



(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 201610363 A

(43) 公開日：中華民國 105 (2016) 年 03 月 16 日

(21) 申請案號：104101687 (22) 申請日：中華民國 104 (2015) 年 01 月 19 日

(51) Int. Cl. : *F21V9/08 (2006.01)* *F21V9/00 (2015.01)*  
*F21Y101/02 (2006.01)*(30) 優先權：2014/09/09 世界智慧財產權組織 PCT/US14/54868  
2014/10/28 世界智慧財產權組織 PCT/US14/62758(71) 申請人：G E 照明解決方案公司 (美國) GE LIGHTING SOLUTIONS, LLC (US)  
美國

(72) 發明人：亞倫 蓋瑞 ALLEN, GARY ROBERT (US)；蔡 登科 CAI, DENGKE (US)；卡米斯基 馬克 KAMINSKI, MARK EDWARD (US)；比爾斯 威廉 BEERS, WILLIAM WINDER (US)；鮑爾 湯瑪士 BOYLE, THOMAS J. (US)；奈普 湯瑪斯 KNAPP, THOMAS ALEXANDER (US)；憂德里斯 卡爾 UDRIS, KARL KRISTIAN (US)；維克 凱文 VICK, KEVIN JAMES (US)；克林尼 湯瑪士 CLYNNE, THOMAS (US)；林塔瑪 約書亞 RINTAMAKI, JOSHUA IAN (US)；維克 奧莉薇亞 VICK OLIVIA RAE (US)

(74) 代理人：林志剛

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：15 項 圖式數：13 共 73 頁

(54) 名稱

用於強化的光學增白及色彩偏好之燈具

LAMPS FOR ENHANCED OPTICAL BRIGHTENING AND COLOR PREFERENCE

(57) 摘要

在實施例中，本發明提供一種包括至少一固態光發射器的光源。運作中的光源發射實質的白光，其具有至少約 105 的照明偏好指數(LPI)，且來自光源的此發射包括至少約 1% 的 UV 紫光通量。本發明的燈具、光源及方法的使用可在高效節能的基於 LED 的照明下賦予顯示亞麻織物和衣服的能力，且可給予對衣服(尤其是白色衣服)的影響，這使得它們相較於在藉由習知技術的 LED 燈具的照明下看起來更為乾淨。

In an embodiment, the disclosure provides a light source comprising at least one solid state light emitter. The light source, in operation, emits substantially white light having a Lighting Preference Index (LPI) of at least about 105, and this emission from the light source comprises a UV-violet flux of at least about 1%. Use of the lamps, light sources, and methods of the present disclosure may afford the ability to display linens and clothing under energy-efficient LED-based illumination, and may impart an effect to (especially white) clothing, that makes them look cleaner than under illumination by prior art LED lamps.

指定代表圖：

符號簡單說明：

900 . . . 基本陣列

902 . . . 基座

904 . . . UV 紫光光源

906 . . . 光源

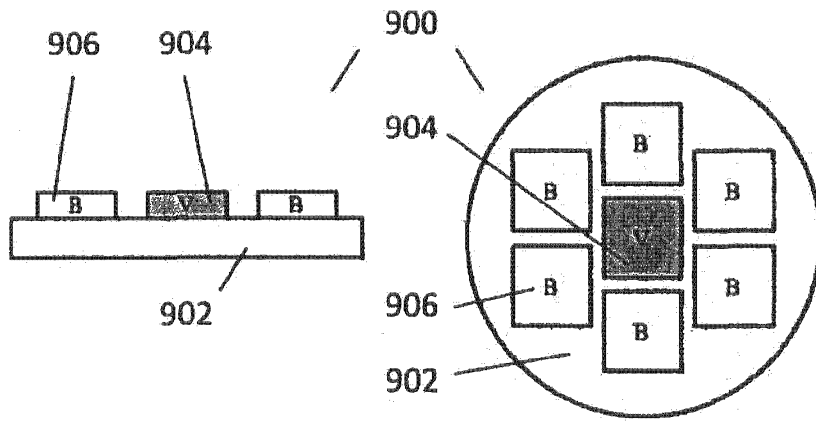


圖 9a

# 發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

## 【發明名稱】(中文/英文)

用於強化的光學增白及色彩偏好之燈具

Lamps for enhanced optical brightening and color preference

## 〔有關申請的相互引用〕

本申請案為之前在 2014 年 9 月 9 日申請之審查中的共同擁有的 PCT/US2014/054868 號國際申請案的部分接續案。本申請案還請求來自 2013 年 10 月 28 日申請之共同擁有的 61/896445 號臨時申請案的優先權。這些申請案通過引用而被併入，如同在此提出其全文。

## 【技術領域】

本發明關於照明領域，且尤其是基於 LED 的燈具及光源。

## 【先前技術】

用於一般照明的燈具及光源可具有多種形式。關於使用在零售設置（以及住宅、觀光、醫院、教育、展覽館及商業照明（commercial lighting）等）的照明，在歷史上期望具有高的演色性指數（color rendering index, CRI）之燈具或光源。白熾燈（incandescent lamp）和鹵素燈（halogen lamp）已為歷史上使用來提供用於這樣的設置

所期望的特徵之光源的一般類型。除了高的演色性之外，或是替代高的演色性，一些光源可提供高的色彩偏好，從而使得部分或大部分的色彩具有與參考光源相比之增強的外觀（例如，REVEAL®牌子下的 GE 之增強色彩的產品）。燈具及光源亦可提供滿足應用之期望的光束分佈特性之指向性照明（directional illumination）。這些歷史的光源通常具有快速的暖機及反應時間、高的光強度輸出，且具有良好的演色性或色彩偏好特徵，但可能受制於較差的效率和相對地短的燈具壽命。相較於歷史的燈具類型，近來發展的高光度放電（high intensity discharge, HID）燈，且尤其是陶瓷金屬鹵化物（ceramic metal halide, CMH）燈，可提供高出許多的效率，以及高的 CRI、高的色彩偏好以及較高的光束強度，但可能受制於不足夠的燈具壽命、在壽命及來自燈具對燈具之較差的色彩控制、以及較高的成本。

儘管這些現有的技術提供了大致上能夠接受的性能，在性能上的進一步增強、及/或色彩品質、及/或在製造成本上的減少、及/或增加的壁式插座（wall plug）能源效率、及/或增加的燈具壽命和可靠近將為理想的。

近年來，藉由其相較於白熾燈和鹵素燈在將電轉換成光的方面之高效率、長的壽命、使頻譜能夠調適之各種可得到的色彩、小的尺寸和高的亮度、以及快速下降的成本，根據固態光（solid state light, SSL）發射器（例如，發光二極體（LED）；雷射二極體（LD）；以及有機

發光二極體（OLED）的光源已經來到第一線。本發明主要涉及藉由以 SSL 光源得到的頻譜調適機會來照射白色及彩色的物體的新能力。

許多已知的 LED 晶片（有時稱為晶粒）可能包含至少一半導體層，其包括半導體材料，例如，氮化鎵、氧化鋅、碳化矽或其組合，但不侷限於此。例如，許多已知的 LED 晶片可能包含 In、Ga、Al 及 N 的氮化化合物半導體，例如，由公式  $\text{In}_i\text{Ga}_j\text{Al}_k\text{N}$ （其中， $0 < i$ ； $0 < j$ ； $0 < k$  且  $i+j+k=1$ ）所表示的一種。

許多已知的基於 LED 的光源已被配置為產生外觀大致上為白色的光，用於使用在一般的照明應用和許多特殊應用（例如，零售設置）中。許多已知的基於 LED 的光源具備被調適之光的光譜功率分佈，以達成優異的演色性特徵，尤其是關於演色性指數（CRI）及特定的紅色物體（例如， $R_9$ ）之顯像。

普遍的願望是持續地改良白光 LED 燈具，用於照射零售商品項目（例如，衣服）、以及零售商品設置，尤其是對於白色及色彩鮮豔的服裝、或是具有白色及彩色的物件的混合物之零售商品設置。當然，這種光源在除了零售商品以外的應用中亦可為較佳的照明，例如，住宅、觀光、教育、展覽館、醫院、雜貨、餐飲、商業、及其它色彩敏感的應用。

## 【發明內容】

在實施例中，本發明提供一種包括至少一固態光發射器的光源。運作中的光源發射實質的白光，其具有至少約 105 的照明偏好指數（LPI），且來自光源的此發射包括至少約 1%的 UV 紫光通量。

在另一實施例中，本發明提供一種光源，其包括至少一固態白光發射器；黃光吸收濾色器，配置來選擇性地吸收來自至少一固態白光發射器的黃光；以及至少一固態 UV 紫光發射器。

在另一實施例中，本發明提供一種包括至少一固態光發射器的光源。當在運作中時，此光源強化或能夠強化螢光體（fluorescent object）的外表亮度，且還發射實質的白光，其具有至少約 105 的照明偏好指數（LPI）。

在又一實施例中，本發明提供一種方法，其包括以包含至少一固態光發射器的光源照射螢光體。運作中的光源發射實質的白光，其具有至少約 105 的照明偏好指數（LPI）且包含至少約 1%的 UV 紫光通量。

在又另一實施例中，本發明提供一種燈具，其包括反射性或折射性的光束形成光學元件；與光束形成光學元件光通信的光引擎；以及用於色彩過濾來自光引擎的輻射通量（radiant flux）黃光吸收濾色器。光引擎包括 UV 紫光 LED 晶片和藍光 LED 晶片的陣列。陣列在其發光表面的至少一部分塗佈有磷光體合成物。磷光體合成物包括至少一黃色或黃-綠色的磷光體、以及至少一紅色磷光體。光引擎發射至少約 1%的 UV 紫光通量，且此 UV 紫光通量

較佳係由指向性燈具來發射。運作中的指向性燈具發射實質的白光，其具有至少約 105 的照明偏好指數（LPI）。

### 【圖式簡單說明】

藉由在與所附的圖式結合時參照詳細的說明，本發明的態樣及/或特徵、以及其隨之而來的許多益處及/或優點將變得更容易明白和理解，此圖式可能為未按照比例繪製的，其中：

圖 1 描繪作為 UV 紫光激發的各種波長的函數之一般螢光體的發射光譜。

圖 2 描繪與圖 1 相同的數據，其中，螢光發射強度的峰值被顯示，相較於激發螢光體的螢光之 UV 紫光 LED 的波長。

圖 3 顯示相較於對人的視網膜之光的波長之三種色匹配函數（color matching function）。

圖 4 提供涵蓋數個具有約 2700K 之標稱的相關色溫（correlated color temperature, CCT）之實質的白光光源之色點的色度空間（chromaticity space）（ $ccx$ ,  $ccy$ ）的圖。

圖 5a 及 5b 顯示對於不具有以及具有額外的 UV 紫光通量的色點之比較的光譜功率分佈（spectral power distribution, SPD）。

圖 6 描繪各種色溫（color temperature）的「白體線」（white-body line）和黑體（blackbody）曲線之位

置。

圖 7a 描繪孟氏系統 (Munsell system) 的色相之十種類別。

圖 7b 顯示被包含在給定的演色向量 (color rendition vector, CRV) 中的數個分量。

圖 7c 表示在給定的條件下之鈹白熾燈的多個演色向量。

圖 8a 為先前技術的 LED 產品之光譜功率分佈曲線。

圖 8b 為另一種先前技術的 LED 產品之光譜功率分佈曲線。

圖 9a 到 9d 載明根據本發明的實施例之陣列的示意圖。

圖 10a 到 10f 描繪根據本發明的實施例之板上晶片 (chip on board, COB) 陣列中的藍光 LED 晶片和 UV 紫光晶片的例示性佈置。

圖 11 顯示根據本發明的實施例從包括具有約 406 nm 的峰值波長之 36 個 UV 紫光 LED 晶片、以及 36 個藍光 LED 晶片的例示性磷光體轉換 COB 陣列所產生的 SPD。

