



(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 201924485 A

(43)公開日：中華民國 108 (2019) 年 06 月 16 日

(21)申請案號：107136574

(22)申請日：中華民國 107 (2018) 年 10 月 17 日

(51)Int. Cl.：

*H05B33/02 (2006.01)**H01L33/58 (2010.01)*

(30)優先權：2017/10/17

美國

62/573,372

2018/02/23

歐洲專利局

18158381.6

2018/10/16

美國

16/161,875

(71)申請人：美商亮銳公司(美國) LUMILEDS LLC (US)

美國

(72)發明人：泰瑪 凡卡塔 亞南斯 TAMMA, VENKATA ANANTH (IN)

(74)代理人：林嘉興

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：20 項 圖式數：11 共 36 頁

(54)名稱

用於準直發光二極體之光發射之奈米結構的超材料及超表面

NANOSTRUCTURED META-MATERIALS AND META-SURFACES TO COLLIMATE LIGHT EMISSION FROM LEDS

(57)摘要

本發明揭示一種用於準直一發光二極體(LED)之輸出之系統、方法及裝置。該系統、方法及裝置包含：一 LED 基板，其包含光自其發射之一頂面；及一次波長散射天線陣列，其定位於該發射光路徑內，該次波長散射天線陣列經組態以選擇該 LED 發射光之散射方向以自該裝置提供準直光輸出。該陣列可垂直於自該 LED 發射之光之傳播面對準且可定位為鄰近於該頂面。該陣列可至少部分或完全定位於該 LED 基板內。該陣列可與該頂面間隔一距離且可使用鄰近於該頂面之一介電間隔物來達成該間隔。該陣列可定位於該介電間隔物內。

A system, method and device for collimating the output of a light emitting diode (LED) are disclosed. The system, method and device include an LED substrate including a top surface from which the light is emitted, and an array of subwavelength scattering antennas positioned within the emitted light path, the array of subwavelength scattering antennas configured to select directions of scatter of the LED emitted light to provide collimated light output from the device. The array may be aligned perpendicular to the plane of propagation of the light emitted from the LED and may be positioned adjacent to the top surface. The array may be at least partially, or completely, positioned within the LED substrate. The array may be spaced a distance from the top surface and the spacing may be achieved using a dielectric spacer adjacent to the top surface. The array may be positioned within the dielectric spacer.

