



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I628193 B

(45)公告日：中華民國 107 (2018) 年 07 月 01 日

(21)申請案號：104106890 (22)申請日：中華民國 104 (2015) 年 03 月 04 日

(51)Int. Cl. : C08F2/38 (2006.01) C08J5/18 (2006.01)  
 C08J3/28 (2006.01) C08L33/10 (2006.01)  
 C08K5/36 (2006.01)

(30)優先權：2014/03/04 美國 61/947,736

(71)申請人：納諾柯技術有限公司(英國) NANOCO TECHNOLOGIES LIMITED (GB)  
英國

(72)發明人：沃 康 都安 VO, CONG-DUAN (VN)；納薩尼 伊瑪德 NAASANI, IMAD (SY)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

TW 201141985A CN 101087812A  
 US 2006/199039A1 US 2009/050850A1

Jessirie Dilag et al., "Cds/polymer nanocomposites synthesized via surface initiated RAFT polymerization for the fluorescent detection of latent fingerprints", Forensic Science International, vol. 228, pages 105-114, 2013/03/27.

Habib Skaff et al., "Reversible Addition Fragmentation Chain Transfer (RAFT) Polymerization from Unprotected Cadmium Selenide Nanoparticles", Angew. Chem. Int. Ed., vol. 43, pages 5383-5386, 2004.

審查人員：楊艾琪

申請專利範圍項數：7 項 圖式數：8 共 26 頁

(54)名稱

量子點聚合物膜之製造方法

METHODS FOR FABRICATING QUANTUM DOT POLYMER FILMS

(57)摘要

在量子點聚合物膜形成期間添加鏈轉移劑(CTA)或諸如(2-(十二烷基硫基硫羰基硫基)-2-甲基丙酸)之可逆加成斷裂鏈轉移劑(RAFT CTA)產出特徵為高且穩定之量子產率之膜。

The addition of a chain transfer agent (CTA) or a reversible-addition fragmentation chain transfer agent (RAFT CTA) such as (2-(dodecyl-thiocarbonothioylthio)-2-methylpropionic acid) during the formation of quantum dot polymer films yields films characterized by high and stable quantum yields.

