



(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 I729000 B

(45) 公告日：中華民國 110 (2021) 年 06 月 01 日

(21) 申請案號：105129252

(22) 申請日：中華民國 105 (2016) 年 09 月 09 日

(51) Int. Cl. : C09K11/02 (2006.01)

C09K11/56 (2006.01)

C09K11/88 (2006.01)

H01L33/50 (2010.01)

B82Y30/00 (2011.01)

(30) 優先權：2015/09/10 歐洲專利局

15184670.6

(71) 申請人：德商利特資產管理公司 (德國) LITEC-

VERMOGENSVERWALTUNGSGESELLSCHAFT MBH (DE)

德國

(72) 發明人：史丹哲 諾伯特 STENZEL, NORBERT (DE)；歐普卡 安卓亞 OPOLKA, ANDREA

(DE)；柏哈德 瑞傑 RIEGER, BERNHARD (DE)；特司 史帝芬 TEWS, STEFAN

(DE)

(74) 代理人：陳長文

(56) 參考文獻：

CN 1595673A

US 2004/0219221A1

US 2015/0014728A1

審查人員：蔡瑜潔

申請專利範圍項數：28 項 圖式數：5 共 54 頁

(54) 名稱

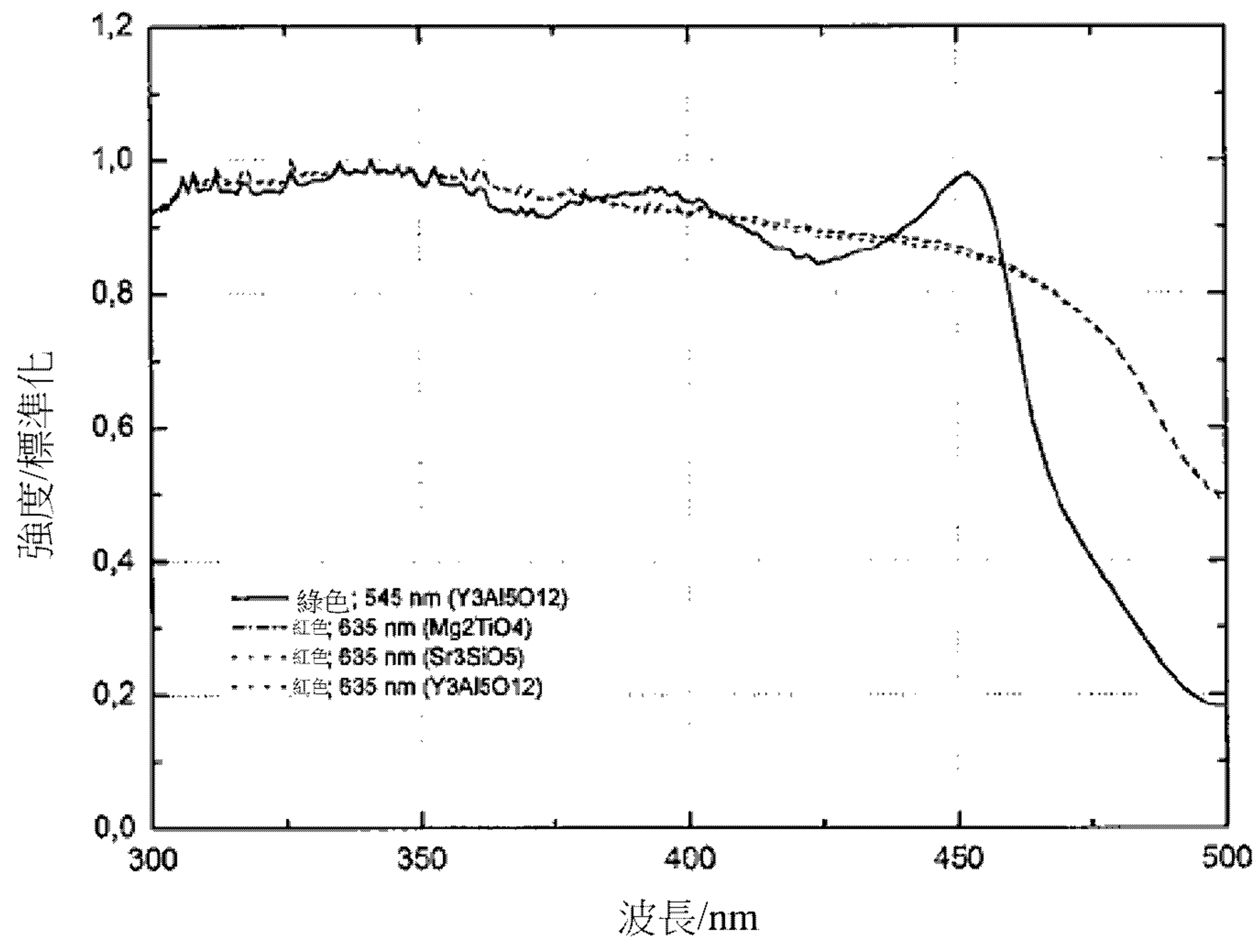
光轉換材料

(57) 摘要

本發明係關於光轉換材料，其包含半導體奈米粒子及未活化之結晶材料，其中該等半導體奈米粒子位於該未活化之結晶材料之表面上。此外，本發明係關於該光轉換材料在光源中之用途。此外，本發明係關於含有本發明之光轉換材料之光轉換混合物、光源、照明單元及製造該光源之方法。

The present invention relates to light-converting materials which comprise semiconductor nanoparticles and an unactivated crystalline material, where the semiconductor nanoparticles are located on the surface of the unactivated crystalline material. The present invention furthermore relates to the use of the light-converting material in a light source. The present invention furthermore relates to a light-converting mixture, to a light source, to a lighting unit which contains the light-converting material according to the invention, and to a process for the production of the light source.

指定代表圖：



【圖 1】



I729000

## 【發明摘要】

IPC分類:

**G09K 11/02** (2006.01)**G09K 11/56** (2006.01)**G09K 11/88** (2006.01)**H01L 33/50** (2010.01)**B82Y 30/00** (2011.01)

## 【中文發明名稱】

光轉換材料

## 【英文發明名稱】

LIGHT-CONVERTING MATERIAL

## 【中文】

本發明係關於光轉換材料，其包含半導體奈米粒子及未活化之結晶材料，其中該等半導體奈米粒子位於該未活化之結晶材料之表面上。此外，本發明係關於該光轉換材料在光源中之用途。此外，本發明係關於含有本發明之光轉換材料之光轉換混合物、光源、照明單元及製造該光源之方法。

## 【英文】

The present invention relates to light-converting materials which comprise semiconductor nanoparticles and an unactivated crystalline material, where the semiconductor nanoparticles are located on the surface of the unactivated crystalline material. The present invention furthermore relates to the use of the light-converting material in a light source. The present invention furthermore relates to a light-converting mixture, to a light source, to a lighting unit which contains the light-converting material according to the invention, and to a process for the production of the light source.

## 【指定代表圖】

圖1

【代表圖之符號簡單說明】

無

# 【發明說明書】

## 【中文發明名稱】

光轉換材料

## 【英文發明名稱】

LIGHT-CONVERTING MATERIAL

## 【技術領域】

本發明係關於光轉換材料，其包含未活化之結晶材料及位於未活化之結晶材料表面上之半導體奈米粒子(量子材料)。此外，本發明係關於光轉換材料之用途，其用作用於將紫外及/或藍光部分或完全轉換為具有更長波長之光之轉換材料。此外，本發明係關於含有本發明之光轉換材料之光轉換混合物、光源及照明單元。此外，本發明係關於製造含有本發明之光轉換材料之光源之方法。

## 【先前技術】

在德國，約20%之能量消耗用於產生光。習用白熾燈效率低且最有效率之螢光燈含有高達10 mg之汞。固態照明裝置(例如，發光二極體(LED))係非常有希望之替代物，此乃因其較習用光源在將電能轉換為光(能量效率)方面具有更佳之效率、更長之壽命及更高之機械穩定性。LED可用於多種應用中，包括顯示器、機動車輛及標誌照明及家用及街道照明中。端視用於其製造之無機半導體化合物，LED可發射在光譜之各個區域中之單色光。然而，為許多照明工業所必需之「白」光不能使用習用LED產生。用於產生白光之目前解決方案包括使用三種或更多種具有不同色彩(例如紅色、綠色及藍色或「RGB」)之LED或使用包含習用磷光體材料(例如YAG:Ce)之色彩轉換層自LED之紫外(UV)或藍色發射產生白光。因

此，藍光轉換為具有更長波長之光且藍光與黃光之組合由人眼感知為白光。然而，此類型之白光實際上從不理想，且在許多情形下具有不期望或令人不快之性質，此可需要改良或校正。轉換LED之更簡單構造係針對照明裝置之大眾市場。目前，該等LED燈較習用白熾燈及大多數螢光燈仍顯著更貴，且市售白色LED發射具有較差色彩再現性質之帶藍色冷白光。由於在光譜之綠色及紅色部分中缺少發射，因此感知為較差之此品質之白光來源於黃色轉換磷光體材料YAG:Ce。

對於顯示器而言，重要的是具有三個或更多個具有較窄光譜半高寬(FWHM)之原色，其係利用LED (典型FWHM < 30 nm)獲得。此使得能夠覆蓋較大色域。「色域」通常定義為可藉由混合三種色彩獲得之色彩類型之範圍。然而，使用三種或更多種不同色彩之LED之解決方案對於許多應用而言太昂貴且複雜。因此，期望可獲得能夠使用單一LED實現較大色域覆蓋之光源，此可藉由在窄帶中發射之轉換材料來達成。為具有較寬光譜之光源提供LED之方法利用磷光體，其將短波LED光轉換為具有更長波長之光。舉例而言，發射在寬範圍之綠色波長內之光的磷光體可使用來自產生較窄藍色光譜之LED之藍光來激發。然後，使用由磷光體產生之綠光作為白色光源之組份。藉由組合複數個磷光體，原則上可產生具有較寬光譜之白色光源，條件係在光轉換期間磷光體之效率足夠高。此將改良色彩再現性質。其他細節可參見「*Status and prospects for phosphor-based white LED Packaging*」，Z. Liu等人，Xiaobing Front. Optoelectron. China 2009, 2(2): 119-140中。

然而，不幸的是，光設計者未能獲得使該光設計者能夠進行選擇之任何期望磷光體集合。僅存在有限數量之習用含稀土元素之磷光體，其可

用於LED中且其具有足夠的光轉換效率。該等磷光體之發射光譜不易於修改。另外，光譜不太理想，此乃因隨波長變化發射之光不恆定。因此，甚至複數種磷光體之組合亦不產生最佳白色光源。另外，當前使用之紅色磷光體發射深入至長波紅色光譜區域中之光，此額外降低此等LED之亮度且因此降低其效率。

美國專利7,102,152、7,495,383及7,318,651揭示發射光之裝置及方法，其中利用呈量子點(QD)形式之半導體奈米粒子亦及非量子螢光材料二者以將至少一些最初由裝置之光源發射之光轉換為具有更長波長之光。QD具有高量子產率及具有可經由大小調整之中心發射波長之窄發射光譜。QD與磷光體二者之組合使得光品質能夠改良。添加QD使得能夠達成改良，但具有高固有吸收之缺點，即其吸收在其自身激發時發射之光。此降低光轉換之總體能量效率。另外，QD (例如市售紅色發射器)同樣地再吸收綠色磷光體發射，此額外導致能量效率減小且另外導致發射光譜位移，使得目標色彩規劃更加困難。另外，當使用QD材料及磷光體時，在LED之製造期間可發生分離，此意味著不再確保光轉換材料之均勻分佈。降低之能量效率及對期望色彩再現之不當控制係後果。

在一些應用中，期望具有緊密堆積之QD簇。此類型之緊密堆積之QD簇展現已知名稱為螢光共振能量轉移(FRET)之現象，參見例如Joseph R. Lakowicz，「Principles of Fluorescence Spectroscopy」，第2版，Kluwer Academic / Plenum Publishers，New York，1999，第367-443頁。FRET發生在以較短(例如更藍)波長發射之供體QD與緊鄰配置並以較長波長發射之受體QD之間。偶極-偶極相互作用發生在供體發射躍遷之偶極矩與受體吸收躍遷之偶極矩之間。FRET過程之效率取決於供體吸收與

受體發射之間之光譜重疊。量子點之間之FRET分離通常係10 nm或更小。FRET效應之效率極高地依賴於分離。FRET導致色彩變化(紅移)且導致光轉換期間之效率損失。出於此原因，早期工作努力避免QD在光轉換材料中形成簇。

半導體奈米粒子係一類可藉由調整粒徑、組成及形狀在較寬範圍中調整其物理性質之奈米材料。具體而言，螢光發射係依賴於粒徑之此類性質之一。螢光發射之可調整性係基於量子限制效應，根據該量子限制效應，粒徑減小引起「盒中粒子」行為，此導致帶隙能量藍移且因此引起光發射。因此，舉例而言，CdSe奈米粒子之發射可自對於直徑為約6.5 nm之粒子之660 nm調整至對於直徑為約2 nm之粒子之500 nm。對於其他半導體奈米粒子而言可達成類似行為，此使得可覆蓋自紫外(UV)區域(在使用例如ZnSe或CdS時)經由可見(VIS)區域(在使用例如CdSe或InP時)至近紅外(NIR)區域(在使用例如InAs時)之較寬光譜範圍。許多半導體系統已展示奈米粒子形狀之改變，其中棒狀尤其重要。奈米棒具有不同於球形奈米粒子性質之性質。舉例而言，其展現沿棒之縱向軸極化之發射，而球形奈米粒子具有非極化發射。因此，各向異性(細長)奈米粒子(例如奈米棒(下文有時亦稱為「棒」))適於極化發射(參見WO 2010/095140 A3)。X. Peng等人在「*Shape control of CdSe nanocrystals*」 *Nature*, 2000, 404, 59-61中闡述包埋入聚合物中且基於基於膠質之半導體核心(無殼)之CdSe奈米棒。幾乎完全之極化自此處之個別奈米棒發出。T. Mokari及U. Banin在「*Synthesis and properties of CdSe/ZnS rod/shell nanocrystals*」 *Chemistry of Materials* 2003, 15 (20), 3955-3960中闡述在將殼施加至棒結構時奈米棒發射之改良。D. V. Talapin等人在「*Seeded Growth of*



*Highly Luminescent CdSe/CdS Nanoheterostructures with Rod and Tetrapod Morphologies*」 *Nano Letters* 2007, 7 (10), 2951-2959中闡述對於具有覆蓋物(殼)之奈米棒粒子達成之量子產率之改良。C. Carbone等人在「*Synthesis and Micrometer-Scale Assembly of Colloidal CdSe/CdS Nanorods Prepared by Seeded Growth Approach*」 *Nano Letters* 2007, 7 (10), 2942-2950中闡述具有殼之奈米棒之偶極發射模式，此意味著發射自棒之中心而非自其尖端發出。另外，已顯示奈米棒具有關於光學放大之有利性質，此說明其用作雷射材料之潛能(Banin等人，*Adv. Mater.*, 2002, 14, 317)。對於個別奈米棒而言，已同樣顯示其展現於外部電場中之獨特行為，此乃因發射可以可逆方式接通及切斷(Banin等人，*Nano Letters*, 2005, 5, 1581)。膠質半導體奈米粒子之另一有吸引力之性質係其化學可及性，此容許該等材料以各種方式進行處理。半導體奈米粒子可藉由旋塗或噴塗或包埋入塑膠中以來自溶液之薄層形式施加。Jan Ziegler等人在「*Silica-Coated InP/ZnS Nanocrystals as Converter Material in White LEDs*」, *Advanced Materials*, 第20卷, 第21期, 2008年10月13日, 第4068-4073頁中闡述藉由添加聚矽氧複合物層來製造白色LED，該聚矽氧複合物層包含高性能藍色LED晶片上之發光轉換材料。

半導體奈米粒子在LED應用中之用途已尤其闡述於US 2015/0014728 A1中，其係關於可用於LED中之磷光體/基質複合物粉末。磷光體/基質複合物粉末包含基質及分散於基質中之大小為100 nm或更小之複數個磷光體或量子點，其中複合物粉末之大小係20  $\mu\text{m}$ 或更大且其具有一定表面粗糙度。甚至在其製造期間，所述複合物粉末需要精確設定磷光體與量子點之混合比率以達成期望發射行為。相比之下，混合比率不可後續調整，此

導致在LED製造中使用複合物粉末之靈活性受限。另外，能量轉換之效率高度依賴於分散於基質中之磷光體材料之類型及量。具體而言，若磷光體及/或量子點之量較大，則難以將材料燒結。另外，孔隙率增加，此使得利用激發光之有效輻照更加困難且損害材料之機械強度。然而，若分散於基質中之磷光體材料之量極低，則難以達成足夠光轉換。

鑒於上文所提及之已知光轉換材料(包括QD與習用磷光體(轉換磷光體)之已知組合)之眾多缺陷，業內需要不具此等缺陷之半導體奈米粒子材料及包含此等材料與習用磷光體之組合物。具體而言，業內需要再吸收低至可忽略且固有吸收較低之半導體奈米粒子與轉換磷光體之組合，此產生較高光轉換效率及改良之色域可控性。

因此，將期望可獲得基於半導體奈米粒子之光轉換材料，其特徵在於較低之再吸收及固有吸收，且因此增加LED之能量效率。此外，將期望可獲得基於半導體奈米粒子之光轉換材料，其特徵在於與習用磷光體之可混溶性改良，以使得在LED製造期間避免由於分離效應所致之上述缺點，例如降低之能量效率及色彩再現之不當控制。

### 【發明內容】

因此，本發明之目標係提供基於半導體奈米粒子之光轉換材料，其不具先前技術之上述缺點。具體而言，本發明之目標係提供基於半導體奈米粒子之光轉換材料，其具有與習用磷光體改良之可混溶性且因此有助於更有效地製造LED，此乃因在混合期間避免由分離效應所致之損失。本發明之另一目標係提供基於半導體奈米粒子之光轉換材料，其展現在綠色光譜區域中較低之再吸收，且因此，由於雙轉換減少，使得能夠增加LED之效率且改良LED光譜之可預測性。本發明之另一目標係提供基於半導體奈

米粒子之光轉換材料，其特徵在於製造LED期間之易處理性並使得LED製造商能夠使用現有設備及機器來製造LED。另外，本發明之目的係提供基於半導體奈米粒子之光轉換材料，其與呈膜形式或存在於活化磷光體上之習用半導體奈米粒子相比，使得LED發射之設定得以改良並更具針對性，此容許使用更靈活。本發明之另一目標係提供基於半導體奈米粒子之光轉換材料，其使得能夠增加LED之亮度，且另外特徵在於窄帶發射，此意味著避免長波光譜區域中之能量損失且有助於改良顯示器中之色域覆蓋。另一目標係可使用用於製造磷光體之現有塗覆方法塗覆本發明之光轉換材料，其中不需要此類型之額外障壁層。

已令人驚訝地發現，若將半導體奈米粒子施加至未活化之結晶材料之表面以獲得光轉換材料，則達成上述目標。此外，已令人驚訝地發現，表面上具有半導體奈米粒子之未活化之結晶材料具有與習用磷光體類似之粒徑及密度分佈。此使得此類型之光轉換材料與習用磷光體之可混溶性改良並使得能夠更有效地製造LED，其特徵在於改良之性能數據，例如能量效率、亮度及穩定性。

因此，上文所提及之目標係藉由光轉換材料達成，該光轉換材料包含半導體奈米粒子及未活化之結晶材料，其中半導體奈米粒子位於未活化之結晶材料之表面上。

本發明之實施例係關於光轉換材料，其包含一或多種類型之未活化之結晶材料及一或多種類型之半導體奈米粒子。所得光轉換材料可呈鬆散材料、粉末材料、厚層或薄層材料或呈膜形式之自支撐材料之形式。此外，其可包埋入澆注材料中。光轉換材料可包含附加材料，例如配體及/或塗層材料。

本發明人已令人驚訝地發現，若半導體奈米粒子位於未活化之結晶材料之表面上，則其具有改良之物理性質，此使得其更適宜在照明應用中與習用磷光體組合。具體而言，本發明人已確立在光源中使用本發明之光轉換材料可減少半導體奈米粒子之再吸收效應及自吸收效應，此使得能夠獲得受控色彩設定及高效率。另外，本發明之光轉換材料阻抑螢光共振能量轉移(FRET)及相關不期望後果。半導體奈米粒子具有極低之光致發光自吸收及極低之習用磷光體發射之吸收，且因此尤其在光學緻密層中較習用磷光體更節能。因此，本發明之光轉換材料之特徵在於較低自吸收及較低再吸收。

