

發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號： 97124429

※ 申請日期： 97.6.27

※IPC 分類： H01L 33/00 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

高效率白光發光二極體之光學設計

OPTICAL DESIGNS FOR HIGH-EFFICACY WHITE-LIGHT
EMITTING DIODES

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

美國加利福尼亞大學董事會

THE REGENTS OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA

代表人：(中文/英文)

琳達 S 史蒂文生

STEVENSON, LINDA S.

住居所或營業所地址：(中文/英文)

美國加州奧克蘭市法蘭克林街1111號12樓

1111 FRANKLIN ST., 12TH FL., OAKLAND, CA 94607-5200, U.S.A.

國 籍：(中文/英文)

美國 U.S.A.

三、發明人：(共 3 人)

姓 名：(中文/英文)

1. 費德瑞克 S 黛恩
DIANA, FREDERIC S.
2. 史帝芬 P 丹巴爾斯
DENBAARS, STEVEN P.
3. 中村 秀治
NAKAMURA, SHUJI

國 籍：(中文/英文)

1. 法國 FRANCE
2. 美國 U.S.A.
3. 美國 U.S.A.

四、聲明事項：

☐ 主張專利法第二十二條第二項 ☐ 第一款或 ☐ 第二款規定之事實，其事實發生日期為： 年 月 日。

☒ 申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

☒ 有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1. 美國；2007年06月27日；60/946,652

2.

☐ 無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1.

2.

☐ 主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

☐ 主張專利法第三十條生物材料：

☐ 須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

☐ 不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於半導體發光二極體(LED)，且特定言之，其提出針對改良用於照明應用之白光發光二極體(WLED)之發光效率之最佳化光學設計。

本申請案主張在共同待審及共同讓渡之美國臨時專利申請案序列號60/946,652之35 U.S.C.第119(e)節下之權利，由Frederic S. Diana、Steven P. DenBaars及Shuji Nakamura於2007年6月27日申請，標題為"用於高效率白光發光二極體之光學設計"，代理人檔案號碼30794.232-US-P1 (2007-503)，該申請案係以引用的方式併入本文中。

【先前技術】

目前，在現有技術中存在許多WLED封裝組態。術語封裝包含一廣泛技術範疇。相對於LED，其指遵循晶圓處理之所有製造步驟：將LED晶片切塊、將其轉移至用以提供電性注入及散熱之頭座或支座、整合次級發射種類，及以透明材料囊封而增強光擷取並且允許裝置保護與鈍化(此步驟順序可以不同次序加以執行)。

以下，術語LED晶粒用以指一半導體晶片，其包含電致發光主級發射種類(例如量子井或任何其他類型之半導體異質結構)。術語磷光體指光學抽出次級發射種類，而不失一般性。

來自大量封裝WLED之方式，大部分存在用於磷光體整合之二個主要組態：晶載磷光體及遠端磷光體組態。

如圖1所顯示，在晶載磷光體組態100中，將磷光體102放置於緊鄰半導體LED晶粒104附近，可如塗布該晶片104之粉末，或者如圍繞該晶片104之具有樹脂之混合物，其具有不同濃度及幾何大小。該LED晶粒104通常係固定於提供電性注入及散熱的一反射頭座或LED杯106上，而且嵌入一透明環氧樹脂108(樹脂、矽等)中。

使用一透明環氧樹脂108允許增加該裝置104之光擷取效率，因為相較於近紫外、可見及紅外線波長範圍中之空氣，透明環氧樹脂具有一更高之折射率(n)。發射自高折射率半導體晶片104(通常對於大部分半導體， $n > 2$)內之光唯獨其在該晶片104裡面之入射角係在該光逸出圓錐內(亦即，於全內反射(TIR)之臨界角 θ_c 以下)才可逸出外面。 θ_c 取決於圍繞該LED晶粒104之介質之折射率 n_{out} ，及該LED晶粒104之折射率 n_{in} ： $\theta_c = \arcsin(n_{out}/n_{in})$ 。當一GaN LED晶粒104($n_{in}=2.5$)外部之介質從空氣($n_{out}=1$)改變至一共同透明環氧樹脂108($n_{out}=1.45$)時， θ_c 之值從 24° 增加至 35° 。

對於出現光擷取之此種增加，必需：(1)緊密接觸(即使一薄空氣或真空層分離該LED晶片104與該環氧樹脂108，仍會消除光擷取之潛在增加)，及(2)將環氧樹脂108與外部介質(通常為空氣)之間之介面110彎曲或成形，因而對於具有一折射率 ~ 1.45 之環氧樹脂108，使擷取自該LED晶粒104及磷光體102之光線之最大部分以遠小於全內反射之臨界角： $\theta_c \sim 43^\circ$ 之入射角撞擊至此介面110上。

因此可將該整個LED晶粒+杯+樹脂+磷光體裝配件放置

於可從一透明環氧樹脂或光學玻璃製成的一半球或圓頂形材料112(一光學器件)中。使用此形狀，大部分光線以依幾乎最小化反射比之角度 $0^\circ(\theta_c \sim 43^\circ)$ 入射。

然而，在該晶載磷光體組態100中，從該磷光體102向下發射(亦即，朝該LED晶粒104及頭座或LED杯106發射)之光線係由該等LED金屬接點及摻雜半導體層(其係用以電性注入包含於該LED晶片104中的主級發射種類所必需)部分吸收。實際上，為了使此等光線逸出，其必須向下傳播橫跨該LED晶粒104、由(包含於該LED晶粒104之底部表面上或該LED杯106上的)一充分反射層向上折射、再次傳播橫跨該LED晶粒104，並且然後通過該磷光體層102，而不致遭到吸收。此外，由該等磷光體102向上發射之光線以及擷取自該LED晶粒104用以光學抽出該等磷光體102的主級光經歷多個反射、折射及散射事件，因為大磷光體粒子(通常直徑大於 $5\ \mu\text{m}$)之存在，其中該等磷光體粒子具有通常不同於嵌入該等磷光體粒子之材料之折射率($n \sim 1.45$)之折射率(對於稀土摻雜YAG磷光體， $n \sim 1.75$)。此等散射事件增加光吸收之機率。最終，在此組態100中，磷光體102係與操作下之LED接面114之高溫(其可達到大於 150°C 之溫度)直接接觸。於此升高溫度，增加磷光體102之降級速率，而且通常減少其內部量子效率。

此等負效應係藉由使用遠端磷光體組態200來部分去除。如圖2上所繪示，在此組態200中，將該磷光體202與該LED晶粒204分離，亦即，將其放置於離開該LED晶粒

204之上表面204至少200 μm 。此組態200允許增加WLED之總體發光效率，其係藉由減少由金屬與摻雜半導體層散射及吸收所造成之光吸收之機率。此外，此組態200將該等磷光體202放置於離開升高溫度之區域，其係在操作下之LED晶粒204附近。圖2中亦顯示該樹脂206、LED杯208及光學器件210。

在一遠端磷光體組態中存在磷光體應用之不同可能性。圖3顯示一遠端磷光體組態300之一範例，其中該等磷光體302係正在塗布於圓頂形之光擷取光學器件304。圖3中亦顯示該LED晶粒306、樹脂308及LED杯310。

先前組態及所有其可能幾何形狀不限於與該圓頂形之光擷取光學器件112、210或304組合而使用。取而代之亦可使用倒截斷圓錐獲得類似之光擷取效能。在圖4中，將該等磷光體400放置於一倒截斷圓錐形之光學器件402(其可從一樹脂或光學玻璃形成)之頂部，而在圖5中，圖4之整個裝配件404(包括該等磷光體400、光學器件402、LED晶粒406、及LED杯408)係由另一圓頂形之光學器件410所覆蓋。使用此類截斷圓錐402係使用半球形之光學器件之一可能替代，因為擷取自該LED晶粒406之光線以大於 θ_c 之角度撞擊於該圓錐402之側壁412a、412b上，因而完全內部反射，而且可向上逸出通過該光學器件402之上表面414。

雖然該遠端磷光體組態之先前幾何形狀可幫助減少光吸收，但該技術中仍需要藉由利用替代封裝幾何形狀而改良

光擷取效率。

實際上，分別如圖2及圖5中所示，當將磷光體202、400放置於一LED杯208裡面或相鄰由樹脂製成的一倒圓錐402時，該等磷光體202、400被嵌入具有大約1.45之折射率的一材料206、402、210及410中及/或由其所圍繞。此組態之對稱性隱含發射自該磷光體層202、400裡面之光以幾乎相等之數量向上及向下傳播。因此，於可能逸出外面前，由該等磷光體202、400所發射之光之大約50%必須在該LED杯208之底部208b經歷反射。因而此光之部分係於該程序中吸收。實際上，由該等磷光體202、400向下發射之光之數量係稍微大於向上發射之光；實際上，該主級光線(亦即，由該LED晶粒406、204所發射之射線)係從該磷光體層202、400之底部416(亦即，最靠近該LED晶粒204、406之磷光體之部分)入射，因而相較於位在靠近該磷光體層202、400之頂部418之該等磷光體，較多光係由位在靠近該磷光體層202、400之底部416之磷光體所發射。結果，向上傳播之次級光(亦即，由該磷光體202、400所發射之光)之散射係大於向下傳播之次級光之散射。

