



(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 201213980 A1

(43)公開日：中華民國 101 (2012) 年 04 月 01 日

(21)申請案號：100128597

(22)申請日：中華民國 100 (2011) 年 08 月 10 日

(51)Int. Cl. : **G02F1/13357(2006.01)**

(30)優先權：2010/08/11 美國 61/372,811

(71)申請人：Q D 視光有限公司 (美國) QD VISION, INC. (US)

美國

(72)發明人：薩達西文 斯里達爾 SADASIVAN, SRIDHAR (US)；林頓 強 R LINTON, JOHN R. (US)；吉爾第 大衛 R GILDEA, DAVID R. (US)；寇伊 蘇利文 西思 COE-SULLIVAN, SETH (US)；沙哈 蘇奇 SHAH, SUCHIT (IN)；尼克 羅伯特 J NICK, ROBERT J. (US)

(74)代理人：陳長文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：99 項 圖式數：12 共 73 頁

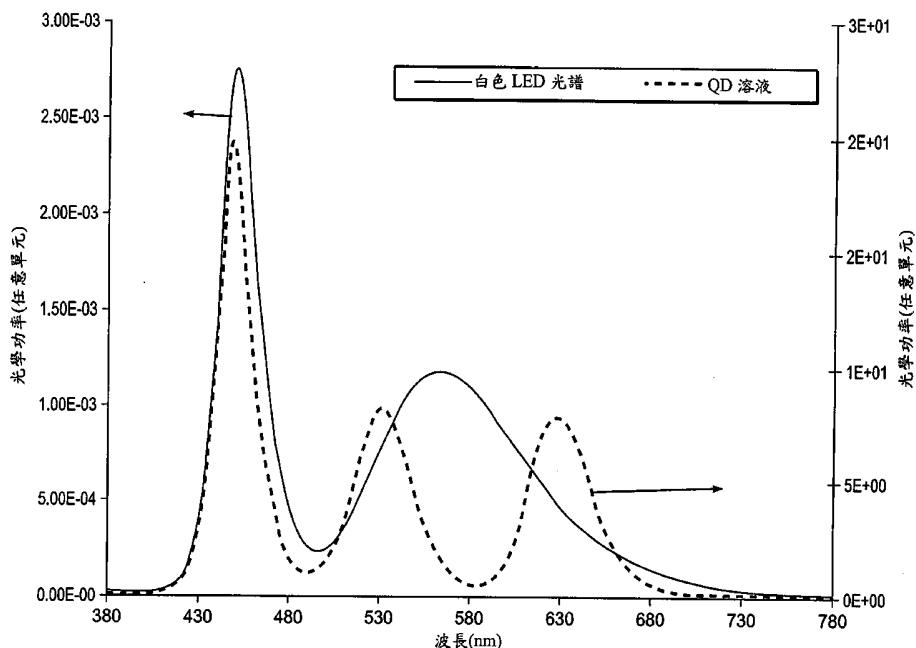
(54)名稱

以量子點為主的照明

QUANTUM DOT BASED LIGHTING

(57)摘要

本發明闡述關於用於照明應用之量子點(QD)結構之系統及方法。具體而言，合成量子點及含量子點之油墨(包含不同波長量子點之混合物)以獲得期望光學性質並與 LED 源整合在一起以產生三色白光源。該 LED 源可與該等量子點以各種方式整合在一起，包括藉助使用在該光學系統內適當放置之充滿含量子點之油墨之小毛細管或含量子點之膜來整合。該等系統可產生以更高色域、更低功率消耗及成本降低為特徵之經改良顯示器。





(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 201213980 A1

(43)公開日：中華民國 101 (2012) 年 04 月 01 日

(21)申請案號：100128597

(22)申請日：中華民國 100 (2011) 年 08 月 10 日

(51)Int. Cl. : **G02F1/13357(2006.01)**

(30)優先權：2010/08/11 美國 61/372,811

(71)申請人：Q D 視光有限公司 (美國) QD VISION, INC. (US)

美國

(72)發明人：薩達西文 斯里達爾 SADASIVAN, SRIDHAR (US)；林頓 強 R LINTON, JOHN R. (US)；吉爾第 大衛 R GILDEA, DAVID R. (US)；寇伊 蘇利文 西思 COE-SULLIVAN, SETH (US)；沙哈 蘇奇 SHAH, SUCHIT (IN)；尼克 羅伯特 J NICK, ROBERT J. (US)

(74)代理人：陳長文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：99 項 圖式數：12 共 73 頁

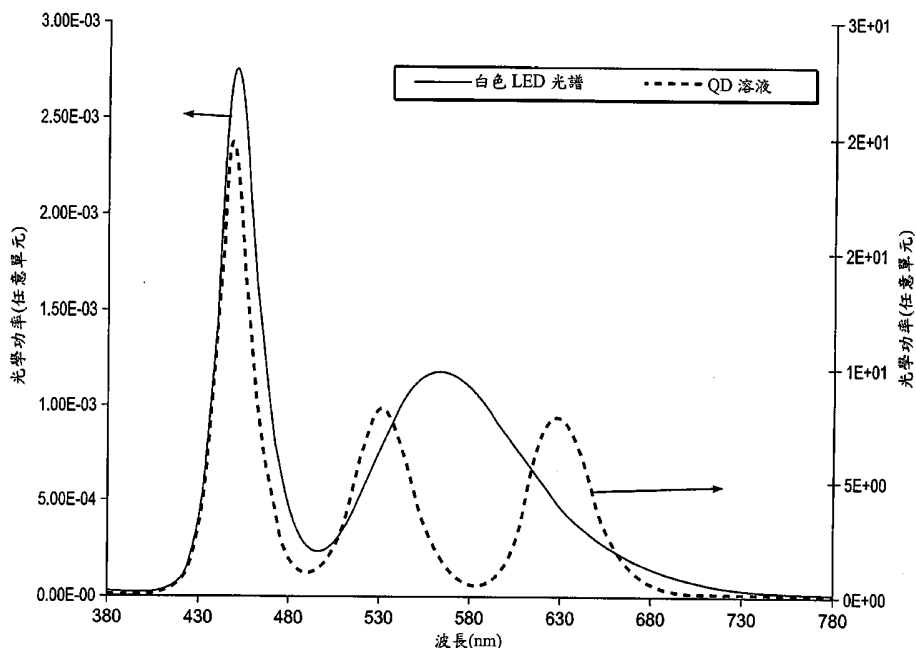
(54)名稱

以量子點為主的照明

QUANTUM DOT BASED LIGHTING

(57)摘要

本發明闡述關於用於照明應用之量子點(QD)結構之系統及方法。具體而言，合成量子點及含量子點之油墨(包含不同波長量子點之混合物)以獲得期望光學性質並與 LED 源整合在一起以產生三色白光源。該 LED 源可與該等量子點以各種方式整合在一起，包括藉助使用在該光學系統內適當放置之充滿含量子點之油墨之小毛細管或含量子點之膜來整合。該等系統可產生以更高色域、更低功率消耗及成本降低為特徵之經改良顯示器。



六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明之實施例係關於使用量子點(包括但不限於半導體奈米晶體)生成光及其在用於照明應用及光學顯示系統之結構中之用途。

【先前技術】

液晶顯示器(LCD)係目前市場上之主導平板顯示器技術。習用LCD系統包括在光源(例如, 螢光燈、發光二極體(LED)等)前面之光學組件網路, 其通常稱為背光單元。習用背光單元包括耦合至光導之光源, 光穿過光導行進並最終到達顯示面板。習用系統中所採用之LED背光包括放置於LED源頂部上、距該源稍有一定距離之一組光學膜。除此之外, LED源與相關聯光學膜之間之適當距離的選擇確保進入顯示面板之光適當最佳化。

LCD之品質通常由色域圖來量測。色域係指可由顯示器呈現之總色彩空間。一般地, 色域由諸如國際照明委員會(International Commission on Illumination, CIE) 1931 XY色彩圖等圖來顯示。在此圖中, 可利用色彩之色域係由x軸上之色度及y軸上之亮度或照度來代表。2-D CIE繪圖上所有可見光之色域一般地由圖中心之舌形區代表。

增加顯示器件之色域使得色彩品質增加且亦導致更高之感知亮度。此效應稱為赫姆霍茲-科尼勞修(Helmholtz-Kohlrausch, H-K)效應, 其定義為「在保持色彩照度恆定在明視覺範圍內的同時, 藉由增加色彩刺激之純度所產生之

感知色彩的亮度的變化 (Change in brightness of a perceived color produced by increasing the purity of a color stimulus while keeping its luminance constant within the range of photopic vision)」。 (參見 CIE 第 17.4 號出版物，International Lighting Vocabulary, Central Bureau of CIE, Vienna, 1988, 第 845-02-34 部分，第 50 頁。) 此效應取決於環境照明條件 (即，此效應在較低環境照明條件下增強而在較高環境照明條件下削弱)。

已有兩種不同的 LED 光源用於 LCD 中：(1) 紅色、綠色及藍色 (RGB) LED 之組合及 (2) 白色 LED。與使用白色 LED 相比，使用 RGB LED 允許更好的色域，但亦增加實施方案之顯著複雜性。降低白色 LED 背光之複雜性且因此降低成本已使得該等結構成為市售 LCD 顯示器中選項之實施方案。因此，一些習用顯示器僅具有 70% 色域 (相對於 1953 NTSC 標準而言)。此外，一些習用 LED 源在光學堆疊中需要許多濾色器，此增加功率消耗。

因此，本發明之一個目的係增加顯示系統之性能，例如，藉由增加色域及/或降低功率消耗同時仍保持實施方案之便利性，由此導致成本降低。

【發明內容】

下文提出簡要概述以提供對揭示內容之一些態樣的基本理解。此概述並非揭示內容之廣泛綜述。其既非意欲識別揭示內容之關鍵或重要因素亦非意欲描述揭示內容之範圍。以下概述僅以簡化形式提出揭示內容之一些概念，作

為下文所提出之更詳細說明之前序。

本發明之實施例係關於包括量子點(包括,例如,半導體奈米晶體)以生成光之光學材料。根據一個態樣,由LED發射藍光波長刺激之本發明某些量子點(例如發射綠光波長之量子點及發射紅光波長之量子點)之組合導致生成三色白光。根據某些態樣,由量子點所生成之光(例如三色白光)與液晶顯示器(LCD)單元或其他光學顯示單元組合使用。本發明之一個實施方案係量子點、LED藍光源及光導之組合用作背光單元,其可進一步與(例如)LCD單元一起使用。

因此,本發明之實施例係關於用於達成某一所期望輻射輸出之各種比率量子點之混合物或組合。該等量子點當暴露於適當刺激時可發射某一波長之紅光及綠光。再其他實施例係關於用於各種發光應用之包括量子點之各種調配物。(包括量子點之調配物在本文中亦可稱為「量子點調配物」或「光學材料」。)舉例而言,量子點調配物可呈可流動流體之形式,其通常稱為量子點油墨。若作為可流動流體使用,則本文提供將可流動流體轉移至適宜與(例如)光導組合使用之接受容器(例如毛細管)之方法。

量子點調配物亦可包括於物理結構中或以其他方式形成物理結構。量子點調配物可包括(例如)可聚合成期望物理結構(例如膜)之單體。因此,本文提供製作量子點膜之方法。

本發明之實施例再進一步係關於各種背光單元設計,其

包括含量子點之器件至光導之各種耦合件用於將所生成之光有效轉移至並轉移穿過光導。根據某些態樣，提供用於量子點之照射及刺激及將所合成輻射有效耦合或引導轉移至並轉移穿過光導之方法及器件。進一步提供位於LED中並作為其組件之包括量子點之背光單元之實施例。本發明之該LED利用量子點增加色域並生成更高感知亮度。

在本申請案之結尾陳述之請求項中之每一者以整體引用的方式併入此概述章節。

上述及本文所闡述之其他態樣及實施例所有均構成本發明之實施例。

熟習本發明所涉及技術之技術者應瞭解，本文所闡述關於本發明之任一具體態樣及/或實施例之特徵中之任一者可與本文所闡述之任一其他態樣及/或實施例之其他特徵中之任一者組合，其中視需要進行修改以確保組合之相容性。該等組合視為此揭示內容所預期之本發明之一部分。

應理解，前述一般描述及以下詳細說明二者均僅為實例性及解釋性且並不限制所主張之本發明。藉由考量本說明書及本文中所揭示本發明之實踐，熟習此項技術者將易知本發明之其他實施例。

【實施方式】

本發明之實施例係關於量子點與刺激光組合以產生三色白光之用途。三色白光用於各種照明應用中，例如液晶顯示器之背光單元。

量子點係可具有源自量子侷限之光學性質之奈米大小的

粒子。量子點當經受刺激輻射時可發射光。

量子點之具體組合物、結構、及/或大小可經選擇，以便當利用具體激發源刺激時達成自量子點所發射光之期望波長。本質上，量子點可藉由改變其大小經調諧以在可見光譜範圍內發射光。參見C.B. Murray、C.R. Kagan及M.G. Bawendi, *Annual Review of Material Sci.*, 2000, 30: 545-610，其整體以引用的方式併入本文中。

量子點可具有在約1至約1000奈米(nm)之範圍內、且較佳在約1至約100 nm之範圍內之平均粒徑。在某些實施例中，量子點具有在約1至約20 nm範圍內之平均粒徑(例如，約5、6、7、8、9、10、11、12、13、14、15、16、17、18、19、或20 nm)。在某些實施例中，量子點具有在約1至約10 nm範圍內之平均粒徑。量子點可具有小於約150埃(Å)之平均直徑。在某些實施例中，平均直徑在約12至約150 Å範圍內之量子點可特別期望。然而，視量子點之組合物、結構、及期望發射波長而定，平均直徑可在該等範圍之外。

較佳地，量子點包含半導體奈米晶體。在某些實施例中，半導體奈米晶體具有在約1至約20 nm之範圍內、且較佳約1至約10 nm之平均粒徑。然而，視量子點之組合物、結構、及期望發射波長而定，平均直徑可在該等範圍之外。

量子點可包含一或多種半導體材料。

可包括於量子點中之半導體材料(包括例如半導體奈米

晶體)之實例包括(但不限於)IV族元素、II-VI族化合物、II-V族化合物、III-VI族化合物、III-V族化合物、IV-VI族化合物、I-III-VI族化合物、II-IV-VI族化合物、II-IV-V族化合物、包括上述任一者之合金、及/或包括上述任一者之混合物，其包括三元及四元混合物或合金。實例之非限制性列表包括 ZnO、ZnS、ZnSe、ZnTe、CdO、CdS、CdSe、CdTe、MgS、MgSe、GaAs、GaN、GaP、GaSe、GaSb、HgO、HgS、HgSe、HgTe、InAs、InN、InP、InSb、AlAs、AlN、AlP、AlSb、TiN、TiP、TiAs、TiSb、PbO、PbS、PbSe、PbTe、Ge、Si、包括上述任一者之合金、及/或包括上述任一者之混合物，其包括三元及四元混合物或合金。

在某些實施例中，量子點可包含包含一或多種半導體材料之核及包含一或多種半導體材料之殼，其中該可佈置於至少一部分且較佳全部該核之外表面上。包括核及殼之量子點亦稱為「核/殼」結構。

舉例而言，量子點可包括具有式MX之核，其中M為鎘、鋅、鎂、汞、鋁、鎵、銻、鉍、或其混合物，且X為氧、硫、硒、碲、氮、磷、砷、銻、或其混合物。適宜用作量子點核之材料的實例包括(但不限於)ZnO、ZnS、ZnSe、ZnTe、CdO、CdS、CdSe、CdTe、MgS、MgSe、GaAs、GaN、GaP、GaSe、GaSb、HgO、HgS、HgSe、HgTe、InAs、InN、InP、InSb、AlAs、AlN、AlP、AlSb、TiN、TiP、TiAs、TiSb、PbO、PbS、PbSe、

