



(21)申請案號：105139934

(22)申請日：中華民國 105 (2016) 年 12 月 02 日

(51)Int. Cl.：

*B01J13/08 (2006.01)**C09K11/02 (2006.01)**C09K11/88 (2006.01)**H01L27/32 (2006.01)**H01L33/50 (2010.01)*

(30)優先權：2015/12/02 美國

62/262,241

(71)申請人：奈米系統股份有限公司(美國) NANOSYS, INC. (US)

美國

(72)發明人：哈洛夫 傑生 HARTLOVE, JASON (US)；哈德夫 維拉爾 HARDEV, VEERAL (US)；關氏海 KAN, SHIHAI (CN)；陳 建 CHEN, JIAN (US)；雅馬納加 傑伊 YAMANAGA, JAY (US)；怡潘 克里斯坦 IPPEN, CHRISTIAN (DE)；郭 文卓 GUO, WENZHUO (US)；霍茨 查理斯 HOTZ, CHARLES (US)；威爾森 羅伯特 E WILSON, ROBERT E. (US)

(74)代理人：惲軼群；劉法正

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：50 項 圖式數：12 共 82 頁

(54)名稱

於顯示裝置中基於量子點之色轉換層

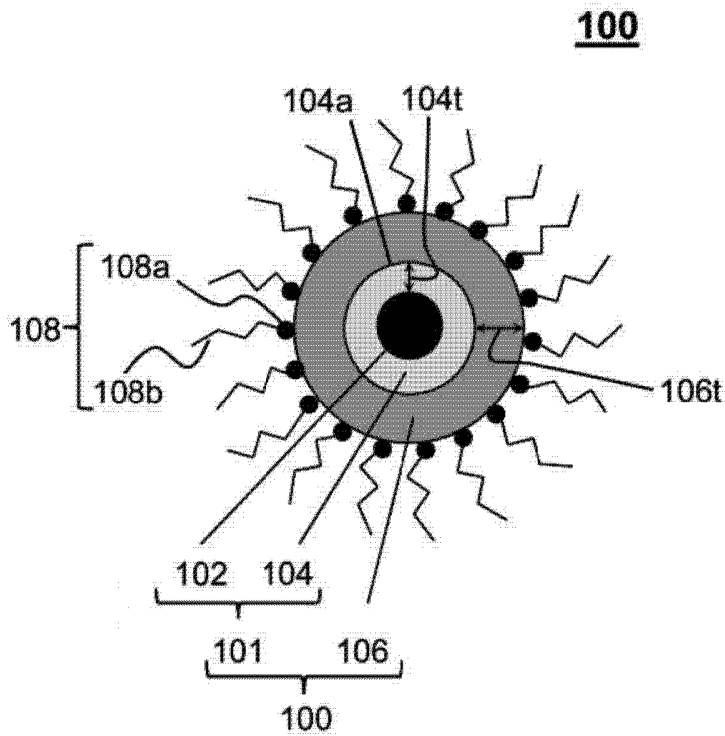
QUANTUM DOT BASED COLOR CONVERSION LAYER IN DISPLAY DEVICES

(57)摘要

在此描述一包括阻障層塗覆的量子點之顯示裝置以及製造該阻障層塗覆的量子點之方法之具體例。各該阻障層塗覆的量子點包括一核心-殼結構以及一安置在該核心-殼結構上之疏水性阻障層。該疏水性阻障層配置成可在一個量子點的核心-殼結構與其它和該一個量子點實質上接觸之量子點的核心-殼結構之間，提供一距離。製造該阻障層塗覆的量子點之方法包括使用界面活性劑形成反微胞，以及使量子點併入該反微胞中。該方法另外包括在該併入的量子點上個別地塗覆一阻障層，以及分離帶有該反微胞之界面活性劑於該阻障層上之阻障層塗覆的量子點。

Embodiments of a display device including barrier layer coated quantum dots and a method of making the barrier layer coated quantum dots are described. Each of the barrier layer coated quantum dots includes a core-shell structure and a hydrophobic barrier layer disposed on the core-shell structure. The hydrophobic barrier layer is configured to provide a distance between the core-shell structure of one of the quantum dots with the core-shell structures of other quantum dots that are in substantial contact with the one of the quantum dots. The method for making the barrier layer coated quantum dots includes forming reverse micro-micelles using surfactants and incorporating quantum dots into the reverse micro-micelles. The method further includes individually coating the incorporated quantum dots with a barrier layer and isolating the barrier layer coated quantum dots with the surfactants of the reverse micro-micelles disposed on the barrier layer.

指定代表圖：



符號簡單說明：

100 . . . 阻障層塗覆的量子點(QD)

101 . . . 核心-殼量子點(QD)

102 . . . 核心

104 . . . 殼

104a . . . 外表面

104t . . . 厚度

106 . . . 阻障層

106t . . . 厚度

108 . . . 界面活性劑

108a . . . 極性頭

108b . . . 非極性尾

【圖1】

【發明說明書】

【中文發明名稱】

於顯示裝置中基於量子點之色轉換層

【英文發明名稱】

QUANTUM DOT BASED COLOR CONVERSION LAYER
IN DISPLAY DEVICES

【技術領域】

【0001】 相關申請案之交叉引用

本申請案合併在2015年12月2日提申之美國臨時申請案第62/262,241號之全部內容以為參考。

【0002】 本申請案有關一種包括含核心-殼結構之高亮度量子點(QDs)之顯示裝置。

【先前技術】

【0003】 量子點(QDs)具有發出窄線寬單光譜峰之光的能力，可製造出高度飽和的顏色。發射波長可根據QDs的尺寸來調整。這種調整發射波長之能力，使得顯示器工程師可定制設計光譜，使顯示器之效率以及顏色性能最大化。

【0004】 QDs之尺寸依賴特性可用於產生QD薄膜。QD薄膜可用作顯示裝置中之顏色向下轉換層。在發光顯示器中使用顏色向下轉換層，可在光通過彩色濾光片之前將白光向下轉換成較紅色的光、綠色的光或二者而改善系統效率。顏色向下轉換層之此種使用，可減少因過濾而引起之光能損失。

【0005】 QDs因其等之寬的吸收以及窄的發射光譜

而可用作為轉換材料。因為在約 $3\mu\text{m}$ - $6\mu\text{m}$ 之非常薄的顏色向下轉換層中，這種應用所需的QDs的密度非常高，故當QDs於薄QD薄膜中彼此被緊密排列時，使用當前之方法製得之QDs會遇到其等之光學特性淬滅之問題。因此，使用QD薄膜作為顏色向下轉換層之當前的基於QD之顯示裝置，遇到低量子產率(QY)之問題。

【發明內容】

【0006】 據此，需要提高顯示裝置的品質。在此揭示的是可用於克服以上所提及有關顯示裝置之限制之具體例。

【0007】 根據一具體例，製造阻障層塗覆的量子點之方法包括使用界面活性劑形成一反微胞溶液，以及使量子點併入該反微胞中。該方法另外包括在該量子點上個別地塗覆一阻障層，形成阻障層塗覆的量子點，以及分離帶有該反微胞之界面活性劑於該阻障層上之阻障層塗覆的量子點。

【0008】 根據一具體例，該使量子點併入該反微胞中，包括形成該量子點與該反微胞溶液之第一混合物。

【0009】 根據一具體例，該在該量子點上個別地塗覆一阻障層，包括形成一前趨物與該第一混合物之第二混合物，以及形成一催化劑與該二混合物之第三混合物。

【0010】 根據一具體例，該分離該阻障層塗覆的量子點，包括在約 50°C 或低於約 50°C 的溫度之真空下加熱該第三混合物。

【0011】根據一具體例，該阻障層塗覆的量子點展現大於約80%之量子產率。

【0012】根據一具體例，該阻障層塗覆的量子點展現大於約90%之量子產率。

【0013】根據一具體例，該阻障層塗覆的量子點展現在約85%至約95%之範圍內之量子產率。

【0014】根據一具體例，該量子點與該阻障層塗覆的量子點展現大於約80%之量子產率。

【0015】根據一具體例，該量子點與該阻障層塗覆的量子點展現大於約85%之量子產率。

【0016】根據一具體例，該阻障層塗覆的量子點具有平均尺寸範圍從約20nm至約40nm之直徑。

【0017】根據一具體例，該阻障層塗覆的量子點具有平均尺寸範圍從約25nm至約35nm之直徑。

【0018】根據一具體例，該阻障層包括氧化物。

【0019】根據一具體例，該阻障層包括氧化矽。

【0020】根據一具體例，量子點薄膜包括阻障層塗覆的量子點。各阻障層塗覆的量子點包括一量子點以及一安置在該量子點上之透光阻障層。該透光阻障層配置成可在相鄰的量子點之間提供一間隔，以防止該相鄰的量子點產生凝集。該量子點薄膜另外包括一配置成可收容該阻障層塗覆的量子點以及與該透光阻障層實質接觸之基質材料。該阻障層塗覆的量子點展現大於約80%之量子產率。

【0021】根據一具體例，該透光阻障層是疏水性

的。

【0022】根據一具體例，該間隔等於或大於相鄰的阻障層塗覆的量子點之間之福斯特(Forster)半徑。

【0023】根據一具體例，各該阻障層塗覆的量子點中之量子點，包括一具有一核心以及一圍繞該核心之殼之核心-殼結構。

【0024】根據一具體例，該核心包括一第一材料，該殼包括一第二材料以及該透光阻障層包括一第三材料。該第一、第二以及第三材料彼此不同。

【0025】根據一具體例，該透光阻障層包括氧化物。

【0026】根據一具體例，該透光阻障層包括氧化矽。

【0027】根據一具體例，該量子點薄膜另外包括結合至該透光阻障層之界面活性劑或配位體。

【0028】根據一具體例，該量子點薄膜在經過大於200°C之溫度的處理後，展現大於約50%之外部量子效率。

【0029】根據一具體例，該量子點薄膜包括大於約0.24之光學密度以及大於約50%之外部量子效率。

【0030】根據一具體例，該阻障層塗覆的量子點具有平均尺寸範圍從約20nm至約40nm之直徑。

【0031】根據一具體例，該透光阻障層在直徑上具有範圍從約8nm至約20nm之厚度。

【0032】根據一具體例，該基質材料包括可擠出材料。

【0033】根據一具體例，該基質材料包括亮度增強薄膜。

【0034】根據一具體例，該基質材料包括聚合物塑料薄膜。

【0035】根據一具體例，該量子點薄膜包括一範圍從約70 μm 至約40 μm 之厚度。

【0036】根據一具體例，顯示裝置包括一會發射寬帶輻射之有機層以及一安置在該有機層上之量子點薄膜。該量子點薄膜包括阻障層塗覆的量子點，其會吸收該寬帶輻射中之一組波長，及於一主發射峰波長發射，在此該組波長小於該主發射峰波長。各該阻障層塗覆的量子點包括一核心-殼量子點以及一圍繞該核心-殼量子點之透光阻障層。該阻障層塗覆的量子點展現大於約80%之量子產率。該量子點薄膜另外包括一配置成可收容該阻障層塗覆的量子點以及與該透光阻障層實質接觸之基質材料。該顯示裝置另外包括一光學元件，其安置在該量子點薄膜上，配置成可阻斷該寬帶輻射中大於該主發射峰波長之另一組波長。

【0037】根據一具體例，該透光阻障層配置成可在相鄰的阻障層塗覆的量子點之間提供一間隔，以防止其等之凝集。

【0038】根據一具體例，該間隔等於或大於相鄰的

阻障層塗覆的量子點之間之福斯特半徑。

【0039】根據一具體例，該有機層、該量子點薄膜以及該光學元件是該顯示裝置之像素單元之一部分。

【0040】根據一具體例，該光學元件是彩色濾光片。

【0041】根據一具體例，該阻障層包括氧化物。

【0042】根據一具體例，該量子點薄膜另外包括結合至該透光阻障層之界面活性劑或配位體。

【0043】根據一具體例，該透光阻障層配置成可保護該核心-殼量子點免於因光通量、熱、氧、濕氣或其等之組合之降解。

【0044】根據一具體例，發光二極體(LED)裝置包括一光源單元、一安置於該光源單元上之量子點薄膜以及一安置在該量子點薄膜上之光學元件。

【0045】根據一具體例，製造該阻障層塗覆的量子點之方法包括使用界面活性劑形成一反微胞溶液、使量子點併入該反微胞中、在該量子點上個別地塗覆一阻障層，形成該阻障層塗覆的量子點，以及進行酸蝕刻處理該阻障層塗覆的量子點。

【0046】根據一具體例，該方法另外包括在進行該酸蝕刻處理之後，分離帶有該反微胞之界面活性劑於該阻障層上之阻障層塗覆的量子點。

【0047】根據一具體例，該使量子點併入該反微胞中，包括形成該量子點與該反微胞溶液之第一混合物。

【0048】根據一具體例，該在該量子點上個別地塗覆一阻障層，包括形成一前趨物與該第一混合物之第二混合物，以及形成一催化劑與該第二混合物之第三混合物。

【0049】根據一具體例，該進行酸蝕刻處理該阻障層塗覆的量子點，包括形成酸與該第三混合物之第四混合物。

【0050】根據一具體例，該進行酸蝕刻處理該阻障層量子點，包括選擇性地移除該催化劑以及形成酸與該第三混合物之第四混合物。

【0051】根據一具體例，該酸包括醋酸、氫氟酸、硝酸或脂肪酸。

【0052】根據一具體例，製造量子點薄膜之方法包括形成阻障層塗覆的量子點，形成該阻障層量子點與一基質材料之均質混合物，以及在該均質混合物上進行擠出製程。

【0053】根據一具體例，該進行擠出製程包括將該均質混合物引入一進料斗，透過一狹槽模頭擠出一具有該阻障層塗覆的量子點以及該基質材料之薄膜，以及使該擠出薄膜通過冷卻輓。

【0054】根據一具體例，該基質材料包括可擠出材料。

【0055】根據一具體例，該基質材料包括聚合物塑膠薄膜。

【0056】根據一具體例，該量子點薄膜包括一範圍

從約70 μm 至約40 μm 之厚度。

【0057】 將參照所附之圖式，詳細說明本發明之另外的特徵以及優點以及本發明之各種具體例之結構與操作。應注意，本發明不限於在此所述之特定具體例。此等具體例在此僅出於說明的目的而呈現。根據在此之教示，額外的具體例對熟悉此技藝之人士而言是顯而易見的。

【圖式簡單說明】

【0058】 所附之圖式，其在此併入形成本說明書之一部分，說明本發明之具體例，以及與說明內容一起進一步用於解釋本發明之具體例之原理，以便使熟悉此技藝之人士可製造以及使用本發明之具體例。