此外，本發明提供光轉換混合物，其包含一或多種本發明之光轉換材料。

本發明之光轉換材料及本發明之光轉換混合物使得能夠將紫外及/或藍光部分或完全轉換為具有更長波長之光，例如綠光或紅光。

另外，本發明提供光源，其含有至少一個一次光源及至少一種本發明之光轉換材料或至少一種本發明之光轉換混合物。

本發明之光源可用於照明單元中。

另外，本發明提供製造本發明光源之方法，其中本發明之光轉換材料或本發明之光轉換混合物係以膜形式藉由旋塗、噴塗或以膜形式作為壓層施加至一次光源或支撐材料。

本發明之較佳實施例闡述於附屬申請專利範圍中。

### 【圖式簡單說明】

圖1：自實例1至4製備之光轉換材料之吸收光譜。

圖2：自實例1至4製備之光轉換材料之發射之相對光譜能量分佈。

圖3：發射光譜LED 1：Sr<sub>3</sub>SiO<sub>5</sub>上之紅色QD ( $\lambda_{\text{最大}} = 635 \text{ nm}$ )與Y<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub>上之綠色QD ( $\lambda_{\text{最大}} = 543 \text{ nm}$ )組合於色彩坐標x為約0.31且y為約0.31之藍色LED ( $\lambda_{\text{最大}} = 450 \text{ nm}$ )中；利用標準濾色器，NTSC係100%。

圖4：發射光譜LED 2：Sr<sub>3</sub>SiO<sub>5</sub>上之紅色QD ( $\lambda_{\text{最大}} = 635 \text{ nm}$ )與綠色矽酸鹽磷光體( $\lambda_{\text{最大}} = 520 \text{ nm}$ )組合於色彩坐標x為約0.31且y為約0.31之藍色LED ( $\lambda_{\text{最大}} = 450 \text{ nm}$ )中；利用標準濾色器，NTSC係98%。

圖5：發射光譜LED 3：Y<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub>上之紅色QD ( $\lambda_{\text{最大}} = 635 \text{ nm}$ )於與綠色Lu<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub>:Ce ( $\lambda_{\text{最大}} = 540 \text{ nm}$ ，CRI 85，虛線)之混合物中及於與黃色Y<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub>:Ce ( $\lambda_{\text{最大}} = 560 \text{ nm}$ ，CRI 80，實線)之混合物中。

### 【實施方式】

#### 定義

如本申請案中所使用，術語「光轉換材料」表示半導體奈米粒子與未活化之結晶材料之組合，其中半導體奈米粒子位於未活化之結晶材料之表面上。本發明之光轉換材料可包含一或多種類型之半導體奈米粒子及/或一或多種類型之未活化之結晶材料，其中半導體奈米粒子位於一或多種未活化之結晶材料之表面上。

如本申請案中所使用，術語「未活化之結晶材料」表示呈粒子形式之無機材料，其係結晶且不具活化劑，即光轉換中心。因此，未活化之結晶材料本身既不發光亦不發螢光。另外，其在可見區域中無特定固有吸收且因此係無色的。此外，未活化之結晶材料係透明的。未活化之結晶材料用作半導體奈米粒子之支撐材料。由於未活化之結晶材料缺少色彩且透明，由一次光源、另一磷光體或另一光轉換材料發射之光能夠不受阻礙且無損失地穿過材料，此增加本發明之光轉換材料在LED中之使用效率。

如本申請案中所使用，術語「磷光體」或「轉換磷光體」(本文中用作同義詞)表示具有一或多個發射中心之呈粒子形式之螢光無機材料。發射中心由活化劑形成，通常為稀土金屬元素(例如，La、Ce、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb及Lu)之原子或離子，及/或過渡金屬元素(例如，Cr、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Ag、Au及Zn)之原子或離子，及/或主族金屬元素(例如，Na、Tl、Sn、Pb、Sb及Bi)之原子或離子。磷光體或轉換磷光體之實例包括基於石榴石之磷光體、基於矽酸鹽、基於正矽酸鹽、基於硫代鎳酸鹽、基於硫化物及基於氮化物之磷光體。本發明意義上之磷光體材料無量子限制效應。此類型之無量子限制之磷光體材料可係具或不具二氧化矽塗層之磷光體粒子。本申請案意義上之磷光體或轉換磷光體意指吸收電磁光譜之一定波長範圍內(較佳藍色或UV光譜範圍內)的輻射並發射電磁光譜之另一波長範圍內(較佳紫色、藍色、綠色、黃色、橙色或紅色光譜範圍內)的可見光之材料。在此方面亦應理解術語「輻射誘導之發射效率」，即轉換磷光體吸收一定波長範圍內之輻射並以一定效率發射另一波長範圍內之輻射。術語「發射波長之位移」意指轉換磷光體與另一或類似轉換磷光體相比發射不同波長之光，即朝向更短或更長波長位移。

本申請案中之術語「半導體奈米粒子」(量子材料)表示由半導體材料組成之奈米粒子。半導體奈米粒子係具有至少一個亞微米級尺寸之任何期望離散單元，在一些實施例中尺寸小於100 nm且在一些其他實施例中具有小於1微米之大小作為最大尺寸(長度)。在一些其他實施例中，尺寸小於400 nm。半導體奈米粒子可具有任何期望對稱或不對稱幾何形狀，且可能形狀之非限制性實例係細長形、圓形、橢圓形、錐形等。半導體奈米

粒子之特定實例係細長奈米粒子，其亦稱為奈米棒且自半導體材料製得。可使用之其他半導體奈米棒係在各別奈米棒之一端或兩端上具有金屬或金屬合金區域之彼等。此等細長半導體/金屬奈米粒子之實例及其產生闡述於WO 2005/075339中，其揭示內容係以引用方式併入本文中。其他可能之半導體/金屬奈米粒子示於WO 2006134599中，其揭示內容係以引用方式併入本文中。

此外，業內已知呈核心/殼構形或核心/多殼構形之半導體奈米粒子。該等粒子係離散半導體奈米粒子，其特徵在於異質結構，其中包含一種類型之材料之「核心」經包含另一材料之「殼」覆蓋。在一些情形下，容許殼在核心上生長，其用作「晶種核心」。因此核心/殼奈米粒子亦稱為「種晶」奈米粒子。表述「晶種核心」或「核心」係指存在於異質結構中之最內層半導體材料。已知呈核心/殼構形之半導體奈米粒子示於例如EP 2 528 989 B1中，其內容係全文以引用方式併入本說明書中。因此，舉例而言，已知點狀半導體奈米粒子，其中球形殼圍繞球形核心對稱地配置(所謂量子點於量子點中)。另外，已知棒狀半導體奈米粒子，其中球形核心在細長棒狀殼中不對稱地配置(所謂量子點於量子棒中)。表述奈米棒表示具有棒樣形狀之奈米晶體，即藉由增加沿晶體之第一(「縱向」)軸之生長而沿另外兩個軸之尺寸保持極小所形成之奈米晶體。奈米棒具有極小直徑(通常小於10 nm)及可在約6 nm至約500 nm範圍內之長度。核心通常具有實際上球形之形狀。然而，亦可使用具有不同形狀(例如，假四面體、立方八面體、棒及其他形狀)之核心。典型核心直徑係在約1 nm至約20 nm範圍內。在呈核心/殼構形之對稱點狀半導體奈米粒子之情形(量子點於量子點中)下，總粒子直徑 $d_2$ 通常遠大於核心直徑 $d_1$ 。與 $d_1$ 相比， $d_2$ 之量值

影響呈核心/殼構形之對稱點狀半導體奈米粒子之光學吸收。如已知，呈核心/殼構形之半導體奈米粒子可包含其他外殼，其可提供更佳光學及化學性質，例如更高量子產率(QY)及更佳耐久性。而且，半導體奈米粒子具有核心/多殼構形。在呈核心/多殼構形之棒狀半導體奈米粒子之情形下，第一殼之長度通常可在介於10 nm與200 nm之間且尤其介於15 nm與160 nm之間之範圍內。第一殼在另外兩個維度(棒狀之徑向軸)上之厚度可在介於1 nm與10 nm之間之範圍內。其他殼之厚度通常可在介於0.3 nm與20 nm之間且尤其介於0.5 nm與10 nm之間之範圍內。

其他實施例係例如奈米四腳錐體(如US 8,062,421 B2中所述)，其包含由第一材料組成之核心及由第二材料組成之至少一個臂、但通常四個其他臂，其中核心及臂之晶體結構不同。此類型之奈米四腳錐體具有較大之斯托克斯(Stokes)位移。

術語「核心材料」表示形成呈核心/殼構形或核心/多殼構形之半導體奈米粒子之核心之材料。該材料可係來自第II-VI、III-V、IV-VI或I-III-VI<sub>2</sub>族之半導體或其一或多者之任何期望組合。舉例而言，核心材料可選自由以下各項組成之群：CdS、CdSe、CdTe、ZnS、ZnSe、ZnTe、ZnO、GaAs、GaP、GaAs、GaSb、GaN、HgS、HgSe、HgTe、InAs、InP、InSb、AlAs、AlP、AlSb、Cu<sub>2</sub>S、Cu<sub>2</sub>Se、CuGaS<sub>2</sub>、CuGaSe<sub>2</sub>、CuInS<sub>2</sub>、CuInSe<sub>2</sub>、Cu<sub>2</sub>(InGa)S<sub>4</sub>、AgInS<sub>2</sub>、AgInSe<sub>2</sub>、Cu<sub>2</sub>(ZnSn)S<sub>4</sub>、其合金及其混合物。

術語「殼材料」係指自其構建具有核心/殼構形之半導體奈米粒子之殼或具有核心/多殼構形之半導體奈米粒子之每一個別殼的半導體材料。該材料可係來自第II-VI、III-V、IV-VI或I-III-VI<sub>2</sub>族之半導體或其一或多



者之任何期望組合。舉例而言，殼材料可選自由以下各項組成之群：  
 CdS、CdSe、CdTe、ZnS、ZnSe、ZnTe、ZnO、GaAs、GaP、GaAs、  
 GaSb、GaN、HgS、HgSe、HgTe、InAs、InP、InSb、AlAs、AlP、  
 AlSb、Cu<sub>2</sub>S、Cu<sub>2</sub>Se、CuGaS<sub>2</sub>、CuGaSe<sub>2</sub>、CuInS<sub>2</sub>、CuInSe<sub>2</sub>、  
 Cu<sub>2</sub>(InGa)S<sub>4</sub>、AgInS<sub>2</sub>、AgInSe<sub>2</sub>、Cu<sub>2</sub>(ZnSn)S<sub>4</sub>、其合金及其混合物。

術語「配體」係指半導體奈米粒子之外表面塗層，其產生鈍化效應並用於藉由克服凡得瓦力(Van-der-Waals force)來防止奈米粒子聚結或聚集。通常可使用之配體係：膦及氧化膦，例如三辛基氧化膦(TOPO)、三辛基膦(TOP)或三丁基膦(TBP)；膦酸，例如十二烷基膦酸(DDPA)、十三烷基膦酸(TBPA)、十八烷基膦酸(ODPA)或己基膦酸(HPA)；胺，例如十二烷基胺(DDA)、十四烷基胺(TDA)、十六烷基胺(HDA)或十八烷基胺(ODA)；亞胺，例如聚乙烯亞胺(PEI)；硫醇，例如十六烷硫醇或己烷硫醇；巯基羧酸，例如巯基丙酸或巯基十一烷酸；及其他酸，例如肉豆蔻酸、棕櫚酸或油酸。

術語「塗層材料」表示在光轉換材料之粒子表面上形成塗層之材料。本文中使用的術語「塗層」來闡述提供於另一材料上且部分或完全覆蓋另一材料之外表面或溶劑可及表面之一或多層材料。根據所使用之措辭，不言而喻，施加至光轉換材料之每一個別初級粒子之塗層可產生彼此分離之多個不同之經塗覆初級粒子，而非以均勻基質形式一起存在或納入同一塗層材料中之多個粒子。光轉換材料之初級粒子通常含有複數個半導體奈米粒子。塗層之材料(塗層材料)可至少部分地滲透至已經塗覆之材料之內部結構中，只要塗層作為障壁仍提供足夠保護免於外部物理影響或可能有害之物質(例如氧、水分及/或自由基)通過即可。此增加光轉換材料之穩定

性，此產生改良之持久性及壽命。另外，在一些實施例中塗層材料為光轉換材料提供其他功能性，例如降低熱敏感性、減少光折射或改良光轉換材料在聚合物或澆注材料中之黏著性。此外，藉由施加一或多種塗層材料，可平滑化光轉換材料之粒子表面上之不均勻性。此類型之表面平滑化使得能夠良好地處理光轉換材料並減少所發射光在材料表面之不期望光學散射效應，此產生增加之效率。

術語「澆注材料」係指包括本發明之光轉換材料及本發明之光轉換混合物之光傳輸基質材料。光傳輸基質材料可係聚矽氧、聚合物(其係自液體或半固體前體材料(例如單體)形成)、環氧化物、玻璃或包含聚矽氧及環氧化物之混合物。聚合物之特定但非限制性實例包括氟化聚合物、聚丙烯醯胺聚合物、聚丙烯酸聚合物、聚丙烯腈聚合物、聚苯胺聚合物、聚二苯甲酮聚合物、聚(甲基丙烯酸甲酯)聚合物、聚矽氧聚合物、鋁聚合物、聚雙酚聚合物、聚丁二烯聚合物、聚二甲基矽氧烷聚合物、聚乙烯聚合物、聚異丁烯聚合物、聚丙烯聚合物、聚苯乙烯聚合物、聚乙烯基聚合物、聚乙烯醇縮丁醛聚合物或全氟環丁基聚合物。聚矽氧可包括凝膠，例如Dow Corning® OE-6450；彈性體，例如Dow Corning® OE-6520、Dow Corning® OE-6550、Dow Corning® OE-6630；及樹脂，例如Dow Corning® OE-6635、Dow Corning® OE-6665、Nusil LS-6143及來自Nusil之其他產品、Momentive RTV615、Momentive RTV656及來自其他製造商之許多其他產品。此外，澆注材料可係(聚)矽氮烷，例如經修飾之有機聚矽氮烷(MOPS)或全氫聚矽氮烷(PHPS)。光轉換材料或光轉換混合物之含量基於澆注材料較佳係在3重量%至80重量%範圍內。

本發明之較佳實施例

本發明係關於光轉換材料，其包含半導體奈米粒子及未活化之結晶材料，其中半導體奈米粒子位於未活化之結晶材料之表面上。

未活化之結晶材料係無色的，此可歸因於不含活化劑(即無發射中心)之材料。由此可見，未活化之材料係無色且透明的，此乃因其不展現特定固有吸收、發光或螢光。因此，由一次光源或由另一磷光體發射之光能夠不受阻礙且無損失地穿過未活化之結晶材料並到達表面上之半導體奈米粒子，藉此其經吸收，轉換為具有更長波長之光並然後發射，從而引起在LED中使用本發明之光轉換材料之效率增加。

在本發明中，未活化之結晶材料用作位於未活化之結晶材料之表面上之半導體奈米粒子的支撐材料。半導體奈米粒子可在未活化之結晶材料之表面上隨機分佈或以所定義配置分佈。

本發明中之未活化之結晶材料的化學組成無限制。本發明意義上之未活化之結晶材料係不含因插入活化劑而產生之發射中心之任何結晶無機化合物。適宜未活化之結晶材料係例如無機磷光體之不具活化劑且因此不具發射中心之主體晶格材料(基質材料)(未活化之基質材料)。無機磷光體之此等基質材料在本發明意義上係未活化的，此乃因其不展現特定固有吸收且因此係無色的。因此，其適宜用作半導體奈米粒子之支撐材料。本發明慮及眾多種磷光體之未活化之基質材料，例如金屬氧化物磷光體之基質材料、矽酸鹽及鹵矽酸鹽磷光體之基質材料、磷酸鹽及鹵磷酸鹽磷光體之基質材料、硼酸鹽及硼矽酸鹽磷光體之基質材料、鋁酸鹽、鎳酸鹽及鋁矽酸鹽磷光體之基質材料、鉬酸鹽及鎢酸鹽磷光體之基質材料、硫酸鹽、硫化物、硒化物及碲化物磷光體之基質材料、氮化物及氮氧化物磷光體之基質材料及SiAlON磷光體之基質材料。此外，慮及不包含摻雜劑且具有必

需結晶度之未活化之複合金屬-氧化合物、未活化之鹵素化合物及未活化之含氧化合物。

在本發明之較佳實施例中，未活化之結晶材料係選自以下之無機磷光體之基質材料：未活化之結晶金屬氧化物、未活化之結晶矽酸鹽及鹵矽酸鹽、未活化之結晶磷酸鹽及鹵磷酸鹽、未活化之結晶硼酸鹽及硼矽酸鹽、未活化之結晶鋁酸鹽、鎳酸鹽及鋁矽酸鹽、未活化之結晶鉬酸鹽及鎢酸鹽、未活化之結晶硫酸鹽、硫化物、硒化物及碲化物、未活化之結晶氮化物及氮氧化物、未活化之結晶SiAlON及其他未活化之結晶材料(例如未活化之結晶複合金屬-氧化合物、未活化之結晶鹵素化合物及未活化之結晶含氧化合物(例如較佳硫氧化物或氮氧化物))。

較佳之未活化之結晶複合金屬-氧化合物係未活化之砷酸鹽、未活化之鍺酸鹽、未活化之鹵鍺酸鹽、未活化之銻酸鹽、未活化之鑷酸鹽、未活化之銻酸鹽、未活化之鉍酸鹽、未活化之錫酸鹽、未活化之鉭酸鹽、未活化之鈦酸鹽、未活化之釩酸鹽、未活化之鹵釩酸鹽、未活化之磷釩酸鹽、未活化之鈷酸鹽及未活化之鎳酸鹽。

在本發明之更佳實施例中，未活化之結晶材料係未活化之結晶鋁酸鹽、未活化之結晶矽酸鹽或鹵矽酸鹽或未活化之結晶鈦酸鹽。

未活化之結晶金屬氧化物之實例包括： $M^{2+}O$ 、 $M^{3+}_2O_3$ 及 $M^{4+}O_2$ ，其中 $M^{2+}$ 係Zn、Fe、Co、Ni、Cd、Cu及/或一或多種鹼土金屬，較佳Be、Mg、Ca、Sr及/或Ba； $M^{3+}$ 係Al、Ga、Sc、Y、La及/或一或多種選自以下之稀土金屬：Sc、Y、La、Ce、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb及Lu；且 $M^{4+}$ 係Ti、Zr、Ge、Sn及/或Th。

未活化之結晶金屬氧化物之較佳實例係： $Al_2O_3$ 、CaO、 $Ga_2O_3$ 、

$\text{La}_2\text{O}_3$ 、 $\text{ThO}_2$ 、 $\text{Y}_2\text{O}_3$ 、 $\text{ZnO}$ 、 $(\text{Y},\text{Gd})_2\text{O}_3$ 及 $(\text{Zn},\text{Cd})\text{O}$ 。

未活化之結晶矽酸鹽或鹵矽酸鹽之實例包括： $\text{M}^{2+}\text{SiO}_3$ 、 $\text{M}^{2+}_2\text{SiO}_4$ 、 $\text{M}^{2+}_2(\text{Si},\text{Ge})\text{O}_4$ 、 $\text{M}^{2+}_3\text{SiO}_5$ 、 $\text{M}^{3+}_2\text{SiO}_5$ 、 $\text{M}^{3+}\text{M}^+\text{SiO}_4$ 、 $\text{M}^{2+}\text{Si}_2\text{O}_5$ 、 $\text{M}^{2+}_2\text{Si}_2\text{O}_6$ 、 $\text{M}^{2+}_3\text{Si}_2\text{O}_7$ 、 $\text{M}^{2+}_2\text{M}^+_2\text{Si}_2\text{O}_7$ 、 $\text{M}^{3+}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ 、 $\text{M}^{2+}_4\text{Si}_2\text{O}_8$ 、 $\text{M}^{2+}_2\text{Si}_3\text{O}_8$ 、 $\text{M}^{2+}_3\text{M}^{3+}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ 、 $\text{M}^+\text{M}^{3+}\text{M}^{2+}_4\text{Si}_4\text{O}_{10}$ 、 $\text{M}^+\text{M}^{2+}_4\text{M}^{3+}\text{Si}_4\text{O}_{14}$ 、 $\text{M}^{2+}_3\text{M}^{3+}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$ 、 $\text{M}^{3+}\text{SiO}_3\text{X}$ 、 $\text{M}^{2+}_3\text{SiO}_4\text{X}_2$ 、 $\text{M}^{2+}_5\text{SiO}_4\text{X}_6$ 、 $\text{M}^+_2\text{M}^{2+}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}\text{X}_2$ 、 $\text{M}^{2+}_5\text{Si}_4\text{O}_{10}\text{X}_6$ 、 $\text{M}^+_2\text{SiX}_6$ 、 $\text{M}^{2+}_3\text{SiO}_3\text{X}_4$ 及 $\text{M}^{2+}_9(\text{SiO}_4)_4\text{X}_2$ ，其中 $\text{M}^+$ 係一或多種鹼金屬，較佳Li、Na及/或K； $\text{M}^{2+}$ 係Zn、Fe、Co、Ni、Cd、Cu及/或一或多種鹼土金屬，較佳Be、Mg、Ca、Sr及/或Ba； $\text{M}^{3+}$ 係Al、Sc、Y、La及/或一或多種選自以下之稀土金屬：Sc、Y、La、Ce、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb及Lu；且X係一或多種鹵素，較佳F、Cl、Br及/或I。