使用其他遠端磷光體幾何形狀(如圖3及圖4中所示)，情形幾乎類似，而且此外，靠近該等磷光體存在另外之複合柄，其係來自以下事實：一平滑介面分離該磷光體層與空氣。如圖6所示，該平滑介面600僅允許在該逸出圓錐608裡面以小於 θ_c 606之角度入射之光線602(由例如一磷光體粒子的一光源604所發射)在該外部介質612(通常為空氣)

中擷取。其餘光線614、616係完全內部反射(完全內部反射之次級光線614)，或者向下傳播(透射之次級光線616)通過透明介面(例如618)，以無用方向回頭朝該內部介質/光學器件620及該LED晶粒622，及朝不可忽略光吸收之機率之區域。圖6亦顯示由該LED晶粒622發射並且透射至該磷光體層626中之一透射主級光線624的一可能軌跡，在該磷光體層626中該射線624與一光源604(例如該磷光體層626裡面的一磷光體粒子)交互作用。因此，該技術中需要改良之封裝組態，用以增強自例如磷光體層之光擷取。本發明滿足此需要。

【發明內容】

為了克服以上所描述之先前技術之限制，及克服於閱讀與瞭解本說明書時將顯然可知之其他限制，本發明藉由使用數個發射種類及最佳化封裝組態而揭示高效率白光發光二極體(WLED)燈之設計原理與範例。一WLED燈係由一LED半導體晶片、用以支撐該晶片並且允許電性注入及散熱的一頭座、及囊封材料(其可能包括次級發射種類，用以提供具有不同波長之光)構成。該LED晶片通常係由一基板，在該基板上成長的一緩衝層(若需要此一層)，及包括主級發射種類的一電性注入活性區域構成。其他光學活性物質包括次級發射種類，其係藉由該主級發射種類之光及不同波長之再發射光而光學抽出。該次級發射種類一般而言係由光降頻轉換微粒磷光體構成，該等光降頻轉換微粒磷光體係嵌入一被動透明矩陣中。本發明係關於光學元件

與設計之整合，其允許展示具有大於100 lm/W之總體發光效率之白光LED燈。

本發明進一步揭示一種白光發光二極體(WLED)，其包括一發光二極體(LED)，用於發射主級光；一次級發射種類，其光學耦合至該LED，用於發射次級光，包括不同於該主級光之一波長的一或多個波長；以及至少一光學功能介面，其定位於該次級發射種類與該LED之間，其中該光學功能介面對於入射自該LED之主級光係至少部分透明，並且對於入射自該次級發射種類之次級光係至少部分反射。

該WLED可包括一個以上光學功能介面，例如，二(或多個)光學功能介面。可將該光學功能介面定位於離該LED至少等於該LED之一橫向範圍的一距離。該光學功能介面可包括一第一材料。該光學功能介面可包括該第一材料的一表面，而且可將該材料定位，使得其折射率增加在該光學功能介面之次級發射種類裡面之次級光之全內反射。

當藉由該主級光而光學抽出時，該次級發射種類可為一磷光體層，其發射該次級光，該第二材料可至少部分圍繞該LED，並且係經定位，使得該第二材料之折射率減少在該LED與該第二材料之間之一介面之LED裡面之主級光之全內反射；以及可將該第一材料定位於該次級發射種類與該第二材料之間。

該第一材料之折射率可小於該磷光體層之折射率。該等光學功能介面之一可包括一第三材料，其中該第三材料係

定位於至少某些第二材料與該第一材料之間。

該 WLED 可包括一頭座或 LED 杯上的一 LED 晶粒；該第二材料可包括一圓頂形之外表面，其中該 LED 晶粒係由該第二材料及該頭座或 LED 杯加以囊封；以及該第一材料可覆蓋該外表面，而且該磷光體層可覆蓋該第一材料。或者該 WLED 可包括一頭座或杯上的一 LED 晶粒，該 LED 晶粒可由該第二材料及該頭座或 LED 杯加以囊封，該第三材料可包括一圓頂形之外表面；該第一材料可覆蓋該第三材料之外表面；可將該 LED 定位於該 LED 杯中，使得該 LED 之視野包括該第三材料之外表面之整體，而且該 LED 杯可將該主級光朝該磷光體反射。

該第一材料可為一空氣間隙，其包括遠大於該主級光之一波長的一厚度。該第二材料可為樹脂、環氧樹脂、矽或玻璃。

該 LED 頭座可在一安裝固定物上，而且可經由一反射材料將該磷光體層安裝於該安裝固定物。

來自該磷光體層之發射可為一黃光發射，而且該 LED 晶粒可為發射藍光之一以 III 族氮化物為主之 LED 晶粒。

該 WLED 可能用於發射具有一 100 lm/W 之總體發光效率及一 100 lm/W 以上之封裝效率之白光。該 WLED 可能用於發射具有至少 60 之一演色性指數之白光。

本發明進一步揭示一種用於製造一白光發光二極體 (WLED) 之方法，其包括在一次級發射種類與一 LED 之間提供一或多個光學功能介面，用以將由該次級發射種類所

發射之次級光反射離開該LED，其中該一或多個光學功能介面對於入射自該LED之主級光係至少部分透明，並且對於入射自該次級發射種類之次級光係至少部分反射，而且該次級光包括不同於該主級光之一波長的一或多個波長。

可將一或多個光學功能介面之一定位於離該LED至少等於該LED之一橫向範圍的一距離。

該LED可為一LED晶粒，而且該次級發射種類可為一磷光體層，而且該方法可進一步包括以一第一材料及一頭座或LED杯囊封該LED晶粒，其中該第一材料包括一圓頂形之外表面，而且係經定位，使得該第一材料之折射率減少在該LED與該第一材料之間之一介面之LED裡面之主級光之全內反射；而且以該一或多個光學功能介面覆蓋該外表面，其包括一第二材料，其中該第二材料具有小於該磷光體層之折射率的一折射率，而且該一或多個光學功能介面將該次級光反射離開該材料。

【實施方式】

在較佳具體實施例之以下描述中，參考形成本發明之一部分的附圖，並在附圖中藉由解說顯示其中可實施本發明的一特定具體實施例。應明白，可利用其他具體實施例並可進行結構變化而不脫離本發明之範疇。

概述

目前之WLED組合電致發光半導體晶片，以光學抽出例如無機磷光體之次級發光物質(譬如，藍光可抽出發黃光磷光體，以產生白光)。本發明提供新穎封裝組態，其允

許 WLED 之總體發光效率大於每瓦特 100 流明 (lm/W)，但是二個發光物質擁有充分高之內部量子效率。

技術描述

本發明針對藉由減少主級及次級光吸收之機率而增加 WLED 之總體發光效率。圖 7 中解說針對改良 LED 發光效率之主要光學設計。所有此等方案之共同點係將光吸收之機率減少至一最小值。因此，將該磷光體光源 700 (或磷光體層 702) 放置於充分遠離該 LED 晶粒 704 (在至少等於該 LED 晶粒 704 之橫向範圍 708 之一距離 706)。就這方面而言，本發明在該晶粒 704 與該磷光體層 702 之間及該磷光體層 702 與該外 (或外部) 介質 718 之間引入多個光學功能 (或修改的) 介面 (710、712、714、716)。

位於該磷光體層 702 與該 LED 晶粒 704 或內部介質 720 之間之介面之至少一者 (例如 710) 應提供由該等磷光體 700 向下發射之次級光的一高反射比 (以反射已反射的次級光線 722)，及由該 LED 晶粒 704 發射之主級光 724 的一高透射比 (以透射已透射的主級光線 724)。此等介面之至少一者 (例如 710) 應為一部分反射器，或二向色鏡，其將提供具有包括在近 UV 至藍光範圍中之波長之光 (由該 LED 704 所發射) 的一非常高透射比，及具有包括在可見光譜之綠光、黃光或紅光部分中之波長之光 (由該等磷光體 700 所發射) 的一高反射比。該介面 710 可在一光學器件 726 的一表面 (例如一二向色鏡) 與該內部介質 720 之間。

