



(19) 中華民國智慧財產局

(12) 發明說明書公開本

(11) 公開編號：TW 201813151 A

(43) 公開日：中華民國 107 (2018) 年 04 月 01 日

(21) 申請案號：105131206 (22) 申請日：中華民國 105 (2016) 年 09 月 29 日

(51) Int. Cl. : *H01L51/52 (2006.01)* *H01L27/32 (2006.01)*

(30) 優先權：2016/07/12 美國 62/361,192  
2016/09/23 美國 15/274,301

(71) 申請人：康寧公司 (美國) CORNING INCORPORATED (US)  
美國

(72) 發明人：拉爾 阿契 LAL, ARCHIT (IN)；莫瑞 帕梅拉阿琳 MAUREY, PAMELA ARLENE  
(US)；諾蘭 丹尼爾艾洛伊修斯 NOLAN, DANIEL ALOYSIUS (US)；勝那拉提尼  
瓦濟沙 SENARATNE, WAGEESHA (US)

(74) 代理人：李世章；彭國洋

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：20 項 圖式數：10 共 49 頁

## (54) 名稱

含有光萃取奈米結構之波導以及含有該波導之顯示元件

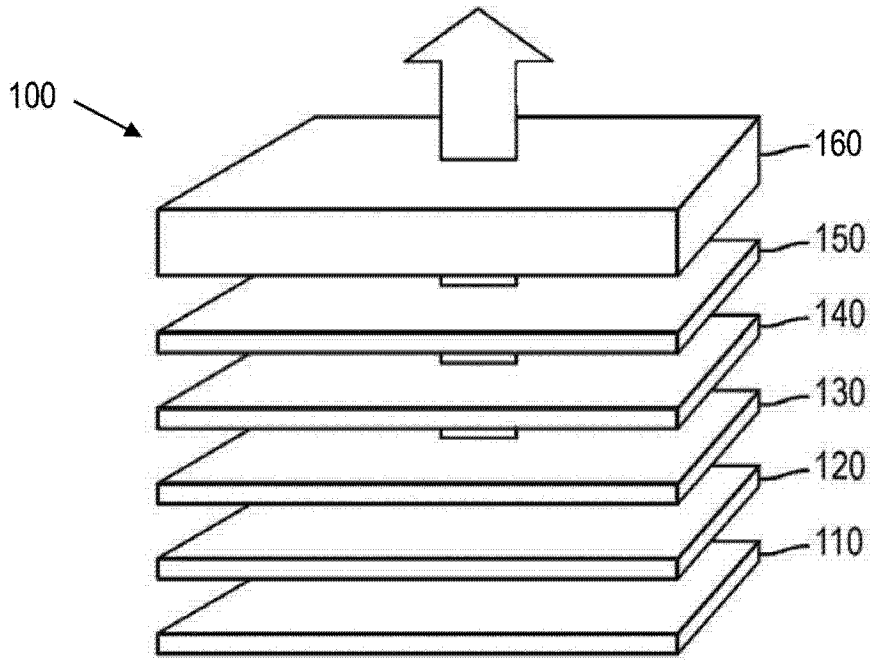
WAVEGUIDES COMPRISING LIGHT EXTRACTION NANOSTRUCTURES AND DISPLAY  
DEVICES COMPRISING THE SAME

## (57) 摘要

本文中揭示包含波導的 OLED 元件，該波導包括至少一波導層，該波導層包含至少一無機奈米粒子及至少一黏結劑並且該波導層具有小於約 20nm 的 RMS 表面粗糙度。本文中進一步揭示包含該些 OLED 元件之發光和顯示元件以及用於製造該些波導之方法。

Disclosed herein are OLED devices comprising waveguides including at least one waveguide layer comprising at least one inorganic nanoparticle and at least one binder and having an RMS surface roughness of less than about 20 nm. Lighting and display devices comprising such OLED devices are further disclosed herein as well as methods for making the waveguides.

指定代表圖：



符號簡單說明：

100 . . . 元件

110 . . . 陰極

120 . . . 電子傳輸層

130 . . . 有機發光層

140 . . . 電洞傳輸層

150 . . . 陽極

160 . . . 波導

第1圖

## 【發明說明書】

【中文發明名稱】含有光萃取奈米結構之波導以及含有該波導之顯示元件

【英文發明名稱】 WAVEGUIDES COMPRISING LIGHT EXTRACTION NANOSTRUCTURES AND DISPLAY DEVICES COMRPISING THE SAME

【0001】 本申請案主張於2016年7月12日提出申請之美國專利臨時申請案第62/361,192號為優先權，本案依據該臨時申請案之內容，該內容全文以引用之方式併入本文中。

### 【技術領域】

【0002】 本揭示大體而言係關於波導以及含有該些波導之顯示元件，且更詳細而言本揭示係關於含有至少一光萃取奈米結構之波導以及含有該波導之OLED元件。

### 【先前技術】

【0003】 高性能顯示元件，例如液晶（LC）、有機發光二極體（OLED）以及電漿顯示器，常被用於各種電子裝置，例如手機、筆記型電腦、電子平板、電視及電腦螢幕。由於OLED光源的改良色域（color gamut）、高對比度、寬視角、快速響應時間、低操作電壓及/或改良的能量效率，將OLED光源用於顯示和發光元件已日益普及。由於OLED光源的相對可撓曲性，將OLED光源用於曲面顯示器中的需求也增加。

【0004】 基本的OLED結構可包含設置在陽極與陰極之間的有機發光材料。此多層結構可包括例如陽極、電洞

注入層、電洞傳輸層、發光層、電子傳輸層、電子注入層以及陰極。在操作期間，來自陰極的注入電子與來自陽極的電洞可以在發光層中再結合以產生激子。當電流被提供至有機發光材料時，由於激子的輻射衰減（radioactive decay）而發出光。為了形成含有OLED的顯示元件，可以經由薄膜電晶體（TFT）電路來驅動複數個陽極和陰極。TFT陣列從而提供隨後可被用於經由施加電流通過陽極和陰極來顯示所選影像的像素陣列。

【0005】雖然OLED顯示元件可能具有許多優點優於其他顯示元件（例如LCD），但是OLED仍可能存在一個或一個以上的缺點。例如，與其他光源相比，OLED會具有有限的光輸出效率（亮度）。在一些情況下，多達80%由OLED所發射的光能可能會被限制在顯示元件中。由於這些層之間的折射率（ $n$ ）值差異大（例如， $n_e \approx 1.9$ ， $n_g \approx 1.5$ ），所以由發光層所產生的光會例如被限制在元件的電極以及玻璃基板內。Snell定律提出，折射率的差異會產生約20%範圍內的低外部耦合效率（low out-coupling efficiency），其中該效率水平是以表面發射對總發射光的比率表示。因此，即使已有報導內部效率可接近100%，但低外部耦合效率最終限制了OLED元件的亮度和效率。

【0006】許多用於改良OLED元件之光萃取效率的方法已被報導，包括高折射基板和粒子及/或各種的表面改質。然而，這些技術可能需要昂貴的材料及/或複雜的製

程，例如光刻（*photolithography*）等，這會不必要地增加元件的製造時間和總成本。用以提高OLED元件的光輸出的嘗試亦包括在相對高的電流水平下驅動OLED。然而，這樣的高電流對OLED的壽命具有負面影響，因此也無法提供理想的解決方案。

【0007】 其他用以改良光萃取效率的嘗試包括例如與OLED層的厚度及/或折射率上匹配的波導，使得在OLED內的模態（*mode*）能與波導內的模態相匹配。如此波導能被沉積在玻璃基板上並隨後被塗佈有平坦的（例如平滑的）層。已經被觀察到相對薄的平坦層（*planarizer layer*）（例如，小於約0.5微米）可改善光萃取。較厚的平坦層可例如在衰減的OLED光（*evanescent OLED light*）與波導模態之間產生不夠小的重疊。然而，較薄的平坦層可能導致波導與OLED層之間的過度粗糙介面，這會在OLED的模態內引起耦合，使得光可以從這些傳播模態的其中一種模態耦合至表面電漿子模態（或表面電漿極化子（*surface plasmon polariton*））。表面電漿模態是高吸收性的，因此，光與這些模態的耦合通常是不期望的。此外，包括平坦層的波導需要多步驟處理，這會增加製造時間及/或成本。