未活化之結晶矽酸鹽及鹵矽酸鹽之較佳實例係： $\text{Ba}_2(\text{Mg},\text{Sr})\text{Si}_2\text{O}_7$ 、 $\text{Ba}_2\text{SiO}_4$ 、 $(\text{Ba},\text{Sr})_2\text{SiO}_4$ 、 $\text{Ba}_5\text{SiO}_4\text{Br}_6$ 、 $\text{BaSi}_2\text{O}_5$ 、 $\text{BaSrMgSi}_2\text{O}_7$ 、 $\text{Be}_2\text{SiO}_4$ 、 $\text{Ca}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7$ 、 $\text{Ca}_3\text{MgSi}_2\text{O}_8$ 、 $\text{Ca}_3\text{SiO}_4\text{Cl}_2$ 、 $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$ 、 $\text{CaSiO}_3$ 、 $(\text{Ca},\text{Mg})\text{SiO}_3$ 、 $(\text{Ca},\text{Sr})_2\text{SiO}_4$ 、 $\text{Gd}_2\text{SiO}_5$ 、 $\text{K}_2\text{SiF}_6$ 、 $\text{LaSiO}_3\text{Cl}$ 、 $\text{LiCeBa}_4\text{Si}_4\text{O}_{14}$ 、 $\text{LiCeSrBa}_3\text{Si}_4\text{O}_{14}$ 、 $\text{LiNa}(\text{Mg},\text{Mn})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}\text{F}_2$ 、 $\text{Lu}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ 、 $\text{Lu}_2\text{SiO}_5$ 、 $(\text{Lu},\text{Gd})_2\text{SiO}_5$ 、 $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$ 、 $\text{Mg}_3\text{SiO}_3\text{F}_4$ 、 $\text{MgBa}_3\text{Si}_2\text{O}_8$ 、 $\text{MgSiO}_3$ 、 $\text{MgSr}_3\text{Si}_2\text{O}_8$ 、 $\text{Sr}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7$ 、 $\text{Sr}_2\text{SiO}_4$ 、 $\text{Sr}_3\text{Gd}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$ 、 $\text{Sr}_5\text{Si}_4\text{O}_{10}\text{Cl}_6$ 、 $\text{SrBaSiO}_4$ 、 $\text{SrMgSi}_2\text{O}_6$ 、 $\text{Y}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ 、 $\text{Y}_2\text{SiO}_5$ 、 $\text{Zn}_2(\text{Si},\text{Ge})\text{O}_4$ 、 $\text{Zn}_2\text{SiO}_4$ 及 $(\text{Zn},\text{Be})_2\text{SiO}_4$ 。

未活化之結晶磷酸鹽或鹵磷酸鹽之實例包括： $\text{M}^{3+}\text{PO}_4$ 、 $\text{M}^{2+}\text{P}_2\text{O}_6$ 、 $\text{M}^{2+}_2\text{P}_2\text{O}_7$ 、 $\text{M}^+_2\text{M}^{2+}\text{P}_2\text{O}_7$ 、 $\text{M}^{4+}\text{P}_2\text{O}_7$ 、 $\text{M}^{2+}\text{B}_2\text{P}_2\text{O}_9$ 、 $\text{M}^{2+}_6\text{BP}_5\text{O}_{20}$ 、

$M^{2+}_3(PO_4)_2$ 、 $M^+M^{3+}(PO_4)_2$ 、 $M^{2+}_6(PO_4)_4$ 及 $M^{2+}_5(PO_4)_3X$ ，其中 $M^+$ 係一或多種鹼金屬，較佳Li、Na及/或K； $M^{2+}$ 係Zn、Fe、Co、Ni、Cd、Cu及/或一或多種鹼土金屬，較佳Be、Mg、Ca、Sr及/或Ba； $M^{3+}$ 係Al、Sc、Y、La及/或一或多種選自以下之稀土金屬：Sc、Y、La、Ce、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb及Lu； $M^{4+}$ 係Ti、Zr、Ge及/或Sn；且X係一或多種鹵素，較佳F、Cl、Br及/或I。

未活化之結晶磷酸鹽及鹵磷酸鹽之較佳實例係： $Ba_3(PO_4)_2$ 、 $Ca_2Ba_3(PO_4)_3Cl$ 、 $Ca_2P_2O_7$ 、 $Ca_3(PO_4)_2$ 、 $(Ca,Sr)_3(PO_4)_2$ 、 $(Ca,Zn,Mg)_3(PO_4)_2$ 、 $Ca_5(PO_4)_3(F,Cl)$ 、 $Ca_5(PO_4)_3Cl$ 、 $Ca_5(PO_4)_3F$ 、 $CaB_2P_2O_9$ 、 $CaP_2O_6$ 、 $CaSr_2(PO_4)_2$ 、 $LaPO_4$ 、 $(La,Ce,Tb)PO_4$ 、 $Li_2CaP_2O_7$ 、 $LuPO_4$ 、 $Mg_3Ca_3(PO_4)_4$ 、 $MgBa_2(PO_4)_2$ 、 $MgBaP_2O_7$ 、 $MgCaP_2O_7$ 、 $MgSr_5(PO_4)_4$ 、 $MgSrP_2O_7$ 、 $Na_3Ce(PO_4)_2$ 、 $Sr_2P_2O_7$ 、 $Sr_3(PO_4)_2$ 、 $Sr_5(PO_4)_3Cl$ 、 $Sr_5(PO_4)_3F$ 、 $Sr_6BP_5O_{20}$ 、 $YPO_4$ 、 $Zn_3(PO_4)_2$ 、 $Zn_3(PO_4)_2$ 、 $ZnMg_2(PO_4)_2$ 及 $(Zn,Mg)_3(PO_4)_2$ 。

未活化之結晶硼酸鹽、鹵硼酸鹽或硼矽酸鹽之實例包括： $M^{3+}BO_3$ 、 $M^{2+}B_2O_4$ 、 $M^{2+}_2B_2O_5$ 、 $M^{3+}_2B_2O_6$ 、 $M^{3+}B_3O_6$ 、 $M^{2+}B_6O_{10}$ 、 $M^{2+}M^{3+}BO_4$ 、 $M^{2+}M^{3+}B_3O_7$ 、 $M^{2+}B_4O_7$ 、 $M^{2+}_3M^{3+}_2B_4O_{12}$ 、 $M^{3+}_4B_4O_{12}$ 、 $M^{3+}M^{2+}B_5O_{10}$ 、 $M^{2+}_2B_6O_{11}$ 、 $M^{2+}B_8O_{13}$ 、 $M^{2+}_2B_5O_9X$ 、 $M^{2+}_2M^{3+}_2BO_{6.5}$ 、 $M^{2+}_5B_2SiO_{10}$ ，其中 $M^{2+}$ 係Zn、Fe、Co、Ni、Cd、Cu及/或一或多種鹼土金屬，較佳Be、Mg、Ca、Sr及/或Ba； $M^{3+}$ 係Al、Ga、In、Sc、Y、La及/或一或多種選自以下之稀土金屬：Sc、Y、La、Ce、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb及Lu；且X係一或多種鹵素，較佳F、Cl、Br及/或I。

未活化之結晶硼酸鹽及硼矽酸鹽之較佳實例係： $\text{Ca}_2\text{B}_2\text{O}_5$ 、 $\text{Ca}_2\text{B}_5\text{O}_9\text{Br}$ 、 $\text{Ca}_2\text{B}_5\text{O}_9\text{Cl}$ 、 $\text{Ca}_2\text{La}_2\text{BO}_{6.5}$ 、 $\text{Ca}_5\text{B}_2\text{SiO}_{10}$ 、 $\text{CaB}_2\text{O}_4$ 、 $\text{CaLaB}_3\text{O}_7$ 、 $\text{CaLaBO}_4$ 、 $\text{CaYBO}_4$ 、 $\text{Cd}_2\text{B}_6\text{O}_{11}$ 、 $\text{GdMgB}_5\text{O}_{10}$ 、 $\text{InBO}_3$ 、 $\text{LaAl}_3\text{B}_4\text{O}_{12}$ 、 $\text{LaAlB}_2\text{O}_6$ 、 $\text{LaB}_3\text{O}_6$ 、 $\text{LaBO}_3$ 、 $\text{MgB}_2\text{O}_4$ 、 $\text{MgYBO}_4$ 、 $\text{ScBO}_3$ 、 $\text{Sr}_2\text{B}_5\text{O}_9\text{Cl}$ 、 $\text{SrB}_4\text{O}_7$ 、 $\text{SrB}_8\text{O}_{13}$ 、 $\text{YAl}_3\text{B}_4\text{O}_{12}$ 、 $\text{YBO}_3$ 、 $(\text{Y},\text{Gd})\text{BO}_3$ 及 $\text{ZnB}_2\text{O}_4, \text{SrO} \cdot 3\text{B}_2\text{O}_3$ 。

未活化之結晶鋁酸鹽、鎵酸鹽或鋁矽酸鹽之實例包括： $\text{M}^+\text{AlO}_2$ 、 $\text{M}^{3+}\text{AlO}_3$ 、 $\text{M}^{2+}\text{M}^{3+}\text{AlO}_4$ 、 $\text{M}^{2+}\text{Al}_2\text{O}_4$ 、 $\text{M}^{2+}\text{Al}_4\text{O}_7$ 、 $\text{M}^+\text{Al}_5\text{O}_8$ 、 $\text{M}^{3+}_4\text{Al}_2\text{O}_9$ 、 $\text{M}^{3+}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 、 $\text{M}^+\text{Al}_{11}\text{O}_{17}$ 、 $\text{M}^{2+}_2\text{Al}_{10}\text{O}_{17}$ 、 $\text{M}^{3+}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 、 $\text{M}^{3+}_3(\text{Al},\text{Ga})_5\text{O}_{12}$ 、 $\text{M}^{3+}_3\text{Sc}_2\text{Al}_3\text{O}_{12}$ 、 $\text{M}^{2+}_2\text{Al}_6\text{O}_{11}$ 、 $\text{M}^{2+}\text{Al}_8\text{O}_{13}$ 、 $\text{M}^{2+}\text{M}^{3+}\text{Al}_{11}\text{O}_{19}$ 、 $\text{M}^{2+}\text{Al}_{12}\text{O}_{19}$ 、 $\text{M}^{2+}_4\text{Al}_{14}\text{O}_{25}$ 、 $\text{M}^{2+}_3\text{Al}_{16}\text{O}_{27}$ 、 $\text{M}^{2+}\text{Ga}_2\text{O}_4$ 、 $\text{M}^{2+}\text{Ga}_4\text{O}_7$ 、 $\text{M}^{3+}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}$ 、 $\text{M}^+\text{Ga}_{11}\text{O}_{17}$ 、 $\text{M}^{2+}\text{Ga}_{12}\text{O}_{19}$ 、 $\text{M}^+_2\text{M}^{2+}_3\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}$ 及 $\text{M}^{2+}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ ，其中 $\text{M}^+$ 係一或多種鹼金屬，較佳Li、Na及/或K； $\text{M}^{2+}$ 係Zn、Fe、Co、Ni、Cd、Cu及/或一或多種鹼土金屬，較佳Be、Mg、Ca、Sr及/或Ba； $\text{M}^{3+}$ 係Al、Sc、Y、La及/或一或多種選自以下之稀土金屬：Sc、Y、La、Ce、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb及Lu；且X係一或多種鹵素，較佳F、Cl、Br及/或I。

未活化之結晶鋁酸鹽、鎵酸鹽及鋁矽酸鹽之較佳實例係： $\text{BaAl}_{12}\text{O}_{19}$ 、 $\text{BaAl}_8\text{O}_{13}$ 、 $\text{BaMgAl}_{10}\text{O}_{17}$ 、 $\text{CaAl}_2\text{O}_4$ 、 $\text{CaAl}_4\text{O}_7$ 、 $(\text{Ca},\text{Ba})\text{Al}_{12}\text{O}_{19}$ 、 $\text{CaGa}_2\text{O}_4$ 、 $\text{CaGa}_4\text{O}_7$ 、 $\text{CeMgAl}_{11}\text{O}_{19}$ 、 $\text{Gd}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}$ 、 $\text{Gd}_3\text{Sc}_2\text{Al}_3\text{O}_{12}$ 、 $\text{GdAlO}_3$ 、 $\text{KAl}_{11}\text{O}_{17}$ 、 $\text{KGa}_{11}\text{O}_{17}$ 、 $\text{LaAlO}_3$ 、 $\text{LaMgAl}_{11}\text{O}_{19}$ 、 $\text{LiAl}_5\text{O}_8$ 、 $\text{LiAlO}_2$ 、 $\text{LiAlO}_2$ 、 $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 、 $\text{LuAlO}_3$ 、 $(\text{Lu},\text{Y})\text{AlO}_3$ 、 $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ 、 $\text{MgGa}_2\text{O}_4$ 、 $\text{MgSrAl}_{10}\text{O}_{17}$ 、 $\text{Sr}_2\text{Al}_6\text{O}_{11}$ 、

$\text{Sr}_4\text{Al}_{14}\text{O}_{25}$ 、 $\text{SrAl}_{12}\text{O}_{19}$ 、 $\text{SrAl}_2\text{O}_4$ 、 $\text{SrAl}_4\text{O}_7$ 、 $\text{SrGa}_{12}\text{O}_{19}$ 、 $\text{SrGa}_2\text{O}_4$ 、 $\text{Tb}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 、 $\text{Y}_3(\text{Al},\text{Ga})_5\text{O}_{12}$ 、 $(\text{Y},\text{Gd})_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 、 $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 、 $\text{Y}_4\text{Al}_2\text{O}_9$ 、 $\text{YAlO}_3$ 、 $\text{ZnAl}_2\text{O}_4$ 及 $\text{ZnGa}_2\text{O}_4$ 。

未活化之結晶鉬酸鹽或鎢酸鹽之實例包括： $\text{M}^{2+}\text{MoO}_4$ 、 $\text{M}^+\text{M}^{3+}\text{Mo}_2\text{O}_8$ 、 $\text{M}^{2+}\text{WO}_4$ 、 $\text{M}^{2+}_3\text{WO}_6$ 、 $\text{M}^{3+}_2\text{W}_3\text{O}_{12}$ 、 $\text{M}^+\text{M}^{3+}\text{W}_2\text{O}_8$ ，其中 $\text{M}^+$ 係一或多種鹼金屬，較佳Li、Na及/或K； $\text{M}^{2+}$ 係Zn、Fe、Co、Ni、Cd、Cu及/或一或多種鹼土金屬，較佳Be、Mg、Ca、Sr及/或Ba； $\text{M}^{3+}$ 係Al、Sc、Y、La及/或一或多種選自以下之稀土金屬：Sc、Y、La、Ce、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb及Lu；且X係一或多種鹵素，較佳F、Cl、Br及/或I。

未活化之結晶鉬酸鹽及鎢酸鹽之較佳實例係： $\text{Ba}_3\text{WO}_6$ 、 $\text{Ca}_3\text{WO}_6$ 、 $\text{CaMoO}_4$ 、 $\text{CaWO}_4$ 、 $\text{CdWO}_4$ 、 $\text{La}_2\text{W}_3\text{O}_{12}$ 、 $\text{LiEuMo}_2\text{O}_8$ 、 $\text{MgWO}_4$ 、 $\text{Sr}_3\text{WO}_6$ 、 $\text{SrMoO}_4$ 、 $\text{Y}_2\text{W}_3\text{O}_{12}$ 及 $\text{ZnWO}_4$ 。

未活化之結晶複合金屬-氧化合物之實例包括： $\text{M}^{3+}\text{AsO}_4$ 、 $\text{M}^{2+}_{13}\text{As}_2\text{O}_{18}$ 、 $\text{M}^{2+}\text{GeO}_3$ 、 $\text{M}^{2+}_2\text{GeO}_4$ 、 $\text{M}^{2+}_4\text{GeO}_6$ 、 $\text{M}^{2+}_4(\text{Ge},\text{Sn})\text{O}_6$ 、 $\text{M}^{2+}_2\text{Ge}_2\text{O}_6$ 、 $\text{M}^{3+}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$ 、 $\text{M}^{2+}_5\text{GeO}_4\text{X}_6$ 、 $\text{M}^{2+}_8\text{Ge}_2\text{O}_{11}\text{X}_2$ 、 $\text{M}^+\text{InO}_2$ 、 $\text{M}^{2+}\text{In}_2\text{O}_4$ 、 $\text{M}^+\text{LaO}_2$ 、 $\text{M}^{2+}\text{La}_4\text{O}_7$ 、 $\text{M}^{3+}\text{NbO}_4$ 、 $\text{M}^{2+}\text{Sc}_2\text{O}_4$ 、 $\text{M}^{2+}_2\text{SnO}_4$ 、 $\text{M}^{3+}\text{TaO}_4$ 、 $\text{M}^{2+}\text{TiO}_3$ 、 $\text{M}^{2+}_2\text{TiO}_4$ 、 $\text{M}^+_2\text{M}^{3+}_2\text{Ti}_3\text{O}_{10}$ 、 $\text{M}^{2+}_5(\text{VO}_4)_3\text{X}$ 、 $\text{M}^{3+}\text{VO}_4$ 、 $\text{M}^{3+}(\text{V},\text{P})\text{O}_4$ 、 $\text{M}^+\text{YO}_2$ 、 $\text{M}^{2+}\text{ZrO}_3$ 、 $\text{M}^{2+}_2\text{ZrO}_4$ 及 $\text{M}^{2+}\text{M}^{3+}_2\text{ZrO}_6$ ，其中 $\text{M}^+$ 係一或多種鹼金屬，較佳Li、Na及/或K； $\text{M}^{2+}$ 係Zn、Fe、Co、Ni、Cd、Cu及/或一或多種鹼土金屬，較佳Be、Mg、Ca、Sr及/或Ba； $\text{M}^{3+}$ 係Al、Sc、Y、La、Bi及/或一或多種選自以下之稀土金屬：Sc、Y、La、Ce、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb及



Lu； $M^{4+}$ 係Ti、Zr、Ge及/或Sn；且X係一或多種鹵素，較佳F、Cl、Br及/或I。

未活化之結晶複合金屬-氧化合物之較佳實例係： $Ba_5GeO_4Br_6$ 、 $Bi_4Ge_3O_{12}$ 、 $Ca_5(VO_4)_3Cl$ 、 $CaGeO_3$ 、 $CaLa_4O_7$ 、 $CaSc_2O_4$ 、 $CaTiO_3$ 、 $CaY_2ZrO_6$ 、 $GdNbO_4$ 、 $GdTao_4$ 、 $K_2La_2Ti_3O_{10}$ 、 $LaAsO_4$ 、 $LaVO_4$ 、 $LiInO_2$ 、 $LiLaO_2$ 、 $LuTaO_4$ 、 $Mg_{13}As_2O_{18}$ 、 $Mg_2SnO_4$ 、 $Mg_2TiO_4$ 、 $Mg_4(Ge,Sn)O_6$ 、 $Mg_4GeO_6$ 、 $Mg_8Ge_2O_{11}F_2$ 、 $NaYO_2$ 、 $SrTiO_3$ 、 $Y(V,P)O_4$ 、 $YAsO_4$ 、 $YTao_4$ 、 $YVO_4$ 及 $Zn_2GeO_4$ 。