圖 12 顯示從先前技術的陶瓷金屬鹵化物 (CMH) 燈所產生的 SPD。

圖 13a 及 13b 顯示一般鈹鋁石榴石 (YAG) 和氮化物磷光體之一般激發與發光光譜。

圖 13c 描繪特定的紅色硫化物磷光體 (sulfide phosphor) 之激發與發光曲線。

圖 13d 描繪另一種紅色硫化物磷光體之激發與發光曲線。

### 【實施方式】

本發明的實施例關於一種包含至少一固態光（solid state light，SSL）發射器的光源，運作中的光源能夠強化螢光體的外表亮度，運作中的光源發射實質的白光，其具有強化的色彩偏好，例如，至少約 100 的照明偏好指數（Lighting Preference Index，LPI）。在此，詞語「LPI」藉由照明偏好指數（LPI）的量化公式來定義，照明偏好指數（LPI）藉由一般的觀察者根據在照明體下之大範圍的白色及彩色的物體的外表來量化照明體（光源）的偏好等級。LPI 在下面進一步的細節、以及在共同擁有的 2014 年 9 月 9 日申請之 PCT/US2014/054868 之國際申請案中被定義出來。

如同在此所使用的，為了增加系統的複雜性，詞語「光源」涵蓋任何下面的光源。

（a）光源可能指得是固態光（SSL）發射器，例如，LED 晶片、或 LD 晶片、或發光電晶體（light emitting transistor，LET）晶片、或 OLED 面板、或其他的 SSL 發射器。SSL 發射器的定義可包括半導體接面（semiconductor junction）及用於機械性地支承半導體且提供其電連接的裝置；

（b）光源可能指得是光引擎，其一般為複數個 SSL

發射器，SSL 發射器提供包含來自部分或全部的 SSL 發射器之貢獻的光的發射；

(c) 光源可能指得是發光模組，其一般為安裝在支承結構上的光引擎。發光模組一般可包括從半導體接面到熱管理系統的散熱路徑，以及電連接，且可包括光學構件或系統；

(d) 光源可能指得是燈具，其一般包括發光模組、電驅動器、光學構件或系統、熱管理構件或系統、基座或連接器、以及可選的控制機構。燈具可包括形狀因子 (form factor)，例如，A19、BR30、PAR38、或其他的指向性或全向性的形狀因子。或者，光源可能指得是照明器具，其可包括一個或多個燈具、或是通常包括燈具及夾具之構件，例如，嵌燈 (troffer)；

(e) 光源可能指得是照明系統，其通常為複數個燈具或照明器具，它們可在系統等級下被互連及控制。

根據本公開內容的指導下，任何前述光源可以被配置或適配為能夠強化螢光體的外表亮度，且在運作中能夠發射實質的白光，其具有強化的色彩偏好，例如，至少約 100 的照明偏好指數 (LPI)。

在此，詞語「SSL」一般表示任意的半導體輻射源，像是例如，發光二極體 (LED)、雷射二極體 (LD)、有機發光二極體 (OLED)，以及其他的 SSL 技術，像是發光電晶體 (發光電晶體及有機發光電晶體) 等等。

為了配置光源來提供螢光體的外表亮度的強化，該光

源將包含至少一個 UV 紫光 SSL 發射器。同樣地，為了使光源去提供具有強化的色彩偏好之實質的白光，其亦將包括已被修改為具有強化色彩偏好之光譜功率分佈（SPD）的白光光源。在某些實施例中，白光光源將被濾波（例如，藉由釹玻璃（neodymium glass）被濾波）以使得能夠強化色彩偏好。UV 紫光 SSL 發射器和光源的 SPD 之強化的色彩偏好「部分」（以及任何需要用來建立光源的複合 SPD 的濾波）的組合可在光源之上述五個層面（（a）到（e））的任一者被執行。

例如，在某些實施例中，一種可能為設置提供黃光的吸收之釹化合物在 LED 晶片中（亦即，在發射器的高度）、或作為 LED 封裝的封裝材料之一部份、或作為圍繞光引擎的構造的一部份、或作為燈具或照明器具中的漫射器或光學元件的一部份、或作為封閉照明系統中的複數個燈具或照明器具之全部或部分的濾波器的一部分。黃光的吸收可為強化色彩偏好的一種模式。

在某些實施例中，一種可能為以任何一種或多種下列的方式提供光源的 SPD 之 UV 紫光部分，例如：一個或多個 UV 紫光 LED 發射器可被設置在 LED 封裝中、或設置在板上晶片（COB）陣列中；或者一個或多個 UV 紫光引擎可被設置在複數個光引擎當中；或者一個或多個 UV 紫光光源可被設置在複數個光源當中；或者一個或多個 UV 紫光燈具或照明器具可被設置在於照明系統中用在照明器具之複數個燈具當中等等。

在某些實施例中，賦予強化的色彩偏好之光源的 SPD 的部分可藉由以下的方式來提供，例如：在 LED 封裝中或在 COB 陣列中的一個或多個強化色彩偏好的 LED 發射器；或是在複數個光引擎當中的一個或多個強化色彩偏好的光引擎；在複數個發光模組當中的一個或多個強化色彩偏好的發光模組；或是在照明系統中的複數個燈具或照明器具當中的一個或多個強化色彩偏好的燈具或照明器具等等。

在第一態樣中，本發明提供一種光源，其提供了照亮包含光學增白劑（optical brightening agent, OBA）的物體之能力。更具體地，在第一態樣中，本發明提供了一種光源，其包括至少一個或複數個固態光發射器。該光源，當運作時，產生輻射通量，其實質上顯示為白光。從光源發出的輻射通量之百分比為在 UV 紫光光波長範圍內。這種百分比被選擇以有效地照亮包含 OBA 的物體。如同在此所使用的，詞語「照亮」或「增白」一般指的是光源使得包含 OBA 的物體去強化被照明的物體之亮度或白度的視覺感受（visual perception），如同照度級（illumination level）較高一般，或者如同物體的反射率較高一般。這通常在光源除了可見光以外還發射 UV 紫光時為可能的，使得 OBA 受到刺激去發出螢光輻射。若螢光輻射為在藍光波長區域中，則接著白度通常會被強化。若螢光輻射為在其他的色相帶（color band）中，則接著其他色彩的活力可被強化。一般來說，這些效果可能在物

體於其表面包含螢光顏料的時候發生。在此，詞語光學增白劑（OBA）表示包括用於白色以及彩色物體的增白劑。

需要注意的一點是，任何提及的「第一態樣」、「第二態樣」等不一定是指互排斥的實施例。因此，如上所述之提供照亮包含增亮劑的物體的能力的光源亦可能具有其他方面的特徵，如同以下在其他態樣中所描述的。

在此，由於光源可能發出一些通常不可見的 UV 光，詞語「輻射通量」表示在可見光範圍和 UV 範圍中的光源所發出的光的總和。在此，「UV 紫光」光波長範圍可被定義為少於約 425 nm，例如，少於約 420 nm，例如，少於約 410 nm。注意的是，1984 年參考卷的北美照明工程協會（Illumination Engineering Society of North America，IESNA）照明手冊將紫外光（紫外線，UVA）的最長範圍定義為包括 315 到 400 nm，並將可見光的範圍定義為包括 380 到 770 nm。如同本領域技術人士能夠理解的，UV 和可見光波長的範圍可能重疊。因此，對於本發明的目的，UV 範圍可定義為包括 315 nm 到 400 nm；且可見光範圍可定義為包括 400 nm 到 770 nm。如將要更詳細討論的，對於激發 OBAs 為有效的波長之範圍為約 380 到 420 nm，其橫跨所定義之 UV 和可見光的範圍。

「UV 紫光」光波長範圍可被定義為從約 350 nm 到約 425 nm，例如，約 380 nm 到約 420 nm，例如，約 400 nm 到約 410 nm。將選擇的「UV 紫光」之波長範圍通常被選擇來最大化所選擇的物體之增白效果，同時亦緩和或減少任

何 UV 紫光輻射發射之任何有害的影響（例如，材料的退化、或安全顧慮、或降低的效率等等）。

如同在此所使用的，詞語「實質的白光」一般表示一種照明體或光源，其特徵為具有在約 2000K 到約 10000K（尤其是從約 2700K 到約 6500K）的範圍中的 CCT，且具有偏離黑體軌跡（BBL）、或白體線（WBL）的色點，藉由如圖 6 中下部 606 及上部 608 界限所描繪之不超過約 10 階 MacAdam 橢圓。這種解釋適用於關於在此所呈現的白光的感知的原理。另一方面，「實質的白光」可在廣義上來解釋，使其包括白光的多種變體，像是例如，冷白、暖白或此兩種白的結合等等。

當光源被使用來照明包含 OBA 的物體時，相較於缺乏在 UV 紫光光波長範圍中的輻射通量之同樣的光源，該物體一般可能顯得為較明亮的。

增白劑通常可選自螢光材料、光學增白材料、磷光性材料、或螢光顏料等等中的一者或多者。如同在照明領域的技術人士所理解的，螢光材料一般為在相對較短的波長（例如，UV 紫光）被激發，且在相對較長的波長（例如，可見光）發射被吸收的能量。光學增白材料，有時稱作光學增白器、光學增白劑、螢光增白劑或是螢光白化劑（這些詞語可被視為實質上同義的），為無色染料，其吸收在電磁光譜（electromagnetic spectrum）之紫光與紫外光區域中的光，並再次發射在可見光譜（visible spectrum）中的其他區域中的光，例如，藍光區域。這些

材料通常被用於強化織物或紙類的白色外觀，造成變白或變亮的效果，通常藉由增加藍光反射的總量來使得材料看起來較為不黃。螢光顏料材料，有時稱作「在黑暗中發光」或「黑光」顏料（這些詞語可被視為實質上同義的），為無色染料，其吸收在電磁光譜（electromagnetic spectrum）之紫光與紫外光區域中的光，並再次發射在可見光譜（visible spectrum）中的其他區域中的光，例如，綠光、黃光及紅光區域。這些材料通常被用於強化彩色的紙類、織物或塗料的能量，造成變亮的效果，通常使得材料看起來為自發光的或為特別鮮艷的。

在某些實施例中，增白劑可包括選自二苯乙烯或二苯乙烯的衍生物、香豆素或香豆素的衍生物、噻吩或噻吩的衍生物、雙唑或雙唑的衍生物、苯并噁嗪或苯并噁嗪的衍生物、或吡啶啉或吡啶啉的衍生物等等的一種或多種的化學物質。其他的化學物質為可能的，只要它們能有效地對物體賦予光學增亮。在某些實施例中，增白劑被選擇，使得其螢光激發波長可為在約 350 到 425 nm 的範圍內。一般來說，增白劑可具有在約 420 到約 700 nm 的波長中的螢光發射。通常對於光學增白劑而言，其螢光發射的峰值係在藍光範圍內，或在約 420 到 480 nm 內。

在許多實施例中，包括增白劑的物體可包含紙類、包裝、織物、衣服、塗料、牙齒、頭髮、皮膚或牆壁，或甚至是配置為包含增白劑的照明器具。頭髮、皮膚及牙齒可配置為透過像是化粧品或洗髮精的個人護理產品的應用而

含有增白劑。有時可包含光學增白劑的其他材料可能包括塑膠、玩具、織物等等。

圖 1 的光譜描繪作為 UV 紫光激發的各種波長的函數之一般白色棉毛巾的發射光譜。橫坐標上的波長為奈米單位，且縱坐標上的發射強度為任意（“arb”）單位。磷光體表徵光譜儀被用來確定提供了增白的效果之被發射的光的波長範圍，並確定來自 OBA 的螢光發射之強度，作為入射的 UV 紫光激發光的波長之函數。每個嵌套曲線表示 UV 紫光 LED 的不同的激發波長。發射光譜的峰值為約 435 nm，對於白色毛巾提供了「藍白」的視覺感知強化。圖 2 描繪與圖 1 相同的數據，其中，螢光發射強度的峰值係顯示為相對於激發 OBA 的螢光之 UV 紫光 LED 的波長。來自圖 2 的曲線之主要的結果為，對於增白效果的激發的起始（效果超過發生在約 360 nm 的最大效果的約一半之處）在約 410 nm 的 UV 紫光 LED 之激發波長發生，增加較短的激發波長，在約 360 nm 達到最大效果，但是 420 nm 及更長的激發波長對於具有 OBA 的此特定物體並非同樣有效的。對於其他白色織物的寬廣範圍，目測已提供了類似的結果，因此，較佳的激發波長大致存在於約 410 nm 以下。

