(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 201240138 A1
(43)公開日： 中華民國 101 (2012) 年 10 月 01 日

(21)申請案號：101104867 (22)申請日： 中華民國 101 (2012) 年 02 月 15 日
(51)Int. Cl.： *H01L33/02 (2010.01)*
(30)優先權：2011/03/17 歐洲專利局 11158693.9
2011/03/29 美國 61/468,831
(71)申請人：法洛亞公司 (芬蘭) VALOYA OY (FI)
芬蘭
(72)發明人：艾卡拉 拉爾斯 AIKALA, LARS (FI) ；奇菲美琪 伊爾卡 (FI)
(74)代理人：閻啟泰；林景郁
申請實體審查：無 申請專利範圍項數：40 項 圖式數：8 共 44 頁

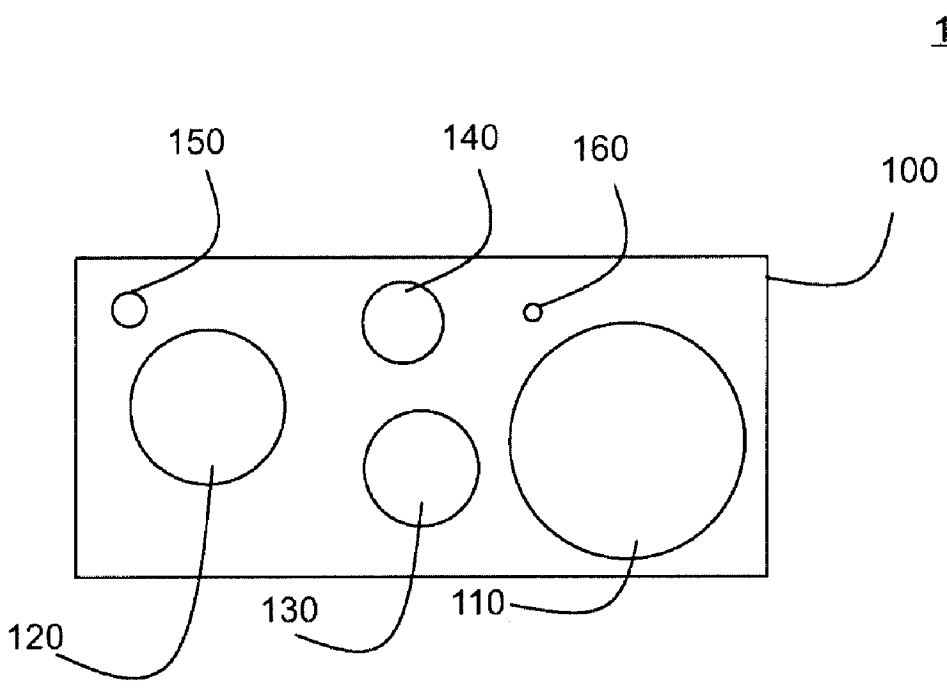
(54)名稱

植物照明裝置與方法

PLANT ILLUMINATION DEVICE AND METHOD

(57)摘要

本發明係關於一種產生供植物栽培用之人造光之改良方法。更特定言之，本發明係關於一種具有適用於溫室環境中植物栽培之半導體光發射溶液及裝置的照明裝置。認為本發明之最佳模式為具有由膠體法製備以產生量子點之尺寸分佈之二元合金量子點(110、120、130、140、150、160)的照明裝置，其產生與光合作用有效輻射(PAR)光譜類似的發射光譜。本發明之方法及配置允許對植物(310、311)栽培中所用光之發射光譜進行更精確光譜調諧。因此，本發明實現在植物生長之光形態形成控制方面之出乎意外的改良及在植物生產方面之進一步改良。



(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 201240138 A1
(43)公開日： 中華民國 101 (2012) 年 10 月 01 日

(21)申請案號：101104867 (22)申請日： 中華民國 101 (2012) 年 02 月 15 日
(51)Int. Cl.： *H01L33/02 (2010.01)*
(30)優先權：2011/03/17 歐洲專利局 11158693.9
2011/03/29 美國 61/468,831
(71)申請人：法洛亞公司 (芬蘭) VALOYA OY (FI)
芬蘭
(72)發明人：艾卡拉 拉爾斯 AIKALA, LARS (FI) ；奇菲美琪 伊爾卡 (FI)
(74)代理人：閻啟泰；林景郁
申請實體審查：無 申請專利範圍項數：40 項 圖式數：8 共 44 頁

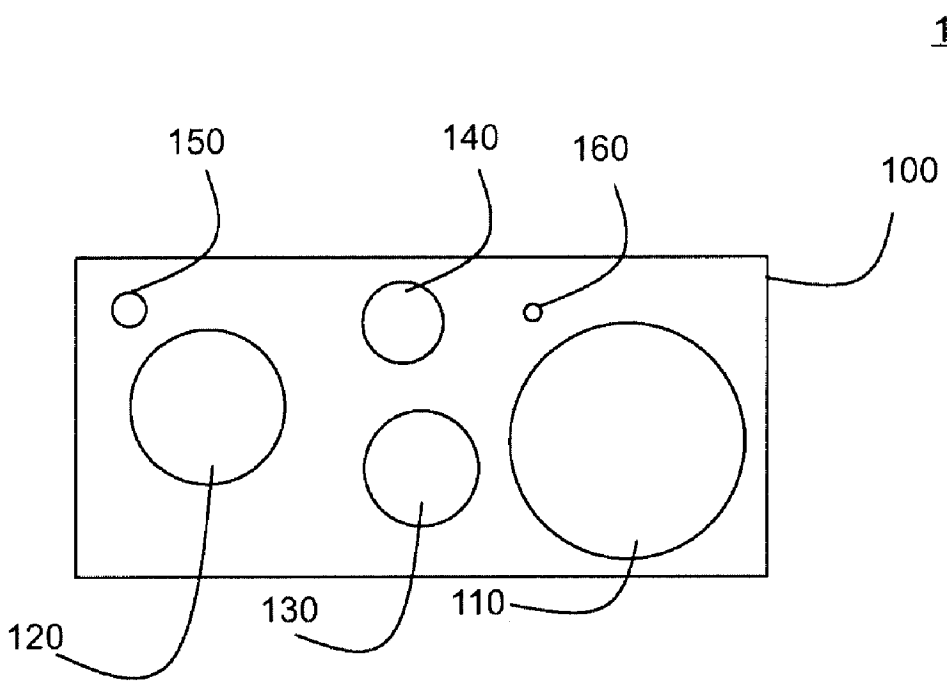
(54)名稱

植物照明裝置與方法

PLANT ILLUMINATION DEVICE AND METHOD

(57)摘要

本發明係關於一種產生供植物栽培用之人造光之改良方法。更特定言之，本發明係關於一種具有適用於溫室環境中植物栽培之半導體光發射溶液及裝置的照明裝置。認為本發明之最佳模式為具有由膠體法製備以產生量子點之尺寸分佈之二元合金量子點(110、120、130、140、150、160)的照明裝置，其產生與光合作用有效輻射(PAR)光譜類似的發射光譜。本發明之方法及配置允許對植物(310、311)栽培中所用光之發射光譜進行更精確光譜調諧。因此，本發明實現在植物生長之光形態形成控制方面之出乎意外的改良及在植物生產方面之進一步改良。



六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於一種產生供植物栽培用之人造光之改良方法。更特定言之，本發明係關於一種具有適用於溫室環境中植物栽培之半導體光發射溶液的照明裝置。

【先前技術】

僅約 50%到達地面之輻射為光合作用有效輻射（PAR）。PAR被視為包含介於電磁波譜 300 nm與 800 nm之間的波長範圍。光合作用連同光週期性、向光性及光形態形成為與輻射與植物之間相互作用有關之四個代表性過程。以下表達式展示光合作用之簡化的化學方程式：

$$6\ H_2O + 6\ CO_2\ (+\ 光子能) \rightarrow\ C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2。$$

圖 1A中呈現最常見光合及光形態形成感光器（諸如葉綠素甲（chlorophyll a）、葉綠素乙（chlorophyll b）及β胡蘿蔔素（betacarotene）以及植物色素（phytochrome）之兩種可互相轉換之形式（Pfr及 Pr））之典型吸收光譜。

與光合作用相反，光形態形成反應可以極低之光量達成。不同類型之光合及光形態形成感光器可分為至少三組已知光系統：光合、植物色素及隱花色素（cryptochrome）或藍/UV-A（紫外線 A）。

在光合光系統中，存在之色素為葉綠素及類胡蘿蔔素（carotenoid）。葉綠素位於處於植物葉葉肉細胞中之葉綠

體之層狀體中。輻射之數量或能量為最顯著態樣，因為彼等色素之活性與光採集緊密有關。葉綠素之兩個最主要的吸收峰分別位於 625 nm 至 675 nm 及 425 nm 至 475 nm 之紅區及藍區中。另外，亦存在近 UV 區（300 nm 至 400 nm）及遠紅外區（700 nm 至 800 nm）處之其他局部峰。類胡蘿蔔素（諸如葉黃素（xanthophyll）及胡蘿蔔素）位於植物細胞上之有色體質體細胞器中且主要在藍區中吸收。

植物色素光系統包括植物色素之兩種可互相轉換的形式 Pr 及 Pfr，其分別在 660 nm 下紅光及 730 nm 下遠紅外光中具有其敏感峰。由植物色素介導之光形態形成反應通常與經由紅光（R）/遠紅外光（FR）比率（R/FR）感測光品質有關。植物色素之重要性可藉由其所涉及之不同生理性反應（諸如展葉、相鄰感知（neighbour perception）、避陰、莖伸長、種子發芽及成花誘導）來評估。儘管避陰反應通常由植物色素經感測 R/FR 比率來控制，然而藍光及 PAR 程度亦與相關適應性形態反應有關。

藍及 UV-A（紫外線 A）敏感性感光器可見於隱花色素光系統。吸收藍光之色素包括隱花色素及向光素（phototropin）。其涉及數種不同任務，諸如監測光之品質、數量、方向及週期性。藍及 UV-A 敏感性感光器之不同群組介導重要形態學反應，諸如內在周律、器官定向、莖伸長及氣孔開放、發芽、展葉、根生長及向光性。向光素調節色素含量以及光合器官及細胞器之定位以便優化光採集及光抑制。如同曝露於連續遠紅外輻射一樣，藍光亦經由介

導隱花色素感光器促進開花。此外，藍光敏感性感光器（例如黃素（flavin）及類胡蘿蔔素）亦對近紫外線輻射敏感，其中在約 370 nm 下可發現局部敏感峰。

隱花色素不僅為所有植物物種所共有。隱花色素介導多種光反應，包括導致開花植物（諸如芥菜屬（Arabidopsis））中之晝夜節律。儘管低於 300 nm 波長之輻射可對分子之化學鍵及 DNA 結構高度有害，然而植物亦吸收此區域內之輻射。PAR 區域內之輻射品質可能對降低 UV 輻射之破壞作用較為重要。此等感光器被研究最多且因此已相當熟知其在控制光合作用及生長方面之作用。然而，有證據表明存在其他感光器，其活性可能在介導植物重要生理性反應方面具有重要作用。另外，並不充分瞭解感受器之某些群組之間之相互作用以及相互依賴性。