未活化之結晶硫酸鹽、硫化物、硒化物或碲化物之實例包括： $M^{2+}SO_4$ 、 $M^{2+}_2(SO_4)_2$ 、 $M^{2+}_3(SO_4)_3$ 、 $M^{3+}_2(SO_4)_3$ 、 $M^{2+}S$ 、 $M^{2+}(S,Te)$ 、 $M^{2+}Se$ 、 $M^{2+}Te$ 、 $M^{2+}Ga_2S_4$ 、 $M^{2+}Ba_2S_3$ 及 $M^{2+}Al_2S_4$ ，其中 $M^{2+}$ 係Zn、Fe、Co、Ni、Cd、Cu及/或一或多種鹼土金屬，較佳Be、Mg、Ca、Sr及/或Ba；且 $M^{3+}$ 係Al、Sc、Y、La及/或一或多種選自以下之稀土金屬：Sc、Y、La、Ce、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb及Lu。

未活化之結晶硫酸鹽、硫化物、硒化物及碲化物之較佳實例係： $CaGa_2S_4$ 、 $CaS$ 、 $CaSO_4$ 、 $CdS$ 、 $Mg_2Ca(SO_4)_3$ 、 $Mg_2Sr(SO_4)_3$ 、 $MgBa(SO_4)_2$ 、 $MgS$ 、 $MgSO_4$ 、 $SrAl_2S_4$ 、 $SrGa_2S_4$ 、 $SrS$ 、 $SrSO_4$ 、 $Zn(S,Te)$ 、 $ZnBa_2S_3$ 、 $ZnGa_2S_4$ 、 $ZnS$ 、 $(Zn,Cd)S$ 及 $ZnSe$ 。

未活化之結晶鹵素或含氧化合物之實例包括： $M^+X$ 、 $M^{2+}X_2$ 、 $M^{3+}X_3$ 、 $M^+M^{2+}X_3$ 、 $M^+M^{3+}X_4$ 、 $M^{2+}M^{3+}_2X_8$ 、 $M^+M^{3+}_3X_{10}$ 、 $M^{3+}OX$ 、 $M^{2+}_8M^{4+}_2O_{11}X_2$ 及 $M^{3+}_2O_2S$ ，其中 $M^+$ 係一或多種鹼金屬，較佳Li、Na及/或K； $M^{2+}$ 係Zn、Fe、Co、Ni、Cd、Cu及/或一或多種鹼土金屬，較佳

Be、Mg、Ca、Sr及/或Ba； $M^{3+}$ 係Al、Sc、Y、La及/或一或多種選自以下之稀土金屬：Sc、Y、La、Ce、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb及Lu；且X係一或多種鹵素，較佳F、Cl、Br及/或I。

未活化之結晶鹵素化合物之較佳實例係：BaBr<sub>2</sub>、BaCl<sub>2</sub>、BaF<sub>2</sub>、(Ba,Sr)F<sub>2</sub>、BaFBr、BaFCl、BaY<sub>2</sub>F<sub>8</sub>、於SiO<sub>2</sub>中之CaBr<sub>2</sub>、於SiO<sub>2</sub>中之CaCl<sub>2</sub>、CaF<sub>2</sub>、於SiO<sub>2</sub>中之CaI<sub>2</sub>、CeF<sub>3</sub>、CsF、CsI、KMgF<sub>3</sub>、KY<sub>3</sub>F<sub>10</sub>、LaBr<sub>3</sub>、LaCl<sub>3</sub>、LaF<sub>3</sub>、LiAlF<sub>4</sub>、LiYF<sub>4</sub>、MgF<sub>2</sub>、NaI、NaYF<sub>4</sub>、RbBr、於SiO<sub>2</sub>中之Sr(Cl,Br,I)<sub>2</sub>、於SiO<sub>2</sub>中之SrCl<sub>2</sub>、SrF<sub>2</sub>、YF<sub>3</sub>、ZnF<sub>2</sub>及(Zn,Mg)F<sub>2</sub>。

未活化之結晶含氧化合物之較佳實例係選自以下之硫氧化物及氮氧化物：Gd<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S、La<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S、LaOBr、LaOCl、LaOF、Y<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S、YOBr、YOCl及YOF。

未活化之結晶氮化物、氮氧化物或SiAlON之實例包括： $M^{3+}N$ 、 $M^{2+}Si_2O_2N_2$ 、 $M^{2+}_2Si_5N_8$ 、 $M^{3+}_3Si_6N_{11}$ 、 $M^{2+}AlSiN_3$ 、 $\alpha$ -矽鋁氮氧化物(sialon)及 $\beta$ -矽鋁氮氧化物，其中 $M^{2+}$ 係Zn、Fe、Co、Ni、Cd、Cu及/或一或多種鹼土金屬，較佳Be、Mg、Ca、Sr及/或Ba；且 $M^{3+}$ 係Al、Ga、Sc、Y、La及/或一或多種選自以下之稀土金屬：Sc、Y、La、Ce、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb及Lu。

未活化之結晶氮化物及氮氧化物之較佳實例係：Ba<sub>2</sub>Si<sub>5</sub>N<sub>8</sub>、Ca<sub>2</sub>Si<sub>5</sub>N<sub>8</sub>、CaAlSiN<sub>3</sub>、(Ca,Sr)AlSiN<sub>3</sub>、GaN、La<sub>3</sub>Si<sub>6</sub>N<sub>11</sub>、Sr<sub>2</sub>Si<sub>5</sub>N<sub>8</sub>及(Sr,Ba)Si<sub>2</sub>N<sub>2</sub>O<sub>2</sub>。

較佳未活化之結晶SiAlON係： $\alpha$ -矽鋁氮氧化物及 $\beta$ -矽鋁氮氧化物。

未活化之結晶材料之該等實例僅用於說明且絕不應視為限制本發明之保護程度及範圍。

可用於本發明之光轉換材料中之半導體奈米粒子係亞微米級半導體材料，其在用具有另一(較短)波長範圍之光激發輻射輻照時，能夠發射具有一定波長之光。半導體奈米粒子通常亦稱為量子材料。由量子材料發射之光之特徵在於極窄之頻率範圍(單色光)。

在本發明之較佳實施例中，半導體奈米粒子係由至少兩種不同之半導體材料組成，其呈合金形式或呈核心/殼構形或具有至少兩個殼之核心/多殼構形，其中核心包含半導體材料或至少兩種不同半導體材料之合金，且該(等)殼獨立地包含半導體材料或至少兩種不同半導體材料之合金，其中濃度梯度可視情況存在於核心及/或殼內及/或核心及/或殼之間。在更佳實施例中，核心及毗鄰殼中及/或多個毗鄰殼中之半導體材料或至少兩種不同半導體材料之合金不同。

如上文已闡述，適於本發明目的之半導體奈米粒子係自半導體材料產生。適於本發明之半導體奈米粒子之可能材料組成闡述於 WO 2010/095140 A3及WO 2011/092646 A2中，其內容係以引用方式併入本申請案中。半導體材料較佳選自第II-VI族半導體、第III-V族半導體、第IV-VI族半導體、第I-III-VI<sub>2</sub>族半導體及選自該等半導體之合金及/或組合，其中半導體材料可視情況摻雜有一或多種過渡金屬，例如Mn及/或Cu(參見M. J. Anc、N. L. Pickett等人，ECS Journal of Solid State Science and Technology, 2013, 2(2), R3071-R3082)。

第II-VI族半導體材料之實例係：CdSe、CdS、CdTe、ZnO、ZnSe、ZnS、ZnTe、HgS、HgSe、HgTe、CdZnSe及其任何期望組合。

第III-V族半導體材料之實例係：InAs、InP、InN、GaN、InSb、InAsP、InGaAs、GaAs、GaP、GaSb、AlP、AlN、AlAs、AlSb、CdSeTe、ZnCdSe及其任何期望組合。

第IV-VI族半導體材料之實例係：PbSe、PbTe、PbS、PbSnTe、Tl<sub>2</sub>SnTe<sub>5</sub>及其任何期望組合。

第I-III-VI<sub>2</sub>族半導體材料之實例係：CuGaS<sub>2</sub>、CuGaSe<sub>2</sub>、CuInS<sub>2</sub>、CuInSe<sub>2</sub>、Cu<sub>2</sub>(InGa)S<sub>4</sub>、AgInS<sub>2</sub>、AgInSe<sub>2</sub>及其任何期望組合。

用於半導體奈米粒子之半導體材料之該等實例僅用於說明且絕不應視為限制本發明之保護程度及範圍。該等半導體材料可以合金形式或作為核心或殼材料用於核心/殼構形或核心/多殼構形中。

半導體奈米粒子之外部及內部形狀不受進一步限制。半導體奈米粒子較佳呈奈米點、奈米棒、奈米片、奈米四腳錐體、奈米點於奈米棒中、奈米棒於奈米棒中及/或奈米點於奈米片中之形式。

奈米棒之長度較佳係介於8 nm與500 nm之間且更佳係介於10 nm與160 nm之間。奈米棒之總直徑較佳係介於1 nm與20 nm之間且更佳係介於1 nm與10 nm之間。典型奈米棒具有較佳大於或等於2且更佳大於或等於3之邊長比(長度對直徑)。

在更佳實施例中，半導體奈米粒子具有較大斯托克斯位移且呈較大奈米點、奈米點於奈米棒中、奈米棒於奈米棒中及/或奈米四腳錐體之形式。

斯托克斯位移闡述吸收與發射之間之光(電磁輻射)之波長或頻率之位移。斯托克斯位移係入射與出射光子之間之能量差：

$$\Delta E(\text{光子}) = E(\text{入射}) - E(\text{出射})$$

在因入射光而發螢光之物質之情形下，再次發射之光通常位移至較長波長範圍內，此稱為紅移(斯托克斯規則)。

在本發明意義上具有較大斯托克斯位移之半導體奈米粒子係：

(A) 最大發射介於580 nm與680 nm之間且滿足以下條件(I)之半導體奈米粒子：

$$(I) \quad AR_{\text{紅色}1} = \text{吸收}_{455 \text{ nm}} / \text{最大吸收}_{580-680 \text{ nm}} > 3.5 : 1, \text{較佳} > 7 : 1,$$

其中 $AR_{\text{紅色}1}$ 表示在455 nm處之吸收(吸收 $_{455 \text{ nm}}$ )與在580 nm與680 nm之間的波長範圍內之最大吸收(最大吸收 $_{580-680 \text{ nm}}$ )之比率。

(B) 最大發射介於580 nm與680 nm之間且滿足以下條件(II)之半導體奈米粒子：

$$(II) \quad AR_{\text{紅色}2} = \text{吸收}_{405 \text{ nm}} / \text{最大吸收}_{580-680 \text{ nm}} > 6 : 1, \text{較佳} > 10 : 1,$$

其中 $AR_{\text{紅色}2}$ 表示在405 nm處之吸收(吸收 $_{405 \text{ nm}}$ )與在580 nm與680 nm之間的波長範圍內之最大吸收(最大吸收 $_{580-680 \text{ nm}}$ )之比率。

(C) 最大發射介於510 nm與580 nm之間且滿足以下條件(III)之半導體奈米粒子：

$$(III) \quad AR_{\text{綠色}1} = \text{吸收}_{455 \text{ nm}} / \text{最大吸收}_{510-580 \text{ nm}} > 2.5 : 1, \text{較佳} > 6 : 1,$$

其中 $AR_{\text{綠色}1}$ 表示在455 nm處之吸收(吸收 $_{455 \text{ nm}}$ )與在510 nm與580 nm之間的波長範圍內之最大吸收(最大吸收 $_{510-580 \text{ nm}}$ )之比率。

(D) 最大發射介於510 nm與580 nm之間且滿足以下條件(IV)之半導體奈米粒子：

(IV)  $AR_{\text{綠色}_2} = \text{吸收}_{405 \text{ nm}} / \text{最大吸收}_{510-580 \text{ nm}} > 3.5 : 1$ ，較佳  
7 : 1，

其中 $AR_{\text{綠色}_2}$ 表示在405 nm處之吸收(吸收 $_{405 \text{ nm}}$ )與在510 nm與580 nm之間的波長範圍內之最大吸收(最大吸收 $_{510-580 \text{ nm}}$ )之比率。

半導體奈米粒子因應激發輻射之發射光(發射色彩)之波長可以適宜方式藉由調整奈米粒子之形狀、大小及/或材料組成來選擇。發射色彩之此靈活性使得本發明光轉換材料之色彩能夠極大變化。紅光之發射可由例如以下來達成：CdSe奈米點、CdSe奈米棒、於CdS奈米棒中之CdSe奈米點、於CdS奈米棒中之ZnSe奈米點、CdSe/ZnS奈米棒、InP奈米點、InP奈米棒、CdSe/CdS奈米棒、於CdS奈米棒中之ZnSe奈米點及ZnSe/CdS奈米棒。綠光之發射可由例如以下來達成：CdSe奈米點、CdSe奈米棒、CdSe/CdS奈米棒及CdSe/ZnS奈米棒。藍光之發射可由例如以下來達成：基於ZnSe、ZnS、ZnSe/ZnS及/或CdS之核心/殼奈米點或核心/殼奈米棒。某些半導體奈米粒子與某些發射色彩之間之此說明性分配並不確定，且僅意欲用於說明。熟習此項技術者知曉可藉由調整半導體奈米粒子之大小來達成某些材料依賴性限值內之不同發射色彩。

其他較佳半導體奈米粒子係選自以下材料之具有核心/殼構形之奈米棒：CdSe/CdS、CdSeS/CdS、ZnSe/CdS、ZnCdSe/CdS、CdSe/CdZnS、CdTe/CdS、InP/ZnSe、InP/CdS、InP/ZnS及CuInS<sub>2</sub>/ZnS；及選自以下之具有核心/多殼構形之奈米棒：CdSe/CdS/ZnS、CdSe/CdZnS/ZnS、ZnSe/CdS/ZnS、InP/ZnSe/ZnS、InP/CdS/ZnS及InP/CdZnS/ZnS。

在較佳實施例中，將半導體奈米粒子施加至未活化之結晶材料之表面，如上文所述，使得半導體奈米粒子係以基於未活化之結晶材料0.1重

量%至20重量%、較佳0.5重量%至2重量%之比率存在。

在較佳實施例中，半導體奈米粒子之表面經一或多種配體塗覆。配體不受任何特定限制，只要其適於半導體奈米粒子之表面塗層即可。適宜配體係例如膦及氧化膦，例如三辛基氧化膦(TOPO)、三辛基膦(TOP)或三丁基膦(TBP)；膦酸，例如十二烷基膦酸(DDPA)、十三烷基膦酸(TBPA)、十八烷基膦酸(ODPA)或己基膦酸(HPA)；胺，例如十二烷基胺(DDA)、十四烷基胺(TDA)、十六烷基胺(HDA)或十八烷基胺(ODA)；硫醇，例如十六烷硫醇或己烷硫醇；巯基羧酸，例如巯基丙酸或巯基十一烷酸；及其他酸，例如肉豆蔻酸、棕櫚酸或油酸。不欲將上文所提及之實例視為限制性的。

此外較佳地，本發明之光轉換材料之表面經一或多種塗層材料塗覆。塗層材料不受任何特定限制，只要其適於塗覆光轉換材料之表面即可。適宜材料係例如亦用於塗覆磷光體之彼等，例如無機或有機塗層材料。無機塗層材料可係介電絕緣體、金屬氧化物(包括透明導電氧化物)、金屬氮化物或基於二氧化矽之材料(例如玻璃)。若使用金屬氧化物，則金屬氧化物可係單一金屬氧化物(即氧化物離子與單一類型之金屬離子之組合，例如 $\text{Al}_2\text{O}_3$ )或混合金屬氧化物(即氧化物離子與兩種或更多種類型之金屬離子之組合，例如 $\text{SrTiO}_3$ )或經摻雜金屬氧化物(例如經摻雜透明導電氧化物(TCO)，例如Al摻雜ZnO、Ga摻雜ZnO等)。(混合)金屬氧化物之一或多種金屬離子可選自週期表之任何適宜族，例如第2、13、14或15族，或其可係d區金屬或鑷系金屬。

特定金屬氧化物包括(但不限於)： $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、ZnO、 $\text{HfO}_2$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{ZrO}_2$ 及 $\text{TiO}_2$ ，包括其組合、合金及/或經摻雜物質；及/或TCO，例如Al摻雜

ZnO、Ga摻雜ZnO及In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>。無機塗層包括呈任何適宜形式之二氧化矽。在一些實施例中，一或多種無機塗層材料係選自由以下各項組成之群之金屬氧化物：Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、ZnO、TiO<sub>2</sub>、In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>或其組合及/或經摻雜物質。在特定實施例中，金屬氧化物係TCO，例如Al摻雜ZnO或Ga摻雜ZnO。

特定金屬氮化物包括(但不限於)：AlN、BN、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>，包括其組合、合金及/或經摻雜物質。

亦可替代地及/或額外地施加有機塗層至上文所提及之無機塗層。有機塗層同樣可對光轉換材料之穩定性及耐久性及可分散性具有有利效應。適宜有機材料係(聚)矽氮烷(例如較佳經修飾之有機聚矽氮烷(MOPS)或全氫聚矽氮烷(PHPS)及其混合物)、有機矽烷亦及其他有機材料直至聚合物。

先前技術揭示許多將塗層材料施加至光轉換材料或磷光體之方法。因此，舉例而言，WO 2014/140936 (其內容係以引用方式併入本申請案中)闡述例如以下之方法：化學氣相沈積(CVD)、物理氣相沈積(PVD) (包括磁控管濺射)、Vitex技術、原子層沈積(ALD)及分子層沈積(MLD)。此外，塗覆可藉由流化床方法實施。其他塗覆方法闡述於JP 04-304290、WO 91/10715、WO 99/27033、US 2007/0298250、WO 2009/065480及WO 2010/075908中，其內容係以引用方式併入本文中。

為構建多層塗層，可連續施加不同塗層材料。多種塗層材料可用於塗覆本發明之光轉換材料，例如金屬氧化物(例如，Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub>、ZnO、TiO<sub>2</sub>及ZrO<sub>2</sub>)；金屬(例如，Pt及Pd)；及聚合物(例如，聚(醯胺)及聚(醯亞胺))。Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>係研究地最佳之塗層材料之一，其係藉助原子層沈積(ALD)方法來施加。可藉由交替使用三甲基鋁及水蒸氣作為相應金屬源及氧源並



在該等施加中之每一者之間用惰性載體氣體(例如，N<sub>2</sub>或Ar)吹掃ALD室將Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>施加至基材。

此外，本發明係關於包含一或多種本發明之光轉換材料之光轉換混合物。除本發明之光轉換材料之外，光轉換混合物亦可包含一或多種轉換磷光體。較佳地，光轉換材料及轉換磷光體發射彼此互補之不同波長之光。若本發明之光轉換材料係發紅光材料，則其較佳與發青光轉換磷光體組合或與發藍光及發綠光或發黃光轉換磷光體組合使用。若本發明之光轉換材料係發綠光材料，則其較佳與發洋紅光轉換磷光體組合或與發紅光及發藍光轉換磷光體組合使用。因此，在本發明之光轉換混合物中，本發明之光轉換材料較佳可與一或多種其他轉換磷光體組合使用，以使得較佳發射白光。

光轉換混合物較佳包含基於混合物之總重量1重量%至90重量%之比率之本發明光轉換材料。

在本申請案之上下文中，紫外光表示最大發射低於420 nm之光，藍光表示最大發射介於420 nm與469 nm之間之光，青光表示最大發射介於470 nm與505 nm之間之光，綠光表示最大發射介於506 nm與545 nm之間之光，黃光表示最大發射介於546 nm與569 nm之間之光，橙光表示最大發射介於570 nm與600 nm之間之光，且紅光表示最大發射介於601 nm與670 nm之間之光。本發明之光轉換材料較佳係發紅光或發綠光轉換材料。洋紅色係藉助紅色與藍色之最大強度之迭加混合而產生且對應於RGB色域中之十進制值(255, 0, 255)或十六進制值(FF00FF)。