【0008】 因此，提供用於顯示（例如OLED）元件之波導是有利的，其可提供改良的光萃取效率，同時亦可降低製造元件的成本、複雜性及/或時間。此外，提供具有期望的表面粗糙度且不使用平坦層之波導是有利的。另外，

提供用於製造使用單一步驟塗佈製程之波導的方法是有利的。

**【發明內容】**

**【0009】** 在各種具體例中，本揭示係關於有機發光二極體元件，該有機發光二極體元件包含陰極、陽極、設置在陰極與陽極之間的有機發光層以及包含至少一波導層的基板，該波導層包含至少一具有介於約1.6至約2.6範圍間的折射率 $n_m$ 之無機奈米粒子、至少一具有介於約1.3至約1.55範圍間的折射率 $n_b$ 之黏結劑以及小於約20nm的RMS表面粗糙度。

**【0010】** 本文亦揭示有機發光二極體元件，該有機發光二極體元件包含陰極、陽極、設置在陰極與陽極之間的有機發光層以及包含至少一波導層的基板，該波導層包含至少一具有介於約1.6至約2.6範圍間的折射率 $n_m$ 之無機奈米粒子、至少一具有介於約1.3至約1.55範圍間的折射率 $n_b$ 之黏結劑、具有大於或等於約1.7的有效折射率 $n_{w1}$ 之高密度區域以及具有介於約1.4至小於約1.7範圍間的有效折射率 $n_{w2}$ 之低密度區域。

**【0011】** 本文進一步揭示用於波導之塗層組成物，該組成物包含至少一具有介於約1.6至約2.6範圍間的折射率 $n_m$ 之金屬氧化物奈米粒子、至少一選自具有介於約1.3至約1.55範圍間的折射率 $n_b$ 的矽酸鹽和有機矽材料之黏結劑以及至少一溶劑，其中將該塗層組成物塗至基板表面時，該基板表面具有小於約20nm的RMS表面粗糙度。

【0012】 本文另進一步揭示用於製造波導之方法，該方法包含以下步驟：組合第一分散體以及第二分散體，以形成一組合分散體（combined dispersion），其中第一分散體包含至少一第一溶劑以及至少一具有介於約1.6至約2.6範圍間的折射率 $n_m$ 之無機奈米粒子，第二分散體包含至少一第二溶劑以及至少一具有介於約1.3至約1.55範圍間的折射率 $n_b$ 之黏結劑；以及在基板的至少一表面上塗佈組合分散體，以形成具有小於約20nm的RMS表面粗糙度之波導層。

【0013】 根據各種具體例，至少一無機奈米粒子可以選自銦、鋅、鈦、銻、鉛、銱、鉭或鋁之氧化物、上述之合金屬氧化物以及上述之組合。至少一無機奈米粒子可以例如包含第一金屬氧化物奈米粒子以及第二金屬氧化物奈米粒子的組合，以及在一些具體例中，第一及第二金屬氧化物奈米粒子能具有不同的粒徑分佈（particle size distribution）。在其他的具體例中，至少一黏結劑可選自矽酸鹽和有機矽材料。至少一波導層在可見波長處能具有小於約50%的霧度（haze）和大於約75%的光透射（optical transmission）。根據其他的具體例，可得知至少一波導層可以具有介於約100nm至約2微米範圍間的厚度。在其他的具體例中，至少一波導層可以具有至少約2的替代光萃取效率值（surrogate light extraction efficiency value）。根據其他的具體例，

基板可包含單一波導層及 / 或可不包含平坦膜 (planarizer film)。

【0014】 將於下列的實施方式中提出本揭示的其他特徵及優點，並且從其中之描述，部分的特徵及優點對於本技術領域中具有通常知識者而言將是顯而易見的，或者可透過實施如本文所述之方法，包括以下的實施方式、申請專利範圍以及圖式而得知。

【0015】 可以理解的是，上述的一般性描述以及以下的詳細描述皆為呈現本揭示之各種具體例，並且旨在提供一個用於理解申請專利範圍之性質及特徵的概述或框架。所附圖式提供對本揭示的進一步瞭解，且這些圖式將併入及構成說明書的一部分。圖式舉例說明了本揭示的各種具體例，且結合實施方式來說明本揭示之原理及操作。

#### 【圖式簡單說明】

【0016】 當結合以下圖式閱讀時，可以進一步理解下列的實施方式。

【0017】 第1圖係根據本揭示的各種具體例繪示的有機發光二極體 (OLED) 元件。

【0018】 第2圖係繪示包含光散射層和平坦層的 OLED 元件。

【0019】 第3圖是如第2圖中所示配置之 OLED 元件的掃描式電子顯微鏡 (SEM) 影像。

【0020】 第4圖係根據本揭示的某些具體例繪示的包含單一波導層的示例性 OLED 元件。

【0021】 第5圖是如第4圖所示配置之OLED元件的SEM影像。

【0022】 第6圖係根據本揭示的各種具體例繪示的包含具有高密度區域及低密度區域的波導層的示例性OLED元件。

【0023】 第7A-B圖是如第6圖所示配置之OLED元件的SEM影像。

【0024】 第8圖是示例性波導層的SEM影像。

【0025】 第9圖是作為波導層中的奈米粒子濃度的函數繪製的霧度 (haze) 及RMS表面粗糙度的圖解說明。

【0026】 第10圖是作為波導層中的奈米粒子濃度的函數繪製的光學替代物EE及RMS表面粗糙度的圖解說明。

#### 【實施方式】

#### 【0027】 元件

本文揭示有機發光二極體元件，該有機發光二極體元件包含陰極、陽極、有機發光層以及基板，該有機發光層設置在陰極與陽極之間，該基板包含至少一波導層，該波導層包含至少一具有介於約1.6至約2.6範圍間的折射率 $n_m$ 之無機奈米粒子、至少一具有介於約1.3至約1.55範圍間的折射率 $n_b$ 之黏結劑以及小於約20nm的RMS表面粗糙度。本文亦揭示有機發光二極體元件，該有機發光二極體元件包含陰極、陽極、有機發光層以及基板，該有機發光層設置在陰極與陽極之間，該基板包含至少一波導層，該波導層包含至少一具有介於約1.6至約2.6範圍間的折射

率  $n_m$  之無機奈米粒子、至少一具有介於約 1.3 至約 1.55 範圍間的折射率  $n_b$  之黏結劑、具有大於或等於約 1.7 的有效折射率  $n_{w1}$  之高密度區域以及具有介於約 1.4 至小於約 1.7 範圍間的有效折射率  $n_{w2}$  之低密度區域。

【0028】 第1圖係繪示示例性 OLED 元件 100。元件 100 可包含陰極 110、電子傳輸層 120、有機發光層 130、電洞傳輸層 140、陽極 150 以及波導 160。在所示具體例中，該元件可以透過波導 160 發射光，在這種情況下，陽極 150 可以包含實質上透明或半透明的材料，例如氧化銦錫 (ITO) 或者任何其他具有合適透明度的導電材料。陰極可選自導電材料，例如 Ag、Au、Al、Sm、Tm、Yb 及上述之混合物，或者雙金屬材料，例如 Ca:Al、Eu:Yb 或 Tm:Yb。在其他未繪示出之具體例中，元件 100 可以透過透明或半透明陰極 110 (例如有機層) 發射光，在這種情況下，波導 160 可以被置於相鄰陰極 110。發光元件 100 中的額外層可包括電洞注入層 (HIL) 及/或電子注入層 (EIL) (未繪示出)。在一些具體例中，本文揭示之波導可包含基板和塗佈在基板上的至少一光散射層。例如，光散射層可以被置於基板與陽極或陰極之間，如結合第 4 及 6 圖的進一步描述。

【0029】 第2圖係繪示包含二極體結構 270 和光萃取結構 260 的 OLED 元件 200。二極體結構 270 可包含陰極 210、有機發光層 230 及陽極 250 以及其他未繪示出的構件。光萃取結構 260 可以被置於相鄰陽極 250 (如圖所繪

示)或陰極210。例如,光萃取結構260可以與陽極或陰極或者任何其它的二極體結構270構件直接物理接觸。光萃取結構260可包含塗佈有至少一光散射層290的基板280。如圖所繪示,光散射層可以具有不適於與OLED的其它構件電接觸之粗糙的不平坦表面295(例如,RMS粗糙度 $>20\text{ nm}$ 或甚至 $>50\text{ nm}$ )。因此,光散射層通常塗佈有分離的平坦層290',以減小光散射層的粗糙度及產生更平滑的介面295'。