指定代表圖：

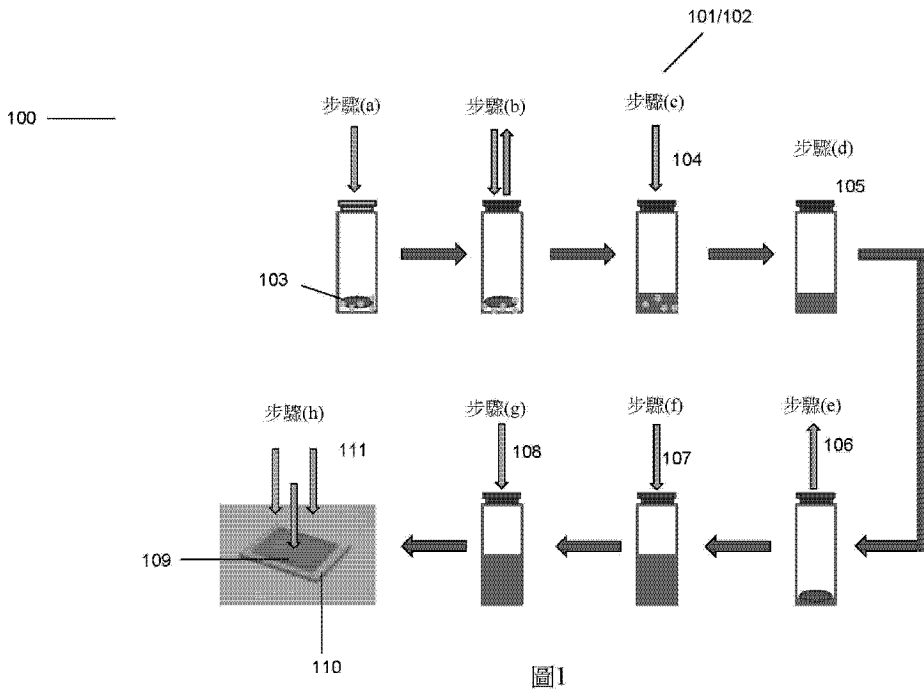


圖1

符號簡單說明：

100 . . . 製造高品質量子點膜之方法

101 . . . 量子點

102 . . . 溶劑

103 . . . 鏈轉移劑

104 . . . 組合量子點分散液與鏈轉移劑

105 . . . 在 N<sub>2</sub> 氣體下攪拌該混合物

106 . . . 移除溶劑

107 . . . 重新分散所得懸浮液

108 . . . 向該混合物添加交聯劑

109 . . . 三羥甲基丙烷三甲基丙烯酸酯 (TMPTM)/樹脂

110 . . . 基材

111 . . . UV 光

## 發明摘要

※ 申請案號： 104106890

※ 申請日： 104/03/04

※IPC 分類：

C08F 2/38 (2006.01)

C08J 5/18 (2006.01)

C08J 3/28 (2006.01)

C08L 33/10 (2006.01)

C08K 5/36 (2006.01)

**【發明名稱】**

量子點聚合物膜之製造方法

METHODS FOR FABRICATING QUANTUM DOT POLYMER  
FILMS

**【中文】**

在量子點聚合物膜形成期間添加鏈轉移劑(CTA)或諸如(2-(十二烷基硫基硫羰基硫基)-2-甲基丙酸)之可逆加成斷裂鏈轉移劑(RAFT CTA)產出特徵為高且穩定之量子產率之膜。

**【英文】**

The addition of a chain transfer agent (CTA) or a reversible-addition fragmentation chain transfer agent (RAFT CTA) such as (2-(dodecyl-thiocarbonothioylthio)-2-methylpropionic acid) during the formation of quantum dot polymer films yields films characterized by high and stable quantum yields.

**【代表圖】**

**【本案指定代表圖】**：第（1）圖。

**【本代表圖之符號簡單說明】**：

- 100 製造高品質量子點膜之方法
- 101 量子點
- 102 溶劑
- 103 鏈轉移劑
- 104 組合量子點分散液與鏈轉移劑
- 105 在N<sub>2</sub>氣體下攪拌該混合物
- 106 移除溶劑
- 107 重新分散所得懸浮液
- 108 向該混合物添加交聯劑
- 109 三羥甲基丙烷三甲基丙烯酸酯(TMPTM)/樹脂
- 110 基材
- 111 UV光

**【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】**：

無

# 發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

## 【發明名稱】

量子點聚合物膜之製造方法

METHODS FOR FABRICATING QUANTUM DOT POLYMER  
FILMS

## 相關申請案之交叉參考：

本申請案主張2014年3月4日申請之美國臨時專利申請案第61/947,736號之權利。

有關聯邦贊助之研究或發展之聲明：不適用

## 【技術領域】

本發明大體上係關於基於量子點之高品質膜的製造。更特別地，但非排外性地，本發明係關於在製造期間使用鏈轉移劑作為添加劑製造高品質量子點聚合物膜。

## 【先前技術】

包含在37 CFR 1.97及1.98下所揭示之資訊之相關技術說明。

開發通常被稱作量子點(QDs)、奈米粒子及/或奈米晶體之具有約2至50 nm粒子尺寸的化合物半導體具有實質性利益。此等材料因其尺寸可調之電子性質而具有高商業利益，因此可用於大範圍之商業應用中。此類應用包含光學及電子裝置、生物標記、光伏打、觸媒作用、生物成像、發光二極體(LEDs)、通用空間照明及電致發光顯示器。

熟知的QDs係包括金屬硫族化物(例如，CdSe或ZnS)的奈米粒子。研究較少之奈米粒子包含III-V族材料(例如，InP)，及包含成分漸變及合金點。QDs之直徑(約50個原子之寬度)通常在自2至10奈米之