許多植物可藉助於溫室栽培利用人造光在與其天然生境不同之地理位置中生長。自 Zukauskas 等人之 WO 2010/053341 A1 中已知發光二極體（LED）可與磷光體轉換一起使用以滿足植物之一些光形態形成需要。磷光體轉換運作以致存在發射短波長的諸如 LED 之光，其接近於吸收及再發射較長波長之輻射的磷光體組分。由此，可調諧照明裝置之聚集體發射光譜，以便提供至植物之光子允許植物以特定方式生長，例如滿足某些形態學目的（諸如莖高度）。此處引用此文獻作為參考。

發光二極體（LED）日漸普及。LED 所用之特有新結構為*量子點*，亦即激子受限於全部三個空間維度之半導體。

在論述包含量子點之多量子井結構（MQW）之 WO 2009/048425 中已建議使用量子點以捨棄磷光體。根據此公開案，MQW 結構可用來製造基於無磷光體紅色及白色氮化物之 LED。此處亦引用此文獻作為參考。

先前技術有大量缺點。先前技術螢光管、LED 及磷光體配置不允許對發射光譜進行足夠高的解析調諧。此外，先前技術螢光管、LED 及磷光體配置作為植物之主光源極差，在暗生長腔室（諸如建築之地下室等）中產生較差品質收穫物。

先前技術 MQW 及量子點照明設備主要關注於替代對園藝家鮮有幫助之不利結構特徵（諸如磷）。

十分明顯地，需要對抗全球發展中國家饑餓以及減少發達世界食物及植物生產之環境影響之更複雜的植物栽培技術。

【發明內容】

所研究之本發明係針對一種有效實現解決植物之光形態形成需求且比之前具有更佳精度之量子受限半導體照明裝置的系統及方法。

在本發明之一個態樣中，量子侷限以量子點之形式實現（亦即侷限於全部三個空間維度中）或實際上以複數個量子點之形式實現。除使用量子點之外，量子線（2-D 空間侷限）及量子井（1-D 空間侷限）在一些具體實例中可用於例如藉由替代來自該等具體實例之一或多個量子點來實施本發明。

根據本發明之一個態樣，量子點-發光二極體以不同尺寸之量子點為特徵。在量子點中，尺寸與發射能量負相關，亦即較小量子點發射較高能量。在本發明之一個態樣中，量子點之尺寸分佈經選擇以便其產生具有對以由本發明之該量子點-發光二極體發射之人造光栽培之植物具有有利的光形態形成效應的聚集體發射光譜。

本發明之一目的為消除與此項技術有關之至少一部分問題且提供一種使用量子點來促進植物生長的新穎方式。

本發明之第一目標為提供一種光合作用過程充分響應之基於單一光發射源之量子點裝置。

本發明之第二目標為提供一種基於光合作用光子通量（PPF）經優化之量子點裝置之用於溫室栽培的照明器具。

本發明之第三目標為獲得一種量子點裝置，其提供在300 nm至800 nm波長範圍內之至少兩個發射峰且發射峰中至少一者具有至少50 nm或50 nm以上之半高寬(FWHM)。

本發明之第四目標為提供一種基於量子點之溫室栽培照明器具，其中兩種發射頻率（300 nm至500 nm及600 nm至800 nm）之發射強度比在10,000小時操作期間減小不到20%。

本發明之第五目標為提供一種技術溶液，其與由溫室栽培中通常所用之習知高壓鈉燈或LED燈所獲得者相比提供較好的每瓦特PPF值（亦即PPF相對於所用功率瓦特數），且因此為溫室栽培過程及其中所用之人工照明提供能量有效光源。

本發明之第六目標為提供一種單一光發射源，其中在300 nm至500 nm頻率之發射由半導體量子點晶片產生且在600 nm至800 nm頻率之發射使用另一量子點晶片產生。本發明者已發現例如黃瓜及萵苣植物在用包括遠紅外光（700 nm至800 nm）之本發明園藝光照明時達到較大長度及/或質量。

本發明之第七目標為提供一種單一光發射源，其中在300 nm至500 nm頻率之發射由半導體量子點晶片產生且在600 nm至800 nm頻率之發射使用第二量子點晶片產生，該量子點晶片由光發射電流驅動或以先前量子點之波長上轉換器形式操作。藉由使用鄰近第一量子點發射源之一或多個波長上轉換量子點來獲得用於產生600 nm至800 nm輻射之波長上轉換。

在此申請案中，「上轉換（up-conversion）」被視為使入射吸收光之波長變為較長波長之發射光。

本發明之第八目標為提供半導體量子點晶片輻射之400 nm至500 nm、600 nm至800 nm或兩種頻率範圍部分或完全波長上轉換，該晶片在300 nm至500 nm範圍之發射範圍下發射。波長上轉換藉由使用有機、無機或兩種類型材料之組合來實現。

本發明之第九目標為使用供上轉換用之奈米尺寸顆粒材料來提供波長上轉換。

本發明之第十目標為使用供上轉換用之分子樣材料來提供波長上轉換。

本發明之第十一目標為使用上轉換材料以共價方式鍵結至提供波長上轉換之聚合物基質之聚合材料來提供波長上轉換。

本發明之第十二目標為提供一種基於量子點之照明器具，其中光譜帶 500 nm 至 600 nm 受抑制。在此受抑制譜帶中，幾乎無發射或完全無發射，或在任何情況下比相鄰譜帶 400 nm 至 500 nm、600 nm 至 700 nm 中任一者中發射少。抑制可根據本發明藉由在譜帶 400 nm 至 500 nm 中無任何或僅少量原發射且藉由確保任何上轉換均引起使波長偏移超出 600 nm 之波長偏移來達成。通常已知綠色植物無法利用綠光（500 nm 至 600 nm）輻射以及相鄰譜帶中之輻射，因為此輻射僅自植物反射而非被吸收用於光合轉換。

本發明之第十三目標為提供一種基於量子點之照明器具，其藉由提供所需遠紅外光使植物之合成代謝生長最大化，而其使自植物栽培觀點來看為浪費能量之輻射綠光最小化。在本發明一個態樣中，此目標利用藍色量子點光發射體與波長上轉換裝置一起來實現，該波長上轉換裝置將部分發射之藍光（300 nm 至 500 nm）上轉換為較廣紅光光譜分量（600 nm 至 800 nm），該較廣紅光光譜分量具有遠紅外組分，但省去及/或最小化綠色組分（500 nm 至 600 nm）。

本發明提供適用於溫室栽培之量子點及相關照明器具。根據本發明，量子點具有特定發射頻率模式，即其具有至少兩種光譜特性；一種特性為發射峰具有至少 50 nm

或 50 nm 以上之半高寬且具有在 600 nm 至 700 nm 範圍內之峰值波長，且第二光譜特性具有 500 nm 範圍以下之峰值波長。量子點之發射峰與植物光合作用響應譜充分匹配，且因此尤其適用於高效人工照明。

以針對該受影響之光形態形成變數使發射光譜最優化之量子點尺寸分佈產生本發明之某些或所有前述優點，該受影響的光形態形成變數可為以下生物參數中的任一者：在不同時間點或採收成熟度下植物所具有之重量、葉數、根質量、莖高度、化學組成（諸如維生素、礦物質，及/或營養分含量及/或濃度）。

用於植物栽培之照明裝置係根據本發明且其特徵在於該照明裝置包含複數個不同尺寸的量子點。

用於植物栽培之照明方法係根據本發明且其特徵在於光由複數個不同尺寸之量子點產生且該光照明至少一個植物。

溫室及/或生長箱照明裝置係根據本發明且其特徵在於該照明裝置包含至少一個量子點。

用於本發明之園藝照明器具包含至少一個具有以下特性之量子點：

a）包括在 600 nm 至 700 nm 波長範圍內之峰且經配置顯示出至少 50 nm 或 50 nm 以上之半高寬的第一光譜特性；

b）具有最大 50 nm 半高寬且經配置顯示出在 440 nm 至 500 nm 範圍內之峰值波長的第二光譜特性，及視情況選用之

c）在 600 nm 至 800 nm 頻率之所有或一部分發射係利用量子點晶片輻射功率全部或部分波長之上轉換及/或利用另一電力供電之量子點來產生。

根據本發明之園藝照明器具包含至少一個具有以下特性之量子點：

a）包括在 600 nm 至 700 nm 波長範圍內之峰且經配置顯示出至少 50 nm 或 50 nm 以上之半高寬的第一光譜特性；

b）具有最大 50 nm 半高寬且經配置顯示出在 440 nm 至 500 nm 範圍內之峰值波長的第二光譜特性，及

c）在 500 nm 至 600 nm 波長之至少一部分或全部發射經配置以最小化及/或省去及/或減少至低於 400 nm 至 500 nm 譜帶中之強度且低於 600 nm 至 700 nm 譜帶中之強度。

前五段中任一段之照明裝置或器具之用途係根據本發明，該用途在於為至少一個植物提供光，其中該至少一個植物在環境光中或在以該照明裝置或器具作為單獨光源之暗腔室中。類似地，前五段之增進植物生長之方法係根據本發明，其中至少一個照明裝置或器具向至少一個植物發射光，且該至少一個植物在環境光中或在以該照明裝置或器具作為單獨光源之暗腔室中。

園藝光之發光組件係根據本發明且包含：

- 發光量子點半導體晶片；及

- 沈積在直接鄰近量子點晶片之光波長上轉換量子點；

該組件能夠發射兩種特性光發射峰，且

在 500 nm 至 600 nm 波長之至少一部分或全部發射經

配置以最小化及/或省去及/或減少至低於 400 nm 至 500 nm 譜帶中之強度且低於 600 nm 至 700 nm 譜帶中之強度。

前述段落之發光組件之用途係根據本發明，該用途在於為至少一個植物提供光，該至少一個植物在環境光中或在以該照明裝置或器具作為單獨光源之暗腔室中。類似地，增進植物生長之方法係根據本發明，其中至少一個前述段落之發光組件向至少一個植物發射光，該至少一個植物在環境光中或在以該照明裝置或器具作為單獨光源之暗腔室中。

暗或遮光腔室中之園藝照明器具係根據本發明且包含至少一個具有以下特性之 LED：

a）包括在 600 nm 至 700 nm 波長範圍內之峰且經配置顯示出至少 50 nm 或 50 nm 以上之半高寬的第一光譜特性；

b）具有最大 50 nm 半高寬且經配置顯示出在 440 nm 至 500 nm 範圍內之峰值波長的第二光譜特性，及

c）在 600 nm 至 800 nm 頻率之所有或一部分發射係利用 LED 晶片輻射功率全部或部分波長之上轉換來產生。

暗或遮光腔室中之園藝照明器具係根據本發明且包含至少一個具有以下特性之 LED：

a）包括在 600 nm 至 700 nm 波長範圍內之峰且經配置顯示出至少 50 nm 或 50 nm 以上之半高寬的第一光譜特性；

b）具有最大 50 nm 半高寬且經配置顯示出在 440 nm 至 500 nm 範圍內之峰值波長的第二光譜特性，及

c）在 500 nm 至 600 nm 波長之至少一部分或全部發射

經配置以最小化及/或省去及/或減少至低於 400 nm 至 500 nm 譜帶中之強度且低於 600 nm 至 700 nm 譜帶中之強度。

本發明之基於量子點及/或 LED 之實施允許對發射光譜進行極精細的光譜調諧，且因此允許極佳能量效率及依賴人造光之植物栽培中的改良光形態形成控制。此優勢在僅使用量子點時甚至更顯著，因為由其提供之光譜調諧優於習知 LED。另外，收穫物之品質經本發明之照明裝置顯著改良且由此帶來與暗生長箱或環境光極有限之箱中之栽培有關的多種優勢：首先，植物可更接近於消費場所生長，例如在大城市之住宅地下室中，從而消除運輸成本。其次，植物可在傳統上不可能發生農業生產之地形中生長，例如夏季熱沙漠條件。第三，由於植物之品質經改良，故個別植物之間的一致性亦經改良，其使收穫更容易。此係因為存在較少不合格個體且基於機器視覺之收穫設備可在植物具有一致品質、尺寸及顏色時較好地將其識別。第四，植物之性質可以受控方式改變，因為幾乎所有的生長參數均在控制中，其在栽培花及觀賞植物時尤其有利。第五，植物之每日恆定光子劑量有助於營養素之投與，因為營養素劑量可維持全年相同。第六，在極熱及陽光充足地形中，植物可在反射日光之暗的不透明生長箱中生長。本發明之人工照明中所耗用能量與空氣調節或冷卻日光下植物所消耗之能量相比少得多。