**【0030】** 第3圖是如第2圖中所示配置之掃描式電子顯微鏡(SEM)影像。基板280塗佈有光散射層290,該光散射層290塗佈有平坦層290'。在層290和290'之間可目視觀察到界限分明的介面,這表示這些層是分開的且是不同的層。雖然包括這種平坦層可以降低光散射層的粗糙度,從而改善元件的穩定性,但是與提供分離的平坦層有關的額外步驟可能是昂貴的及/或耗時的。因此,提供包括單一光散射層的基板將是有利的,例如,不需要分離的平坦層。

**【0031】** 第4圖和第6圖係根據本揭示的各種具體例繪示的示例性OLED元件300。參閱第4圖,元件300可包含二極體結構370(陽極310、發光層330、陰極350)以及光萃取結構360(基板380、波導層390)。在非限制性的具體例中,波導層390可具有小於約 $20\text{ nm}$ 的均方根(Root Mean Square, RMS)表面粗糙度。在某些具體例中,波導層390可以具有實質上為平滑(小於約

20 nm 的 RMS) 的光散射表面，例如與陽極或陰極接觸的光散射表面，使得在波導層與陽極或陰極之間不需要額外的平坦層。然而，在其他具體例中，平坦層可選擇性地存在於光萃取結構 360 中。

【0032】參閱第6圖，元件400可包含二極體結構470（陽極410、發光層430、陰極450）以及光萃取結構460（基板480、波導層490）。在非限制性的具體例中，波導層490可包含高密度區域490A以及低密度區域490B。本文中使用的「高密度」和「低密度」的區域意指在各個區域中的無機奈米粒子濃度。與較低奈米粒子濃度的區域相比，具有較高奈米粒子濃度的區域可具有較高的密度。此外，雖然第6圖繪示了如垂直於基板平面的方向上觀察之位於基板480與低密度區域490B之間的高密度區域490A，但是反向的配置也是可能的，其中低密度區域490B為位於基板480與高密度區域490A之間。例如，高密度區域490A可與基板480接觸，或者在反向的配置中，低密度區域490B可與基板接觸。此外，無機奈米粒子的濃度梯度（以及其密度梯度）也可以存在於波導層490中，例如使得濃度及/或密度隨著與基板表面的距離而減小，或反之亦然。在各種具體例中，波導層可包含兩個以上的密度區域，例如，中間密度的第三區域等等。

【0033】雖然為了舉例說明之目的，以虛線劃分第6圖中的區域490A、490B，但是應當理解的是，這些區域是相同波導層490的一部分，並且不是分離的層，而是在

同一層內具有不同密度的區域。例如，參閱第 7 A 至 7 B 圖，其是具有不同厚度的兩個波導層 490 的 SEM 影像，可以理解的是，在高密度區域 490 A 與低密度區域 490 B 之間沒有清楚的界限，且無機奈米粒子儘管在不同的相對濃度中仍為均勻地分佈在每個區域中。

【0034】參閱第 4 及 6 圖，波導層 390、490 可包含至少一無機奈米粒子，例如複數個金屬氧化物奈米粒子。合適的無機奈米粒子的非限制性實施例可包含例如氧化鋯、氧化鈦、氧化鋁、銳鈦礦 (anatase) 或金紅石二氧化鈦 (rutile titania)、氧化銻、氧化銱、氧化鋅、氧化錫、氧化鉍、氧化鉛、混合金屬氧化物以及上述之組合。奈米粒子還可包含至少一穩定劑，例如 Y、Yb、Ca、Mg、Sc 以及上述之組合。例如，奈米粒子可包含多達約 9 莫耳 % 的至少一穩定劑，例如以重量計為從約 1 莫耳 % 至約 8 莫耳 %、從約 2 莫耳 % 至約 7 莫耳 %、從約 3 莫耳 % 至約 6 莫耳 % 或者從約 4 莫耳 % 至約 5 莫耳 % 的穩定劑。在某些具體例中，奈米粒子可包含經氧化釷穩定的四方氧化鋯奈米粒子，例如 3YSZ (3 莫耳 % 經氧化釷穩定的氧化鋯)。

【0035】在非限制性的具體例中，至少一無機奈米粒子可具有介於約 1.6 至約 2.6 範圍間的折射率  $n_m$ ，例如從約 1.6 至約 2.5、從約 1.7 至約 2.4、從 1.8 至約 2.3、從約 1.9 至約 2.2 或者從約 2 至約 2.1，包括它們之間的所有範圍以及子範圍。根據各種具體例，無機奈米粒子可具有沿其最長尺寸範圍的平均粒徑，例如為從約 2 nm 至約

250 nm，例如從約5 nm至約200 nm、從約10 nm至約100 nm、從約20 nm至約90 nm、從約30 nm至約80 nm、從約40 nm至約70 nm或者從約50 nm至約60 nm，包括它們之間的所有範圍以及子範圍。根據各種具體例，奈米粒子可變成團聚的，這些團聚物（agglomerate）具有多達約1微米的平均大小尺寸，例如介於約50 nm至約900 nm範圍間、介於約100 nm至約800 nm範圍間、介於約200 nm至約700 nm範圍間、介於約300 nm至約600 nm範圍間或者介於約400 nm至約500 nm範圍間，包括它們之間的所有範圍以及子範圍。

【0036】 在某些具體例中，奈米粒子的粒徑分佈（PSD）可以選擇為被散射的光波長量級上，例如PSD可介於約5 nm至約500 nm範圍間，例如從約100 nm至約450 nm或者從約200 nm至約400 nm，包括它們之間的所有範圍以及子範圍。因此可以選擇奈米粒子的PSD以減少波導層的霧度及/或月暈效應（halo effect）及/或改善OLED元件的視角，例如經由選擇奈米粒子是既不顯著大於也不顯著小於被散射的光波長。

【0037】 在非限制性具體例中，波導層390、490可包含兩種或兩種以上無機奈米粒子的混合物，其可以具有相同或不同的平均粒徑及/或相同或不同的PSD。例如，如第5圖所繪示，波導層390可包含複數個第一金屬氧化物奈米粒子 $M^1O_x$ 以及複數個第二金屬氧化物奈米粒子 $M^2O_x$ ，其可具有不同的平均粒徑及/或PSD，其中 $M^1$ 及

$M^2$  是金屬， $x$  是化學計量整數。作為非限制性實施例，第 5 圖的 SEM 影像繪示包含  $Al_2O_3$  (200 ~ 500 nm) 以及  $ZrO_2$  (5 ~ 50 nm) 奈米粒子 ( $M^1 = Al$ ;  $M^2 = Zr$ ) 的混合物之波導層 390。當然，可以使用金屬氧化物及/或粒徑的任何其它組合。

【0038】 波導層 390、490 可進一步包含至少一黏結劑，例如有機-無機混成化合物，例如包括但不限於矽氧烷及矽倍半氧烷之矽酸鹽和有機矽材料。在一些具體例中，在波導層中黏結劑的存在可有助於奈米粒子對基板的黏附及/或奈米粒子彼此的黏附。合適的黏結劑的非限制性實施例包括，例如聚甲基矽倍半氧烷、聚苯基矽倍半氧烷、聚甲基苯基矽倍半氧烷、聚甲基矽氧烷、聚矽酸鹽矽倍半氧烷、部分聚合的聚甲基矽氧烷(例如 T-11、T-12、512B 旋塗式玻璃 (Honeywell))、聚二甲基矽氧烷、聚二苯基矽氧烷、部分聚合的聚矽倍半氧烷、聚甲基矽倍半氧烷 (HardSil<sup>TM</sup> AM (Gelest)) 以及聚苯基矽倍半氧烷、聚甲基苯基矽倍半氧烷 (HardSil<sup>TM</sup> AP (Gelest))。根據各種具體例，黏結劑化合物可包括在高於 450 °C 的溫度下穩定、具有低有機燃燒及/或可經由形成作為副產物的水的縮合反應固化之矽酸鹽或者有機矽化合物。在其他具體例中，至少一黏結劑可具有介於約 1.3 至約 1.55 範圍間的折射率  $n_b$ ，例如從約 1.35 至約 1.5 或者從約 1.4 至約 1.45，包括它們之間的所有範圍以及子範圍。