指定代表圖：

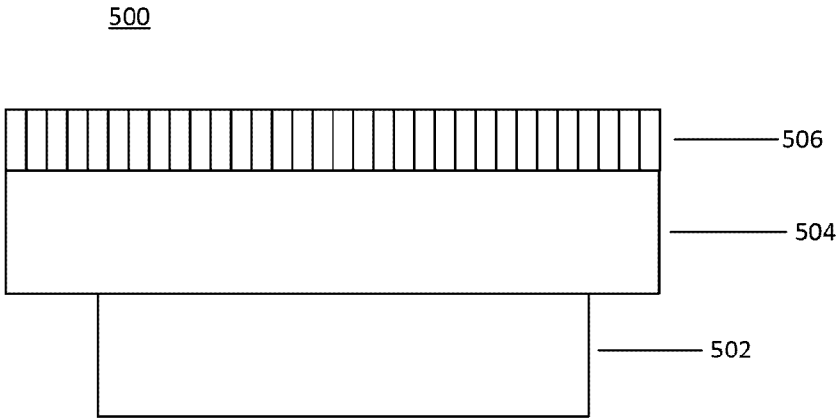
符號簡單說明：

500 . . . 裝置

502 . . . 半導體層

504 . . . 藍寶石基板

506 . . . 散射天線



【圖5a】

【發明說明書】

【中文發明名稱】

用於準直發光二極體之光發射之奈米結構的超材料及超表面

【英文發明名稱】

NANOSTRUCTURED META-MATERIALS AND META-SURFACES TO COLLIMATE LIGHT EMISSION FROM LEDS

【技術領域】

【0001】 本發明係關於用於準直光源之光發射之方法及系統，且更特定言之，本發明係關於用於準直發光二極體(LED)之光發射之奈米結構的超材料及超表面。

【先前技術】

【0002】 不管發射波長如何，一標準發光二極體(LED)晶粒通常具有一朗伯(Lambertian)角發射圖案。就特定LED應用而言，可存在實質上準直由LED發射之光之一益處或需要。例如，需要準直用於虹膜掃描之自紅外線(IR) LED發射之光。用於提供準直光發射之系統使用耦合至LED之透鏡來準直遠場中之光束。由於一典型LED具有發射光之一朗伯角分佈，所以使用透鏡，透鏡準直自LED輸出之光。此一透鏡或其他類型之光學總成一般為不同於LED晶粒之一組件及/或部分。此額外部分需要整合至使LED保持於適當位置中之封裝中。通常，透鏡係一模製塑膠部分，但準直光學器件亦可為一反射面或反射器及透鏡兩者之一組合。使用一外部透鏡總成增大發光總成之大小。例如，就一典型IR LED而言，封裝(其係LED連同反射器及/或塑膠透鏡)通常為約3 mm高。包含基板之LED晶粒一般僅為數百微米厚。就既有商用IR LED而言，封裝厚度與LED晶粒厚

度之比率係約10。隨著IR LED作為模組(諸如虹膜辨識模組)之部分越來越多用於智慧型電話中且智慧型電話不斷變薄及組件密度不斷增大，減小IR LED之厚度係很重要的。因此，需要一技術來允許發射準直光之LED具有一較薄輪廓、減少需要外部透鏡來準直光、使由LED發射之輻射輪廓變窄及提高將光耦合至外部光學器件之效率。

【發明內容】

【0003】 本發明揭示一種用於準直一發光二極體(LED)之輸出之系統、方法及裝置。該系統、方法及裝置包含：一LED基板，其包含光自其發射之一頂面；及一次波長散射天線陣列，其定位於該發射光路徑內，該次波長散射天線陣列經組態以更改該LED發射光之散射相位及振幅以自該裝置提供準直光輸出。該陣列可垂直於自該LED發射之光之傳播面對準且可定位為鄰近於該頂面。該系統、方法及裝置亦可包含該陣列定位於其內之一嵌入介質。該陣列可至少部分或完全定位於該LED基板內。該陣列可與該頂面間隔一距離且可使用鄰近於該頂面之一介電間隔物來達成該間隔。該陣列可定位於該介電間隔物內。替代地，該陣列可為一離散元件。

【0004】 該系統、方法及裝置可包含定位於該發射光路徑內之一第二次波長散射天線陣列，該第二次波長散射天線陣列經組態以選擇該LED發射光之散射方向以自該裝置提供準直光輸出。該陣列及該第二陣列可隔開一距離。該陣列及該第二陣列可為相同或不同陣列。

【圖式簡單說明】

【0005】 可自結合附圖依舉例方式給出之以下描述獲得一更詳細理解，其中：

【0006】 圖1繪示用於準直遠場中由LED發射之光之放置於LED晶

粒之頂部上之次波長散射天線之一配置；

【0007】 圖2大體上繪示次波長散射天線陣列之實例性配置，其包含其中陣列放置於LED頂面之頂部上之圖2a、其中陣列浸沒及/或部分浸沒於LED頂面中/上之圖2b及其中使用放置於陣列與LED頂面之間的一介電間隔物來使陣列自LED頂面偏移之圖2c；

【0008】 圖3大體上繪示次波長散射元件陣列之實例性配置，其包含其中陣列放置於一LED頂面之頂部上之圖3a、其中陣列放置於一LED之頂面上且個別散射天線之間具有z偏移之圖3b、其中多個陣列放置於LED表面上且各陣列具有散射天線之不同配置及各層者之間無間隙之圖3c及其中多個陣列放置於LED表面上且各陣列具有散射天線之不同配置及設計厚度層之間具有介電間隔物之圖3d；