PbTe、Ge、Si、包括上述任一者之合金、及/或包括上述任一者之混合物，其包括三元及四元混合物或合金。

殼可為組成與核之組成相同或不同之半導體材料。殼可包含在核之表面上包括一或多種半導體材料之外層。可包括於殼中之半導體材料之實例包括(但不限於)IV族元素、II-VI族化合物、II-V族化合物、III-VI族化合物、III-V族化合物、IV-VI族化合物、I-III-VI族化合物、II-IV-VI族化合物、II-IV-V族化合物、包括上述任一者之合金、及/或包括上述任一者之混合物，其包括三元及四元混合物或合金。實例包括(但不限於)ZnO、ZnS、ZnSe、ZnTe、CdO、CdS、CdSe、CdTe、MgS、MgSe、GaAs、GaN、GaP、GaSe、GaSb、HgO、HgS、HgSe、HgTe、InAs、InN、InP、InSb、AlAs、AlN、AlP、AlSb、TlN、TlP、TlAs、TlSb、PbO、PbS、PbSe、PbTe、Ge、Si、包括上述任一者之合金、及/或包括上述任一者之混合物。舉例而言，可於CdSe或CdTe半導體奈米晶體上生長ZnS、ZnSe或CdS外塗層。

在核/殼量子點中，殼或外塗層可包含一或多個層。外塗層可包含至少一種與核之組成相同或不同之半導體材料。較佳地，外塗層具有約1個至約10個單層之厚度。外塗層亦可具有大於10個單層之厚度。在某些實施例中，核上可包括一個以上的外塗層。

在某些實施例中，環繞「殼」材料之帶隙可大於核材料之帶隙。在某些其他實施例中，環繞殼材料之帶隙可小於

核材料之帶隙。

在某些實施例中，殼可經選擇以便其原子間距接近「核」基質之原子間距。在某些其他實施例中，殼及核材料可具有相同的晶體結構。

量子點(例如，半導體奈米晶體)(核)殼材料之實例包括(不限於)：紅色(例如，(CdSe)CdZnS(核)殼)、綠色(例如，(CdZnSe)CdZnS(核)殼等)、及藍色(例如，(CdS)CdZnS(核)殼)。

量子點可具有各種形狀，其包括(但不限於)球形、棒狀、盤狀、其他形狀、及各種形狀粒子之混合物。

製造量子點(包括，例如但不限於半導體奈米晶體)之方法的一個實例係膠體生長法。藉由將M供體及X供體注入至熱配位溶劑中發生膠體生長。用於製備單分散量子點之較佳方法之一個實例包含使注入至熱配位溶劑中之有機金屬試劑(例如二甲基鎘)熱解。此容許離散成核且導致宏觀數量量子點之控制生長。注入產生之晶核可以受控方式生長以形成量子點。反應混合物可溫和地加熱以使量子點生長並退火。試樣中量子點之平均大小及大小分佈二者取決於生長溫度。維持穩態生長之生長溫度增加，則平均晶體大小增加。所得量子點係量子點群體之成員。由於離散成核及受控生長，可獲得量子點之群體的直徑具有窄的單分散分佈。直徑之單分散分佈亦可稱為大小。較佳地，單分散粒子群體包括其中群體中至少約60%之粒子在特定粒徑範圍內之粒子群體。單分散粒子群體之直徑較佳偏離小於

15% rms(均方根)且更佳小於10% rms且最佳小於5%。

例如，在美國專利6,322,901中闡述外塗佈方法之實例。藉由在外塗佈期間調節反應混合物之溫度並監測核之吸收光譜，可獲得具有高發射量子效率及窄大小分佈之外塗佈材料。

量子點(包括，例如半導體奈米晶體)之窄大小分佈允許在窄光譜寬度中光發射之可能性。單分散半導體奈米晶體已闡述於Murray等人 (J. Am. Chem. Soc., 115:8706 (1993)) 中；於Christopher Murray之論文中，及「Synthesis and Characterization of II-VI Quantum Dots and Their Assembly into 3-D Quantum Dot Superlattices」，Massachusetts Institute of Technology，1995年9月。以上文獻其整體以引用的方式併入本文中。

成核之後，存於配位溶劑中之量子點的受控生長及退火亦可導致均勻表面衍生化及規則核結構。隨著大小分佈銳化，可升高溫度以維持穩態生長。藉由添加更多M供體或X供體，可使生長時期縮短。M供體可為無機化合物、有機金屬化合物、或元素金屬。舉例而言，M供體可包含鎘、鋅、鎂、汞、鋁、鎳、銻或鉍，且X供體可包含能夠與M供體反應以形成具有通式MX之材料的化合物。X供體可包含硫屬化合物供體或磷屬化合物供體，例如磷硫屬化合物、雙(甲矽烷基)硫屬化合物、雙氧(dioxygen)、銨鹽、或叁(甲矽烷基)磷屬化合物。適宜X供體包括(例如，但不限於)雙氧、雙(三甲基甲矽烷基)硒化物((TMS)₂Se)、三烷

基磷硒化物(例如(三正辛基磷)硒化物(TOPSe)或(三正丁基磷)硒化物(TBPSe))、三烷基磷碲化物(例如(三正辛基磷)碲化物(TOPTe)或六丙基磷三醯胺碲化物(HPPTTe))、雙(三甲基甲矽烷基)碲化物((TMS)₂Te)、雙(三甲基甲矽烷基)硫化物((TMS)₂S)、三烷基磷硫化物(例如(三正辛基磷)硫化物(TOPS))、銨鹽(例如鹵化銨(例如, NH₄Cl))、叁(三甲基甲矽烷基)磷化物((TMS)₃P)、叁(三甲基甲矽烷基)砷化物((TMS)₃As)、或叁(三甲基甲矽烷基)銻化物((TMS)₃Sb)。在某些實施例中, M供體及X供體可為同一分子內之部分。

配位溶劑可有助於控制量子點之生長。配位溶劑係具有可用於與正生長量子點(包括, 例如半導體奈米晶體)之表面配位之供體孤對電子(例如, 孤電子對)之化合物。溶劑配位可穩定正生長之量子點。配位溶劑之實例包括烷基磷、烷基磷氧化物、烷基磷酸或烷基次磷酸, 然而, 其他配位溶劑(例如吡啶、咪喃及胺)亦可適用於量子點(例如, 半導體奈米晶體)之產生。適宜配位溶劑之額外實例包括吡啶、三正辛基磷(TOP)、三正辛基磷氧化物(TOPO)及叁羥基丙基磷(tHPP)、三丁基磷、三(十二烷基)磷、亞磷酸二丁基酯、亞磷酸三丁基酯、亞磷酸三(十八烷基)酯、亞磷酸三月桂基酯、亞磷酸叁(十三烷基)酯、亞磷酸三異癸基酯、磷酸雙(2-乙基己基)酯、磷酸叁(十三烷基)酯、十六烷基胺、油基胺、十八烷基胺、雙(2-乙基己基)胺、辛基胺、二辛基胺、三辛基胺、十二烷基胺/月桂基胺、二

(十二烷基)胺、三(十二烷基)胺、十六烷基胺、二(十八烷基)胺、三(十八烷基)胺、苯基膦酸、己基膦酸、十四烷基膦酸、辛基膦酸、十八烷基膦酸、仲丙基二膦酸、苯基膦酸、胺基己基膦酸、二辛基醚、二苯基醚、肉豆蔻酸甲酯、辛酸辛酯、及辛酸己酯。在某些實施例中，可使用工業級TOPO。

在某些實施例中，量子點作為另一選擇可利用非配位溶劑來製備。

反應之生長階段期間之大小分佈可藉由監測粒子之吸收或發射線寬度來估計。響應粒子之吸收光譜之變化而改變反應溫度允許在生長期間維持尖銳粒徑分佈。可在晶體生長期間將反應物添加於成核溶液中以生長較大的晶體。舉例而言，對於CdSe及CdTe而言，藉由在具體半導體奈米晶體平均直徑下停止生長並選擇半導體材料之適當組成，半導體奈米晶體之發射光譜可在300 nm至5微米、或400 nm至800 nm之波長範圍內連續調諧。

量子點(包括，例如半導體奈米晶體)之粒徑分佈可進一步藉由利用量子點之不良溶劑(例如甲醇/丁醇)進行大小選擇性沈澱來精調。舉例而言，量子點可分散於10%丁醇存於己烷之溶液中。可將甲醇逐滴添加至此攪拌溶液中直至持續呈乳白色為止。藉由離心分離上清液及絮凝物產生在試樣中富集最大微晶之沈澱物。可重複此程序直至注意到光學吸收光譜不再尖銳為止。大小選擇性沈澱可在各種溶劑/非溶劑對(包括吡啶/己烷及氯仿/甲醇)中實施。大小經

選擇之量子點(例如,半導體奈米晶體)群體較佳與平均直徑具有不超過15% rms偏離、更佳10% rms偏離或更小、且最佳5% rms偏離或更小。

半導體奈米晶體及其他類型之量子點較佳具有附接之配位體。

配位體可源自生長過程期間可包括於反應混合物中之配位溶劑。

可將配位體添加至反應混合物中。

配位體可源自反應混合物中所包括用於合成量子點之試劑或前體。

在某些實施例中,量子點可包括附接至外表面之一種以上類型的配位體。

包括源自生長過程或其他方式之配位體的量子點表面可藉由重複暴露於過量競爭配位體基團(包括,例如但不限於配位基團)以形成覆蓋層來修飾。舉例而言,經覆蓋量子點之分散液可用配位有機化合物(例如吡啶)處理以產生微晶,其易於分散於吡啶、甲醇及芳香族溶劑中,但不再分散於脂肪族溶劑中。此表面交換過程可利用能夠與奈米粒子之外表面配位或結合之任何化合物(例如但不限於膦、硫醇、胺及磷酸酯)實施。

舉例而言,可將量子點暴露於短鏈聚合物,其對於表面展示親和性且在對於懸浮液或分散液介質具有親和性之部分中終止。該親和性改良分散液之穩定性並阻止量子點絮凝。額外配位體之實例包括烷基膦、烷基膦氧化物、烷基

膦酸、或烷基次膦酸、吡啶、咪喃、及胺。更特定實例包括(但不限於)吡啶、三正辛基膦(TOP)、三正辛基膦氧化物(TOPO)及叁-羥基丙基膦(tHPP)。可使用工業級TOPO。

適宜配位配位體可自市場購得或藉由普通合成有機技術製備，例如，如闡述於J. March, *Advanced Organic Chemistry* 中者，其整體以引用的方式併入本文中。

來自能夠發射光之量子點的發射可為窄高斯發射帶(Gaussian emission band)，其可藉由改變量子點之大小、量子點之組成或二者在光譜之紫外、可見或紅外區域之整個波長範圍內調諧。舉例而言，包含CdSe之半導體奈米晶體可在可見區域中調諧；包含InAs之半導體奈米晶體可在紅外區域中調諧。能夠發射光之量子點群體之窄大小分佈可導致在窄光譜範圍中之光發射。群體可為單分散，較佳該等量子點之直徑展示小於15% rms(均方根)偏離、更佳小於10%、最佳小於5%。對於在可見中發射之該等量子點而言，可觀察到在不超過約75 nm、較佳不超過約60 nm、更佳不超過約40 nm且最佳不超過約30 nm半高全寬(FWHM)之窄範圍中之光譜發射。IR-發光量子點可具有不超過150 nm、或不超過100 nm之FWHM。若以發射能量表達，該發射可具有不超過0.05 eV、或不超過0.03 eV之FWHM。隨著發光量子點直徑之分散度降低，發射之寬度降低。

量子點可具有(例如)高於10%、20%、30%、40%、50%、60%、70%、80%、或90%之發射量子效率。

量子點之窄FWHM可導致飽和色發射。單一材料系統在

整個可見光譜上之廣泛可調諧之飽和色發射係任何類型之有機發色團無法比擬的(參見例如Dabbousi等人, J. Phys. Chem. 101, 9463 (1997), 其整體以引用的方式併入)。單分散量子點群體將發射橫跨窄波長範圍之光。

本發明之有用量子點包括彼等具有發射紅光波長之特性者。在某些較佳實施例中, 能夠發射紅光之量子點發射峰中心波長在約615 nm至約630 nm之範圍內、及在此之間之任一波長(無論是否重疊)之光。舉例而言, 量子點可能夠發射峰中心波長為約630 nm、約625 nm、約620 nm、約615 nm之紅光。

本發明之有用量子點亦包括發射綠光之波長特性者。在某些較佳實施例中, 能夠發射綠光之量子點發射峰中心波長在約520 nm至約540 nm之範圍內、及在此之間之任一波長(無論是否重疊)之光。舉例而言, 量子點能夠發射峰中心波長為約520 nm、約525 nm、約535 nm、約540 nm之綠光。

根據本發明之其他態樣, 量子點展示半峰全寬(FWHM)介於約25 nm與約60 nm之範圍內之窄發射曲線。本發明量子點之窄發射曲線允許調諧量子點及量子點混合物以發射飽和色, 由此使色域及功率效率增加超過習用LED發光顯示器者。根據一個態樣, 將經設計以發射主波長為(例如)約523 nm且發射曲線之FWHM為(例如)約37 nm之綠色量子點與經設計以發射主波長為(例如)約617 nm且發射曲線之FWHM為(例如)約32 nm之紅色量子點組合、混合或以其他

方式組合使用。該等組合物可由藍光刺激以產生三色白光。

本發明之量子點可包括於各種調配物中，此取決於期望用途。根據一個態樣，量子點包括於可流動調配物或液體中，該等調配物或液體欲包括於(例如)暴露於光之透明容器中。該等調配物可包括各種量之一或多種類型之量子點及一或多種主體材料。該等調配物可進一步包括一或多種散射體。調配物中亦可包括其他可選添加劑或成份。在某些實施例中，調配物可進一步包括一或多種光起始劑。熟習此項技術者自本揭示內容應易於認識到，視量子點之具體期望應用而定，可包括額外成份。

在本揭示內容範圍內之光學材料或調配物可包括主體材料，其可以約50重量%及約99.5重量%、及在此之間之任一重量%(無論是否重疊)之量存在。在某些實施例中，主體材料可以約80至約99.5重量%之量存在。特定有用主體材料之實例包括(但不限於)聚合物、單體、樹脂、黏合劑、玻璃、金屬氧化物、及其他非聚合材料。較佳主體材料包括對預選波長之光至少部分地透明、且較佳完全透明之聚合及非聚合材料。在某些實施例中，預選波長可包括在電磁波譜之可見(例如，400-700 nm)區域中之光的波長。較佳主體材料包括交聯聚合物及溶劑澆注聚合物。其他較佳主體材料之實例包括(但不限於)玻璃或透明樹脂。具體而言，自加工性之角度而言，諸如不可固化樹脂、熱可固化樹脂或光可固化樹脂等樹脂適用。呈寡聚物或聚合

物形式之該樹脂之特定實例包括(但不限於)三聚氰胺樹脂、苯酚樹脂、烷基樹脂、環氧樹脂、聚胺基甲酸酯樹脂、馬來酸樹脂、聚醯胺樹脂、聚甲基丙烯酸甲酯、聚丙烯酸酯、聚碳酸酯、聚乙烯醇、聚乙烯基吡咯啉酮、羥乙基纖維素、羧甲基纖維素、含形成該等樹脂之單體的共聚物、及諸如此類。其他適宜主體材料可由熟習相關技術者識別。

主體材料亦可包含聚矽氧材料。包含聚矽氧材料之適宜主體材料可由熟習相關技術者識別。

在某些實施例及本揭示內容所涵蓋之本發明態樣中，主體材料包含光可固化樹脂。在某些實施例中光可固化樹脂可為較佳主體材料，例如，在組合物欲圖案化之實施例中。就光可固化樹脂而言，可使用光可聚合樹脂，例如含反應性乙烯基之以丙烯酸或甲基丙烯酸為主的樹脂、通常含有光敏化劑(例如聚肉桂酸乙基酯、二苯甲酮或諸如此類)之光可交聯樹脂。當不能使用光敏劑時，可使用熱可固化樹脂。該等樹脂可個別地或以其兩種或更多種之組合使用。