【0039】波導層390、490中可存在足夠量的至少一無機奈米粒子以及黏結劑，以產生期望的RMS表面粗糙度值，例如小於約20nm。在一些具體例中，存在於波導層中之無機奈米粒子濃度為相對於波導層的總重量以固體重量計為小於30%之濃度，或小於25%，或甚至小於20%，例如以固體的重量計為介於約5%至約30%範圍間、介於約6%至約25%範圍間、介於約7%至約20%範圍間、介於約8%至約19%範圍間、介於約9%至約18%範圍間、介於約10%至約17%範圍間、介於約11%至約16%範圍間、介於約12%至約15%範圍間或者介於約13%至約14%範圍間。根據各種具體例，奈米粒子固體濃度與黏結劑固體濃度的比率可為介於約1:1至約3:1範圍間、介於約1.2:1至約2.5:1範圍間、介於約1.5:1至約2.4:1範圍間、介於約1.6:1至約2.3:1範圍間、介於約1.7:1至約2.2:1範圍間、介於約1.8:1至約2.1:1範圍間或者介於約1.9:1至約2:1範圍間，包括它們之間的所有範圍以及子範圍。

【0040】透過使用高折射率奈米粒子和低折射率黏結劑之混合物，有可能可改變高折射率材料的體積分率以產生期望的有效折射率。在某些具體例中，波導層390、490可以具有至少約1.4的有效折射率 $n_w$ ，例如介於約1.5至約1.8範圍間或者介於約1.6至約1.7範圍間，包括它們之間的所有範圍以及子範圍。複合材料的有效折射率可以

例如透過使用 Maxwell Garnett 模型 ( modeling ) 來計算。或者，波導層的有效折射率可以透過以下公式計算：

$$n_w = \text{sqrt}[(f(n_m^2) + (1-f)(n_b^2))]$$

其中 f 是基於 SEM 橫截面及影像分析的體積分率。

【0041】參閱第 6 圖，波導層 490 可包含具有有效折射率  $n_{w1}$  的高密度區域 490 A 以及具有有效折射率  $n_{w2}$  的低密度區域。在某些具體例中，高密度區域的有效折射率  $n_{w1}$  可以大於低密度區域的有效折射率  $n_{w2}$ 。例如， $n_{w1}$  可以大於或等於約 1.7，而  $n_{w2}$  可以小於約 1.7。在一些具體例中， $n_{w1}$  可介於約 1.7 至約 2.6 範圍間，例如從約 1.8 至約 2.5、從約 1.9 至約 2.4、從約 2 至約 2.3 或者從約 2.1 至約 2.2，包括它們之間的所有範圍以及子範圍。在另外的具體例中， $n_{w2}$  可介於約 1.4 至約 1.65 範圍間，例如從約 1.45 至約 1.6 或者從約 1.5 至約 1.55，包括它們之間的所有範圍以及子範圍。

【0042】波導層 390、490 的厚度可變化，並且在一些具體例中，可介於約 100 nm 至約 2  $\mu$ m 範圍間。根據非限制性的示例性具體例，該厚度可介於約 200 nm 至約 1.5  $\mu$ m 範圍間、介於約 300 nm 至約 1  $\mu$ m 範圍間、介於約 400 nm 至約 900 nm 範圍間、介於約 500 nm 至約 800 nm 範圍間或者介於約 600 nm 至約 700 nm 範圍間，包括它們之間的所有範圍以及子範圍。根據各種具體例，波導層可以是光學透明的。本文中使用的用語「光學透明的」是指層或基板在可見波長（例如，約 420 ~ 750 nm）下具有

至少約75%的光透射，例如至少約80%、至少約85%、至少約90%或者至少約95%的光透射。在一些具體例中，光學透明的波導層亦可具有小於約50%的霧度，例如小於約45%、小於約40%、小於約35%、小於約30%、小於約25%、小於約20%、小於約15%或者小於約10%，例如介於約1%至約50%範圍間，包括它們之間的所有範圍以及子範圍。

【0043】參閱第6圖，波導層490可包含具有第一厚度 $t_1$ 的高密度區域490A以及具有第二厚度 $t_2$ 的低密度區域。在某些具體例中，高密度區域的第一厚度 $t_1$ 可以大於低密度區域的第二厚度 $t_2$ 。例如， $t_1$ 可以大於或等於約200nm，而 $t_2$ 可以小於約200nm。在一些具體例中， $t_1$ 可介於約200nm至約2 $\mu$ m範圍間，例如從約300nm至約1 $\mu$ m、從約400nm至約900nm、從約500nm至約800nm或者從約600nm至約700nm，包括它們之間的所有範圍以及子範圍。在另外的具體例中， $t_2$ 可介於約10nm至約190nm範圍間，例如從約25nm至約175nm、從約50nm至約150nm或者從約75nm至約100nm，包括它們之間的所有範圍以及子範圍。在一些具體例中，第二厚度 $t_2$ 可以小於50nm，例如小於40nm、小於30nm、小於20nm或者小於10nm，包括它們之間的所有範圍以及子範圍。根據另外的非限制性具體例，相對於波導層490的總體積，高密度區域490A的體積分率為至少約30%，例如介於約30%至約90%範圍間、介於約40%至約80%範圍

間、介於約50%至約75%範圍間或者介於約60%至約70%範圍間，包括它們之間的所有範圍以及子範圍。

【0044】 透過使用奈米粒子和黏結劑之混合物，亦可以降低波導層的孔隙率及/或移除任何被困在波導層中的氣體及/或減少在隨後的處理步驟期間於波導層中所形成的針孔。根據各種具體例，波導層390、490可具有高密度及/或低孔隙率。例如，波導層的整體密度可以大於約 $1.8\text{ g/cm}^3$ ，例如大於約 $2\text{ g/cm}^3$ 、大於約 $2.5\text{ g/cm}^3$ 、大於約 $3\text{ g/cm}^3$ 、大於約 $3.5\text{ g/cm}^3$ 、大於約 $4\text{ g/cm}^3$ 、大於約 $4.5\text{ g/cm}^3$ 、大於約 $5\text{ g/cm}^3$ 或者大於約 $5.5\text{ g/cm}^3$ ，或者更高，例如介於約 $1.8$ 至約 $6\text{ g/cm}^3$ 範圍間，包括它們之間的所有範圍以及子範圍。在一些具體例中，波導層的整體孔隙率可以是小於約10%，例如小於約5%、小於約4%、小於約3%、小於約2%或者小於約1%，包括它們之間的所有範圍以及子範圍。參閱第6圖，波導層490可包含高密度區域490A（例如，介於約 $2.5\sim 5.5\text{ g/cm}^3$ 範圍間的密度）以及低密度區域490B（例如，介於約 $1\sim 3\text{ g/cm}^3$ 範圍間的密度）。

【0045】 根據非限制性的具體例，波導層390、490可具有小於約20nm的RMS表面粗糙度，例如小於約15nm、小於約10nm或者小於約5nm（例如20、19、18、17、16、15、14、13、12、11、10、9、8、7、6、5、4、3、2或者1nm），包括它們之間的所有範圍以及子範圍。在各種具體例中，RMS表面粗糙度可以大

於 20 nm，例如大於 30 nm、大於 40 nm 或者甚至高達 50 nm，在該具體例中，可以包括可選的平坦層。在 ASME B46.1 中，RMS 粗糙度被描述為輪廓高度與平均線的偏差之均方根平均，被記錄在評估長度內。在一些具體例中，可以透過原子力顯微鏡（AFM）測量表面粗糙度。根據另外的具體例，波導層的 RMS 表面粗糙度可意指波導的光散射表面（例如，表面 395、495）的粗糙度。例如，與 OLED 構件（例如，陰極或陽極）相鄰的光散射表面可以具有小於約 20 nm 的 RMS 表面粗糙度。

【0046】本文中使用的用語「光散射表面」、「散射表面」以及「散射層」可以互換使用來意指能夠散射入射光的區域。「表面」不需要是 OLED 元件的外表面，而是亦可以指疊層內的內部散射區域（例如，層之間的介面）。波導層中的光萃取可以透過表面散射（外部及/或內部散射表面）及/或體積散射機制（層中的空隙）的方式發生，這可以允許波導層有效地從 OLED 元件內萃取光到環境。