應注意暗腔室被視為具有零或較低含量日光及/或環境光且無發射光子之本發明人造光源之光約束空間，但該腔

室可為任何尺寸，顯微級微小、花盆尺寸、10m^{2}住宅/商業地下室、運輸貨櫃、足球場尺寸（例如足球運動場之地下室）及/或20層摩天樓（其中充足蔬菜生長在一或多層供整個城市用）。

此外且參照前述產生優勢之具體實例，認為本發明之最佳模式為具有利用膠體法製備以產生量子點尺寸分佈之二元合金量子點之照明裝置，其產生與光合作用有效輻射（PAR)光譜類似的發射光譜但該發射光譜省去黃綠光(500 nm至600 nm）或在黃綠光（500 nm至600 nm）中提供極低強度且包含在遠紅外光700 nm至800 nm譜帶中之高強度光譜特徵。

【實施方式】

圖1B展示包含複數個不同尺寸之量子點110、120、130、140、150及160之照明裝置100。量子點之尺寸分佈包含在2 nm至200 nm範圍內之不同尺寸的量子點，亦即量子點110典型地具有200 nm之直徑且量子點160具有約2 nm的直徑。

電力及電極（未圖示）用於產生電場以按慣例激發量子點中之電子。隨著電子弛豫至較低能態，其發射波長由激發態與弛豫態之間能差決定的光子。此等發射之光子產生照明裝置100之發射光譜。

在一些具體實例中，量子點150、160經配置以透射在250 nm至400 nm範圍內之UV/藍光，量子點140及130經配置以透射400 nm至600 nm綠光及/或黃光，且量子點120

經配置以透射 600 nm 至 700 nm 紅光，且量子點 110 經配置以透射在 700 nm 至 800 nm 譜帶中的遠紅外光。

在一些具體實例中，改變特定尺寸之量子點 110、120、130、140、150 及 160 之相對發射強度及數目以產生與光合作用有效輻射（PAR）光譜類似及/或相同之聚集體發射光譜。更佳地，根據本發明，該類似於 PAR 光譜之發射光譜省去黃綠光（500 nm 至 600 nm）或在黃綠光（500 nm 至 600 nm）中提供極低強度且包含在遠紅外光 700 nm 至 800 nm 譜帶中之高強度光譜特徵。

在一些具體實例中，全部或一些量子點 110、120、130、140、150 及 160 典型地由以下合金中之任一者製成：硒化鎘、硫化鎘、砷化銦、磷化銦及/或硫硒化鎘。

應注意，在更詳細描述之具體實例中，選擇至少一個該量子點 110、120、130、140、150 及/或 160 之尺寸以便該量子點於在植物中具有特定光形態形成效應之光子光譜的譜帶中產生光子發射。在本發明之一些具體實例中，該受影響之光形態形成變數可為以下生物參數中之任一者：在不同時間點或採收成熟度下植物所具有的重量、葉數、根質量、莖高度、化學組成（諸如維生素、礦物質，及/或營養分含量及/或濃度）。

在一些具體實例中，至少一個該量子點 110、120、130、140、150 及/或 160 藉由膠體合成法產生。在膠體合成法中，膠狀半導體奈米晶體係自溶解於溶液中之前驅體化合物合成，更像傳統化學製程。膠體量子點之合成典型地係基於

由前驅物、有機界面活性劑及溶劑組成之三成分系。將反應介質加熱至足夠高溫，且前驅物以化學方式轉化成單體。一旦單體達到足夠高的過飽和程度，奈米晶體生長即以成核過程開始。在一些具體實例中，生長過程期間之溫度為確定奈米晶體生長之最佳條件的關鍵因素之一。溫度典型地足夠高至允許原子在合成過程期間重排及退火，同時足夠低至促進晶體生長。在一些具體實例中，奈米晶體生長期間受到控制之另一關鍵因素為單體濃度。

奈米晶體之生長過程可以兩種不同方式發生，通常描述為「聚焦（focusing）」及「散焦（defocusing）」。在較高單體濃度下，臨界尺寸（奈米晶體既不生長亦不縮減之尺寸）相對較小，引起幾乎所有顆粒之生長。在此方式中，較小顆粒比較大顆粒生長較快，因為較大晶體與較小晶體相比需要較多原子來生長，且此引起尺寸分佈之「聚焦」以得到幾乎單分散之顆粒。尺寸聚焦典型地在保持單體濃度使得存在之平均奈米晶體尺寸始終略大於臨界尺寸時最優。當單體濃度在生長期間耗盡時，臨界尺寸變得大於所存在之平均尺寸，且分佈因奧氏熟化（Ostwald ripening）而「散焦」。

存在產生許多不同半導體之膠體法。本發明之典型的點係由二元合金製成，諸如硒化鎘、硫化鎘、砷化銦及磷化銦。不過，在一些具體實例中，點亦可由三元合金製成，諸如硫硒化鎘。此等量子點在量子點體積內可含有低至 100 至 100,000 個原子，具有 10 至 50 個原子的直徑。此相當於

約 2 奈米至 10 奈米。

根據本發明利用膠體合成法之不同方法或其他方法來產生量子點之不同群體，且隨後合併該等群體，得到提供用於植物栽培之所需發射光譜的尺寸分佈。

應注意根據本發明，具體實例 10 可與習知 LED 一起使用。具體實例 10 亦適合用作暗生長腔室及/或箱中或環境光量較低之腔室中之至少一個植物的照明源。

另外亦應注意，具體實例 10 可易於與具體實例 20、30、31、40、50、60、70 及/或 80 中之任一者置換及/或組合。

圖 2 展示本發明之照明裝置例如在溫室環境中之操作。在階段 200 中，光發射由照明裝置導向至少一個植物。

在階段 210 中，向照明裝置及該照明裝置中之至少一個量子點提供電力，其產生電場。在階段 220 中，電場將量子點中之電子激發至較高能態。

在階段 230 及 240 中，隨著電子弛豫至較低能態，其發射波長由激發態與弛豫態之間能差決定的光子。此等發射之光子產生自照明裝置透射之發射光譜。

在一些具體實例中，250 nm 至 400 nm 範圍內之 UV/藍光、400 nm 至 600 nm 範圍內之綠光及/或黃光、600 nm 至 700 nm 紅光及/或在 700 nm 至 800 nm 譜帶中的遠紅外光係由本發明方法中之不同尺寸的量子點發射。在本發明之一些具體實例中，典型地，較大量子點發射較長波長之紅光且較小量子點發射較短波長的藍光。

應注意根據本發明，具體實例 20 可與習知 LED 一起使

用。具體實例 20 亦適合用作暗生長腔室中或環境光量較低之腔室中之至少一個植物的照明方法。

另外亦應注意，具體實例 20 可易於與具體實例 10、30、31、40、50、60、70 及/或 80 中之任一者置換及/或組合。

圖 3 展示本發明人工溫室照明裝置及方法之不同用途組態具體實例 30、31。在一個具體實例 30 中，植物 311 栽培在具有透明壁 301 之溫室地面上。具有複數個量子點之照明裝置 322 位於由其所發射之光子可以最大發射通量到達儘可能多之植物 311 的位置。在一些具體實例中，照明裝置之發射光譜 350 經調節以補充自然光光譜（亦即透射穿過壁 301 之日光）。在一些具體實例中，根據本發明，照明裝置 322 可包含經配置以透射彼等由溫室壁過濾及/或減弱之波長的量子點。

在具體實例 31 中，待栽培之植物堆疊於溫室 300 之生長箱 360 中。在一些具體實例中，各生長箱均具有照明裝置 321。即使植物堆疊於透明生長箱中，與具體實例 30 中相比亦存在日光之較大減少及/或減弱，因為一些光子需要透射穿過一個以上透明壁。因此，具有量子點之照明裝置 321 典型地補充如上多次透射之自然光光譜，或在不透明箱之情況下向植物 310 提供全部光輻射。在一些具體實例中，存在生長箱專用照明裝置及由一或多個生長箱 360 中之一種以上植物 310 共享之至少一個照明裝置 320。

在一些具體實例中，量子點經配置以產生在與透射光譜 340 合併時與光合作用有效輻射（PAR）光譜類似之發射

光譜。在一些具體實例中，該產生之發射光譜較佳省去黃綠光（500 nm 至 600 nm）或在黃綠光（500 nm 至 600 nm）中提供極低強度且包含在遠紅外光 700 nm 至 800 nm 譜帶中之高強度光譜特徵。當照明裝置用於暗生長箱時，此光譜尤其較佳。

在一些具體實例中，選擇照明裝置中至少一個量子點以在光子光譜的某一譜帶中發射，該譜帶於植物中具有特定光形態形成效應。該受影響之光形態形成變數可為以下生物參數中之任一者：不同時間點或採收成熟度之植物 310、311 的重量、葉數、根質量、莖高度、化學組成（諸如維生素、礦物質，及/或營養分含量及/或濃度）。

應注意根據本發明，具體實例 30 可與習知 LED 一起使用。具體實例 30、31 亦適於在任何程度之不透明或透明生長箱 360 的情況下實施。

另外亦應注意具體實例 30 及 31 可易於彼此及/或與具體實例 10、20、40、50、60、70 及/或 80 中之任一者置換及/或組合。

在圖 4 中，半導體量子點晶片發射頻率在 457 nm 波長下到達最高點，其中發射峰半高寬（FWHM）為 25 nm。在此情形中，波長上轉換藉由使用兩種上轉換材料來完成。此等兩種波長上轉換材料在 660 nm 及 604 nm 下具有個別發射峰。在一些具體實例中，此等材料可為量子點。圖 4 展示在 651 nm 波長下到達最高點且發射峰 FWHM 為 101 nm 之來自此等兩種波長上轉換材料之合併之發射峰。在此情

形中，約 40%（自峰強度計算）半導體量子點晶片發射由兩種個別上轉換材料上轉換為 651 nm 發射。

在一些具體實例中，不使用上轉換，且較長波長光譜特徵由為電力所驅動之至少一個量子點來發射。

應注意光譜 40 可與習知 LED 一起使用及實施。根據本發明，光譜 40 可利用呈組合形式之至少一個量子點及至少一個 LED 來實施。光譜 40 尤其適合用於在暗生長腔室或具有較低量環境光之腔室中照明至少一個植物。

另外亦應注意，具體實例 40 可易於與具體實例 10、20、30、31、50、60、70 及/或 80 中之任一者置換及/或組合。

在圖 5 中，半導體量子點晶片發射頻率在 470 nm 波長下到達最高點，其中發射峰半高寬（FWHM）為 30 nm。在此情形中，波長上轉換藉由使用兩種上轉換材料來完成。此等兩種波長上轉換材料在 660 nm 及 604 nm 下具有個別發射峰。在一些具體實例中，此等材料可為量子點。圖 5 展示在 660 nm 波長下到達最高點且發射峰 FWHM 為 105 nm 之來自此等兩種波長上轉換材料之合併之發射峰。在此情形中，約 60%（自峰強度計算）半導體 LED 晶片發射由兩種個別「上轉換」材料上轉換為 660 nm 發射。