【0059】 圖1說明根據一具體例之阻障層塗覆的QD之橫截面結構。

【0060】 圖2A-2B說明根據一具體例之形成核心-殼QDs之過程。

【0061】 圖3A-3B說明根據一具體例之CdSe基QDs之穿透電子顯微照片。

【0062】 圖4A-4E說明根據一具體例之CdSe基QDs之範例光學特徵。

【0063】 圖5A-5C說明根據一具體例之形成阻障層塗覆的QDs之過程。

【0064】 圖6說明根據一具體例之阻障層塗覆的QDs之穿透電子顯微照片。

【0065】 圖7A-7B說明根據一具體例之阻障層塗覆

的QDs之範例光學特徵。

【0066】圖8是根據一具體例之用於形成氧化物塗覆的QDs之流程圖。

【0067】圖9說明根據一具體例之QD薄膜。

【0068】圖9A說明根據一具體例之形成QD薄膜之方法。

【0069】圖9B說明根據一具體例圖9之QD薄膜之橫截面視圖。

【0070】圖10說明根據一具體例之QD薄膜之範例光學特徵。

【0071】圖11說明根據一具體例之顯示裝置之顯示面板之橫截面視圖。

【0072】圖12說明根據一具體例之顯示裝置之基於QD薄膜之像素單元之分解橫截面視概要圖。

【0073】以下之詳細的說明結合圖式(其中相同的參考字符標識相應的元件)時，將使得本發明之特徵以及優點變得更清楚明瞭。在圖式中，相似的參考編號通常意指一致、功能相似和/或結構相似之元件。元件第一次出現之圖式，由相應的參考編號之最左邊的數字指出。除非另外指出，否則揭示內容從頭到尾所提供之圖式不應被解釋為按比例之圖式。

【實施方式】

【0074】雖然可能討論到特定的構形以及配置，但應理解，此僅為例示說明之目的。熟悉此技藝之人士應能

辨識出其它在不逸離本發明之技藝思想之情況下可使用之構形以及配置。對熟悉此技藝之人士而言，此發明亦可使用於各種除了該等在此特別提及的之外之其它的應用。

【0075】 應注意，說明書中之“一種具體例”、“一具體例”、“一範例具體例”等等之引用，指的是所述之具體例可包括特定特徵、結構或特性，但每個具體例不必然包含該特定特徵、結構或特性。再者，此短語不必然指著相同的具體例。另外，當結合一具體例描述特定特徵、結構或特性時，結合其它具體例來實現這樣的特徵、結構或特性是在本技術領域人士的知識範圍內，無論是否明確描述。

【0076】 在此說明中所有描述數量、材料之比率、材料之物理特性和/或用途之數字，除非有另外指明，否則應理解為已經過“約”一字之修飾。

【0077】 在此使用之術語“約”，表示給定數量之值可在該值之 $\pm 10\%$ 上下變化，或任擇地該值之 $\pm 5\%$ 上下變化，或在一些具體例中，所述值之 $\pm 1\%$ 上下變化。例如，“約100nm”涵蓋90nm至110nm (包括90nm和110nm)之尺寸範圍。

【0078】 在此使用之術語“形成反應混合物”或“形成混合物”，意指將至少兩種組份於適合該等組份彼此反應並形成第三組份之條件下之容器中結合。

【0079】 在此使用之術語“奈米結構”意指具有至少一個區域或特徵尺寸之尺寸小於約500nm之結構。在一

些具體例中，該奈米結構具有小於約200nm、小於約100nm、小於約50nm、小於約20nm或小於約10nm之尺寸。典型地，該區域或特徵尺寸是沿著該結構之最小軸。此結構之例子包括奈米線、奈米棒、奈米管、枝狀奈米結構、奈米四足、三足、二足、奈米晶體、奈米點、QDs、奈米粒子等等。奈米結構可為如實質上結晶的、實質上單晶的、多晶的、非晶形的或其等之組合。在一些具體例中，該奈米結構之三個維度中之每一個具有尺寸小於約500nm、小於約200nm、小於約100nm、小於約50nm、小於約20nm或小於約10nm。

【0080】 在此使用之術語“QD”或“奈米晶體”意指實質上單晶的奈米結構。單晶具有至少一個區域或特徵尺寸之尺寸小於約500nm，且小至小於約1nm之量級。熟悉此技藝之人士應能輕易地了解術語“奈米晶體”、“QD”、“奈米點”以及“點”代表類似的結構，以及在此可交換使用。本發明亦涵蓋使用多晶的或非晶形的奈米晶體。

【0081】 談到奈米結構時使用之術語“異質結構”，是指以至少二種不同的和/或可區別的材料類型為特徵之奈米結構。典型地，該奈米結構之一個區域包含第一材料類型，而該奈米結構之第二區域包含第二材料類型。在某些具體例中，該奈米結構包含一具第一材料之核心以及至少一種具第二(或第三等等)材料之殼，在此該不同的材料類型是繞著例如奈米線之長軸、枝狀奈米線之一臂的長軸或奈米晶體之中心徑向分佈。殼可以但不需完全蓋住相鄰

的材料才被視為殼，或在奈米結構方面才被視為異質結構；例如，特徵為一材料之核心上覆蓋有第二材料之小島之奈米晶體，即為一種異質結構。在其它具體例中，不同的材料類型分佈在奈米結構內之不同的位置；如，沿著奈米線之主(長)軸或沿著枝狀奈米線之臂的長軸。異質結構內不同的區域可包含完全不同的材料，或者是該不同的區域可包含具有不同摻雜物或不同濃度之相同摻雜物之基材(如，矽)。

【0082】 在此使用之術語，奈米結構之“直徑”，指的是垂直於奈米結構之第一軸之橫截面之直徑，在此該第一軸相對於第二以及第三軸具有最大的長度差(第二以及第三軸是二個長度彼此最相近之軸)。第一軸不一定是奈米結構之最長軸；如，對碟形奈米結構而言，橫截面可能是垂直於該碟之短縱向軸之實質上圓形的橫截面。在橫截面不是圓形之情況下，直徑是橫截面之主軸與次軸之平均值。對於細長或高縱橫比之奈米結構，諸如奈米線，直徑是測量橫跨垂直於奈米線之最長軸之橫截面。至於球形奈米結構，直徑是從一邊穿過球形之中心測量至另一邊。

【0083】 術語“結晶的”或“實質上結晶的”當用於奈米結構時，意指該奈米結構在結構之一或多個維度上典型地展現出長程有序。熟悉此技藝之人士應可理解，術語“長程有序”將取決於特定奈米結構之絕對尺寸，因為單一晶體之排序不能超出該晶體之邊界。在此情況下，“長程有序”將意指在奈米結構之至少主維度上實質上有序。

在一些情況下，奈米結構可能帶有氧化物或其它塗層，或可能由核心與至少一種殼構成。在此等情況下，應可理解的是，氧化物、殼或其它塗層可能，但不一定，展現此排序(如，其可能為非晶形的、多晶的或其它)。在此情況下，“結晶的”、“實質上結晶的”、“實質上單晶的”或“單晶的”一詞，意指奈米結構之中心核心(排除塗層或殼)。在此使用之術語“結晶的”或“實質上結晶的”意圖亦涵蓋包含各種缺失、堆疊層錯、原子取代等等之結構，只要結構展現出實質上長程有序即可(如，有序超過奈米結構或其核心的至少一個軸的長度的至少約80%)。此外，應可理解，核心與奈米結構外面之間或核心與相鄰殼之間或殼與第二相鄰殼之間之界面可包含非結晶區域，且甚至可為非晶形的。這不防礙奈米結構成為在此所定義之結晶或實質上結晶的。

【0084】 術語“單晶的”當用在奈米結構時，意指該奈米結構實質上是結晶的，且基本上包含單一晶體。當用在包含核心與一或多種殼之奈米結構異質結構時，“單晶的”指的是該核心是實質上結晶的，且基本上包含單一晶體。

【0085】 在此使用之術語“配位體”指的是一種能夠如透過與奈米結構表面之共價、離子、凡得瓦力或其它分子交互反應而與奈米結構之一或多個面(不管弱或強)交互反應之分子。

【0086】 在此使用之術語“量子產率”(QY)意指如奈

米結構或奈米結構群發射之光子對吸收之光子的比率。如此技藝所知的，量子產率典型地是經由使用具有已知量子產率值之定性清楚的標準樣品之比較方法而定。

【0087】在此使用之術語“主發射峰波長”指的是發射光譜展現出最高強度處之波長。

【0088】在此使用之術語“半高寬”(FWHM)意指QDs大小分佈之測量值。QDs之發射光譜通常具有高斯(Gaussian)曲線之形狀。高斯曲線之寬度定義為FWHM且反應出QDs之大小分佈。FWHM愈小相應於愈窄的QDs大小分佈。FWHM亦取決於發射波長最大值。

【0089】在此使用之福斯特半徑，在此技藝中亦稱作福斯特距離。

阻障層塗覆的QD結構之範例具體例

【0090】圖1說明根據一具體例之阻障層塗覆的QD 100之橫截面結構。阻障層塗覆的QD 100包括QD 101以及阻障層106。QD 101包括核心102以及殼104。核心102包括可在吸收較高能量時發光之半導體材料。有關核心102之半導體材料之例子包括磷化銦(InP)、硒化鎘(CdSe)、硫化鋅(ZnS)、硫化鉛(PbS)、砷化銦(InAs)、磷化銦鎵(InGaP)、硒化鎘鋅(CdZnSe)、硒化鋅(ZnSe)以及碲化鎘(CdTe)。亦可使用任何可展現直接能隙之其它II-VI族、III-V族、三元或四元半導體結構。在一具體例中，核心102亦可包括一或多種摻雜物如金屬、合金。金屬摻雜物之例子可包括，但不限於，鋅(Zn)、銅

(Cu)、鋁(Al)、鉑(Pt)、鉻(Cr)、鎢(W)、鈀(Pd)或其等之組合。相較於未摻雜的QDs，核心**102**中存在一或多種摻雜物可改善QD **101**之結構與光學安定性以及QY。

【0091】根據一具體例，核心**102**具有尺寸小於20nm之直徑。在另一具體例中，核心**102**可具有尺寸介於約1nm與約5nm之間之直徑。將核心**102**之尺寸以及之後QD **101**之尺寸裁切至奈米範圍內之能力，使得光發射能夠涵蓋整個光譜。一般而言，較大的QDs會發射朝光譜之紅色端之光，而較小的QDs會發射朝光譜之藍色端之光。此種效應之發生是因為較大的QDs比較小的QDs具有更緊密間隔的能階。此容許QD能吸收含較低能量之光子，即，該等較接近光譜之紅色端之光子。

【0092】殼**104**圍繞核心**102**且被安置在核心**102**之外表面上。殼**104**可包括硫化鎘(CdS)、硫化鋅鎘(ZnCdS)、硫硒化鋅(ZnSeS)以及硫化鋅(ZnS)。在一具體例中，殼**104**可具有一厚度**104t**，例如，一或多個單層。在其它具體例中，殼**104**可具有介於約1nm與約5nm間之厚度**104t**。殼**104**可用於幫助降低與核心**102**之晶格失配以及改善QD **101**之QY。殼**104**亦可幫助鈍化以及移除核心**102**上之表面陷阱狀態，諸如懸鍵，以增加QD **101**之QY。表面陷阱狀態之存在可提供非輻射復合中心，因而導致QD **101**之發射效率降低。

【0093】在替代具體例中，在沒有逸離本發明之思想範疇之情況下，QD **101**可包括安置在殼**104**上之第二

殼，或超過二個圍繞核心**102**之殼。在一具體例中，該第二殼可為大約二個單層厚，且典型地，雖然不是必需的，亦為半導體材料。第二殼可提供給核心**102**保護作用。第二殼材料可為硫化鋅(ZnS)，然而在不逸離本發明之思想範疇之情況下，亦可使用其它材料。

【0094】阻障層**106**配置成可在QD **101**上形成一塗層。在一具體例中，阻障層**106**係安置在殼**104**之外表面**104a**上，且實質上與其接觸。在具有一或多個殼之QD **101**之具體例中，阻障層**106**可被安置在QD **101**之最外面的殼上且實質上與其接觸。在一範例具體例中，阻障層**106**配置成可作為具有多個QDs之例如溶液、組成物和/或薄膜中之QD **101**與一或多個QDs間之分隔物，在此該多個QDs可與QD **101**和/或阻障層塗覆的QD **100**相似。在此等QD溶液、QD組成物和/或QD薄膜中，阻障層**106**可幫助防止QD **101**與相鄰的QDs產生凝集。QD **101**與相鄰的QDs之凝集可能會導致QD **101**之尺寸增加，因而使得包括QD **101**之凝集的QD (未示出)之光學發射特性降低或淬滅。如上所述，QDs之光學特徵是尺寸依賴性的，因此由於凝集而導致的QD尺寸之增加，會引起淬滅現象，其會引起QD **101**之QY降低。阻障層**106**亦可防止QD **101**再吸收從該QD溶液、QD組成物和/或QD薄膜中其它的QDs發射之光，因此改善了此等QD溶液、QD組成物和/或QD薄膜之QY。在另外的具體例中，阻障層**106**可保護QD **101**，使其免於可能會對QD **101**之結構與光學特性產生

不利影響之例如濕氣、空氣和/或惡劣的環境的影響(如，光刻處理QDs期間和/或製造基於QD之裝置之製程期間之高溫以及化學物質)。

【0095】 阻障層**106**包括一或多種材料，其為非晶形的、透光的和/或非電活性的。適合的阻障層包括無機材料，諸如，但不限於，無機氧化物和/或氮化物。根據各種不同的具體例，用作阻障層**106**之材料之例子包括Al、Ba、Ca、Mg、Ni、Si、Ti或Zr之氧化物和/或氮化物。在各種不同的具體例中，阻障層**106**可具有範圍從約8nm至約15nm之厚度**106t**。在一些具體例中，為了降低或實質上排除相鄰的QDs **100**間之共振能量轉移和/或光學發射之再吸收並因此改善相鄰的QDs **100**之QY，厚度**106t**可具有一使得例如溶液、組成物和/或薄膜中二個相鄰的QDs **100**間中心至中心之距離等於或大於福斯特半徑(在此技藝中亦稱作福斯特距離)之最小值。在一些具體例中，厚度**106t**可具有介於約8nm至約15nm之間之最小值。

【0096】 福斯特半徑指的是二個相鄰的QDs，諸如QDs **100**，之中心對中心之距離，在此距離下，此等二個相鄰的QDs間之共振能量轉移效率為約50%。二個相鄰的QDs間之中心對中心之距離大於福斯特半徑時，可降低相鄰的QDs之共振能量轉移效率以及改善光發射特性與QY。共振能量轉移的過程，可發生在一個於電子激發態下之QD將其激發能量轉移到附近或相鄰的QD的時候。