範圍內，但可更大，例如高達約100奈米。由於其等尺寸較小，因此量子點顯示獨特之光學及電子性質，該等性質不同於相應塊材之彼等性質。最顯而易見地，光學性質係激發下之光子的發射。此等光子發射之波長取決於量子點之尺寸。

精確控制量子點尺寸之能力可使製造者決定其發射波長，該發射波長進一步決定人眼可感知之光的顏色。因此，可在製造期間「調整」量子點以發射所需顏色之光。藉由改變量子點之核尺寸而控制或「調整」來自其之發射的能力稱為「尺寸量子化效應」。QD越小，則能量越高，即，其發射越「藍」。同樣地，越大之QDs發射更多地朝向電磁光譜之紅端之光。甚至可將點調整至超出可見光範圍而進入光譜之紅外線或紫外線波段。一經合成，量子點可呈粉末形式或溶液形式。由於其等微小尺寸，因此製造甚至相對「小」體積之量子點(例如，一千)之能力將產出足夠用於工業規模應用之實際量子點。

量子點之一種特別受矚目的應用係在下一代LEDs之開發中。在當代生活中，LEDs正變得日益重要，及預測其等具有成為量子點應用之主要目標的潛力。量子點可在許多領域中加強LEDs，包含汽車照明、交通信號、通用照明、液晶顯示器(LCD)、背光單元(BLUs)及顯示螢幕。目前，LED裝置係由諸如GaN(藍)、AlGaAs(紅)、AlGaInP(橙-黃-綠)及AlGaInN(綠-藍)之無機固態化合物半導體製成。可惜，尚不存在製造發射白光之固態LEDs的技術。一種解決方案係組合不同頻率之固態LEDs以產生白光；然而，該產生「純」色的解決方案係困難且昂貴。或者，固態LEDs可藉由在LEDs頂端放置磷光體材料之組合下轉換為白光。來自於LED之光(「一次光」)被該磷光體材料吸收並以第二頻率(「二次光」)再次發射，從而產生白光。下轉換LEDs成本低廉且比LED組合更易製造；然而，習知的磷光體技術產生差顯色性(即，顯色性指數(CRI) < 75)之光。

量子點係習知的磷光體技術之前景性替代技術。首先，可藉由控制奈米粒子尺寸調整其等發射波長。其次，只要該等量子點單分散，其等即可展示強吸收性質、窄發射帶寬及低散射。已藉由將膠體製造之量子點嵌埋在光學透明(或足夠透明)之LED封裝膜(例如，聚矽氧或丙烯酸酯)中來製造基於量子點的初型發光裝置，然後將其置於固態LED之光路中以產生白光。此量子點方法穩定、相對廉價及其產生具有良好顯色性的光。然而，該方法亦並非毫無缺點。例如，當調配成LED封裝膜時，量子點可黏聚，從而減弱其光學性能。此外，即使該等量子點成功併入LED封裝膜中，氧氣仍可遷移透過該膜至該等量子點表面，此可導致光氧化作用及因此降低量子產率(QY)。最後，目前之LED封裝膜易碎，從而使得其等難以在膜製造期間加工及處理。

因此，此項技術中需要一種製造具有穩定性及抗光氧化作用之基於量子點之高品質膜之方法。

### **【發明內容】**

已發現在形成量子點聚合物膜期間添加鏈轉移劑(CTA)或諸如(2-(十二烷基硫基硫羰基硫基)-2-甲基丙酸)之可逆加成斷裂鏈轉移劑(RAFT CTA)會產出特徵為高且穩定之量子產率的膜。

### **【圖式簡單說明】**

當結合附圖閱讀時，將更好地瞭解前述發明內容及下述實施方式。僅用於說明之目的，在該等圖式中顯示某些實施例。然而應瞭解本文揭示之發明概念不限於該等圖式所示之明確之配置及方法。

