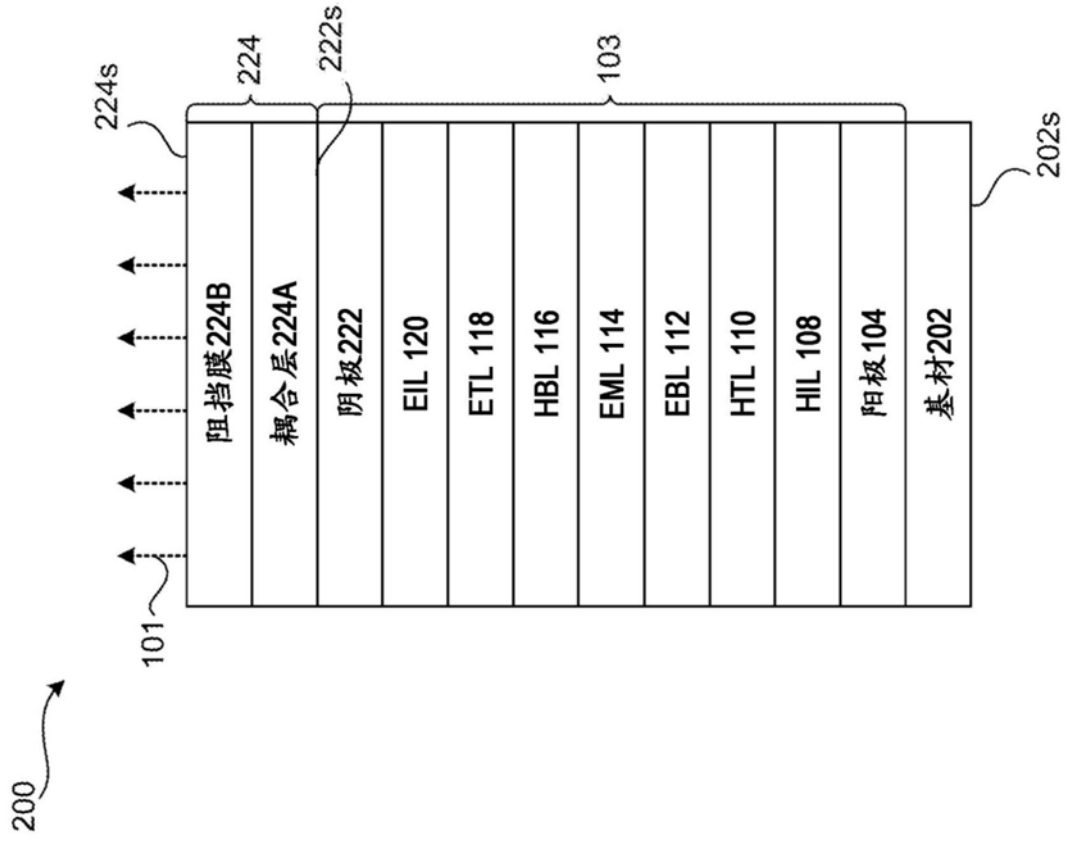

200
224
222s
103
224s
202s
阻挡膜224B
耦合层224A
阴极222
EIL 120
ETL 118
HBL 116
EML 114
EBL 112
HTL 110
HIL 108
阳极104
基材202
101