在本發明的某些實施例中，在 UV 紫光的波長範圍中的光源之輻射通量的百分比被選擇，使得其實質上不會擾亂實質的白光色點。在此，我們將「UV 紫光通量的百分比」或「在 UV 紫光範圍中的輻射通量的百分比」定義

為實質的白光光源之 UV 紫光部分的波長整合通量（瓦特），其係由實質的白光光源之波長整合可見光通量（瓦特）分割，如方程式（1）所示：

$$\text{方程式 (1) : \% UV violet flux} \equiv 100 * \frac{\int_{315 \text{ nm}}^{420 \text{ nm}} \Phi_{\lambda} d\lambda}{\int_{400 \text{ nm}}^{770 \text{ nm}} \Phi_{\lambda} d\lambda},$$

其中， $\Phi_{\lambda}$  [W/nm] 為光譜輻射通量，亦即，每單位波長間隔 [nm] 的輻射通量 [瓦特 W]，亦稱作為光譜功率分佈（SPD）。如同可見的，在這個方程式 1 中，「UV 紫光」範圍和「可見光」範圍之間的波長有重疊之處；儘管如此，熟知本領域技術人士能夠確定各個範圍之各自的輻射通量。

在本發明的實施例中，光源的總輻射通量包括一些在 UV 紫光範圍內的光，但並非這樣大量的在 UV 紫光範圍內的光，使得包括來自 UV 紫光通量的貢獻之光源的色點從實質的白光被擾亂。

這是因為若 UV 紫光在足夠短的波長發射且為足夠低的 UV 紫光通量百分比，UV 紫光不會對人眼的色彩感知產生實質上的貢獻。這可以在圖 3 中被理解，其顯示相較於對人的視網膜之光的波長之三種色匹配函數  $\bar{x}$ 、 $\bar{y}$  及  $\bar{z}$ （分別為曲線 302、304、306）。在 1931 CIE 色彩系統的基本光度和色度值（例如，流明、以及色度座標（chromaticity coordinate），ccx 和 ccy，以及相關色溫，CCT）被計算來作為關於這三種色匹配函數的光源的 SPD 的積分。這樣，來自在所有三個色匹配函數都非常小之任何波長之光源的發射將會對光源的色點具有對應地為

非常弱的貢獻。從圖 3 明顯的是，來自具有短於 410 nm 的波長之光源的發射將對於光源的色度（亦即， $ccx$ 、 $ccy$  及 CCT）具有非常弱的影響。

為了將此影響量化，圖 4 提供了色度空間（ $ccx$ 、 $ccy$ ）的圖表 400，其涵蓋了具有約 2700K 之標稱的 CCT 之實質的白光光源之色點（412、414、416 等等）。被包含在圖表中的為光源的 CCT 為 2500K 所沿著的等溫線（isotherm line）402、以及光源的 CCT 為 3000K 所沿著的等溫線 404。曲線 406 為黑體軌跡（BBL），在曲線 406 上，色度點 410 表示在 BBL 上 CCT 為 2725K 的色點，作為描繪出美國國家標準協會（ANSI）色箱的輪廓之四邊形 408 的中心點，色箱為在參考標準 ANSI C78.377-2008 中通常被稱為 2700K 的箱，在此併入本文作為參考。為了通過由美國能源部（DoE）的能源之星認證，LED 替換燈具必須符合集成 LED 燈具規格 1.1 版本的需求，其在此併入作為參考，包括燈具的色度被定位在對應於 ANSI C78.377-2008 所提供的其標稱的 CCT 之四邊形中的需求。能源之星認證在本文中被引用，但對於本發明中的所有實施例並非必需的目的或目標，而是作為 LED 光源的品質之產業認證標準，其包括色品質（color quality），如同落在藉由在對應於標稱的 CCT 之四邊形中的色點所界定的一般，伴隨著 80 的最小的 CRI 需求。因此，四邊形 408 表示符合對於標稱的 CCT 2700K 之能源之星評價的色度之範圍。對於其他標稱的 CCT 值

3000K、3500K 以及 4000K，類似的需求和四邊形將能被理解，如同 2700K，其係用於室內的應用；且同樣地，較高的標稱 CCT 值可能被用於戶外、工業或其他的應用。色度點 412 為一般市售的暖白（WW）LED 光源，其具有約 2775K 的標稱 CCT，且以對應於約從 BBL406 到 ANSI 四邊形 408 的周邊的距離的約 1/3 的值定位在 BBL 上方。雖然此光源並不具有中心色度 410，其確實落在四邊形 408 內，且因此具備標稱 2700K 的光源的資格。在四邊形 408 內的任何色度被視為是每個標準之可接受的色度（色）點。ANSI 四邊形的尺寸被選擇為接近於來自中心點 410（在 2700K 的四邊形的情況下）的 7 階 MacAdam 橢圓 409 的最大偏差。1 階 MacAdam 橢圓表示在圍繞中心點的色空間中的軌跡，在此處，色空間中的來自中心色點的偏差是處於一般觀察者的可察覺度（detectability）的閾值。高達約 2 到 4 階 MacAdam 橢圓的偏差對於一般觀察者為幾乎難以察覺的，且因此一般為可接受到；而約 5 階或更大的 MacAdam 橢圓的偏差為容易察覺的，且因此可能為不被光源的使用者所接受的。

再次地，圖 4 的討論在此繼續，用於繪示何種來自給定的光源之色點中的偏差可能為可接受的之目的。例如，若給定的實質白光光源之色點 412 落在 2700K 的四邊形 408 中，例如，因為導致落在約 2 到 4 階 MacAdam 橢圓之新的色彩的對光源的額外 UV 紫光通量，我們可以因此認為來自該色點的偏差為具有色點 412 之光源的一般可接

受的變量。以色點 412 為中心點的 2 階橢圓 430 及 4 階橢圓 432 因此表示出對於產生具有色點 412 加上額外的 UV 紫光通量之通量的光源之色點的一般可接受的範圍。

圖 5a 提供對應於不具有額外的 UV 紫光通量之色點 412 的 SPD500。圖 5b 中的 SPD502 示範了 SPD500 以在 410 nm 波長的 5%UV 紫光通量的添加或補充。合成的 SPD502 產生圖 4 中的色點 420，它非常輕微地落在以色點 412 為中心點的 2 階 MacAdam 橢圓 430 的外側。在表示不具有補充的 UV 紫光之 SPD500 的色點 412 和表示具有 410 nm 波長的 5%UV 紫光通量之 SPD502 的色點 420 之間繞著 2 階 MacAdam 橢圓的色偏係歸因於 UV 紫光通量。

關於包括 SPD500 加上補充的 UV 紫光通量之光源的色點 414、416、418、420、422、423、424、426、428 被繪於圖 4 中作為根據表 I 所標記之 UV 紫光通量百分比和對於 UV 紫光波長的最大值之函數。

表 I

標籤	UV 紫光通量百分比	UV 紫光波長 (最大值)
414	5%	395 nm
416	5%	400 nm
418	5%	405 nm
420	5%	410 nm
422	10%	405 nm
424	5%	415 nm
426	10%	410 nm
428	5%	420 nm

如同與 2 階 MacAdam 橢圓 430 之色點 420 及 422 的比較可見的，在 410 nm 波長的 5%UV 紫光通量的添加、或是在 405 nm 波長的 10%UV 紫光通量的添加在僅繞著 2 階 MacAdam 橢圓 430 之色點中產生偏差，表示剛好勉強可察覺的色偏差，且如此一來為可接受的，即使是在辨別色彩的應用中。具有實質上小於 5% 的 UV 紫光通量及小於 410 nm 的 UV 紫光波長的任何複合光源將產生落在 2 階 MacAdam 橢圓中的色點。具有實質上小於 10% 的 UV 紫光通量及小於 405 nm 的 UV 紫光波長的任何複合光源亦將產生落在 2 階 MacAdam 橢圓中的色點。

如同與 4 階 MacAdam 橢圓 432 之色點 424 及 426 的比較可見的，在 415 nm 波長的 5%UV 紫光通量的添加、或是在 410 nm 波長的 10%UV 紫光通量的添加在僅繞著 4 階 MacAdam 橢圓 432 之色點中產生偏差，表示剛好勉強可察覺的色偏差，且如此一來在大多數的一般應用中為可

接受的。具有實質上小於 5% 的 UV 紫光通量及小於 415 nm 的 UV 紫光波長的任何複合光源將產生落在 2 階 MacAdam 橢圓中的色點。具有實質上小於 10% 的 UV 紫光通量及小於 410 nm 的 UV 紫光波長的任何複合光源亦將產生落在 4 階 MacAdam 橢圓中的色點。

如同與 4 階 MacAdam 橢圓 432 之色點 428 的比較可見的，在 420 nm 波長的 5% UV 紫光通量在明顯地超過 4 階 MacAdam 橢圓 432 之色點中產生偏差，表示通常不可接受的色偏差，且如此一來在許多的一般應用中為不可接受的。具有實質上大於 5% 的 UV 紫光通量及大於 420 nm 的 UV 紫光波長的任何複合光源將產生明顯地超過 4 階 MacAdam 橢圓中的色點，且通常為不可接受的。

在某些其他的實施例中，UV 紫光通量的百分比和 UV 紫光波長均被選擇來偏移複合光源的色點。一般而言，當被與光源的其餘光譜結合時，由於 UV 紫光發射器在 CIE 色空間中的位置，造成朝著白體軌跡（WBL）偏移到 BBL 下方之複合光點，由於來自 UV 紫光發射器之相對強的貢獻，所感知的色點之白度藉由更靠近於 WBL 而被強化。

對應本發明的第一方法態樣係關於用來使物體顯得較為明亮的方法。在此態樣中，方法包括將包含增白劑的物體暴露於來自光源的光，該光源包括複數個固態發射器且發射具有強化的色彩偏好之實質的白光（例如，大於約 100 的 LPI）。當來自燈具的光顯示為實質的白光時，光亦包括在 UV 紫光光波長範圍中的其輻射通量之約 1% 到

約 30% (例如, 從約 5%到約 10%)。物體包括增白劑, 例如, 一種或多種的螢光材料或光學增白材料。如上所述, 增白劑可包括連接到增白劑之上述的任何材料及/或化學物質。一般來說, 增白劑可被具有從約 350 到約 425 nm 的波長之光激發而發出螢光, 且可具有在約 420 到約 700 nm 的波長之螢光發射。通常, 物體可為參照上述之任何包括增白劑的物體, 例如, 紙類、包裝、織物、衣服、塗料、牙齒、牆壁或照明器具等等。

在本發明的第二態樣中, 揭露了關於在 UV 紫光波長範圍中的指定的輸出之光源。尤其是, 此態樣提供一種光源, 其包括複數個固態光發射器。該光源在運作時產生顯示為實質的白光之輻射通量。光源之大於 1%, 例如, 從約 1%到約 30%, 的輻射通量係為在 UV 紫光光波長範圍內。在更具體的實施例中, 光源之約 5%到約 10%的輻射通量可為在 UV 紫光光波長範圍內。如同在此所使用的, UV 紫光光波長範圍可為小於約 425 nm, 例如, 少於約 420 nm, 例如, 少於約 410 nm。一般而言, UV 紫光光波長範圍可為從約 350 nm 到約 425 nm, 例如, 約 380 nm 到約 410 nm, 例如, 約 400 nm 到約 410 nm。在一個具體的例示性實施例中, 光源之約 10%的輻射通量係為在約 400 到 405 nm 的 UV 紫光光波長範圍。然而, 本發明並不受限於此具體的實施例。