此共振能量轉移過程是一種非輻射量子力學過程。因此，當從一個QD上發生共振能量轉移時，該一個QD之光學發射特性可能會淬滅以及該一個QD之QY可能會受到不利的影響。

【0097】如圖1所示，根據一具體例之阻障層塗覆的QD 100可額外地或任擇地包括多個配位體或界面活性劑108。根據一具體例，配位體或界面活性劑108可被吸附或結合至阻障層塗覆的QD 100之外表面，諸如在阻障層106之外表面上。該多個配位體或界面活性劑108可包括親水性或極性頭108a以及疏水性或非極性尾108b。該親水性或極性頭108a可結合至阻障層106。配位體或界面活性劑108的存在，可幫助例如溶液、組成物和/或薄膜中之QD 100和/或QD 101在其等之形成期間與其它的QDs分開。假如容許QDs在其等之形成期間凝集，則諸如QD 100和/或QD 101之QDs之量子效率可能會下降。配位體或界面活性劑108亦可用於給予阻障層塗覆的QD 100某些特性，諸如疏水性，以提供於非極性溶劑中之混溶性，或提供供其它化合物結合之反應位置(如，反微胞系統)。

【0098】存在多種可用作為配位體108之配位體。在一些具體例中，該配位體是選自於月桂酸、己酸、肉豆蔻酸、棕櫚酸、硬脂酸以及油酸之脂肪酸。在一些具體例中，該配位體是選自於下列之有機磷或有機磷氧化物：三辛基氧化磷(TOPO)、三辛基磷(TOP)、二苯基磷(DPP)、三苯基氧化磷以及三丁基氧化磷。在一些具體例

中，該配位體是選自於下列之胺：十二烷基胺、油胺、十六烷基胺以及十八烷基胺。在一些具體例中，該配位體是三辛基膦(TOP)。在一些具體例中，該配位體是油胺。在一些具體例中，該配位體是二苯基膦。

【0099】 存在多種可用作為界面活性劑**108**之界面活性劑。在一些具體例中，可使用非離子性界面活性劑作為界面活性劑**108**。非離子性界面活性劑之一些例子包括聚氧乙炔(5)壬基苯基醚(商品名IGEPAL CO-520)、聚氧乙炔(9)壬基苯基醚(IGEPAL CO-630)、辛苯氧基聚(乙炔氧基)乙醇(IGEPAL CA-630)、聚乙二醇油基醚(Brij 93)、聚乙二醇十六烷基醚(Brij 52)、聚乙二醇十八烷基醚(Brij S10)、聚氧乙炔(10)異辛基環己基醚(Triton X-100)以及聚氧乙炔支鏈壬基環己基醚(Triton N-101)。

【0100】 陰離子性界面活性劑亦可用作為界面活性劑**108**。陰離子性界面活性劑之一些例子包括二辛基磺基琥珀酸鈉、硬脂酸鈉、月桂基硫酸鈉、單十二烷基磷酸鈉、十二烷基苯磺酸鈉以及肉豆蔻基硫酸鈉。

【0101】 在一些具體例中，可將QDs **101**和/或**100**合成為可發出一或多個各種範圍之光，諸如紅色、橘色和/或黃色範圍。在一些具體例中，可將QDs **101**和/或**100**合成為可發出綠色和/或黃色範圍之光。在一些具體例中，可將QDs **101**和/或**100**合成為可發出藍色、靛藍色、紫色和/或紫外線範圍之光。在一些具體例中，可將QDs **101**和/或**100**合成為具有波長介在約605nm與約650nm之

間、約510nm與約550nm之間或約300nm與約480nm之間之主發射峰。

【0102】可將QDs 101和/或100合成為可展現出高QY。在一些具體例中，可將QDs 101和/或100合成為可展現出介於80%與95%之間或85%與90%之間之QY。

【0103】因此，根據各種不同的具體例，可將QD 100合成為可使QD 101上阻障層106的存在，基本上不會改變或淬滅QD 101的光學發射特性。

【0104】可使用有機染料作為參考值(如，以羅丹明(Rh) 640作為在530nm激發波長下發紅光之QDs 101和/或100之參考值，以螢光染料作為在440nm激發波長下發綠光之QDs 101和/或100之參考值，以1,10-二苯基蔥作為在355nm激發波長下發藍光之QDs 101和/或100之參考值)，依照下列之方程式計算QDs之QY：

$$\Phi_x = \Phi_{ST} \left(\frac{\text{Grad}_x}{\text{Grad}_{ST}} \right) \left(\frac{\eta_x^2}{\eta_{ST}^2} \right)。$$

下標ST以及X分別表示標準品(參考染料)以及核心/殼QDs溶液(測試樣本)。 Φ_x 是核心/殼QDs之量子產率，而 Φ_{ST} 是參考染料之量子產率。 $\text{Grad} = (I/A)$ ，在此I是發射峰(波長刻度)下之面積；A是在激發波長下之吸光度。 η 是參考染料或核心/殼QDs在溶劑中之折射率。見如Williams et al. (1983) “Relative fluorescence quantum yields using a computer controlled luminescence

spectrometer” *Analyst* 108:1067。Williams et al.中所列出之參考值是用於發綠光以及紅光之 QDs。

形成核心-殼QDs之範例方法

【0105】圖2A-2B說明根據一具體例之形成QDs **201**之不同的階段。QDs **201**可與如上所述之QD **101**相似。應注意，在圖2A-2B顯示形成三個QDs僅為例示說明之目的。然而根據在此之說明，熟悉此技藝之人士應可理解以下所述之方法能產生任何數目之與QDs **201**相似之QDs。

【0106】核心之形成-圖2A說明根據一具體例之形成核心**202**以及天然配位體或界面活性劑**207**後之QDs **201**。核心**202**以及天然配位體**207**可分別與核心**102**以及配位體**108**相似。在一具體例中，具有天然配位體或界面活性劑**207**附著於其等之外表面上之核心**202**，可用溶液相膠體法形成。膠體法可包括形成一包含一或多種陽離子前趨物、一或多種陰離子前趨物以及溶劑之第一混合物。該方法可另外包括在第一溫度下加熱一或多種配位體或界面活性劑之溶液，以及藉由將該第一混合物快速地注入該經過加熱之一或多種配位體或界面活性劑之溶液中，形成第二混合物，接著在第二溫度下加熱該第二混合物。該一或多種配位體或界面活性劑可為任何一種以上所述之配位體或界面活性劑。在一些具體例中，該第一溫度介在約200°C與約400°C之間，而在一些具體例中，該第二溫度介在約150°C與約350°C之間。該第一溫度可選擇成能夠引起該陽離子前趨物與該陰離子前趨物之間之反應之溫

度。該陽離子以及陰離子前趨物可反應形成反應產物之核。例如，諸如鎘前趨物之陽離子前趨物與諸如硒前趨物之陰離子前趨物，可在加熱混合物之情況下反應形成CdSe核。

【0107】在此初始成核階段之後，可透過添加單體(其存在該第二混合物中)至處在低於該第一溫度之第二溫度下之核中，從該核上長出核心**202**。在達到所需尺寸和/或形狀後，移除在第二溫度下之加熱，可停止核心**202**之生長。此在第二溫度下之加熱過程可持續約1min至約120min。根據各種不同的範例具體例，所產生的核心**202**之尺寸和/或形狀，可經由獨立地或結合操縱諸如溫度、前趨物材料之種類以及配位體或界面活性劑對單體之比率之參數加以控制。所產生的核心**202**之尺寸和/或形狀，可使用熟悉此技藝之人士已知之技術測定。在一些具體例中，可藉由比較添加單體前與後核心**202**的直徑來測定尺寸和/或形狀。在一些具體例中，添加單體前與後核心**202**的直徑可用穿透電子顯微鏡(TEM)測定。

【0108】在核心**202**長到所需的尺寸和/或形狀之後，使其等冷卻。在一些具體例中，使核心**202**冷卻至室溫。在一些具體例中，加入有機溶劑稀釋該包含核心**202**之第二混合物。在一些具體例中，該有機溶劑是己烷、庚烷、甲苯、苯、乙醚、丙酮、醋酸乙酯、二氯甲烷、氯仿、二甲基甲醯胺或N-甲基吡咯烷酮。在一些具體例中，該有機溶劑是甲苯。

【0109】 在一些具體例中，在核心**202**長到所需的尺寸和/或形狀之後，將其等分離出來。在一些具體例中，核心**202**之分離，是藉由使其等從該第二混合物或該稀釋的第二混合物之溶劑中沈澱下來。在一些具體例中，是利用甲醇、乙醇、異丙醇或正-丁醇之絮凝作用來分離核心**202**。

【0110】 在此具體例之一範例中，該陽離子前趨物可作為所產生的核心**202**之正電元素來源。根據各種不同的範例具體例，該陽離子前趨物可為II族金屬(如，Zn、Cd或Hg)、III族金屬(如，Al、Ga或In)、IV族(即，Ge、Sn或Pb)或過渡金屬(如，Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Cr、Mo、W、Mn、Tc、Re、Fe、Co、Ni、Pd、Pt、Rh等等)前趨物。該陽離子前趨物可構成廣泛的物質，諸如金屬氧化物、金屬碳酸鹽、金屬碳酸氫鹽、金屬硫酸鹽、金屬亞硫酸鹽、金屬磷酸鹽、金屬亞磷酸鹽、金屬鹵化物、金屬羧酸鹽、金屬烷氧化物、金屬硫醇鹽、金屬醯胺、金屬亞胺、烷基金屬、芳基金屬、金屬配位錯合物、金屬溶劑化物或金屬鹽，作為例子。

【0111】 在此具體例之另一範例中，該陰離子前趨物可作為所產生的核心**202**之負電元素來源。根據各種不同的範例具體例，該陰離子前趨物可擇自於V族元素(N、P、As或Sb)、VI族元素(O、S、Se或Te)以及VII族元素(F、Cl、Br或I)之元素本身(零氧化態)、共價化合物或離子化合物。

【0112】在該第一混合物中使用的配位體之例子包括十二烷基胺(DA)、十六烷基胺(HA)、十八烷基胺(OA)、硬脂酸(SA)、月桂酸(LA)、己基磷酸(HPA)、十四烷基磷酸(TDPA)、三辛基磷(TOP)或三辛基氧化磷(TOPO)。在一具體例中，在該第一混合物中使用之配位體以及溶劑可為相同的化學物質。例如，長鏈脂肪酸以及胺類以及TOPO可作為溶劑以及配位體功能二者。

【0113】成殼(Shelling)處理-核心形成過程後接著 QDs 201 之成殼處理，如圖2B所示。圖2B說明殼204形成後之 QDs 201。殼204可與以上所述之殼104相似。繞著核心202形成殼204之處理，可包括使核心202懸浮在諸如，但不限於，1-十八烯、1-癸烯、1-十二烯或十四烯之溶劑或溶劑之混合物中，然後在第三溫度下加熱核心202之懸浮液。在一些具體例中，該第三溫度介在100°C與約200°C之間。該成殼處理可另外包括藉由在第四溫度下添加包括殼204之元素之前趨物而形成一第三混合物。在一些具體例中，該第四溫度介在250°C與約350°C之間。例如，可在該第三混合物中使用用於形成包含硫化鎘(CdS)之殼204之鎘前趨物以及硫前趨物。在一範例中，殼204包括III-V族材料或II-VI族材料。在另一範例中，殼204之元素可與核心202之元素不一樣。核心202與殼204之材料可選擇成使二種材料間具有低的晶格失配。低的晶格失配使能夠在核心202之表面上形成均勻以及磊晶生長的殼204。在第一殼形成之方法中，核心202可作為核，供殼

204從其等之表面生長出。

【0114】當在核心**202**上達到所需厚度的殼**204**後，除去在第四溫度下之加熱可停止在核心**202**上之殼**204**的生長。此在第四溫度下之加熱過程可持續從約50min至約100min。根據各種不同的範例具體例，可經由獨立地或結合地操縱諸如溫度、前趨物材料種類以及前趨物之數量之參數，來控制所產生的殼**204**的厚度。

【0115】在殼**204**生長至所需之厚度後，可使所產生的核心-殼QDs **201**冷卻。在一些具體例中，QDs **201**冷卻至室溫。在一些具體例中，在QDs **201**形成後，將其等分離出來。在一些具體例中，利用溶劑(如，乙醇)以及離心沈澱來分離QDs **201**。

【0116】在替代具體例中，以上QD **201**之形成方法可包括在核心**202**之合成期間，對核心**202**進行摻雜。該摻雜處理可在QD **201**之形成的任一階段進行。例如，一或多種摻雜物前趨物可與核心**202**之合成過程期間之陽離子前趨物或陰離子前趨物一起引入，或與成殼過程期間之前趨物一起引入。

【0117】核心**202**可具有一或多種均勻地或非均勻地分佈於整個核心**202**之摻雜物。例如，可在核心**202**之表面存在較高的摻雜物濃度，而在核心之中心存在較低的摻雜物濃度，反之亦然。在另一範例中，該一或多種摻雜物可實質上均勻地分佈於整個核心**202**。

【0118】根據此具體例之一範例，該一或多種摻雜

物前趨物可包括任一種適合的摻雜物前趨物，諸如，但不限於，金屬氧化物(如，氧化鋅、氧化鎂)、金屬醋酸鹽(如，醋酸鋅、醋酸鈷)、金屬碳酸鹽(如，碳酸鋅、碳酸鈷、碳酸鎂)、金屬碳酸氫鹽(如，碳酸氫鋅、碳酸氫鈷、碳酸氫鎂)、金屬硫酸鹽(如，硫酸鋅、硫酸鎂、硫酸鈷)、金屬亞硫酸鹽(如，亞硫酸鋅、亞硫酸鎂)、金屬磷酸鹽(如，磷酸鋅、磷酸鈷、磷酸鎂)、金屬亞磷酸鹽(如，亞磷酸鋅、亞磷酸鎂)、金屬鹵化物(如，鹵化鋅、鹵化鎂)、金屬羧酸鹽(如，羧酸鋅、羧酸鎂)、金屬烷氧化物(如，烷氧化鋅、烷氧化鎂)、金屬硫醇鹽(如，鋅硫醇、鎂硫醇)、金屬醯胺(如，鋅醯胺、鎂醯胺)、金屬亞胺(如，鋅亞胺、鎂亞胺)、烷基金屬(如，烷基鋅、烷基鋁、烷基鎂)或二乙基金屬(如，二乙基鋅)。

【0119】所產生的核心-殼QDs **201**可具有窄尺寸分佈(即，小的FWHM)以及高QY。在一些具體例中，核心-殼QDs **201**之光致發光光譜具有範圍從約20nm至40nm、從約22nm至40nm、從約24nm至40nm、從約26nm至40nm、從約28nm至40nm、從約20nm至36nm、從約20nm至34nm或從約20nm至30nm之FWHM。