【0047】不希望受理論束縛，據信波導層的低表面粗糙度可以防止 OLED 層內的橫向電場的（transverse electric，TE）及橫向磁場的（transverse magnetic，TM）模態顯著模態耦合至高度衰減的表面電漿模態。然而，表面形態可含有高到足以引起 TE 與 TM 模態之間模態耦合的側表面頻率，這可以促進從較低、更緊密相連的導引模態（guided mode）耦合至更容易萃取的較高模態。因此，波導層 390、490 的替代光萃取效

率 ( E E ) 值可以大於約 2 ， 或者甚至高達約 3 ， 例如介於約 2 至約 2.9 範圍間、介於約 2.1 至約 2.8 範圍間、介於約 2.2 至約 2.7 範圍間、介於約 2.3 至約 2.6 範圍間或者介於約 2.4 至約 2.5 範圍間，包括它們之間的所有範圍以及子範圍。具有低表面粗糙度的波導層亦可以防止 O L E D 元件的電性退化及 / 或防止由於 O L E D 元件中的金屬粗糙度導致金屬陰極的光吸收。

**【 0 0 4 8 】** 根據各種具體例，本文揭示的 O L E D 元件可包含具有單一波導層的基板。本文中使用的「單一」層意指一個波導，其中奈米粒子及黏結劑被散佈在一個層中，而不是分層為兩個分開的膜（例如，比較第 3 圖具有分離的光散射層及平坦層）。在某些具體例中，波導層 3 9 0 、 4 9 0 可具有足夠低的 R M S 表面粗糙度，使得不需要平坦層來平滑波導層的表面。因此，本文揭示的 O L E D 元件可以沒有平坦層或者可以包含不包括平坦層的光萃取結構。例如，包含至少一波導層的基板可不包含平坦膜。然而，在某些具體例中，可以存在一個或一個以上平坦層，並且這些層可例如具有小於或等於約 2 0 0 n m 的厚度，例如小於約 1 5 0 n m 、 小於約 1 0 0 n m 、 小於約 5 0 n m 、 小於約 4 0 n m 、 小於約 3 0 n m 、 小於約 2 0 n m 或者小於約 1 0 n m ， 例如介於約 1 0 n m 至約 2 0 0 n m 範圍間，包括它們之間的所有範圍以及子範圍。

**【 0 0 4 9 】** 示例性的基板 3 8 0 、 4 8 0 可以包括任何適用於 O L E D 及顯示元件內的基板，例如玻璃及塑膠基板。合適

的基板之非限制性實施例可包括但不限於聚甲基丙烯酸甲酯（P M M A）以及玻璃，例如熔融二氧化矽、石英、矽鋁酸鹽、鹼金屬-鋁矽酸鹽、硼矽酸鹽、鹼金屬-硼矽酸鹽、鋁硼矽酸鹽或鹼金屬-鋁硼矽酸鹽玻璃。適用的市售玻璃之非限制性實施例包括，例如來自康寧公司的 E A G L E X G<sup>®</sup>、I r i s<sup>T M</sup>、L o t u s<sup>T M</sup>、W i l l o w<sup>®</sup>及 G o r i l l a<sup>®</sup>玻璃。

【0050】 在某些具體例中，基板可以具有小於或等於約 3 m m 的厚度，例如，介於約 0.1 m m 至約 2.5 m m 範圍間、介於約 0.3 m m 至約 2 m m 範圍間、介於約 0.7 m m 至約 1.5 m m 範圍間或者介於約 1 m m 至約 1.2 m m 範圍間，包括它們之間的所有範圍以及子範圍。根據另外的具體例，基板可以具有介於約 1.3 至約 1.8 範圍間的折射率  $n_s$ ，例如從約 1.35 至約 1.7、從約 1.4 至約 1.65、從約 1.45 至約 1.6 或者從約 1.5 至約 1.5，包括它們之間的所有範圍以及子範圍。在另外的具體例中，基板可以是光學透明的。

方法

【0051】 本文揭示用於製造波導之方法，該方法包含以下步驟：組合第一分散體以及第二分散體，以形成組合分散體（c o m b i n e d d i s p e r s i o n），其中該第一分散體包含至少一第一溶劑以及至少一具有介於約 1.6 至約 2.6 範圍間的折射率  $n_m$  之無機奈米粒子，該第二分散體包含至少一第二溶劑以及至少一具有介於約 1.3 至約 1.55 範圍間的折射率  $n_b$  之黏結劑；以及在基板的至少一表面上

塗佈該組合分散體，以形成具有小於約 20 nm 的 RMS 表面粗糙度之波導層。

**【0052】** 根據各種具體例，第一分散體可包含以重量計為約 10% 至約 75% 的無機奈米粒子（固體含量），例如以重量計為從約 15% 至約 70%、從約 20% 至約 65%、從約 25% 至約 60%、從約 30% 至約 55%、從約 35% 至約 50% 或者從約 40% 至約 45% 的無機奈米粒子，包括它們之間的所有範圍以及子範圍。在某些具體例中，第一分散體的黏度可為介於約 20 cP 至約 500 cP 範圍間，例如從約 50 cP 至約 400 cP、從約 100 cP 至約 300 cP 或者從約 200 cP 至約 250 cP，包括它們之間的所有範圍以及子範圍。

**【0053】** 第二分散體可包含以重量計為約 10% 至約 30% 的黏結劑（固體含量），例如以重量計為從約 12% 至約 25% 或者從約 15% 至約 20% 的黏結劑，包括它們之間的所有範圍以及子範圍。在某些具體例中，第二分散體的黏度可以是介於約 1 cP 至約 500 cP 範圍間，例如從約 5 cP 至約 400 cP、從約 10 cP 至約 300 cP、從約 20 cP 至約 200 cP 或者從約 50 cP 至約 100 cP，包括它們之間的所有範圍以及子範圍。根據一些非限制性的具體例，第二分散體可具有小於 20 cP 的黏度，例如介於約 5 cP 至約 10 cP 範圍間。

**【0054】** 合適的溶劑可以包括，例如水、醇、極性及非極性有機溶劑以及上述之組合。第一及 / 或第二分散體可

以進一步包含一種或一種以上選自黏結劑、分散劑、介面活性劑等的添加劑。可使用黏結劑以例如在塗佈製程以及任何隨後的乾燥或固化製程期間將奈米粒子保持在一起。黏結劑的非限制性實施例包括，例如聚乙烯醇、丙烯酸聚合物（*acrylics*）、聚乙烯醇縮丁醛、各種分子量的聚氧化乙烯及聚乙二醇、聚乙烯氫吡咯酮、纖維素（例如，羥甲基纖維素、羥乙基纖維素及羥丙基纖維素）、膠（如洋菜膠及阿拉伯膠）、丙烯酸聚合物、乙烯丙烯酸聚合物（*vinylacrylics*）、丙烯酸、聚丙烯醯胺、澱粉以及上述之組合。分散劑或介面活性劑可被用來塗佈奈米粒子及/或使凝聚最小化。合適的分散劑或介面活性劑可包括，例如 *Emphos PS-21A* 以及絮凝劑（例如冰醋酸）。

**【0055】** 產生波導層的塗佈方法包括本技術領域中已知的用於製造具有期望性質的表面之薄塗層的方法。可以改變奈米粒子、黏結劑及溶劑濃度以在最終產物中提供期望的濃度。示例性的方法包括但不限於浸漬塗佈、狹縫式塗佈、旋轉塗佈、網印、噴墨塗佈、噴塗、蒸氣或粒子沉積、滾輪塗佈或者捲繞式製程（*roll-to-roll processing*）等。其它用於在基板表面上形成薄層的技术亦被設想為落入本揭示的範圍內。

**【0056】** 在基板表面上塗佈組合分散體之後，可以對組合分散體進行熱處理步驟，例如燒掉任何有機材料（例如，溶劑、黏結劑、分散劑等等）及/或固化或交聯黏結

劑。例如，可以加熱波導層至大於約 $125^{\circ}\text{C}$ 的第一溫度，例如大於約 $150^{\circ}\text{C}$ 、大於約 $200^{\circ}\text{C}$ 、大於約 $250^{\circ}\text{C}$ 、大於約 $300^{\circ}\text{C}$ 、大於約 $350^{\circ}\text{C}$ 、大於約 $400^{\circ}\text{C}$ 、大於約 $420^{\circ}\text{C}$ 或者大於約 $450^{\circ}\text{C}$ ，包括它們之間的所有範圍以及子範圍。熱處理時間可以根據波導的應用及/或期望性質而變化，並且可介於例如約10分鐘至約3小時範圍間，例如從約30分鐘至約2小時或者從約60分鐘至約90分鐘，包括它們之間的所有範圍以及子範圍。也可以使用多步驟的熱處理，例如，保持在第一處理溫度下經過第一時間週期以及保持在第二處理溫度下經過第二時間週期，該處理溫度以及時間週期選自上面所列出的那些。