图2

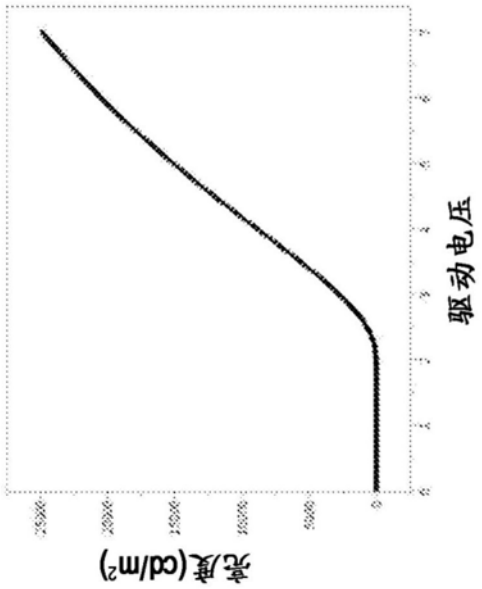


图3

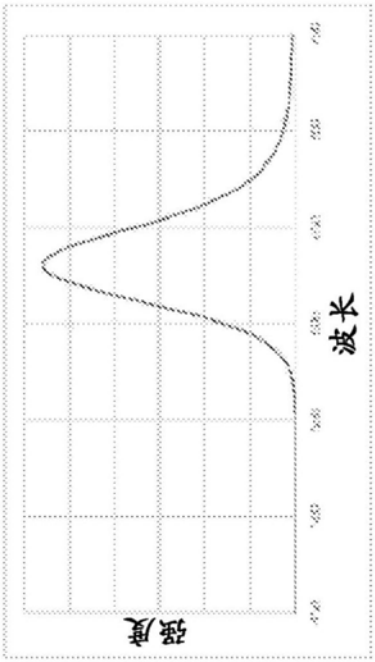


图4

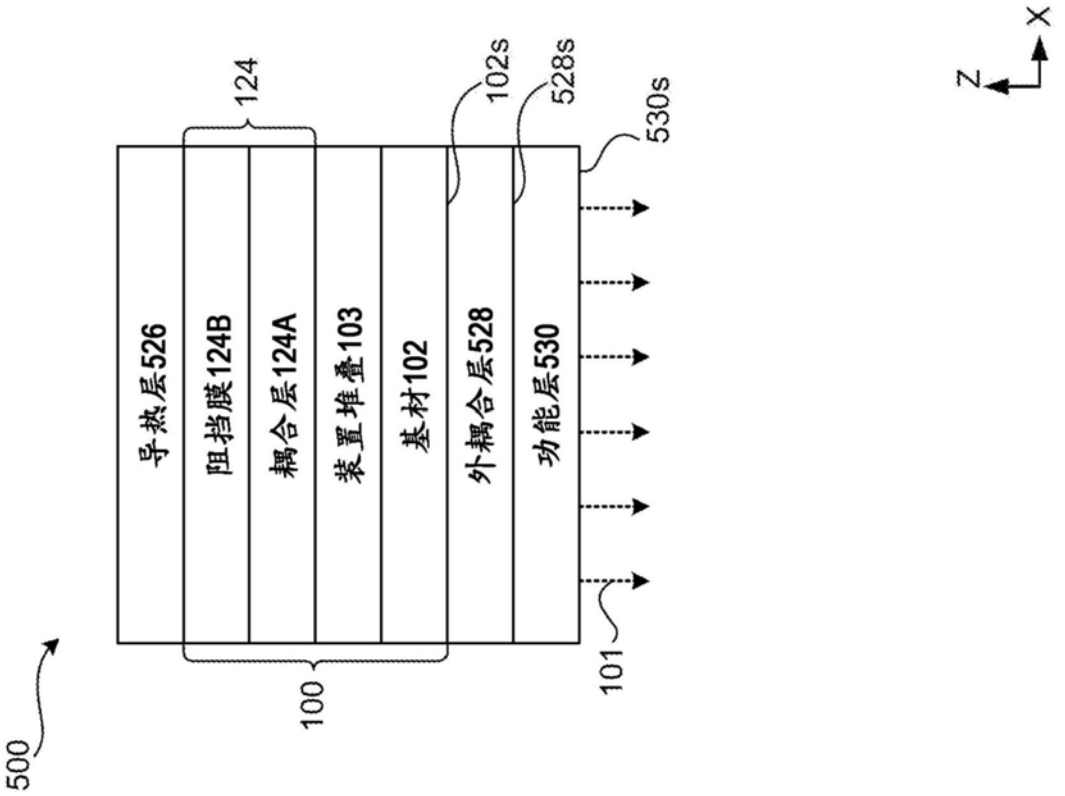

导热层526
阻挡膜124B
耦合层124A
装置堆叠103
基材102
外耦合层528
功能层530
124
102s
528s
530s
101
100
500
Z
X