如用以形成分散式布拉格反射器 (distributed Bragg

reflector, DBR)之普遍作法,此一光學元件726可藉由使用一介電多層加以形成。圖8顯示一此類二向色鏡之計算的光學特徵,其係藉由以其他終止層堆疊一100奈米厚二氧化矽層及一80奈米厚氮化矽層五次所獲得。在此計算中,該堆疊係由樹脂及空氣加以圍繞,如同將其定位於圖7中之介面710,其中空氣在該光學器件726與該內部介質720之間。此標繪圖上顯示數個曲線。使用實線之曲線係五個不同入射角之堆疊之反射比(R)對波長特徵(其中如圖例所指示,圖8中從右至左之5個實曲線分別代表入射角 0° 、 10° 、 20° 、 30° 及 40° 之R)。使用虛線之曲線係五個不同入射角之堆疊之透射比(T)對波長特徵(其中圖8中從右至左之5個虛線曲線分別代表入射角 0° 、 10° 、 20° 、 30° 及 40° 之T)。該線800係一WLED(其組合操作下之藍與黃光)的一測量光譜。該計算顯示僅以下列必需條件相對較簡單地形成所需光學元件726:將必須引導擷取自該LED晶粒704之入射光線,使得其在該二向色鏡726上將不具有大於 40° 之入射角。其一替代可為以類似折射率($n \sim 1.45$ 至 1.5)之材料圍繞該二向色鏡726,但具有一稍微修改之多層結構。目前電子束或電漿沈積技術可允許此類多層之大規模製造。

例如以圖7中之728加以代表,另一類型之部分反射器可藉由引入具有一低折射率的一或多個中間層而使用。此一低折射率層728(例如,遠大於光之波長之厚度的一空氣間隙)可引入由磷光體702所發射之光之一有用之全內反射,

而同時保持由該LED晶粒704所發射之光的一非常高透射比。實際上，由該等磷光體704以大於 θ_c (對於空氣/樹脂或玻璃介面 $\sim 43^\circ$)之角度所發射之光係全內反射之730(反射之次級光線)，其給予75%之此類介面714的一立體角平均反射比，其中假設一等向性光源700。亦即，若該磷光體層702並非從該內部介質720光學解耦，則向下發射之光之75%將簡單地藉由使用一空氣間隙728而向上反射回去，而非0%。先前，向下傳播光線僅可由該LED晶粒704及高度反射LED杯732向上反射回去，而出現損失。此外，若將此層728放置於充分遠離該LED晶粒704(在至少等於該LED晶粒之橫向範圍708的一距離706b)，而且若將該層728成形為一半球層，則發射自該LED晶粒704之所有光線(例如724)以幾乎垂直入射越過此層728，因而具有最小反射比。

該等磷光體粒子700並未有效地反向散射光，因為其尺寸通常遠大於光之波長，及因為以下事實：磷光體700與其所嵌入之矩陣(其中該磷光體層702包括該矩陣及該等磷光體700)之間之折射率失配 Δn 通常不會非常大($\Delta n \sim 0.3$)，而且以垂直入射之反射比按類似 Δn^2 比例調整。

為了該層702裡面未能將該等磷光體700發射之光加以導引(藉以形成透射之次級光線734)，必須將該上介面716光學功能化，以便在角度及光譜域二者變成儘可能地透射。一可能之解決方案係以一抗反射塗層塗布該磷光體層702之平滑上表面736。另一解決方案係以一週期、準週期或

準隨機圖案紋理化該上表面736。若該表面736保持平滑，則此類圖案實際上可用以廢除或部分消除將出現於該介面716之全內反射。

為了解說此效應，圖9顯示通過一平面(粗黑線900)與一圖案化(細灰線902)介面(例如716)而進入空氣之橫向電場(TE)偏光平面波透射比的一比較，其係與入射角成一函數關係。該圖案由空氣(例如外部介質718)與該平面波所入射之具有 $n=1.45$ 之一透明材料(例如702)之間的一方形表面調變組成，其中一週期係 $4\text{ }\mu\text{m}$ 、一深度係 $2\text{ }\mu\text{m}$ ，而且一填充因數係40%。若假設該透射比係等向平面內，則相較於該平面介面之情況，圖案化感應52%之光擷取之增加(此數字係藉由積分該對向立體角上之角度透射比曲線所獲得)。雖然在入射角，該圖案化介面902之透射比係稍微低於該平面介面900之透射比，但在大於全內反射的角度($\theta_c \sim 43^\circ$)之角度，該圖案化介面902之透射比變成遠大於該平面介面900之透射比，而且此等角度係與立體角之一又更大部分相關聯。

此類圖案化可以各種方式獲得。一種方法係從一紋理化模具形成該等磷光體層702。另一方法將為簡單地緊密包裝該等磷光體粒子700，藉由模製將其嵌入一透明矩陣中，而且藉由執行一選擇性蝕刻移除前數十微米之透明矩陣，隨後解模製。

該中間層728與該光學器件之間之介面712可以例如以上所描述之另一部分反射器或二向色鏡或者以一抗反射塗層

加以塗布。一簡單抗反射塗層可係由一四分之一波厚透明材料構成，該材料具有空氣與樹脂之間之中間折射率，例如氟化鎂($n \sim 1.38$)。

最終，該LED杯表面738應儘可能地反射，而且可由一鏡面反射或擴散反射塗層(金屬，例如銀或鋁，或者非金屬，例如鐵氟龍或硫酸鋇等)構成，在所有情況中，該LED晶粒704係固定至一良好散熱材料上。圖7亦顯示一透射之主級光線740，其係透射通過該磷光體層702而進入該外部介質718。該介面714亦可反射由該LED 704發射並已朝該LED 704散射回去的主級射線730。

圖10顯示本發明的一具體實施例。該LED晶粒1000係放置於一高度反射LED杯1002中，並由一第一透明材料1004(例如樹脂)加以囊封。該第一透明材料1004本身係由一半球透明光學器件1006加以覆蓋，其中該光學器件1006具有包括表面1006a、1006b之最佳化介面，及與該第一透明材料1004類似的一折射率，以限制在包括表面1006a之介面之反射。此介面可係由表面1006a上的一二向色鏡或二向色反射器塗層1008a構成，其透射所有主級光線並且反射由該等磷光體1010所發射之次級光線。該磷光體層1010圍繞該光學器件1006之表面1006b，而且低折射率材料的一或多個中間層1012位在該二個介質1006與1010之間(其中該層1012可具有較介質1006及1010更低的一折射率)。面向該等磷光體1010之光學器件1006之表面1006b可以一抗反射塗層1008b加以塗布，所以該主級光可行進通

過該介面(亦即橫跨表面1006b)，而不致遭到反射。可將該磷光體層1010之上表面1014紋理化、粗糙化或圖案化，以便藉由限制全內反射而增加光擷取。該LED杯1002可具有一高度反射表面1016。

在圖11所示之另一具體實施例中，一WLED 1100(例如，該磷光體層1102)在厚度1104a、1104b並不均勻，但可以一較厚厚度1104a在該光學器件1108之頂部1106a上及一較薄厚度1104b在該等側面1106b處製成，其中該光學器件1108之外表面1110係成形為一半球圓頂。此厚度修改可用以精細調諧藉由混合主級與次級光所獲得之表觀白光之角回應。圖11之WLED 1100進一步包括一或多個中間層1112，其介於該磷光體層1102與該光學器件1108之間，並且塗布該光學器件1108之外表面1110，其中該光學器件1108包括最佳化介面，一LED晶粒1114在一LED杯1116中，而且樹脂1118囊封該LED晶粒1114。

在圖12及圖13所示之其他具體實施例1200、1300中，將該LED杯1202、1302製成較淺(亦即較小深度1204)或較不淺(亦即較大深度1304)，以提供一較寬(圖12)或較窄(圖13)視角，而減少該LED晶粒1208、1308正上方之樹脂1206、1306之數量。由於在該裝置1200、1300之壽命期間可出現樹脂1206、1306之黃化，其可有利的係將LED晶粒1208、1308與光學器件1212、1312之間之樹脂1206、1306之厚度1210、1310減少至一最小值。圖12同時解說亦可如何藉由一較淺LED杯1202(相較於圖13中之LED杯1302)將樹脂

1206之總數量減少(相較於圖13中之樹脂1306之數量)。圖12及圖13中亦顯示具有最佳化介面之中間層1214、1314及該磷光體層1216、1316。

在圖14所示之另一具體實施例1400中，該LED晶粒1402係由一圓錐形之透明材料1404(例如包括樹脂)所圍繞，以利用該全內反射效應，而取代使用吸收光之部分的一金屬反射器。該樹脂1404可座落於一LED杯1406中，並且藉由具有最佳化介面的一光學器件1408加以覆蓋。該光學器件1408可藉由具有最佳化介面的一或多個中間層1410及磷光體1412加以覆蓋，其中該等中間層1410係於該等磷光體1412與該光學器件1408之間。