可與本發明之光轉換材料一起使用並形成本發明之光轉換混合物之轉換磷光體不受任何特定限制。因此，通常可使用任何可能之轉換磷光

體。舉例而言，在本文中以下各項係適宜的： $\text{Ba}_2\text{SiO}_4:\text{Eu}^{2+}$ 、 $\text{BaSi}_2\text{O}_5:\text{Pb}^{2+}$ 、 $\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x}\text{F}_2:\text{Eu}^{2+}$ 、 $\text{BaSrMgSi}_2\text{O}_7:\text{Eu}^{2+}$ 、 $\text{BaTiP}_2\text{O}_7$ 、 $(\text{Ba},\text{Ti})_2\text{P}_2\text{O}_7:\text{Ti}$ 、 $\text{Ba}_3\text{WO}_6:\text{U}$ 、 $\text{BaY}_2\text{F}_8:\text{Er}^{3+},\text{Yb}^+$ 、 $\text{Be}_2\text{SiO}_4:\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$ 、 $\text{CaAl}_2\text{O}_4:\text{Ce}^{3+}$ 、 $\text{CaLa}_4\text{O}_7:\text{Ce}^{3+}$ 、 $\text{CaAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{2+}$ 、 $\text{CaAl}_2\text{O}_4:\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{CaAl}_4\text{O}_7:\text{Pb}^{2+},\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{CaAl}_2\text{O}_4:\text{Tb}^{3+}$ 、 $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}$ 、 $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}:\text{Eu}^{2+}$ 、 $\text{Ca}_2\text{B}_5\text{O}_9\text{Br}:\text{Eu}^{2+}$ 、 $\text{Ca}_2\text{B}_5\text{O}_9\text{Cl}:\text{Eu}^{2+}$ 、 $\text{Ca}_2\text{B}_5\text{O}_9\text{Cl}:\text{Pb}^{2+}$ 、 $\text{CaB}_2\text{O}_4:\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{Ca}_2\text{B}_2\text{O}_5:\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{CaB}_2\text{O}_4:\text{Pb}^{2+}$ 、 $\text{CaB}_2\text{P}_2\text{O}_9:\text{Eu}^{2+}$ 、 $\text{Ca}_5\text{B}_2\text{SiO}_{10}:\text{Eu}^{3+}$ 、 $\text{Ca}_{0.5}\text{Ba}_{0.5}\text{Al}_{12}\text{O}_{19}:\text{Ce}^{3+},\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{Ca}_2\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_3\text{Cl}:\text{Eu}^{2+}$ 、於  $\text{SiO}_2$  中之  $\text{CaBr}_2:\text{Eu}^{2+}$ 、於  $\text{SiO}_2$  中之  $\text{CaCl}_2:\text{Eu}^{2+}$ 、於  $\text{SiO}_2$  中之  $\text{CaCl}_2:\text{Eu}^{2+},\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{CaF}_2:\text{Ce}^{3+}$ 、 $\text{CaF}_2:\text{Ce}^{3+},\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{CaF}_2:\text{Ce}^{3+},\text{Tb}^{3+}$ 、 $\text{CaF}_2:\text{Eu}^{2+}$ 、 $\text{CaF}_2:\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{CaF}_2:\text{U}$ 、 $\text{CaGa}_2\text{O}_4:\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{CaGa}_4\text{O}_7:\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{CaGa}_2\text{S}_4:\text{Ce}^{3+}$ 、 $\text{CaGa}_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ 、 $\text{CaGa}_2\text{S}_4:\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{CaGa}_2\text{S}_4:\text{Pb}^{2+}$ 、 $\text{CaGeO}_3:\text{Mn}^{2+}$ 、於  $\text{SiO}_2$  中之  $\text{CaI}_2:\text{Eu}^{2+}$ 、於  $\text{SiO}_2$  中之  $\text{CaI}_2:\text{Eu}^{2+},\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{CaLaBO}_4:\text{Eu}^{3+}$ 、 $\text{CaLaB}_3\text{O}_7:\text{Ce}^{3+},\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{Ca}_2\text{La}_2\text{BO}_{6.5}:\text{Pb}^{2+}$ 、 $\text{Ca}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7$ 、 $\text{Ca}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7:\text{Ce}^{3+}$ 、 $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6:\text{Eu}^{2+}$ 、 $\text{Ca}_3\text{MgSi}_2\text{O}_8:\text{Eu}^{2+}$ 、 $\text{Ca}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7:\text{Eu}^{2+}$ 、 $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6:\text{Eu}^{2+},\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{Ca}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7:\text{Eu}^{2+},\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{CaMoO}_4$ 、 $\text{CaMoO}_4:\text{Eu}^{3+}$ 、 $\text{CaO}:\text{Bi}^{3+}$ 、 $\text{CaO}:\text{Cd}^{2+}$ 、 $\text{CaO}:\text{Cu}^+$ 、 $\text{CaO}:\text{Eu}^{3+}$ 、 $\text{CaO}:\text{Eu}^{3+},\text{Na}^+$ 、 $\text{CaO}:\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{CaO}:\text{Pb}^{2+}$ 、 $\text{CaO}:\text{Sb}^{3+}$ 、 $\text{CaO}:\text{Sm}^{3+}$ 、 $\text{CaO}:\text{Tb}^{3+}$ 、 $\text{CaO}:\text{Tl}$ 、 $\text{CaO}:\text{Zn}^{2+}$ 、 $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7:\text{Ce}^{3+}$ 、 $\alpha\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2:\text{Ce}^{3+}$ 、 $\beta\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2:\text{Ce}^{3+}$ 、 $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}:\text{Eu}^{2+}$ 、 $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}:\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}:\text{Sb}^{3+}$ 、 $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}:\text{Sn}^{2+}$ 、 $\beta\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2:\text{Eu}^{2+},\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}:\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}:\text{Sb}^{3+}$ 、 $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}:\text{Sn}^{2+}$ 、 $\alpha\text{-$

$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2:\text{Eu}^{2+}$  、  $\beta\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2:\text{Eu}^{2+}$  、  $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7:\text{Eu}^{2+}$  、  
 $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7:\text{Eu}^{2+},\text{Mn}^{2+}$  、  $\text{CaP}_2\text{O}_6:\text{Mn}^{2+}$  、  $\alpha\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2:\text{Pb}^{2+}$  、  $\alpha\text{-}$   
 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2:\text{Sn}^{2+}$  、  $\beta\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2:\text{Sn}^{2+}$  、  $\beta\text{-Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7:\text{Sn},\text{Mn}$  、  $\alpha\text{-}$   
 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2:\text{Tr}$  、  $\text{CaS}:\text{Bi}^{3+}$  、  $\text{CaS}:\text{Bi}^{3+},\text{Na}$  、  $\text{CaS}:\text{Ce}^{3+}$  、  $\text{CaS}:\text{Eu}^{2+}$  、  
 $\text{CaS}:\text{Cu}^+,\text{Na}^+$  、  $\text{CaS}:\text{La}^{3+}$  、  $\text{CaS}:\text{Mn}^{2+}$  、  $\text{CaSO}_4:\text{Bi}$  、  $\text{CaSO}_4:\text{Ce}^{3+}$  、  
 $\text{CaSO}_4:\text{Ce}^{3+},\text{Mn}^{2+}$  、  $\text{CaSO}_4:\text{Eu}^{2+}$  、  $\text{CaSO}_4:\text{Eu}^{2+},\text{Mn}^{2+}$  、  $\text{CaSO}_4:\text{Pb}^{2+}$  、  
 $\text{CaS}:\text{Pb}^{2+}$  、  $\text{CaS}:\text{Pb}^{2+},\text{Cl}$  、  $\text{CaS}:\text{Pb}^{2+},\text{Mn}^{2+}$  、  $\text{CaS}:\text{Pr}^{3+},\text{Pb}^{2+},\text{Cl}$  、  $\text{CaS}:\text{Sb}^{3+}$  、  
 $\text{CaS}:\text{Sb}^{3+},\text{Na}$  、  $\text{CaS}:\text{Sm}^{3+}$  、  $\text{CaS}:\text{Sn}^{2+}$  、  $\text{CaS}:\text{Sn}^{2+},\text{F}$  、  $\text{CaS}:\text{Tb}^{3+}$  、  
 $\text{CaS}:\text{Tb}^{3+},\text{Cl}$  、  $\text{CaS}:\text{Y}^{3+}$  、  $\text{CaS}:\text{Yb}^{2+}$  、  $\text{CaS}:\text{Yb}^{2+},\text{Cl}$  、  $\text{CaSiO}_3:\text{Ce}^{3+}$  、  
 $\text{Ca}_3\text{SiO}_4\text{Cl}_2:\text{Eu}^{2+}$  、  $\text{Ca}_3\text{SiO}_4\text{Cl}_2:\text{Pb}^{2+}$  、  $\text{CaSiO}_3:\text{Eu}^{2+}$  、  $\text{CaSiO}_3:\text{Mn}^{2+},\text{Pb}$  、  
 $\text{CaSiO}_3:\text{Pb}^{2+}$  、  $\text{CaSiO}_3:\text{Pb}^{2+},\text{Mn}^{2+}$  、  $\text{CaSiO}_3:\text{Ti}^{4+}$  、  $\text{CaSr}_2(\text{PO}_4)_2:\text{Bi}^{3+}$  、  $\beta\text{-}$   
 $(\text{Ca},\text{Sr})_3(\text{PO}_4)_2:\text{Sn}^{2+}\text{Mn}^{2+}$  、  $\text{CaTi}_{0.9}\text{Al}_{0.1}\text{O}_3:\text{Bi}^{3+}$  、  $\text{CaTiO}_3:\text{Eu}^{3+}$  、  
 $\text{CaTiO}_3:\text{Pr}^{3+}$  、  $\text{Ca}_5(\text{VO}_4)_3\text{Cl}$  、  $\text{CaWO}_4$  、  $\text{CaWO}_4:\text{Pb}^{2+}$  、  $\text{CaWO}_4:\text{W}$  、  
 $\text{Ca}_3\text{WO}_6:\text{U}$  、  $\text{CaYAlO}_4:\text{Eu}^{3+}$  、  $\text{CaYBO}_4:\text{Bi}^{3+}$  、  $\text{CaYBO}_4:\text{Eu}^{3+}$  、  
 $\text{CaYB}_{0.8}\text{O}_{3.7}:\text{Eu}^{3+}$  、  $\text{CaY}_2\text{ZrO}_6:\text{Eu}^{3+}$  、  $(\text{Ca},\text{Zn},\text{Mg})_3(\text{PO}_4)_2:\text{Sn}$  、  $\text{CeF}_3$  、  
 $(\text{Ce},\text{Mg})\text{BaAl}_{11}\text{O}_{18}:\text{Ce}$  、  $(\text{Ce},\text{Mg})\text{SrAl}_{11}\text{O}_{18}:\text{Ce}$  、  $\text{CeMgAl}_{11}\text{O}_{19}:\text{Ce}:\text{Tb}$  、  
 $\text{Cd}_2\text{B}_6\text{O}_{11}:\text{Mn}^{2+}$  、  $\text{CdS}:\text{Ag}^+,\text{Cr}$  、  $\text{CdS}:\text{In}$  、  $\text{CdS}:\text{In}$  、  $\text{CdS}:\text{In},\text{Te}$  、  $\text{CdS}:\text{Te}$  、  
 $\text{CdWO}_4$  、  $\text{CsF}$  、  $\text{CsI}$  、  $\text{CsI}:\text{Na}^+$  、  $\text{CsI}:\text{Tl}$  、  $(\text{ErCl}_3)_{0.25}(\text{BaCl}_2)_{0.75}$  、  
 $\text{GaN}:\text{Zn}$  、  $\text{Gd}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}:\text{Cr}^{3+}$  、  $\text{Gd}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}:\text{Cr},\text{Ce}$  、  $\text{GdNbO}_4:\text{Bi}^{3+}$  、  
 $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S}:\text{Eu}^{3+}$  、  $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{SPr}^{3+}$  、  $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S}:\text{Pr},\text{Ce},\text{F}$  、  $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S}:\text{Tb}^{3+}$  、  
 $\text{Gd}_2\text{SiO}_5:\text{Ce}^{3+}$  、  $\text{KAl}_{11}\text{O}_{17}:\text{Tl}^+$  、  $\text{KGa}_{11}\text{O}_{17}:\text{Mn}^{2+}$  、  $\text{K}_2\text{La}_2\text{Ti}_3\text{O}_{10}:\text{Eu}$  、  
 $\text{KMgF}_3:\text{Eu}^{2+}$  、  $\text{KMgF}_3:\text{Mn}^{2+}$  、  $\text{K}_2\text{SiF}_6:\text{Mn}^{4+}$  、  $\text{LaAl}_3\text{B}_4\text{O}_{12}:\text{Eu}^{3+}$  、  
 $\text{LaAlB}_2\text{O}_6:\text{Eu}^{3+}$  、  $\text{LaAlO}_3:\text{Eu}^{3+}$  、  $\text{LaAlO}_3:\text{Sm}^{3+}$  、  $\text{LaAsO}_4:\text{Eu}^{3+}$  、

$\text{LaBr}_3:\text{Ce}^{3+}$  、  $\text{LaBO}_3:\text{Eu}^{3+}$  、  $(\text{La,Ce,Tb})\text{PO}_4:\text{Ce:Tb}$  、  $\text{LaCl}_3:\text{Ce}^{3+}$  、  
 $\text{La}_2\text{O}_3:\text{Bi}^{3+}$  、  $\text{LaOBr:Tb}^{3+}$  、  $\text{LaOBr:Tm}^{3+}$  、  $\text{LaOCl:Bi}^{3+}$  、  $\text{LaOCl:Eu}^{3+}$  、  
 $\text{LaOF:Eu}^{3+}$  、  $\text{La}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$  、  $\text{La}_2\text{O}_3:\text{Pr}^{3+}$  、  $\text{La}_2\text{O}_2\text{S:Tb}^{3+}$  、  $\text{LaPO}_4:\text{Ce}^{3+}$  、  
 $\text{LaPO}_4:\text{Eu}^{3+}$  、  $\text{LaSiO}_3\text{Cl:Ce}^{3+}$  、  $\text{LaSiO}_3\text{Cl:Ce}^{3+},\text{Tb}^{3+}$  、  $\text{LaVO}_4:\text{Eu}^{3+}$  、  
 $\text{La}_2\text{W}_3\text{O}_{12}:\text{Eu}^{3+}$  、  $\text{LiAlF}_4:\text{Mn}^{2+}$  、  $\text{LiAl}_5\text{O}_8:\text{Fe}^{3+}$  、  $\text{LiAlO}_2:\text{Fe}^{3+}$  、  
 $\text{LiAlO}_2:\text{Mn}^{2+}$  、  $\text{LiAl}_5\text{O}_8:\text{Mn}^{2+}$  、  $\text{Li}_2\text{CaP}_2\text{O}_7:\text{Ce}^{3+},\text{Mn}^{2+}$  、  
 $\text{LiCeBa}_4\text{Si}_4\text{O}_{14}:\text{Mn}^{2+}$  、  $\text{LiCeSrBa}_3\text{Si}_4\text{O}_{14}:\text{Mn}^{2+}$  、  $\text{LiInO}_2:\text{Eu}^{3+}$  、  
 $\text{LiInO}_2:\text{Sm}^{3+}$  、  $\text{LiLaO}_2:\text{Eu}^{3+}$  、  $\text{LuAlO}_3:\text{Ce}^{3+}$  、  $(\text{Lu,Gd})_2\text{SiO}_5:\text{Ce}^{3+}$  、  
 $\text{Lu}_2\text{SiO}_5:\text{Ce}^{3+}$  、  $\text{Lu}_2\text{Si}_2\text{O}_7:\text{Ce}^{3+}$  、  $\text{LuTaO}_4:\text{Nb}^{5+}$  、  $\text{Lu}_{1-x}\text{Y}_x\text{AlO}_3:\text{Ce}^{3+}$  、  
 $\text{MgAl}_2\text{O}_4:\text{Mn}^{2+}$  、  $\text{MgSrAl}_{10}\text{O}_{17}:\text{Ce}$  、  $\text{MgB}_2\text{O}_4:\text{Mn}^{2+}$  、  $\text{MgBa}_2(\text{PO}_4)_2:\text{Sn}^{2+}$  、  
 $\text{MgBa}_2(\text{PO}_4)_2:\text{U}$  、  $\text{MgBaP}_2\text{O}_7:\text{Eu}^{2+}$  、  $\text{MgBaP}_2\text{O}_7:\text{Eu}^{2+},\text{Mn}^{2+}$  、  
 $\text{MgBa}_3\text{Si}_2\text{O}_8:\text{Eu}^{2+}$  、  $\text{MgBa}(\text{SO}_4)_2:\text{Eu}^{2+}$  、  $\text{Mg}_3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_4:\text{Eu}^{2+}$  、  
 $\text{MgCaP}_2\text{O}_7:\text{Mn}^{2+}$  、  $\text{Mg}_2\text{Ca}(\text{SO}_4)_3:\text{Eu}^{2+}$  、  $\text{Mg}_2\text{Ca}(\text{SO}_4)_3:\text{Eu}^{2+},\text{Mn}^{2+}$  、  
 $\text{MgCeAl}_{11}\text{O}_{19}:\text{Tb}^{3+}$  、  $\text{Mg}_4(\text{F})\text{GeO}_6:\text{Mn}^{2+}$  、  $\text{Mg}_4(\text{F})(\text{Ge,Sn})\text{O}_6:\text{Mn}^{2+}$  、  
 $\text{MgF}_2:\text{Mn}^{2+}$  、  $\text{MgGa}_2\text{O}_4:\text{Mn}^{2+}$  、  $\text{Mg}_8\text{Ge}_2\text{O}_{11}\text{F}_2:\text{Mn}^{4+}$  、  $\text{MgS:Eu}^{2+}$  、  
 $\text{MgSiO}_3:\text{Mn}^{2+}$  、  $\text{Mg}_2\text{SiO}_4:\text{Mn}^{2+}$  、  $\text{Mg}_3\text{SiO}_3\text{F}_4:\text{Ti}^{4+}$  、  $\text{MgSO}_4:\text{Eu}^{2+}$  、  
 $\text{MgSO}_4:\text{Pb}^{2+}$  、  $(\text{Mg,Sr})\text{Ba}_2\text{Si}_2\text{O}_7:\text{Eu}^{2+}$  、  $\text{MgSrP}_2\text{O}_7:\text{Eu}^{2+}$  、  
 $\text{MgSr}_5(\text{PO}_4)_4:\text{Sn}^{2+}$  、  $\text{MgSr}_3\text{Si}_2\text{O}_8:\text{Eu}^{2+},\text{Mn}^{2+}$  、  $\text{Mg}_2\text{Sr}(\text{SO}_4)_3:\text{Eu}^{2+}$  、  
 $\text{Mg}_2\text{TiO}_4:\text{Mn}^{4+}$  、  $\text{MgWO}_4$  、  $\text{MgYBO}_4:\text{Eu}^{3+}$  、  $\text{Na}_3\text{Ce}(\text{PO}_4)_2:\text{Tb}^{3+}$  、  $\text{NaI:Tl}$  、  
 $\text{Na}_{1.23}\text{K}_{0.42}\text{Eu}_{0.12}\text{TiSi}_4\text{O}_{11}:\text{Eu}^{3+}$  、  $\text{Na}_{1.23}\text{K}_{0.42}\text{Eu}_{0.12}\text{TiSi}_5\text{O}_{13}\cdot x\text{H}_2\text{O}:\text{Eu}^{3+}$  、  
 $\text{Na}_{1.29}\text{K}_{0.46}\text{Er}_{0.08}\text{TiSi}_4\text{O}_{11}:\text{Eu}^{3+}$  、  $\text{Na}_2\text{Mg}_3\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}:\text{Tb}$  、  $\text{Na}(\text{Mg}_{2-x}$   
 $\text{Mn}_x)\text{LiSi}_4\text{O}_{10}\text{F}_2:\text{Mn}$  、  $\text{NaYF}_4:\text{Er}^{3+},\text{Yb}^{3+}$  、  $\text{NaYO}_2:\text{Eu}^{3+}$  、 P46(70%) + P47  
(30%) 、  $\text{SrAl}_{12}\text{O}_{19}:\text{Ce}^{3+},\text{Mn}^{2+}$  、  $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{2+}$  、  $\text{SrAl}_4\text{O}_7:\text{Eu}^{3+}$  、