图5

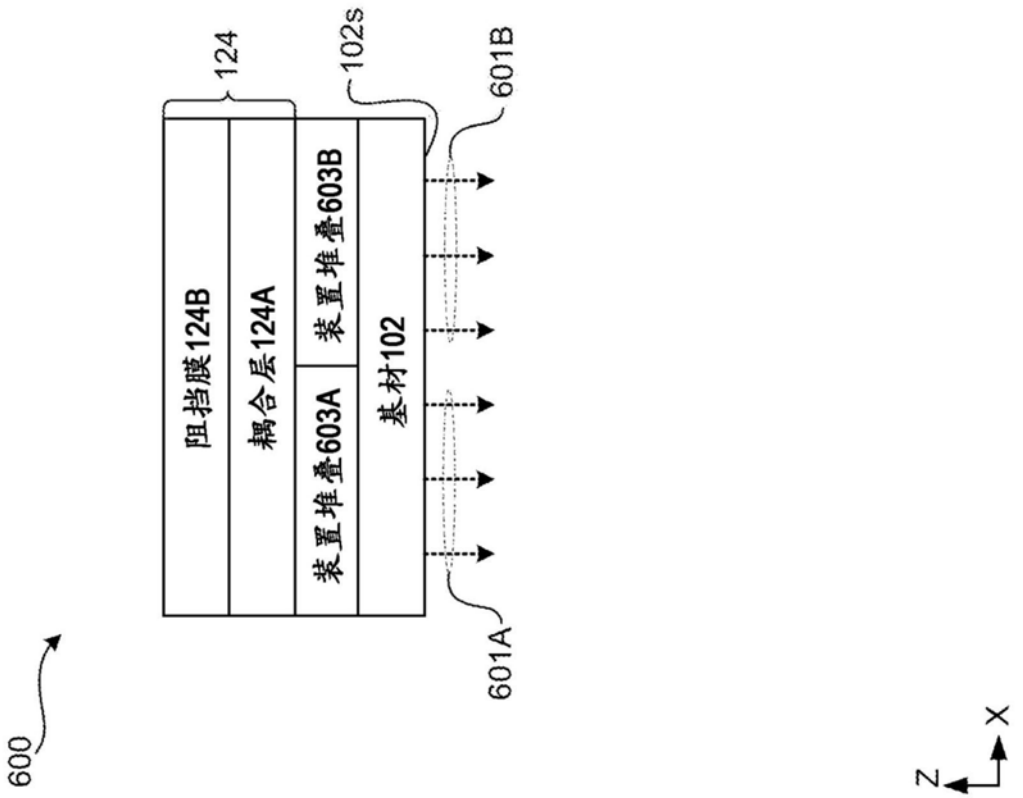

600
124
102s
601B
601A
阻挡膜124B
耦合层124A
装置堆叠603A
装置堆叠603B
基材102
Z
X

图6

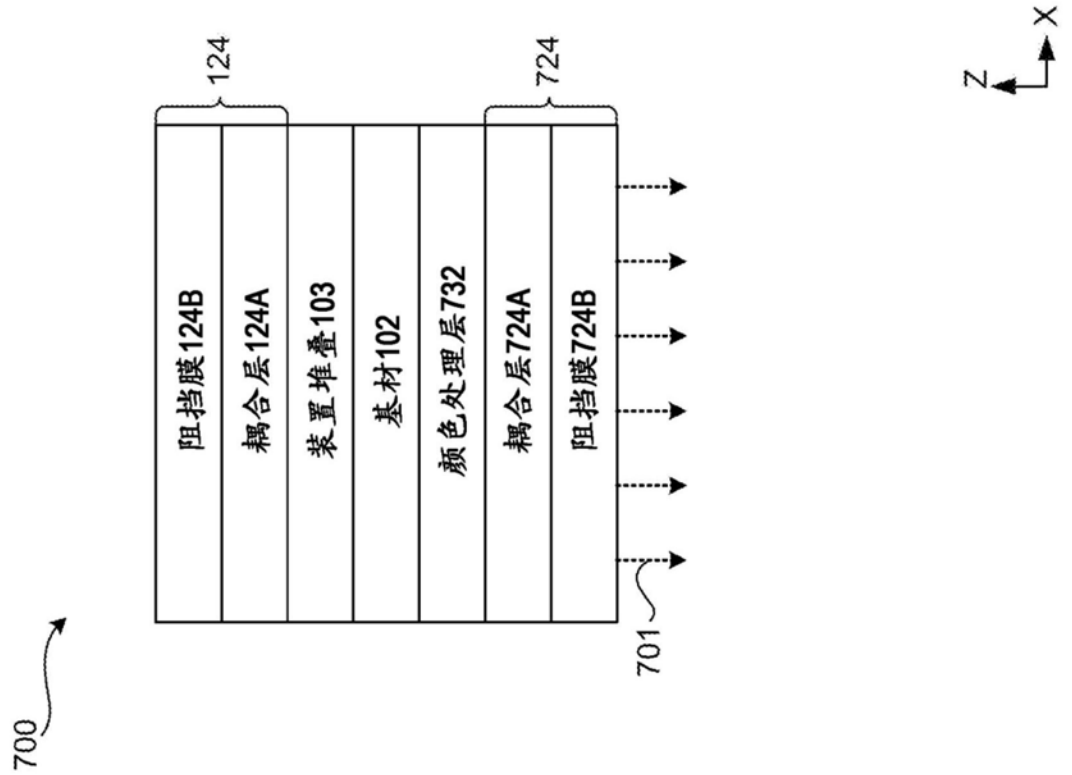

700
124
724
701
阻挡膜124B
耦合层124A
装置堆叠103
基材102
颜色处理层732
耦合层724A
阻挡膜724B
Z
X

图7

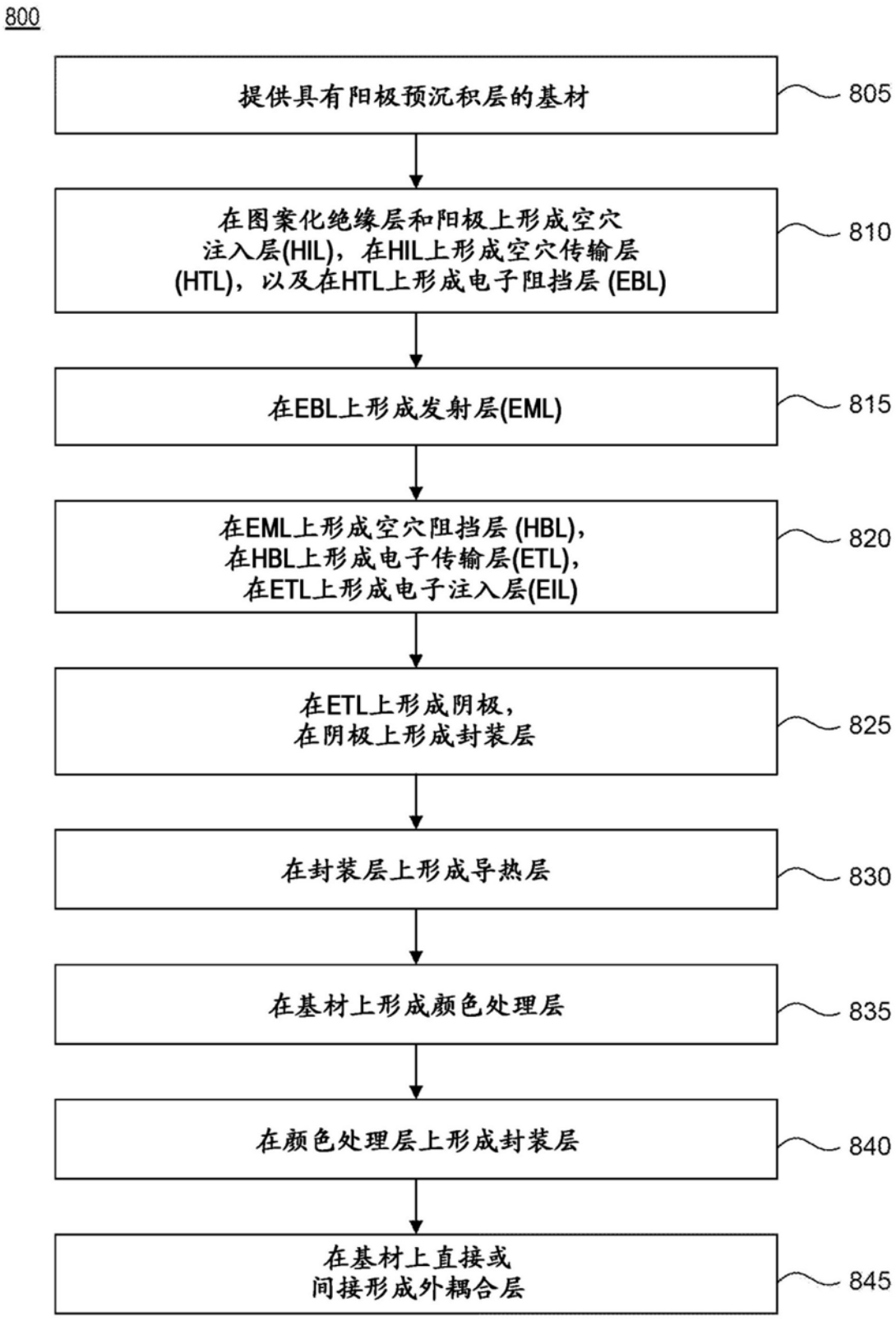

800
提供具有阳极预沉积层的基材
805
在图案化绝缘层和阳极上形成空穴注入层(HIL)，在HIL上形成空穴传输层(HTL)，以及在HTL上形成电子阻挡层 (EBL)
810
在EBL上形成发射层(EML)
815
在EML上形成空穴阻挡层 (HBL)，在HBL上形成电子传输层(ETL)，在ETL上形成电子注入层(EIL)
820
在ETL上形成阴极，在阴极上形成封装层
825
在封装层上形成导热层
830
在基材上形成颜色处理层
835
在颜色处理层上形成封装层
840
在基材上直接或间接形成外耦合层
845