【0009】 圖4繪示準直一LED基板之光輸出之一方法；

【0010】 圖5a繪示應用散射天線來準直一LED之光之一實例；

【0011】 圖5b繪示設計為具有塊狀反射材料且無磷光體層之一LED之一裝置；

【0012】 圖5c繪示具有一側反射塗層且無磷光體之一LED；

【0013】 圖5d繪示具有一塊狀反射材料及一磷光體層之一LED；

【0014】 圖5e繪示具有側反射塗層及一磷光體層之一LED；

【0015】 圖6繪示1 mm×1 mm之LED大小上方之散射天線之相位分佈 $\phi(x, y)$ 之一圖示；

【0016】 圖7繪示25 μm ×25 μm 之一較小區域(比通常每邊為1 mm至2 mm之LED之尺寸(如圖6中所展示)小)上方之散射天線之相位分佈 $\phi(x, y)$ 之一圖示；

【0017】 圖8繪示散射天線之相位函數之一圖示；

【0018】 圖9繪示對應於圖7之相位分佈圖之一藍寶石基板上之10 $\mu\text{m} \times 10 \mu\text{m}$ 之一較小區域上方之散射天線之配置之一俯視圖；

【0019】 圖10繪示散射天線之一放大影像；及

【0020】 圖11繪示散射天線之一進一步放大影像。

【實施方式】

相關申請案交互參照

【0021】 本申請案主張2017年10月17日申請之美國臨時申請案第62/573,372號及2018年10月16日申請之名稱為「Nanostructured Meta-Materials and Meta-Surfaces To Collimate Light Emission from LEDS」之美國非臨時申請案第16/161,875號及2018年2月23日申請之歐洲專利申請案第18158381.6號之權利，該兩案以宛如全文闡述引用的方式併入本文中。

【0022】 在以下描述中，闡述諸如特定結構、組件、材料、尺寸、處理步驟及技術之諸多具體細節以提供本發明實施例之一透徹理解。然而，一般技術者應瞭解，可在無此等具體細節之情況下實踐實施例。在其他例項中，未詳細描述熟知結構或處理步驟以免使實施例不清楚。應瞭解，當諸如一層、區域或基板之一元件被認為「位於另一元件上」或「位於另一元件上方」時，其可直接位於另一元件上或亦可存在介入元件。相比而言，當一元件被認為「直接位於另一元件上」或「直接位於另一元件上方」時，不存在介入元件。亦應瞭解，當一元件被認為「位於另一元件下面」、「位於另一元件下方」或「位於另一元件下」時，其可直接位於另一元件下面或另一元件下或可存在介入元件。相比而言，當一元件被認為「直接位於另一元件下面」或「直接位於另一元件下」時，不存在介入元

件。

【0023】 為不使以下詳細描述中之實施例之呈現不清楚，本技術中已知之一些結構、組件、材料、尺寸、處理步驟及技術已被組合在一起來呈現及繪示且在一些例項中未被詳細描述。在其他例項中，可完全不描述本技術中已知之一些結構、組件、材料、尺寸、處理步驟及技術。應瞭解，以下描述更多聚焦於本文所描述之各種實施例之區別性特徵或元件。

【0024】 具有奈米級結構及化學性質之空間變動之人造次波長奈米結構光學超材料、超表面及光子晶體準直自諸如發光二極體(LED)之平面發光裝置發射之光以提供能夠在不使用反射器及/或透鏡總成之情況下將準直光發射至遠場中之平坦、超薄、小型LED。在諸如攝影機電話及小型化個人電子裝置之特定應用中，具有反射器及透鏡之LED之厚度會是一重要限制。目前準直光學器件可構建於LED晶片本身上而非需要一單獨光學總成。

【0025】 所提出之方法藉由將次波長奈米結構併入至LED架構中來減小LED (不限於為IR LED，而是亦可適用於可見光LED)之厚度。次波長奈米結構可小於橫向大小(x, y)中之光之自由空間波長，且沿傳播方向之z高度可或可不為次波長。就諧振實施方案而言，z亦可為次波長。就非諧振實施方案而言，z可為次波長或可近似為1個波長大小。次波長參考一參考波長，諸如在一指定設計波長處。此等次波長奈米結構影響照射其之光之振幅及相位且引起由一或若干奈米結構陣列傳輸或散射之光在LED之遠場中準直。此等次波長奈米粒子共同充當用於準直LED之光輸出之一光學準直元件或一薄的扁平光學透鏡。此無需一外部反射器及透鏡組合，藉此顯著減小LED封裝之厚度。次波長奈米結構可在本文中指稱散射元件及