在圖15所示之另一具體實施例1500中，將該樹脂/光學器件1502成形為一倒截斷圓錐。該LED晶粒1504座落於一LED杯1506上，而且由該光學器件1502所覆蓋。該光學器件之頂部表面1508係由一或多個中間層1510及磷光體1512所覆蓋，其中該等中間層1510係於該頂部表面1508與該等磷光體1512之間。

在圖16所示之另一具體實施例1600中，將多個封裝之LED 1602安裝於一高度反射框1604中，而且安裝具有功能化介面之磷光體層1606，使其圍繞所有LED 1602(或者與實質上由該LED 1602發射之所有光線相交或交互作用)。

該LED晶粒可包含例如光子晶體、粗糙化表面、圖案化介面與層之光學元件，用以與光學侷限層及/或高度反射層一起提供增加之光擷取。亦可將該LED晶片形成為不同

於立方體或平行六面體形狀之形狀，例如錐體或菱形狀之形狀。該LED晶片亦可以例如從ZnO製成的一光擷取"百萬圓錐"加以覆蓋。該LED亦可覆蓋一底座，其中該底座係經成形，以便最佳化光擷取，且其中該底座係從一幾乎折射率匹配材料製成。

製程

對於最佳化磷光體層幾何形狀及組態，至少二個可能製程係可能。圖17中顯示一可能程序。在此程序中，例如一覆晶(FC)LED晶片1700之LED晶粒係由一光學器件1702所圍繞，該光學器件係藉由直接圍繞該LED晶粒1700及頭座1704進行模製所成形。然後將該LED晶粒1700+頭座1704+光學裝配件1702附著至一安裝固定物1706上。然後隨後經由一磷光體支座1710將具有功能化介面之磷光體層1708附著至同一安裝固定物1706上。可將高度反射材料1712放置於該磷光體支座1710與該磷光體層1708之末端1714之間，以防止在該磷光體層1708裡面完全內部反射之光逸出，而未與該等磷光體1708進行最大交互作用。可將高度反射材料1716放置於該頭座1704與該光學器件1702之間，以便將光(其係在該光學器件1702裡面完全內部反射)朝該等磷光體1708反射。可將一或多個中間層1718定位於該光學器件1702(其可為具有最佳化介面的一透明圓頂)與該等磷光體1708之間。

圖18中所示之另一製程例如藉由固化一環氧樹脂或聚矽氧而將一LED杯1800附著至該光學器件1802。然後隨後將

具有功能化介面之磷光體層 1804 附著至一端緣 1806 或該光學器件 1802 的一凸緣上。

範例：

(1) 使用一市售藍光 LED 晶片

圖 19 顯示一裝置 1900 的一示意圖。一藍光 LED 燈係藉由將一市售 CREE EZR450 LED 晶粒或晶片 1902 藉由使用銀環氧樹脂附著至一銀頭座 1904 上而形成。銀環氧樹脂允許遍佈該 LED 晶粒 1902 之垂直電性傳導；更具體言之，其允許從該矽子基板行進至該等 p 摻雜 GaN 層及活性層（包含 InGaN 量子井）之孔之注入。此晶粒 1902 之頂部接點（n 接點）係藉由一金導線 1906 經由導線接合而連接至該銀頭座 1904 之第一（頭座）柱 1908。該銀頭座 1904 之另一（第二）柱 1910 係藉由另一金導線 1912 經由導線接合而連接至該頭座 1904 本身。於此階段，銀頭座 1904 上之裸 LED 晶粒 1902 之總輻射通量 Φ_B 係使用一 21.0 mW 校準的積分球在 20 mA 及 3.20 V 加以測量（DC 測量）。在發射峰值之光之波長係 477 奈米。

使用一透明樹脂（可購自 General Electric (GE)）經由一模製技術形成一半球形之圓頂 1914 將該 LED 晶粒 1902 囊封於銀頭座 1904 上。該 LED 晶粒 1902 係放置於該圓頂 1914 之中心 1918 稍微下方（在一 ~2 mm 之距離 1916）。該圓頂 1914 之直徑 1920 係 7.5 mm。然後銀頭座 1904 上之囊封藍光 LED 晶粒 1902 之總輻射通量 Φ_B 係使用一 26.6 mW 校準的積分球在 20 mA 及 3.20 V 加以測量（DC 測量）。此顯示該透明聚矽氧

圓頂1914允許總輻射通量之一25%之增加。

然後將由Mitsubishi Chemical Corp. (MCC)所提供的一發黃光磷光體與一透明樹脂混合，而形成具有6%、5%或3%重量比之磷光體濃度之糊狀物。然後模製該等糊狀物，以形成蓋子1922，其係成形為厚度大約2 mm之空心半球。

然後將由具有6%、5%或3%磷光體濃度之糊狀物構成之蓋子1922(或磷光體層)各自依序安裝於該囊封藍光LED(如以上所描述，包括該透明聚矽氧圓頂1914及LED 1902)，允許厚度1926大約1 mm的一空氣間隙1924存在於囊封該藍光LED晶粒1902之透明圓頂1914之上表面1928與該等磷光體蓋子1922之內表面1930之間。該等蓋子1922之光輸出特徵係使用一校準的積分球加以測量(DC測量)。

表1-以具有三個不同磷光體濃度(conc.)之層1922加以覆蓋由相同藍光LED燈構成之WLED 1900之光譜特徵，其中用於此等測量之LED晶粒係一CREE EZR450。

磷光體蓋子濃度(%)	I (mA)	V (V)	x	y	CCT (K)	CRI
6	5	2.88	.4004	.4715	4106	59.5
6	20	3.20	.4004	.4687	4088	59.9
5	5	2.88	.3593	.4030	4732	63.3
5	20	3.20	.3593	.3993	4717	64.0
3	5	2.88	.3083	.3122	6935	72.0
3	20	3.20	.3080	.3109	6972	72.2

表1以下列符號彙總該等WLED 1900之光譜特徵： I 係流過該LED晶粒1902之DC電流， V 係施加電壓， x 及 y 係該WLED光譜色彩座標，CCT係相關色溫，而CRI係與測量

WLED光譜相關聯之演色性指數。注意磷光體濃度與CCT之間之準線性關係。

表2-以具有三個不同磷光體濃度之層加以覆蓋由相同藍光LED燈構成之WLED 1900之主要輸出特徵，其中用於此等測量之LED 1902晶粒係一CREE EZR450。

磷光體蓋子濃度(%)	I (mA)	V (V)	Φ_B (mW)	Φ_W (mW)	F_W (lm)	η_{lum} (lm/W)	η_{pack} (lm/W)
6	5	2.88	7.1	4.686	1.942	134.9	273.1
6	20	3.20	26.6	17.71	7.239	113.1	272.1
5	5	2.88	7.1	5.092	1.846	128.1	259.6
5	20	3.20	26.6	18.62	6.819	106.5	256.4
3	5	2.88	7.1	5.212	1.621	113.0	228.0
3	20	3.20	26.6	19.58	6.035	94.9	226.9

表2以下列符號彙總該等WLED 1900之主要輸出特徵： I 係流過該LED晶粒之DC電流， V 係施加電壓， Φ_B 係該LED總藍光輻射通量，而且 Φ_W 及 F_W 分別係如藉由該積分球所測量之WLED 1900總輻射及發光通量。

一WLED之主要優值係其總體發光效率 η_{lum} 。 η_{lum} 係定義成WLED總發光通量 F_W 對供應給該裝置之總(電性)功率 $P=IV$ 之比率。此數量係以lm/W之單位加以表達。用於量化一給定封裝組態(包含磷光體)之能力(其用以轉換主級光及擷取白光)之效率之主要優值係封裝效率 η_{pack} 。此處， η_{pack} 係定義成該WLED之白光發光通量 F_W 對該WLED之藍光輻射通量 Φ_B 之比率。 η_{pack} 亦以lm/W之單位加以表達，而且係可單獨用作封裝效率之一測量，因為與電性注入效率或其不足相關聯之問題不影響 η_{pack} 。