複數個固態光發射器一般可能包括一個或多個 LED 晶片。此外, 複數個固態光發射器可能包括 LD 或 OLED

裝置、或是 LED、LD 及 OLED 裝置的組合、或是任何其他類型的固態光發射器。

根據此第二態樣，在利用 LED 晶片時，有許多種方式來達成在 UV 紫光範圍中之所選擇的輻射通量百分比。例如，光源可包括第一組的一個或多個 LED 晶片，配置來在光源運作時產生顯示為實質的白光的光，且還包括第二組的一個或多個 UV 紫光 LED 晶片。可利用許多已知的 UV 紫光 LED 晶片；例如，可使用具有在約 407 nm 的峰值發射且在 VIO 名義下由 GE Lighting 所販售之吸引人的 UV 紫光 LED，但其他的亦為可能的。一般而言，一個或多個 UV 紫光 LED 晶片可包括在 UV 紫光波長範圍內的峰值發射，如同上面所描述的。

此外，光源可能包括能夠同時發射藍光及 UV 紫光的 LED。後者為可藉由某些類型的「寬帶」（broadband）LED 晶片來實現的，「寬帶」LED 晶片可能包括在，例如，約 430 nm 的峰值發射，且亦可具有在約 405 nm 的剩餘發射。經由適合的磷光體或磷光體的組合之選擇，當光源運作時，峰值發射可為磷光體所轉換的實質白光，而剩餘發射則不是磷光體所轉換的。適合的磷光體或磷光體的組合通常將會從「寬帶」晶片吸收並轉換藍光，且不會吸收並轉換紫光。

一般而言，光源可能包括相較於 UV 紫光 LED 晶片的數量更多的 LED 晶片，其配置來產生顯示為實質的白光之光。例如，光源可能包括從約 50 個到約 150 個配置來

產生白光的 LED，以及從約 1 個到約 15 個 UV 紫光發射 LED 晶片。根據應用，各別晶片的其他數量為可能的。

在某些所選擇的實施例中，配置來產生顯示為實質的白光之一個或多個 LED 晶片、以及一個或多個 UV 紫光 LED 晶片可以實質相同的電流分別來驅動，及/或被串聯連接。對於光源的製造及/或組裝而言，將「白光」LED 及 UV 紫光 LED 放置在同一排上可能為便利的。在某些所選擇的實施例中，配置來產生顯示為實質的白光之一個或多個 LED 晶片、以及一個或多個 UV 紫光 LED 晶片可能實質上為電壓匹配的。

根據某些實施例，配置來產生顯示為實質的白光之一個或多個 LED 晶片、以及一個或多個 UV 紫光 LED 晶片被安裝於電路板上，例如，金屬芯印刷電路板（MCPCB）。這可能在板上晶片（COB）陣列中被達成。例如，在先前技術中，許多種類的板上晶片陣列光引擎為已知的，包括，例如，Cree MT-G 陣列（例如，Cree MT-G2 陣列）或 Nichia 110 陣列。可能以補充數個 UV 紫光 LED 晶片的方式適當地修改許多的這些已知板上晶片陣列光引擎，來達成本發明的某些光源。在 COB 陣列中，LED 晶片通常被直接焊接（或共熔附接、或藉由導電環氧樹脂附接等等）到電路板上，例如，MCPCB。COB 技術有時候可被稱為「直接晶片接合」（direct chip attachment）、或 DCA。這是參照半導體組裝技術，其中，LED 晶片被直接地安裝到其最終的電路板上，並與其

電性互連，代替所進行之作為個別積體電路的傳統組裝或封裝。COB 製程通常由三個主要的步驟所構成：芯片附接或芯片安裝；引線接合；以及芯片及引線的選擇性封裝。如同一般習知的，MCPCB 包括層狀結構，其包含熱傳導基座（通常為鋁）、不導電/導熱介電層、以及通常由銅所製成的導電電路層。

在本發明的第三態樣中，能夠照亮包括光源增白劑（OBA）之物體的光源亦在光譜上被訂做來提供強化的色彩偏好。特別是，在第三態樣中，本發明提供一種光源，其包括複數個固態光發射器。此光源在運作時產生顯示為實質的白光之輻射通量。從光源發出的輻射通量之百分比為在 UV 紫光光波長範圍內。這種百分比被選擇以有效地照亮包含 OBA 的物體。此外，光源的光譜之可見光部分被修改以強化色彩偏好，使得 LPI 係在 LPI=100 的水平（其表示「參考光源」）之上。在本文中，詞語「參考光源」被定義為產生具有與測試光源之 CCT 相等的相關色溫（CCT）且具有由普朗克（Planckian）或黑體光譜分佈（其係由黑體輻射的普朗克定律來定義）所界定出的光譜的光之光源。普朗克定律提供光源 B 的輻射率（ $W/sr \cdot m^3$ ）作為波長  $\lambda$ （米）及絕對溫度 T（K）的函數：  

$$B_{\lambda} = \frac{2hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda k_B T}} - 1}$$
 數：，其中，h 為普朗克常數（Planck constant），且  $k_B$  為波茲曼常數（Boltzmann constant）。藉由 CRI 的定義，參考光源將具有等於 100 的 CRI。同樣地，藉由 LPI 的定義，參考光源將具有等於 100 的 LPI。

LPI 被校準，使得以約五個點在 LPI 中為不同的光源之間被感知到的色彩偏好差異，由於以約五個點在 CRI 中為不同的光源之間的色彩保真度差異，而可被一般觀察者感知為與為大致相同的。因此，在本文中，詞語「強化的色彩偏好」表示 LPI 在至少約五個點為大於參考光源的（LPI=100），亦即，LPI 大於約 105，或大於約 110，或大於約 120。習知的是，藉由在光源中包括吸收在約 570 nm 到約 600 nm 的波長範圍內的黃光之裝置，例如，藉由摻釹玻璃吸收器（Nd-doped glass absorber）的使用（如同 GE 在 REVEAL® 品牌的白熾燈，鹵素燈和 LED 燈具產品中所實行的），LPI 可在約十個或更多的點相較於參考光源（例如，白熾燈）被強化。亦為習知的是，藉由以 LED 發射器和螢光體（以及，可選擇的吸收體或彩色濾色器）的組合來調適 LED 光源的光譜（如國際專利申請案 PCT/US2014/054868 所揭露的，其藉由引用在此併入），LPI 可在約二十個或更多的點相較於參考光源被強化。

一般習知的是，OBA 的激發可藉由添加實質的白光源之通量 802 以及 UV 紫光源的通量 804 來達成。這大致地在圖 8a 中描繪出來，其可被認為是歸屬於 LUXEON 的 CoB 與「CrispWhite Technology DS138」（©2014 Philips Lumileds Lighting Company）的產品規格表；或藉由添加實質的白光源之通量 806 以及 UV 紫光源的通量 808，如圖 8b 所示，這可被認為是歸屬於受讓給 SORAA, Inc 的公開專利申請案 US-2013/0313516-A1。在圖 8a 或 8b 的兩個

先前技術案例中，光源產生 OBA 的激發且在 BBL 上或附近保持色點，並提供相對高的 CRI。這是對於光源 SPD 的優化之傳統模式的特點：嘗試模擬黑體參考光源，通常達成良好的色彩保真度（亦即，高的 CRI），但沒有對於色彩偏好（亦即，LPI）的任何考量。因此，併入 UV 紫光通量以單獨激發 OBA 供強化白色物體的白度及亮度之先前技術的 LPI 值在其各自的 CCT 值對應地接近關於黑體參考光源的 LPI 值。這個總結於以下的表 II 中。相反地，對於本發明的實施例之整體目標在於強化色彩偏好（LPI），且非僅強化色彩保真度（CRI），使得多數或全部的色彩以及白色被強化，如同一般觀察者所感知的。

表 II

光源	CCT	Duv	CRI	LPI
圖 8a	3014	-0.003	90	102
圖 8b	3053	0.000	92	99
參考	3000	0.000	100	100

根據說明關於色彩偏好之此第三態樣，主要要注意的是，許多在照明工業領域技術人士直到最近仍不相信色彩偏好無法充分地由任何單一現有的色彩度量量化。數次嘗試已被公開為結合兩種或多種的色彩度量來更佳地描述色彩偏好。然而，沒有出現定義出足夠嚴謹定量的色彩偏好而使得光源的色彩偏好能藉由光譜的數值調適而優化之色彩偏好度量的工業標準提案。雖然存在特定的定量色彩偏好度量，當設計光源或頻譜以達成對於一般觀察者之最佳色彩偏好時，這些通常是缺乏某些方式去取消其作為優化

參數的使用。

在最近半個世紀，演色性指數（CRI）已成為特徵化光源的色品質之主要的方法。然而，特別是當處理如同常見於 LED 的含有相對於波長之陡峭的坡度光譜功率分佈（SPD）時，其有效性因為其計算的方式而為先天上受限的。由於此缺點，各種替代的度量已被提出。然而，替代的色品質度量很難去準確地量化照明產品的消費者偏好。

Houser 及同事提供了詳細的概述和闡述於 "Review of measures for light-source color rendition and considerations for a two-measure system for characterizing color rendition", *Optics Express*, volume 21, #8, 10393-10411 (2013), 作者：K.W. Houser, M. Wei, A. David, M.R. Krames, and X.S. Shen 之各種色彩品質度量大部分之比較。一般而言，根據其意圖和計算方式，數個色品質度量可被分為三大類：保真度、區別性及偏好。包括 CRI 的保真度度量從參考照明體量化絕對值差異，無論測試的照明體是否被感知為較好的或較差的，且不考慮參考照明體對於多數觀察者是否實際上為較佳的。區別性度量將可在測試照明體下被渲染且在飽和度和色相失真的極端水平被最大化的色空間的總面積量化。現有的色彩偏好度量以被發展來提供使用者的色彩偏好之定量測量，但伴隨著使得光源能夠優化的目標值，並未提供對於觀察者資料的足夠相關性，使得度量可被使用來做為設計優化中的目標參數。

一般而言，已發現的是，觀察者偏好將色彩呈現為更具吸引力之強化的飽和程度。然而，高的飽和程度、或色相的變化可能導致色彩及物體的不自然呈現。例如，兩者均為區別性指標的色域面積指標（Gamut Area Index, GAI）及色域面積尺度（ $Q_g$ ）提供了與觀察者偏好之非常好的相關性，直到色彩飽和度之某些限制，GAI 及  $Q_g$  持續地增加超過這些限制，同時觀察者偏好急遽地下降。因此，顯然像是 GAI 及  $Q_g$  的色彩飽和度並未與觀察者偏好良好地一致。此外，觀察者亦傾向於偏好顯示為較白、相對於普朗克（黑體）軌跡由照明體之色點所驅動、有些為色彩飽和度獨立的光源。

在色彩偏好種類中某些已知的度量包括 Flattery 指標（ $R_f$ ）、色彩偏好指標（CPI）、以及記憶演色性指標（MCRI）。所有這三種度量具有對於 8 到 10 個測試色彩樣本之色度座標之「理想的」配置，且每一者將從這些目標值的偏差量化。Flattery 指標為對於目標偏好的第一度量，且使用具有不相等的比重之 10 個色彩樣本。然而，為了維持與 CRI 的相似性，目標色度偏差被減少到其實驗值的 1/5，大幅地減少其影響。對於較佳的色度偏移維持實驗值的 CPI 造成色彩偏好的較佳再現。然而，其在某些情況下會受限於其測試色彩樣本的選擇、使用相同的 8 個未飽和的測試色彩作為 CRI。不飽和（柔和）的測試色彩是無法評價高飽和光源的影響。MCRI 使用觀察者的記憶去定義熟悉的物體之 10 個色彩的理想色度配置。此外，