**【0057】** 根據各種具體例，可以將可選的平坦層塗至本文所揭示之波導的一個或一個以上表面，例如至單層波導的第一及/或第二表面或者至多層波導的外表面。可以使用任何本技術領域中已知的方法來塗平坦層，例如狹縫式塗佈、浸漬塗佈、真空沉積以及其他類似的製程。在一些具體例中，平坦層可以具有小於約 $100\text{ nm}$ 的厚度，例如小於約 $50\text{ nm}$ 、小於約 $40\text{ nm}$ 、小於約 $30\text{ nm}$ 、小於約 $20\text{ nm}$ 或者小於約 $10\text{ nm}$ ，包括它們之間的所有範圍以及子範圍。

**【0058】** 可以理解的是，所揭示的各種具體例可涉及與特定具體例有關所描述之具體的特徵、元件或步驟。亦可以理解的是，儘管具體的特徵、元件或步驟之描述與特定

的具體例有關，但是具體的特徵、元件或步驟可以在各種未例示出之組合或變更中互換或結合替代的具體例。

【0059】 在態樣（1）中，本揭示提供一種有機發光二極體（OLED）元件，該有機發光二極體元件包含：陰極；陽極；設置在陰極與陽極之間的有機發光層；以及包含至少一波導層之基板，該波導層包含：至少一具有介於約1.6至約2.6範圍間的折射率 $n_m$ 之無機奈米粒子，至少一具有介於約1.3至約1.55範圍間的折射率 $n_b$ 之黏結劑，以及小於約20nm之RMS表面粗糙度。在另一態樣（2）中，本揭示提供態樣（1）的OLED元件，其中該至少一無機奈米粒子選自銦、鋅、鈦、銻、鉛、銲、鉍或鋁之氧化物、上述之混合金屬氧化物以及上述之組合。在另一態樣（3）中，本揭示提供態樣（1）或態樣（2）的OLED元件，其中該至少一無機奈米粒子包含第一金屬氧化物奈米粒子和第二金屬氧化物奈米粒子的組合，該第一及第二金屬氧化物奈米粒子具有不同的粒徑分佈。在另一態樣（4）中，本揭示提供態樣（1）～（3）中任一態樣的OLED元件，其中該至少一黏結劑選自矽酸鹽和有機矽材料。在另一態樣（5）中，本揭示提供態樣（1）～（4）中任一態樣的OLED元件，其中該基板包含單一波導層。在另一態樣（6）中，本揭示提供態樣（1）～（5）中任一態樣的OLED元件，其中該基板在介於約420nm至約750nm範圍間的可見波長處具有介於約1.3至約1.8範圍間的折射率 $n_s$ ，以及具有大於約75%的光透射。

【0060】 在另一態樣（7）中，本揭示提供態樣（1）～（6）中任一態樣的OLED元件，其中波導層包含具有大於或等於約1.7的有效折射率 $n_{w1}$ 之高密度區域以及具有介於約1.4至小於約1.7範圍間的有效折射率 $n_{w2}$ 之低密度區域。在態樣（8）中，本揭示提供態樣（7）的OLED元件，其中該高密度區域設置在基板與低密度區域之間。在態樣（9）中，本揭示提供態樣（7）的OLED元件，其中該低密度區域設置在基板與高密度區域之間。在態樣（10）中，本揭示提供態樣（7）的OLED元件，其中該高密度區域具有介於約200nm至約2 $\mu$ m範圍間的厚度，以及該低密度區域具有小於約200nm的厚度。在態樣（11）中，本揭示提供態樣（7）的OLED元件，其中該高密度區域包含以體積計為30%至約90%的塗層。

【0061】 在另一態樣（12）中，本揭示提供態樣（1）～（11）中任一態樣的OLED元件，其中該至少一波導層在介於約420nm至約750nm範圍間的可見波長處具有小於約50%的霧度以及大於約75%的光透射。在另一態樣（13）中，本揭示提供態樣（1）～（12）中任一態樣的OLED元件，其中該至少一波導層具有介於約100nm至約2 $\mu$ m範圍間的厚度。在另一態樣（14）中，本揭示提供態樣（1）～（13）中任一態樣的OLED元件，其中該至少一波導層具有大於或等於約2的替代光萃取效率值。在另一態樣（15）中，本揭示提供態樣（1）～

(14) 中任一態樣的 OLED 元件，其中該元件不包括平坦膜。

【0062】 在態樣 (16) 中，本揭示提供一種顯示或發光元件，該顯示或發光元件包含態樣 (1) ~ (15) 中任一態樣的 OLED 元件。

【0063】 在態樣 (17) 中，本揭示提供一種用於製造波導之方法，該方法包含以下步驟：組合第一分散體以及第二分散體以形成組合分散體，其中：該第一分散體包含至少一第一溶劑以及至少一具有介於約 1.6 至約 2.6 範圍間的折射率  $n_m$  之無機奈米粒子，該第二分散體包含至少一第二溶劑以及至少一具有介於約 1.3 至約 1.55 範圍間的折射率  $n_b$  之黏結劑；以及在基板的至少一表面上塗佈該組合分散體以形成具有小於約 20 nm 的 RMS 表面粗糙度之波導層。在另一態樣 (18) 中，本揭示提供態樣 (17) 的方法，其中該至少一無機奈米粒子包含具有介於約 5 nm 至約 500 nm 範圍間的粒徑分佈之金屬氧化物奈米粒子。在另一態樣 (19) 中，本揭示提供態樣 (17) 或態樣 (18) 的方法，其中該至少一第一溶劑和該至少一第二溶劑可以為相同或不同的，該至少一第一溶劑和該至少一第二溶劑選自水溶劑、醇溶劑及上述之混合物。在另一態樣 (20) 中，本揭示提供態樣 (17) ~ (19) 中任一態樣的方法，其中該第一分散體具有介於約 20 cP 至約 500 Cp 範圍間的黏度，以及該第二分散體具有介於約 1 cP 至約 500 cP 範圍間的黏度。在另一態樣 (21) 中，本揭示提供態樣

(17) ~ (20) 中任一態樣的方法，更包含將具有小於約 50 nm 的厚度之平坦層塗至波導層之步驟。在另一態樣 (22) 中，本揭示提供態樣 (17) ~ (21) 中任一態樣的方法，其中不將平坦層塗至該波導層。在另一態樣 (23) 中，本揭示提供態樣 (17) ~ (22) 中任一態樣的方法，更包含使用熱或紫外光輻射以固化或乾燥該波導層。

【0064】 在態樣 (24) 中，本揭示提供一種用於波導之塗層組成物，該組成物包含：至少一種具有介於約 1.6 至約 2.6 範圍間的折射率  $n_m$  之金屬氧化物奈米粒子、至少一選自具有介於約 1.3 至約 1.55 範圍間的折射率  $n_b$  的矽酸鹽及有機矽材料之黏結劑，以及至少一溶劑，其中將該塗層組成物塗至基板表面時，該基板表面具有小於約 20 nm 的 RMS 表面粗糙度。

【0065】 在態樣 (25) 中，本揭示提供一種有機發光二極體 (OLED) 元件，該有機發光二極體元件包含：陰極；陽極；設置在陰極與陽極之間的有機發光層；以及包含至少一波導層的基板，該波導層包含：至少一具有介於約 1.6 至約 2.6 範圍間的折射率  $n_m$  之無機奈米粒子，至少一具有介於約 1.3 至約 1.55 範圍間的折射率  $n_b$  之黏結劑，具有大於或等於約 1.7 的有效折射率  $n_{w1}$  之高密度區域，以及具有介於約 1.4 至小於約 1.7 範圍間的有效折射率  $n_{w2}$  之低密度區域。在另一態樣 (26) 中，本揭示提供態樣 (25) 的 OLED 元件，其中該至少一波導層具有小於約 20 nm 的 RMS 表面粗糙度。在另一態樣 (27) 中，