高總體 η_{lum} 係以此等WLED 1900加以獲得：

於 5 mA， $128.1 \text{ lm/W} < \eta_{\text{lum}} < 134.9 \text{ lm/W}$ ，以及

於 20 mA， $106.5 \text{ lm/W} < \eta_{\text{lum}} < 113.1 \text{ lm/W}$ ，其對於
 $4000 \text{ K} < \text{CCT} < 4900 \text{ K}$ (一 CCT 範圍，其係適合用於暖白
 光照明應用)。高 η_{pack} 亦以此等 WLED 加以獲得： 256.4
 $\text{lm/W} < \eta_{\text{pack}} < 273.1 \text{ lm/W}$ ，其對於
 $4000 \text{ K} < \text{CCT} < 4900 \text{ K}$ 。

(2) 使用一 UCSB 藍光 LED 晶片

該 LED 晶粒 1902 可為任何藍光 LED，例如一加州 Santa Barbara 市大學 (UCSB) 成長之藍光 LED 晶片。不同之藍光 LED 燈係藉由將 MOCVD 所成長並且於 UCSB 處理的一 LED 晶粒 1902 附著至一銀頭座 1904 上而形成，其係藉由使用一非傳導樹脂 (可購自 GE)。該 LED 晶粒 1902 係頂部發射，因此該 LED 1902 之 n 及 p 接點二者係藉由金導線 1906、1910 經由導線接合而連接至該銀頭座 1904 之柱 1908、1910。於此階段，該銀頭座 1904 上之裸 LED 晶粒 1902 之總輻射通量 Φ_B 係使用一 25.3 mW 校準的積分球在 20 mA 及 4.08 V 加以測量 (DC 測量)。在發射峰值之光之波長係 444 奈米。

使用購自 GE 的一透明聚矽氧經由一模製技術形成一半球形之圓頂 1914 將該 LED 晶粒 1902 囊封於銀頭座 1904。該 LED 晶粒 1902 係放置於該圓頂 1914 之中心 1918 稍微下方 (在一 ~2 mm 之距離 1916)。該圓頂之直徑 1920 係 7.5 mm。然後銀頭座 1904 上之囊封藍光 LED 晶粒 1902 之總輻射通量 Φ_B 係使用一 30.0 mW 校準的積分球在 20 mA 及 4.08 V 加以測量 (DC 測量)。此顯示相較於沒有該圓頂 1914，該透明聚矽氧

圓頂 1914 實現總輻射通量之 20% 之增加。以該囊封 UCSB 藍光 LED 晶片所獲得之 Φ_B 與使用以上 (1) 中討論之市售藍光 LED 晶片所獲得之 Φ_B 之間之差異係 25%，而且係主要由 LED 晶粒 1902 結構中之差異所造成。

表 3-以具有三個不同磷光體濃度之層 1922 加以覆蓋由相同藍光 LED 燈構成之 WLED 1900 之光譜特徵，其中用於此等測量之 LED 晶粒 1902 係在 UCSB 成長及處理的一 GaN LED。

磷光體蓋子濃度(%)	I (mA)	V (V)	x	y	CCT (K)	CRI
6	5	3.41	.3991	.4653	4102	58.5
6	20	4.08	.3995	.4642	4085	58.51
5	5	3.41	.3492	.3785	4946	62.4
5	20	4.08	.3485	.3755	4960	62.5
3	5	3.41	.2967	.2838	8517	69.5
3	20	4.08	.2960	.3785	8674	69.1

表 4-包括以具有三個不同磷光體濃度之層 1922 加以覆蓋由相同藍光 LED 燈構成之 WLED 1900 之主要輸出特徵，其中用於此等測量之 LED 晶粒 1902 係在 UCSB 成長及處理的一 GaN LED。

磷光體蓋子濃度(%)	I (mA)	V (V)	Φ_B (mW)	Φ_W (mW)	F_w (lm)	η_{lum} (lm/W)	η_{pack} (lm/W)
6	5	3.41	7.3	4.799	1.931	113.3	264.5
6	20	4.08	30.0	19.61	7.974	97.7	265.8
5	5	3.41	7.3	5.138	1.793	105.5	245.6
5	20	4.08	30.0	21.06	7.402	90.9	246.7
3	5	3.41	7.3	5.443	1.550	91.2	212.3
3	20	4.08	30.0	22.14	6.369	78.2	212.3

如先前節次 (1) 中所描述之相同磷光體蓋子 1922 用以形成 WLED 1900，其使用包括 UCSB 成長之藍光 LED 晶粒 1902 之藍光 LED 燈。此等 WLED 1900 之主要光譜及輸出特

徵係於表3及表4中給定。

再次，高總體 η_{lum} 係以此等WLED 1900加以獲得：

於5 mA， $105.5 \text{ lm/W} < \eta_{lum} < 113.3 \text{ lm/W}$ ，而且於20 mA， $90.9 \text{ lm/W} < \eta_{lum} < 97.7 \text{ lm/W}$ ，其對於 $4000 \text{ K} < \text{CCT} < 5000 \text{ K}$ (一CCT範圍，其係適合用於暖白光照明應用)。

高 η_{pack} 亦以此等WLED 1900加以獲得：

$245.6 \text{ lm/W} < \eta_{pack} < 265.8 \text{ lm/W}$ ，其對於 $4000 \text{ K} < \text{CCT} < 5000 \text{ K}$ 。

此等高 η_{pack} 主要係由以下事實造成：該等磷光體1922係在一遠端幾何形狀中，其中一空氣間隙1904介於該磷光體蓋子1922與將該LED晶片1902囊封於頭座1904上之透明圓頂1914之間。對於在該磷光體蓋子1922裡面感應由該等磷光體1922所發射之光之全內反射，此空氣間隙1924係有用。該等結果可藉由使用一較平滑之內蓋子表面1930及一粗糙化外蓋子表面1932而進一步改良。不同光學塗層(例如抗反射或二向色塗層)亦不與此等WLED整合。此外，使用高度反射頭座1904(其不必為金屬)取代銀頭座1904(其傾向於經過時間而氧化)亦將有利。

比較此等WLED 1900之效能與以圖1之晶載磷光體組態100加以封裝之WLED之效能。在圖1之組態中，使用CREE EZR460晶片104，獲得之 η_{pack} 分別係 183.0 lm/W 及 206.8 lm/W ，其係對於 4600 K 及 4980 K 之CCT。在此組態100中，不像在該遠端磷光體蓋子組態1900中，當該磷光體濃度增加時， η_{pack} 減少。對於該晶載磷光體組態100，相較

於以遠端磷光體蓋子 1922 加以封裝之 WLED 1900，此等 η_{pack} 值係較低大約 25%，其係對於可與以上所提出 CCT 進行比較之 CCT。

η_{pack} 之差異並非由使用之 LED 晶粒 1902、104 之類型造成。一 CREE EZR460 晶片係用作該晶片 1902，並且係以該遠端磷光體蓋子組態 1900 加以封裝（其中將相同之 6% 磷光體濃度蓋子 1922 用於以上所描述之 WLED 1900）。該結果係該裝置 1900 之 $\eta_{\text{pack}} = 275.7 \text{ lm/W}$ ，其中使用一 CREE EZR460 晶片，對於一 4100 K 之 CCT，其係非常類似於以該 CREE EZR450 晶片所獲得及以上所報告之 η_{pack} 。

可能的修改及變更

如以上所注意，圖 7 解說一 WLED，其包括一 LED 704，用於發射主級光 724；一次級發射種類 700、702，其光學耦合至該 LED 724，用於發射次級光 722、730、734，其包括不同於該主級光 724 之一波長的一或多個波長；及至少一光學功能介面 710、712、714，其定位於該次級發射種類 700 與該 LED 之間，其中該光學功能介面（例如 710、714）對於入射自該 LED 的主級光係至少部分透明，並且對於入射自該次級發射種類的次級光係至少部分反射。該等光學功能介面對於該主級光可為完全地透明，並且對於該次級光係完全地反射。該 WLED 可包括一個以上光學功能介面。可將該光學功能介面（例如 714）定位於離該 LED 704 一距離 706b，其至少等於該 LED 704 的一橫向範圍 708。

該次級發射種類 700、702 可為一磷光體層，當藉由該主

級光724光學抽出時，其發射該次級光734、730、722。該磷光體可包括發射任何色彩之磷光體(例如，一發黃光磷光體)，而且該LED可為發射任何色彩之LED(例如一發藍光LED)。該LED可為例如以III族氮化物為主。

該等光學功能介面710、712、714可具有許多形狀，而且包括許多厚度或材料，例如，光學塗層。例如，該光學功能介面可包括一第一材料728，或者一第一材料728的一表面714，其中該第一材料728可經定位，使得該第一材料728之折射率增加在該光學功能介面714之次級發射種類702裡面之次級光730之全內反射。該WLED可進一步包括至少部分圍繞該LED 704的一第二材料720，其經定位，使得該第二材料720之折射率減少在該LED 704與該第二材料720之間之一介面742之LED 704裡面之主級光之全內反射；而且該第一材料定位於該次級發射種類與該第二材料之間。該第一材料728可對於該主級光724(例如直接LED 704發射)係透明，而且對於該次級光730(次級發射種類之發射)係反射。