沒有上述因子的度量在測試源的「白度」或色點中。關於這點，作者 J.P. Freyssinier 及 M.S. Rea 在“Class A color designation for light sources used in general illumination,” *Journal of Light and Visual Environment*, volume 37, #2&3, pp. 46-50 (2013) 中對於「等級 A 照明」建議一系列的標準，其定出 CRI ( $>80$ )、GAI (80-100) 及色點（靠近所謂的「白」線）的限制。當這些條件定義出建議的設計空間時，因為沒有識別出的最佳值，且沒有三個建議的特徵之權重，它們無法被優化來指定最大化色彩偏好的頻譜或光源。

因此，為了量化色彩偏好的目的，在此將運用 LPI 度量；此度量在下文中、以及在透過引用被併入的國際申請案 PCT/US2014/054868 中被完全地說明及定義。LPI 被定量且客觀地定義和校準，以從人口族群之中提供與觀察者偏好的測量值之相關性。此外，LPI 度量被展示成為可預測的度量，其可被使用來優化光源的頻譜，以從觀察者引出對於具有廣範圍的 LPI 值之各種光源的預測色彩偏好反應。LPI 可被使用為定量度量，以提供設計規則來最大化光源的色彩偏好特徵，及/或來設計頻譜之包括色彩偏好以及光度、色度和其他設計反應的多反應最佳化。

LPI 度量為兩參數的函數：照明源的白度以及被源照射的物體之色彩外觀。在說明白度及色彩外觀之後，下面定義出具體的 LPI 函數。

如同在此所使用的，白度指得是到色度圖表上的「白

線」(或白體線或 WBL)之色點的附近，其中「WBL」在以下的公開物被定義出來："White Lighting", Color Research & Application, volume 38, #2, pp. 82-92 (2013), 作者: M.S. Rea & J. P. Freyssinier (以下稱做 "Rea reference")。Rea reference 在此透過引用被併入。如同在此所使用的，「白線」藉由下面表 III 中的色點而被定義出來，如同對於所選擇的從 2700K 到 6500K 的色溫之 CCX 及 CCY 色座標中所報告的。

表 III

色溫 (CCT)	CCX	CCY
2700 K	0.4431	0.3806
3000 K	0.4212	0.3716
3500 K	0.3980	0.3710
4100 K	0.3773	0.3788
5000 K	0.3458	0.3628
6500 K	0.3114	0.3389

如圖 6 所示，且如表 III 所界定的，「白線」604 (有時亦稱為「白體線」(WBL)、「白體曲線」或「白體軌跡」) 在高色溫 (例如，4000K 以上) 下係略高於黑體曲線 602，但在低色溫下係低於黑體曲線。研究指出，在 WBL604 上的照明可能對應到什麼是「白」光的人類感知。WBL 對於廣泛的色溫被提出，但對於在約 2700K 及約 3000K 之間的色溫 (亦即，具有消費者通常較喜歡的 CCT 值之暖白色)，WBL 為黑體軌跡下方約 0.010 Duv，其中，Duv 表示從在 1976 CIELUV 色度空間中的黑體軌

跡之距離。

以下的方程式按比例提供具有約 2700K 及約 3000K 之間的 CCT 之任何色點的白度度量 (Whiteness metric)。對於在普朗克軌跡上的任何點，此白度度量將為 0 或實質上為 0，且對於在 WBL 上的任何點將為單一的 (實質上為 1)：

$$\text{方程式 (2) : } \textit{Whiteness} = 1 - 100\sqrt{(\textit{Duv} + 0.010)^2},$$

其中，為了方程式 (2) 的目的，Duv 為在 u-v 空間中從普朗克軌跡之色點的距離 (注意，在黑體線下方的值在方程式 (1) 中為負的)。例如，對於在黑體線下方 0.010 處的點，一者將插入 -0.010 到方程式 (2) 中。(對於具有在約 2700K 及約 3000K 範圍外的 CCT 之色點，無需過度實驗的，白度可藉由圖 6 中的色點之位置的檢查而被近似；例如，若照明源具有在「白線」上的色點，其同樣有單一的白度值)。如同下面進一步詳細說明的，當照明源的色點接近「白線」時，LPI 增加，且當照明源的色點在任意方向移動離開時，LPI 減少。

如同在此所使用的，色彩外觀為色彩呈現的複合式測量，其為照明源的淨飽和值 (Net Saturation Value, NSV) (例如，對於顯示出強化的飽和但未過度飽和之 NSV 得到相對較高的 LPI 值) 與色相失真值 (Hue Distortion Value, HDV) (例如，對於顯示出最小的或零的色相失真之 HDV 得到相對較高的 LPI 值) 的函數。在下文中將詳細說明 NSV 和 HDV 兩者。

照明偏好指數（LPI）度量使用測試色彩樣本的公正選擇而被發展，藉由使用 1600 個被修正的孟氏光澤頻譜反射率之完整的資料庫來選擇色彩的陣列。這些 1600 個色彩將被本領域技術人士理解，尤其是關於 M.W. Derhak 及 R.S. Berns, "Analysis and Correction of the Joensuu Munsell Glossy Spectral Database," Color and Imaging Conference, 2012 (1), 191-194 (2012)。使用此色彩的陣列允許運用孟氏系統的色相、明度和色度之色彩空間的顯著部分之涵蓋。

如本領域技術人士所理解的，在此陣列中的各個色彩就其色相（具有 10 個類別以及各類別有 4 個子類別，總共 40 個項目）、色度（範圍從 0 到 16）以及明度（範圍從 0 到 10）而言係為孟氏系統所定義。色相的 10 個類別在圖 7a 中被描繪及標註。飽和度、色度或明度的所有等級進行加權平均，並在統計計算的方法中處理，以下類似的方法如同在 "Statistical approach to color quality of solid-state lamps," IEEE J. Sel. Top. Quantum Electron., 15 (6), 1753 (2009)，作者 A. Zukauskas, R. Vaicekauskas, F. Ivanauskas, H. Vaitkevicius, P. Vitta, and M.S. Shur 中所討論的。

全部 1600 個色彩樣本的色點被計算，如同在相同的色溫下被照明源（亦即，測試照明體）和被 CIE 參考照明體或普朗克輻射體（Planckian radiator）兩者所呈現的。CIE 參考照明體具有使用關於黑體輻射之普朗克定

律從照明源的 CCT 所決定的頻譜。普朗克定律定義光源 B 的輻射率 ( $W/sr \cdot m^3$ ) 為波長  $\lambda$  (米) 及絕對溫度 T (K) 的函數：
$$B_{\lambda} = \frac{2hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda k_B T}} - 1}$$
 其中，h 為普朗克常數且  $k_B$  為波茲曼常數。

全部的這些色點 (亦稱為色座標) 接著被轉換到 CIELAB 色空間，且產生演色向量 (CRV)。CRV 為相對於參考照明體之色彩外觀偏差的大小及方向的表示。圖 7b 顯示包含在各個 CRV 中的分量。徑向分量或  $\Delta C_{ab}$  量化在色度或飽和度中的偏差，其中，從原始象徵離開的偏差在飽和度中增加，且朝向原始象徵的偏差在飽和度中減少。方位分量 (azimuthal component) 或  $\Delta h_{ab}$  量化在明度中的變化且可藉由角度變化以弧度為單位來表示。在一特定的孟氏值的 CRV 之向量圖可被產生作為在  $a^*-b^*$  色度平面上的色偏差。圖 7c 表示通常為消費者所偏好的鈹白熾燈在孟氏值 5 的 CRV702。如同在向量圖中可見的，鈹白熾燈產生強化的飽和度，尤其是在紅色及綠色分量中 (分別在向量圖的右及左側)。對應於黃色 Y、紅色 R、紫色 P、藍色 B 及綠色 G 之色彩的近似向量方向在圖 7c 的插入物 704 中來指示。

所有 1600 個孟氏色彩的各個 CRV 之徑向及方位分量接著被決定以分別量化在色度及色相中的偏差。以這樣大的樣品尺寸，CRV 的大小及方向可藉由統計計算來表示。

淨飽和值 (NSV) 表示具有提升的飽和度之測試樣本的百分比，其藉由減少的飽和度之樣本的百分比來降低。

飽和度的提升程度藉由在色度 ( $\Delta C_{ab} > 0$ ) 中超過平均感知差異的閾值但低於過飽和限度的增加來指示。若色度被降低超過與平均感知差異相同的閾值，只有計算減少的飽和度程度 ( $\Delta C_{ab} < 0$ )。平均感知差異值為根據以下的公開物：“Evaluation of Uniform Color Spaces Developed after the Adoption of CIELAB and CIELUV”, Color Research and Application, volume 19, #2, pp. 105-121 (1994)，作者 M. Mahy, L. Van Eycken, & A. Oosterlinck，其發現平均感知半徑在 CIELAB 空間中為 2.3。關於過飽和限度， $\Delta C_{ab}$  等於 15 的值根據以下的公開物被選擇：“Color Quality Design for Solid State Lighting”, Presentation at LEDs 2012, Oct. 11-12, San Diego, CA (2012)，作者 Y. Ohno。在此 Ohno 的公開物中，對於飽和的顏色，到一個限度之偏好的增加被發現，且對於高程度的飽和度，偏好反應下降。在約  $\Delta C_{ab}$  等於 15 的值附近，偏好反應與無飽和或  $\Delta C_{ab}$  等於 0 比較，在這兩個值之間具有增加的偏好反應。

對於孟氏系統中 10 個主要的色相類別計算出獨立的 NSV 值 ( $NSV_i$ )，且總 NSV 被作為 10 個色相的平均值。如同在本說明書中所使用的，NSV 藉由方程式 (3) 及方程式 (4) 來定義：

方程式 (3) :  $NSV_i = (\text{percent of CRVs in hue } i \text{ with } 2.3 < \Delta C_{ab} < 15) - (\text{percent of CRVs in hue } i \text{ with } \Delta C_{ab} < -2.3)$ ,

方程式 (4) :  $NSV = \sum_{i=1}^{10} NSV_i / 10$ ,

其中， $\Delta C_{ab}$  為 CRV 的徑向分量且表示在所感知的色度或飽和度中的偏差，且  $i$  表示孟氏系統的 10 個主要的色相類別之色相類別。對於  $-2.3 < \Delta C_{ab} < 2.3$  的區域，飽和度中的變化可能不會被一般觀察者感知，且因此不被計算為提升或惡化的。

色相失真值（HDV）表示測試樣本的權重百分比，測試樣本為改變的色相。雖然增加的色調（達到限度）一般有助於實現相對較高的 LPI 值，但色相中的變化通常為不受歡迎的（即使對於最終的 LPI 值，色相中的變化相較於色調的變化為相對地較微弱的貢獻因子）。

如同本領域技術人士所理解的，孟氏色彩系統一般被分為 40 個色項子類別（在 10 個主色相類別的每一個中的 4 個子類別）。為了計算 HDV，變化到下一個色相子類別的測試色彩之百分比藉由  $\Delta h_{ab}$  值的（其中， $\Delta h_{ab} > \pi/20$  弧度（或圓的  $1/40^{\text{th}}$ ））平均來加權，按色相子水平之間的距離（ $\pi/20$  弧度）來縮放。此額外的加權被使用來計算非常大量的色相失真，其中，由於幾乎全部的測試色彩均經歷了超過要被計算的閾值之色相失真，百分比在非常高的百分比單獨接近極限。對於這些計算，色相失真的方向為不重要的，因此對於順時針和逆時針方向的失真， $\Delta h_{ab} > 0$ 。正如 NSV，對於孟氏系統中 10 個主要的色相類別計算出獨立的 HDV 值（ $HDV_i$ ），且總 HDV 被作為 10 個色相的平均值。如同在本說明書中所使用的，HDV 係藉由方程式（5）及方程式（6）來定義：

$$\text{方程式 (5) : } HDV_i = \left( \text{percent of CRVs in hue } i \text{ with } \Delta h_{ab} > \frac{\pi}{20} \right) \times \frac{\Delta h_{ab,avg,i}}{\pi/20},$$

$$\text{方程式 (6) : } HDV = \sum_{i=1}^{10} HDV_i / 10,$$

其中， $\Delta h_{ab}$  為 CRV 的方位分量且表示在所感知的色度中的偏差，且  $i$  表示孟氏系統的 10 個主要的色相類別之色相類別，且  $\Delta h_{ab,avg,i}$  為在色相  $i$  中的所有色彩之  $\Delta h_{ab}$  的平均值。