在一些具體實例中，不使用上轉換，且較長波長光譜特徵由為電力所驅動之至少一個量子點來發射。

應注意光譜 50 可與習知 LED 一起使用及實施。根據本發明，光譜 50 亦可利用呈組合形式之至少一個量子點及至少一個 LED 來實施。光譜 50 尤其適合用於在暗生長腔室或

具有較低量環境光之腔室中照明至少一個植物。

另外亦應注意，具體實例 50 可易於與具體實例 10、20、30、31、40、50、60、70 及/或 80 中之任一者置換及/或組合。

在圖 6 中，半導體 LED 晶片發射頻率在 452 nm 波長下到達最高點，其中發射峰半高寬（FWHM）為 25 nm（圖 6 中未示）。在此情形中，波長上轉換藉由使用一種上轉換材料來完成。在一些具體實例中，此材料可為量子點。圖 6 展示在 658 nm 波長下到達最高點且發射峰 FWHM 為 80 nm 之來自此上轉換材料的發射峰。在此情形中，約 100%（自峰強度計算）半導體量子點晶片發射由上轉換材料上轉換為 658 nm 發射。此可自圖 6 注意到，因為無 452 nm 發射離開量子點裝置。

在一些具體實例中，不使用上轉換，且較長波長光譜特徵由為電力所驅動之至少一個量子點來發射。

應注意光譜 60 可與習知 LED 一起使用及實施。根據本發明，光譜 60 亦可利用呈組合形式之至少一個量子點及至少一個 LED 來實施。光譜 60 尤其適合用於在暗生長腔室或具有較低含量環境光之腔室中照明至少一個植物。

另外亦應注意，具體實例 60 可易於與具體實例 10、20、30、31、40、50、70 及/或 80 中之任一者置換及/或組合。

在圖 7 中，半導體量子點晶片發射頻率在 452 nm 波長處到達最高點，其中發射峰半高寬（FWHM）為 25 nm。在此情形中，波長上轉換藉由使用一種上轉換材料來完成。

在一些具體實例中，此材料可為量子點。圖 7 展示在 602 nm 波長下到達最高點且發射峰 FWHM 為 78 nm 之來自此上轉換材料的發射峰。在此情形中，約 95%（自峰強度計算）半導體量子點晶片發射由波長上轉換材料上轉換為 602 nm 發射。

在一些具體實例中，不使用上轉換，且較長波長光譜特徵由為電力所驅動之至少一個量子點來發射。

應注意光譜 70 可與習知 LED 一起使用及實施。根據本發明，光譜 70 亦可利用呈組合形式之至少一個量子點及至少一個 LED 來實施。光譜 70 尤其適合用於在暗生長腔室或具有較低量環境光之腔室中照明至少一個植物。

另外亦應注意，具體實例 70 可易於與具體實例 10、20、30、31、40、50、60 及/或 80 中之任一者置換及/或組合

圖 8 展示使植物中生物質產生最大化之最佳化光譜 80。最佳化光譜較佳用本申請案中所述之本發明照明裝置來產生。光譜 80 在生長箱栽培中具有特殊優勢，其中該生長箱為暗箱，亦即具有零或低量日光及/或環境光。根據本發明，產生光譜 80 之本發明照明裝置可置於該箱中且使生物質產生最大化。本發明者已實驗上發現光譜 80 之生物質最大化特徵。

另外亦應注意，具體實例 80 可易於與具體實例 10、20、30、31、40、50、60 及/或 70 中之任一者置換及/或組合。

所用量子點材料及尺寸應以自量子點裝置獲得所需發射光譜之方式選擇。

概括而言，藉由調諧量子點種類及尺寸分佈，有可能自量子點裝置調諧所需發射光譜，且藉由調諧量子點數目，有可能調諧量子點裝置之所需量子點晶片發射數量/量。

本發明亦關於一種促進植物生長之照明器具，其包含至少一個量子點，該量子點具有包括在 600 nm 至 700 nm 波長範圍內之峰的光譜特性。

藉由使用此方法，光源可經設計以在與現有技術相比時達到較好的 PPF 及每瓦特 PPF 效率及性能及極低功率消耗及極長操作壽命。

在一些具體實例中，在 300 nm 至 500 nm 頻率之發射由半導體量子點晶片產生且在 400 nm 至 800 nm 頻率之發射使用量子點晶片輻射功率之完全或部分波長上轉換來產生。部分波長上轉換可經選擇以在 5%至 95%、較佳 35%至 65%半導體量子點晶片輻射範圍內。在一些具體實例中，產生 400 nm 至 800 nm 輻射之波長上轉換藉由使用鄰近量子點發射源之一或多種上轉換材料來達成。

在本申請案中，如上文中「可調節（adjustable）」峰值波長被視為可在於工廠裝配照明器具期間調節之峰值波長及/或如在用於現場峰值波長調節之照明器具中的可調度盤中亦「可調節」。此外，在裝置產生過程期間調節量子點之峰值波長亦根據本發明，且「可調節」應視為亦包括在量子點製造過程期間作出之調節。可調節峰值波長之所有前述具體實例或任何其他可調節光源或量子點變數均在本專利申請案之範疇內。

在本發明之一個特殊例示性具體實例中，具有 6.6 nm 平均尺寸及約+/-0.5 nm 尺寸分佈之 CdSe-ZnS（核-殼）量子點奈米顆粒與雙組分聚矽氧密封樹脂一起混合。混合比率為聚矽氧樹脂中含 0.2 重量%奈米顆粒。含有奈米顆粒之樹脂以密封物之形式分配至塑膠引線晶片載體（PLCC）中，組成 PLCC 腔室中之 InGaN 發光二極體。發光二極體經測定在 450 nm 波長範圍下具有電致發光發射。

將具有含奈米顆粒之密封材料之含有 InGaN 的 PLCC 封裝連接至正向電壓為 3.2 V 且電流為 350 mA 的 DC 電壓電源。裝置光學發射光譜經特性化以引起兩個發射峰，一個在 450 nm 波長範圍下且第二個在 660 nm 波長範圍下。觀察到 660 nm 波長範圍發射峰之半高寬超過約 60 nm。450 nm 與 660 nm 峰之強度比為 0.5:1。前述實驗已由申請人進行。根據本發明產生如上所述之一些具有不同尺寸之數種量子點，根據本發明，此等量子點中，一或多個量子點可用來自電源之電流/電壓驅動或該一或多個量子點可由光激發或光激發及來自電源之電流/電壓驅動。

根據本發明，在一個燈具中包括具有不同發射峰之量子點，且控制此等量子點以便提供所需光譜發射以獲得確定之生長結果或生理反應。以此方式，照明系統將允許對照明強度及光譜進行多樣化控制。最終，其他非生物參數（諸如 CO_2 濃度、溫度、晝光可用性及濕度）之控制可與照明一起整合在同一控制系統內，優化作物生產力且全面管理溫室。

上文已參照前述具體實例解釋本發明且已展示數種商業及工業優勢。本發明之方法及配置允許對植物栽培中所用光之發射光譜進行更精確光譜調諧。因此，本發明實現在植物生長之光形態形成控制方面之出乎意外的改良及在植物生產方面之進一步改良。本發明亦顯著改良依賴人造光之植物栽培之能量效率。另外，收穫物之品質經本發明之照明裝置顯著改良且由此帶來與暗生長箱或環境光極有限之箱中之栽培有關的多種優勢：首先，植物可接近於消費場所生長，例如在大城市之住宅地下室中，從而消除運輸成本。其次，植物可在傳統上不可能發生農業生產之地形中生長，例如夏季熱沙漠條件。第三，由於植物之品質經改良，故個別植物之間的一致性亦經改良，其使收穫更容易。此係因為存在較少不合格個體且基於機器視覺之收穫設備可在植物具有一致品質、尺寸及顏色時較好地將其識別。第四，植物之性質可以受控方式改變，因為幾乎所有的生長參數均在控制中，其在栽培花及觀賞植物時尤其有利。第五，植物之每日恆定光子劑量有助於營養素之投與，營養素劑量可維持全年相同。第六，在極熱及陽光充足地形中，植物可在反射日光且以蓋密閉之暗的不透明生長箱中生長。本發明之人工照明中所耗用能量與空氣調節或冷卻日光下植物所消耗之能量相比少得多。

上文已參照前述具體實例解釋本發明。然而，本發明顯然不僅侷限於此等具體實例，而且包含在本發明思想及以下專利申請專利範圍之精神及範疇內的所有可能具體實

例。

參考文獻

WO 2010/053341 A1,「Phosphor conversion light-emitting diode for meeting photomorphogenetic needs of plants」, Zukauskas 等人, 2010。

WO 2009/048425 A1,「Fabrication of Phosphor free red and white nitride-based LEDs」, Soh 等人, 2009。

【圖式簡單說明】

在下文中，將根據隨附圖式參照例示性具體實例更詳細地描述本發明。

圖 1A 展示綠色植物中最常見光合作用及光形態形成感光器之相對吸收光譜。

圖 1B 以方塊圖之形式展示本發明照明裝置之具體實例 10。

圖 2 以流程圖之形式展示根據本發明之照明方法之具體實例 20。

圖 3 以方塊圖之形式展示本發明照明裝置用途之具體實例 30。

圖 4 展示根據本發明之第一單一光發射源量子點裝置之具有發射峰的具體實例 40。

圖 5 展示根據本發明之第二單一光發射源量子點裝置之具有發射峰的具體實例 50。

圖 6 展示根據本發明之第三單一光發射源量子點裝置之具有發射峰的具體實例 60。

圖 7 展示根據本發明之第四單一光發射源量子點裝置之具有發射峰的具體實例 70。

圖 8 展示根據本發明之具有已經發現使植物生物質最大化之光譜的具體實例 80。

一些具體實例描述於附屬申請專利範圍內。

【主要元件符號說明】

無

201240138

發明專利說明書

（本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫）

※申請案號：101104867

※申請日：101.2.15　　※IPC 分類：H01L 33/02 (2010.01)

一、發明名稱：（中文/英文）

植物照明裝置與方法

Plant illumination device and method

二、中文發明摘要：

本發明係關於一種產生供植物栽培用之人造光之改良方法。更特定言之，本發明係關於一種具有適用於溫室環境中植物栽培之半導體光發射溶液及裝置的照明裝置。認為本發明之最佳模式為具有由膠體法製備以產生量子點之尺寸分佈之二元合金量子點（110、120、130、140、150、160）的照明裝置，其產生與光合作用有效輻射（PAR）光譜類似的發射光譜。本發明之方法及配置允許對植物（310、311）栽培中所用光之發射光譜進行更精確光譜調諧。因此，本發明實現在植物生長之光形態形成控制方面之出乎意外的改良及在植物生產方面之進一步改良。

三、英文發明摘要：

The invention relates to an improved method to produce artificial light for plant cultivation. In more particular, the invention relates to an illumination device with a semiconductor light emission solution and device suited for

plant cultivation in a greenhouse environment. The best mode of the invention is considered to be a lighting device with binary alloy quantum dots (110, 120, 130, 140, 150, 160) made by colloidal methods to produce a size distribution of quantum dots that produces an emission spectrum similar to thephotosynthetically active radiation (PAR) spectrum. The methods and arrangements of the invention allow more precise spectral tuning of the emission spectrum for lights used in plant (310, 311) cultivation. The invention therefore realises unexpected improvements in the photomorphogenetic control of plant growth, and further improvements in plant production.