圖1顯示根據本發明之一個實施例之一種用鏈轉移劑製造量子點膜之方法。

圖2含有根據本發明之一實施例之使用及未使用CTA製造之紅-QD聚合物膜的相片。

圖3係根據本發明之一實施例之使用及未使用CTA製造之紅-QD樣品的量子產率隨時間之圖。

圖4以圖形顯示根據本發明之一實施例之使用及未使用RAFT CTA製造之量子點膜的隨時間之量子產率。

圖5係根據本發明之一實施例之使用及未使用RAFT CTA製造之三個紅-QD樣品的量子產率之圖表。

圖6A至6D顯示根據本發明之一實施例之經使用及未使用RAFT CTA製造之量子點膜塗覆之發光裝置的效能、光致發光強度百分數、QD/LED強度及LED強度。

圖7以圖形顯示根據本發明之一實施例之使用非RAFT CTA自由基清除劑製造之QD膜的隨時間之量子產率。

圖8呈現根據本發明之一實施例之使用RAFT CTA製造之紅-QDs的IR光譜。

### 【實施方式】

在詳細闡明至少一個實施例之前，應瞭解本文描述之發明概念在其等應用中非限制於下述說明書中描述或圖式中顯示的構造細節或元件配置。亦應瞭解本文使用之行語及術語僅用於描述性目的及不應瞭解為限制。

應進一步瞭解該等所述特徵中之任何一者可單獨使用或與其他特徵組合使用。在檢閱本文之圖式及詳細說明書後，熟習此項技術者將明白或將變得明白其他發明之系統、方法、特徵及優點。隨附申請專利範圍意欲保護所有此類額外之系統、方法、特徵及優點。

本申請案中所引述之所有參考文獻均以全文引用的方式併入本文中。

如本申請案中所使用，術語「量子點」非意為限制，且可係指任何量子點類型或任何量子點組合。例如，術語「量子點」可非限制



氣體下攪拌該混合物105及然後可移除溶劑106(例如，經由蒸發)。然後可將所得懸浮液重新分散107於一或多種甲基(丙烯酸酯)樹脂之混合物中。在一個實施例中，該等甲基(丙烯酸酯)樹脂可包含(但不限於)丙烯酸酯單體、丙烯酸酯交聯劑、丙烯酸酯光引發劑或熱引發劑。丙烯酸酯單體及交聯劑可包含(但不限於)LMA、(甲基)丙烯酸異冰片酯、(甲基)丙烯酸第三丁酯、新戊四醇二(甲基)丙烯酸酯單硬脂酸酯及三羥甲基丙烷三丙烯酸酯。丙烯酸酯光引發劑可包含(但不限於)IRGACURE® 819 (BASF SE COMPANY FED REP GERMANY CARL-BOSCH-STR. 38 LUDWIGSHAFEN FED REP GERMANY 67056)、IRGACURE 651、IRGACURE 184、IRGACURE 784、IRGACURE 2959、IRGACURE 907、IRGACURE 369、DAROCUR® 1173 (BASF SE COMPANY FED REP GERMANY CARL-BOSCH-STR. 38 LUDWIGSHAFEN FED REP GERMANY 67056)、TPO[2,4,6-三甲基苯甲醯基-二苯基-氧化磷]及MBF[苯甲醯甲酸甲酯]。熱引發劑可包含(但不限於)AIBN[2,2'-偶氮雙(2-甲基丙腈)]或過氧化苯甲醯。在又另一實施例中，量子點CTA懸浮液可與包含作為單體之甲基丙烯酸月桂酯(LMA)及作為光引發劑之苯基雙(2,4,6-三甲基苯甲醯基)氧化磷(IRGACURE 819)的甲基(丙烯酸酯)樹脂混合物組合。可在N<sub>2</sub>氣體下攪拌該懸浮液2小時。接著，可向該混合物添加交聯劑(諸如三甲基丙烷三甲基丙烯酸酯(TMPTM))108並在N<sub>2</sub>氣體下攪拌過夜。

組合量子點CTA懸浮液與甲基(丙烯酸酯)樹脂可產生所得樹脂109。然後可將此樹脂109轉移至基材110上並使用UV光111照射以使該樹脂109固化為量子點聚合物膜。在一實施例中，該量子點聚合物膜係實質上可撓。仍在另一實施例中，該量子點聚合物膜之特徵為高量子產率。在又另一實施例中，該量子點聚合物膜係實質上可撓且特徵為高且穩定的量子產率(QY)。在另一實施例中，該方法可製造特徵