接著，NSV 及 HDV 由方程式 (7) 合併到色彩外觀值中：

$$\text{方程式 (7) : } Color\ Appearance = (NSV - HDV/2.5)/50$$

注意的是，在方程式 (7) 中，HDV 相對於 NSV 被加權（亦即，被除以因子）以提供對於觀察者偏好反應的最佳匹配。在現實情況中，一般達到之色彩外觀的最高值為約 1，即使其理論上在 NSV 為 100 且 HDV 為 0 的情況下可達到 2 的值。

最後，LPI 方程式被方程式 (8) 定義出來：

$$\text{方程式 (8) : } LPI = 100 + 50 \times [0.38 \times Whiteness + 0.62 \times Color\ Appearance],$$

其中，白度在方程式 (2) 中被定義，且色彩外觀在方程式 (7) 中被定義。參數「100」被選擇使得參考黑體照明體與其他照明度量相較評分為 100 的基準線值。參數「50」被選擇以將 LPI 變化縮放到與 CRI 類似的大小。例如，當使用 CRI 系統時，相對於 CRI 為 100 之參考值，一般的鈹白熾燈可能被扣約 20 分，具有約 80 的 CRI；然而，相對於 LPI 為 100 之參考值，相同的鈹白熾燈在 LPI 系統中可能被獎勵約 20 分，具有約 120 的 LPI。38%白度

和 62% 色彩外觀的加權因子被選擇來提供對於觀察者偏好資料的最佳適配。這些加權因子為依據觀察者組而定，且可能在未來的發展中以額外的觀察者偏好資料來修改，尤其是從不同的人口或文化團體。然而，這並不會減少在這裡所定義之 LPI 的有效性，以對於具有類似於我們的測試人口的色彩偏好之色彩偏好的觀察者人口去量化並優化色彩偏好的程度。

僅為方程式 (2)、(7) 及 (8) 的結合之 LPI 的另一種「主」方程式被顯示於方程式 (9)：

$$\text{方程式 (9) : } LPI = 100 + 19 \times \left[ 1 - 100\sqrt{(Duv + 0.010)^2} \right] + 0.62 \times [NSV - HDV/2.5]$$

藉由上述的主方程式重新敘述 LPI 的目的在於顯示出此指標提供熟知本領域人士藉由使用本發明的指導而不需其它過度的實驗就可以從色彩科學中的參數推導出來的數值。LPI 隨著 NSV 增加，但隨著 HDV 增加而減少。另外，LPI 隨著 Duv 接近「白線」而增加。在現實情況中，對應於白度為 1 且色彩外觀為 1 的情況，一般達到之 LPI 的最高值為約 150；然而，LPI 之理論上的最大值為 181，其中，白度為 1 且色彩外觀為 2。

綜上所述，LPI 度量可以通過下列步驟來確定（不一定按此順序）：

(a) 提供由測試照明體所發射的光之頻譜作為其光譜功率分佈 (SPD)，此光譜功率分佈具有 1 到 2 nm 或更精細的準確度；

(b) 從測試照明體的 SPD 決定色點（色溫及

Duv) ；

(c) 從 Duv 使用方程式 (2) 計算白度分量 ；

(c') 從測試照明體的色溫決定參考頻譜 ；

(d') 對於參考及測試照明體兩者，計算在 CIELAB 色空間中的所有 1600 個孟氏色彩之色點 ；

(e') 計算測試照明體相較於參考頻譜的演色向量 ；

(f') 分別使用方程式 (4) 及方程式 (6) 計算淨飽和值和色相失真值 ；

(g') 使用方程式 (7) 計算色彩外觀分量 ；以及

(d) 使用方程式 (8) 將來自步驟 (c) 的白度分量及來自步驟 (g') 的色彩外觀分量合併到 LPI 當中。

如同在此所使用的，「一個或多個 SSL 發射器配置來產生顯示實質的白光之光」可能指得是達成白光的各種模式。為了產生對應於「實質的白光」之色點，光源應在可見光譜的大約藍、綠及紅色部分的每一者中產生顯著大量的通量。雖然，常見的是將某些磷光體稱為「黃色」，例如，YAG:Ce 磷光體，且能夠使用藉由藍光或 UV 紫光 LED 激發的「黃色」磷光體來產生實質的白光之光源，應理解的是，黃色磷光體一般包含紅光及綠光發射的組合，因而滿足在可見光譜之綠色及紅色部分之發射的需求。光譜的每一個部份（藍、綠、紅）可直接藉由 LED 發射器（例如，藍光 LED、綠光 LED、紅光 LED、或提供來自相同的半導體之不同顏色的色發射器的固有白光 LED）所產生；或藉由像是磷光體或量子點的降能轉換器、或發射

相較於激發光（可藉由 UV LED、紫光 LED、藍光 LED、或綠光 LED 來提供）之較長的波長（較低能量）之其他轉換器來產生。在除了 LED 以外的 SSL 發射器的考量中，可使用直接發射器和能量轉換器之相同的組合來產生實質的白光。

例如，配置來產生顯示為實質的白光之一個或多個 LED 光源可為選自下列至少一者：（1）固有的白光發射 LED；（2）配置為被輻射地耦合到黃色磷光體的藍光 LED；（3）配置為被輻射地耦合到紅色及綠色磷光體的組合之藍光 LED；（4）配置為被輻射地耦合到黃色磷光體的 UV 紫光 LED；（5）配置為被輻射地耦合到紅色及綠色磷光體的組合之 UV 紫光 LED；（6）配置為被輻射地耦合到紅色、綠色及藍色磷光體的組合之 UV 紫光 LED；（7）在 COB 或非接觸式磷光體（remote phosphor）佈置中配置為被輻射地耦合到相同的磷光體之 UV 紫光 LED 和藍光 LED 的組合；（8）稱做 BSY+R 或 BSY-R 或 BSYR 的一系列 LED 光源（「藍偏黃加紅」），其包含配置為被輻射地耦合到藍偏黃色磷光體或綠色磷光體加上直接發射的紅光 LED 的藍光 LED；（9）BSY+R 光源的變形，其中，從由藍光 LED 所激發的窄紅色磷光體產生部分或全部的紅光發射；（10）紅光、綠光及藍光 LED 的組合（RGB）；（11）紅光、綠光、藍光及一個或多個額外的彩色 LED 的組合（例如，RGBA（琥珀））；或其組合等等。在許多用於從 LED 晶片產

生白光的這些實施例中，藍光 LED 可包括在大於或等於約 425 nm 的波長之峰值發射，例如，在約 425 nm 到約 490 nm 的波長、例如，從約 425 nm 到約 450 nm、例如，在約 450 nm。藍光 LED 可包括基於發光二極體 (LED) 晶片的表面發射 InGaN/GaN (氮化鎵鎵/氮化鎵)，其可選地為被封裝的。在許多用於從 LED 晶片產生白光的這些實施例中，UV 紫光 LED 可包括在大於或等於約 315 nm 的波長之峰值發射，例如，在約 380 nm 到約 420 nm 的波長、例如，從約 400 nm 到約 410 nm。

圖 9a 到 9d 載明配置來產生顯示成實質的白光之一個或多個光源和一個或多個 UV 紫光光源的陣列之高度示意性的圖式。圖 9a 意圖為一個基本陣列 900，其具有固定到基座 902 的至少一個 UV 紫光光源 904 和複數個 (為了清楚起見，僅顯示六個) 藍光或白光光源 (配置來產生實質顯示成白色的光) 906。在此圖 9a 中，光源 906 在本質上可為白光、或可為激發保形地塗佈的磷光體之藍光光源、或可為 RGB 陣列的部分。沒有從光源 906 獨立的磷光體被應用於圖 9a 中。

圖 9b 描繪光源的示意性陣列 920，其包括安裝在 PCB 922 上之至少一個 UV 紫光 LED 晶片 924 以及配置來發射白光的複數個 LED 926。圖 9b 的左側為側視圖，且圖 9b 的右側為平面圖。每個 LED 926 被包裝或封裝到封裝材料 928 中。封裝材料 928 包括能夠將來自 LED 926 的光轉換成實質的白光之磷光體材料 (未具體顯示)。

圖 9c 顯示 COB 陣列 940 的示意側視圖（左）及平面圖（右），COB 陣列 940 包括一個或多個 UV 紫光 LED 晶片 944 以及可配置來發射白光的複數個 LED 晶片 946。LED 被安裝到板 942。LED 為以磷光層 948 塗佈或包覆模製的，其中，磷光層 948 能夠將來自 LED 946 的光轉換成實質的白光。一般而言，磷光層 948 配置為不會明顯地吸收來自一個或多個 UV 紫光 LED 晶片 944 的光。

圖 9d 描繪在非接觸式磷光體配置中的陣列 960 的示意圖。陣列 960 包含安裝有一個或多個 UV 紫光 LED 964 以及配置來發射白光之複數個 LED 晶片 966 的板 962。磷光層 968 存在於間隔或非接觸式配置中，其中，磷光層 968 能夠將來自 LED 966 的光轉換成實質的白光。在圖 9a 到 9d 的每一者中，儘管未具體顯示，可能存在額外的紅光 LED。

在圖 9a 到 9d 的任一者中，陣列可被吸收體或濾色器（未具體顯示）所圍繞，使得基本上所有從 LED 發出的光經由吸收體而被過濾，使得足夠的黃光被吸收以將色彩偏好強化到約 105 或更高的 LPI 等級。

某些光引擎實施例可包括 COB 陣列，其包含被輻射地耦合到磷光體的藍光 LED 晶片及 UV 紫光 LED 晶片兩者，磷光體係保形地塗佈到晶片陣列上，使得顯著百分比的藍光和 UV 紫光通量兩者被磷光體吸收，以產生具有相較於激發波長較長的波長的光，同時亦允許足夠百分比的藍光和 UV 紫光通量兩者通過磷光體而滲出，以助於實質

的白光通量從光引擎射出。使用在 LED 光引擎中的在由藍光激發時（例如，在約 450 nm）具有高吸收及高量子效率（quantum efficiency）之多數磷光體在由 UV 紫光激發時（例如，在約 400-410 nm）亦展現出高吸收及高量子效率。藉由調整在 COB 陣列中的藍光 LED 晶片和 UV 紫光 LED 晶片的比率、以及磷光體的組成與厚度，可產生具有所欲的 UV 紫光通量百分比之實質的白光，以激發白色物體中的 OBA 並達成所欲的色點。本實施例提供了以下的優點：（1）單一構件的發光模組；（2）最小的組件；（3）避免特殊性 UV 紫光封裝 LED，導致低成本；（4）對於指向性照明應用之極小的發光表面（LES）；（5）在整個指向性照明應用中的光束分佈之 UV 紫光及藍光優異的混色。在 COB 陣列中的藍光 LED 晶片與 UV 紫光 LED 晶片的可能佈置之範例係顯示於圖 10a 到 10f 中，其分別提供約 1%、約 3%、約 5%、約 10%、約 30% 及約 50% 的 UV 紫光：藍光 LED 晶片的比率。