【0120】在一些具體例中，可將核心-殼QDs **201**合成為可發出一或多個各種顏色範圍之光，諸如紅色、橘色和/或黃色範圍之光。在一些具體例中，可將核心-殼QDs **201**合成為可發出綠色和/或黃色範圍之光。在一些具體例中，可將核心-殼QDs **201**合成為可發出藍色、靛藍

色、紫色和/或紫外線範圍之光。在一些具體例中，可將核心-殼 QDs **201** 合成為具有波長介在約 605nm 與約 650nm 之間、約 510nm 與約 550nm 之間或約 300nm 與約 480nm 之間之主發射峰。

【0121】 在一些具體例中，可將核心-殼 QDs **201** 合成為可展現高 QY。在一些具體例中，可將核心-殼 QDs **201** 合成為可展現介於 80% 與 95% 之間或 85% 與 90% 之間之 QY。

形成 CdSe/CdS 核心-殼 QDs 之範例方法

【0122】 下列範例方法示範具有與如上所述之 QDs **101** 和/或 **201** 相似之核心/殼結構之高度發光 CdSe/CdS 發紅光 QDs 之生長。應了解，下列範例方法僅為例示說明之目的，不應用於限制本發明之範疇。且，應了解，下列範例方法可在不會影響本發明之範疇或其任一具體例之廣且等效之條件、公式以及其它參數之範圍內進行。

【0123】 CdSe 核心之形成—使約 120g 之三辛基氧化膦 (TOPO) 以及約 29g 之十四烷基膦酸 (TDPA) 於 500mL 三頸瓶中混合，製得一溶劑。將該瓶抽真空至約 200 毫托或更低，之後重新充氮。重覆抽氣-重新充填周期數次(如，三次)，從該系統中移除空氣。

【0124】 藉由混合三辛基膦 (TOP) 與醋酸鎘 ($\text{Cd}(\text{OAc})_2$)，製備約 0.7M 至約 1M 之 Cd 前趨物貯備溶液。於手套箱中氮氣下，將約 58mL 之此配製於 TOP 中之 Cd 前趨物貯備溶液，載入第一針筒中。藉由在室溫下將

Se粉末溶於TOP中，製備約1M至約2M之三辛基硒化膦(TOPSe)之Se前趨物貯備溶液。於手套箱中氮氣下，將約25mL之此Se前趨物貯備溶液，載入第二針筒中。於手套箱中氮氣下，分別於第三以及第四針筒中載入2.5mL之二苯基膦(DPP)以及60mL之TOP。

【0125】 快速地將第一針筒內之Cd前趨物溶液注入該瓶之溶劑中，形成第一混合物，接著加熱該第一混合物至約250°C。在該第一混合物中，Cd(OAc)₂被轉換成十四烷基磷酸鎘。之後利用空氣使該第一混合物冷卻至約110°C，以及移除反應副產物，諸如水以及醋酸。之後將該第三針筒中之DPP注入該一混合物中，形成第二混合物，接著在約280°C與350°C之間之溫度下加熱該第二混合物。一旦該第二混合物之溫度穩定了，快速地將該第二針筒中之Se前趨物溶液注入該第二混合物中，形成第三混合物。

【0126】 定期地透過針筒移出該第三混合物中之樣本，然後稀釋於己烷中，利用可見光吸收光譜分析該第三混合物中CdSe核心之生長。一旦獲得所欲的CdSe核心尺寸，將該第四針筒中之TOP注入該第三混合物中，形成該第四混合物。注射TOP會引起該第四混合物之溫度急遽降低。利用空氣使該第四混合物進一步冷卻至約50°C。添加甲醇或乙醇至該冷卻的混合物，沈澱出第四混合物中所產的CdSe核心。利用離心從沈澱的混合物中移除上清液，獲得CdSe核心，以及將其懸浮於己烷中。

【0127】利用UV-Vis之吸收測量，決定所產生的CdSe核心之濃度。在一些具體例中，使用以上所述之方法所獲得之CdSe核心之尺寸為直徑從約2.0nm至約5.0nm、從約3.0nm至約5.0nm、從約3.5nm至約4.5nm、從約3.0nm至約4.5nm、從約2.5nm至約5.0nm、從約2.5nm至約4.5nm或從約2.5nm至約3.5nm之範圍內。

【0128】圖3A顯示用以上所述之範例方法所產生的CdSe核心之範例TEM影像。所產生的CdSe核心之尺寸為直徑從約2.5nm至約4.5nm之範圍內。CdSe核心之平均尺寸為約3.5nm。

【0129】應注意，除了Cd(OAc)₂外，可使用其它不逸離本發明之技術思想之Cd來源，來製備以上所述之Cd前趨物貯備溶液。在一些具體例中，該Cd來源是碘化鎘、溴化鎘、碳酸鎘、醋酸鎘或氫氧化鎘。

【0130】在一些具體例中，用於製備以上所述之Se前趨物貯備溶液之Se來源是擇自於三辛基硒化磷、三(正-丁基)硒化磷、三(次-丁基)硒化磷、三(叔-丁基)硒化磷、三甲基硒化磷、三苯基硒化磷、二苯基硒化磷、苯基硒化磷、環己基硒化磷、八硒醇、十二硒醇、元素硒、硒化氫、雙(三甲基矽基)硒化物以及其等之混合物。在一些具體例中，該硒來源是元素硒。

【0131】CdSe核心上之CdS殼的形成-在核心之形成過程後，藉由將清洗過的CdSe核心分散於ODE，製備濃度介於約50mg/mL與約100mg/mL之間之所產生的CdSe

核心之溶液。之後將約3.6mL配製於ODE溶液中之約66mg/mL之此CdSe核心，注入在室溫下於一瓶中製得之約3mL油胺(OYA)與約6mL 1-十八烯(ODE)之混合物中。之後將配製於OYA-ODE混合物中之CdSe核心快速地加熱至約150°C。一旦溫度達到約150°C，即以約0.5mL/min之速率，將約9.3mL之約0.1M Cd前趨物貯備溶液(其可在CdSe核心上生長約1個單層的CdS殼)打進該瓶中。該0.1M Cd前趨物貯備溶液係藉由在高溫下將氧化鎘(CdO)溶於ODE、油酸(OA)以及OYA之混合物中，接著在約110°C下除氣以除去水而製得。

【0132】 在添加該Cd前趨物後，將反應溫度快速地提高至約310°C。維持此溫度直到CdS殼之生長完全。在反應溫度在約310°C下並保持約15min後，以約0.4mL/min之速率，將約9.3mL之約0.1M硫前趨物貯備溶液打進該瓶中。該約0.1M之硫前趨物貯備溶液是在室溫(RT)下將1-辛烷硫醇(OT)混合於ODE中製得。在添加該硫前趨物貯備溶液後約15分鐘後，以約0.4mL/min之固定速率，將該Cd與S前趨物貯備溶液同時打進反應中。各前趨物貯備溶液之數量是根據單層的CdS所需之數量。例如，於反應中引入約110mL之各貯備溶液，可在該CdSe核心上產生約6個單層的CdS殼。

【0133】 應注意，除了CdO外，在不逸離本發明之技術思想範疇之情況下，可使用其它Cd來源來製備以上所述之Cd前趨物貯備溶液。在一些具體例中，該Cd來源

是碘化鎘、溴化鎘、碳酸鎘、醋酸鎘或氫氧化鎘。

【0134】 在一些具體例中，用於製備以上所述之硫前趨物貯備溶液之硫來源是擇自於元素硫、辛烷硫醇、十二烷硫醇、十八烷硫醇、三丁基硫化磷、環己基異硫氰酸酯、 α -甲苯硫醇、乙烯三硫代碳酸酯、烯丙基硫醇、雙(三甲基矽基)硫化物、三辛基硫化磷以及其等之混合物。在一些具體例中，該硫來源是元素硫。

【0135】 在添加所欲數量之各前趨物貯備溶液後，在移除熱以及使該反應冷卻至室溫之前，使反應保持在約 310°C 下約另一個60min。利用乙醇，接著離心，從瓶中之反應混合物中分離出所產生的CdSe/CdS核心-殼QDs、倒出上清液以及在真空下乾燥。之後將乾燥的CdSe/CdS核心-殼QDs再分散於環己烷中，供用於測量，諸如QY之測量。

【0136】 將在合成中所使用之CdSe核心的nmol或粒子數目值，除以所產生的CdSe/CdS核心-殼QDs-環己烷溶液之體積，可測得所產生的CdSe/CdS核心-殼QDs之濃度(nmol/mL或粒子/mL)。所產生的CdSe/CdS核心-殼QDs具有窄尺寸分佈(即，小的FWHM)以及高QY。

【0137】 在一些具體例中，所產生的CdSe/CdS核心-殼QD群之光致發光光譜具有範圍從約20nm至40nm、從約22nm至40nm、從約24nm至40nm、從約26nm至40nm、從約28nm至40nm、從約20nm至36nm、從約20nm至34nm或從約20nm至30nm之FWHM。

【0138】 在一些具體例中，所產生的CdSe/CdS核心-殼QDs之尺寸為直徑從約7.0nm至約9.0nm、從約7.2nm至約9.0nm、從約7.4nm至約9.0nm、從約7.6nm至約9.0nm、從約7.8nm至約9.0nm、從約8.0nm至約9.0nm、從約7.0nm至約8.8nm、從約7.2nm至約8.6nm、從約7.4nm至約8.4nm、從約7.6nm至約8.2nm或從約7.8nm至約8.0nm之範圍內。

【0139】 在一些具體例中，所產生的CdSe/CdS核心-殼QDs可發射出紅色、橘色和/或黃色範圍之光。在一些具體例中，所產生的CdSe/CdS核心-殼QDs具有波長介於約605nm與約650nm之間之主發射峰。

在一些具體例中，該所產生的CdSe/CdS核心-殼QDs展現高QY。在一些具體例中，該CdSe/CdS核心-殼QDs展現介於80%與95%之間或85%與90%之間之QY。

【0140】 圖3B顯示以上所述之範例方法所產生的CdSe/CdS核心-殼QDs之範例TEM影像。該CdSe/CdS核心-殼QDs之尺寸為直徑從約7.5nm至約8.5nm之範圍內。該CdSe/CdS核心-殼QDs之平均尺寸為約8nm。

【0141】 圖4A-4B顯示不同濃度的參考染料(Rh640)，分別在激發波長530nm下之吸收以及光致發光光譜之圖，用於以上所述之範例方法所產生的CdSe/CdS核心-殼QDs之QY的計算。圖4C-4D顯示不同濃度的CdSe/CdS核心-殼QDs，在激發波長530nm下之範例吸收以及光致發光光譜之圖。圖4E顯示根據圖4A-4D所獲得

之CdSe/CdS核心-殼QDs之QY測量值。在一具體例中，在可見光光譜之紅色區域發射之CdSe/CdS核心-殼QDs之QY測量值為約89%。

形成阻障層塗覆的核心-殼 QDs 之範例方法

【0142】圖5A-5C說明根據一具體例之在各核心-殼QDs 501上形成阻障層506，以形成阻障層塗覆的核心-殼QDs 500。阻障層506可與以上所述之阻障層106相似，而QDs 500可與以上所述之QDs 100相似。在一具體例中，形成阻障層506之方法是根據反相乳液方法，其包括形成反微胞510。此等反微胞510可作為在核心-殼QDs 501上塗覆阻障層506之反應中心。在一具體例中，阻障層506之形成可涉及形成反微胞510、使核心-殼QDs 501併入反微胞510以及塗覆處理該併入的核心-殼QDs 501，如以下所述。在一些具體例中，QDs 500之形成可額外地或任擇地包括在該塗覆處理之後，即在阻障層506形成之後，進行酸蝕刻處理。具有核心502以及一或多個殼504之QDs 501可與以上所述之核心-殼QDs 101、201和/或CdSe/CdSe核心-殼QDs相似。核心502可與以上所述之核心101、202或CdSe相似，而一或多個殼504可與以上所述之殼104、204或CdS相似。

【0143】反微胞之形成-圖5A說明根據一具體例之於反相乳液(未示出)中形成之反微胞510。反微胞510之形成可包括形成反相乳液以及在該反相乳液中添加界面活性劑508。根據一具體例，該乳液可經由混合二種不可溶混

的液體如親水極性溶劑以及疏水非極性溶劑而形成。水可用作極性溶劑，而烴可用作疏水非極性溶劑。可用作疏水非極性溶劑之烴之例子包括環戊烷、環己烷、環庚烷、甲苯或己烷。該二種不可溶混的液體在該反相乳液中，由於彼此不可溶混，所以傾向分成二個不同相、連續相以及非連續相。在一些具體例中，該二種不同相是連續非水相(如，烴相)以及非連續水相。

【0144】 在一些具體例中，可藉由添加界面活性劑**508**形成一第一混合物，來安定在該反相乳液中之該二種不同相。界面活性劑**508**可與界面活性劑**108**相似。界面活性劑**508**之一些例子包括聚氧乙烯(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)、辛苯氧基聚(乙烯氧基)乙醇(IGEPAL CA-630)、聚乙二醇油基醚(Brij 93)、聚乙二醇十六烷基醚(Brij 52)、聚乙二醇十八烷基醚(Brij S10)、聚氧乙烯(10)異辛基環己基醚(Triton X-100)、聚氧乙烯支鏈壬基環己基醚(Triton N-101)、二辛基磺基琥珀酸鈉、硬脂酸鈉、月桂基硫酸鈉、單十二烷基磷酸鈉、十二烷基苯磺酸鈉以及肉豆蔻基硫酸鈉。

【0145】 界面活性劑**508**可藉由在該反相乳液中形成反微胞**510**之分散體，使非連續水相分離成反微胞**510**之核心**512**內之水相環境來幫助安定該非連續水相。各反微胞**510**可由加至該反相乳液中之界面活性劑**508**中之一群界面活性劑形成。在一些具體例中，各反微胞**510**包括一

由界面活性劑**508**之親水極性基團**508a** (在此技藝中有時稱作頭)形成之親水部分，以及由界面活性劑**508**之疏水非極性基團**508b** (在此技藝中有時稱作尾)形成之疏水部分。在各反微胞**510**中，可溶於水相之親水極性頭**508a**可形成圍繞各反微胞核心**512**內所含之水相之親水性殼，而可溶於連續非水相之對應的疏水非極性尾**508b**可形成圍繞該親水性殼之疏水性殼。在一些具體例中，反微胞**510**具球形，且操縱加至該反相乳液中之界面活性劑**508**之類型和/或數量可控制反微胞**510**之大小。