為高且穩定的量子產率的紅-QD聚合物膜。

圖2中之相片A及B顯示根據圖1中所描述之實施例製造的紅-QD聚合物膜。如圖2所示，在一實施例中，該等製造技術可製造實質上可撓的紅-QD聚合物膜。在另一實施例中，此膜可撓性係向該等量子點聚合物膜製造方法中添加鏈轉移劑的副產物。另一方面，圖2中之相片C顯示未添加鏈轉移劑製造之紅-QD聚合物膜。如圖所示，該所得聚合物膜易碎及當彎曲時斷裂。

圖3係使用RAFT CTA (如圖1所述)製造之兩個紅-QD樣品(A & C)及未添加RAFT CTA製造之兩個紅-QD對照樣品(B & D)之量子產率隨時間的圖(使用Hamamatsu Quantaurus-QY分光計測量光致發光量子產率)。如圖所示，在一實施例中，本文描述之製造技術可製造特徵為高且穩定之量子產率的QD聚合物膜。例如，樣品A及B係衍生自同一批QDs。樣品A係以0.5%莫耳RAFT CTA額外製造，而樣品B係對照樣品且非以RAFT CTA製造。如圖所示，在一實施例中，樣品A顯示比樣品B顯著更高且更穩定的量子產率。同理，樣品C及D亦係衍生自同一批QDs。樣品C係以0.5%莫耳RAFT CTA額外製造，而樣品D係對照樣品且其非以RAFT CTA製造。如圖所示，樣品C顯示比樣品D顯著更高且更穩定的量子產率。

圖4顯示隨著光引發劑濃度改變，使用RAFT CTA (黑色實線)製造之量子點膜及未使用RAFT CTA(所有其他顏色)製造之量子點的隨時間的量子產率。資料顯示相較於彼等未使用RAFT CTA及在不同光引發劑濃度下製造之膜，RAFT CTA對膜提供實質上更高QY及穩定性。

圖5係顯示使用RAFT CTA(淺灰色線) (如圖1所述)及未使用RAFT CTA製造之三個紅-QD樣品(KLO155、KLOO98M及PG863)之量子產率(以%計)(藉由Hamamatsu測量)的圖表。如圖所示，在一實施例中，本

文描述之製造技術可製造特徵為高初始量子產率的QD聚合物膜。例如，當該等三個樣品係以RAFT CTA (淺灰)製造時，結果係具有在約65%至75%之間之初始量子產率的聚合物膜。另一方面，當該等三個樣品未使用RAFT CTA(深灰)製造時，結果係具有在約52%至67%之間之初始量子產率的聚合物膜。

圖6A至6D顯示經藉由本文揭示之方法製造之膜塗覆之發光裝置的效能(實心灰色曲線，基於人眼敏感性之亮度)、光致發光強度百分數(黑色實心曲線)、QD/LED強度[(黃色曲線)]及LED強度(黑色長-短-短-長虛線)。圖6A及6C顯示對不具有RAFT CTA之QD膜的測試結果。在65°C /0.23 mW/cm<sup>2</sup> (圖6A)及65°C /2.75 W/cm<sup>2</sup> (圖6C)下測試該等膜。結果顯示在最初200小時內之效能、PL強度及QD/LED強度之初始下降。圖6B及6D顯示對具有RAFT CTA之QD膜的測試結果。再次，在65°C /0.23 mW/cm<sup>2</sup> (圖6B)及65°C /2.75 W/cm<sup>2</sup>(圖6D)下測試該等膜。不同於缺乏RAFT CTA之膜，具有RAFT CTA之膜在最初200小時內可顯示效能、PL強度及/或QD/LED強度的穩定性。此等結果指示RAFT CTA可最小化來自於自由基之QD損害。對於所有結果，效能、PL強度及QD/LED強度可在200小時後穩定增長。此多半可能為光增亮的結果。