在某些實施例及本揭示內容所涵蓋之本發明態樣中，主體材料可包含溶劑澆注樹脂。可將諸如聚胺基甲酸酯樹脂、馬來酸樹脂、聚醯胺樹脂、聚甲基丙烯酸甲酯、聚丙烯酸酯、聚碳酸酯、聚乙烯醇、聚乙烯基吡咯啉酮、羥乙基纖維素、羧甲基纖維素、含形成該等樹脂之單體的共聚物、及諸如此類等聚合物溶解於熟習此項技術者已知之溶

劑中。當溶劑蒸發時，樹脂形成半導體奈米粒子之固體主體材料。

在某些實施例中，自Radcure及Sartomer購得之丙烯酸酯單體及/或丙烯酸酯寡聚物可較佳。

量子點可經囊封。囊封材料、相關方法及可能有用之其他資訊之非限制性實例闡述於2009年3月4日提出申請且標題為「Particles Including Nanoparticles, Uses Thereof, And Methods」的Linton之國際申請案第PCT/US2009/01372號及2009年9月9日提出申請且標題為「Particles Including Nanoparticles, Uses Thereof, And Methods」的Nick等人之美國專利申請案第61/240932號，上述每一者之整體以引用的方式併入本文中。

在本揭示內容之範圍內光學材料中所包括量子點之總量較佳在約0.1重量%至約10重量%之範圍內、且在此之間之任一重量%(無論是否重疊)。光學材料中所包括量子點之量可在該範圍內變化，此取決於應用及包括量子點之形式(例如，膜、光學器件(例如，毛細管)、囊封膜等)，其可基於具體最終應用進行選擇。舉例而言，當光學材料用於具有較長路徑長度之較厚毛細管中(例如，在用於大螢幕電視機應用之BLU中)時，量子點之濃度可接近0.5%。當光學材料用於具有較短路徑長度之較薄毛細管中(例如，用於行動或手持式應用之BLU中)時，量子點之濃度可接近5%。

光學材料中所用量子點之比率由所用量子點之發射峰值

決定。舉例而言，當在光學材料中使用能夠發射峰中心波長在約520 nm至約540 nm之範圍內、及在此之間之任一波長(無論是否重疊)之綠光之量子點、及能夠發射峰中心波長在約615 nm至約630 nm之範圍內、及在此之間之任一波長(無論是否重疊)之紅光之量子點時，綠色發光量子點之重量%與紅色發光量子點之重量%之比率可在約9:1至約2:1之範圍內、及在此之間之任一比率(無論是否重疊)。

光學材料中綠色發光量子點之重量%與紅色發光量子點之重量%之比率可作為另一選擇表示為莫耳比率。舉例而言，以上綠色對紅色量子點之重量%比率範圍可相當於在約24.75比1至約5.5比1之範圍內、及在此之間之任一比率(無論是否重疊)之綠色對紅色量子點莫耳比率。

由本文所述含QD之BLU所發射之白色三色光中藍光與綠光與紅光輸出之比率可在該範圍內變化，該含QD之BLU包括藍色發光固態無機半導體發光器件(具有峰中心波長在約450 nm至約460 nm之範圍內、及在此之間之任一波長(無論是否重疊)之藍光)、及包括在以上重量%比率範圍內之綠色發光量子點與紅色發光量子點之混合物的光學材料。舉例而言，因此，藍光與綠光輸出強度之比率可在約0.75至約4之範圍內且因此綠光與紅光輸出強度之比率可在約0.75至約2.0之範圍內。在某些實施例中，舉例而言，藍光與綠光輸出強度之比率可在約1.4至約2.5之範圍內且綠光與紅光輸出強度之比率可在約0.9至約1.3之範圍內。

在本揭示內容之範圍內，散射體可以(例如)介於約0.01重量%與約1重量%之間之量存在。在該範圍以外之散射體之量亦可使用。可用於本文所述之本發明實施例及態樣中之光散射體(在本文中亦稱為散射體或光散射粒子)之實例包括(但不限於)金屬或金屬氧化物粒子、氣泡、及玻璃及聚合物珠粒(實心或空心)。其他光散射體可由熟習此項技術者容易地識別。在某些實施例中，散射體具有球形形狀。散射粒子之較佳實例包括(但不限於)TiO₂、SiO₂、BaTiO₃、BaSO₄、及ZnO。可使用不與主體材料反應且可增加激發光在主體材料中之吸收路徑長度之其他材料之粒子。在某些實施例中，光散射體可具有高折射率(例如，TiO₂、BaSO₄等)或低折射率(氣泡)。

散射體之大小及大小分佈之選擇可由熟習此項技術者容易地決定。大小及大小分佈可基於散射粒子與光散射體欲分散於其中之主體材料之折射率失配、及根據瑞利散射理論(Rayleigh scattering theory)欲散射之預選波長。散射粒子之表面可進一步經處理以改良在主體材料中之分散性及穩定性。在一個實施例中，散射粒子以約0.01重量%至約1重量%範圍內之濃度包含0.2 μm粒徑之TiO₂(R902+，來自DuPont)。

調配物中存在一定量散射體在油墨包含於具有邊緣之透明容器之應用中係有用的，用以限制由於總內部反射造成之損失。散射體之量可相對於調配物中所用量子點之量而改變。舉例而言，當散射體之量增加時，可降低量子點之

量。

在某些實施例中，包括量子點及主體材料之調配物可自包含量子點及液體媒劑之油墨形成，其中液體媒劑包含包括一或多種能夠交聯之官能團的組合物。官能團單元可藉由(例如)UV處理、熱處理或可容易地由熟習相關技術者確定之另一交聯技術進行交聯。在某些實施例中，包括一或多種能夠交聯之官能團的組合物可為液體媒劑自身。在某些實施例中，其可為共溶劑。在某些實施例中，其可為與液體媒劑之混合物的組份。

製備油墨之較佳方法的一個具體實例係如下。藉由首先在氮/真空下抽取出溶劑將包括充分分散於有機溶劑中之具有期望發射特性之量子點的溶液濃縮至蠟狀稠度，直至獲得具有期望稠度之含量子點殘餘物為止。然後在氮條件下添加期望樹脂單體，直至達成期望單體對量子點比率為止。然後在無氧條件下將此混合物渦旋混合，直至量子點充分分散為止。然後將樹脂之最終組份添加於量子點分散液中，且然後聲波混合以確保微細分散液。

然後可經由各種方法將油墨塗佈於欲塗佈表面上來製備包含自該最終油墨製得之光學材料的膜，且然後在強烈照射下UV固化一些秒數用以完全固化。製備膜之方法的實例包括(但不限於)已熟知之各種膜澆注、旋轉澆注及塗佈技術。可利用之許多塗佈技術之實例包括(但不限於)絲網印刷、凹版塗佈、狹縫塗佈、幕塗及珠粒塗佈。

可用於製備包含本文所教示光學材料之膜之材料的組合

物及特性之實例(包括量子點與一或多種主體材料及其他成份混合之相對量)陳述於下表1中：

表 1

組份	成份	%	總%	註釋
主體材料	RD12	17.49%	87.89%	來自Radcure之丙烯酸酯單體
	DR-150	70.39%		來自Radcure之丙烯酸酯寡聚物
量子點	綠色	0.72%	0.85%	
	紅色	0.13%		
TiO ₂	TiO ₂	0.11%	0.11%	來自Dupont之Ti Pure R902 Plus
塗佈助劑	Tego	1.06%	11.04%	消泡劑
	Cab-o-Sil™ EH-5	9.98%		增黏劑
		總計	100%	

黏度為118 cP之具體量子點油墨調配物之實例展示於下表2中。此調配物可用於填充透明容器，例如毛細管。

表 2

組份	成份	%	%	闡述
黏合劑	RD12	5.87%	92.46%	來自Radcure之丙烯酸酯單體
	SR-423	24.99%		來自Sartomer之丙烯酸酯單體
	CN-131	37.60%		來自Sartomer之丙烯酸酯寡聚物
	DR-150	24.01%		來自Radcure之丙烯酸酯寡聚物
QD	綠色	0.91%	1.09%	
	紅色	0.18%		
TiO ₂		0.28%	0.28%	來自Dupont之Ti Pure R902 Plus
光起始劑	KT046	6.18%	6.18%	來自Lamberti之Escacure KT046
	總計	100.00%	100.00%	

下表3展示具有約2 cP之低得多黏度之替代調配物，其當填充容器(例如毛細管)時提供良好流動性。

表 3

組份	成份	%	%	闡述
黏合劑	SR-423	36.14%	92.045%	來自 Sartomer 之丙烯酸酯單體
	CN-131	55.90%		來自 Sartomer 之丙烯酸酯寡聚物
QD	綠色	0.90%	1.08%	
	紅色	0.18%		
TiO ₂	71 Pure +	0.28%	0.28%	來自 Dupont 之 Ti Pure R902 Plus
光起始劑	KT046	6.59%	6.59%	來自 Lamberti 之 Escacure KT046
	總計	100.00%	100.00%	

下表 4 顯示替代調配物：

表 4

組份	成份	%	總計%	註釋
主體材料	Ebercryn 150	84.57%	84.57%	來自 Cytec 之雙酚 A 乙氧基化二丙烯酸酯
量子點	綠色	1.8%	0.85%	
	紅色	0.4%		
TiO ₂	TiO ₂	0.25%	0.11%	來自 Dupont 之 Ti Pure R902 Plus
塗佈助劑	Irgacure 2022	3%	11.04%	光起始劑
	Cab-o-Sil™ EH-5	9.98%		增黏劑
		總計	100%	

如本文其他地方所討論，光學材料中可進一步包括其他組份(例如玻璃珠粒、觸變膠等)以控制黏度及收縮。

平均直徑在約 15 至約 25 微米之範圍內之玻璃珠粒可較佳。調配物中之玻璃珠粒之量可在約 10% 至約 40% 變化。通常，使用 30%。然而，基於具體應用，可使用在該等較佳範圍以外之其他大小玻璃珠粒及數量。

觸變膠之實例包括(但不限於)煙霧狀金屬氧化物(例如，可經表面處理或未經處理之煙霧狀二氧化矽(例如自 Cabot

公司購得之 Cab-O-Sil™ 煙霧狀二氧化矽產品))、煙霧狀金屬氧化物凝膠(例如，二氧化矽凝膠)。光學材料可包括在約2重量%至約10重量%範圍內之量的觸變膠。在該範圍以外之其他量亦可確定為有用的或期望的。

量子點油墨可使用熟習此項技術者已知之任何習用方法用於填充或以其他方式佔據容器。根據本揭示內容之一個具體態樣，可使用壓差將一定量的量子點油墨從一個容器轉移至另一容器。舉例而言，且參照圖1A，可將一定量的量子點油墨包含於覆蓋有隔膜之小瓶或井式容器中。然後穿過隔膜將較大規格的針引入並進入小瓶中。然後穿過該針將毛細管引入該小瓶中並進入小瓶底部之量子油墨中。然後將針移除且隔膜圍住毛細管。然後穿過隔膜引入附接至唧筒之壓力針。然後使用唧筒將空氣引入至小瓶中，此增加小瓶中之壓力，進而迫使量子點油墨進入至毛細管中。之後，將經填充毛細管自量子油墨供應及小瓶移除並在每一末端密封。移除之後，使密封毛細管中所包括之油墨固化。另一選擇為，油墨可在密封之前固化。

在某些實施例中，舉例而言，將根據上述方法用量子油墨填充之毛細管自小瓶移除並在氮氣氛中UV固化。

在某些實施例中，舉例而言，油墨可用配備有汞UVB燈泡之Dymax 500EC UV Curing Flood系統。在此情形中，燈強度(經量測，在距燈罩約7"之距離處為33 mW/cm²)可尤其有效，在保持距燈罩約7"距離的同時將毛細管每一側固化10-15秒。固化後，毛細管之邊緣可經密封。

在某些實施例中，密封可包含使用光學黏著劑來密封毛細管之一端或兩端或邊緣。舉例而言，可將一滴光學黏著劑置於毛細管之每一邊緣上並固化。光學黏著劑之實例包括(但不限於)可自Norland Optics獲得之NOA-68T。舉例而言，可將一滴該黏著劑放置於毛細管之每一邊緣上並固化(例如，利用Rolence Enterprise Q-Lux-UV型燈持續20秒)。

在某些實施例中，密封可包含使用玻璃來密封毛細管之一端或兩端或邊緣。此可藉由短暫地使填充有固化量子點油墨之毛細管短暫的接觸氧/Mapp氣體火焰直至玻璃流動且然後密封末端來實施。可使用氧氫火焰以及任何其他混合氣體火焰。亦可藉由雷射提供加熱以消除裸火焰之需要。在某些實施例中，可密封填充有未固化量子點油墨之毛細管兩端，此允許然後將油墨在密封毛細管中光固化。

在某些實施例中，毛細管經氣密密封，即，不透氣體及濕氣。

在某些實施例中，毛細管係假氣密密封，即，部分地不透氣體及濕氣。

可使用其他適宜技術來密封毛細管之末端或邊緣。

在另一實施例中，可藉由施加真空以將油墨抽吸至毛細管中來填充毛細管。藉由施加真空用於填充毛細管之設定的實例顯示於圖1B中。將毛細管在一端密封(例如但不限於，利用燃料/氧火焰)並將開口端向下置於密閉容器中。可同時將許多毛細管裝載於同一容器中。向此容器中添加

足夠量子點油墨以浸沒毛細管之開口端並將容器密封。施加真空並使系統之壓力降低至(例如)1毫托與1000毫托之間之任何壓力。然後利用氮對容器重新加壓以使毛細管充滿。亦可使用空氣對容器重新加壓。氣體之稍微超壓(0-60 psi)加速毛細管藉由此方法之填充。然後將毛細管從井中移除並在進一步使用之前擦去過量油墨。

在本文所教示之本發明之某些態樣及實施例中，將包括含固化量子點之油墨的光學器件暴露於光通量並持續足以增加光學材料之光致發光效率之時期。

在某些實施例中，將光學材料暴露於光及熱並持續足以增加光學材料之光致發光效率之時期。

在較佳之某些實施例中，將對光或光與熱之暴露持續一段時期直至光致發光效率達到實質上恆定值為止。

在一個實施例中，舉例而言，光學器件經含量子點之油墨填充、固化並密封之後(無論固化劑密封步驟之實施順序如何)，將光學器件暴露於波長在約365 nm至約470 nm範圍內之25-35 mW/cm²光通量，同時溫度在約25至80°C之範圍內並持續足以增加油墨之光致發光效率之時間。在一個實施例中，舉例而言，光具有約450 nm之波長，光通量為30 mW/cm²，溫度為80°C，且暴露時間為3小時。

毛細管以及其相關尺寸之實例顯示於圖3中。

本發明之量子點亦可包括於各種結構中，例如，經包括作為結構製造期間之成份。該等結構包括用於發光器件之各種膜。其他結構及器件包括包含分散或包埋於其中之量

子點的光學透明組件、夾於障壁材料之間並密封於其中之包括量子點之膜、完全由障壁材料囊封之包括量子點之膜。

在某些較佳實施例中，障壁材料至少對具有進入並離開光學器件之光的預定波長之光光學透明。在某些實施例中，障壁材料對進入並離開光學器件之至少預定波長之光至少90%光學透明。在某些實施例中，障壁材料對進入並離開光學器件之至少預定波長之光至少95%光學透明。在某些實施例中，障壁材料對進入並離開光學器件之至少預定波長之光至少99%光學透明。