$\text{SrAl}_{12}\text{O}_{19}:\text{Eu}^{2+}$  、  $\text{SrAl}_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$  、  $\text{Sr}_2\text{B}_5\text{O}_9\text{Cl}:\text{Eu}^{2+}$  、  
 $\text{SrB}_4\text{O}_7:\text{Eu}^{2+}(\text{F},\text{Cl},\text{Br})$  、  $\text{SrB}_4\text{O}_7:\text{Pb}^{2+}$  、  $\text{SrB}_4\text{O}_7:\text{Pb}^{2+},\text{Mn}^{2+}$  、  
 $\text{SrB}_8\text{O}_{13}:\text{Sm}^{2+}$  、  $\text{Sr}_x\text{Ba}_y\text{Cl}_z\text{Al}_2\text{O}_{4-z/2}:\text{Mn}^{2+},\text{Ce}^{3+}$  、  $\text{SrBaSiO}_4:\text{Eu}^{2+}$  、 於  $\text{SiO}_2$   
中之  $\text{Sr}(\text{Cl},\text{Br},\text{I})_2:\text{Eu}^{2+}$  、 於  $\text{SiO}_2$  中之  $\text{SrCl}_2:\text{Eu}^{2+}$  、  $\text{Sr}_5\text{Cl}(\text{PO}_4)_3:\text{Eu}$  、  
 $\text{Sr}_w\text{F}_x\text{B}_4\text{O}_{6.5}:\text{Eu}^{2+}$  、  $\text{Sr}_w\text{F}_x\text{B}_y\text{O}_z:\text{Eu}^{2+},\text{Sm}^{2+}$  、  $\text{SrF}_2:\text{Eu}^{2+}$  、  $\text{SrGa}_{12}\text{O}_{19}:\text{Mn}^{2+}$  、  
 $\text{SrGa}_2\text{S}_4:\text{Ce}^{3+}$  、  $\text{SrGa}_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$  、  $\text{SrGa}_2\text{S}_4:\text{Pb}^{2+}$  、  $\text{SrIn}_2\text{O}_4:\text{Pr}^{3+},\text{Al}^{3+}$  、  
 $(\text{Sr},\text{Mg})_3(\text{PO}_4)_2:\text{Sn}$  、  $\text{SrMgSi}_2\text{O}_6:\text{Eu}^{2+}$  、  $\text{Sr}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7:\text{Eu}^{2+}$  、  
 $\text{Sr}_3\text{MgSi}_2\text{O}_8:\text{Eu}^{2+}$  、  $\text{SrMoO}_4:\text{U}$  、  $\text{SrO}\cdot 3\text{B}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{2+},\text{Cl}$  、  $\beta$ -  
 $\text{SrO}\cdot 3\text{B}_2\text{O}_3:\text{Pb}^{2+}$  、  $\beta$ - $\text{SrO}\cdot 3\text{B}_2\text{O}_3:\text{Pb}^{2+},\text{Mn}^{2+}$  、  $\alpha$ - $\text{SrO}\cdot 3\text{B}_2\text{O}_3:\text{Sm}^{2+}$  、  
 $\text{Sr}_6\text{P}_5\text{BO}_{20}:\text{Eu}$  、  $\text{Sr}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}:\text{Eu}^{2+}$  、  $\text{Sr}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}:\text{Eu}^{2+},\text{Pr}^{3+}$  、  
 $\text{Sr}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}:\text{Mn}^{2+}$  、  $\text{Sr}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}:\text{Sb}^{3+}$  、  $\text{Sr}_2\text{P}_2\text{O}_7:\text{Eu}^{2+}$  、  $\beta$ - $\text{Sr}_3(\text{PO}_4)_2:\text{Eu}^{2+}$  、  
 $\text{Sr}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}:\text{Mn}^{2+}$  、  $\text{Sr}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}:\text{Sb}^{3+}$  、  $\text{Sr}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}:\text{Sb}^{3+},\text{Mn}^{2+}$  、  
 $\text{Sr}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}:\text{Sn}^{2+}$  、  $\text{Sr}_2\text{P}_2\text{O}_7:\text{Sn}^{2+}$  、  $\beta$ - $\text{Sr}_3(\text{PO}_4)_2:\text{Sn}^{2+}$  、  $\beta$ -  
 $\text{Sr}_3(\text{PO}_4)_2:\text{Sn}^{2+},\text{Mn}^{2+}(\text{Al})$  、  $\text{SrS}:\text{Ce}^{3+}$  、  $\text{SrS}:\text{Eu}^{2+}$  、  $\text{SrS}:\text{Mn}^{2+}$  、  
 $\text{SrS}:\text{Cu}^+,\text{Na}$  、  $\text{SrSO}_4:\text{Bi}$  、  $\text{SrSO}_4:\text{Ce}^{3+}$  、  $\text{SrSO}_4:\text{Eu}^{2+}$  、  $\text{SrSO}_4:\text{Eu}^{2+},\text{Mn}^{2+}$  、  
 $\text{Sr}_5\text{Si}_4\text{O}_{10}\text{Cl}_6:\text{Eu}^{2+}$  、  $\text{Sr}_2\text{SiO}_4:\text{Eu}^{2+}$  、  $\text{SrTiO}_3:\text{Pr}^{3+}$  、  $\text{SrTiO}_3:\text{Pr}^{3+},\text{Al}^{3+}$  、  
 $\text{Sr}_3\text{WO}_6:\text{U}$  、  $\text{SrY}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$  、  $\text{ThO}_2:\text{Eu}^{3+}$  、  $\text{ThO}_2:\text{Pr}^{3+}$  、  $\text{ThO}_2:\text{Tb}^{3+}$  、  
 $\text{YAl}_3\text{B}_4\text{O}_{12}:\text{Bi}^{3+}$  、  $\text{YAl}_3\text{B}_4\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}$  、  $\text{YAl}_3\text{B}_4\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+},\text{Mn}$  、  
 $\text{YAl}_3\text{B}_4\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+},\text{Tb}^{3+}$  、  $\text{YAl}_3\text{B}_4\text{O}_{12}:\text{Eu}^{3+}$  、  $\text{YAl}_3\text{B}_4\text{O}_{12}:\text{Eu}^{3+},\text{Cr}^{3+}$  、  
 $\text{YAl}_3\text{B}_4\text{O}_{12}:\text{Th}^{4+},\text{Ce}^{3+},\text{Mn}^{2+}$  、  $\text{YAlO}_3:\text{Ce}^{3+}$  、  $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}$  、  
 $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Cr}^{3+}$  、  $\text{YAlO}_3:\text{Eu}^{3+}$  、  $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Eu}^{3+}$  、  $\text{Y}_4\text{Al}_2\text{O}_9:\text{Eu}^{3+}$  、  
 $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Mn}^{4+}$  、  $\text{YAlO}_3:\text{Sm}^{3+}$  、  $\text{YAlO}_3:\text{Tb}^{3+}$  、  $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Tb}^{3+}$  、  
 $\text{YAsO}_4:\text{Eu}^{3+}$  、  $\text{YBO}_3:\text{Ce}^{3+}$  、  $\text{YBO}_3:\text{Eu}^{3+}$  、  $\text{YF}_3:\text{Er}^{3+},\text{Yb}^{3+}$  、  $\text{YF}_3:\text{Mn}^{2+}$  、

$\text{YF}_3:\text{Mn}^{2+},\text{Th}^{4+}$ 、 $\text{YF}_3:\text{Tm}^{3+},\text{Yb}^{3+}$ 、 $(\text{Y},\text{Gd})\text{BO}_3:\text{Eu}$ 、 $(\text{Y},\text{Gd})\text{BO}_3:\text{Tb}$ 、  
 $(\text{Y},\text{Gd})_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$ 、 $\text{Y}_{1.34}\text{Gd}_{0.60}\text{O}_3(\text{Eu},\text{Pr})$ 、 $\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Bi}^{3+}$ 、 $\text{YOBr}:\text{Eu}^{3+}$ 、  
 $\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Ce}$ 、 $\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Er}^{3+}$ 、 $\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}(\text{YOE})$ 、 $\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Ce}^{3+},\text{Tb}^{3+}$ 、 $\text{YOCl}:\text{Ce}^{3+}$ 、  
 $\text{YOCl}:\text{Eu}^{3+}$ 、 $\text{YOF}:\text{Eu}^{3+}$ 、 $\text{YOF}:\text{Tb}^{3+}$ 、 $\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Ho}^{3+}$ 、 $\text{Y}_2\text{O}_2\text{S}:\text{Eu}^{3+}$ 、  
 $\text{Y}_2\text{O}_2\text{S}:\text{Pr}^{3+}$ 、 $\text{Y}_2\text{O}_2\text{S}:\text{Tb}^{3+}$ 、 $\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Tb}^{3+}$ 、 $\text{YPO}_4:\text{Ce}^{3+}$ 、 $\text{YPO}_4:\text{Ce}^{3+},\text{Tb}^{3+}$ 、  
 $\text{YPO}_4:\text{Eu}^{3+}$ 、 $\text{YPO}_4:\text{Mn}^{2+},\text{Th}^{4+}$ 、 $\text{YPO}_4:\text{V}^{5+}$ 、 $\text{Y}(\text{P},\text{V})\text{O}_4:\text{Eu}$ 、  
 $\text{Y}_2\text{SiO}_5:\text{Ce}^{3+}$ 、 $\text{YTaO}_4$ 、 $\text{YTaO}_4:\text{Nb}^{5+}$ 、 $\text{YVO}_4:\text{Dy}^{3+}$ 、 $\text{YVO}_4:\text{Eu}^{3+}$ 、  
 $\text{ZnAl}_2\text{O}_4:\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{ZnB}_2\text{O}_4:\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{ZnBa}_2\text{S}_3:\text{Mn}^{2+}$ 、 $(\text{Zn},\text{Be})_2\text{SiO}_4:\text{Mn}^{2+}$ 、  
 $\text{Zn}_{0.4}\text{Cd}_{0.6}\text{S}:\text{Ag}$ 、 $\text{Zn}_{0.6}\text{Cd}_{0.4}\text{S}:\text{Ag}$ 、 $(\text{Zn},\text{Cd})\text{S}:\text{Ag},\text{Cl}$ 、 $(\text{Zn},\text{Cd})\text{S}:\text{Cu}$ 、  
 $\text{ZnF}_2:\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{ZnGa}_2\text{O}_4$ 、 $\text{ZnGa}_2\text{O}_4:\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{ZnGa}_2\text{S}_4:\text{Mn}^{2+}$ 、  
 $\text{Zn}_2\text{GeO}_4:\text{Mn}^{2+}$ 、 $(\text{Zn},\text{Mg})\text{F}_2:\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{ZnMg}_2(\text{PO}_4)_2:\text{Mn}^{2+}$ 、  
 $(\text{Zn},\text{Mg})_3(\text{PO}_4)_2:\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{ZnO}:\text{Al}^{3+},\text{Ga}^{3+}$ 、 $\text{ZnO}:\text{Bi}^{3+}$ 、 $\text{ZnO}:\text{Ga}^{3+}$ 、  
 $\text{ZnO}:\text{Ga}$ 、 $\text{ZnO}-\text{CdO}:\text{Ga}$ 、 $\text{ZnO}:\text{S}$ 、 $\text{ZnO}:\text{Se}$ 、 $\text{ZnO}:\text{Zn}$ 、 $\text{ZnS}:\text{Ag}^+,\text{Cl}^-$ 、  
 $\text{ZnS}:\text{Ag},\text{Cu},\text{Cl}$ 、 $\text{ZnS}:\text{Ag},\text{Ni}$ 、 $\text{ZnS}:\text{Au},\text{In}$ 、 $\text{ZnS}-\text{CdS}$  (25-75)、 $\text{ZnS}-\text{CdS}$   
(50-50)、 $\text{ZnS}-\text{CdS}$  (75-25)、 $\text{ZnS}-\text{CdS}:\text{Ag},\text{Br},\text{Ni}$ 、 $\text{ZnS}-\text{CdS}:\text{Ag}^+,\text{Cl}^-$ 、  
 $\text{ZnS}-\text{CdS}:\text{Cu},\text{Br}$ 、 $\text{ZnS}-\text{CdS}:\text{Cu},\text{I}$ 、 $\text{ZnS}:\text{Cl}^-$ 、 $\text{ZnS}:\text{Eu}^{2+}$ 、 $\text{ZnS}:\text{Cu}$ 、  
 $\text{ZnS}:\text{Cu}^+,\text{Al}^{3+}$ 、 $\text{ZnS}:\text{Cu}^+,\text{Cl}^-$ 、 $\text{ZnS}:\text{Cu},\text{Sn}$ 、 $\text{ZnS}:\text{Eu}^{2+}$ 、 $\text{ZnS}:\text{Mn}^{2+}$ 、  
 $\text{ZnS}:\text{Mn},\text{Cu}$ 、 $\text{ZnS}:\text{Mn}^{2+},\text{Te}^{2+}$ 、 $\text{ZnS}:\text{P}$ 、 $\text{ZnS}:\text{P}^{3-},\text{Cl}^-$ 、 $\text{ZnS}:\text{Pb}^{2+}$ 、  
 $\text{ZnS}:\text{Pb}^{2+},\text{Cl}^-$ 、 $\text{ZnS}:\text{Pb},\text{Cu}$ 、 $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2:\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{Zn}_2\text{SiO}_4:\text{Mn}^{2+}$ 、  
 $\text{Zn}_2\text{SiO}_4:\text{Mn}^{2+},\text{As}^{5+}$ 、 $\text{Zn}_2\text{SiO}_4:\text{Mn},\text{Sb}_2\text{O}_2$ 、 $\text{Zn}_2\text{SiO}_4:\text{Mn}^{2+},\text{P}$ 、  
 $\text{Zn}_2\text{SiO}_4:\text{Ti}^{4+}$ 、 $\text{ZnS}:\text{Sn}^{2+}$ 、 $\text{ZnS}:\text{Sn},\text{Ag}$ 、 $\text{ZnS}:\text{Sn}^{2+},\text{Li}^+$ 、 $\text{ZnS}:\text{Te},\text{Mn}$ 、 $\text{ZnS}-$   
 $\text{ZnTe}:\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{ZnSe}:\text{Cu}^+,\text{Cl}$ 及 $\text{ZnWO}_4$ 。

本發明之光轉換材料或光轉換混合物可用於將紫外及/或藍光部分或

完全轉換為具有更長波長之光，例如綠光或紅光。因此，本發明另外係關於光轉換材料或光轉換混合物在光源中之用途。光源尤佳為LED，尤其磷光體轉換之LED，簡稱pc-LED。本文中，光轉換材料尤佳與至少一種其他光轉換材料及/或一或多種轉換磷光體混合並因此形成光轉換混合物，其尤其發射白光或具有一定色點之光(按需選色原理)。「按需選色原理」意指藉助使用一或多種發光材料及/或轉換磷光體之pc-LED產生某一色點之光。

因此，本發明另外係關於光源，其含有一次光源及至少一種本發明之光轉換材料或至少一種本發明之光轉換混合物。而且，尤佳地，除本發明之光轉換材料之外，光源亦含有另一本發明光轉換材料及/或轉換磷光體，以使得光源較佳發射白光或具有一定色點之光。

本發明之光源較佳係pc-LED，其包含一次光源及光轉換材料或光轉換混合物。光轉換材料或光轉換混合物較佳以層之形式形成，其中層可包含多個部分層，其中部分層中之每一者可包含不同之光轉換材料或不同之光轉換混合物。因此，層可包含單一光轉換材料或單一光轉換混合物或多個部分層，其中每一部分層進而包含不同之光轉換材料或不同之光轉換混合物。層之厚度可在幾毫米至幾微米之範圍內，較佳在2 mm與40  $\mu\text{m}$ 之間之範圍內，此取決於光轉換材料或光轉換混合物之粒徑及必需光學特徵。

在用於調節LED之發射光譜之一些實施例中，單一層或具有部分層之層可在一次光源上形成。層或具有部分層之層可直接配置在一次光源上或藉由空氣、真空或填充材料與一次光源隔開。填充材料(例如聚矽氧或環氧)可用作熱絕緣及/或用作光學散射層。一次光源之發射光譜之調節可

用於照明目的，以產生具有較寬色譜之光發射，例如具有高顯色指數(CRI)及期望相關色溫度(CCT)之「白」光。具有較寬色譜之光發射係藉由將最初由一次光源產生之光之一部分轉換為更長波長之光來產生。紅色強度之增加至關重要以獲得具有較低CCT (例如2,700-3,500 K)之「較暖」光，而且「平滑化」光譜中之特定區域(例如，在藍色至綠色之過渡中)可同樣改良CRI。LED照明之調節亦可用於光學顯示目的。

本發明之光轉換材料或本發明之光轉換混合物可分散於澆注材料(例如，玻璃、聚矽氧或環氧樹脂)中或形成為陶瓷材料。澆注材料係光傳輸基質材料，其包括本發明之光轉換材料或本發明之光轉換混合物。上文提及澆注材料之較佳實例，其絕不應視為具有限制性。光轉換材料或光轉換混合物較佳以基於澆注材料3重量%至80重量%之比率使用，此取決於應用之期望光學性質及結構。

在較佳實施例中，本發明之光轉換材料或本發明之光轉換混合物直接配置在一次光源上。

在替代性較佳實施例中，本發明之光轉換材料或本發明之光轉換混合物配置在遠離一次光源之支撐材料上(所謂遠程磷光體原理)。

本發明光源之一次光源可係半導體晶片、發光光源(例如ZnO，所謂的TCO (透明導電氧化物))、基於ZnSe或SiC之配置、基於有機發光層(OLED)之配置或電漿或放電源，最佳係半導體晶片。若一次光源係半導體晶片，則其較佳係發光銦鋁鎵氮化物(InAlGa<sub>3</sub>N)，如先前技術所已知。此類型之一次光源之可能形式對於熟習此項技術者係已知的。此外，雷射適宜作為光源。

本發明之光轉換材料或本發明之光轉換混合物可轉換為任何期望外



部形狀(例如，球形粒子、薄片及結構化材料及陶瓷)以用於光源、尤其pc-LED中。該等形狀概述在術語「成型體」下。因此，成型體係光轉換成型體。

此外，本發明係關於製造光源之方法，其中光轉換材料或光轉換混合物係以膜形式藉由旋塗或噴塗或以膜形式作為壓層施加至一次光源或支撐材料。

此外，本發明係關於含有至少一種本發明光源之照明單元。照明單元之使用不受任何特定限制。因此，照明單元可用於例如光學顯示裝置、尤其具有背光之液晶顯示裝置(LC顯示器)中。因此，本發明亦係關於此類型之顯示裝置。在本發明之照明單元中，光轉換材料或光轉換混合物與一次光源(具體而言半導體晶片)之間之光學耦合較佳係藉由光傳導配置或裝置來實現。此使得可將一次光源安裝在中心位置並藉助光傳導裝置(例如，光傳導纖維)光學耦合至光轉換材料或光轉換混合物。此以方式，可達成由一或多種不同光轉換材料或混合物組成之匹配照明希望之燈(其可經配置以形成光屏)及耦合至一次光源之光學波導。此使得能夠將強一次光源置於有利於電氣設備之位置，且能夠安裝包含光轉換材料或混合物之燈，其無需進一步布電纜僅藉由敷設光學波導即可在任何期望位置耦合至光學波導。

以下實例及圖意欲說明本發明。然而，絕不應將其視為限制性。

#### 實例

所有發射光譜均記錄在與OceanOptics HR 4000光譜儀組合之烏布裡希(Ulbricht)球中。用於記錄粉末光譜之激發光源係具有單色器之鹵素冷光源。所測試之LED藉助Keithley SourceMeter來操作(將在20 mA下具有

約450 nm晶片波長之3528 LED用於本文中所示之實驗)。

使用Beckman Coulter Multisizer III在等滲鹽水溶液中記錄粒徑分佈。在每一情形下量測> 100,000個粒子。

製備光轉換材料之工作實例

紅色：

實例1：於500 ml燒瓶中將100 g白色粉狀未活化之鋁酸鹽( $Y_3Al_5O_{12}$ )懸浮於150 ml庚烷中。將33 ml紅色量子棒溶液(3重量% CdSe/CdS奈米棒於庚烷中，藉助TOP、TOPO及ODPA穩定)添加至懸浮液中。將此懸浮液在RT下無真空混合2 h。在旋轉蒸發儀中在40°C之水浴溫度下在真空中小心地去除溶劑。將所塗覆之石榴石粉末乾燥過夜(真空/25°C)。最後，將所塗覆系統篩分至< 64  $\mu\text{m}$ 之粒徑。

實例2：於250 ml燒瓶中將15 g白色粉狀未活化之矽酸鹽( $Sr_3SiO_5$ )懸浮於100 ml水中。將4.5 ml紅色量子棒溶液(3重量% CdSe/CdS奈米棒於水中，藉助PEI穩定)添加至懸浮液中。藉助旋轉蒸發儀在60 rpm下在RT下無真空將此懸浮液混合3 h。藉由添加小 $Al_2O_3$ 珠粒確保更佳均質化。在旋轉蒸發儀中在40°C之水浴溫度下在真空中小心地去除溶劑。為完全去除溶劑，將所塗覆之矽酸鹽在RT下真空中在旋轉蒸發儀中再保留約12小時。最後，將所塗覆系統篩分至< 64  $\mu\text{m}$ 之粒徑。

實例3：於100 ml燒瓶中將10 g白色粉狀未活化之鈦酸鹽( $Mg_2TiO_4$ )懸浮於50 ml甲苯中。將3 ml紅色量子棒溶液(3重量% CdSe/CdS奈米棒於甲苯中，藉助TOP、TOPO及ODPA穩定)添加至懸浮液中。將此懸浮液在RT下無真空攪拌3 h。隨後將所塗覆之鈦酸鹽經由玻料抽吸過濾出，且為完全乾燥，在真空中在RT下靜置過夜。最後，將所塗覆系統篩分至< 64