該第一材料728之折射率可小於該磷光體層702之折射率及該第二材料720之折射率。該第一材料728可具有與該磷光體層702之折射率不同的一折射率。

圖19解說該第二材料1914可為實體(非空心)，但包括一圓頂形之外表面1928，其中該LED(以一LED晶粒1902為形式)可由該第二材料1928及該頭座1904或LED杯加以囊封；而且該第一材料1924可覆蓋該外表面1928，其中該磷光體

層 1922 覆蓋該第一材料 1924。全篇說明書中，一圓頂形狀之材料指一圓頂形之一材料表面，因而該材料可為空心或實體。

一第三材料 726 可於至少某些第二材料 720 與該第一材料 728 之間，其中該第三材料 726 可對於該主級光 724 (或來自該 LED 704 之直接發射) 係透明，並且對於由磷光體 702 所發射之次級光 722 係反射。一光學功能介面 710 可包括該第三材料 726 或該第三材料 726 的一表面。例如，該第三材料 726 可為該第二材料 720 與該第一材料 728 之間的一層，或者該第二材料 720 裡面的一層或介面。例如，該第三材料 726 可為一光學器件，該第一材料 728 可為該磷光體 702 與該光學器件之間的一反射介質，而且由該第二材料 720 擷取自該 LED 晶粒 704 之光可由該光學器件朝該磷光體 702 透射，而且擷取自該 LED 晶粒 704 並且反射離開該磷光體 702 之光可由該光學器件朝該磷光體 702 反射回去。該光學器件可為一二向色鏡，其可提供具有包括在近 UV 至藍光範圍中之波長之光的一非常高透射比，及具有包括在該可見光譜之綠光、黃光或紅光部分中之波長之光的一高反射比。

圖 10 顯示該第三材料可包括一圓頂形之光學器件 1006，其例如覆蓋該第二材料 1004，其中該光學器件 1006 的一外表面 1006b 係圓頂形或球面，以提供彎曲介面 1006b，而且該光學器件 1006 包括與該第二材料之折射率實質上類似的一折射率，該第一材料 1012 覆蓋該外表面 1006b，而且該

磷光體1010覆蓋該第一材料1012。

圖10顯示如何可將該LED 1000定位於該LED杯1002中，使得該LED之視野包括該圓頂形之外表面1006b之整體。

圖17顯示如何可使該LED頭座1704在一安裝固定物1706上，而且可經由能夠反射該次級光的一反射材料1712將該磷光體層1708安裝於安裝固定物1706。

本發明進一步揭示一種光源，其包括以一次級發射種類封裝/與其組合的一發光二極體(LED)，其中該光源的一總體發光效率係100 lm/W或更大，及/或該光源的一封裝效率係100 lm/W或更大。此等優值不限於使用的一特定類別次級發射種類或LED。該光源的一演色性指數亦可為例如60或更大。

因此，圖7解說本發明揭示一種用於製造一WLED之方法，其包括在一次級發射種類700、702與一LED 704之間提供一或多個光學功能介面710、712、714，以便將由該次級發射種類700所發射之次級光722、730、734反射離開該LED 704，其中該等光學功能介面(例如710、714)對於入射自該LED 704的主級光724係至少部分透明，並且對於入射自該次級發射種類700的次級光係至少部分反射，而且該次級光722、730、734包括不同於該主級光724之一波長的一或多個波長。

本發明不限於例如WLED，本發明亦可用於任何光源，其包括與一次級發射種類組合的一LED，其中該LED(例如一LED晶粒)發射一或多個主級波長，該次級發射種類發射

一或多個次級波長，因而該裝置發射一或多個不同波長。

參考文獻

下列參考文獻係以引用的方式併入本文中：

1. 美國專利第 5962971 號，1999 年 10 月公布，讓渡予 Sano 等人。

2. 美國專利第 6319425 號，2001 年 11 月公布，讓渡予 Tasaki 等人。

3. 美國專利第 6340824 號，2002 年 1 月公布，讓渡予 Komoto 等人。

4. 美國專利第 6472765 號，2002 年 10 月公布，讓渡予 Chen 等人。

5. 美國專利第 6642652 號，2003 年 11 月公布，讓渡予 Collins 等人。

6. 美國專利第 6917057 號，2005 年 7 月公布，讓渡予 Stokes 等人。

7. 美國專利第 7005679 號，2006 年 2 月公布，讓渡予 Tarsa 等人。

8. 美國專利第 7029935 號，2006 年 4 月公布，讓渡予 Negley 等人。

9. 美國專利第 7157839 號，2007 年 1 月公布，讓渡予 Ouderkirk 等人。

10. 美國專利第 7180240 號，2007 年 2 月公布，讓渡予 Noguchi 等人。

11. 美國專利公開案第 2003/0030060 號，2003 年 2 月公

告，由 Okazaki 申請。

12. 美國專利公開案第 2005/0221518 號，2005 年 10 月公告，由 Andrews 等人申請。

13. N. Narendran、Y. Gu、J. P. Freyssinier-Nova 及 Y. Zhu 之 "擷取磷光體散射光子以改良白光 LED 效率"，Physica Status Solidi A-應用與材料科學 202(6)，R60-R62 (2005)。

14. H. Luo、J. K. Kim、E. F. Schubert、J. Cho, C. Sone 及 Y. Park 之 "用於以磷光體為主之白光發光二極體之高功率封裝之分析"，應用物理期刊 86(24) (2005)。

15. J. K. Kim、H. Luo、E. F. Schubert、J. H. Cho、C. S. Sone 及 Y. J. Park 之 "使用遠端磷光體組態及擴散反射器杯在 GaInN 白光發光二極體中強烈增強磷光體效率"，應用物理之日本日報第 2 部分-期刊及專門期刊 44(20-23)，L649-L651 (2005)。

16. H. Masui、S. Nakamura 及 S. P. DenBaars，"白光發光二極體上之磷光體應用幾何之效應"，應用物理之日本日報第 2 部分-期刊及專門期刊 45(33-36)，L910-L912 (2006)。

結論

此總結本發明之較佳具體實施例之描述。出於解說及描述目的，已呈現本發明之一或多個具體實施例之前述描述。不希望其詳盡無遺或要將本發明限於所揭示的精確形式。根據以上教導，可進行許多修改及變更。本發明之範

疇並非受限於此一詳細描述，而是受後附申請專利範圍的限制。

【圖式簡單說明】

現參考該等圖式，其中相同參考數字全文代表對應零件：

圖1係一晶載磷光體組態的一斷面示意圖。

圖2係一遠端磷光體組態的一斷面示意圖。

圖3係一遠端磷光體組態的一斷面示意圖，其中該等磷光體係正在塗布該圓頂形之光擷取光學器件。

圖4係一遠端磷光體組態的一斷面示意圖，其中該等磷光體係放置於一倒截斷圓錐形之光學器件上。

圖5係一斷面示意圖，其顯示由另一圓頂形之光學器件所覆蓋的一裝配件。

圖6解說一介面如何僅允許由磷光體發射並於該逸出圓錐裡面以小於 θ_c 角度入射之光線在該外部介質(通常為空氣)中擷取。

圖7係一LED的一斷面示意圖，其中將磷光體放置於充分遠離該LED晶粒，而且其中在該晶粒與該磷光體層之間及該磷光體層與該外介質之間引入多個光學功能介面。

圖8顯示一二向色鏡之計算的光學特徵(反射比R、透射比T及振幅A)，其係藉由以其他終止層堆疊一100奈米厚二氧化矽層及一80奈米厚氮化矽層五次所獲得，其中該計算考慮由樹脂及空氣所圍繞之堆疊，如同將其定位於圖7中之介面，其中空氣介於該光學器件與該內部介質之間。

圖9顯示通過一平面(粗黑線)與一圖案化(細灰線)介面而進入空氣之TE偏光平面波透射比的一比較，其係與入射角成一函數關係。

圖10係一LED晶粒的一斷面示意圖，其放置於一高度反射杯中並且由一第一透明材料所囊封，該第一透明材料本身由具有類似折射率的一半球透明光學器件所覆蓋，以限制在該介面之反射。