在某些較佳實施例中，障壁材料應不會變黃或褪色而實質上改變光學器件之光學性質。

在某些較佳實施例中，障壁材料在光學器件之有用壽命期間應不會部分或完全分層。

在某些較佳實施例中，障壁材料之性質將對光學材料之外部量子效率具有最小影響。

在某些較佳實施例中，障壁材料可在不會損害光學材料及光學材料之外部量子效率之條件下形成。

障壁材料較佳係實質上不透氧之材料。在某些實施例中，障壁層實質上不透氧及水。光學材料上併入障壁材料在光學材料未以其他方式保護免於環境效應之實施例中可係期望的。

適宜障壁膜或塗層之實例包括(但不限於)硬金屬氧化物塗層、薄玻璃層及自 Vitex Systems 公司購得之 Barix 塗層材

料。其他障壁膜或塗層可由熟習此項技術者容易地確定。

與本文所闡述之本揭示內容及本發明有關之可能有用的額外資訊包括於 Coe-Sullivan 等人之國際申請案第 PCT/US2009/002796 號，其於 2009 年 5 月 6 日提出申請且標題為「Optical Components, Systems Including An Optical Component, And Devices」；Coe-Sullivan 等人之國際申請案第 PCT/US2009/002789 號，其於 2009 年 5 月 6 日提出申請且標題為：「Solid State Lighting Devices Including Quantum Confined Semiconductor Nanoparticles, An Optical Component For A Solid State Light Device, And Methods」；Modi 等人之國際申請案第 PCT/US2010/32859 號，其於 2010 年 4 月 28 日提出申請且標題為「Optical Materials, Optical Components, And Methods」；Modi 等人之國際申請案第 PCT/US2010/032799 號，其於 2010 年 4 月 28 日提出申請且標題為「Optical Materials, Optical Components, Devices, And Methods」；Linton 等人之國際申請案第 PCT/US2008/007901 號，其於 2008 年 6 月 25 日提出申請且標題為「Compositions And Methods Including Depositing Nanomaterial」；Coe-Sullivan 等人之美國專利申請案第 12/283609 號，其於 2008 年 9 月 12 日提出申請且標題為「Compositions, Optical Component, System Including An Optical Component, Devices, And Other Products」；Breen 等人之國際申請案第 PCT/US2008/10651 號，其於 2008 年 9 月 12 日提出申請且標題為「Functionalized Nanoparticles And Method」；

Breen 等人之國際申請案第 PCT/US2009/004345 號，其於 2009 年 7 月 28 日提出申請且標題為「Nanoparticle Including Multi-Functional Ligand And Method」；Linton 等人之美國專利申請案第 61/234179 號，其於 2009 年 8 月 14 日提出申請且標題為「Lighting Devices, An Optical Component For A Lighting Device, And Methods」；Linton 等人之美國專利申請案第 61/252743 號，其於 2009 年 10 月 19 日提出申請且標題為「An Optical Component, Products Including Same, And Methods For Making Same」；Linton 等人之美國專利申請案第 61/291072 號，其於 2009 年 12 月 30 日提出申請且標題為「An Optical Component, Products Including Same, And Methods For Making Same」；及 Clough 等人之國際申請案第 PCT/US2007/024320 號，其於 2007 年 11 月 21 日提出申請且標題為「Nanocrystals Including A Group IIIa Element And A Group Va Element, Method, Composition, Device And Other Products」；上述每一申請案其整體以引用的方式併入本文中。

闡述以下實例作為本揭示內容之代表。不應將該等實例視為限制揭示內容物之範圍，此乃因該等及其他等效實施例在查看本揭示內容、圖示及隨附申請專利範圍之後將顯而易見。

實例 1

使用藍色 LED 及紅色與綠色量子點之混合物之三色白光源

使用如下文所闡述之膜及峰值發射為約 450 nm 之藍色

LED配置成直下式組態產生三色白光源，該膜包括峰中心波長為523 nm且FWHM為37 nm之綠色量子點、峰中心波長為617 nm且FWHM為32 nm之紅色量子點。來自LED之藍光用於激發綠色及紅色量子點之混合物。量子點混合物之發射光譜以及對照白色LED源之光譜顯示於圖2中。(對照白色LED源係Sharp Microelectronics，製造商元件號GM5BW97333A(描述：LED白色115000K 20 MA 3.2V PLCC4))。

紅色及綠色量子點通常根據以下程序製備：

能夠發射綠光之半導體奈米晶體之製備：

*ZnSe*核之合成：將7.0 mmol二甲基鋅溶於50 mL三正辛基磷中並與10 mL 1 M TBP-Se混合。將0.374 mol油基胺加載於250 mL 3頸燒瓶中，並於90°C下乾燥並脫氣1小時。脫氣之後，將燒瓶在氮下加熱至310°C。一旦溫度達到310°C，則將Zn溶液注入並將反應混合物於270°C下加熱15-30分鐘，同時週期性地移除溶液之等份試樣以監測奈米晶體之生長。一旦奈米晶體之第一吸收峰達到350 nm，則藉由使燒瓶溫度降至160°C使反應停止並在未進一步純化之情況下使用ZnSe核材料用於製備CdZnSe核。

*CdZnSe*核之合成：將22.4 mmol二甲基鎘溶於80 mL三正辛基磷中並與24 mL 1 M TBP-Se混合。在1 L玻璃反應器中，加載0.776 mol三辛基磷氧化物及42 mmol十八烷基磷酸，於120°C下乾燥並脫氣1小時。脫氣之後，在氮下將氧化物/酸加熱至160°C並於160°C下將ZnSe核反應混合物

(參見上文)套管轉移至1 L反應器中，隨後立即經20分鐘之過程經由唧筒式幫浦添加Cd/Se溶液。將反應混合物於150°C下加熱16-20小時，同時週期性地移除溶液之等份試樣以監測奈米晶體之生長。一旦CdZnSe核之發射峰值達到480 nm，即藉由將混合物冷卻至室溫使反應停止。在氮氣手套箱內部藉由添加甲醇與正丁醇之2:1混合物使CdZnSe核自生長溶液沈澱出。然後將經分離核溶於己烷中並用於製備核-殼材料。

CdZnSe/CdZnS核-殼奈米晶體之合成：將0.72 mol三辛基磷氧化物及70 mmol 3,5-二-第三丁基-4-羥基苯甲基膦酸加載於1 L玻璃反應器中。然後將混合物在反應器中藉由加熱至120°C並持續約1小時乾燥並脫氣。然後將反應器冷卻至75°C並將含有經分離CdZnSe核之己烷溶液(2.74 mmol Cd含量)添加至反應混合物中。在減壓下移除己烷。分別使用二甲基鎘、二乙基鋅及六甲基二矽硫烷作為Cd、Zn、及S前體。將Cd與Zn以3:10比率混合，而S相對於組合之Cd與Zn等莫耳。在氮氣手套箱內將Cd/Zn(7.2/16.9 mmol之二甲基鎘及二乙基鋅)及S(24.2 mmol六甲基矽硫烷)試樣各自溶於40 mL三辛基磷中。一旦製得前體溶液，即在氮下將反應器加熱至150°C。在2小時之過程中在150°C下使用唧筒式幫浦逐滴添加前體溶液。殼生長之後，將奈米晶體轉移至氮氣手套箱中並藉由添加甲醇與異丙醇之3:1混合物自生長溶液沈澱出。然後將經分離核-殼奈米晶體溶於己烷中並用於製備量子點複合材料。材料規格為以

下：發射=523 nm；FWHM=37 nm；QY=73%存於甲苯中。

利用3,5-二-第三丁基-4-羥基苯甲基膦酸製備能夠發射

紅光之半導體奈米晶體

*CdSe*核之合成：將26.23 mmol乙酸鎘溶於100°C下存於250 mL 3頸圓底燒瓶中之235.4 mmol三正辛基膦中且然後乾燥並脫氣1小時。將465.5 mmol三辛基膦氧化物及59.8 mmol十八烷基膦酸添加於0.5 L玻璃反應器中並於140°C下乾燥並脫氣1小時。脫氣之後，將Cd溶液添加至含有氧化物/酸之反應器中並在氮下將混合物加熱至270°C。一旦溫度達到270°C，即將243 mmol三正丁基膦注入燒瓶中。然後將混合物之溫度升至295°C，然後將60 mL 1.5 M TBP-Se快速注入其中。在2分鐘內將反應混合物溫度降至270°C且然後自反應燒瓶移除加熱套並經由兩個空氣槍將裝置冷卻。奈米晶體之第一吸收峰為560 nm。在氮氣手套箱內部藉由添加甲醇與異丙醇之3:1混合物使CdSe核自生長溶液沈澱出。然後將經分離核溶於己烷中並用於製備核-殼材料。

*CdSe/CdZnS*核-殼奈米晶體之合成：將517.3 mol三辛基膦氧化物及48.3 mmol 3,5-二-第三丁基-4-羥基苯甲基膦酸加載於0.5 L玻璃反應器中。然後將混合物在反應器中藉由加熱至120°C並持續約1小時乾燥並脫氣。然後將反應器冷卻至70°C並將含有經分離CdSe核之己烷溶液(1.98 mmol Cd含量)添加至反應混合物中。在減壓下移除己烷。分別使用二甲基鎘、二乙基鋅及六甲基二矽硫烷作為Cd、Zn、

及S前體。將Cd與Zn等莫耳比率混合，而S相對於Cd及Zn係兩倍過量。在氮氣手套箱內將Cd/Zn(6.82 mmol二甲基鎘及二乙基鋅)及S(27.3 mmol六甲基矽硫烷)試樣各自溶於80 mL三辛基磷中。一旦製得前體溶液，即在氮下將反應燒瓶加熱至155°C。在2小時之過程中在155°C下使用唧筒式幫浦逐滴添加前體溶液。殼生長之後，將奈米晶體轉移至氮氣手套箱中並藉由添加甲醇與異丙醇之3:1混合物自生長溶液沈澱出。然後將經分離核-殼奈米晶體溶於甲苯中並用於製備量子點複合材料。材料規格為以下：吸收=600 nm；發射=617 nm；FWHM=32 nm；QY=78%，存於甲苯中。

用於製備膜之調配物包括指定量之以下組份：

RD12 (單體)	%	18.1%
DR150 (寡聚物)	%	72.5%
TiO2	%	0.1%
Tego	%	0.9%
量子點	%	0.6%
Carb-o-si	%	7.8%
總計	%	100%
G:R比率		3.5:1

膜製備之闡述及膜特性如下：

厚度	微米	71
塗佈製程		3遍手動絲網塗佈(137網目)
固化條件		每次在N2下經過10秒，H Bulb
層壓條件		在N2下NOA-65-固化20秒，H Bulb
處理		450 nm藍光，通量25-30 mW/cm ² ，於55-60°C下過夜

經固化膜在535 nm (FWHM 37)及629 nm (FWHM 38)下

具有峰值發射，如藉由 Cary 所量測。

將膜絲網印刷於來自 CP Films 公司之 CF-100 障壁膜上。

LCD 設計者感興趣之產品設計參數係色域及功率效率。量子點發射相對於峰值紅色-綠色-藍色 (RGB) 透射波長之對準對於達成可能之最大有用色域很重要。

綠色與紅色量子點之重量%比率主要由用於產生混合物之紅色及綠色量子點之峰值發射波長的選擇來驅動。峰值發射波長之選擇進而由產品設計參數來驅動。

可藉由利用濾色器透射窗共最佳化量子點發射來進一步增加色域。

可藉由選擇低波長紅色量子點(例如峰中心發射為 620 nm 及/或 615 nm 之紅色量子點)代替所選之 630 nm 紅色量子點增加此顯示器之功率效率。功率效率之增加可導致色域之降低。

根據某些態樣，當紅色量子點之峰中心波長變化時，可改變綠色與紅色量子點之比率以在螢幕正面達成相同色點。用於本發明之各個實施例中之較佳綠色對紅色量子點重量%比率之實例包括(但不限於)在約 3.5 比 1 至約 5.5 比 1 範圍內之比率。

實例 2

使用 LED 及紅色及綠色量子點之混合物的背光單元

根據揭示內容之某些實施例，提供利用量子點生成三色白光用於透射進入並透射穿過光導之背光單元。與白色 LED 相比，背光單元提供更高色域及更好之功率效率。量

子點可存在於尺寸類似於光導之端面並毗鄰其之膜中，或其可存在於尺寸類似於光導之邊緣並毗鄰其之毛細管或其他容器中。由本文所闡述之量子點生成之光可透射穿過光導之邊緣或光導之端面。根據利用圖6中所顯示量子點膜之一個實施例，繪示其中來自LED源(此處顯示為具有光導反射片之藍色LED源)之光位於背光之底部上之量子點背光單元堆疊。較佳地，光源與量子點膜間隔開(如所顯示)。毗鄰量子點膜放置擴散器板。可毗鄰擴散器板放置一或多個擴散器片。該堆疊中亦可包括一或多個其他功能片或膜(例如，偏光膜、反射偏光鏡或雙重亮度增強膜)及/或結構化膜(例如，可包括稜鏡特徵)。

來自LED之藍光直接穿過含量子點之膜，其中預定量之綠光及紅光與剩餘藍光混合以產生三色白光。將包括(例如但不限於)擴散器板、一或多種擴散器片及視情況其他功能片或膜之光學膜堆疊放置於含量子點膜之頂部。此組態可稱為直下式組態。(儘管圖繪示包括三個擴散器片之光學膜堆疊之實例，但熟習此項技術者可使用包括各種數量及類型之功能片或膜之其他數量之擴散器片及/或其他光學膜堆疊結構。)

來自藍色LED之光可激發量子點膜，量子點膜一旦被激發可發射白光，然後該白光可透射穿過擴散器板。透射穿過擴散器板之光可作為近朗伯(lambertian)白色源離開。此均勻分佈之光可穿過一或多個擴散器片行進，在該等擴散器片中可進一步經準直朝向法線。最後，準直光可穿過堆

疊外層上之反射偏光鏡(或DBEF)行進，然後進入顯示面板。

圖2比較了量子點膜/藍色LED組合(通常如實例1中所闡述者)及對照白色LED對照(如實例1中所闡述者)之光譜。如圖2中所顯示，使用窄帶量子點發射體可使得使用習用LCD顯示器中所用濾色器所遇到的功率損失降至最低。為利用量子點BLU在色彩圖上達到預定色點，除考慮所用量子點之峰中心波長以外，亦可根據本發明之態樣改變不同色彩量子點之比率及濃度。

根據額外態樣，亦可視需要改變顯示系統中所採用之光學膜堆疊及濾色器，以當與量子點背光單元結合使用時達成預定色點。舉例而言，當將量子膜整合於LED背光中時，應考慮習用直下式背光之現有照度曲線及色彩變化規格。對於期望性能而言，量子點背光之色點可與在螢幕正面為習用LED白色背光之對照之白色點匹配(即，必須匹配穿過LCD面板之白光之色彩)。作為通常在螢幕正面之參照點，典型TV面板中之白光源之[CIE XY]座標為0.28, 0.28。

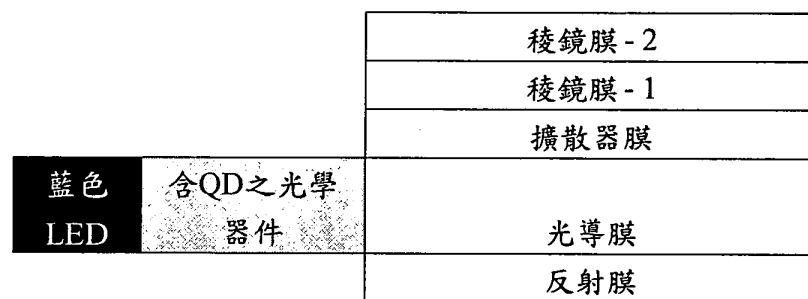
光學膜之厚度可為約0.1至約500微米。然而，基於具體設計及背光單元裝置之使用及/或欲使用其之應用，可使用在此範圍以外之厚度。舉例而言，光學膜之厚度可在50微米至約500微米之間變化，此取決於應用。光學膜可經切割以匹配具體顯示器或正考慮之其他應用之尺寸。

實例3

使用藍色LED及紅色及綠色量子點之混合物產生三色白光 之一般方法

在背光中提供藍色LED之條帶。藍色LED之較佳峰中心波長為450 +/- 5 nm。使藍色波長增加超過460 nm由於來自LED之藍光洩漏至綠色通道而降低色域。

藉助光學器件或膜提供以適當比率混合之綠色與紅色量子點之混合物。在光學器件之情形中，將光學器件插於LED與光導膜或板之間。在膜之情形中，將其作為光學膜堆疊之一部分插入。在邊緣光學器件之情形中，光學膜堆疊之說明顯示於下文。