本揭示提供態樣 (25) 或 (26) 的 OLED 元件，其中該至少一無機奈米粒子選自銦、鋅、鈦、鉛、鉍或鋁之氧化物、上述之混合金屬氧化物以及上述之組合。在另一態樣 (28) 中，本揭示提供態樣 (25) ~ (27) 中任一態樣的 OLED 元件，其中該至少一無機奈米粒子包含第一金屬氧化物奈米粒子以及第二金屬氧化物奈米粒子的組合，該第一及第二金屬氧化物奈米粒子具有不同的粒徑分佈。在另一態樣 (29) 中，本揭示提供態樣 (25) ~ (28) 中任一態樣的 OLED 元件，其中該至少一黏結劑選自矽酸鹽和有機矽材料。在另一態樣 (30) 中，本揭示提供態樣 (25) ~ (29) 中任一態樣的 OLED 元件，其中該基板包含單一波導層。在另一態樣 (31) 中，本揭示提供態樣 (25) ~ (30) 中任一態樣的 OLED 元件，其中該基板在介於約 420 nm 至約 750 nm 範圍間的可見波長處具有介於約 1.3 至約 1.8 範圍間的折射率  $n_s$ ，以及大於約 75% 的光透射。在另一態樣 (32) 中，本揭示提供態樣 (25) ~ (31) 中任一態樣的 OLED 元件，其中該至少一波導層具有介於約 100 nm 至約 2  $\mu$ m 範圍間的厚度。在另一態樣 (33) 中，本揭示提供態樣 (25) ~ (32) 中任一態樣的 OLED 元件，其中該高密度區域設置在基板與低密度區域之間。在另一態樣 (34) 中，本揭示提供態樣 (25) ~ (33) 中任一態樣的 OLED 元件，其中該低密度區域設置在基板與高密度區域之間。在另一態樣 (35) 中，本揭示提供態樣 (25) ~ (34) 中任一態樣的 OLED 元

件，其中該高密度區域具有介於約200nm至約2 $\mu$ m範圍間的厚度，以及該低密度區域具有小於約200nm的厚度。在另一態樣(36)中，本揭示提供態樣(25)~(35)中任一態樣的OLED元件，其中該高密度區域包含以體積計為約30%至約90%的塗層。在另一態樣(37)中，本揭示提供態樣(25)~(36)中任一態樣的OLED元件，其中該至少一波導層在介於約420nm至約750nm範圍間的可見波長處具有小於約50%的霧度以及大於約75%的光透射。在另一態樣(38)中，本揭示提供態樣(25)~(37)中任一態樣的OLED元件，其中該至少一波導層具有大於或等於約2的替代光萃取效率值。在另一態樣(39)中，本揭示提供態樣(25)~(38)中任一態樣的OLED元件，其中該元件不包含平坦膜。

**【0066】** 在一態樣(40)中，本揭示提供一種顯示或發光元件，該顯示或發光元件包含態樣(25)~(39)中任一態樣的有機發光二極體元件。

**【0067】** 亦可以理解的是，除非有明確的相反指示，本文中使用的用語「該」或「一」意指「至少一」，且不應被限制於「只有一」。因此，除非上下文另有明確的指示，例如提及「一層」包括具有兩個或兩個以上這樣的層之實施例。同樣地，「複數」旨在表示「多於一」。因此，「複數層」包括兩個或兩個以上這樣的層，例如三個或三個以上這樣的層等。

【0068】本文中可以将範圍表達為從「約」一個具體數值及/或至「約」另一個具體數值。當表達這樣的範圍時，實施例包括從一個具體數值及/或至另一個具體數值。類似地，當使用先行詞「約」表示數值為近似值時，可以理解的是，具體數值形成另一種態樣。進一步可以理解的是，每個範圍的端點與另一個端點有關還是與另一個端點相互獨立，皆為有意義的。

【0069】本文中使用的用語「實質上」及其變化旨在指明所描述的特徵為等於或近似等於一個數值或描述。例如，「實質上平坦的」表面旨在表示一表面為平坦的或近似平坦的。另外，如上述所定義，「實質上相似的」旨在表示兩個數值為相等的或近似相等的。在一些具體例中，「實質上相似的」可表示彼此間的數值差在約10%以內，例如彼此間的差在約5%以內或者彼此間的差在約2%以內。

【0070】除非另有明確的表述，否則無意將本文所闡述的任何方法解釋為需要以特定順序來執行這些步驟。因此，在方法請求項沒有實際上記載這些步驟所需遵循的順序，或者在申請專利範圍或說明書中沒有另外特定地表述將這些步驟限制於特定的順序，則決無意推斷為任何特定的順序。

【0071】雖然可使用連接詞「包含」來揭示特定具體例的各種特徵、元件或步驟，但可以理解的是，其隱含替代具體例，包括可使用連接詞「組成」或「主要由...組

成」來描述的那些特徵、元件或步驟。因此，舉例說明，包含 A + B + C 的元件所隱含的替代具體例包括由 A + B + C 組成的元件之具體例以及主要由 A + B + C 組成的元件之具體例。

【0072】對於本技術領域中通常知識者顯而易見的是，在不偏離本揭示的精神及範圍的情況下，可以對本揭示進行各種修改及變化。由於本技術領域中通常知識者可以想到併入本揭示的精神和物質之所揭示具體例的修改組合、子組合及變化，因此應將本揭示解釋為包括所附申請專利範圍及其均等範圍內的一切。

【0073】以下實施例僅意旨為非限制性的和說明性的，本發明的範圍係由申請專利範圍所定義。

## 實施例

### 實施例 1

【0074】經由狹縫式塗佈氧化鋯及聚矽氧烷 512 B (Honeywell, ~10~15 wt% 聚合物固體) 的各種組合分散體在玻璃基板上來製備波導層，產生具有 10~20 微米的濕厚度的波導層。隨後將波導層在 420 °C 乾燥。波導層中的氧化鋯濃度為介於 10 wt% 至 35 wt% 範圍間。對波導樣品進行橫截面 SEM 分析。第 8 圖中所示樣品的氧化鋯奈米粒子之總面積分率為 48%。奈米粒子在樣品的下半部中的面積分率為 50%，而上半部中的面積分率為 46

%。在樣品的頂部 200 nm 中的奈米粒子的面積分率為 42 %。3D 體積分析證實面積分率值良好對應於體積分率值。

**【0075】** 在第9圖中，將波導層的霧度及 RMS 粗糙度繪製為奈米粒子濃度的函數。從繪製的圖中可看出，大部分的測試樣品所顯示的霧度值為低於 30 %（含有 34 wt % 氧化鋯的樣品除外），這表示波導層具有可接受的光學性質。然而，框 A 內的樣品呈現約 20 nm 或更小的 RMS 表面粗糙度值，而框 B 內的樣品呈現更高的 RMS 值。框 A 代表具有小於 2.5 : 1 的奈米粒子：黏結劑的重量比的那些樣品，而框 B 代表具有大於 2.5 : 1 比值的樣品。為了防止 OLED 元件的電性退化，應將落入框 B 內之波導層塗佈額外的平坦層，以使 RMS 值降低至小於 20 nm。相比之下，落入框 A 內的波導層可以在沒有這樣的平坦層之情況下被使用。

## 實施例 2

**【0076】** 經由將 OLED 活性材料 (AlQ3) 及陰極 (Ag) 材料蒸發至波導層上來進一步處理實施例 1 的波導層。使用螢光顯微鏡量測所得疊層的光萃取效率。在第 10 圖中，將波導的光學替代萃取效率 (EE) 及 RMS 粗糙度繪製為奈米粒子濃度的函數。再次，框 A 代表具有小於 2.5 : 1 的奈米粒子：黏結劑的重量比的那些樣品，而框 B 代表具有大於 2.5 : 1 比值的樣品。落入框 A 內的樣品呈現約 20 nm 或更小的 RMS 值以及大約 1.6 ~ 2.1 的替代 EE 值。落入框 B 內的樣品呈現大約 2 ~ 2.3 的替代 EE 值，但

亦具有較高的RMS值（ $\sim 35 \sim 50 \text{ nm}$ ），這表示OLED元件將會電氣失效，除非包括額外的平坦層來平滑該波導層。相比之下，具有小於 $20 \text{ nm}$ 的RMS表面粗糙度的波導層可以在不具有額外的平坦膜的情況下被使用，並且可以呈現相對高的替代EE值。