圖11係一斷面示意圖，其顯示一磷光體層，該磷光層在厚度上並不均勻，但可在該半球圓頂之頂部上製成較厚，而在該等側面處製成較薄。

圖12係一斷面示意圖，其解說將該LED杯製成較淺或較不淺，用以提供一較寬或較窄視角，及用以減少位在該LED晶粒正上方之樹脂之數量。

圖13係一斷面示意圖，其解說另一範例，其中將該LED杯製成較淺或較不淺，用以提供一較寬或較窄視角，及用以減少該LED晶粒正上方之樹脂之數量。

圖14係一由一圓錐形之透明材料所圍繞的LED晶粒的一斷面示意圖，以利用全內反射效應，而取代使用吸收該光之部分的一金屬反射器。

圖15係成形為一倒截斷圓錐之光學器件的一斷面示意圖。

圖16係安裝於一高度反射框中之多個封裝LED的一斷面示意圖，其中具有功能化介面之磷光體層係經安裝，使得其圍繞所有LED。

圖 17 係一示意圖，其解說一種用於製造一最佳化磷光體層幾何形狀及組態之程序。

圖 18 解說用於製造一最佳化磷光體層幾何形狀及組態之另一程序。

圖 19 顯示一種使用一市售藍光 LED 晶片之裝置的一斷面示意圖。

【主要元件符號說明】

100	晶載磷光體組態
102	磷光體
104	LED 晶粒 / 晶片
106	LED 杯
108	透明環氧樹脂
110	介面
112	半球或圓頂形材料 / 光學器件
114	LED 接面
200	遠端磷光體組態
202	磷光體
204	LED 晶粒 / 上表面
206	樹脂
208	LED 杯
208b	底部
210	光學器件
300	遠端磷光體組態
302	磷光體

304	光學器件
306	LED晶粒
308	樹脂
310	LED杯
400	磷光體
402	光學器件/截斷圓錐
404	裝配件
406	LED晶粒
408	LED杯
410	光學器件
412a、412b	側壁
414	上表面
416	底部
418	頂部
600	平滑介面
602	光線
604	光源
606	角度
608	圓錐
612	外部介質
614	次級光線
616	次級光線
618	透明介面
620	光學器件

622	LED 晶 粒
624	主 級 光 線
626	磷 光 體 層
700	磷 光 體 光 源
702	磷 光 體 層
704	LED 晶 粒
706	距 離
706b	距 離
708	橫 向 範 圍
710、712、714、716	光 學 功 能 介 面
718	外 部 介 質
720	內 部 介 質
722	次 級 光 線
724	主 級 光 線
726	光 學 器 件 / 光 學 元 件 / 二 向 色 鏡
728	低 折 射 率 層 / 中 間 層
730	次 級 光 線
732	LED 杯
734	次 級 光 線
736	上 表 面
738	LED 杯 表 面
740	主 級 光 線
742	介 面
1000	LED 晶 粒

1002	LED杯
1004	第一透明材料
1006	光學器件
1006a、1006b	表面
1008a	二向色鏡或二向色反射器塗層
1008b	抗反射塗層
1010	磷光體
1012	中間層
1014	上表面
1016	高度反射表面
1100	WLED
1102	磷光體層
1104a、1104b	厚度
1106a	頂部
1106b	側面
1108	光學器件
1110	外表面
1112	中間層
1114	LED晶粒
1116	LED杯
1118	樹脂
1200、1300	具體實施例/裝置
1202、1302	LED杯
1204、1304	深度

1206、1306	樹脂
1208、1308	LED晶粒
1210、1310	厚度
1212、1312	光學器件
1214、1314	中間層
1216、1316	磷光體層
1400	具體實施例
1402	LED晶粒
1404	透明材料/樹脂
1406	LED杯
1408	光學器件
1410	中間層
1412	磷光體
1500	具體實施例
1502	光學器件
1504	LED晶粒
1506	LED杯
1508	頂部表面
1510	中間層
1512	磷光體
1600	具體實施例
1602	LED
1604	高度反射框
1606	磷光體層

1700	LED 晶 粒
1702	光 學 器 件 / 光 學 裝 配 件
1704	頭 座
1706	安 裝 固 定 物
1708	磷 光 體 層
1710	磷 光 體 支 座
1712	高 度 反 射 材 料
1714	末 端
1716	高 度 反 射 材 料
1718	中 間 層
1800	LED 杯
1802	光 學 器 件
1804	磷 光 體 層
1806	端 緣
1900	裝 置
1902	LED 晶 粒 或 晶 片
1904	銀 頭 座
1906	金 導 線
1908	柱
1910	柱
1912	金 導 線
1914	圓 頂
1916	距 離
1918	中 心

1920	直 徑
1922	蓋 子
1924	空 氣 間 隙
1926	厚 度
1928	上 表 面
1930	內 表 面
1932	外 表 面

五、中文發明摘要：

一種用於增加一白光發光二極體(WLED)之發光效率之方法，其包括在一LED晶粒與一磷光體之間及該磷光體與一外介質之間引入光學功能介面，其中該磷光體與該LED晶粒之間之介面之至少一者提供由該磷光體所發射之光離開該外介質之一反射比，及由該LED晶粒所發射之光之一透射比。因此，一WLED可包括圍繞一LED晶粒之一第一材料、一磷光體層，及至少一額外層或材料，其對於直接LED發射係透明，並且對於該磷光體發射係反射，並且放置於該磷光體層與圍繞該LED晶粒之該第一材料之間。

六、英文發明摘要：

A method for increasing the luminous efficacy of a white light emitting diode (WLED), comprising introducing optically functional interfaces between an LED die and a phosphor, and between the phosphor and an outer medium, wherein at least one of the interfaces between the phosphor and the LED die provides a reflectance for light emitted by the phosphor away from the outer medium and a transmittance for light emitted by the LED die. Thus, a WLED may comprise a first material which surrounds an LED die, a phosphor layer, and at least one additional layer or material which is transparent for direct LED emission and reflective for the phosphor emission, placed between the phosphor layer and the first material which surrounds the LED die.

十、申請專利範圍：

1. 一種白光發光二極體(WLED)，其包括：

一發光二極體(LED)，其用於發射主級光；

一次級發射種類，其光學耦合至該LED，用於發射次級光，其包括不同於該主級光之一波長的一或多個波長；以及

至少一光學功能介面，其在該次級發射種類與該LED之間，其中該光學功能介面對於入射自該LED的該主級光係至少部分透明，並且該光學功能介面對於入射自該次級發射種類的該次級光係至少部分反射。

2. 如請求項1之WLED，其中該光學功能介面係定位於離該LED至少等於該LED之一橫向範圍的一距離。

3. 如請求項1之WLED，其中該光學功能介面包括一第一材料。

4. 如請求項1之WLED，其中該光學功能介面包括一第一材料的一表面，而且該第一材料係經定位，使得其折射率增加在該光學功能介面之該次級發射種類裡面之該次級光之全內反射。

5. 如請求項1之WLED，其中：

當藉由該主級光而光學抽出時，該次級發射種類係一磷光體層，其發射該次級光；

一第二材料至少部分圍繞該LED，並且係經定位，使得該第二材料之折射率減少在該LED與該第二材料之間之一介面之該LED裡面之主級光之全內反射；以及

該第一材料係定位於該次級發射種類與該第二材料之間。

6. 如請求項5之WLED，其中該第一材料之折射率係小於該磷光體層之折射率。

7. 如請求項5之WLED，其中：

該LED包括一頭座或杯上的一LED晶粒；

該第二材料包括一圓頂形之外表面，其中該LED晶粒係由該第二材料及該頭座或杯所囊封；以及

該第一材料覆蓋該外表面，而且該磷光體層覆蓋該第一材料。

8. 如請求項7之WLED，其中該第一材料係一空氣間隙，其包括遠大於該主級光之一波長的一厚度。

9. 如請求項8之WLED，其中該第二材料係樹脂、環氧樹脂、矽或玻璃。

10. 如請求項9之WLED，其中該LED頭座係在一安裝固定物上，而且該磷光體層係經由一反射材料安裝於該安裝固定物。

11. 如請求項5之WLED，其進一步包括二個光學功能介面，而且該等光學功能介面之一包括一第三材料，其係定位於至少某些第二材料與該第一材料之間。

12. 如請求項11之WLED，其中：

該LED包括一頭座或杯上的一LED晶粒；

該LED晶粒係由該第二材料及該頭座或杯所囊封；

該第三材料包括一圓頂形之外表面；

該第一材料覆蓋該外表面，而且該磷光體層覆蓋該第一材料；以及

該LED係定位於該LED杯中，使得該LED之視野包括該第三材料之該外表面之一整體，而且該LED杯將該主級光朝磷光體反射。

13. 如請求項1之WLED，其進一步包括一個以上光學功能介面。
14. 如請求項1之WLED，其中來自該磷光體層之發射係一黃光發射，而且該LED晶粒係發射藍光之一以III族氮化物為主之LED晶粒。
15. 如請求項1之WLED，其中該WLED發射具有一100 lm/W之總體發光效率及一100 lm/W以上之封裝效率之白光。
16. 如請求項1之WLED，其中該WLED發射具有至少60之一演色性指數之白光。
17. 一種用於製造一白光發光二極體(WLED)之方法，其包括：