綠色與紅色量子點之比率經選擇以達成所期望的螢幕正面色點。在某些實施例中，綠色與紅色量子點之重量%比率可在(例如)約3.5:1至約5.5:1中變化。圖12顯示來自背光之三色白光之光譜曲線。闡述光之白度之CIE x, y座標在0.27 +/- 0.01, 0.235 +/- 0.005之範圍內。來自背光之白光穿過為濾色器之面板。自面板(稱為「螢幕正面」)離開之所得白光在0.28 +/- 0.01, 0.28 +/- 0.005之CIE x, y範圍內。含量子點光學器件中所包括之綠色與紅色量子點之重量%比率可經調節，以便來自面板之白光匹配具有CIE x, y值(0.31, 0.33)之D65照明體。螢幕正面色點可調諧至任一

期望值，如本文其他地方所闡述。

實例4

使用薄毛細管光學器件或膜之背光單元

圖7a繪示根據本發明實施例之量子點光學背光單元。如圖7a中所顯示，含量子點之薄毛細管光學器件經定位毗鄰光導膜之邊緣表面。來自一或多個藍色LED之光進入毛細管光學器件，該毛細管光學器件包括能夠發射紅光之量子點與能夠發射綠光之量子點的混合物。藍光之一部分自毛細管光學器件之作為紅光及綠光發射，且一部分作為藍光發射。所發射紅光、綠光及藍光之該組合產生三色白光。光導膜重新引導所得三色白光朝向觀看者。擴散器膜及一對稜鏡膜進一步使光準直朝向觀看者。可視情況將反射膜(未顯示)施加至光導膜之表面與擴散器膜相對，以避免自光導膜之底部離開之光的損失。圖7a中所顯示之涉及較佳可用小背光單元。

期望光導對來自光源之光及由量子點所發射之光光學透明。在本文所闡述之本發明包括光導之某些實施例及態樣中，光導可包含剛性材料，例如，玻璃、聚碳酸酯、厚丙烯酸系樹脂、石英、藍寶石、或具有光導特性之其他已知剛性材料。

在本文所闡述之本發明包括光導之某些實施例及態樣中，光導可作為另一選擇包含撓性材料，例如，聚合物材料，例如塑膠或聚矽氧。各種具體實例包括(但不限於)薄丙烯酸系樹脂、環氧、PEN、PET、PE。

在本文所闡述之本發明包括光導之某些實施例及態樣中，光導係平面的。光導亦可稱為光導板或光導膜。

在本文所闡述之本發明包括光導之某些實施例及態樣中，至少光導發射出光之表面之紋理經選擇以增強或以其他方式改變透射穿過其之光的圖案、角度或其他特徵。舉例而言，在某些實施例中，表面可係平滑的；在某些實施例中，表面可係不平滑的(例如，表面經粗糙化或表面包括一或多個凸起及/或凹陷特徵)；在某些實施例中，表面可包括平滑及不平滑區域二者。

在某些實施例中，舉例而言，光導或光學器件(或光學組件)可進一步包括跨越其表面之輸出耦合部件或結構。

在本文所闡述之本發明之某些實施例及態樣中，光導及/或光學器件(或光學組件)之幾何形狀及尺寸可基於具體最終用途應用來選擇。在某些實施例中，光導之厚度可實質上均勻。在某些實施例中，光導之厚度可實質上不均勻(例如，逐漸變細)。

本揭示內容範圍內之光學器件通常係其中有量子點之透明容器。適宜容器之一個實例係具有大體正方形截面之毛細管。然而，其他形狀包括在本揭示內容之範圍內，例如四邊形(例如，矩形截面、正方形截面、梯形截面等)、圓形截面、卵形截面、橢圓形截面及諸如此類。光學器件之目的係允許自量子點所發射之光穿過光導並進入該光導中。利用此實施方案，光學器件之厚度可經調節以匹配光導膜厚度，以確保來自量子點光學器件及LED之光的最大

耦合。在此實施方案之一個實例中，選擇藍色LED源來激發填充有紅色及綠色量子點之毛細管。

正方形及矩形截面之毛細管可較佳。此外，具有矩形截面之毛細管可超過正方形截面之毛細管而更佳。矩形截面可更佳係由於能夠製作足夠寬之薄毛細管，以匹配毛細管可經定位及對準所毗鄰之光導板之厚度。在行動器件中所用之背光中，由於其大小，因此在光源(例如，無機半導體LED)與光導板之間通常具有較小空間。在此情況下，可使用薄毛細管(50-100微米厚度-內徑)。光學器件之高度(外徑)經設計以匹配光導板厚度。尺寸通常小於0.75 mm且在0.6至0.3 mm之範圍內。壁厚度通常為約50微米以確保作用區足以產生色彩轉換。圖4及5圖解說明行動應用(小背光)及較大背光中所用之典型毛細管。

適用於小背光單元之毛細管及其相關尺寸之實例顯示於圖4中。

適用於較大背光單元之毛細管及其相關尺寸之實例顯示於圖5中。

根據一個實施例，利用7個峰值透射為約450 nm之藍色LED照射行動BLU。藉由將容納有紅色與綠色量子點之薄光學器件插入藍色LED與光導膜之間實施含量子點之光學BLU。當紅色及綠色量子點之混合物被激發時，產生白光並傳輸至光導。

量子點係各向同性發射體；其在所有方向上發射光。此意味著來自毛細管中量子點之光朝向光導板以及在除光導

板以外之方向上發射。可將可選反射器或反射器材料繞毛細管纏繞或以其他方式施加於最多三個側上以使光循環並聚焦朝向光導。在此一方案中，在毛細管面向LED之側上，在光反射材料或反射器中提供適當開口用於使藍光離開LED並進入光學器件。圖8中所顯示之示意圖提供此組態之實例。

如圖8中所顯示，為使毛細管光學器件及/或藍色LED光學耦合至光導，將毛細管毗鄰光導之邊緣表面放置且然後用反射材料或膜(例如，鍍鋁Mylar、ESR、白色膜)纏繞或塗佈。較佳地，毛細管與光導之邊緣之間有空氣隙。另一選擇為，可使用光學黏著劑將毛細管耦合至光導之邊緣。舉例而言，膜可完全繞量子點填充毛細管纏繞並連接至光導。視情況，舉例而言，膜可繞LED及量子點填充之毛細管二者纏繞。此一實施例可幫助將毛細管與光導對準、耦合並保持。在膜僅繞毛細管纏繞之實施例中，可在與激發LED對準之反射膜中提供孔以使激發光進入毛細管。

另一選擇且參照圖9，可在毛細管之三個側上沈積短帶通濾波器以使LED光通過但將量子點生成之光反射進入光導中。短帶通濾波器材料係自Barr Precision Optics And Thin Film Coating購得。適宜短帶通濾波器材料可由熟習相關領域之技術者容易地識別。利用短帶通濾波器材料塗佈毛細管之方法包括蒸發塗佈、及熟習此項技術者可容易地確定之其他技術。較佳帶通濾波器應允許來自LED之藍光之幾乎完全透射。來自LED之光進入120度圓錐體。帶

通濾波器應能夠透射正進入圓錐體內之光。帶通濾波器應能夠將由量子點所發射之綠光及紅光向後反射。此光在光學器件內得到循環並得以耦合至光導。

亦可提供使來自光學器件之光至光導之耦合最大化之光學耦合層以使亮度最大化。

根據揭示內容之某些實施例，可將含量子點之膜在光導與擴散器之間插入至光學膜堆疊(在本文中亦稱為QD膜BLU)中，如圖7b中所顯示，其中與圖6中所顯示作為另一選擇放置於膜對面相反，藍色LED位於膜邊緣處。在圖7a及7b二者中，量子點可遠離LED晶片放置。因此，在兩種情況下，可調節量子點之濃度以滿足螢幕正面(即，面板後)所期望之色點。可使用相似大小之習用白色LED背光作為對照系統用於比較QD BLU與習用系統之性能。

根據此實施例，藉助藍色LED矩陣(例如，峰值透射為約450 nm之5個藍色LED)及沿光導一個面之量子點膜實施量子點BLU。當膜中之紅色及綠色量子點之混合物激發時，產生白光並傳輸至光導。

如以上實例1中所闡述包括量子點膜及藍色LED之直下式背光之照度均一性與本文所闡述之對照白色LED相當。

然而，重要地是，與使用習用白色LED背光之顯示器相比，量子點BLU可具有更大色域。根據揭示內容之此態樣，量子點BLU藉由允許隨環境照明條件來調諧亮度來提供進一步功率節省。

根據圖7a及7b中所顯示之實施例，量子點膜及量子點毛

細管光學實施方案提供兩種增加LED顯示器中之色域之不同途徑，而不存在與習用RGB LED相關聯之內在實施方案複雜性。量子點膜BLU可最適合用於側光式(edge-lit)背光系統中之實施方案，而量子點光學BLU可用於側光式及直下式系統二者中。對於大面積LCD而言，考慮到達成所期望之色點所需之量子點之量，量子點光學器件實施方案可更經濟。

圖11顯示當將量子點光學器件暴露於高能量藍色LED光(約 25 mW/cm^2)及高達 80°C 之溫度時，量子點光學器件之量子效率隨時間之變化。與量子點膜相比，由於量子點光學器件接近LED，因此光學器件經受更高光通量及溫度。如圖11中所顯示，對於每一溫度條件在經過1000小時時未觀察到量子效率中之變化。

在量子點光學BLU中，由於量子點係各向同性發射體(即，其在所有方向上均勻地發射光)，因此在某些情況下光至光導膜中之耦合之效率可不那麼有效。本揭示內容之多個態樣包括藉由以上所闡述之有效耦合機制引導在除光導膜以外之方向上所發射之光朝向光導膜。量子點光源至光導之經改良耦合使得量子點BLU之亮度相對於習用白色BLU亮度有所增加。

如本文所用，「外部量子效率」(在本文中亦稱為「EQE」或「光致發光效率)係在 $12''$ 積分球中使用NIST可追溯校準光源使用Mello等人等人(Advanced Materials 9(3):230 (1997)，其以引用的方式併入)所開發之方法來量測。

除非上下文另外明確指出，否則本文所用之單數形式「一(a, an)」及「該(the)」包括複數形式。因此，舉例而言，提及發射材料包括提及一或多種該等材料。

本專利申請者特別將所有引用文獻之全部內容併入本揭示內容中。此外，當以範圍、較佳範圍或較佳上限值及較佳下限值列表給出量、濃度或其他值或參數時，應將其理解為係特定揭示由任一對任一上限範圍限值或較佳值與任一下限範圍限值或較佳值形成之所有範圍，無論是否單獨揭示該等範圍。當本文闡述數值範圍時，除非另有說明，否則該範圍意欲包括其端點值及該範圍內之所有整數及分數。本文並非意欲將本發明範圍限定於界定範圍時所闡述之特定值。

藉由考慮本說明書及實踐本文所揭示之本發明，熟習此項技術者應瞭解本發明之其他實施例。僅意欲將本發明說明書及各實例視為例示性，本發明之真正範圍及精神係由下文申請專利範圍及其等效物指示。

儘管已以特定用於結構特徵及/或方法行為之語言來描述標的物，但應瞭解，在隨附申請專利範圍中所界定之標的物未必限於上述特定特徵或行為。相反，揭示上述特定特徵及行為作為實施請求項之實例形式。

【圖式簡單說明】

結合附圖根據上文例示性實施例之詳細說明將更全面地理解本發明之上述及其他特徵及優點，其中：

圖1A圖解說明根據本揭示內容之各個態樣利用含量量子點

油墨填充毛細管之方法的實例。

圖1B圖解說明根據本揭示內容之各個態樣利用含量子點油墨填充毛細管之方法的實例。

圖2圖解說明含量子點之背光單元(BLU)之實施例及白色LED BLU之光譜。

圖3圖解說明根據本揭示內容之各個態樣之毛細管之實例。

圖4圖解說明根據本揭示內容之各個態樣之毛細管之實例。

圖5圖解說明根據本揭示內容之各個態樣之毛細管之實例。

圖6圖解說明根據本揭示內容之各個態樣藉由將LED源與包括量子點之膜整合在一起所產生之含量子點之背光之實例。

圖7a圖解說明根據本揭示內容之各個態樣將含量子點之薄毛細管光學器件插入LED與光導之間。

圖7b圖解說明根據本揭示內容之各個態樣將包括量子點之膜插入光學膜堆疊中。

圖8圖解說明根據本揭示內容之各個態樣圍繞毛細管使用反射材料或膜以允許來自LED之光進入毛細管並將來自毛細管之光引導至光導中。

圖9圖解說明根據本揭示內容之各個態樣使用沈積於毛細管三個側上之短帶通濾波器以使LED光通過，但將量子點生成之光反射至光導中。

圖 10 圖解說明根據本揭示內容之各個態樣，含量子點 BLU 堆疊(包括由 LED 發射之藍光激發之紅色及綠色量子點)之照度曲線與習用白色 BLU 堆疊之照度曲線匹配。

圖 11 圖解說明根據本揭示內容之各個態樣，當將包括紅色量子點及綠色量子點之量子點光學器件暴露於高能量藍色 LED 光(約 25 mW/cm^2)及高達 80°C 之溫度時，含量子點光學 BLU 之量子效率隨時間之變化。

圖 12 繪示來自本文所闡述之背光單元之實例的三色白光之光譜曲線，該等背光單元包括在不同峰中心波長(630 nm、620 nm 及 615 nm)下發射之紅色發光量子點。

發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號： 100128597

※申請日： 100.8.10

※IPC 分類： G02F 1/13357

一、發明名稱：(中文/英文)

2006 01

以量子點為主的照明

QUANTUM DOT BASED LIGHTING

二、中文發明摘要：

本發明闡述關於用於照明應用之量子點(QD)結構之系統及方法。具體而言，合成量子點及含量子點之油墨(包含不同波長量子點之混合物)以獲得期望光學性質並與LED源整合在一起以產生三色白光源。該LED源可與該等量子點以各種方式整合在一起，包括藉助使用在該光學系統內適當放置之充滿含量子點之油墨之小毛細管或含量子點之膜來整合。該等系統可產生以更高色域、更低功率消耗及成本降低為特徵之經改良顯示器。

三、英文發明摘要：

Systems and methods are described that relate to quantum dot (QD) structures for lighting applications. In particular, quantum dots and quantum dot containing inks (comprising mixtures of different wavelength quantum dots) are synthesized for desired optical properties and integrated with an LED source to create a trichromatic white light source. The LED source may be integrated with the quantum dots in a variety of ways, including through the use of a small capillary filled with quantum dot containing ink or a quantum dot containing film placed appropriately within the optical system. These systems may result in improved displays characterized by higher color gamuts, lower power consumption, and reduced cost.