圖7顯示使用許多自由基清除劑製成之QD膜的隨時間的量子產率，該等自由基清除劑包含膽甾醇、愈創木酚甘油醚(GGE)、硫辛酸、非還原性硫辛酸、1-十八硫醇、三苯基膦、吡哆醇、1-十四基磷酸、2,2,6,6-四甲基-1-哌啶氧基(TEMPO)、亞磷酸三乙酯、三辛基膦及β-胡蘿蔔素。資料顯示無論向QD/聚合物膜中添加抗氧化劑及/或自由基清除劑，在膜之初始QY中仍具有可觀測之下降。此外，相較於對照膜，具有抗氧化劑及/或自由基清除劑之QD膜不顯示任何經改善之穩定性，此指示此等抗氧化劑/清除劑無法保護QDs免受自由基損

害。此等結果表明RAFT CTA可經由一種獨特或不同之保護機制穩定量子點膜。

在一實施例中，可使用前述之RAFT CTAs以保護量子點或任何其他自由基敏感材料(例如，諸如OLEDs、染料等之螢光材料)在基於自由基之聚合反應(聚苯乙烯、聚丙烯酸酯、共聚物等)中免於自由基曝露。

在本文描述之製造技術中使用鏈轉移劑具有許多優點。例如，鏈轉移劑係穩定且可購買到以用於大規模合成。此外，諸如三硫碳酸酯之鏈轉移劑可抑制在膜固化、膜儲存或膜使用期間產生之高濃度自由基。此有利效應防止此等自由基損害量子點。參見C-D. Vo等人，*Macromolecules*, 40, 7119 (2007)；C-D. Vo等人，*J. Polym. Sci. Part A Polym. Chem.* 48, 2032 (2010)。因此，相較於自無RAFT CTA之標準樹脂調配物製造之膜，使用RAFT CTAs製造之聚合物膜可具有更高且更穩定的量子產率。此外，RAFT CTAs提供更高之交聯度及聚合度而不產生過量的自由基。例如，圖8呈現甲基丙烯酸酯樹脂中之紅-QDs在經水銀燈UV照射5 min之前(上方光譜)及之後(下方光譜)的IR光譜。在 $1640\text{ cm}^{-1}$ 下之來自甲基丙烯酸乙酯的峰在下方光譜中消失，此指示光聚作用的完成。最後，具有與甲基丙烯酸月桂酯高度相容之脂族鏈末端( $\text{C}_{12}\text{H}_{25}$ )的RAFT CTAs共價連接至聚合物網狀物。此可導致具有較高穩定性(非漂白性添加劑)及可撓性的混成膜。

應瞭解上文之說明書旨在說明而非限制。該等材料已經陳述以使任何熟習此項技術者製造及使用本文描述之發明概念，及提供於特定實施例之內容中，其變型將容易被熟習此項技術者明白(例如，部分所揭示實施例可彼此組合使用)。在回顧上文說明後，熟習此項技術者將明白許多其他實施例。因此，應參照隨附申請專利範圍以及此類申請專利範圍所賦予之等同物之全部範圍確定本發明的範圍。在該

等隨附申請專利範圍中，術語「包含(including)」及「其中(in which)」用作各自術語「包括(comprising)」及「其中(wherein)」之簡單英語等同物。

### 實例

可使用下列實例製造包含任何類型量子點或量子點之任何組合的量子點聚合物膜。該等實例無意限制於任何特定量子點、溶劑、甲基(丙烯酸酯)殘基或鏈轉移劑。

實例1：紅色無鎘量子點聚合物膜之製法：向具有磁攪拌器之玻璃小瓶中添加18.2 mg 0.05毫莫耳的RAFT CTA (2-(十二烷基硫基硫羰基硫基)-2-甲基丙酸)。該小瓶經由真空及氮氣之三個循環脫氣。然後將含有紅色無鎘量子點(在550nm下紅-QDs)之甲苯溶液與RAFT CTA懸浮液組合。在N<sub>2</sub>氣體下攪拌所得紅-QD/RAFT CTA混合物1小時，或直至RAFT CTA完全溶解於該紅-QD溶液中。