$\mu\text{m}$ 之粒徑。

綠色：

**實例4**：於500 ml燒瓶中將15 g白色粉狀未活化之鋁酸鹽( $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ )懸浮於80 ml庚烷中。將4.5 ml綠色量子棒溶液(3重量% CdSe/CdS奈米棒於庚烷中，藉助TOP、TOPO及ODPA穩定)添加至懸浮液中。藉助旋轉蒸發儀在60 rpm下在RT下無真空將此懸浮液混合2 h。藉由添加小 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 珠粒確保更佳均質化。在旋轉蒸發儀中在 $40^\circ\text{C}$ 之水浴溫度下在真空中小心地去除溶劑。為完全去除溶劑，將所塗覆之石榴石在真空中在RT下乾燥過夜。最後，將所塗覆系統篩分至 $< 64 \mu\text{m}$ 之粒徑。

所製備之光轉換材料之量測

藉助光導纖維光譜儀在450 nm之激發波長下記錄所獲得之所有光轉換材料之相對光譜能量分佈。此外，測定在不同激發波長下之吸收。所製備之所有光轉換材料之吸收光譜示於圖1中。所製備之所有材料之相對光譜能量分佈(發射)示於圖2中。

LED評估

用光學聚矽氧(Dow Corning OE6550)填充未填充之LED，其中經由分配器懸浮精確量之紅色及綠色粒子。藉助雙軸旋轉混合器製備聚矽氧懸浮液並隨後在真空中脫氣。隨後將LED在乾燥箱中在 $140^\circ\text{C}$ 下硬化5 h並藉助烏布裡希球使用光導纖維光譜儀量測所得光發射。藉由改變聚矽氧中之粉末亦及紅色、黃色或綠色個別組份之總量，實際上可達成色彩三角形中之任何色彩位置。

亦可使用其他高度透明之材料替代聚矽氧作為澆注組合物，例如環氧樹脂。

**LED 1**：Sr<sub>3</sub>SiO<sub>5</sub>上之紅色QD ( $\lambda_{\text{最大}} = 635 \text{ nm}$ )與Y<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub>上之綠色QD ( $\lambda_{\text{最大}} = 543 \text{ nm}$ )組合於色彩坐標x為約0.31且y為約0.31之藍色LED ( $\lambda_{\text{最大}} = 450 \text{ nm}$ )中；利用標準濾色器，NTSC係100%。圖3顯示LED 1之發射光譜。

**LED 2**：Sr<sub>3</sub>SiO<sub>5</sub>上之紅色QD ( $\lambda_{\text{最大}} = 635 \text{ nm}$ )與綠色矽酸鹽磷光體 ( $\lambda_{\text{最大}} = 520 \text{ nm}$ )組合於色坐標x為約0.31且y為約0.31之藍色LED ( $\lambda_{\text{最大}} = 450 \text{ nm}$ )中；利用標準濾色器，NTSC係98%。圖4顯示LED 2之發射光譜。

**LED 3**：Y<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub>上之紅色QD ( $\lambda_{\text{最大}} = 635 \text{ nm}$ )於與綠色Lu<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub>:Ce ( $\lambda_{\text{最大}} = 540 \text{ nm}$ ，CRI 85，虛線)之混合物中及於與黃色Y<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub>:Ce ( $\lambda_{\text{最大}} = 560 \text{ nm}$ ，CRI 80，實線)之混合物中。圖5顯示LED 3之發射光譜。

本發明之光轉換材料之其他有用優點：

- 在習用450 nm LED、綠色磷光體β-矽鋁氮氧化物 535及紅色磷光體K<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub>中，利用標準濾色器，NTSC僅達到94%。
- 若需要，可特定地調整LED中所使用之所有轉換材料上之相同沉降行為並增加LED製造方法之產率。
- 在綠色/黃色光譜區域中之極少再吸收，因此雙轉換較少且效率增加，並且可更好地預測LED光譜。
- 使用簡單，此乃因LED製造商不需要新的製造設備。
- 與習用QD膜或活化磷光體上之QD相比，使用者具有更多機會調整LED發射(使用靈活，此乃因使用者不必為每一色彩位置使用不同色彩轉換器)。
- LED亮度增加，此乃因紅色窄帶發射不浪費眼睛敏感性低之深長

波光譜區域中之任何能量。

- 可使用現有磷光體塗覆技術；不需要額外障壁膜。

## 【發明申請專利範圍】

### 【第1項】

一種光轉換材料，其包含半導體奈米粒子及未活化之結晶材料，其中該等半導體奈米粒子位於該未活化之結晶材料之表面上，其中該未活化之結晶材料係選自由以下各項組成之群之無機磷光體之基質材料：未活化之結晶磷酸鹽及鹵磷酸鹽、未活化之結晶硼酸鹽及硼矽酸鹽、未活化之結晶鋁酸鹽、鎵酸鹽及鋁矽酸鹽、未活化之結晶鉬酸鹽及鎢酸鹽、未活化之結晶硫化物、硒化物及碲化物、未活化之結晶氮化物及氮氧化物、未活化之結晶SiAlON及選自由以下之其他未活化之結晶材料：未活化之結晶複合金屬-氧化物以及未活化之結晶硫氧化物或氮氧化物、以及未活化之結晶矽酸鹽或鹵矽酸鹽，其係選自由以下各項組成之群： $M^{2+}SiO_3$ 、 $M^{2+}_2SiO_4$ 、 $M^{2+}_2(Si,Ge)O_4$ 、 $M^{2+}_3SiO_5$ 、 $M^{3+}_2SiO_5$ 、 $M^{3+}M^+SiO_4$ 、 $M^{2+}Si_2O_5$ 、 $M^{2+}_2Si_2O_6$ 、 $M^{2+}_3Si_2O_7$ 、 $M^{2+}_2M^+_2Si_2O_7$ 、 $M^{3+}_2Si_2O_7$ 、 $M^{2+}_4Si_2O_8$ 、 $M^{2+}_2Si_3O_8$ 、 $M^{2+}_3M^{3+}_2Si_3O_{12}$ 、 $M^+M^{3+}M^{2+}_4Si_4O_{10}$ 、 $M^+M^{2+}_4M^{3+}Si_4O_{14}$ 、 $M^{2+}_3M^{3+}_2Si_6O_{18}$ 、 $M^{3+}SiO_3X$ 、 $M^{2+}_3SiO_4X_2$ 、 $M^{2+}_5SiO_4X_6$ 、 $M^+_2M^{2+}_2Si_4O_{10}X_2$ 、 $M^{2+}_5Si_4O_{10}X_6$ 、 $M^+_2SiX_6$ 、 $M^{2+}_3SiO_3X_4$ 及 $M^{2+}_9(SiO_4)_4X_2$ ；其中 $M^+$ 係一或多種鹼金屬； $M^{2+}$ 係Zn、Fe、Co、Ni、Cd、Cu及/或一或多種鹼土金屬； $M^{3+}$ 係Al、Sc、Y、La及/或一或多種選自由以下之稀土金屬：Sc、Y、La、Ce、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb及Lu；且X係一或多種鹵素。

### 【第2項】

如請求項1之光轉換材料，其中該未活化之結晶材料係未活化之結晶矽酸鹽或鹵矽酸鹽，其係選自由以下各項組成之群： $M^{2+}SiO_3$ 、

$M^{2+}_2SiO_4$ 、 $M^{2+}_2(Si,Ge)O_4$ 、 $M^{2+}_3SiO_5$ 、 $M^{3+}_2SiO_5$ 、 $M^{3+}M^+SiO_4$ 、  
 $M^{2+}Si_2O_5$ 、 $M^{2+}_2Si_2O_6$ 、 $M^{2+}_3Si_2O_7$ 、 $M^{2+}_2M^+_2Si_2O_7$ 、 $M^{3+}_2Si_2O_7$ 、  
 $M^{2+}_4Si_2O_8$ 、 $M^{2+}_2Si_3O_8$ 、 $M^{2+}_3M^{3+}_2Si_3O_{12}$ 、 $M^+M^{3+}M^{2+}_4Si_4O_{10}$ 、  
 $M^+M^{2+}_4M^{3+}Si_4O_{14}$ 、 $M^{2+}_3M^{3+}_2Si_6O_{18}$ 、 $M^{3+}SiO_3X$ 、 $M^{2+}_3SiO_4X_2$ 、  
 $M^{2+}_5SiO_4X_6$ 、 $M^+_2M^{2+}_2Si_4O_{10}X_2$ 、 $M^{2+}_5Si_4O_{10}X_6$ 、 $M^+_2SiX_6$ 、 $M^{2+}_3SiO_3X_4$   
 及 $M^{2+}_9(SiO_4)_4X_2$ ；其中 $M^+$ 係一或多種鹼金屬； $M^{2+}$ 係Zn、Fe、Co、Ni、  
 Cd、Cu及/或一或多種鹼土金屬； $M^{3+}$ 係Al、Sc、Y、La及/或一或多種選  
 自以下之稀土金屬：Sc、Y、La、Ce、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、  
 Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb及Lu；且X係一或多種鹵素。

### 【第3項】

如請求項1之光轉換材料，其中該未活化之結晶材料係未活化之結晶  
 磷酸鹽或鹵磷酸鹽，其係選自由以下各項組成之群： $M^{3+}PO_4$ 、 $M^{2+}P_2O_6$ 、  
 $M^{2+}_2P_2O_7$ 、 $M^+_2M^{2+}P_2O_7$ 、 $M^{4+}P_2O_7$ 、 $M^{2+}B_2P_2O_9$ 、 $M^{2+}_6BP_5O_{20}$ 、  
 $M^{2+}_3(PO_4)_2$ 、 $M^+_3M^{3+}(PO_4)_2$ 、 $M^{2+}_6(PO_4)_4$ 及 $M^{2+}_5(PO_4)_3X$ ；其中 $M^+$ 係一或  
 多種鹼金屬； $M^{2+}$ 係Zn、Fe、Co、Ni、Cd、Cu及/或一或多種鹼土金屬；  
 $M^{3+}$ 係Al、Sc、Y、La及/或一或多種選自以下之稀土金屬：Sc、Y、La、  
 Ce、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb及Lu；  
 $M^{4+}$ 係Ti、Zr、Ge及/或Sn；且X係一或多種鹵素。

### 【第4項】

如請求項1之光轉換材料，其中該未活化之結晶材料係未活化之結晶  
 硼酸鹽或硼矽酸鹽，其係選自由以下各項組成之群： $M^{3+}BO_3$ 、  
 $M^{2+}B_2O_4$ 、 $M^{2+}_2B_2O_5$ 、 $M^{3+}_2B_2O_6$ 、 $M^{3+}B_3O_6$ 、 $M^{2+}B_6O_{10}$ 、 $M^{2+}M^{3+}BO_4$ 、  
 $M^{2+}M^{3+}B_3O_7$ 、 $M^{2+}B_4O_7$ 、 $M^{2+}_3M^{3+}_2B_4O_{12}$ 、 $M^{3+}_4B_4O_{12}$ 、 $M^{3+}M^{2+}B_5O_{10}$ 、

$M^{2+}_2B_6O_{11}$ 、 $M^{2+}B_8O_{13}$ 、 $M^{2+}_2M^{3+}_2BO_{6.5}$ 、 $M^{2+}_5B_2SiO_{10}$ ；其中 $M^{2+}$ 係Zn、Fe、Co、Ni、Cd、Cu及/或一或多種鹼土金屬；且 $M^{3+}$ 係Al、Ga、In、Sc、Y、La及/或一或多種選自以下之稀土金屬：Sc、Y、La、Ce、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb及Lu。

### 【第5項】

如請求項1之光轉換材料，其中該未活化之結晶材料係未活化之結晶鋁酸鹽、鎂酸鹽或鋁矽酸鹽，其係選自由以下各項組成之群： $M^+AlO_2$ 、 $M^{3+}AlO_3$ 、 $M^{2+}M^{3+}AlO_4$ 、 $M^{2+}Al_2O_4$ 、 $M^{2+}Al_4O_7$ 、 $M^+Al_5O_8$ 、 $M^{3+}_4Al_2O_9$ 、 $M^{3+}_3Al_5O_{12}$ 、 $M^+Al_{11}O_{17}$ 、 $M^{2+}_2Al_{10}O_{17}$ 、 $M^{3+}_3Al_5O_{12}$ 、 $M^{3+}_3(Al,Ga)_5O_{12}$ 、 $M^{3+}_3Sc_2Al_3O_{12}$ 、 $M^{2+}_2Al_6O_{11}$ 、 $M^{2+}Al_8O_{13}$ 、 $M^{2+}M^{3+}Al_{11}O_{19}$ 、 $M^{2+}Al_{12}O_{19}$ 、 $M^{2+}_4Al_{14}O_{25}$ 、 $M^{2+}_3Al_{16}O_{27}$ 、 $M^{2+}Ga_2O_4$ 、 $M^{2+}Ga_4O_7$ 、 $M^{3+}_3Ga_5O_{12}$ 、 $M^+Ga_{11}O_{17}$ 、 $M^{2+}Ga_{12}O_{19}$ 、 $M^+_2M^{2+}_3Al_2Si_2O_{10}$ 及 $M^{2+}_3Al_2Si_3O_{12}$ ；其中 $M^+$ 係一或多種鹼金屬； $M^{2+}$ 係Zn、Fe、Co、Ni、Cd、Cu及/或一或多種鹼土金屬； $M^{3+}$ 係Al、Sc、Y、La及/或一或多種選自以下之稀土金屬：Sc、Y、La、Ce、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb及Lu；且X係一或多種鹵素。

### 【第6項】

如請求項1之光轉換材料，其中該未活化之結晶材料係未活化之結晶鉬酸鹽或鎢酸鹽，其係選自由以下各項組成之群： $M^{2+}MoO_4$ 、 $M^+M^{3+}Mo_2O_8$ 、 $M^{2+}WO_4$ 、 $M^{2+}_3WO_6$ 、 $M^{3+}_2W_3O_{12}$ 、 $M^+M^{3+}W_2O_8$ ；其中 $M^+$ 係一或多種鹼金屬； $M^{2+}$ 係Zn、Fe、Co、Ni、Cd、Cu及/或一或多種鹼土金屬； $M^{3+}$ 係Al、Sc、Y、La及/或一或多種選自以下之稀土金屬：Sc、Y、La、Ce、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、



Tm、Yb及Lu；且X係一或多種鹵素。

### 【第7項】

如請求項1之光轉換材料，其中該未活化之結晶材料係未活化之結晶複合金屬-氧化合物，其係選自由以下各項組成之群： $M^{3+}AsO_4$ 、 $M^{2+}_{13}As_2O_{18}$ 、 $M^{2+}GeO_3$ 、 $M^{2+}_2GeO_4$ 、 $M^{2+}_4GeO_6$ 、 $M^{2+}_4(Ge,Sn)O_6$ 、 $M^{2+}_2Ge_2O_6$ 、 $M^{3+}_4Ge_3O_{12}$ 、 $M^{2+}_5GeO_4X_6$ 、 $M^{2+}_8Ge_2O_{11}X_2$ 、 $M^+InO_2$ 、 $M^{2+}In_2O_4$ 、 $M^+LaO_2$ 、 $M^{2+}La_4O_7$ 、 $M^{3+}NbO_4$ 、 $M^{2+}Sc_2O_4$ 、 $M^{2+}_2SnO_4$ 、 $M^{3+}TaO_4$ 、 $M^{2+}TiO_3$ 、 $M^{2+}_2TiO_4$ 、 $M^+_2M^{3+}_2Ti_3O_{10}$ 、 $M^{2+}_5(VO_4)_3X$ 、 $M^{3+}VO_4$ 、 $M^{3+}(V,P)O_4$ 、 $M^+YO_2$ 、 $M^{2+}ZrO_3$ 、 $M^{2+}_2ZrO_4$ 及 $M^{2+}M^{3+}_2ZrO_6$ ；其中 $M^+$ 係一或多種鹼金屬； $M^{2+}$ 係Zn、Fe、Co、Ni、Cd、Cu及/或一或多種鹼土金屬； $M^{3+}$ 係Al、Sc、Y、La、Bi及/或一或多種選自以下之稀土金屬：Sc、Y、La、Ce、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb及Lu； $M^{4+}$ 係Ti、Zr、Ge及/或Sn；且X係一或多種鹵素。

### 【第8項】

如請求項1之光轉換材料，其中該未活化之結晶材料係未活化之結晶硫化物、硒化物或碲化物，其係選自由以下各項組成之群： $M^{2+}S$ 、 $M^{2+}(S,Te)$ 、 $M^{2+}Se$ 、 $M^{2+}Te$ 、 $M^{2+}Ga_2S_4$ 、 $M^{2+}Ba_2S_3$ 及 $M^{2+}Al_2S_4$ ；其中 $M^{2+}$ 係Zn、Fe、Co、Ni、Cd、Cu及/或一或多種鹼土金屬。

### 【第9項】

如請求項1之光轉換材料，其中該未活化之結晶材料係未活化之結晶硫氧化物或氯氧化物，其係選自由以下各項組成之群： $M^{3+}OCl$ 、及 $M^{3+}_2O_2S$ ；其中 $M^{3+}$ 係Al、Sc、Y、La及/或一或多種選自以下之稀土金屬：Sc、Y、La、Ce、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、

Er、Tm、Yb及Lu。

**【第10項】**

如請求項1之光轉換材料，其中該未活化之結晶材料係未活化之結晶氮化物、氮氧化物或SiAlON，其係選自由以下各項組成之群： $M^{3+}N$ 、 $M^{2+}Si_2O_2N_2$ 、 $M^{2+}_2Si_5N_8$ 、 $M^{3+}_3Si_6N_{11}$ 、 $M^{2+}AlSiN_3$ 、 $\alpha$ -矽鋁氮氧化物(sialon)及 $\beta$ -矽鋁氮氧化物；其中 $M^{2+}$ 係Zn、Fe、Co、Ni、Cd、Cu及/或一或多種鹼土金屬；且 $M^{3+}$ 係Al、Ga、Sc、Y、La及/或一或多種選自以下之稀土金屬：Sc、Y、La、Ce、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb及Lu。

**【第11項】**

如請求項2之光轉換材料，其中該鹼金屬為Li、Na及/或K；該鹼土金屬為Be、Mg、Ca、Sr及/或Ba；且該鹵素為F、Cl、Br及/或I。

**【第12項】**

如請求項3之光轉換材料，其中該鹼金屬為Li、Na及/或K；該鹼土金屬為Be、Mg、Ca、Sr及/或Ba；且該鹵素為F、Cl、Br及/或I。

**【第13項】**

如請求項4之光轉換材料，其中該鹼金屬為Li、Na及/或K；該鹼土金屬為Be、Mg、Ca、Sr及/或Ba；且該鹵素為F、Cl、Br及/或I。

**【第14項】**

如請求項5之光轉換材料，其中該鹼金屬為Li、Na及/或K；該鹼土金屬為Be、Mg、Ca、Sr及/或Ba；且該鹵素為F、Cl、Br及/或I。

**【第15項】**

如請求項6之光轉換材料，其中該鹼金屬為Li、Na及/或K；該鹼土金

屬為Be、Mg、Ca、Sr及/或Ba；且該鹵素為F、Cl、Br及/或I。

**【第16項】**

如請求項7之光轉換材料，其中該鹼金屬為Li、Na及/或K；該鹼土金屬屬為Be、Mg、Ca、Sr及/或Ba；且該鹵素為F、Cl、Br及/或I。

**【第17項】**

如請求項8之光轉換材料，其中該鹼金屬為Li、Na及/或K；該鹼土金屬屬為Be、Mg、Ca、Sr及/或Ba；且該鹵素為F、Cl、Br及/或I。

**【第18項】**

如請求項9之光轉換材料，其中該鹼金屬為Li、Na及/或K；該鹼土金屬屬為Be、Mg、Ca、Sr及/或Ba；且該鹵素為F、Cl、Br及/或I。

**【第19項】**

如請求項1至18中任一項之光轉換材料，其中該等半導體奈米粒子係由至少兩種呈合金、呈核心/殼構形或呈具有至少兩個殼之核心/多殼構形之不同半導體材料組成，其中該核心包含半導體材料或至少兩種不同半導體材料之合金且該(等)殼獨立地包含半導體材料或至少兩種不同半導體材料之合金，其中濃度梯度視情況存在於該核心及/或該(等)殼內及/或該核心及/或該(等)殼之間。