提供一或多個光學功能介面，其介於一次級發射種類與一LED之間，用以將由該次級發射種類所發射之次級光反射離開該LED，其中該光學功能介面對於入射自該LED的主級光係至少部分透明，並且對於入射自該次級發射種類的該次級光係至少部分反射，而且該次級光包括不同於該主級光之一波長的一或多個波長。

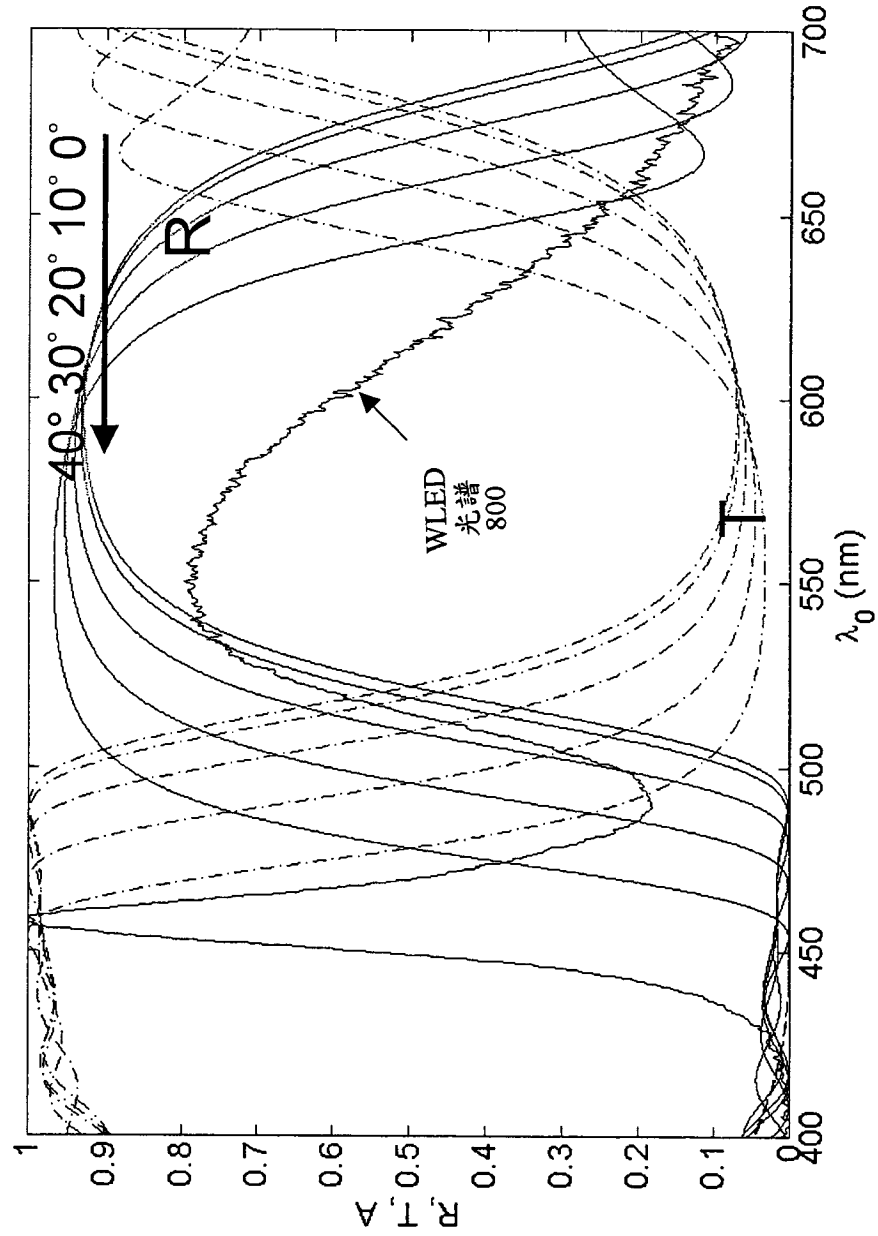


圖 8

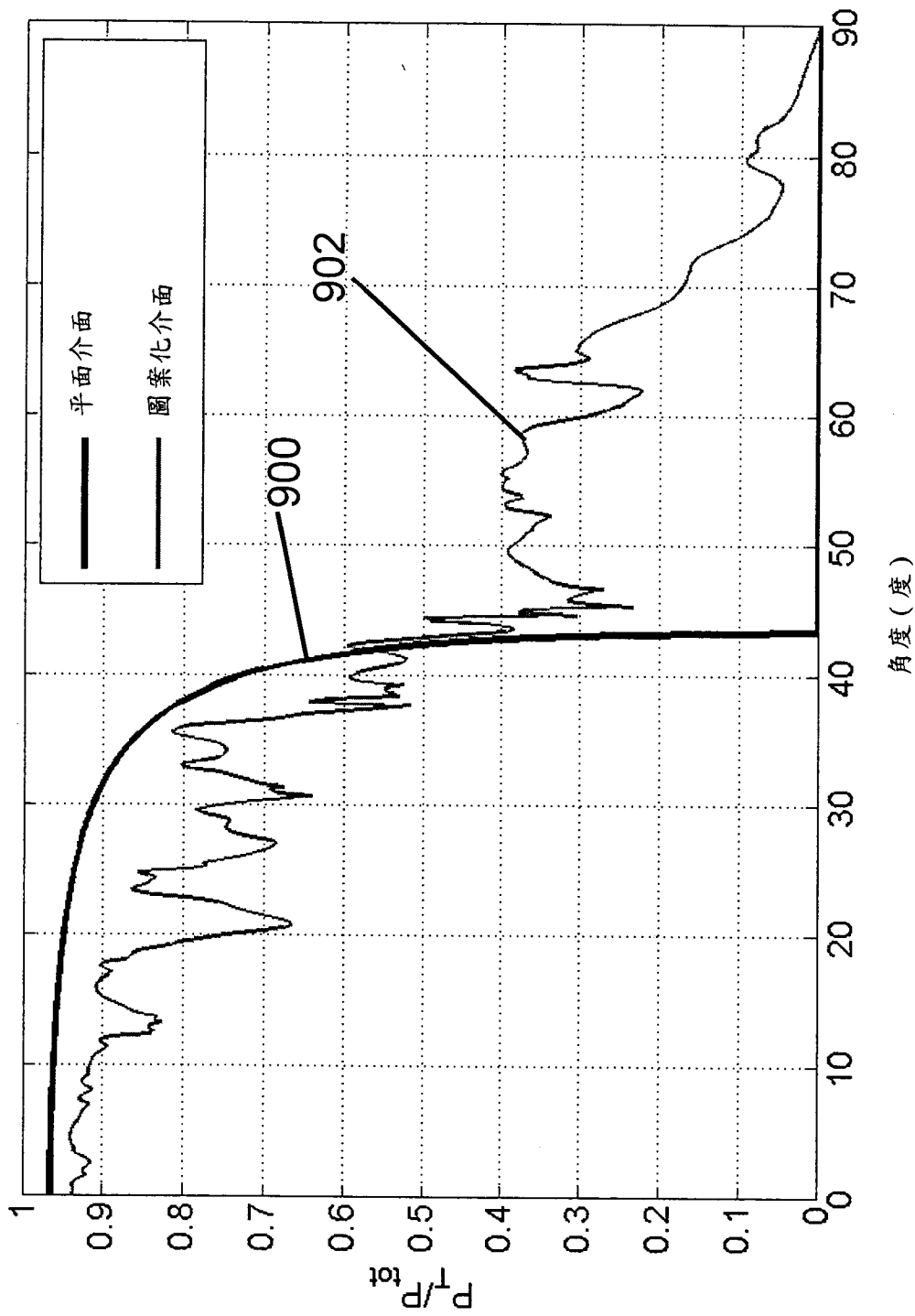


圖9

七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(7)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

700	磷光體光源
702	磷光體層
704	LED晶粒
706	距離
706b	距離
708	橫向範圍
710、712、714、716	光學功能介面
718	外部介質
720	內部介質
722	次級光線
724	主級光線
726	光學器件/光學元件/二向色鏡
728	低折射率層/中間層
730	次級光線
732	LED杯
734	次級光線
736	上表面
738	LED杯表面
740	主級光線
742	介面

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

(無)