如同一般的情形，若磷光體的吸收和量子效率為約相當於當由 UV 紫光或藍光激發時，接著造成的由光源所發出的 UV 紫光通量對藍光通量的比率將同樣為約 1%、約 3%、約 5%、約 10%、約 30% 及約 50%。根據 UV 紫光波長以及目標色點，一般會發現約 10% 到約 50% 的 UV 紫光：藍光 LED 晶片的比率提供了 OBA 激發之理想程度。

在特定的實施例中，如上所述地，包括藍光 LED 及 UV 紫光 LED 之 LED 晶片的陣列可被保形地塗佈有磷光

體，例如，黃色磷光體。對於選擇大致上不要吸收由在光源中的 UV 紫光發光 LED 晶片所發出的 UV 紫光之「黃色」磷光體而言，這可能為有利的，儘管並非總是需要的。這種黃色磷光體通常可被選擇為大致透明的（例如，透射率大於 50%），對於從一個或多個 UV 紫光 LED 晶片所發出的光而言。這種選擇的技術效果為促進光源去對於螢光體展現其增亮效果。藉由磷光體之過多的 UV 紫光吸收可能抑制此情形。在藍光及 UV 紫光 LED 晶片均被一種或多種的磷光體塗佈（例如，保形地塗佈）的實施例中，這可能為特別地有幫助的。例如，某些適合的黃色磷光體可包括在 YAG 或 TAG 系統中的磷光體。其他的黃色磷光體亦為可能的。

如同上述，用於產生實質的白光之某些實施例可能運用紅色磷光體。對於被選擇為大致上不要吸收由在光源中的 UV 紫光發光 LED 晶片所發出的 UV 紫光之某些紅色磷光體而言，這可能為有利的，儘管並非總是需要的。這種選擇的技術效果為有效地促進藍光到白光的轉換（或白光到紅光輔助的白光），而不抑制光源對於螢光體展現其增亮效果的能力。在某些實施例中，這種紅色磷光體可包括硫化物或氮化物的至少一者，例如，無機硫化物或氮化物。對於從一個或多個 UV 紫光 LED 晶片所發出的光而言，利用被選擇為大致透明的（例如，透射率大於 50%）的紅色磷光體可為有利的。同樣地，在藍光及 UV 紫光 LED 晶片均被一種或多種的磷光體塗佈（例如，保形地塗

佈)的實施例中，這可能為特別地有幫助的。本發明之某些適合的紅色磷光體可包括，例如，紅色 Eu 摻雜的鹼土金屬硫化物磷光體，例如，(Ca, Sr)S:Eu。

一般而言，接著，為了最大限度地利利用 UV 紫光強度為其增亮效用，以及為了達成最高的系統效率，對於光源之所選的 UV 紫光構件，選擇在發光波長具有相對低的激發及/或吸收之磷光體可能為特別有利的。傳統上利用  $Ce^{3+}$  摻雜的石榴石磷光體(例如，YAG:Ce)作為在 LED 應用方面的黃色磷光體，且使用氮化物或氮氧化物磷光體作為在 LED 應用方面的紅色磷光體。下面兩個圖式，圖 13a 及圖 13b 分別顯示 YAG(亦即，YAG:Ce)和氮化物(亦即，(SrCa)AlSiN<sub>3</sub>:Eu)的一般激發與發光光譜。如圖 13a 所示，在 350 nm 到 400 nm 的範圍中，黃色 YAG 磷光體具有 UV 輻射的吸收的優選低量。激發曲線為圖 13a 中的 1302，發光曲線為圖 13a 中的 1304。然而，在此所選的一般氮化物紅色磷光體，(SrCa)AlSiN<sub>3</sub>:Eu，在 350 nm 到 400 nm 的範圍中具有相當高的 UV 輻射的吸收。激發曲線為圖 13b 中的 1322，發光曲線為圖 13b 中的 1324。因此，本發明的申請人已察覺到的一點是，對於光源中之所選的 UV 紫光構件，應選擇在發光波長具有相對低的激發及/或吸收的磷光體。

本發明的申請人已進一步查明的是，選擇摻雜  $Ce^{3+}$  或  $Eu^{2+}$  的硫化物磷光體(例如，(Ca, Sr)S:Eu (Mitsui R630 N 及 R 660 N))為有利的，其在 400 nm 附近或以



下具有相當低量的吸收，如圖 13c 及圖 13d 所示；因此，硫化物磷光體可被視為是出乎意料的好選擇，作為使用在基於 LED 的光源中的氮化物磷光體（其為意圖來也發射一些 UV 紫光）的替換。圖 13c 描繪 Mitsui R630 N 紅色硫化物磷光體的激發曲線 1342，及其發光曲線 1344。圖 13d 顯示 Mitsui R660 N 紅色硫化物磷光體的激發曲線 1362，及其發光曲線 1364。

其他的實施例可運用窄頻帶深紅色磷光體，像是摻雜有四價錳（例如，像是  $K_2MnF_6$  或  $K_2SiF_6 : Mn^{4+}$  的六氟金屬酸鹽（hexafluorometallates））的磷光體。這些可被應用來作為單一的紅色磷光體，或與其他的紅色磷光體結合。

根據本發明的態樣，光源可為燈具，其係為一種指向性燈具，例如配置為 PAR、BR、或 MR 燈具的燈具，例如，PAR38、BR30、或 MR16 燈具。這種指向性燈具可為短頸燈具（short neck lamp）或長頸燈具（long neck lamp）。指向性燈具可藉由美國能源部-對於集成 LED 燈具之能源之星資格標準（draft 3）被定義為具有其光輸出至少 80% 位在 120 度的圓錐角（在半峰值處的全寬，FWHM）。它們可具有寬束圖案（落地燈）或窄束圖案（例如，聚光燈），例如，具有以 FWHM 小於 20 度為特徵的光束強度分佈（beam intensity distribution），以及對小至 6 到 10 度 FWHM 所指定的某些燈具標準。這種指向性燈具通常可被配置成發射少於 15 度角度分佈的光束，

例如，少於 10 度。其光束分佈大致上可為高斯（Gaussian）形狀。

典型地，根據本發明的態樣之燈具可能還包括光學構件（例如，一個或多個漫射器、透鏡、波導、反射器等等），以分配、塑形、分散、引導、或聚焦光線，及/或執行其他功能以操縱從光引擎發出的光。一般而言，這種光學構件可能與光引擎光通信。例如，燈具可能還包括與光引擎光通信的夫瑞奈透鏡（Fresnel lens）。意圖來傳遞可見光的許多光學構件（例如，透鏡及漫射器）可能包括含樹脂的材料，像是聚合物（例如，聚碳酸酯、PMMA 等等）及/或聚矽氧。

各種類型的光漫射材料在領域中為廣泛地習知的且適合用於使用來作為光漫射片。一般而言，光漫射片為擴散或散射入射光以產生「柔和」光的材料。美國加州托倫斯的 Luminit LLC 提供了可能適合使用在本發明的實施例中之光漫射材料的產品線。應理解的是，本發明不侷限於任何特定類型或供應商的光漫射片，且來自 Luminit LLC 的產品在此僅供例示性的目的而被說明。本領域技術人士認識到的是，光漫射片或材料可被選自各種各樣的可用材料，作為由根據本發明之光引擎或燈具所發出的光之最終所欲的漫射特性之函數。

一般而言，這種光學構件可包括光學材料，其係選擇為基本上不會因在 UV 紫光波長範圍內的輻射通量而退化。亦即，因為許多一般的材料可能在一段時間後會遭受

退化，選擇具有對 UV 紫光的抵抗力之光學材料來作為光學構件通常為有利的。因此，光學材料可被選自當在 UV 紫光暴露一段時間（例如，燈具的壽命）後大致不會改變其光學特性的材料。更具體地，光學構件可包括材料，其係大致上不會因為在約 380 nm 到約 425 nm 的波長範圍內的光而退化，較佳地大致上不會因為在約 350 nm 到約 425 nm 的波長範圍內的光而退化。

根據某些實施例，在包含光引擎的燈具中之許多光學材料（除了許多反射材料外）可被選擇為對於在 UV 紫光波長範圍內的輻射通量為大致透射的（例如，透射超過約 50%），如同以上所定義的。例如，若透鏡或漫射器或其他的透射光學構件具有對於在 UV 紫光波長範圍內的輻射通量之過低的透射率，接下來的光學增白效果可能不會發生。具體而言，相對於在約 400 nm 到約 425 nm 的波長範圍內的光，光學材料可為大致透明的或半透明的，更勉強地，相對於在約 380 nm 到約 425 nm 的波長範圍內的光，光學材料可為大致透明的或半透明的，更勉強地，相對於在約 370 nm 到約 425 nm 的波長範圍內的光，光學材料可為大致透明的或半透明的。在本文中，「大致透明的或半透明的」係意圖包括至少約 50% 的透射率，較佳地至少約 90% 的透射率。另一方面，關於反射材料，這些通常不會需要具有對光的高透射性，儘管其對於能夠在需要時反射在 UV 紫光波長範圍內的光之反射性材料而言可能是有利的。

在許多實施例中，可能為有利的是選擇可能具有在低於約 350 nm 之所有波長少於約 10%的透射率之光學材料。這對於增加安全性可能為有益的，使得少的有害波長被發射。通常，光學材料可能包括聚合物、玻璃的物質、或光的一種或多種。例如，光學材料可能包括矽樹脂或壓克力，例如，PMMA、或有機玻璃（Plexiglas）、或ALTUGLAS。適合的光學材料之某些特定的例子可能包括，例如，Arkema ALTUGLAS V825UVA100、或 PLEXIGLAS-Me、或 PLEXIGLAS-G。一般而言，接著，光學材料應具有類似於或接近於 Arkema ALTUGLAS V825UVA100 的吸收光譜之吸收光譜。

根據本發明的燈具之一例示性實施例包括光引擎，其為與散熱器熱連通的板上晶片陣列。光引擎可為在反射錐體（reflective cone）（例如，ALANOD）的底部，且來自模組的光藉由菲涅耳透鏡（Fresnel lens）和 LUMINIT 漫射器而被分配及漫射。

本發明的實施例還提供了做成光源的一種或多種方法。這些實施例包括一種方法，其至少包含將磷光體層保形地塗佈到在陣列上的藍光 LED 晶片及 UV 紫光 LED 晶片上，該陣列包含安裝在電路板上的 UV 紫光 LED 晶片和藍光 LED 晶片。磷光體層可被選擇為對於在 UV 紫光波長範圍內的光為大致透明的。一般而言，「保形地塗佈」包括將包含樹脂和磷光體的混合物施加到 UV 紫光 LED 晶片和藍光 LED 晶片。樹脂可為，例如，環氧樹脂、或矽樹

脂（例如，低指數矽樹脂）、或能夠被熱固化或 UV 固化的其它聚合物材料。有利的是，光穿透性聚合物可被選擇，使得其折射指數為盡量實際可行的接近於 LED 晶片的折射指數。通常，磷光體和樹脂的混合物之塗層可具有在約 20 到約 200 微米的範圍內的厚度。至少一磷光體材料對於樹脂的加法碼（weight loading）通常為在每 100 之 50 到 99 部分的範圍內。其他的加法碼範圍和厚度為可能的。

本發明的另一個方法實施例包括一種方法，用於藉由磷光體層以僅藍光 LED 配置為被磷光體轉移的方式保形地塗佈包含一個或多個藍光 LED 以及一個或多個 UV 紫光 LED 的 COB 陣列。這種方法包括在大致平坦的電路板之第一側上安裝複數個藍光 LED 晶片，並在該電路版的該第一側上安裝複數個 UV 紫光 LED 晶片。每一個 UV 紫光 LED 晶片的上表面藉由放置遮罩而被選擇性地遮蔽。保形塗層材料（例如，保形磷光體塗層材料）以有效地去將材料保形地塗佈到複數個藍光 LED 晶片的每一個之上表面上的方式被提供到電路板的第一側，並接著將遮罩移除。遮蔽可以各種方式來執行，包括透過許多已知的遮罩的使用，只要該方法可以有效地將保形磷光體塗層選擇性地提供到藍光 LED 晶片而不提供到 UV 紫光 LED 晶片。