七、申請專利範圍：

1. 一種生成三色白光之方法，其包含

使來自能夠發射藍光之光源之光與光學材料接觸，該光學材料包含主體材料及能夠發射綠光之第一量子點及能夠發射紅光之第二量子點，其中在該光學材料中該等第一量子點與該等第二量子點之重量%比率在約9:1至約2:1之範圍內，及

自來自該光源之光、來自該等第一量子點之光及來自該等第二量子點之光生成三色白光。

2. 如請求項1之方法，其中該藍光具有在約450 nm至約460 nm範圍內之峰中心波長且該光學材料包含能夠發射峰中心波長在約520 nm至約540 nm範圍內之綠光之第一量子點及能夠發射峰中心波長在約615 nm至約630 nm範圍內之紅光之第二量子點。
3. 如請求項1或2之方法，其中在該主體材料中第一量子點與第二量子點之總濃度在約0.5重量%至約10重量%之範圍內。
4. 如請求項1或2之方法，其中在該光學材料中第一量子點之重量%對該等第二量子點之重量%之比率在約6比1至約2比1之範圍內。
5. 如請求項4之方法，其中比率在約5比1至約3比1之範圍內。
6. 如請求項1或2之方法，其中該光學材料進一步包括散射體。

7. 如請求項3之方法，其中該光學材料以約0.1重量%至約1重量%範圍內之量包括散射體。
8. 如請求項1或2之方法，其中該光學材料進一步包括玻璃珠粒。
9. 如請求項8之方法，其中該光學材料以約5重量%至約30重量%範圍內之量包括玻璃珠粒。
10. 如請求項1或2之方法，其中該光學材料進一步包括觸變膠。
11. 如請求項10之方法，其中該觸變膠包含煙霧狀金屬氧化物。
12. 如請求項10之方法，其中該光學材料以約2重量%至約10重量%範圍內之量包括觸變膠。
13. 如請求項1或2之方法，其中在該所生成之三色光中藍光與綠光之強度比率在約0.75至4之範圍內，且在該所生成之三色光中綠光與紅光之強度比率在約0.75至2.0之範圍內。
14. 如請求項1或2之方法，其中該三色光之紅色及綠色組份中之每一者具有FWHM在約25 nm至約50 nm範圍內之峰值發射。
15. 一種用於生成三色白光之裝置，其包含
能夠發射藍光之光源以及光學材料，該光學材料包含主體材料及能夠發射綠光之第一量子點及能夠發射紅光之第二量子點，其中在該光學材料中該等第一量子點與該等第二量子點之重量%比率在約9:1至約2:1之範圍內。

16. 如請求項 15 之裝置，其中該藍光具有在約 450 nm 至約 460 nm 範圍內之峰中心波長且該光學材料包含能夠發射峰中心波長在約 520 nm 至約 540 nm 範圍內之綠光之第一量子點及能夠發射峰中心波長在約 615 nm 至約 630 nm 範圍內之紅光之第二量子點。
17. 如請求項 15 或 16 之裝置，其中在該光學材料中第一量子點與第二量子點之總濃度在約 0.5 重量% 至約 10 重量% 之範圍內。
18. 如請求項 15 或 16 之裝置，其中在該光學材料中第一量子點之重量% 對該等第二量子點之重量% 之比率在約 6 比 1 至約 2 比 1 之範圍內。
19. 如請求項 18 之裝置，其中該比率在約 5 比 1 至約 3 比 1 之範圍內。
20. 如請求項 15 或 16 之裝置，其中該光學材料進一步包括散射體。
21. 如請求項 20 之裝置，其中該光學材料進一步以約 0.1 重量% 至約 1 重量% 範圍內之量包括散射體。
22. 如請求項 15 或 16 之裝置，其中該光學材料進一步包括玻璃珠粒。
23. 如請求項 22 之裝置，其中該光學材料進一步以約 5 重量% 至約 30 重量% 範圍內之量包括玻璃珠粒。
24. 如請求項 15 或 16 之裝置，其中該光學材料進一步包括觸變膠。
25. 如請求項 24 之裝置，其中該觸變膠包含煙霧狀金屬氧化

物。

26. 如請求項24之裝置，其中該光學材料進一步以約2重量%至約10重量%範圍內之量包括觸變膠。

27. 如請求項15或16之裝置，其中在該裝置所生成之三色光中藍光與綠光之強度比率在約0.75至4之範圍內且在該裝置所生成之三色光中綠光與紅光之強度比率在約0.75至2.0之範圍內。

28. 如請求項15或16之裝置，其中該三色光之紅光及綠光組份中之每一者具有FWHM在約25 nm至約50 nm範圍內之峰值發射。

29. 如請求項15或16之裝置，其中該等第一量子點與該等第二量子點均質分佈於整個該主體材料中。

30. 一種背光單元裝置，其包含

光源，其能夠發射藍光且經定位以能夠照射光學材料，該光學材料包含主體材料及能夠發射綠光之第一量子點及能夠發射紅光之第二量子點，其中在該光學材料中該等第一量子點與該等第二量子點之重量%比率在約9:1至約2:1之範圍內，且

該光學材料進一步毗鄰透明光導之表面定位，其中自該等第一量子點所發射之綠光、自該等第二量子點所發射之紅光、及自該光源所發射之藍光之一部分之組合可生成三色光。

31. 如請求項30之背光單元裝置，其中該光學材料毗鄰該光導之邊緣表面定位。

32. 如請求項31之背光單元裝置，其中該光學材料包括於透明毛細管中。
33. 如請求項32之背光單元裝置，其中光反射材料部分地環繞該毛細管，以使得自該光學材料所發射的在遠離該光導之該邊緣之方向上的光反射朝向該光導之該邊緣。
34. 如請求項33之背光單元裝置，其中該光反射材料接觸該光導之頂部表面之一部分，環繞該光學材料之一部分並接觸該光導之底部表面之一部分，以使得自該光學材料所發射的在遠離該光導之該邊緣之方向上的光反射朝向該光導之該邊緣。
35. 如請求項33或34之背光單元裝置，其中該光反射材料包括毗鄰該光源之開口，以使得自該光源所發射之光可進入該光學材料。
36. 如請求項33之背光單元裝置，其中光反射材料接觸該光導之頂部表面之一部分，環繞該光源及該光學材料之一部分並接觸該光導之底部表面之一部分，以使得自該光學材料所發射的在遠離該光導之該邊緣之方向上的光反射朝向該光導之該邊緣。
37. 如請求項33之背光單元裝置，其中該光反射材料包含短帶通濾波器以允許來自該光源之光穿過，同時反射來自該等第一量子點及該等第二量子點之光。
38. 如請求項34之背光單元裝置，其中該光反射材料包含短帶通濾波器以允許來自該光源之光穿過，同時反射來自該等第一量子點及該等第二量子點之光。

39. 如請求項30之背光單元裝置，其中該光學材料毗鄰該光導之端面表面定位。
40. 如請求項39之背光單元裝置，其中該光學材料包括於膜中。
41. 如請求項30之背光單元裝置，其進一步包括一或多個可選反射片、擴散器板、擴散器片、結構化片、及/或雙重亮度增強膜。
42. 如請求項30之背光單元裝置，其中該光學材料定位於該光源與該光導之毗鄰表面之間。
43. 如請求項42之背光單元裝置，其中自該光源所發射之光直接進入至該光學材料中。
44. 一種液晶顯示單元，其包含
背光單元裝置，其包含能夠發射綠光且經定位以能夠照射光學材料之光源，該光學材料包含主體材料及能夠發射綠光之第一量子點及能夠發射紅光之第二量子點，其中在該光學材料中該等第一量子點與該等第二量子點之重量%比率在約9:1至約2:1之範圍內，
該光學材料，其進一步毗鄰透明光導之表面定位，其中自該等第一量子點所發射之綠光、自該等第二量子點所發射之紅光、及自該光源所發射之藍光之一部分之組合可生成三色光，及
液晶顯示面板，其經定位以與自該背光單元裝置所發射之三色光光學連通。
45. 一種液晶顯示單元，其包含如請求項30之背光單元裝置

及經定位以與自該背光單元裝置所發射之三色光光學連通之液晶顯示面板。

46. 一種轉移包括量子點之液體混合物之方法，該方法包含使容器與該包括量子點之液體混合物之供應接觸及增加該包括量子點之液體混合物之表面上的氣體壓力，以使得迫使該包括量子點之液體混合物進入該容器。
47. 如請求項46之方法，其中該容器係毛細管。
48. 如請求項47之方法，其中該包括量子點之液體混合物之該供應存在於密閉環境(contained environment)中。
49. 如請求項48之方法，其中藉由迫使來自外部源之氣體進入該密閉環境中來增加該密閉環境內之氣體壓力。
50. 如請求項47之方法，其中該毛細管實質上充滿該包括量子點之液體混合物，移除並密封。
51. 如請求項37或38之背光單元裝置，其中該短帶通濾波器可選擇性地透射波長在約420 nm至約480 nm範圍內之藍光且可選擇性地反射波長在約481 nm至約680 nm範圍內之光。
52. 如請求項33之背光單元裝置，其中該光反射材料部分地環繞該毛細管。
53. 如請求項52之背光單元裝置，其中該毛細管最靠近該光導之表面不含光反射材料。
54. 如請求項51之背光單元裝置，其中該短帶通濾波器在約420 nm至約480 nm範圍內之透射率為至少90%。
55. 如請求項51之背光單元裝置，其中該短帶通濾波器在約

481 nm至約680 nm範圍內之透射率不超過5%。

56. 如請求項33之背光單元裝置，其中該毛細管具有圓形截面。
57. 如請求項33之背光單元裝置，其中該毛細管具有四邊形截面。
58. 如請求項57之背光單元裝置，其中該毛細管具有正方形截面。
59. 如請求項57之背光單元裝置，其中該毛細管具有矩形截面。
60. 如請求項57之背光單元裝置，其中該毛細管具有梯形截面。
61. 如請求項57之背光單元裝置，其中光反射材料塗佈於該毛細管最靠近該光源之表面上。
62. 如請求項61之背光單元裝置，其中光反射材料進一步塗佈於該毛細管之表面之頂部及底部表面上。
63. 如請求項33之背光單元裝置，其中該毛細管之末端經材料塗佈以防止光自其該等末端發射。
64. 一種光學材料，其與能夠發射藍光之光源一起使用以生成三色白光，該光學材料包含主體材料及能夠發射綠光之第一量子點及能夠發射紅光之第二量子點，其中在該光學材料中該等第一量子點與該等第二量子點之重量百分比率在約9:1至約2:1之範圍內。
65. 如請求項64之光學材料，其中該藍光具有在約450 nm至約460 nm範圍內之峰中心波長且該光學材料包含能夠發

射峰中心波長在約520 nm至約540 nm範圍內之綠光之第一量子點及能夠發射峰中心波長在約615 nm至約630 nm範圍內之紅光之第二量子點。

66. 一種光學器件，其包含毛細管，該毛細管包含如請求項64或65之光學材料，其中該毛細管部分地由光反射材料環繞。
67. 如請求項66之光學器件，其中該光反射材料包含短帶通濾波器以允許來自該光源之光穿過，同時反射來自該等第一量子點及該等第二量子點之光。
68. 如請求項67之光學器件，其中該短帶通濾波器可選擇性地透射波長在約420 nm至約480 nm範圍內之藍光且可選擇性地反射波長在約481 nm至約680 nm範圍內之光。
69. 如請求項66之光學器件，其中在沿該毛細管之長度之一個表面上不含光反射材料。
70. 如請求項68之光學器件，其中該短帶通濾波器在約420 nm至約480 nm範圍內之透射率為至少90%。
71. 如請求項68或70之光學器件，其中該短帶通濾波器在約481 nm至約680 nm範圍內之透射率不超過5%。
72. 如請求項66之光學器件，其中該毛細管具有圓形截面。
73. 如請求項66之光學器件，其中該毛細管具有四邊形截面。
74. 如請求項66之光學器件，其中該毛細管具有正方形截面。
75. 如請求項66之光學器件，其中該毛細管具有矩形截面。

76. 如請求項 66 之光學器件，其中該毛細管具有梯形截面。
77. 如請求項 69 之光學器件，其中光反射材料塗佈於沿該毛細管之該長度且與不含光反射材料之該表面相對之表面之一部分上。
78. 如請求項 77 之光學器件，其中光反射材料進一步塗佈於該毛細管之表面之頂部及底部表面上。
79. 如請求項 66 之光學器件，其中該毛細管之末端經材料塗佈以防止光自其該等末端發射。
80. 如請求項 77 之光學器件，其中沿該毛細管之該長度且與不含光反射材料之該表面相對之該表面經光反射材料塗佈，其中預定配置之一或多個預定義區未經塗佈用於在每一預定義區中放置光源，以便自該光源所發射之光可進入該光學材料。
81. 如請求項 30 之背光單元裝置，其中該藍光具有在約 450 nm 至約 460 nm 範圍內之峰中心波長且該光學材料包含能夠發射峰中心波長在約 520 nm 至約 540 nm 範圍內之綠光之第一量子點及能夠發射峰中心波長在約 615 nm 至約 630 nm 範圍內之紅光之第二量子點。
82. 一種光學器件，其包含如請求項 64 或 65 之光學材料。
83. 如請求項 82 之光學器件，其進一步包含光導，其中該光學材料毗鄰其端面表面佈置。
84. 如請求項 82 之光學器件，其進一步包含光導，其中該光學材料毗鄰其邊緣表面佈置。
85. 如請求項 32 之背光單元裝置，其中該透明毛細管中之該

光學材料光學耦合至該光導之該邊緣表面。

86. 如請求項 30 之背光單元裝置，其中該光導位於該光源與該光學材料之間。
87. 如請求項 30 之背光單元裝置，其中該光源係光學耦合至該光學材料。
88. 如請求項 1 之方法，其中該光學材料具有至少 70% 之 EQE。
89. 如請求項 15 之裝置，其中該光學材料具有至少 70% 之 EQE。
90. 如請求項 30 之背光單元裝置，其中該光學材料具有至少 70% 之 EQE。
91. 如請求項 44 之液晶顯示單元，其中該光學材料具有至少 70% 之 EQE。
92. 如請求項 64 之光學材料，其中該光學材料具有至少 70% 之 EQE。
93. 如請求項 66 或 82 之光學器件，其中該光學材料具有至少 70% 之 EQE。
94. 如請求項 66 或 82 之光學器件，其中該毛細管在每一末端密封。
95. 如請求項 66 或 82 之光學器件，其中該毛細管經氣密密封。
96. 如請求項 66 或 82 之光學器件，其中該毛細管經假氣密密封。
97. 如請求項 66 或 82 之光學器件，其中該毛細管之至少一個