七、申請專利範圍：

1.一種用於植物栽培之照明裝置，**其特徵在於**該照明裝置（100）包含複數個不同尺寸的量子點（110、120、130、140、150、160）。

2.如申請專利範圍第1項之照明裝置，**其特徵在於**該照明裝置包含用於發光二極體之複數個多量子井結構且至少一個量子井結構在障壁層上包含量子點結構。

3.如申請專利範圍第1項之照明裝置，**其特徵在於**該等複數個量子（110、120、130、140、150、160）點之尺寸分佈經配置以產生與光合作用有效輻射（PAR）光譜類似之聚集體發射光譜，但該發射光譜省去黃綠光（500 nm至600 nm）或在黃綠光（500 nm至600 nm）中提供極低強度且包含在遠紅外光700 nm至800 nm譜帶中的高強度光譜特徵。

4.如申請專利範圍第1項之照明裝置，**其特徵在於**至少一個該量子點之尺寸經選擇以在對植物具有特定光形態形成效應之光子光譜中的具有預置相對強度之譜帶或多種譜帶中發射光子。

5.如申請專利範圍第4項之照明裝置，**其特徵在於**所影響之光形態形成變數為以下生物參數中之任一者：不同時間點或採收成熟度之該植物的重量、葉數、根質量、莖高度、化學組成（諸如維生素、礦物質及/或營養分含量及/或濃度）。

6.如申請專利範圍第1項之照明裝置，**其特徵在於**該等量子點（110、120、130、140、150、160）中至少一者係由

以下合金中之任一者製成：GaN、InGaN、AlGaN、GaAs、硒化鎘、硫化鎘、砷化銦、磷化銦及/或硫硒化鎘或其任意組合。

7.如申請專利範圍第 1 項之照明裝置，其特徵在於該量子點（110、120、130、140、150、160）之尺寸分佈包含在 1 nm 至 20 nm 範圍內之不同尺寸量子點。

8.如申請專利範圍第 1 項之照明裝置，其特徵在於至少一個該量子點（110、120、130、140、150、160）藉由 MOCVD 方法產生。

9.如申請專利範圍第 1 項之照明裝置，其特徵在於至少一個該量子點（110、120、130、140、150、160）藉由膠體合成方法產生。

10.如申請專利範圍第 1 項之照明裝置，其特徵在於該至少一個量子點（110、120、130、140、150、160）之尺寸經配置以使其在遠紅外光 700 nm 至 800 nm 譜帶中發射。

11.一種用於植物栽培之照明方法，其特徵在於光由複數個不同尺寸之量子點（110、120、130、140、150、160）產生，且該光照明至少一個植物（310、311）。

12.如申請專利範圍第 11 項之照明方法，其特徵在於該等複數個量子點（110、120、130、140、150、160）之尺寸分佈產生與光合作用有效輻射（PAR）光譜類似之聚集體發射光譜，但該發射光譜省去黃綠光（500 nm 至 600 nm）或在黃綠光（500 nm 至 600 nm）中提供極低強度且包含在遠紅外光 700 nm 至 800 nm 譜帶中的高強度光譜特徵。

13.如申請專利範圍第11項之照明方法，**其特徵在於**至少一個該量子點（110、120、130、140、150、160）之尺寸經選擇以致在對植物具有特定光形態形成效應之光子光譜中的具有預置相對強度之譜帶或多種譜帶中發射光子。

14.如申請專利範圍第11項之照明方法，**其特徵在於**所影響之光形態形成變數為以下生物參數中之任一者：不同時間點或採收成熟度之該植物的重量、葉數、根質量、莖高度、化學組成（諸如維生素、礦物質及/或營養分含量及/或濃度）。

15.如申請專利範圍第11項之照明方法，**其特徵在於**該等量子點（110、120、130、140、150、160）中至少一者係由以下合金中之任一者製成：GaN、InGaN、AlGaN、GaAs硒化鎘、硫化鎘、砷化銦、磷化銦及/或硫硒化鎘或其任意組合。

16.如申請專利範圍第11項之照明方法，**其特徵在於**該量子點（110、120、130、140、150、160）之尺寸分佈包含在2 nm至20 nm範圍內之不同尺寸量子點。

17.如申請專利範圍第11項之照明方法，**其特徵在於**該至少一個量子點（110、120、130、140、150、160）藉由膠體合成法產生。

18.如申請專利範圍第11項之照明方法，**其特徵在於**至少一個量子點（110、120、130、140、150、160）之該尺寸經配置以使該量子點在遠紅外光700 nm至800 nm譜帶中發射。

19.一種溫室照明裝置，其特徵在於該照明裝置包含至少一個量子點（110、120、130、140、150、160）。

20.一種園藝照明器具，其包含至少一個具有以下特性之量子點：

a）包括在600 nm至700 nm波長範圍內之峰且經配置顯示出至少50 nm或50 nm以上之半高寬的第一光譜特性；

b）具有最大50 nm半高寬且經配置顯示出在440 nm至500 nm範圍內之峰值波長的第二光譜特性，及

c）在600 nm至800 nm頻率之所有或一部分發射係利用該量子點晶片輻射功率全部或部分波長之上轉換及/或利用另一電力供電之量子點來產生。

21.一種園藝照明器具，其包含至少一個具有以下特性之量子點：

a）包括在600 nm至700 nm波長範圍內之峰且經配置顯示出至少50 nm或50 nm以上之半高寬的第一光譜特性；

b）具有最大50 nm半高寬且經配置顯示出在440 nm至500 nm範圍內之峰值波長的第二光譜特性，及

c）在500 nm至600 nm波長之至少一部分或全部發射經配置以最小化及/或省去及/或減少至低於400 nm至500 nm譜帶中之強度且低於600 nm至700 nm譜帶中之強度。

22.如申請專利範圍第20項之照明器具，其中在500 nm至600 nm波長之至少一部分或全部發射經配置以最小化及/或省去及/或減少至低於400 nm至500 nm譜帶中之強度且低於600 nm至700 nm譜帶中之強度。

23.如申請專利範圍第20、21及/或22項之照明器具，其中該量子點具有在500 nm至800 nm波長範圍內具有可自由調節峰且經配置以顯示至少30 nm之半高寬之光譜特性。

24.如申請專利範圍第20、21、22及/或23項之照明器具，其中該量子點之第一、第二及視情況選用之第三光譜特性的發射強度經配置以可調節。

25.如申請專利範圍第20至24項中任一項之照明器具，其包含具有最大50 nm半高寬及在400 nm至500 nm範圍內之峰值波長中之至少一個光譜特性及經配置以在450 nm至800 nm範圍內具有可自由調節之峰值波長之視情況選用之第二及第三光譜特性的第二量子點。

26.如申請專利範圍第20至25項中任一項之照明器具，其中每瓦特該器具之PPF值為0.35或0.35以上。

27.如申請專利範圍第20至26項中任一項之照明器具，其中該等光譜發射特性；強度、峰值波長及半高寬以量子點之尺寸、數目及種類控制。

28.如申請專利範圍第20至27項中任一項之照明器具，其中

a）該第一量子點具有包含在600 nm至700 nm波長範圍內之峰值波長且經配置以至少顯示至少50 nm之半高寬之第一光譜特性；

b）該第一量子點另外具有包含在440 nm至500 nm波長範圍內之峰的第二光譜特性；及

c）該第一量子點視情況具有在 500 nm 至 800 nm 範圍之範圍內具有可自由調節峰值波長且經配置顯示出至少 30 nm 半高寬的第三光譜特性；

d）該第一、第二及視情況選用之第三光譜特性之發射強度可以任何比率調節。

29.如申請專利範圍第 28 項之照明器具，其包含具有最大 50 nm 半高寬及在 400 nm 至 500 nm 範圍內之峰值波長中之至少一個光譜特性且在 450 nm 至 800 nm 範圍內具有可自由調節之峰值波長之視情況選用之第二及第三光譜特性的第二量子點。

30.一種園藝光之發光組件，其包含：

- 發光量子點半導體晶片；及

- 沈積在直接鄰近該量子點晶片之光波長上轉換量子點；

該組件能夠發射兩種特性光發射峰，且

在 500 nm 至 600 nm 波長之至少一部分或全部發射經配置以最小化及/或省去及/或減少至低於 400 nm 至 500 nm 譜帶中之強度且低於 600 nm 至 700 nm 譜帶中之強度。

31.如申請專利範圍第 30 項之發光組件，其中該光波長上轉換量子點直接沈積在該量子點晶片之表面上或與其他光學材料間隔開。

32.如申請專利範圍第 30 或 31 項中任一項之發光組件，其中該發光量子點半導體晶片具有在 440 nm 至 500 nm 範圍內之峰發射。

33.如申請專利範圍第 30 至 32 項中任一項之發光組件，其中該波長上轉換量子點經配置以將一部分由該量子點半導體晶片發射之光發射能量轉換為 600 nm 至 700 nm 的高波長。

34.如申請專利範圍第 30 至 33 項中任一項之發光組件，其中該等兩個特性光發射峰分別在 440 nm 至 500 nm 及 600 nm 至 700 nm。

35.如申請專利範圍第 30 至 34 項中任一項之發光組件，其中該等兩個特性光發射峰省去一個至少 50 nm 半高寬及另一個最大 50 nm 半高寬的光譜特性且兩者在不同波長範圍。

36.一種如申請專利範圍第 1、20 及/或 21 項之照明裝置或器具之用途，其用於為至少一個植物提供光，該至少一個植物在環境光中或在以該照明裝置或器具作為單獨光源之暗腔室中。

37.一種如申請專利範圍第 30 項之發光組件之用途，其用於為至少一個植物提供光，該至少一個植物在環境光中或在以該照明裝置或器具作為單獨光源之暗腔室中。

38.一種增進植物生長之方法，其中至少一個如申請專利範圍第 1、20 及/或 21 項之照明裝置或器具向至少一個植物發射光，該至少一個植物在環境光中或在以該照明裝置或器具作為單獨光源之暗腔室中。

39.一種增進植物生長之方法，其中至少一個如申請專利範圍第 30 項之發光組件向至少一個植物發射光，該至少

一個植物在環境光中或在以該照明裝置或器具作為單獨光源之暗腔室中。

40.如申請專利範圍第 1、20、21 及/或 30 項中任一項之發光裝置、器具及/或組件，其中該發光裝置、器具及/或組件由可視情況經蓋密閉之遮光腔室包圍。

八、圖式：

(如次頁)

一個植物在環境光中或在以該照明裝置或器具作為單獨光源之暗腔室中。

40.如申請專利範圍第 1、20、21 及/或 30 項中任一項之發光裝置、器具及/或組件，其中該發光裝置、器具及/或組件由可視情況經蓋密閉之遮光腔室包圍。

八、圖式：

(如次頁)