/或散射天線。

【0026】圖1繪示用於準直遠場中由LED發射之光之放置於一LED晶粒110之頂部上之次波長散射天線或奈米結構之一配置100。次波長散射天線之配置100可形成一次波長散射天線陣列120。LED晶粒110產生具有一朗伯角發射圖案之光。儘管圖1特別描繪LED晶粒110，但一般技術者應瞭解，本文之描述包含放置於LED晶粒110及陣列120上方之一磷光體。

【0027】一嵌入介質130可耦合至LED晶粒110。此嵌入介質130可呈一介電質之形式，其包含(但不限於)矽(諸如聚二甲基矽氧烷(PDMS))、玻璃或丙烯酸(諸如聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA))及二氧化矽。嵌入介質130經設計以在使用多個層時對各層提供一主介質。嵌入介質130之一般用途係機械地保持奈米結構。例如，若奈米結構實施為並非由微影技術製造之奈米粒子，則嵌入介質130充當一主介質。嵌入介質130可為具有調諧奈米結構之光學散射性之可調諧性之一介質(諸如液晶)或具有能夠藉由溫度來調諧散射性之熱可變折射率之一介質。

【0028】次波長散射天線120可設計於嵌入介質130內。此等次波長散射天線120可放置於LED發射區域之近場或遠場中且經特別設計以與由光源發射之光交互作用。近場及遠場係圍繞LED發射區域之電磁場之區域。發射之非輻射「近場」行為主要發生於LED發射區域附近，而電磁輻射「遠場」行為主要發生於較遠距離處。次波長散射天線120亦可指稱人造電磁及/或光學材料。此等材料可經獨特設計以藉由設計散射天線120之結構及化學參數來依特定方式與光交互作用。交互作用係指光-物質交互作用及具體而言，光與各奈米結構之交互作用。入射電場可在沿完全確定

方向散射入射光之奈米結構中誘發偶極(電或/及磁)及多極(電或/及磁)。散射天線120之結構參數可包含形狀、大小及週期性，其等可發生於(例如)一或兩個軸上。

【0029】 此等次波長散射天線120可形成為大體上在x-y平面中延伸之一陣列。散射天線120可包含或可為奈米結構。散射天線陣列120可與將光分裂及繞射成在不同方向上行進之若干光束之一週期性結構發生光學作用。散射天線120可對LED發射光之振幅及/或相位施加作用。輸出光之(若干)方向取決於散射天線之間隔、形狀及大小及由LED發射之光之波長。本發明系統之各種繪示包含用於傳輸之散射天線120之使用，但應易於瞭解，此等散射天線120亦可用於反射。

【0030】 由散射天線120占用之平面上之區域A經選擇為較大且儘可能多地與由LED發射之光相交。然而，區域A可受限於(例如) LED之大小。準直層之操作原理如下：次波長散射天線120在表面上配置為一陣列，使得散射天線120之一些結構屬性隨區域A或因區域A之部分而空間變動。結構屬性可包含：任何維度上之大小、任何維度上之形狀及相鄰次波長散射天線120之間隔或其等之一組合。

【0031】 形狀可包含矩形、方形、錐形、三角形、立方形、圓柱形及其他形狀，其中2D橫截面包含方形、矩形、圓形、橢圓形、六邊形及其類似者。形狀可包含隨散射天線120自LED晶粒之中心向外行進(例如圖中所展示)而變動之一大小。形狀可隨一結構參數(例如依據(x, y)而變化之邊長或半徑)變動。僅舉非限制性實例而言，中心散射元件可選擇為一特定形狀，且在兩個軸上緊鄰於其之散射元件使z軸大小為110%及x及y軸之底面積相同。此方式可持續至LED晶粒110之邊緣。

【0032】 大小可包含散射天線120之態樣之各種尺寸且可經設計以依特定方式與LED晶粒110之光交互作用。大小可隨一結構參數(例如依據(x, y)而變化之邊長或半徑)變動。僅舉例而言，散射天線120之中心結構之x及y軸底面積可為最大，接著自其向外行進之各結構可具有90%之一x/y軸底面積，直至到達LED晶粒110之邊緣。