【0146】使核心-殼QDs併入反微胞-形成反微胞**510**之後，可接著使核心-殼QDs **501**併入反微胞**510**之核心**512**中，如圖5B所示。在一具體例中，此併入過程包括形成一具有核心-殼QDs **501**分散於溶劑(如，環己烷、甲苯或己烷)中之QD溶液。該QD溶液可用以上所述與QDs **201**及CdSe/CdSe核心-殼QDs相關之相似的方法形成。根據一具體例，該併入過程另外包括形成該QD溶液與該具有反微胞**510**之第一混合物之第二混合物。

【0147】與以上所述之QDs **201**和/或CdSe/CdSe核心-殼QDs相似，QDs **501**在加至反相乳液之前，可具有結合在最外面的殼**504**之外表面上之天然配位體或界面活性劑(未示出)。QDs **501**之此等天然配位體或界面活性劑對QDs **501**，可具有與界面活性劑**508**之親水極性頭**508a**類似之親和力。這些天然配位體或界面活性劑(未示出)可動態地結合至QDs **501**，即，天然配位體或界面活性劑可

以開關形式結合至QDs 501，其可提供天然配位體或界面活性劑被反相乳液中之界面活性劑508取代之機會。在一些具體例中，QDs 501中之此等天然配位體或界面活性劑具有親水性基團，此使得該第二混合物中之QDs 501被拉至被分離在反微胞510之核心512內之水相中，且被封在核心512內，如圖5B所示。該第二混合物中之各個此等QD充填的反微胞510，提供用於在各個封在反微胞510中之QDs 501上形成阻障層506之環境或反應中心。

【0148】 在一些具體例中，該第二混合物中之各個反微胞510封住一個QDs 501。QDs 501此一對一的併入反微胞510，可幫助防止QDs 501彼此之凝集，且容許在QDs 501上個別地塗覆阻障層506。在一些具體例中，在阻障層506之形成期間，QDs 501之實質上所有的天然配位體或界面活性劑可被反微胞之界面活性劑交換或取代。在一些具體例中，在一或多個QDs 501個別地被阻障層506封住後，在QDs 501與阻障層506之間沒有留下天然配位體或界面活性劑。取而代之的是天然配位體或界面活性劑被趕出QDs 501與阻障層506間之介面而進入連續疏水相。該連續疏水相中之天然配位體或界面活性劑可結合至阻障層506之表面。應注意的是，即使圖5A-5B圖式說明相等數目之QDs 501以及反微胞510，但熟悉此技藝之人士根據在此之說明應可理解，在一些具體例中，在該反相乳液中所形成之反微胞(相似於反微胞510)的數目，可大於加至該反相乳液中之核心-殼QDs (相似於核心-殼

QDs 501)的數目。在此具體例中，該反微胞中之一些可保持不含核心-殼QDs。

【0149】阻障層之形成-根據一具體例，於該第二混合物中使QDs 501併入反微胞510後，在各個併入的QDs 501上形成阻障層506，如圖5C所示。在一具體例中，阻障層506之形成包括形成一第三混合物，其具有一或多種含阻障層506之元素之前趨物以及該第二混合物。例如，可於該第二混合物中添加Al、Ba、Ca、Mg、Ni、Si、Ti或Zr前趨物，用以形成包含Al、Ba、Ca、Mg、Ni、Si、Ti或Zr之氧化物和/或氮化物之阻障層506。在一些具體例中，使用四乙氧基矽烷(TEOS)、四甲氧基矽烷、四丙氧基矽烷或四丁氧基矽烷作為Si前趨物。可先將該一或多種前趨物製備成溶液，然後以約6mL/min至8mL/min間之速率加進該第二混合物中，同時激烈攪拌該第二混合物。

【0150】根據一具體例，阻障層506之形成另外包括形成一第四混合物，其具有一或多種催化劑以及該第三混合物。在一具體例中，於該第三混合物中添加氨水作為催化劑。可先將該一或多種催化劑製備成溶液，然後以約4mL/min至7mL/min間之速率加至該第三混合物中，同時激烈攪拌該第三混合物。所添加之前趨物以及催化劑二者均由於其等與羥基(OH)基團之親和力而被拉至反微胞510之水相中之QDs 501上。一旦所添加的前趨物以及催化劑與對應的一個QDs 501一起被封在各個反微胞510

中，所添加的一或多種前趨物會經歷催化水解轉換成中間形式(水解矽前趨物)。在一些具體例中，結合至QDs 501之界面活性劑508完全被水解矽前趨物取代而形成單層的水解矽前趨物，其進一步經歷縮合反應而形成圍繞對應一個QDs 501之個別的阻障層506塗層。在一範例中，一旦Si前趨物諸如TEOS以及氨催化劑，被拉進並與對應一個QDs 501一起被封在各個反微胞510提供之反應中心內，TEOS會經歷氨催化水解而轉換成中間形式，四羥基矽烷，其進一步經歷縮合反應而形成圍繞對應一個QDs 501之個別的SiO₂阻障層506塗層。在一些具體例中，所添加之一或多種前趨物之此水解以及縮合反應，是在沒有攪拌和/或加熱該第四混合物之情況下進行。在一些具體例中，容許此水解以及縮合反應進行約1天至約7天，直到該第四混合物中實質上所有的一或多種前趨物用光。

【0151】所形成之阻障層506之厚度，可經由獨立地或結合操縱諸如前趨物之數量、QDs之濃度以及水解與縮合反應時間之參數來控制。在一具體例中，於該第三混合物中之前趨物的數量相同之情況下，增加該第二混合物中QDs 501之濃度或數目，可降低阻障層506之厚度。

【0152】在替代具體例中，欲達到阻障層506之期望厚度所需之該一或多種前趨物之數量，是在該阻障層生長過程之二或多個階段添加。例如，可先於該第二混合物中加入一部分數量之前趨物製得該第三混合物，然後在該第三混合物中之前趨物已於水解以及縮合反應期間用完之

後，再將剩餘數量之前趨物加至該第四混合物中。

【0153】在各種不同的具體例中，阻障層**506**可生長至範圍從約8nm至約15nm之厚度**506t**。在一些具體例中，厚度**506t**可具有一使在例如溶液、組成物和/或薄膜中二個相鄰的QDs **500**間中心至中心之距離等於或大於福斯特半徑之最小值。在一些具體例中，厚度**506t**可具有介於約8nm至約15nm間之最小值。

【0154】酸蝕刻處理—根據一具體例，可在阻障層**506**生長至所欲厚度後，在QDs **500**上進行酸蝕刻處理。在一些具體例中，可於該第四混合物中添加一或多種酸，形成一第五混合物。該一或多種酸之例子包括醋酸、氫氟酸、硝酸、脂肪酸或其等之組合。在一些具體例中，可將該第五混合物中之一或多種酸與一或多種催化劑間之莫耳比維持在從約1.5至約10之範圍內。在一具體例中，可將該第五混合物中之醋酸與氫氧化銨催化劑間之莫耳比維持在約2。在該第五混合物中之蝕刻過程可進行一段範圍從約5分鐘至約2天之時間。改變加至該第四混合物之一或多種酸之濃度、蝕刻溫度、該一或多種酸對該一或多種催化劑之莫耳比和/或阻障層**506**之厚度，可改變酸蝕刻之速率。

【0155】QDs **500**之這種塗覆後酸蝕刻處理，可幫助實質上降低QDs **501**之光學發射特性之淬滅。此光學淬滅可因在蝕刻處理之前，QDs **501**與在QDs **501**上之處理期間所使用之化學物質(如，阻障層塗覆處理期間所使用之

催化劑)反應而引起。例如，使用氫氧化銨催化劑可在 QDs 501 之表面 501s 上製造出 OH^- 與 NH_4^+ 離子之配位位點。此等離子可作為表面 501s 上之光電子陷阱位點，而光電子陷阱位點會引起 QDs 501 之光學發射特性之淬滅。在酸蝕刻處理期間對表面 501s 之蝕刻，可幫助腐蝕掉 QDs 501 之表面 501s 上此等會引起 QDs 501 之光學淬滅之光電子陷阱位點和/或其它陷阱位點和/或缺陷，因此實質上降低 QDs 501 之光學發射特性的淬滅。該阻障層塗覆的 QDs 500 之酸蝕刻處理可一直持續到 QDs 500 之 QY 實質上與未經塗覆的 QDs 501 之 QY 相似。即該酸蝕刻處理可一直持續到 QDs 501 上因處理的負面作用(如，緩衝阻障層塗覆處理之負面作用)實質上降低為止。

【0156】應注意的是，即使 QDs 501 上存在阻障層 506，但來自該第五混合物中之一或多種酸之酸分子或 H^+ 離子仍可穿透多孔的阻障層 506，然後達到表面 501s。

【0157】在一些具體例中，該酸蝕刻處理可在阻障層 506 形成處理之前以及之後在 QDs 501 上進行。

【0158】在一些具體例中，可在添加該一或多種酸(如，醋酸)至該第四混合物中以形成用於酸蝕刻處理 QDs 500 之第五混合物之前，選擇性地利用例如蒸發作用，移除該一或多種催化劑(如，氫氧化銨)。

【0159】在該酸蝕刻處理之後，可接著從該第五混合物中移除該溶劑、未反應之一或多種前趨物、該一或多種催化劑以及反應副產物。在一些具體例中，可利用溫度

在約40°C至約60°C之間真空下之蒸發作用，移除該溶劑、未反應之前趨物以及反應副產物。移除溶劑以及前趨物後產生之濃縮物，可進一步在溫度約50°C至約70°C之間真空下乾燥約60分鐘至約90分鐘。在一些具體例中，在酸蝕刻處理之後，可藉由使用溶劑(如，乙醇)以及離心之沈澱，分離所產生的阻障層塗覆的核心-殼QDs 500，然後再將其重新分散於諸如，但不限於，甲苯之疏水性溶劑中。

【0160】利用真空蒸發移除溶劑、未反應之一或多種前趨物、一或多種催化劑以及反應副產物，可確保界面活性劑508仍保持結合至QDs 500之外表面，如圖5C所示。阻障層506上之界面活性劑508之疏水性尾508b提供一疏水性殼，其確保所產生的乾燥且分離之QDs 500於疏水環境(如，甲苯、光阻材料)中之分散性，以利在不會不利地影響QDs 500之光學特性之情況下，與例如裝置製造之製程相容。

【0161】與以上所述之QDs 500的後合成處理相反，當前之QDs的後合成處理典型地包括在親水性溶劑如乙醇、甲醇或水中清洗合成的QDs，將合成的QDs從反應溶液中分離出來。清洗之後接著將經過清洗的QDs再分散於親水性醇如乙醇或甲醇中。之後使該再分散的QDs在高溫(如，約200°C)下經歷配位體交換過程之處理，在該再分散的QDs上引入新的界面活性劑。引入新界面活性劑是要在該QDs上提供一疏水性殼，因為存在該合成的QDs上之

界面活性劑在清洗期間被移除了。在當前的QDs之後合成處理中，曝露於水或親水性溶劑會使經過清洗的QDs之發光特性淬滅，因為水具非輻射中心，其會不利地影響經過清洗的QDs之發射特性。該高溫配位體交換過程對QDs之光學發射特性亦具有負面的影響。

【0162】 該經分離以及再分散之QDs **500**可具有與QDs **501**相似之窄尺寸分佈(即，小的FWHM)以及高QY。在一些具體例中，QDs **501**以及**500**二者之光致發光光譜具有範圍從約20nm至40nm、從約22nm至40nm、從約24nm至40nm、從約26nm至40nm、從約28nm至40nm、從約20nm至36nm、從約20nm至34nm或從約20nm至30nm之FWHM。

【0163】 在一些具體例中，QDs **500**以及**501**二者可發射一或多個各種顏色範圍之光，諸如紅色、橘色和/或黃色範圍。在一些具體例中，QDs **500**以及**501**二者可發射綠色和/或黃色範圍之光。在一些具體例中，QDs **500**以及**501**二者可發射藍色、靛藍、紫色和/或紫外線範圍之光。在一些具體例中，QDs **500**以及**501**二者可具有波長介於605nm與650nm之間、510nm與550nm之間或300nm與480nm之間之主發射峰。

【0164】 在一些具體例中，QDs **500**以及**501**二者均展現高QY。在一些具體例中，QDs **500**以及**501**二者均展現介於80%與95%之間或85%與90%之間之QY。

【0165】 因此，根據各種不同的具體例，QDs **501**上

阻障層**506**之存在，不會實質上改變或淬滅QDs **501**之光學發射特性。

【0166】在一些具體例中，經過酸蝕刻處理之阻障層塗覆的QDs **500**展現的QY，比在沒酸蝕刻處理下之阻障層塗覆的QDs所展現的QY高出約10%至約20%。

【0167】應注意，為例示之目的，圖5A-5C中分別示出三個反微胞**510**、三個核心殼QDs **501**以及三個阻障層塗覆的核心-殼QDs **500**。然而，熟悉此技藝之人士根據在此之說明當能理解，以上所述之方法可產生任何數目之分別與反微胞**510**、核心殼QDs **501**以及阻障層塗覆的核心-殼QDs **500**相似之反微胞、核心殼QDs以及阻障層塗覆的核心-殼QDs。

形成 SiO₂ 塗覆的 CdSe/CdS 核心-殼 QDs 之範例方法

【0168】下列範例方法示範高亮度 SiO₂ 塗覆的 CdSe/CdS發紅光QDs (在此亦稱作SiO₂塗覆的QDs)之生長。根據一具體例，該 SiO₂ 塗覆的QDs可與QDs **100**和/或**500**相似。該 SiO₂ 塗覆的QDs具有與以上所述之QDs **101**、**201**和/或**501**相似之核心/殼結構，且亦具有與以上所述之阻障層**106**和/或**506**相似之 SiO₂阻障層。應了解下列範例方法僅是例示說明之目的，並不是用於限制本發明之範疇。此外亦應了解，下列範例方法可在不會影響本發明之範疇或其任一具體例之情況下，於廣泛以及相等的條件、公式以及其它參數之範圍內進行。

【0169】CdSe/CdS核心-殼QDs之形成—使用以上所述用於形成CdSe/CdS核心-殼QDs之範例方法製備此等

QDs。製備約230nmol之合成且乾燥的CdSe/CdS核心-殼QDs配製於環己烷中之QD溶液。

【0170】反微胞之形成-使約100mL之IGEPAL CO-520，一種界面活性劑，與1L瓶中之750mL環己烷混合，製得一具有反微胞之安定的反相乳液之第一混合物。攪拌該第一混合物約20min。

【0171】使CdSe/CdS QDs併入反微胞中-在攪拌該第一混合物約20min後，藉由將QD溶液加至該第一混合物中製得第二混合物。在添加該QD溶液後，攪拌該第二混合物約20min。