接著在室溫(20°C)下及然後在40°C下，自該紅-QD/RAFT CTA混合物蒸發甲苯溶劑。將在黑暗條件下預先混合並以氮氣氣泡脫氣1小時之甲基丙烯酸月桂酯(LMA)及苯基雙(2,4,6-三甲基苯甲醯基)氧化膦(IRGACURE 819)的混合物添加至該紅-QD/RAFT CTA無水殘餘物中並在N<sub>2</sub>氣體下攪拌所得混合物2小時。隨後將經N<sub>2</sub>氣體預先脫氣之三甲基丙烷三甲基丙烯酸酯(TMPTM)添加至混合物中並在N<sub>2</sub>氣體下攪拌該懸浮液過夜。

最後，將紅-QD/RAFT CTA/甲基(丙烯酸酯)樹脂之懸浮液轉移至玻璃盤並在手套箱中以水銀蒸汽或LED燈照射5分鐘。結果係高品質紅-QD聚合物膜。

上文呈現實施本發明之原理之系統之特定實施例。熟習此項技術者將可設計實施彼等原理及因此位於本發明之精神及範圍內之替代物及變型(即使未明確揭示於文中)。儘管已顯示及描述本發明之特定

實施例，但是其等無意限制本專利涵蓋之範圍。熟習此項技術者將瞭解可在不脫離如由下列申請專利範圍字面上及同意義覆蓋之本發明的範圍之情況下作出各種改變及修改。

**【符號說明】**

100	製造高品質量子點膜之方法
101	量子點
102	溶劑
103	鏈轉移劑
104	組合量子點分散液與鏈轉移劑
105	在N <sub>2</sub> 氣體下攪拌該混合物
106	移除溶劑
107	重新分散所得懸浮液
108	向該混合物添加交聯劑
109	三羥甲基丙烷三甲基丙烯酸酯(TMPTM)/樹脂
110	基材
111	UV光

107年3月1日修正本

## 申請專利範圍

1. 一種製造量子點(QD)聚合物膜之方法，其包括：
  - 組合量子點懸浮液與至少一種鏈轉移劑(CTA)以形成QD-CTA混合物；
  - 向該QD-CTA混合物中添加至少一種丙烯酸系樹脂以形成QD-CTA-樹脂混合物；及
  - 使用UV光固化該QD-CTA-樹脂混合物；
  - 其中該鏈轉移劑(CTA)係可逆加成斷裂鏈轉移劑(RAFT CTA)，其係2-(十二烷基硫基硫羰基硫基)-2-甲基丙酸。
2. 如請求項1之方法，其中該量子點懸浮液包括甲苯。
3. 如請求項1之方法，其中該量子點懸浮液包括基於脂族烴之溶劑。
4. 如請求項1之方法，其包含向該QD-CTA混合物中添加至少一種甲基(丙烯酸酯)樹脂以形成QD-CTA-樹脂混合物。
5. 一種量子點(QD)聚合物膜，其藉由該方法製得，該方法包括：
  - 組合量子點懸浮液與至少一種鏈轉移劑(CTA)以形成QD-CTA混合物；
  - 向該QD-CTA混合物中添加至少一種丙烯酸系樹脂以形成QD-CTA-樹脂混合物；及
  - 使用UV光固化該QD-CTA-樹脂混合物；
  - 其中該鏈轉移劑(CTA)係可逆加成斷裂鏈轉移劑(RAFT CTA)，其係2-(十二烷基硫基硫羰基硫基)-2-甲基丙酸。
6. 如請求項5之量子點(QD)聚合物膜，其中該量子點懸浮液包括甲苯。
7. 如請求項5之量子點(QD)聚合物膜，其中該方法包含向該QD-

CTA混合物中添加至少一種甲基(丙烯酸酯)樹脂以形成QD-CTA-樹脂混合物。