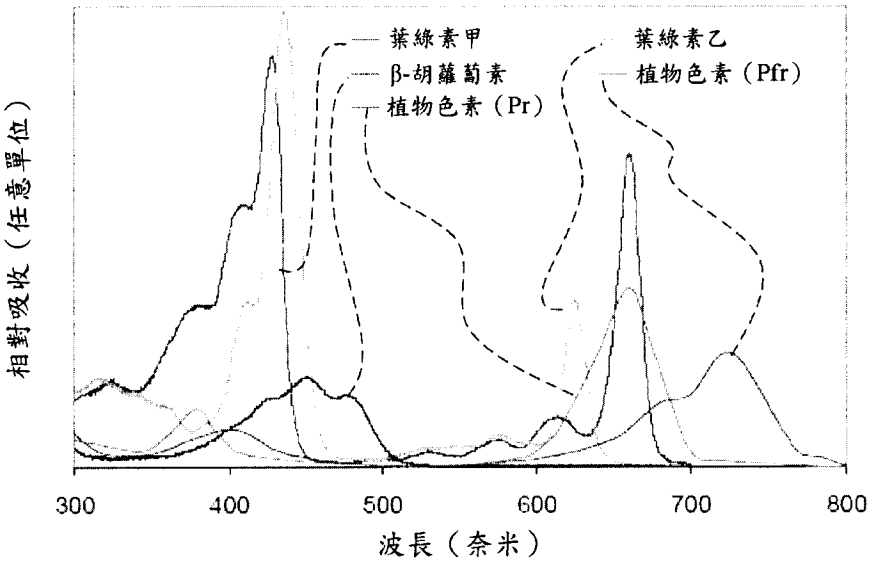

葉綠素甲
β-胡蘿蔔素
植物色素（Pr）
葉綠素乙
植物色素（Pfr）
相對吸收（任意單位）
300
400
500
600
700
800
波長（奈米）

圖1A

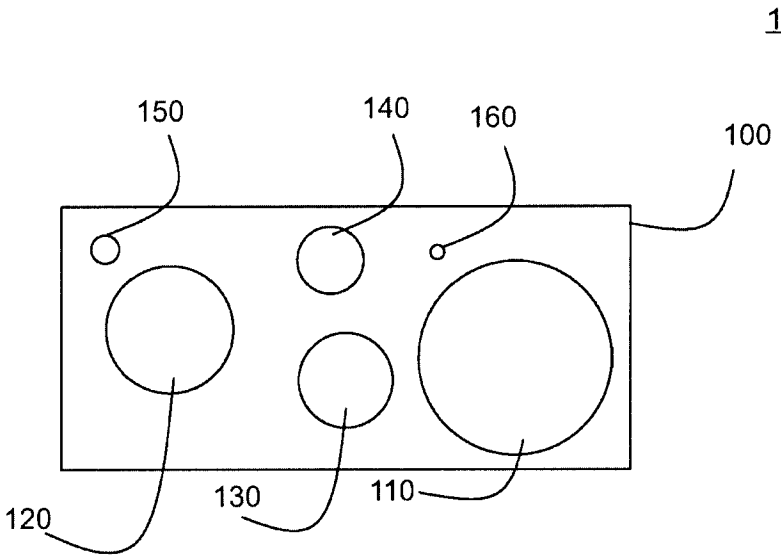

10
150
140
160
100
120
130
110

圖1B

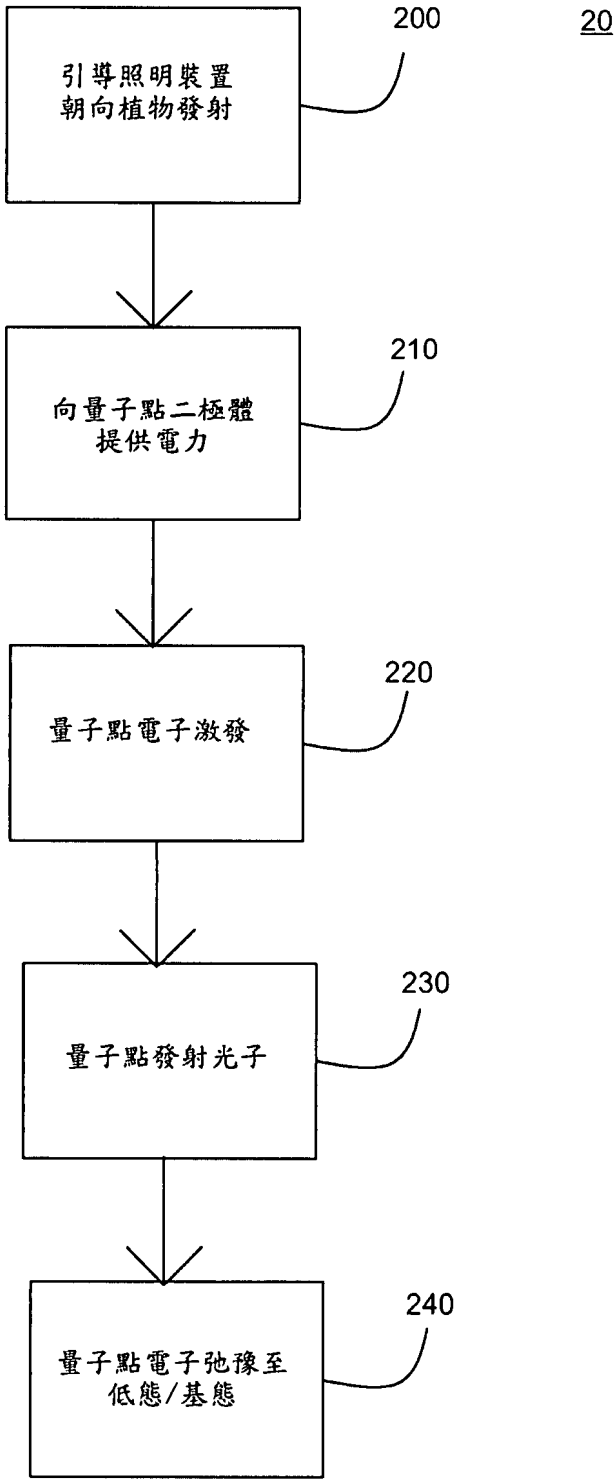

20
200
引導照明裝置
朝向植物發射
210
向量子點二極體
提供電力
220
量子點電子激發
230
量子點發射光子
240
量子點電子弛豫至
低態/基態

圖2

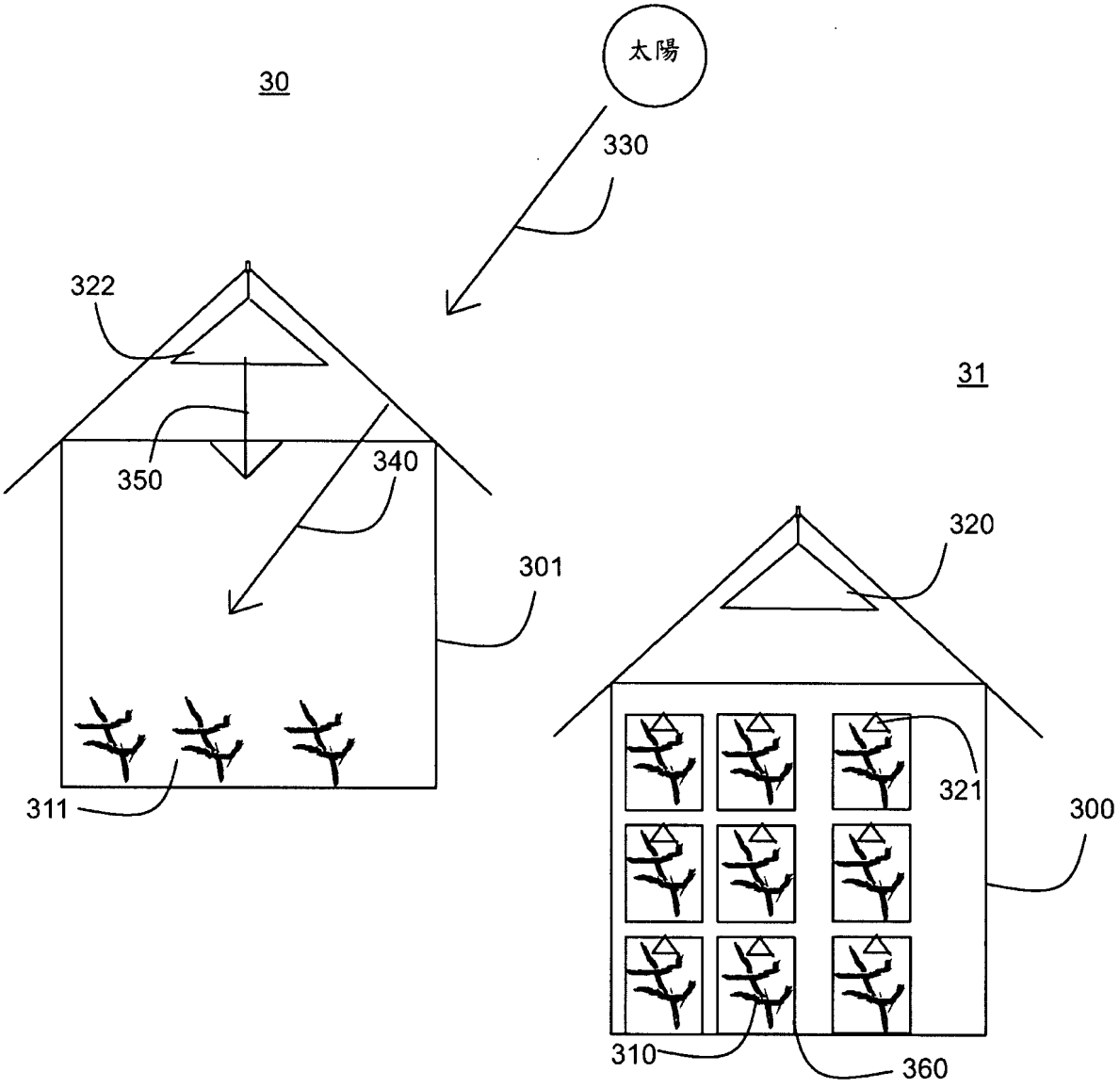


圖3

40

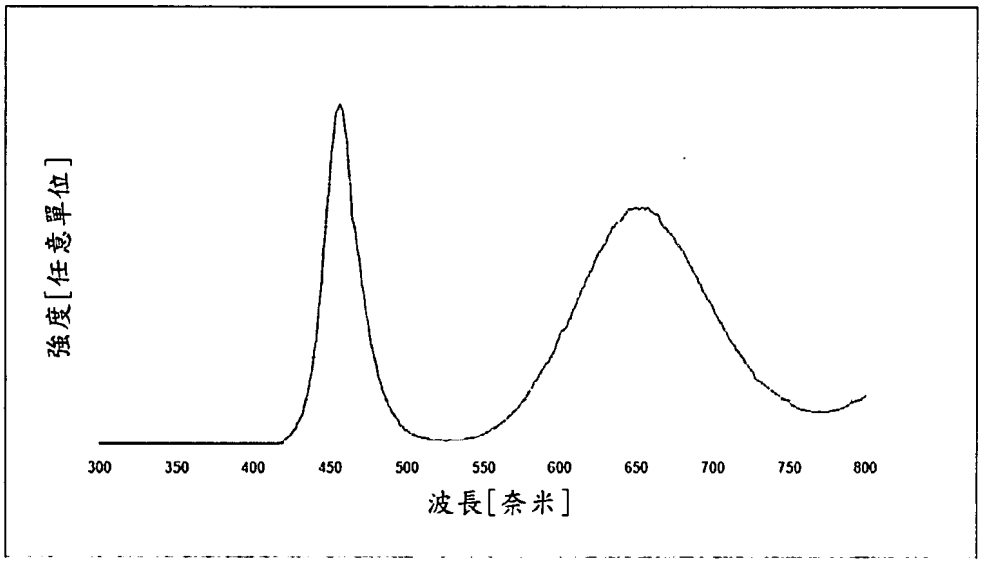

強度[任意單位]
300
350
400
450
500
550
600
650
700
750
800
波長[奈米]