【0172】阻障層之形成-在攪拌該第二混合物約20min後，以約7.4 mL/min之速率將約7.4mL之TEOS，一種Si前趨物，加至該第二混合物中同時激烈攪拌該第二混合物，製得第三混合物。在添加TEOS後，攪拌該第三混合物約20 min，接著製備第四混合物。以約4.6mL/min至約6.9mL/min之速率，將約13.8mL之30%氫氧化銨溶液，一種催化劑，加至該第三混合物中同時激烈攪拌該第三混合物，製得該第四混合物。在添加該催化劑後，攪拌該第四混合物約2min。在該約2min之攪拌後，將包括該第四混合物之瓶子蓋起來，在不攪拌以及加熱該第四混合物之情況下貯存約1至約7天。

【0173】1至7天的反應結束後，在或低於約50°C之溫度之真空下，使溶劑、未反應的TEOS、氫氧化銨以及反應副產物如乙醇蒸發，產生與例如以上所述之QDs 500相似之SiO₂塗覆的QDs，具有界面活性劑IGEPAL

CO-520在其等之外表面上。使所產生的SiO₂塗覆的QDs進一步在或低於約60°C之溫度之真空下乾燥，歷時約60min，以便從其等中除去實質上所有的濕氣。在將SiO₂塗覆的QDs乾燥後，利用沈澱以及離心將其等分離出來，然後再分散於甲苯中，形成一安定的疏水性溶液。

【0174】 該再分散的SiO₂塗覆的QDs展現出窄尺寸分佈(即，小的FWHM)以及高QY。在一些具體例中，該SiO₂塗覆的QD群之光致發光光譜具有範圍從約20nm至40nm、從約22nm至40nm、從約24nm至40nm、從約26nm至40nm、從約28nm至40nm、從約20nm至約36nm、從約20nm至34nm或從約20nm至30nm之FWHM。

【0175】 在一些具體例中，所產生的SiO₂塗覆的CdSe/CdS QDs之尺寸為直徑從約20nm至約50nm、從約24nm至約50nm、從約28nm至約50nm、從約32nm至約50nm、從約35nm至約50nm、從約20nm至約45nm、從約24nm至約45nm、從約30nm至約45nm、從約35nm至約45nm或從約25nm至約35nm之範圍內。在一些具體例中，該SiO₂塗覆的CdSe/CdS核心-殼QDs之平均尺寸為約25nm、約35nm或約40nm。

【0176】 在一些具體例中，該SiO₂塗覆的QDs之SiO₂阻障層之厚度在從約8nm至約20nm、從約10nm至約20nm、從約15nm至約20nm、從約8nm至約15nm或從約10nm至約15nm之範圍內。

【0177】 在一些具體例中，該SiO₂塗覆的QDs發射

出紅色、橘色和/或黃色範圍之光。在一些具體例中，該所產生的SiO₂塗覆的QDs具有波長介於約605nm與約650nm之間、約615nm與約640nm之間、約620nm與約635nm或約625nm與約630nm之間之主發射峰。

【0178】 在一些具體例中，該SiO₂塗覆的QDs展現出介在80%與95%之間或85%與90%之間之QY。

【0179】 圖6顯示以上所述之範例方法所產生的多個SiO₂塗覆的CdSe/CdS QDs 600之範例TEM影像。各SiO₂塗覆的CdSe/CdS QDs 600包括CdSe/CdS QD 601以及圍繞該CdSe/CdS QD 601之SiO₂阻障層606。該SiO₂塗覆的CdSe/CdS QDs之尺寸為直徑從約31nm至約35nm之範圍內。

【0180】 圖7A-7B分別顯示SiO₂塗覆的CdSe/CdS QDs以及CdSe/CdS QDs，在450nm、通量200mW/cm²下連續曝露一段時間後之範例光學性能圖表。此等SiO₂塗覆的CdSe/CdS QDs以及CdSe/CdS QDs是用以上所述之範圍方法產生。比較圖7A與7B中之光學性能顯示，與無SiO₂塗覆的CdSe/CdS QDs相比，該SiO₂塗覆的CdSe/CdS QDs在高通量光曝露下一段時間後，展現較高的安定性能。此比較證明SiO₂阻障層有助於保護該塗覆的CdSe/CdS QDs免於嚴苛的環境之影響。

【0181】 用以上所述之範例方法產生之SiO₂塗覆的CdSe/CdS QDs以及CdSe/CdS QDs之範例光學特性，示於以下表1中。如表1所示，在二種尺寸的SiO₂塗覆的CdSe/CdS QDs方面，SiO₂阻障層之形成過程和/或

CdSe/CdS QDs 上 SiO₂ 阻障層之存在，不會淬滅或降解 CdSe/CdS QDs 之光學特性。如表 1 所示，在有以及無 SiO₂ 塗覆的 CdSe/CdS QDs 之光學特性之間，很難觀察到差異。在 25nm SiO₂ 塗覆的 QDs 中觀察到 QY 高於 35nm SiO₂ 塗覆的 QDs，可能是因為在 35nm QDs (具有 SiO₂ 塗層比 25nm SiO₂ 塗覆的 QDs 厚) 之形成期間，較高數量的螢光淬滅前趨物以及催化劑如 TEOS、氫氧化銨以及水被分配給反微胞中之 QDs。

表 1，CdSe/CdS QDs 以及 SiO₂ 塗覆的 CdSe/CdS QDs 之範例光學數據

樣本編號	QDs 直徑之平均尺寸 (nm)	說明	發射波長 (nm)	FWHM (nm)	QY (%)
1		CdSe/CdS QDs	627.8	23.9	89.4
2	25	SiO ₂ 塗覆的 CdSe/CdS QDs	626.7	24.9	92.6
3		SiO ₂ 塗覆的 CdSe/CdS QDs	627.1	24.9	93.9
4		SiO ₂ 塗覆的 CdSe/CdS QDs	627.7	25.1	92.4
5		SiO ₂ 塗覆的 CdSe/CdS QDs	627.1	25.0	93.3
6		SiO ₂ 塗覆的 CdSe/CdS QDs	627.5	25.3	92.4
7			CdSe/CdS QDs	630.1	27.3
8	35	SiO ₂ 塗覆的 CdSe/CdS QDs	629.6	27.5	82.4
9		SiO ₂ 塗覆的 CdSe/CdS QDs	629.1	27.6	84.3
10		SiO ₂ 塗覆的 CdSe/CdS QDs	629.5	27.2	82.3
11		SiO ₂ 塗覆的 CdSe/CdS QDs	630.9	28.0	80.7
12		SiO ₂ 塗覆的 CdSe/CdS QDs	630.8	28.2	84.8

形成阻障層塗覆的核心-殼 QDs 之範例步驟

【0182】圖8說明根據一具體例之用於製造阻障層塗覆的核心-殼QDs之流程圖。進行方法**800**可形成與QDs **100**、**101**、**201**、**500**、**501**、**600**以及**601**相似之QDs。方法**800**並不是詳盡無遺的，以及可在不逸離本發明之技術思想之情況下進行其它步驟。僅供例示說明之目的，將參照圖2A-2B以及5A-5C中所述之範例方法來說明圖8中所述之步驟。步驟可依特定應用以不同的順序進行或不進行。

【0183】根據一具體例，於步驟**802**中，形成具有核心-殼QDs之QD溶液。例如，藉由使核心-殼QDs如QDs **101**、**201**和/或**501**分散於溶劑(如，環己烷、甲苯或己烷)中，產生具有核心-殼QDs之QD溶液。

【0184】根據一具體例，在步驟**804**中，於安定的反相乳液中形成反微胞。例如，藉由形成一或多種界面活性劑(如，IGEPAL CO-520、IGEPAL CO-630、IGEPAL CA-630、Triton X-100或Brij 53)與疏水性溶劑如，但不限於，環戊烷、環己烷或環庚烷之第一混合物，然後攪拌該第一混合物約20分鐘，產生於安定的反相乳液中之反微胞。

【0185】根據一具體例，於步驟**806**中，使該核心-殼QDs併入該反微胞中。例如，藉由形成該QD溶液與該第一混合物之第二混合物，以及攪拌該第二混合物約20min，使該核心-殼QDs併入該反微胞中。

【0186】根據一具體例，於步驟**808**中，在該併入的QDs上個別地塗覆一阻障層。例如，藉由形成一或多種前趨物溶液與該第二混合物之第三混合物，以及攪拌該第三混合物約20 min，在該併入的QDs上個別地塗覆一阻障層。在第三混合物形成後，接著形成一或多種催化劑與該第三混合物之第四混合物，然後攪拌該第四混合物約2min。在約2min之攪拌後，將含該第四混合物之瓶子蓋起來，在沒有攪拌或加熱該第四混合物之情況下貯存7天。

【0187】根據一具體例，在步驟**810**中，使所產生的阻障層塗覆的QDs經酸蝕刻之處理。例如，藉由形成一或多種酸與該第四混合物之第五混合物，然後在該第五混合物中處理該所產生的阻障層塗覆的QDs約12個小時，使該所產生的阻障層塗覆的QDs經酸蝕刻之處理。在一些具體例中，步驟**810**可為任選的步驟。

【0188】根據一具體例，在步驟**812**中，從該第五混合物中分離出阻障層塗覆的QDs。例如，藉由在溫度約或低於約50°C之真空下使溶劑、未反應的前趨物、催化劑以及反應副產物蒸發，分離出該酸蝕刻處理之阻障層塗覆的QDs，產生與例如以上所述之QDs **500**相似之阻障層塗覆的QDs，具有界面活性劑在其等之外表面上。在該蒸發後，接著進一步在溫度約60°C之真空下乾燥該酸蝕刻處理之阻障層塗覆的QDs約60min，從其等中移除實質上所有的濕氣。乾燥後，利用沈澱以及離心分離出該酸蝕刻處

理之阻障層塗覆的QDs。

QD 薄膜之範例具體例

【0189】諸如以上所述之QDs 100、500和/或600之發光QDs，可用於各種因具有銳利、穩定、可控制以及光學發射角度限定在可見以及紅外線光譜而受益之不同的應用。此等應用可使用呈圖9所示之QD薄膜900形式之發光QDs。在一些應用方面，發光QDs可為在基材上壓制成型以及用光刻方法圖案化之QD薄膜900。顯示裝置如有機發光二極體(OLED)顯示裝置或液晶顯示(LCD)裝置，可使用此一種QD薄膜900作為例如顏色向下轉換層。根據一些具體例，在此等顯示裝置中，QD薄膜900可以是其等之顯示面板或其等之顯示面板的像素單元的一部分，且可安置在光源或顯示裝置之基材上。

【0190】通常顯示裝置中之非基於QD之顏色向下轉換層之厚度範圍可能從約1 μ m至約10 μ m。為了從相似厚度之基於QD之顏色向下轉換層，諸如QD薄膜900中，達到相似或更高的光學密度以及QY，需在QDs彼此不會凝集之情況下，在QD薄膜900內載負高密度以及緊密包裝的QDs (即，相鄰的QDs實質上彼此接觸)。然而，依目前的方法製得之QDs當緊密包裝於QD薄膜中時，容易凝集和/或再吸收相鄰的QDs之發射，因此由於其等光學特性之淬滅，產生比非基於QD之顏色向下轉換層低的QY。在一些具體例中，此等問題可使用阻障層塗覆的核心-殼QDs，諸如QDs 100、500和/或600，之QD薄膜克服。該

阻障層可幫助防止此等QDs凝集以及再吸收彼此的發射，因此即使此等QDs緊密包裝於約 $1\mu\text{m}$ 至約 $3\mu\text{m}$ 之QD薄膜上，亦可達到高光學密度以及QY。此等QDs之阻障層亦可幫助其等在QD薄膜之處理期間抵抗惡劣的環境(如，熱、化學物質)。

【0191】相較於當前基於QD之顯示裝置中之多層基於QD之顏色轉換光學膜，該阻障層塗覆的核心-殼QDs，諸如QD薄膜(諸如QD薄膜**900**)中之QDs **100**、**500**和/或**600**，亦可幫助達到更薄和/或達到單層基於QD之顏色轉換光學膜。較薄和/或單層基於QD之顏色轉換光學膜，可符合現今之移動顯示應用和/或諸如可穿戴顯示裝置進一步的顯示應用，對顏色轉換光學膜之要求。此等要求中的一些在顏色轉換光學膜方面，可以是具有最大厚度小於約 $75\mu\text{m}$ 、限定的光學發射角度特性和/或在顏色轉換光學膜周長四周具有最小或無邊緣降解。

【0192】當前的多層基於QD之顏色轉換光學膜無法符合此等要求，而此等要求對需要盡可能薄的組件之移動顯示應用以及無邊框顯示器而言可能是關鍵的要求。此等當前的多層基於QD之光學膜包括介於以聚合物塑膠為主之基材之間之QD薄膜，其中該以聚合物塑膠為主之基材係作為保護QDs薄膜中之QDs免受大氣環境影響之阻障膜和/或作為QD薄膜之支撐結構。此以聚合物塑膠為主之基材之使用，使得此等當前的光學膜之總厚度等於或大於約 $175\mu\text{m}$ 。當QD薄膜(諸如QD薄膜**900**)中之阻障層塗覆的

核心-殼QDs (諸如QDs **100**、**500**和/或**600**)上個別地塗覆阻障層時，可排除以聚合物塑膠為主之基材之使用。因此，具有諸如QD薄膜**900**之QD薄膜之顏色轉換光學膜之厚度可降低至小於約75 μm 。在一些具體例中，QD薄膜**900**可包括包埋在聚合物塑膠薄膜(其容許被包埋的QDs發射出之光透過)中之阻障層塗覆的核心-殼QDs，諸如QDs **100**、**500**和/或**600**。該聚合物塑膠薄膜可在不增加其總厚度而超過顯示器應用所需之最大厚度之情況下，提供QD薄膜**900**機械支撐以及額外抵抗環境的保護。

【0193】而且，為了達到限定的光學發射角度，可在此等當前的光學膜中使用額外的光學薄膜，諸如亮度增強薄膜(BEFs)，此會增加其等之總厚度而超過175 μm 。在一些具體例中，沒使用此BEFs之QD薄膜(諸如QD薄膜**900**)之顏色轉換光學膜，可達到限定的光學發射角度。在一些具體例中，可將阻障層塗覆的核心-殼QDs，諸如QDs **100**、**500**和/或**600**包埋在BEFs或顯示裝置之其它透光層中，以形成諸如QD薄膜**900**之QD薄膜。

【0194】應可理解的是，包埋在如上所述之聚合物塑膠薄膜、BEFs或其它透光層中之包括阻障層塗覆的核心-殼QDs，諸如QDs **100**、**500**和/或**600**，之QD薄膜，諸如QD薄膜**900**，可能不需要任何額外用於壓制阻障物塗覆的QDs和/或用於支撐該QD薄膜之基材。在一些具體例中，QD薄膜，諸如QD薄膜**900**，可與其它光學薄膜堆疊，而此疊層可具有厚度在從約70 μm 至約200 μm 之範圍