**【符號說明】****【0077】**

100	元件
110	陰極
120	電子傳輸層
130	有機發光層
140	電洞傳輸層
150	陽極
160	波導
200	OLED元件
210	陰極
230	有機發光層
250	陽極
260	光萃取結構
270	二極體結構
280	基板
290	光散射層/層
290'	平坦層/層
295	不平坦表面

2 9 5'	介面
3 0 0	元件
3 1 0	陽極
3 3 0	發光層
3 5 0	陰極
3 6 0	光萃取結構
3 7 0	二極體結構
3 8 0	基板
3 9 0	波導層
3 9 5	表面
4 0 0	元件
4 1 0	陽極
4 3 0	發光層
4 5 0	陰極
4 6 0	光萃取結構
4 8 0	基板
4 9 0	波導層
4 9 0 A	高密度區域 / 區域
4 9 0 B	低密度區域 / 區域
4 9 5	表面

**【生物材料寄存】**

**【 0 0 7 8 】** 國內寄存資訊 (請依寄存機構、日期、號碼順序註記)

無

【 0 0 7 9 】 國外寄存資訊 (請依寄存國家、機構、日期、號碼順序註  
記)  
無

【序列表】(請換頁單獨記載)

無



201813151

E 申請日: 2018年09月29日

I IPC分類:

**【發明摘要】**

**【中文發明名稱】** 含有光萃取奈米結構之波導以及含有該波導之顯示元件

**【英文發明名稱】** WAVEGUIDES COMPRISING LIGHT EXTRACTION NANOSTRUCTURES AND DISPLAY DEVICES COMPRISING THE SAME

**【中文】**

本文中揭示包含波導的 O L E D 元件，該波導包括至少一波導層，該波導層包含至少一無機奈米粒子及至少一黏結劑並且該波導層具有小於約 2 0 n m 的 R M S 表面粗糙度。本文中進一步揭示包含該些 O L E D 元件之發光和顯示元件以及用於製造該些波導之方法。

**【英文】**

Disclosed herein are OLED devices comprising waveguides including at least one waveguide layer comprising at least one inorganic nanoparticle and at least one binder and having an RMS surface roughness of less than about 20 nm. Lighting and display devices comprising such OLED devices are further disclosed herein as well as methods for making the waveguides.

**【指定代表圖】** 第 ( 1 ) 圖。

**【代表圖之符號簡單說明】**

- 1 0 0 元件
- 1 1 0 陰極
- 1 2 0 電子傳輸層
- 1 3 0 有機發光層
- 1 4 0 電洞傳輸層
- 1 5 0 陽極

201813151

申請案號：105131206

申請日：105年09月29日

IPC分類：

160 波導

【特徵化學式】

無

**【發明申請專利範圍】**

【第1項】 一種有機發光二極體元件，包含：

一陰極；

一陽極；

一有機發光層，設置在該陰極與該陽極之間；以及

一基板，包含至少一波導層，該至少一波導層包含：

至少一無機奈米粒子，具有一介於約 1.6 至約 2.6 範圍間的折射率  $n_m$ ，

至少一黏結劑，具有一介於約 1.3 至約 1.55 範圍間的折射率  $n_b$ ，以及

一 RMS 表面粗糙度，小於約 20 nm，

其中該至少一無機奈米粒子包含一第一金屬氧化物奈米粒子以及一第二金屬氧化物奈米粒子的組合，該第一及第二金屬氧化物奈米粒子具有不同的粒徑分佈。

【第2項】 如請求項 1 所述之元件，其中該波導層包含

一高密度區域以及一低密度區域，該高密度區域具有一大於或等於約 1.7 的有效折射率  $n_{w1}$ ，該低密度區域具有一介於約 1.4 至小於約 1.7 範圍間的有效折射率  $n_{w2}$ 。

【第3項】 如請求項 2 所述之元件，其中該高密度區域

具有一介於約 200 nm 至約 2  $\mu$ m 範圍間的厚度，且該

低密度區域具有一小於約 200 nm 的厚度。

【第4項】 如請求項 2 所述之元件，其中該高密度區域包含以體積計為約 30% 至約 90% 的塗層。

【第5項】 如請求項 1 所述之元件，其中該至少一波導層在介於約 420 nm 至約 750 nm 範圍間的可見波長處具有一小於約 50% 的霧度及一大於約 75% 的光透射。

【第6項】 一種有機發光二極體元件，包含：

一陰極；

一陽極；

一有機發光層，設置在該陰極與該陽極之間；以及

一基板，包含至少一波導層，該至少一波導層包含：

至少一無機奈米粒子，具有一介於約 1.6 至約 2.6 範圍間的折射率  $n_m$ ，

至少一黏結劑，具有一介於約 1.3 至約 1.55 範圍間的折射率  $n_b$ ，

一高密度區域，具有一大於或等於約 1.7 的有效折射率  $n_{w1}$ ，以及

一低密度區域，具有一介於約 1.4 至小於約 1.7 範圍間的有效折射率  $n_{w2}$ 。

【第7項】 如請求項 6 所述之元件，其中該至少一波導層具有一小於約 20 nm 的 RMS 表面粗糙度。

- 【第8項】 如請求項 6 所述之元件，其中該至少一無機奈米粒子包含一第一金屬氧化物奈米粒子以及一第二金屬氧化物奈米粒子的組合，該第一及第二金屬氧化物奈米粒子具有不同的粒徑分佈。
- 【第9項】 如請求項 6 所述之元件，其中該基板包含一單一波導層。
- 【第10項】 如請求項 6 所述之元件，其中該基板在介於約 420 nm 至約 750 nm 範圍間的可見波長處具有介於約 1.3 至約 1.8 範圍間的一折射率  $n_s$  及一大於約 75% 的光透射。
- 【第11項】 如請求項 6 所述之元件，其中該高密度區域具有一介於約 200 nm 至約 2  $\mu$ m 範圍間的厚度，且該低密度區域具有一小於約 200 nm 的厚度，以及其中該高密度區域包含以體積計為約 30% 至約 90% 的塗層。
- 【第12項】 如請求項 6 所述之元件，其中該至少一波導層在介於約 420 nm 至約 750 nm 範圍間的可見波長處具有一小於約 50% 的霧度及一大於約 75% 的光透射。
- 【第13項】 如請求項 6 所述之元件，其中該元件不包括一平坦膜。
- 【第14項】 一種顯示或發光元件，包含如請求項 6 所

述之有機發光二極體元件。

【第15項】 一種用於波導之塗層組成物，包含：

至少一金屬氧化物奈米粒子，具有一介於約 1.6 至約 2.6 範圍間的折射率  $n_m$ ，

至少一黏結劑，選自具有一介於約 1.3 至約 1.55 範圍間的折射率  $n_b$  的矽酸鹽及有機矽材料，以及至少一溶劑，

其中將該塗層組成物塗至一基板表面時，該基板表面具有一小於約 20 nm 的 RMS 表面粗糙度。

【第16項】 一種用於製造波導之方法，包含以下步驟：

組合一第一分散體以及一第二分散體，以形成一組合分散體，其中：

該第一分散體包含至少一第一溶劑以及至少一無機奈米粒子，該至少一無機奈米粒子具有一介於約 1.6 至約 2.6 範圍間的折射率  $n_m$ ，

該第二分散體包含至少一第二溶劑以及至少一黏結劑，該至少一黏結劑具有一介於約 1.3 至約 1.55 範圍間的折射率  $n_b$ ；以及

塗佈該組合分散體在一基板的至少一表面上，以形成一具有一小於約 20 nm 的 RMS 表面粗糙度之波導層。

- 【第17項】 如請求項16所述之方法，其中該至少一無機奈米粒子包含具有一介於約5nm至約500nm範圍間的粒徑分佈之金屬氧化物奈米粒子。
- 【第18項】 如請求項16所述之方法，其中該第一分散體具有一介於約20cP至約500cP範圍間的黏度，以及該第二分散體具有一介於約1cP至約500cP範圍間的黏度。
- 【第19項】 如請求項16所述之方法，進一步包含將一具有一小於約50nm的厚度之平坦層塗至該波導層之步驟。
- 【第20項】 如請求項16所述之方法，其中不將一平坦層塗至該波導層。