【0033】 亦可變動散射天線120之週期性。變動可包含使散射天線120之週期性改變一特定因數以產生額外間隔或縮小向外輻射至LED晶粒110之邊緣之漸進散射天線120之間隔。散射天線120可在x、y空間維度上依適當設計之週期性排列。散射元件可包含在z方向上具有特定週期性之奈米結構，諸如(例如)雙曲線超材料。

【0034】 散射天線120之化學參數可包含所使用之材料。一般技術者應瞭解，散射天線120之化學變動能夠選擇散射體之折射率及損耗以藉此改變散射光振幅及相位。此一變動可用於在次波長散射天線120之設計中對自LED晶粒110發射之光產生適當效應。

【0035】 使用此等次波長散射天線120之裝置之實例包含超材料、光子晶體及超表面。材料之選擇可包含(但不限於)金屬(其包含(但不限於)金、銀、銅、鋁)及介電質(其包含(但不限於)矽、二氧化矽、二氧化鈦、砷化鎵、砷化鋁鎵)及用於達成可見波長體系之低損耗電漿效應之混合金屬-介電質材料組合。此等次波長散射天線120共同充當一光學準直元件。此無需一外部反射器及透鏡組合以藉此顯著減小LED封裝之厚度。

【0036】 次波長散射天線120之配置之實施以及陣列中各元件之形狀、大小及材料性質可取決於陣列相對於LED頂面之位置及所要輸出準直輪廓、操作波長之範圍及任何製造考量及限制。歸因於遠離LED之發射體

區域之光場分佈之變動(其中任何平面處之場分佈依據平面之 x , y , z 位置而變化), 陣列與入射於其上之光子之交互作用將變動且依據散射天線120之 z 位置而變化。因此, 一特定設計可經調適以藉由取決於散射元件陣列與LED發射體區域之距離而變動其結構及材料性質且考量LED頂面之反射來準直光。

【0037】 各次波長散射天線120充當一奈米級天線且使入射光自入射角之一特定範圍依已知振幅及相位散射至特定方向。作為一群組之散射天線可經設計以選擇散射方向或否則引起散射方向提供準直光輸出。可藉由使大量此等散射天線在 z 軸上適當配置於一LED之表面上或一LED之表面附近來將入射於次波長散射天線陣列120上之光準直至遠場。具有空間變化參數之次波長散射天線120之設計取決於入射於散射元件陣列上之光之場分佈知識。次波長散射天線陣列120在光學上充當用於準直由LED發射之光之一奈米級準直薄膜透鏡。

【0038】 圖2繪示次波長散射天線陣列之若干實例性配置, 其包含其中陣列220放置於LED 210頂面之頂部上之圖2a、其中陣列260浸沒及/或部分浸沒於LED 250頂面中或LED 250頂面上之圖2b及其中使用放置於陣列290與LED 280頂面之間的一介電間隔物285來使陣列290自LED 280頂面偏移之圖2c。

【0039】 在圖2a中, 次波長散射天線陣列220耦合至LED 210頂面。即, 陣列220放置為在一嵌入介質230中沿 z 軸鄰近於LED 210之表面。陣列220鄰近於LED 210之頂面之空間定位可用於整體選擇散射方向或否則引起散射方向提供準直光輸出。另外, 此空間定位可提供包含其他光束成形組態之進一步益處。

【0040】在圖2b中，次波長散射天線陣列260完全或部分浸沒於LED 250頂面中或LED 250頂面上。即，陣列260在z軸方向上放置於或部分放置於由一嵌入介質270覆蓋或部分覆蓋之LED 250頂面內。陣列260至少部分或完全位於LED 250基板內之此空間定位可用於選擇散射方向或否則引起散射方向提供準直光輸出。特定言之，將陣列260放置於或部分放置於LED 250基板內可消除或至少控制寄生散射及自LED 250頂面至準直設計中之其他輸入。