內。

【0195】圖9說明根據一具體例之QD薄膜**900**之橫截面視圖。根據一具體例，QD薄膜**900**可包括多個阻障層塗覆的核心-殼QDs **902**以及基質材料**910**。根據一具體例，QDs **902**之結構、功能和/或特徵可與QDs **100**、**500**和/或**600**相似，且可被包埋在或以其它方式安置在基質材料**910**中。在此所使用之術語“包埋”係用於意指QDs被封在或包在構成基質之主要組份之基質材料**910**內。應注意，在一具體例中，QDs **902**可均勻分佈在整個基質材料**910**中，然而在其它具體例中，QDs **902**可根據特定的應用之均勻分佈函數分佈。應注意，即使QDs **902**顯示具有相同尺寸之直徑，但熟悉此技藝之人士應可理解，QDs **902**可具有一尺寸分佈。與QDs **500**和/或**600**相似，QDs **902**可具有窄的尺寸分佈以及高QY。

【0196】在一具體例中，QDs **902**可包括具有可發射藍光可見波長光譜、綠光可見波長光譜或紅色可見波長光譜之大小的同質QDs群。在其它具體例中，QDs **902**可包括一具有可發射藍色可見波長光譜之大小的第一QDs群、一具有可發射綠色可見波長光譜之大小的第二QDs群以及一具有可發射紅色可見波長光譜之大小的第三QDs群。

【0197】基質材料**910**可為任一種能夠收容QDs **902**之適合的主基質材料。例如，BEFs或顯示裝置之其它透光層可為用以收容QDs **902**之主基質材料。適合的基質材料可與QDs **902**以及任何將QD薄膜**900**應用於裝置中之周

圍包裝材料或層，在化學以及光學上相容。適合的基質材料可包括不黃化光學材料，其對一次以及二次光二者均為透明的，從而容許一次以及二次光二者透射過基質材料。在一具體例中，基質材料**910**可完全圍繞各個QDs **902**。在需要可彎曲或可壓模的QD薄膜**900**之應用中，基質材料**910**可為可撓性的。選擇性地，基質材料**910**可包括高機械強度、非可撓性材料。

【0198】在另一具體例中，基質材料**910**可具有低氧以及濕氣滲透性、展現高度的光以及化學安定性、展現有利的折射率以及可黏附至QDs **902**之外表面，因此提供氣密以保護QDs **902**。在另一具體例中，基質材料**910**可為可用UV或熱固化方法固化的，以利捲對捲加工。

【0199】基質材料**910**可包括聚合物以及有機與無機氧化物。在一些具體例中，基質材料**910**可為可擠出的材料，即能夠在薄膜擠出工藝中被擠出之材料。用於基質材料**910**之適合的聚合物，可為任何熟悉此技藝之人士已知可用於此目的之聚合物。該聚合物可為實質上半透明或實質上透明的。基質材料**910**可包括，但不限於，環氧樹脂、丙烯酸酯、降冰片烯、聚乙烯、聚(乙烯醇縮丁醛)：聚(醋酸乙烯酯)、聚脲、聚胺基甲酸酯、聚丙烯、聚碳酸酯或其等之組合；聚矽氧以及聚矽氧衍生物，包括，但不限於，胺基聚矽氧(AMS)、聚苯甲基矽氧烷、聚苯基烷基矽氧烷、聚二苯基矽氧烷、聚二烷基矽氧烷、倍半矽氧烷、氟化聚矽氧以及乙烯與氫化物取代的聚矽氧；丙烯酸

聚合物以及由包括，但不限於，甲基甲基丙烯酸酯、丁基甲基丙烯酸酯以及月桂基甲基丙烯酸酯之單體形成之共聚物；苯乙烯基聚合物，諸如聚苯乙烯、胺基聚苯乙烯(APS)以及聚(丙烯腈乙炔苯乙烯)(AES)；與諸如二乙炔基苯之二官能性單體交聯之聚合物；適合用於交聯配位體材料之交聯劑，結合胺配位體(如，APS或PEI胺配位體)以形成環氧樹脂之環氧化物，等等。

【0200】 在一些具體例中，基質材料**910**包括可改善QD薄膜**900**之光轉換效率之散射微珠，諸如TiO₂微珠、ZnS微珠或玻璃微珠。

【0201】 根據一些具體例，QD薄膜**900**可藉由混合QDs **902**於聚合物(如，光阻)中，然後將該QD聚合物混合物壓制到基材上、混合QDs **902**與單體以及將其等聚合在一起、混合QDs **902**於溶膠-凝膠中形成氧化物或藉由任何其它熟悉此技藝之人士已知之方法形成。

【0202】 根據一些具體例，QD薄膜**900**之形成可包括圖9A中所述之擠出製程。該薄膜擠出製程可包括形成基質材料**910**與阻障層塗覆的核心-殼QDs諸如QDs **100**、**500**和/或**600**之均質混合物**911**，將均質混合物引入安裝在頂部之進料斗**914**，其進料至擠出器**916**。在一些具體例中，該均質混合物**911**可呈丸粒之形式。該薄膜擠出製程可另外包括從狹槽模頭**918**擠出QD膜**900**，然後使擠出的QD薄膜**900**通過冷卻輥**920**。在一些具體例中，擠出的QD薄膜**900**可具厚度小於約75μm，例如，範圍從約

70 μm 至約40 μm 、從約65 μm 至約40 μm 、從約60 μm 至約40 μm 或從約50 μm 至約40 μm 。在一些具體例中，QD薄膜**900**之形成可任擇地包括接在該薄膜擠出製程後之第二製程。該第二製程可包括諸如共擠出、熱成形、真空成形、電漿處理、模製和/或壓花之製程，以便在QD薄膜**900**之上表面**900s**上提供紋理**913**，如圖9B中QD薄膜**900**之橫截面視圖所示。QD薄膜**900**之紋理上表面**900s**可幫助改善，例如，QD薄膜**900**之限定的光擴散特性和/或限定的光學發射角度特性。

【0203】圖10顯示包括SiO₂塗覆的CdSe/CdS QDs於基質材料中之QD薄膜之範例光致發光光譜。該SiO₂塗覆的CdSe/CdS QDs是由以上所述之範例方法產生。圖10之曲線1020說明QD薄膜對激發峰波長(約405nm處)反應之主發射峰波長(約625nm處)。

【0204】以下表2顯示二組QD薄膜中作為焙烤溫度之函數之範例光學數據。該二組QD薄膜之製造，是藉由使SiO₂塗覆的CdSe/CdS QDs與羧基丙烯酸酯聚合物混合，將該混合物分散於一有機溶劑中，以及利用旋塗方法，將該QDs-聚合物-溶劑摻合物在基材上模製出一約2 μm 至約4 μm 厚之層。之後在不同溫度下焙烤該QD薄膜，以及測量其等之光學特性。一組QD薄膜是用具有直徑之平均尺寸為25nm之SiO₂塗覆的CdSe/CdS QDs製得，而另一組QD薄膜是用具有直徑之平均尺寸為約35nm之SiO₂塗覆的CdSe/CdS QDs製得。二種尺寸之SiO₂塗覆

的CdSe/CdS均是用以上所述之範例方法製得。

【0205】如表2中所描述之光學數據，在約250°C之焙烤溫度方面，該二組QD薄膜展現約50%之外部量子效率(EQE)。此EQE遠高於在不含SiO₂阻障層之CdSe/CdS QDs之QD薄膜中所觀察到之EQE。表2中之光學數據亦顯示，在SiO₂塗覆的CdSe/CdS QDs與QD薄膜之FWHM以及發射波長之間觀察到非常小的差異。此小的差異可指出，SiO₂阻障層防止了SiO₂塗覆的CdSe/CdS QDs之凝集以及淬滅其等之光學特性，即使如表2所示為達到高光學密度而將其等緊密地包裝在QD薄膜。

表 2， QD 薄膜中作為焙烤溫度之函數之範例光學數據

樣本編號	QDs直徑之平均尺寸 (nm)	QDs之QY (%)	QDs之FWHM (nm)	QDs之發射波長 (nm)	焙烤溫度 (°C)	EQE (%)	光學密度	QD薄膜之發射波長 (nm)	QD薄膜之FWHM (nm)
1	25	84.8	28.2	630.8	60	64.66	0.265	630.42	26.96
2					180	61.61	0.247	627.07	25.73
3					250	49.60	0.244	625	25
4	35	80.7	28	630.9	60	63.46	0.325	631.54	27.72
5					180	56.7	0.326	625	25
6					250	51.4	0.270	625	25

【0206】以下表3顯示QD薄膜中作為曝露空氣一段時間之函數之範例光學數據。該QD薄膜是藉由使SiO₂塗覆的CdSe/CdS QDs混合與羧基丙烯酸酯聚合物，將該混合物分散於一有機溶劑中，以及利用旋塗方法，將該QDs-聚合物-溶劑摻合物在基材上模製出一約1μm至約10μm厚之層，接著在約250°C之溫度下焙烤該QD薄膜約30分鐘而獲得。使該QD薄膜曝露於空氣中歷時一段不同

的時間，以及測量其等之光學特性。該 SiO₂ 塗覆的 CdSe/CdS QDs 是用以上所述之範例方法製得。

【0207】表3中之光學數據說明 QD 薄膜在一段時間後之光學安定性。該 QD 薄膜之 EQE 在空氣曝露 24 天之時間後仍實質上未改變。

表 3，QD 薄膜中作為曝露於空氣之函數之範例光學數據

時間 (天)	EQE (%)	光學密度	QD 薄膜之發射波長(nm)	QD 薄膜之 FWHM (nm)
0	48.7	0.084	629	26
3	48.6	0.084	628	25
6	49.8	0.088	628	25
18	48	0.086	627	25
24	48.7	0.089	627	24

基於 QD 薄膜之顯示裝置之範例具體例

【0208】圖11說明根據一具體例之顯示裝置之顯示面板**1100**之分解橫截面概要圖。在一些具體例中，該顯示裝置是一種 OLED 顯示裝置或 LCD 裝置。根據此具體例之一範例，顯示面板**1100**可包括多個像素單元**1130**、透射蓋板**1132**以及背板**1134**。雖然圖11顯示具幾個像素單元**1130**之顯示面板**1100**，但熟悉此技藝之人士應能理解，在不逸離本發明之一般概念之情況下，顯示裝置之顯示面板**1100**可包括一或二維之像素單元陣列以及任何數目之像素單元。

【0209】蓋板**1132**可作為於其上可安裝顯示裝置之其它組件(如，電極)之透光基材和/或可作為像素單元**1130**之透光保護蓋。在一些具體例中，像素單元**1130**可為具有紅色、綠色以及藍色子像素單元之三色。在一些具

體例中，像素單元**1130**可為具有紅色、綠色或藍色子像素單元之單色。在一些具體例中，顯示面板**1100**可具有三色與單色像素單元**1130**二者之組合。在一些具體例中，像素單元**1130**可具有二或多種子像素單元。

【0210】通常，顯示面板中之像素單元具有光源與彩色濾光片，以及從此等像素單元發射之光，是白色光源經過彩色濾光片於顯示裝置上產生紅色、綠色以及藍色像素而產生。然而，使用彩色濾光片不是一個節能的方法，因為要濾除不欲的波長，即，光能。當前的顯示裝置已經有使用QD薄膜作為像素單元中之顏色向下轉換薄膜，用以降低因過濾而產生之光能損失。QDs在低於其等之發射波長下具有非常廣的吸收特徵，因此可吸收以及將從光源波長放射出之許多波長轉換成所欲的像素單元之波長。當前基於QD之顯示裝置之缺點之一是，數微米或更小之薄QD薄膜無法達到高光學密度以及高QY。若將QDs緊密包裝在如以上所述之薄的QD薄膜內，很容易產生凝集。使用諸如以上所述之包括阻障層塗覆的QDs（諸如QDs**100**、**500**、**600**和/或**900**）之薄膜(諸如QD薄膜**900**)作為顯示裝置之像素單元中之顏色向下轉換薄膜，可克服此缺點。

【0211】圖12說明根據一具體例之顯示裝置之顯示面板中之三色像素單元**1230**之分解橫截面視圖。在一些具體例中，該顯示裝置是OLED顯示裝置或LCD裝置。在一範例中，像素**1230**可與像素單元**1130**相似，且可被實

現為顯示面板**1100**之一部分。在另一範例中，像素單元**1130**中之至少一個可具有與像素單元**1230**相似之構形。像素單元**1230**可包括紅色子像素單元**1240**、綠色子像素單元**1250**以及藍色子像素單元**1260**。紅色子像素單元**1240**可包括一白色或藍色光源**1242**、一安置在光源**1242**之發射表面上，包括發紅光QDs (如，QDs **100**、**500**、**600**)之QD薄膜**1244**以及一任擇地透光基材**1246**。在一些具體例中，光源**1242**以及QD薄膜**1244**實質上彼此接觸。根據一具體例，因為QD薄膜**1244**之發紅光QDs可吸收從光源**1242**發射出之實質上所有的波長(即，實質上所有的光能)，所以在紅色子像素單元**1240**中可排除使用紅色濾光片來阻擋從光源發射出之非紅色波長。在一些具體例中，白色光源**1242**是白色OLED或白色LED。白色OLED可包括配置成可發出白光之有機層。

【0212】綠色子像素單元**1250**可包括一白色或藍色光源**1252**、一安置在光源**1252**之發射表面上，包括發綠光QDs (如，QDs **100**、**500**)之QD薄膜**1254**以及一綠色濾光片**1256**。在一些具體例中，光源**1252**以及QD薄膜**1254**實質上彼此接觸，以及QD薄膜**1254**與濾光片**1256**實質上彼此接觸。QD薄膜**1254**之發綠光QDs可吸收實質上從光源**1252**發出之所有小於其等發射波長之波長，以及通過實質上從光源**1252**發出之所有大於其等發射波長之波長。如此，根據一具體例，可在綠色子像素單元**1250**中使用綠色濾光片**1256**，以便濾掉較長的波長(如，