末端係火焰密封。

98. 如請求項66或82之光學器件，其中該毛細管之至少一個
末端係用玻璃密封。

99. 如請求項66或82之光學器件，其中該毛細管之至少一個
末端係用黏著劑密封。

八、圖式：

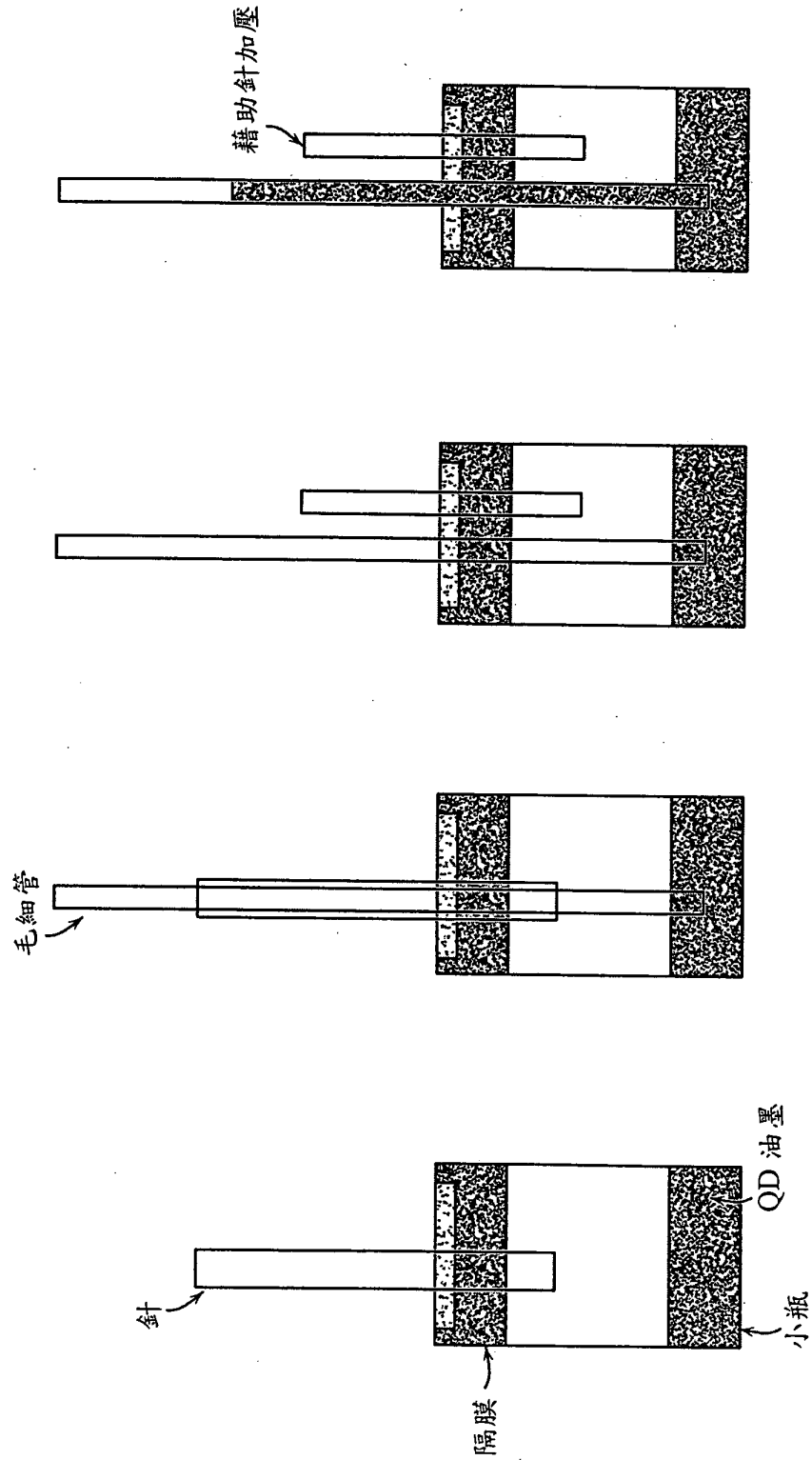


圖 1A

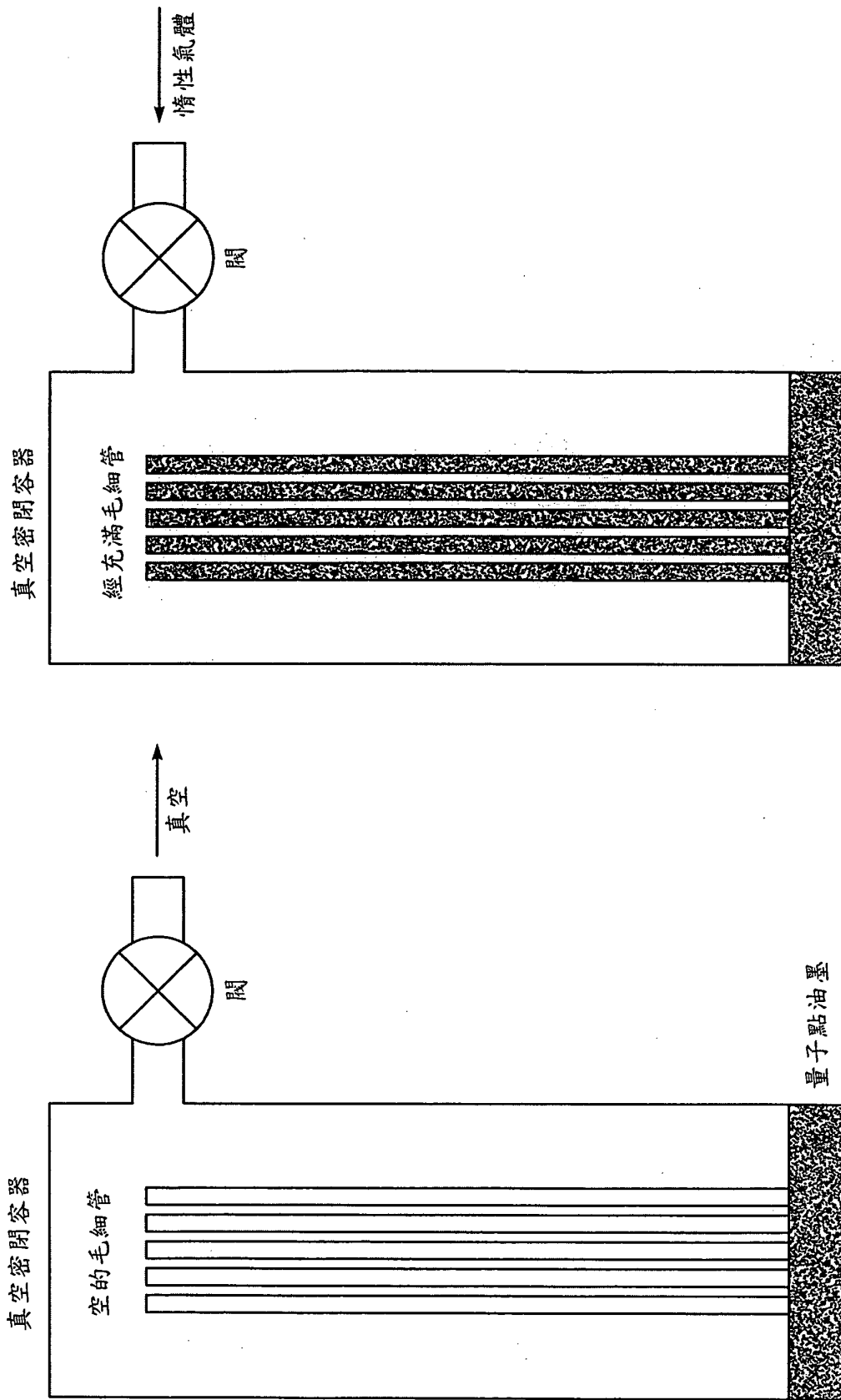


圖 1B

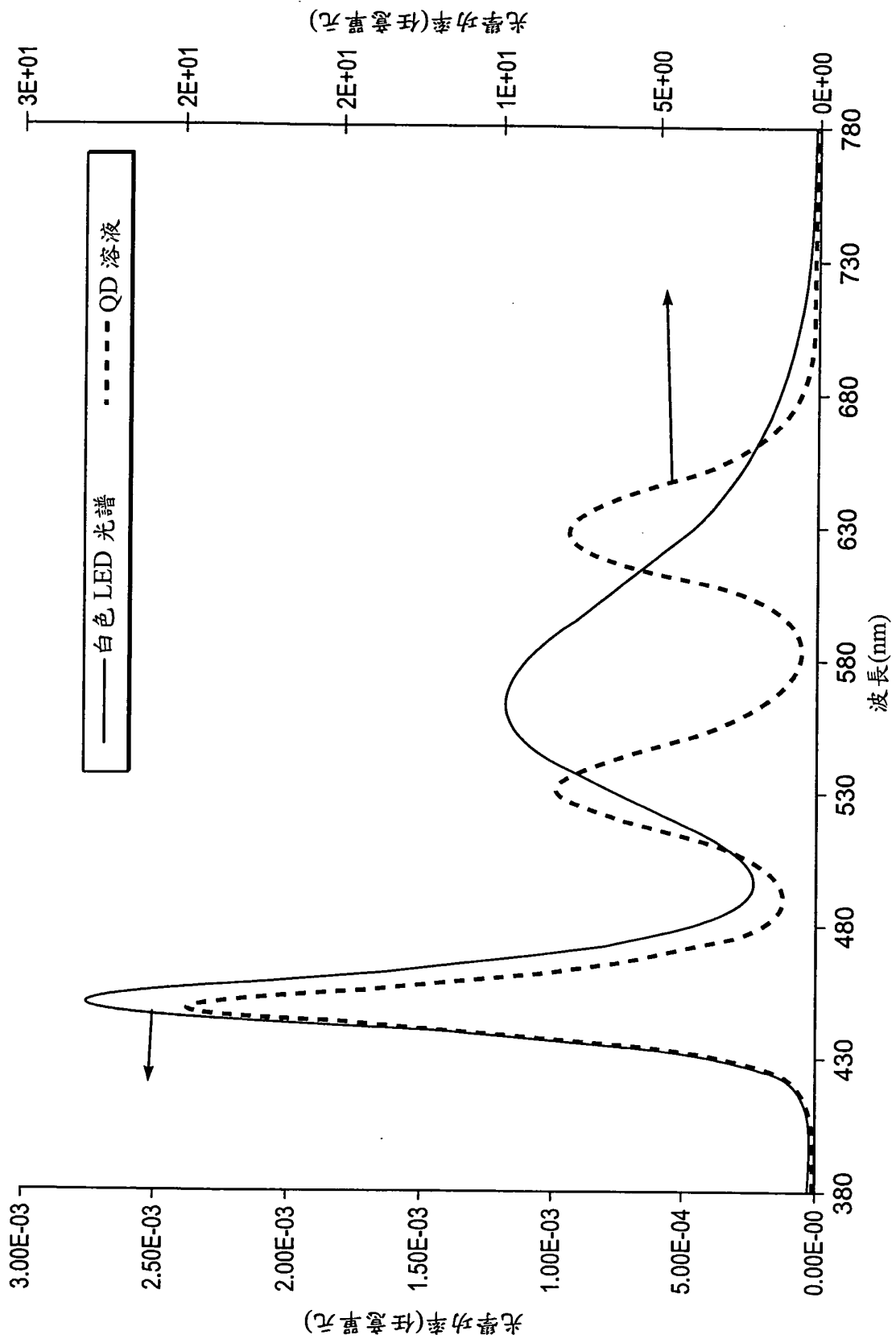


圖 2

光學器件之說明：

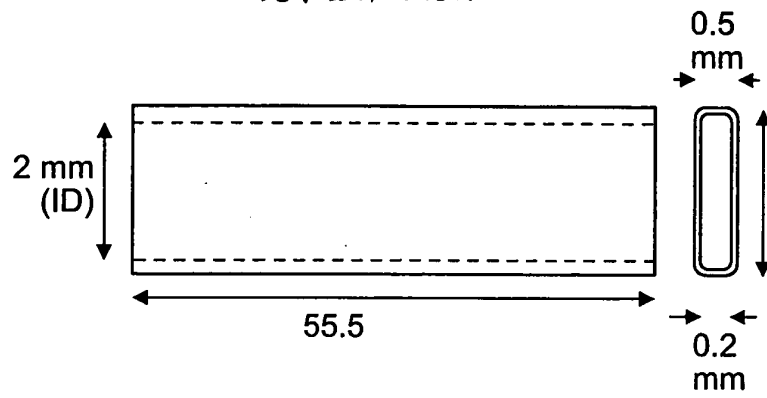


圖 3

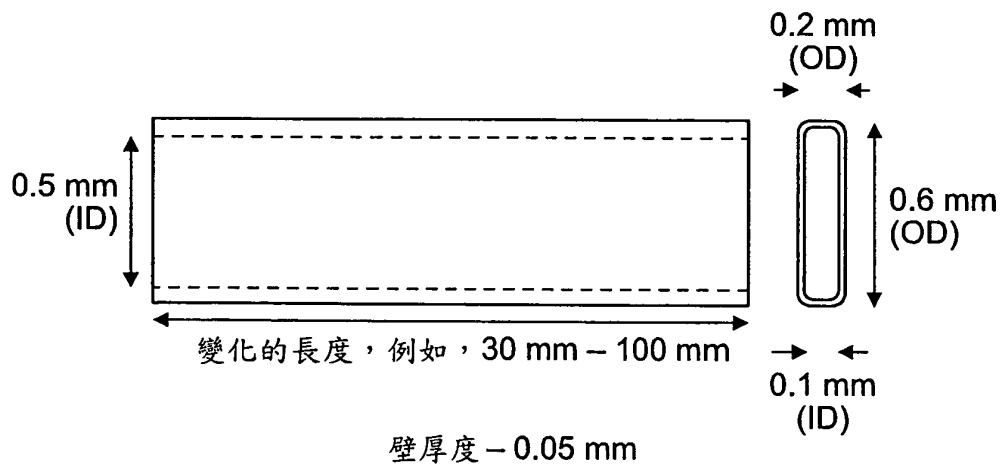


圖 4

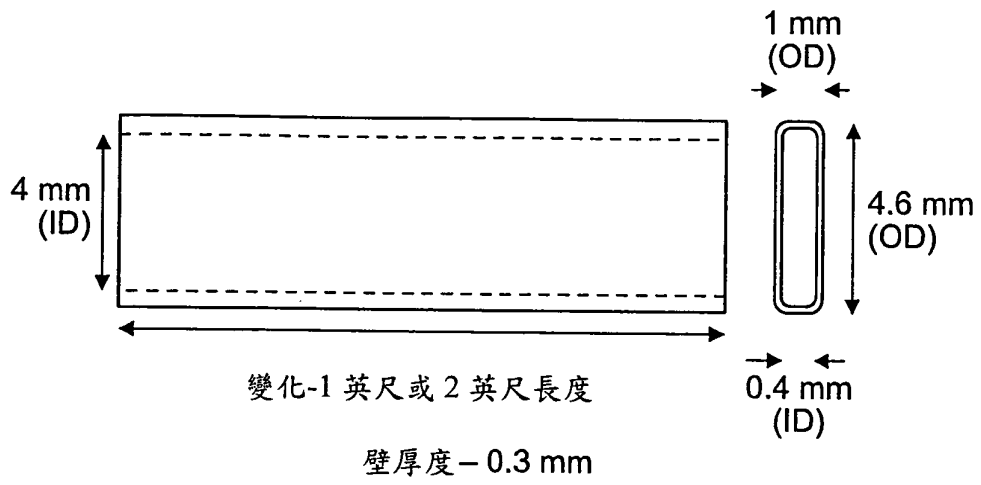


圖 5

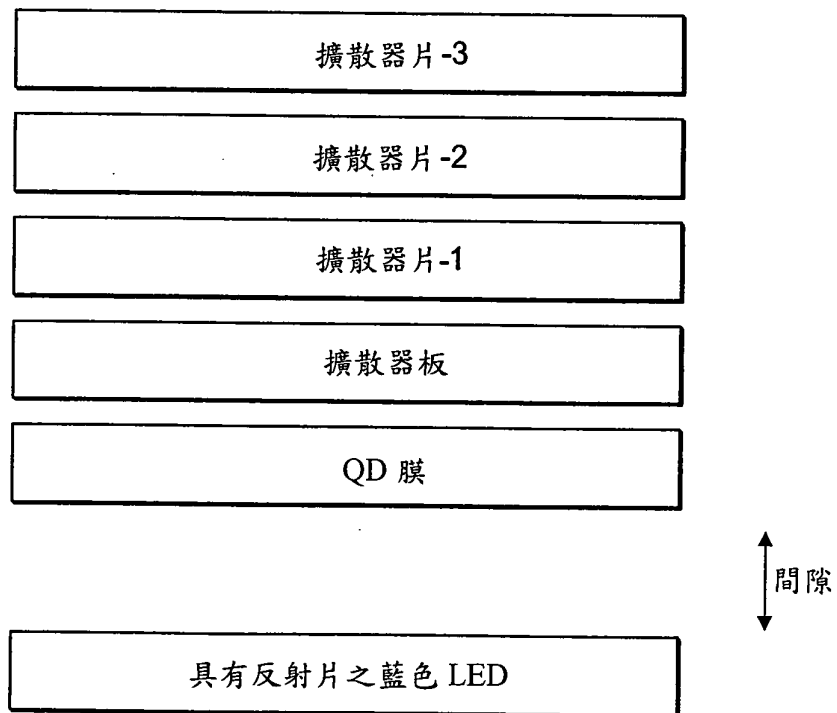


圖 6

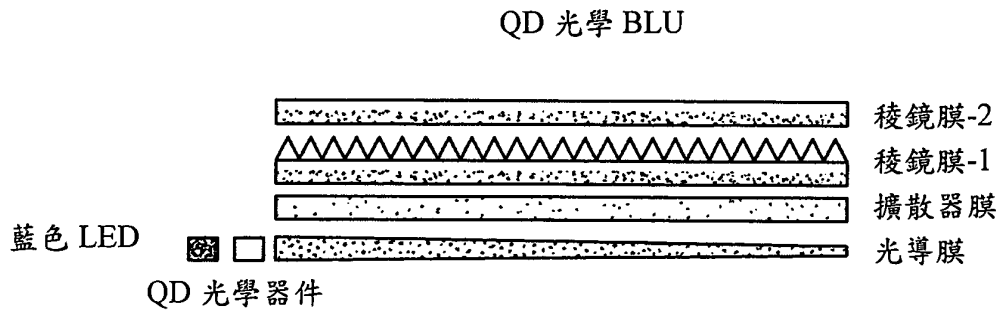


圖 7A