圖4

50

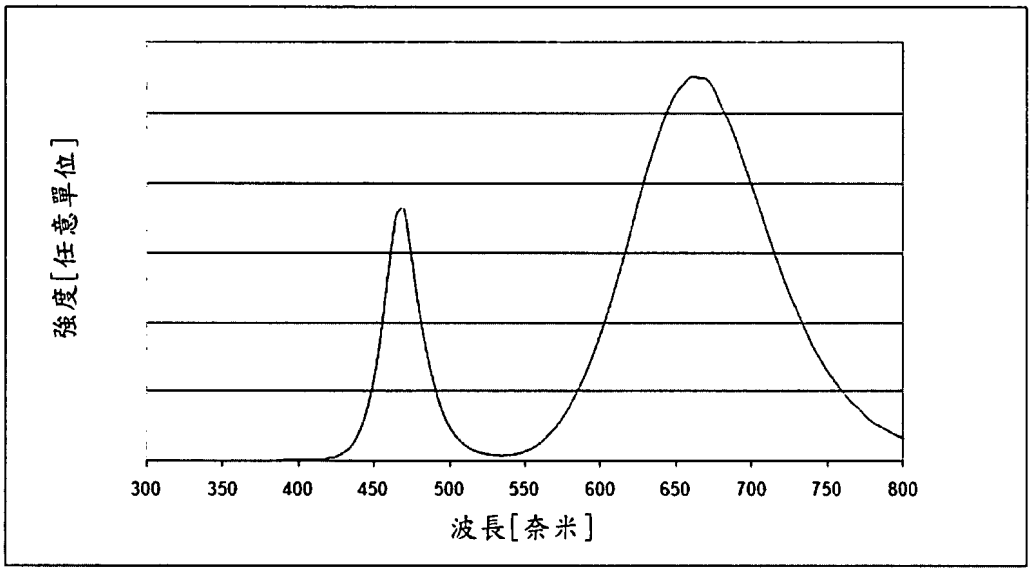

強度[任意單位]
300
350
400
450
500
550
600
650
700
750
800
波長[奈米]

圖5

60

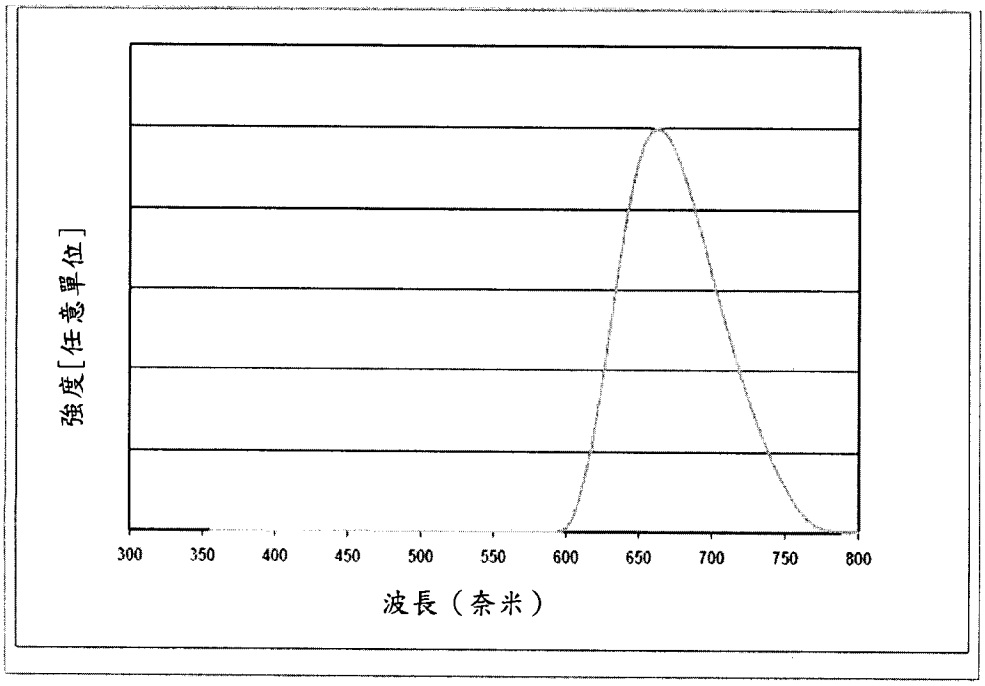

強度[任意單位]
300
350
400
450
500
550
600
650
700
750
800
波長（奈米）

圖6

70

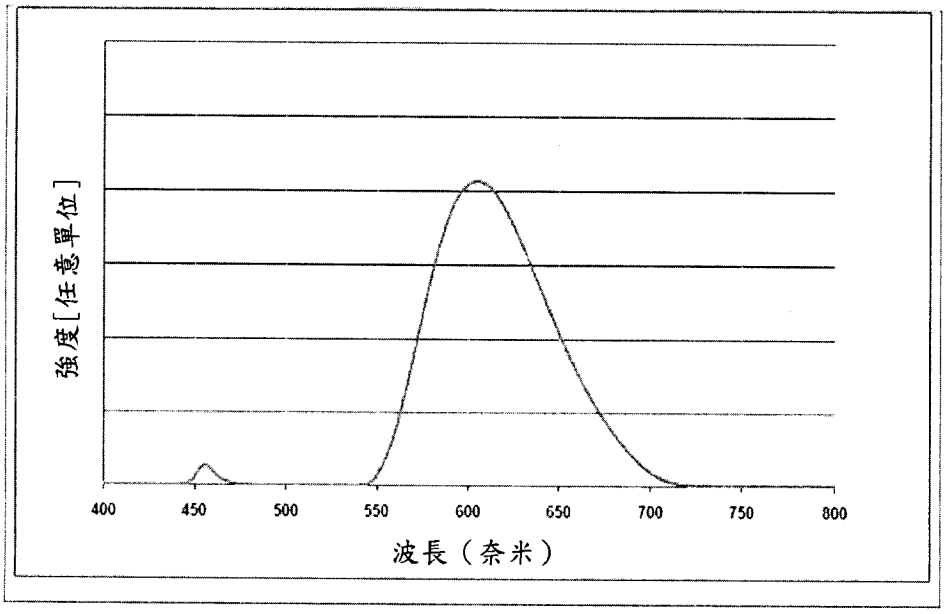

強度[任意單位]
400
450
500
550
600
650
700
750
800
波長（奈米）

圖7

80

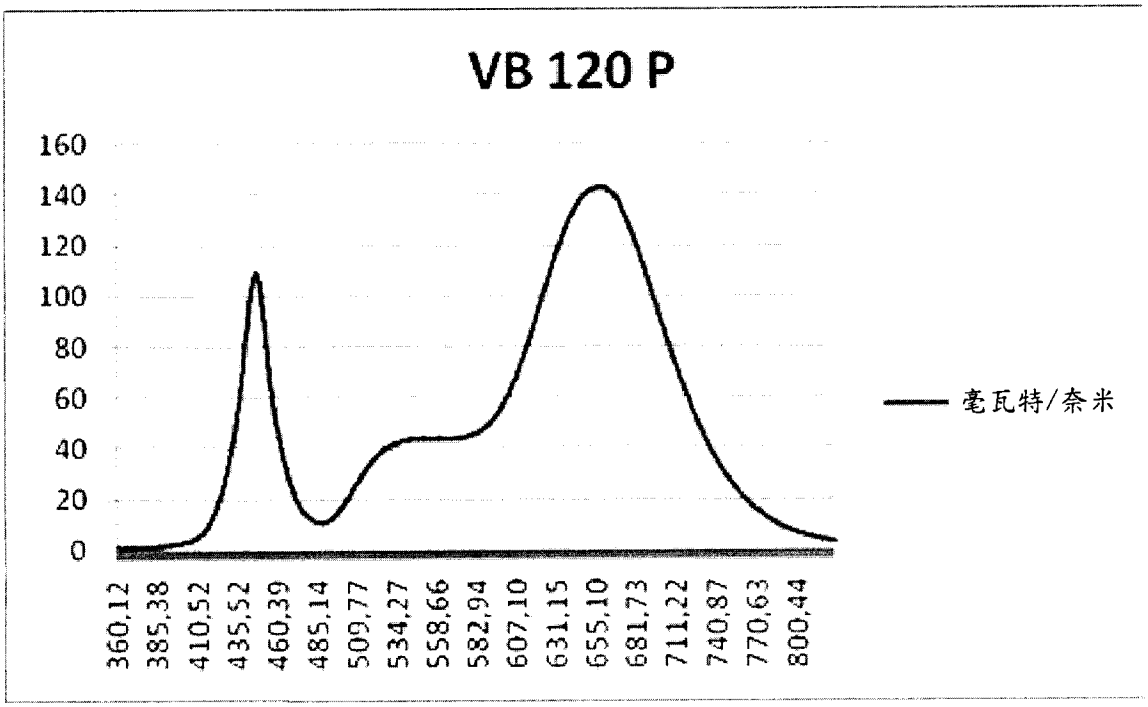

VB 120 P
160
140
120
100
80
60
40
20
0
360,12
385,38
410,52
435,52
460,39
485,14
509,77
534,27
558,66
582,94
607,10
631,15
655,10
681,73
711,22
740,87
770,63
800,44
毫瓦特/奈米

圖8

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：圖 1B。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明:

無

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

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於一種產生供植物栽培用之人造光之改良方法。更特定言之，本發明係關於一種具有適用於溫室環境中植物栽培之半導體光發射溶液的照明裝置。

【先前技術】

僅約 50%到達地面之輻射為光合作用有效輻射（PAR）。PAR被視為包含介於電磁波譜 300 nm與 800 nm之間的波長範圍。光合作用連同光週期性、向光性及光形態形成為與輻射與植物之間相互作用有關之四個代表性過程。以下表達式展示光合作用之簡化的化學方程式：

$$6\,H_2O + 6\,CO_2\,(+\ \text{光子能}) \rightarrow\ C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2。$$

圖 1A中呈現最常見光合及光形態形成感光器（諸如葉綠素甲（chlorophyll a）、葉綠素乙（chlorophyll b）及β胡蘿蔔素（betacarotene）以及植物色素（phytochrome）之兩種可互相轉換之形式（Pfr及Pr））之典型吸收光譜。

與光合作用相反，光形態形成反應可以極低之光量達成。不同類型之光合及光形態形成感光器可分為至少三組已知光系統：光合、植物色素及隱花色素（cryptochrome）或藍/UV-A（紫外線A）。

在光合光系統中，存在之色素為葉綠素及類胡蘿蔔素（carotenoid）。葉綠素位於處於植物葉葉肉細胞中之葉綠

例。

參考文獻

WO 2010/053341 A1,「Phosphor conversion light-emitting diode for meeting photomorphogenetic needs of plants」, Zukauskas 等人, 2010。

WO 2009/048425 A1,「Fabrication of Phosphor free red and white nitride-based LEDs」, Soh 等人, 2009。