對應於紅光之波長)。在一些具體例中，白色光源**1252**是白色OLED或白色LED。

【0213】藍色子像素單元**1260**可包括一白色光源**1262**、一透光基材**1264**以及一藍色濾光片**1266**。根據一具體例，可於藍色子像素單元**1260**中使用藍色濾光片**1266**，用以濾掉從光源發出高於藍色發射波長之波長(如，對應於紅和/或綠光之波長)。在一具體例中，白色光源是白色OLED。在替代具體例中，藍色子像素單元**1260**可包括一UV光源**1262**、一安置在光源**1262**之發射表面上，包括發藍光QDs(如，QDs **100**、**500**)之QD薄膜**1254**，以及一藍色濾光片**1266**。在一些具體例中，光源**1262**以及QD薄膜**1264**實質上彼此接觸，而QD薄膜**1264**與濾光片**1266**實質上彼此接觸。QD薄膜**1264**之發藍光QDs可吸收實質上從光源**1262**發出之所有小於其等發射波長之波長，以及通過實質上從光源**1262**發出之所有大於其等發射波長之波長。如此，根據一具體例，可在藍色子像素單元**1260**中使用藍色濾光片**1266**，以便濾掉較長的波長(如，對應於紅光及/或綠光之波長)。在一些具體例中，該UV光源是UV LED。

【0214】根據一具體例，本發明亦提供一種基於QD之發光二極體(LED)，其包含一光源單元、一QD薄膜，諸如QD薄膜**900**，其包含一群安置在該光源單元上之阻障層塗覆的QDs如QDs **100**、**500**和/或**600**，以及一安置在該薄膜層上之光學元件。該光源單元可配置成可發射出

一主發射峰波長的光，其小於該阻障層塗覆的QDs群所發射之主發射峰波長。

【0215】 應當理解，應以詳細的說明部分，而不是發明概要以及發明摘要來說明申請專利範圍。發明概要以及發明摘要部分可闡述本發明人所設想本發明之一或多個，但不是全部的例示性具體例，因此並不意圖以任何方式來限制本發明以及所附之申請專利範圍。

【0216】 在上文中已借助於例示說明特定功能以及其關係之功能構件塊來說明本發明。為了方便說明，在此已任意的定義此等功能構件塊之邊界。但可以定義替代邊界，只要該特定的功能以及其關係可被適當地實現即可。

【0217】 前面特定具體例之說明將完全揭示本發明的一般性質，其他人可以通過應用本技藝領域之知識，在不需過多的實驗之情況下，在不會偏離本發明之一般概念之情況下，容易地修改和/或適應此等特定具體例的各種應用。因此，根據在此所呈現之教示以及指導，此等適應以及修改應落在所揭示之具體例之等同物的含意以及範圍內。應可理解，在此之語法或術語是為說明之目的，而不是限制，因此本發明說明書中之術語或語法，應由熟悉此技藝之人士根據該教示以及指導來作解釋。

【0218】 本發明之廣度與範疇不應受到以上所述之例示性具體例中任一個之限制，而是應僅依據下列申請專利範圍以及其等之等同物界定。

【符號說明】

【0219】

- 100、500...阻障層塗覆的量子點 (QD)
- 101、201、501...核心-殼量子點 (QD)
- 106、506...阻障層
- 102、202、502...核心
- 104、204、504...殼
- 104t...厚度
- 104a...外表面
- 106t、506t...厚度
- 108、207、508...界面活性劑
- 108a...極性頭
- 108b...非極性尾
- 510...反微胞
- 508a...親水極性基團
- 508b...疏水非極性基團
- 512...反微胞核心
- 501s...表面
- 600...SiO₂塗覆的CdSe/CdS QDs
- 601...CdSe/CdS QD
- 606...SiO₂阻障層
- 800...方法
- 802、804、806、808、810、812...方塊
- 900...QD薄膜
- 902...阻障層塗覆的核心-殼QDs

- 910...基質材料
- 911...均質混合物
- 914...進料斗
- 916...擠出器
- 918...狹槽模頭
- 920...冷卻輥
- 913...紋理
- 900s...上表面
- 1132...透光蓋板
- 1100...顯示面板
- 1134...背板
- 1130、1230...像素單元
- 1240...紅色子像素單元
- 1250...綠色子像素單元
- 1260...藍色子像素單元
- 1242、1252...白色或藍色光源
- 1244、1254...QD薄膜
- 1246、1264...透光基材
- 1256...濾光片
- 1262...白色光源
- 1266...藍色濾光片
- 1020...曲線

**【發明摘要】****【中文發明名稱】**

於顯示裝置中基於量子點之色轉換層

【英文發明名稱】

QUANTUM DOT BASED COLOR CONVERSION LAYER IN DISPLAY DEVICES

【中文】

在此描述一包括阻障層塗覆的量子點之顯示裝置以及製造該阻障層塗覆的量子點之方法之具體例。各該阻障層塗覆的量子點包括一核心-殼結構以及一安置在該核心-殼結構上之疏水性阻障層。該疏水性阻障層配置成可在一個量子點的核心-殼結構與其它和該一個量子點實質上接觸之量子點的核心-殼結構之間，提供一距離。製造該阻障層塗覆的量子點之方法包括使用界面活性劑形成反微胞，以及使量子點併入該反微胞中。該方法另外包括在該併入的量子點上個別地塗覆一阻障層，以及分離帶有該反微胞之界面活性劑於該阻障層上之阻障層塗覆的量子點。

【英文】

Embodiments of a display device including barrier layer coated quantum dots and a method of making the barrier layer coated quantum dots are described. Each of the barrier layer coated quantum dots includes a core-shell structure and a hydrophobic barrier layer disposed on the core-shell structure. The hydrophobic barrier layer is configured to provide a distance between the core-shell structure of one of the quantum dots with the core-shell structures of other quantum dots that are in substantial contact with the one of the quantum dots. The method for making the barrier layer coated quantum dots includes forming reverse micro-micelles using surfactants and incorporating quantum dots into the reverse micro-micelles. The method further includes individually coating the incorporated quantum dots with a barrier layer and isolating the barrier layer coated quantum dots with the surfactants of the reverse micro-micelles disposed on the barrier layer.

【指定代表圖】 圖1

【代表圖之符號簡單說明】

100...阻障層塗覆的量子點 (QD)

101...核心-殼量子點 (QD)

102...核心

104...殼

104a...外表面

104t...厚度

106...阻障層

106t...厚度

108...界面活性劑

108a...極性頭

108b...非極性尾

【特徵化學式】

(無)

【發明申請專利範圍】

【第1項】 一種製造阻障層塗覆的量子點之方法，該方法包含：

使用界面活性劑形成一反微胞溶液；

使量子點併入該反微胞中；

在該量子點上個別地塗覆一阻障層，形成阻障層塗覆的量子點；以及

分離帶有該反微胞之界面活性劑於該阻障層上之阻障層塗覆的量子點。

【第2項】 如請求項1之方法，其中該使該量子點併入該反微胞中，包括形成該量子點與該反微胞溶液之第一混合物。

【第3項】 如請求項2之方法，該在該量子點上個別地塗覆一阻障層包括：

形成一前趨物與該第一混合物之第二混合物，以及

形成一催化劑與該二混合物之第三混合物。

【第4項】 如請求項3之方法，其中該分離該阻障層塗覆的量子點，包括在約50°C或低於約50°C的溫度之真空下加熱該第三混合物。

【第5項】 如請求項1至4中任一項之方法，其中該阻障層塗覆的量子點展現大於約80%之量子產率。

【第6項】 如請求項1至4中任一項之方法，其中該阻障層塗覆的量子點展現大於約90%之量子產率。

【第7項】 如請求項1至4中任一項之方法，其中該阻障層塗覆的量子點展現在約85%至約95%之範圍內之量子產率。

【第8項】 如請求項1至4中任一項之方法，其中該量子點與該阻障層塗覆的量子點展現大於約80%之量子產率。

【第9項】 如請求項1至4中任一項之方法，其中該量子點與該阻障層塗覆的量子點展現大於約85%之量子產率。

【第10項】 如請求項1至9中任一項之方法，其中該阻障層塗覆的量子點具有平均尺寸範圍從約20nm至約40nm之直徑。

【第11項】 如請求項1至9中任一項之方法，其中該阻障層塗覆的量子點具有平均尺寸範圍從約25nm至約35nm之直徑。

【第12項】 如請求項1至11中任一項之方法，其中該阻障層包含氧化物。

【第13項】 如請求項1至11中任一項之方法，其中該阻障層包含氧化矽。

【第14項】 一種量子點薄膜，其包含：

阻障層塗覆的量子點，各該阻障層塗覆的量子點包括：

一量子點；以及

一透光阻障層，其安置在該量子點上，配置成可在相鄰的量子點之間提供一間隔，以防止相鄰的該等量子點產生凝集；

一基質材料，配置成可收容該阻障層塗覆的量子點以及與該透光阻障層實質接觸，

其中該阻障層塗覆的量子點展現大於約 80%之量子產率。

【第15項】如請求項14之量子點薄膜，其中該透光阻障層是疏水性的。

【第16項】如請求項14至15中任一項之量子點薄膜，其中該間隔等於或大於相鄰的阻障層塗覆的量子點之間之福斯特(Forster)半徑。

【第17項】如請求項14至16中任一項之量子點薄膜，其中各該阻障層塗覆的量子點中之量子點包含一具有一核心以及一圍繞該核心之殼的核心-殼結構。

【第18項】如請求項17之量子點薄膜，其中：

該核心包含一第一材料；

該殼包含一第二材料；

該透光阻障層包含一第三材料；以及

該第一、第二以及第三材料彼此不同。

【第19項】如請求項14至18中任一項之量子點薄膜，其中該透光阻障層包含氧化物。

【第20項】如請求項14至18中任一項之量子點薄膜，其中該透光阻障層包含氧化矽。

【第21項】如請求項14至20中任一項之量子點薄膜，其另外包含結合至該透光阻障層之界面活性劑或配位體。

【第22項】如請求項14至21中任一項之量子點薄膜，其中該量子點薄膜在經過大於200°C之溫度的處理後，展現大於約50%之外部量子效率。

【第23項】如請求項14至22中任一項之量子點薄膜，其中該量子點薄膜包含：

約0.24之光學密度；以及
大於約50%之外部量子效率。

【第24項】如請求項14至23中任一項之量子點薄膜，其中該阻障層塗覆的量子點具有平均尺寸範圍從約20nm至約40nm之直徑。

【第25項】如請求項14至24中任一項之量子點薄膜，其中該透光阻障層在直徑上具有範圍從約8nm至約20nm之厚度。

【第26項】如請求項14至25中任一項之量子點薄膜，其中該基質材料包括可擠出材料。

【第27項】如請求項14至25中任一項之量子點薄膜，其中該基質材料包括亮度增強薄膜。

【第28項】如請求項14至25中任一項之量子點薄膜，其中該基質材料包括聚合物塑膠薄膜。

【第29項】如請求項14至28中任一項之量子點薄膜，其另外包含一範圍從約70 μ m至約40 μ m之厚度。

【第30項】 一種顯示裝置，其包含：

一有機層，其會發射寬帶輻射；

一量子點薄膜，其安置在該有機層上，其包含：

阻障層塗覆的量子點，其會吸收該寬帶輻射中之一組波長，及於一主發射峰波長發射，該組波長小於該主發射峰波長，

其中各該阻障層塗覆的量子點包括一核心-殼量子點以及一圍繞該核心-殼量子點之透光阻障層，以及

其中該阻障層塗覆的量子點展現大於約 80%之量子產率，以及

一基質材料，配置成可收容該阻障層塗覆的量子點以及與該透光阻障層實質接觸；以及

一光學元件，其安置在該量子點薄膜上，配置成可阻斷該寬帶輻射中大於該主發射峰波長之另一組波長。

【第31項】 如請求項30之顯示裝置，其中該透光阻障層配置成可在相鄰的阻障層塗覆的量子點之間提供一間隔，以防止其等之凝集。

【第32項】 如請求項30至31中任一項之顯示裝置，其中該間隔等於或大於相鄰的阻障層塗覆的量子點之間之福斯特半徑。

【第33項】 如請求項30至32中任一項之顯示裝置，其中該有機層、該量子點薄膜以及該光學元件是該顯示裝置之像素單元之一部分。

【第34項】 如請求項30至33中任一項之顯示裝置，

其中該光學元件是彩色濾光片。

【第35項】如請求項30至34中任一項之顯示裝置，其中該阻障層包括氧化物。。

【第36項】如請求項30至35中任一項之顯示裝置，其中該量子點薄膜另外包含結合至該透光阻障層之界面活性劑或配位體。

【第37項】如請求項30至36中任一項之顯示裝置，其中該透光阻障層配置成可保護該核心-殼量子點免於因光通量、熱、氧、濕氣或其等之組合之降解。

【第38項】一種發光二極體(LED)裝置，其包含：

一光源單元、

一如請求項14至29中任一項之量子點薄膜，安置於該光源單元上；以及

一光學元件，安置在該量子點薄膜上。

【第39項】一種製造阻障層塗覆的量子點之方法，該方法包含：

使用界面活性劑形成一反微胞溶液；

使量子點併入該反微胞中；

在該量子點上個別地塗覆一阻障層，形成該阻障層塗覆的量子點；以及

進行該阻障層塗覆的量子點之酸蝕刻處理。

【第40項】如請求項39之方法，其另外包含在進行該酸蝕刻處理之後，分離帶有該反微胞之界面活性劑於該阻障層上之阻障層塗覆的量子點。

【第41項】如請求項39至40中任一項之方法，其中該使量子點併入該反微胞中，包含形成該量子點與該反微胞溶液之第一混合物。

【第42項】如請求項39至41中任一項之方法，其中該在該量子點上個別地塗覆一阻障層包括：

形成一前趨物與該第一混合物之第二混合物；以及
形成一催化劑與該第二混合物之第三混合物。

【第43項】如請求項39至42中任一項之方法，其中該進行該阻障層塗覆的量子點之酸蝕刻處理，包含形成一酸與該第三混合物之第四混合物。

【第44項】如請求項39至42中任一項之方法，其中該進行該阻障層量子點之酸蝕刻處理包含：

選擇性地移除該催化劑；以及
形成一酸與該第三混合物之第四混合物。

【第45項】如請求項39至44中任一項之方法，其中該酸包含醋酸、氫氯酸、硝酸或脂肪酸。

【第46項】一種製造如請求項14至29中任一項之QD薄膜之方法，該方法包含：

使用如請求項1至13中任一項之方法形成阻障層塗覆的量子點；

形成該阻障層量子點與一基質材料之均質混合物；以及

在該均質混合物上進行擠出製程。

【第47項】如請求項46之方法，其中該擠出製程之

進行包含：

將該均質混合物引入一進料斗；

透過一狹槽模頭擠出一具有該阻障層塗覆的量子點
以及該基質材料之薄膜；以及

使該擠出薄膜通過冷卻輓。

【第48項】如請求項46至47中任一項之方法，其中該基質材料包括可擠出材料。

【第49項】如請求項46至47中任一項之方法，其中該基質材料包括聚合物塑膠薄膜。

【第50項】如請求項46至50中任一項之方法，其中該QD薄膜具有一範圍從約70 μm 至約40 μm 之厚度。