**【第20項】**

如請求項1至18中任一項之光轉換材料，其中該等半導體材料係選自第II-VI族半導體、第III-V族半導體、第IV-VI族半導體、第I-III-VI<sub>2</sub>族半導體及選自該等半導體之合金及/或組合，其中該等半導體材料視情況摻雜有一或多種過渡金屬。

**【第21項】**

如請求項1至18中任一項之光轉換材料，其中該等半導體奈米粒子係呈以下形式：奈米點、奈米棒、奈米片、奈米四腳錐體、奈米點於奈米棒中、奈米棒於奈米棒中及/或奈米點於奈米片中。

**【第22項】**

如請求項1至18中任一項之光轉換材料，其中該光轉換材料之表面經一或多種塗層材料塗覆。

**【第23項】**

一種光轉換混合物，其包含一或多種如請求項1至22中任一項之光轉換材料。

**【第24項】**

一種如請求項1至22中任一項之光轉換材料或如請求項23之光轉換混合物之用途，其用於將紫外及/或藍光部分或完全轉換為具有更長波長之光。

**【第25項】**

一種光源，其含有至少一個一次光源及至少一種如請求項1至22中任一項之光轉換材料或如請求項23之光轉換混合物。

**【第26項】**

如請求項25之光源，其中該光轉換材料或該光轉換混合物係直接配置在該一次光源上或配置在遠離該一次光源之支撐材料上。

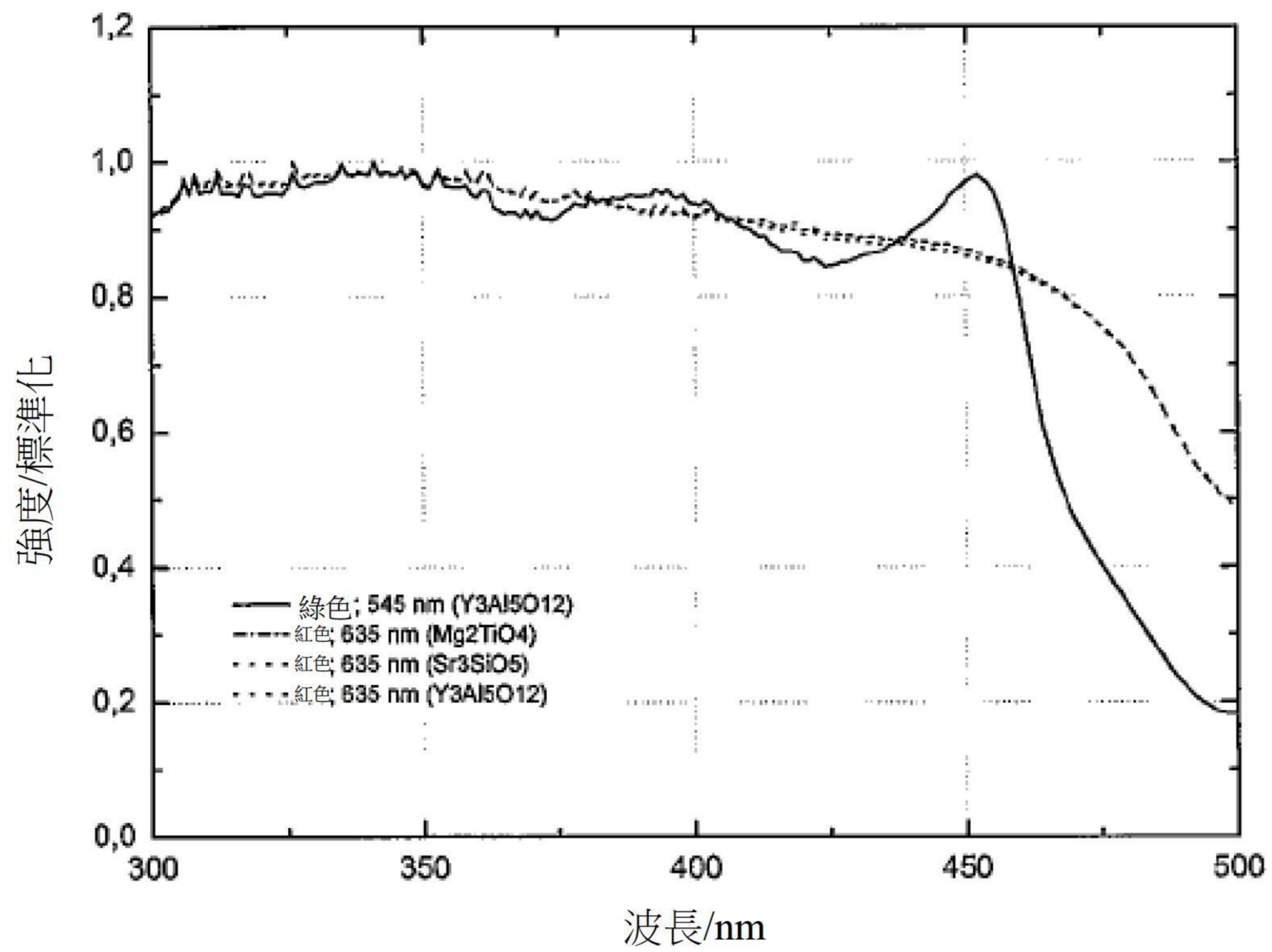
**【第27項】**

一種製造如請求項25或26之光源之方法，其中將該光轉換材料或該光轉換混合物藉由旋塗或噴塗以膜形式或以膜形式作為壓層物施加至該一次光源或該支撐材料。

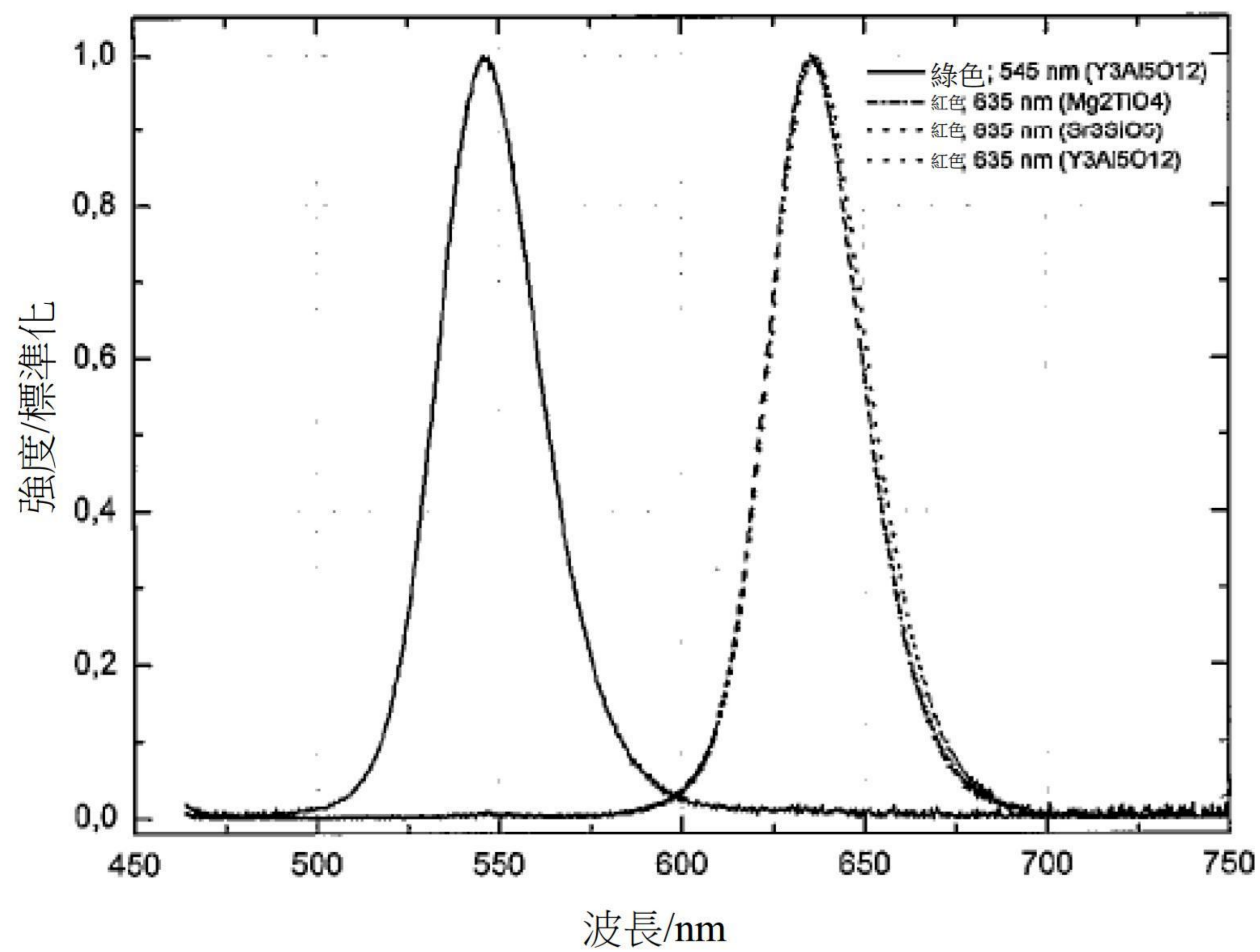
**【第28項】**

一種照明單元，其含有至少一個如請求項25或26之光源。

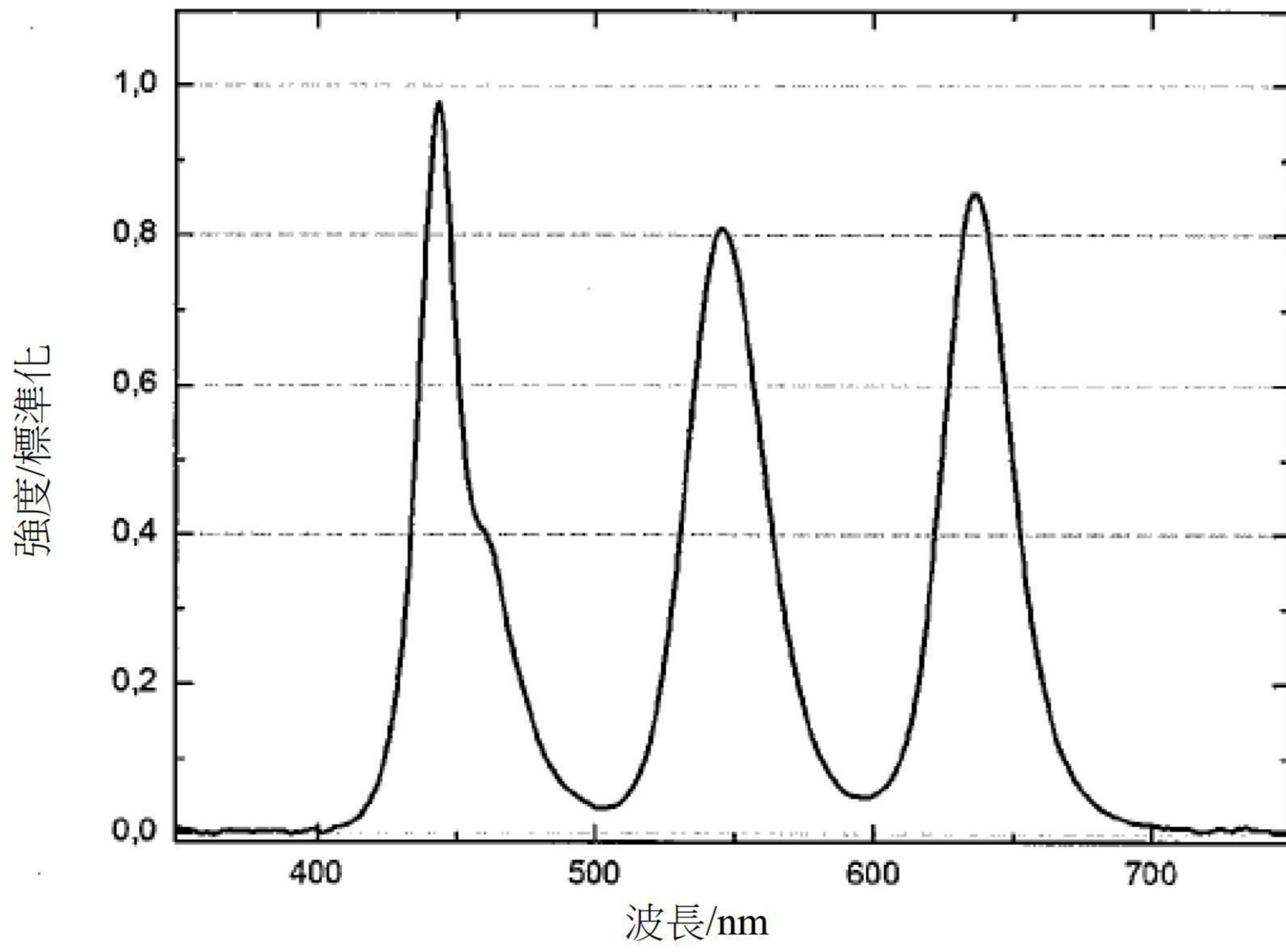
## 【發明圖式】



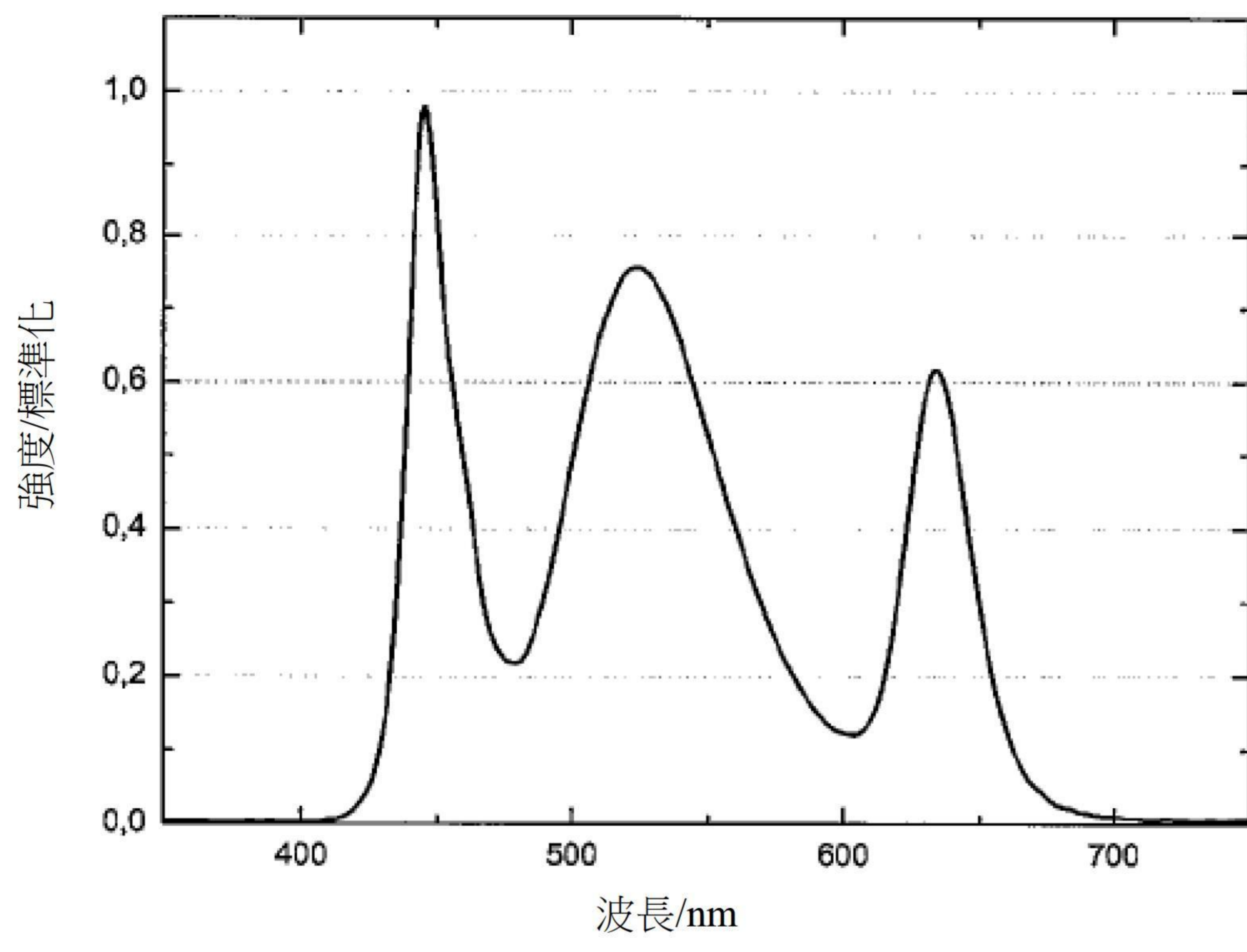
【圖 1】



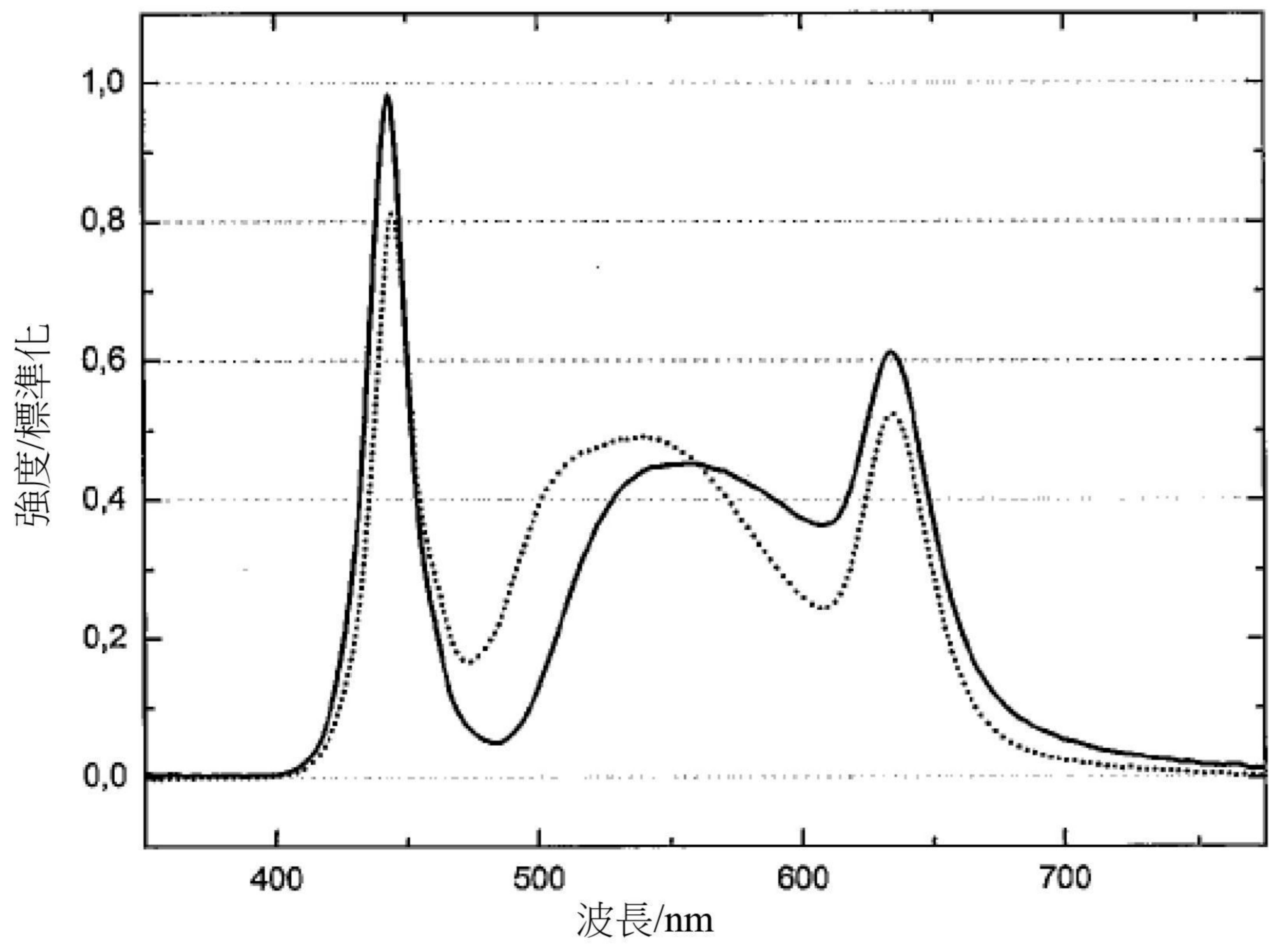
【圖 2】



【圖 3】



【圖 4】



【圖5】