【圖式簡單說明】

在下文中，將根據隨附圖式參照例示性具體實例更詳細地描述本發明。

圖 1A 展示綠色植物中最常見光合作用及光形態形成感光器之相對吸收光譜。

圖 1B 以方塊圖之形式展示本發明照明裝置之具體實例 10。

圖 2 以流程圖之形式展示根據本發明之照明方法之具體實例 20。

圖 3 以方塊圖之形式展示本發明照明裝置用途之具體實例 30。

圖 4 展示根據本發明之第一單一光發射源量子點裝置之具有發射峰的具體實例 40。

圖 5 展示根據本發明之第二單一光發射源量子點裝置之具有發射峰的具體實例 50。

圖 6 展示根據本發明之第三單一光發射源量子點裝置之具有發射峰的具體實例 60。

圖 7 展示根據本發明之第四單一光發射源量子點裝置之具有發射峰的具體實例 70。

圖 8 展示根據本發明之具有已經發現使植物生物質最大化之光譜的具體實例 80。

一些具體實例描述於附屬申請專利範圍內。

【主要元件符號說明】

100：照明設備

110：量子點

120：量子點

130：量子點

140：量子點

150：量子點

160：量子點

200：階段

210：階段

220：階段

230：階段

240：階段

300：溫室

301：透明壁

310：植物

311：植物

320：照明設備

321：照明設備

322：照明設備

330：太陽光譜

340：透射光譜

350：發射光譜

360：生長箱

七、申請專利範圍：

1.一種用於植物栽培之照明裝置，**其特徵在於**該照明裝置（100）包含複數個不同尺寸的量子點（110、120、130、140、150、160）。

2.如申請專利範圍第1項之照明裝置，**其特徵在於**該照明裝置包含用於發光二極體之複數個多量子井結構且至少一個量子井結構在障壁層上包含量子點結構。

3.如申請專利範圍第1項之照明裝置，**其特徵在於**該等複數個量子（110、120、130、140、150、160）點之尺寸分佈經配置以產生與光合作用有效輻射（PAR）光譜類似之聚集體發射光譜，但該發射光譜省去黃綠光（500 nm至600 nm）或在黃綠光（500 nm至600 nm）中提供極低強度且包含在遠紅外光700 nm至800 nm譜帶中的高強度光譜特徵。

4.如申請專利範圍第1項之照明裝置，**其特徵在於**至少一個該量子點之尺寸經選擇以在對植物具有特定光形態形成效應之光子光譜中的具有預置相對強度之譜帶或多種譜帶中發射光子。

5.如申請專利範圍第4項之照明裝置，**其特徵在於**所影響之光形態形成變數為以下生物參數中之任一者：不同時間點或採收成熟度之該植物的重量、葉數、根質量、莖高度、化學組成（諸如維生素、礦物質及/或營養分含量及/或濃度）。

6.如申請專利範圍第1項之照明裝置，**其特徵在於**該等量子點（110、120、130、140、150、160）中至少一者係由

以下合金中之任一者製成：GaN、InGaN、AlGaN、GaAs、硒化鎘、硫化鎘、砷化銦、磷化銦及/或硫硒化鎘或其任意組合。

7.如申請專利範圍第1項之照明裝置，**其特徵在於**該量子點（110、120、130、140、150、160）之尺寸分佈包含在1 nm至20 nm範圍內之不同尺寸量子點。

8.如申請專利範圍第1項之照明裝置，**其特徵在於**至少一個該量子點（110、120、130、140、150、160）藉由MOCVD方法產生。

9.如申請專利範圍第1項之照明裝置，**其特徵在於**至少一個該量子點（110、120、130、140、150、160）藉由膠體合成方法產生。

10.如申請專利範圍第1項之照明裝置，**其特徵在於**該至少一個量子點（110、120、130、140、150、160）之尺寸經配置以使其在遠紅外光700 nm至800 nm譜帶中發射。

11.如申請專利範圍第1項之照明裝置，其中該照明裝置由可視情況經蓋密閉之遮光腔室包圍。

12.一種用於植物栽培之照明方法，**其特徵在於**光由複數個不同尺寸之量子點（110、120、130、140、150、160）產生，且該光照明至少一個植物（310、311）。

13.如申請專利範圍第12項之照明方法，**其特徵在於**該等複數個量子點（110、120、130、140、150、160）之尺寸分佈產生與光合作用有效輻射（PAR）光譜類似之聚集體發射光譜，但該發射光譜省去黃綠光（500 nm至600 nm）或

在黃綠光（500 nm至600 nm）中提供極低強度且包含在遠紅外光700 nm至800 nm譜帶中的高強度光譜特徵。

14.如申請專利範圍第12項之照明方法，**其特徵在於**至少一個該量子點（110、120、130、140、150、160）之尺寸經選擇以致在對植物具有特定光形態形成效應之光子光譜中的具有預置相對強度之譜帶或多種譜帶中發射光子。

15.如申請專利範圍第12項之照明方法，**其特徵在於**所影響之光形態形成變數為以下生物參數中之任一者：不同時間點或採收成熟度之該植物的重量、葉數、根質量、莖高度、化學組成（諸如維生素、礦物質及/或營養分含量及/或濃度）。

16.如申請專利範圍第12項之照明方法，**其特徵在於**該等量子點（110、120、130、140、150、160）中至少一者係由以下合金中之任一者製成：GaN、InGaN、AlGaN、GaAs硒化鎘、硫化鎘、砷化銦、磷化銦及/或硫硒化鎘或其任意組合。

17.如申請專利範圍第12項之照明方法，**其特徵在於**該量子點（110、120、130、140、150、160）之尺寸分佈包含在2 nm至20 nm範圍內之不同尺寸量子點。

18.如申請專利範圍第12項之照明方法，**其特徵在於**該至少一個量子點（110、120、130、140、150、160）藉由膠體合成法產生。

19.如申請專利範圍第12項之照明方法，**其特徵在於**至少一個量子點（110、120、130、140、150、160）之該尺寸

經配置以使該量子點在遠紅外光700 nm至800 nm譜帶中發射。

20.一種溫室照明裝置，**其特徵在於**該照明裝置包含至少一個量子點（110、120、130、140、150、160）。

21.一種園藝照明器具，其包含至少一個具有以下特性之量子點：

a）包括在600 nm至700 nm波長範圍內之峰且經配置顯示出至少50 nm或50 nm以上之半高寬的第一光譜特性；

b）具有最大50 nm半高寬且經配置顯示出在440 nm至500 nm範圍內之峰值波長的第二光譜特性，及

c）在600 nm至800 nm頻率之所有或一部分發射係利用該量子點晶片輻射功率全部或部分波長之上轉換及/或利用另一電力供電之量子點來產生。

22.如申請專利範圍第21項之照明器具，其中在500 nm至600 nm波長之至少一部分或全部發射經配置以最小化及/或省去及/或減少至低於400 nm至500 nm譜帶中之強度且低於600 nm至700 nm譜帶中之強度。

23.一種園藝照明器具，其包含至少一個具有以下特性之量子點：

a）包括在600 nm至700 nm波長範圍內之峰且經配置顯示出至少50 nm或50 nm以上之半高寬的第一光譜特性；

b）具有最大50 nm半高寬且經配置顯示出在440 nm至500 nm範圍內之峰值波長的第二光譜特性，及

c）在500 nm至600 nm波長之至少一部分或全部發射

經配置以最小化及/或省去及/或減少至低於400 nm至500 nm譜帶中之強度且低於600 nm至700 nm譜帶中之強度。

24.如申請專利範圍第21、22或23項之照明器具，其中該量子點具有在500 nm至800 nm波長範圍內具有可自由調節峰且經配置以顯示至少30 nm之半高寬之光譜特性。

25.如申請專利範圍第21或23項之照明器具，其中該量子點之第一、第二及視情況選用之第三光譜特性的發射強度經配置以可調節。

26.如申請專利範圍第21或23項之照明器具，其包含具有最大50 nm半高寬及在400 nm至500 nm範圍內之峰值波長中之至少一個光譜特性及經配置以在450 nm至800 nm範圍內具有可自由調節之峰值波長之視情況選用之第二及第三光譜特性的第二量子點。

27.如申請專利範圍第21或23項之照明器具，其中每瓦特該器具之PPF值為0.35或0.35以上。

28.如申請專利範圍第21或23項之照明器具，其中該等光譜發射特性；強度、峰值波長及半高寬以量子點之尺寸、數目及種類控制。

29.如申請專利範圍第21或23項之照明器具，其中

a）該第一量子點具有包含在600 nm至700 nm波長範圍內之峰值波長且經配置以至少顯示至少50 nm之半高寬之第一光譜特性；

b）該第一量子點另外具有包含在440 nm至500 nm波長範圍內之峰的第二光譜特性；及

c）該第一量子點視情況具有在500 nm至800 nm範圍之範圍內具有可自由調節峰值波長且經配置顯示出至少30 nm半高寬的第三光譜特性；

d）該第一、第二及視情況選用之第三光譜特性之發射強度可以任何比率調節。

30.如申請專利範圍第29項之照明器具，其包含具有最大50 nm半高寬及在400 nm至500 nm範圍內之峰值波長中之至少一個光譜特性且在450 nm至800 nm範圍內具有可自由調節之峰值波長之視情況選用之第二及第三光譜特性的第二量子點。

31.如申請專利範圍第21或23項之照明器具，其中該照明器具由可視情況經蓋密閉之遮光腔室包圍。

32.一種園藝光之發光組件，其包含：

- 發光量子點半導體晶片；及

- 沈積在直接鄰近該量子點晶片之光波長上轉換量子點；

該組件能夠發射兩種特性光發射峰，且

在500 nm至600 nm波長之至少一部分或全部發射經配置以最小化及/或省去及/或減少至低於400 nm至500 nm譜帶中之強度且低於600 nm至700 nm譜帶中之強度。

33.如申請專利範圍第32項之發光組件，其中該光波長上轉換量子點直接沈積在該量子點晶片之表面上或與其他光學材料間隔開。

34.如申請專利範圍第32或33項之發光組件，其中該

發光量子點半導體晶片具有在440 nm至500 nm範圍內之峰發射。

35.如申請專利範圍第32項之發光組件，其中該波長上轉換量子點經配置以將一部分由該量子點半導體晶片發射之光發射能量轉換為600 nm至700 nm的高波長。

36.如申請專利範圍第32項之發光組件，其中該等兩個特性光發射峰分別在440 nm至500 nm及600 nm至700 nm。

37.如申請專利範圍第32項之發光組件，其中該等兩個特性光發射峰省去一個至少50 nm半高寬及另一個最大50 nm半高寬的光譜特性且兩者在不同波長範圍。

38.如申請專利範圍第32項之發光組件，其中該發光組件由可視情況經蓋密閉之遮光腔室包圍。

39.一種如申請專利範圍第1、21或23項之照明裝置或器具之用途，其用於為至少一個植物提供光，該至少一個植物在環境光中或在以該照明裝置或器具作為單獨光源之暗腔室中。

40.一種如申請專利範圍第32項之發光組件之用途，其用於為至少一個植物提供光，該至少一個植物在環境光中或在以該照明裝置或器具作為單獨光源之暗腔室中。

41.一種增進植物生長之方法，其中至少一個如申請專利範圍第1、21或23項之照明裝置或器具向至少一個植物發射光，該至少一個植物在環境光中或在以該照明裝置或器具作為單獨光源之暗腔室中。

42.一種增進植物生長之方法，其中至少一個如申請專

利範圍第32項之發光組件向至少一個植物發射光，該至少一個植物在環境光中或在以該照明裝置或器具作為單獨光源之暗腔室中。

八、圖式：

(如次頁)

利範圍第32項之發光組件向至少一個植物發射光，該至少一個植物在環境光中或在以該照明裝置或器具作為單獨光源之暗腔室中。

八、圖式：

(如次頁)

修正補充
101年5月23日修正替換頁

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：圖 1B。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明:

100：照明設備

110：量子點

120：量子點

130：量子點

140：量子點

150：量子點

160：量子點

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