图8

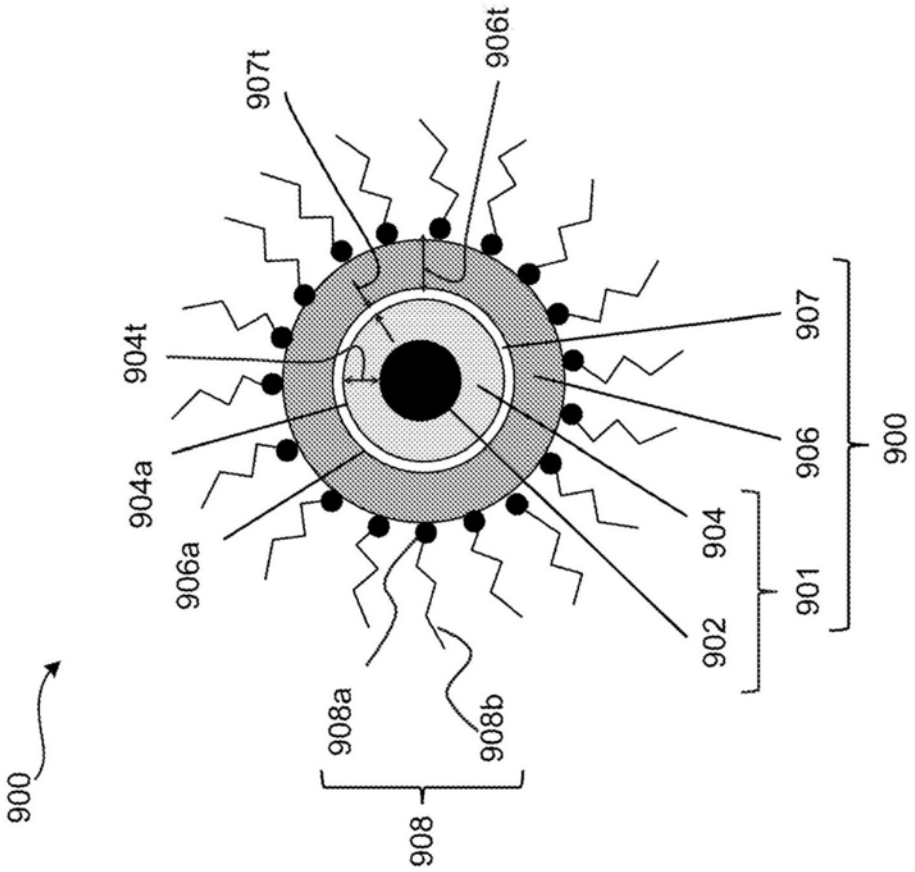

907t
906t
904t
907
906
900
904a
906a
904
901
902
908a
908b
908
900

图9

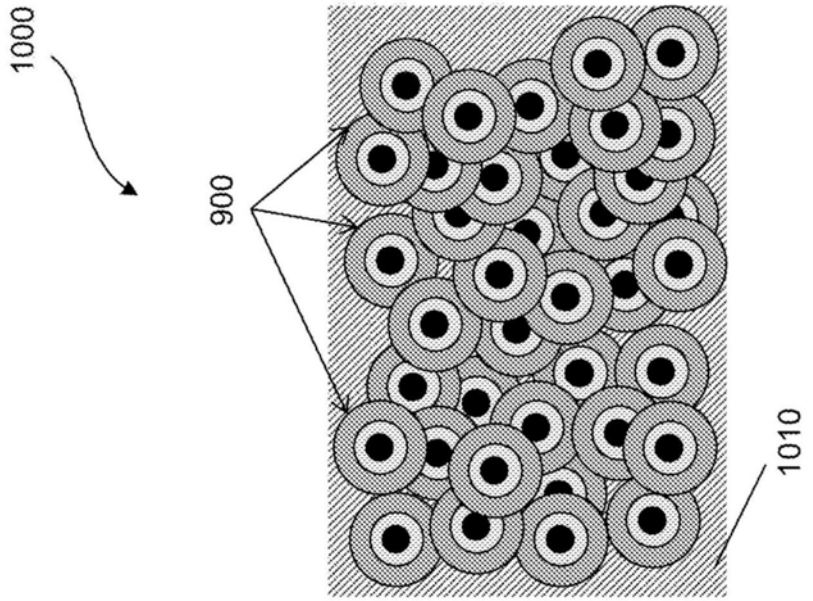

1000
900
1010

图10