## 範例

圖 11 顯示從例示性 COB 陣列所產生的 SPD1102（虛

線)，此例示性 COB 陣列包括在約 406 nm 具有峰值波長 1104 的 36 個 UV 紫光 LED 晶片、以及在約 453 nm 具有峰值波長 1106 的 36 個藍光 LED 晶片。COB 被包含封裝在矽樹脂中的黃-綠色 YAG 磷光體及氮化物紅色磷光體之保形塗佈磷光體均勻地覆蓋。來自陣列 (SPD 1102) 的光包括約 6% 的 UV 紫光通量，且具有約 3111K 的複合 CCT、約 0.001 的  $D_{uv}$ 、約 84 的 CRI 及約 85 的 LPI。藉由添加圍繞光引擎、包括具有約 6% 重量的  $Nd_2O_3$  及厚度約 0.03 吋 (約 0.7 mm) 之 Nd 摻雜玻璃的黃光吸收體，SPD 1108 被得到，除了足以達成 OBA 的良好激發之約 7% 的 UV 紫光通量外，其具有強化的色彩偏好，以及約 3284K 的 CCT、約 -0.003 的  $D_{uv}$ 、約 91 的 CRI、以及約 109 的 LPI。曲線 1108 的部分 1110 表示由於黃光吸收體之光譜的黃色部分中的凹陷。

圖 12 之實施例的色點的比較、CRI、及 LPI 被與以下顯示於表 IV 中的某些先前技術的 LED 光源相比較。雖然兩種先前技術 LED 光源的色點及 CRI 值為非常類似於本實施例的色點及 CRI 值，但先前技術與本發明之間在約 10 個點的 LPI 中的差異已造成大多數的觀察者在一般零售商品測試安裝中，相較於習知技術，表達了對於此實施例非常強的偏好。

在零售商品測試安裝中，包括白色及各種色彩外表之被照明的商品的直接並排比較相較於現有光源 (圖 12) 被做成圖 11 的實施例。現有光源為產生圖 12 之 SPD

1202 的低瓦數陶瓷金屬鹵化物 (CMH) 指向性燈具，除了約 5% 的 UV 紫光通量 (足以用於 OBA 的良好激發) 外，其具有強化的色彩偏好，以及約 2950K 的 CCT、約 -0.004 的  $D_{uv}$ 、約 87 的 CRI、以及約 110 的 LPI。由於 LED 光源通常被認為是無法複製商品和家具在由 CMH 所提供的零售環境中的特殊色彩增強 (無論是色彩保真度等等)，尤其是在白色物體上的增白效果以及大範圍的彩色商品之色彩偏好強化上，零售商一直捨不得用 LED 光源換掉現有 CMH 光源，儘管 LED 的顯著 LPW 和壽命益處、且儘管 LED 達成與 CMH 一般高或更高的 CRI。如同以對 CMH 之約 110 的 LPI 值所量化的，從在此所提供的 (以及在專利申請案 PCT/US2014/054868 中所說明的) LPI 度量之偏差，色彩偏好強化可被理解為是因為強化的純飽和值 (net saturation value (NSV))，其主要藉由黃光在圖 12 的 CMH SPD 1202 中於從約 550 nm 到約 590 nm 的波長範圍的抑制來驅動，類似於本發明在從約 570 nm 到約 600 nm 的波長範圍中受到抑制的黃光之範圍 (1110)，如同在圖 11 之 SPD 1108 中所見的。

表 IV

光源	類型	CCT	Duv	CRI	LPI
黑體	參考	3000	0.000	100	100
圖 8a	先前技術 LED	3014	-0.003	90	102
圖 8b	先前技術 LED	3053	0.000	92	99
圖 11, 曲線 1108	本發明	3284	-0.003	91	109
圖 12	現有的 CMH	2950	-0.004	87	110

本發明所提出的實施例可提供一種對於顯示零售項目（例如，亞麻織物及/或衣服）的問題之解決方案，其藉由 LED 燈以使得通常已經存在於衣物的螢光材料增白（例如，「發出藍光」）的方式來進行。本發明之燈具、光源及方法的使用可在基於高效節能的 LED 照明下給予顯示亞麻織物和衣物的能力，且可賦予衣服（尤其是白色的衣服）一種效果，相較於在藉由習知技術的 LED 燈的照明下，使得其看起來更為乾淨。

在本發明中，當層被描述為在另一層或基板「上」或「上方」時，應理解的是，除非明確說明與此相反，層可為直接地相互接觸或具有其他的層或特徵介於其間。因此，這樣的詞語簡單描述層彼此之間的相互位置，且因為上方或下方的相對位置係根據裝置對於觀察者的方向而定，其並不一定表示「在...上方」。

對於在此所指的任何方法，上述的說明及/或所附圖式並非意味著暗示一種固定的順序或步驟的排序；而是任何方法可被以可行的任意順序來執行，包括但不限於被指

示為依序的步驟之同時執行。

雖然本發明已就特定的實施例被描述，顯然地，對於本領域技術人士而言可採用其他的形式。因此，本發明的範圍僅由下列的申請專利範圍來限定。

### 【符號說明】

302：曲線

304：曲線

306：曲線

400：圖表

402：等溫線

404：等溫線

406：曲線（黑體軌跡）

408：四邊形

409：MacAdam 橢圓

410：中心色度（中心點）

412：色點（色度點）

414：色點

416：色點

418：色點

420：色點

422：色點

424：色點

426：色點

- 428 : 色點
- 430 : 2 階 MacAdam 橢圓
- 432 : 4 階 MacAdam 橢圓
- 500 : 光譜功率分佈
- 502 : 光譜功率分佈
- 602 : 黑體曲線
- 604 : 白線
- 606 : 下部界限
- 608 : 上部界限
- 702 : 演色向量 ( CRV )
- 704 : 插入物
- 802 : 通量
- 804 : 通量
- 806 : 通量
- 808 : 通量
- 900 : 基本陣列
- 902 : 基座
- 904 : UV 紫光光源
- 906 : 光源
- 920 : 陣列
- 922 : 電路板
- 924 : UV 紫光 LED 晶片
- 926 : 發光二極體
- 928 : 封裝材料

- 940 : COB 陣列
- 942 : 板
- 944 : UV 紫光 LED 晶片
- 946 : 發光二極體
- 948 : 磷光層
- 960 : 陣列
- 962 : 板
- 964 : UV 紫光 LED
- 966 : LED 晶片
- 968 : 磷光層
- 1102 : 光譜功率分佈
- 1104 : 峰值波長
- 1106 : 峰值波長
- 1108 : 光譜功率分佈
- 1110 : 部分
- 1202 : 光譜功率分佈
- 1302 : 激發曲線
- 1304 : 發光曲線
- 1322 : 激發曲線
- 1324 : 發光曲線
- 1342 : 激發曲線
- 1344 : 發光曲線
- 1362 : 激發曲線
- 1364 : 發光曲線

201610363

## 發明摘要

※申請案號：104101687

※申請日：104年01月19日

※IPC分類：

F21V 9/08 (2006.01)

F21V 9/00 (2015.01)

F21Y 101/02 (2006.01)

【發明名稱】(中文/英文)

用於強化的光學增白及色彩偏好之燈具

Lamps for enhanced optical brightening and color preference

## 【中文】

在實施例中，本發明提供一種包括至少一固態光發射器的光源。運作中的光源發射實質的白光，其具有至少約 105 的照明偏好指數 (LPI)，且來自光源的此發射包括至少約 1% 的 UV 紫光通量。本發明的燈具、光源及方法的使用可在高效節能的基於 LED 的照明下賦予顯示亞麻織物和衣服的能力，且可給予對衣服 (尤其是白色衣服) 的影響，這使得它們相較於在藉由習知技術的 LED 燈具的照明下看起來更為乾淨。

## 【英文】

In an embodiment, the disclosure provides a light source comprising at least one solid state light emitter. The light source, in operation, emits substantially white light having a Lighting Preference Index (LPI) of at least about 105, and this emission from the light source comprises a UV-violet flux of at least about 1%. Use of the lamps, light sources, and methods of the present disclosure may afford the ability to display linens and clothing under energy-efficient LED-based illumination, and may impart an effect to (especially white) clothing, that makes them look cleaner than under illumination by prior art LED lamps.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第(9a)圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

900：基本陣列

902：基座

904：UV 紫光光源

906：光源

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：無

## 申請專利範圍

1. 一種光源，包括至少一固態光發射器，運作中的該光源發射實質的白光，其具有至少約 105 的照明偏好指數（Lighting Preference Index, LPI）且包括至少約 1% 的 UV 紫光通量。

2. 如申請專利範圍第 1 項之光源，其中，該 UV 紫光通量為至少約 5% 且至多約 30%。

3. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之光源，其中，該照明偏好指數為至少約 110 且至多約 145。

4. 如申請專利範圍第 1 項之光源，其中，該至少一固態光發射器包括一個或多個 LED 晶片、LD 晶片、無機發光電晶體、有機 LET 晶片或 OLED 面板。

5. 如申請專利範圍第 1 項之光源，其中，該光源為（i）光引擎；（ii）包含在支承結構上的光引擎之發光模組；（iii）包含照明系統的燈具及/或照明器具；或（iv）包含複數個燈具或複數個照明器具的照明系統。

6. 一種光源，包括：

光引擎，其包括至少一 SSL 發射器，運作中的該光引擎發射實質的白光，其具有至少約 105 的照明偏好指數（LPI），

該光源還包括至少一固態 UV 紫光發射器。

7. 如申請專利範圍第 6 項之光源，其中，該光引擎包括藍光 LED 結合複數個封裝的磷光體；且可選地還包括至少一紅光 LED。

8. 一種光源，包括：

至少一固態白光發射器；

黃光吸收濾色器，其配置來選擇性地吸收來自該至少一固態白光發射器的黃光；以及

至少一固態 UV 紫光發射器。

9. 如申請專利範圍第 8 項之光源，運作中的該光源發射實質的白光，其具有至少約 105 的照明偏好指數（LPI）且發射至少約 1% 的 UV 紫光通量。

10. 如申請專利範圍第 8 項之光源，其中，該黃光吸收濾色器為

（a）被設置在 LED 封裝內，或為

（b）濾色器結構，其過濾來自發光模組的光，該發光模組包括該至少一固態白光發射器，或為

（c）燈具或照明器具中的漫射器或光學元件，或為

（d）濾色器結構，其過濾來自照明系統中的複數個燈具或照明器具的光。

11. 一種光源，包括至少一固態光發射器，運作中的該光源能夠強化螢光體的外表亮度，且能夠發射至少約 105 的照明偏好指數（LPI）之實質的白光。

12. 一種方法，包括：

以包含至少一固態光發射器的光源照射螢光體，運作中的該光源發射實質的白光，其具有至少約 105 的照明偏好指數（LPI）且包含至少約 1% 的 UV 紫光通量。

13. 一種指向性燈具，包括：

反射性或折射性的光束形成光學元件；

光引擎，其與該光束形成光學元件光通信，其中，該光引擎包括 UV 紫光 LED 晶片和藍光 LED 晶片的陣列，該陣列在其發光表面的至少一部分塗佈有磷光體合成物，該磷光體合成物包括至少一黃色或黃-綠色磷光體以及至少一紅色磷光體，該光引擎發射至少約 1% 的 UV 紫光通量；以及

黃光吸收濾色器，用於色彩過濾來自該光引擎的輻射通量；

其中，運作中的該指向性燈具發射實質的白光，其具有至少約 105 的照明偏好指數（LPI）。

14. 如申請專利範圍第 13 項之指向性燈具，還包括與該光引擎光通信的透鏡。

15. 如申請專利範圍第 13 或 14 項之指向性燈具，其中，該 UV 紫光通量為從約 5% 到約 10%，且其中，該照明偏好指數為從約 105 到約 145。

