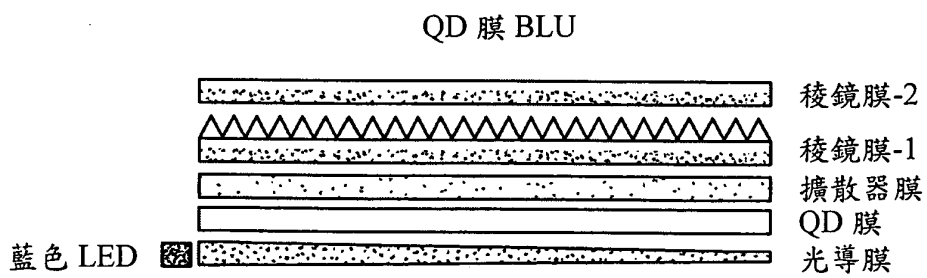


圖 7B

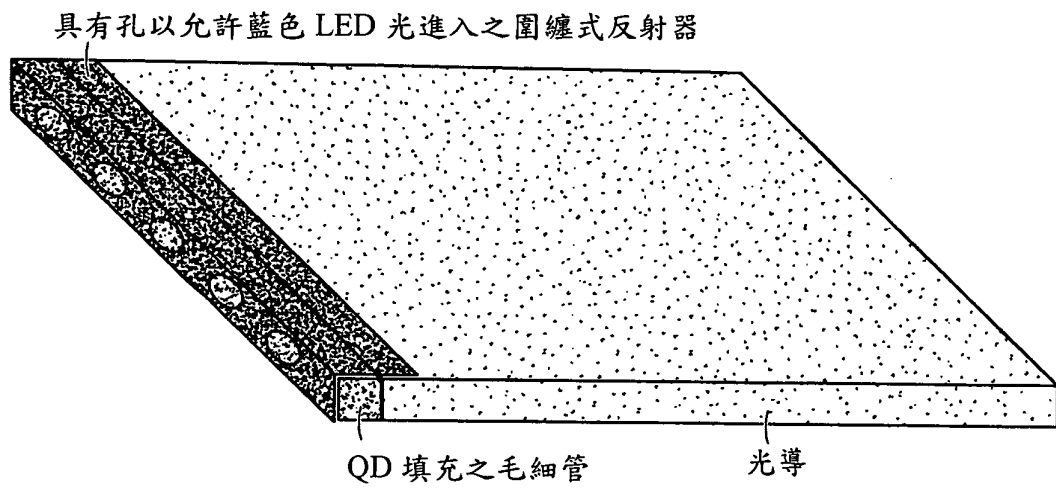


圖 8

蒸發塗布在 QD 毛細管之一個至三個側上之短帶通濾波器

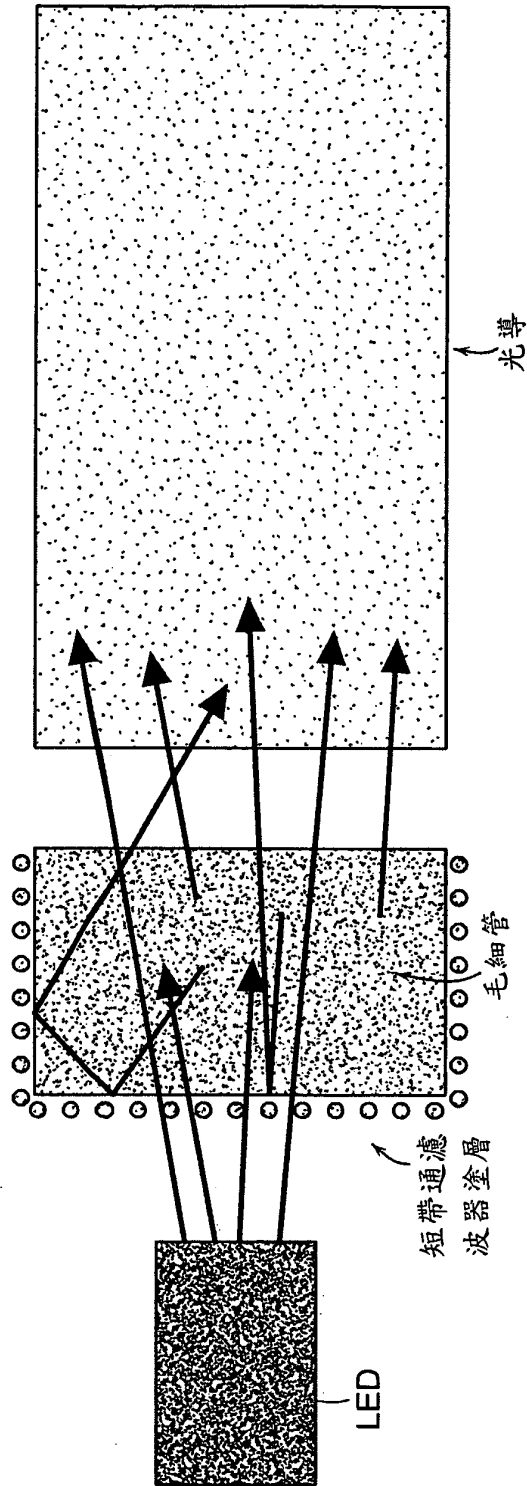


圖 9

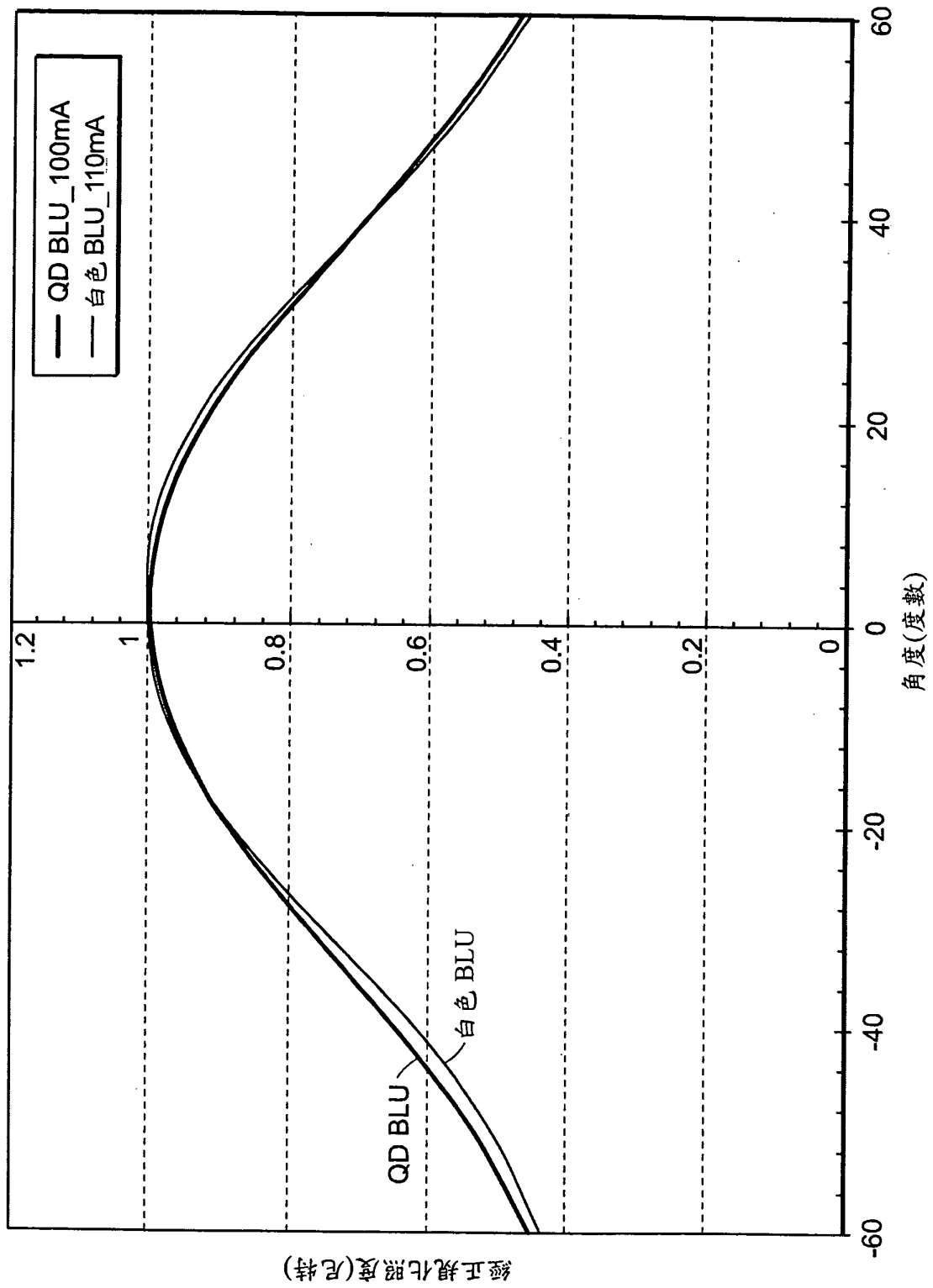


圖 10

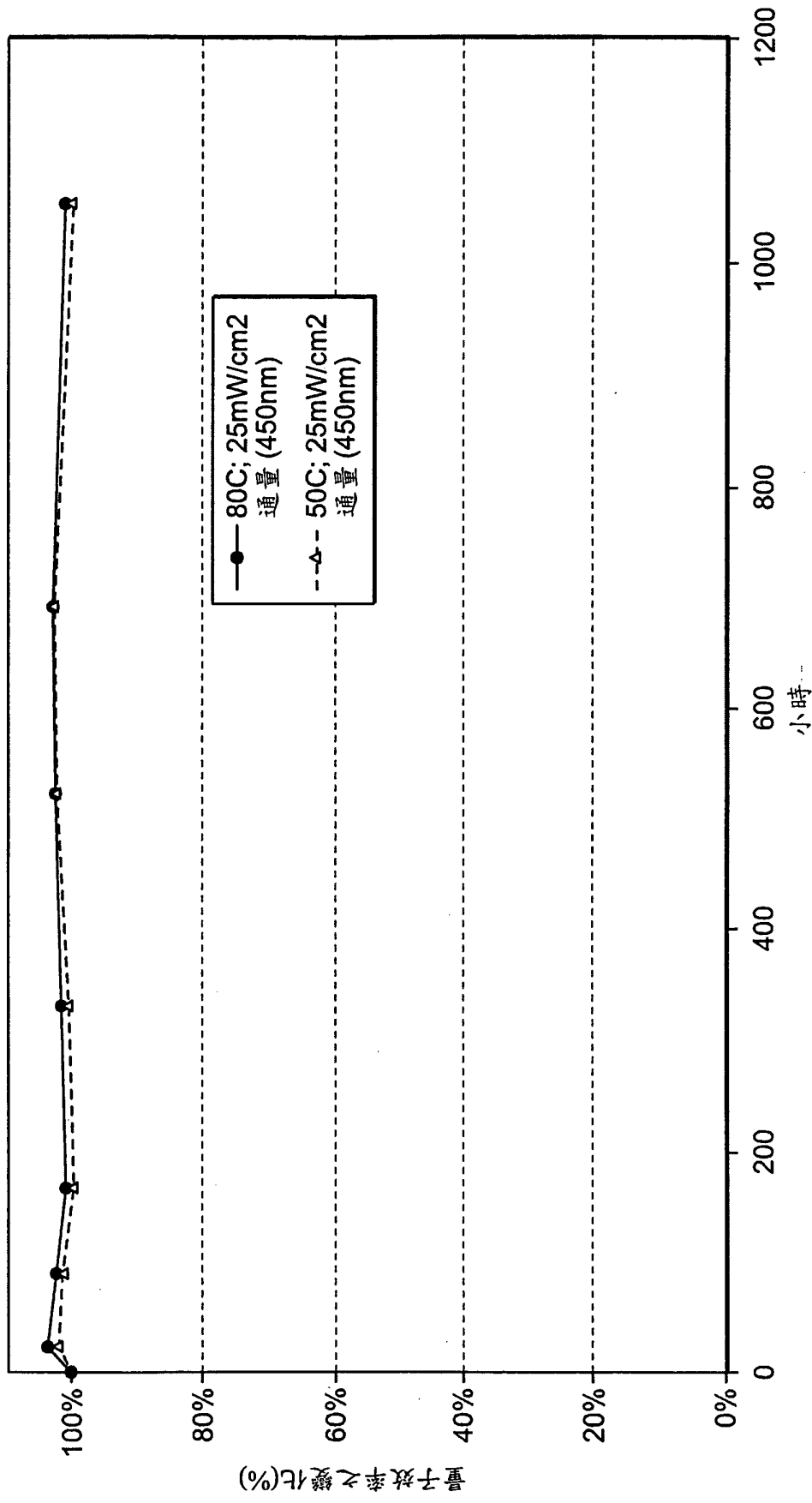


圖 11

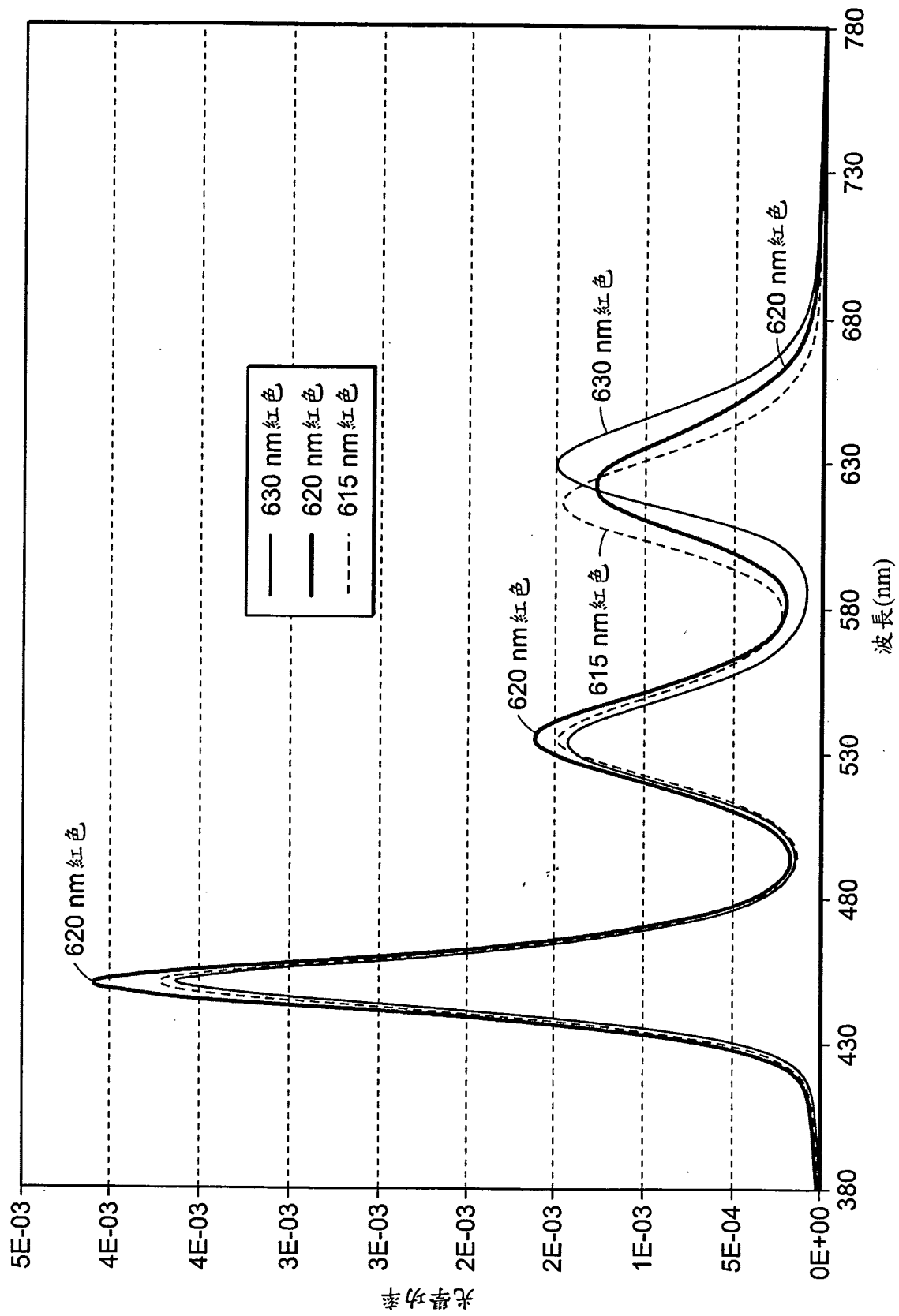


圖 12

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(2)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

(無元件符號說明)

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

(無)