【0041】在圖2c中，次波長散射天線陣列290自LED 280頂面偏移。此偏移可在z軸方向上。偏移可因在一嵌入介質295中沿z軸將一介電間隔物285放置於陣列290與LED 280頂面之間而發生。介電間隔物285在z軸上之厚度(標示為h)可判定陣列290在z軸上之定位。陣列290與LED 280基板隔開之此空間定位可用於選擇散射方向或否則引起散射方向提供準直光輸出。特定言之，使用一介電間隔物285來使陣列290與LED 280頂面間隔可控制LED 280頂面之反射輸入且可藉由選擇介電間隔物285來將另一因數引入至程序中。間隔物285可用於促進(例如)將總成製造為其中透鏡製造於磷光體之頂部上之一組態。

【0042】介電間隔物285大小及材料之此選擇提供額外變數，其可經調整以提供或增強所產生之光在遠場中之準直。介電材料之選擇亦可使用嵌入介質295來實現一較佳轉變，藉此操作為自LED 280基板至嵌入介質295之一過渡以替代圖2a中之情形(其中嵌入介質230及LED 210基板實質上接觸且產生光傳播穿過之一界面)。應瞭解，此間隔會占用封裝中之額外空間。另外，此空間定位可提供包含提高自LED提取光之效率之進一步益處。

【0043】 另外，散射天線可配置於多個層(圖中未展示)中，其中層之間的介電間隔物可經設計以促進選擇光散射。額外層可用於提供寬參數範圍內之操作(藉由將一些參數分至各層中，其中參數可為(例如)波長及/或偏振)、任何像差誤差之校正及準直結構之任何多功能性之新增。

【0044】 散射天線之一些或所有連續層亦可放置為緊鄰於其他層。個別散射天線可具有 z 軸上相對於其他散射天線之偏移，但散射天線一般位於平行於LED頂面之一平面上。圖3繪示次波長散射元件陣列之若干實例性配置，其包含其中陣列320放置於LED 310頂面之頂部上之圖3a、其中陣列340放置於LED 330之頂面上且個別散射天線之間具有 z 偏移之圖3b、其中多個陣列360、370放置於LED 350表面上且各陣列具有散射天線之不同配置及各層之間無間隙之圖3c及其中多個陣列390、395放置於LED 380表面上且各陣列具有散射天線之不同配置及設計厚度之層之間具有介電間隔物385之圖3d。

【0045】 圖3a繪示定位為鄰近於LED 310基板之頂面之一單一散射天線陣列320。此提供圖3之額外實例由於不同陣列之間間隙可為零或大於零而自其衍生之一基礎實例。

【0046】 圖3b繪示一單一散射天線陣列340，其中陣列內之散射天線之若干者位移至LED之光輸出內之不同位置(併入 z 軸偏移)。如圖3b中所展示，若干散射天線340部分浸沒於LED 330基板內。應瞭解，儘管圖中未展示，但若干元件可完全浸沒於LED 330基板中。若干散射天線340定位為鄰近於LED 330基板，類似於圖3a中之其各自位置。若干散射天線340亦在 z 軸上自LED 330基板之頂面位移一距離。其他散射天線340在 z 軸上自LED 330基板之頂面位移一不同距離。

【0047】 圖3c繪示放置於LED 350頂面上之多個散射天線陣列360、370 (圖中展示兩個陣列)，其中各陣列具有散射天線之一不同配置(但可使用相同配置)且陣列之間無間隙。一般而言，第一陣列360可定位為相同於圖3a中所描繪之情形。第二陣列370可定位為鄰近於第一陣列360。

【0048】 圖3d繪示多個散射天線陣列390、395 (圖中亦展示兩個陣列)。各陣列390、395可具有散射天線之一不同配置，但可使用相同配置。一般而言，第一陣列390可定位為相同於圖3a中所描繪之情形。第二陣列395可定位為在z軸上自第一陣列390偏移一距離 h_1 。若使用更多陣列，則陣列之間的時間可相同或可(諸如)因(例如)第二陣列與第三陣列之間包含一距離 h_2 而變動。

【0049】 圖4繪示準直一LED基板之光輸出之一方法400。方法包含以下步驟：在步驟410中，識別LED輸出及LED基板頂面。方法進一步包含：在步驟420中，提供一次波長散射元件陣列來與LED之光輸出交互作用。方法可包含：在步驟430中，將散射元件配置於z軸上以提供與光之適當交互作用以在遠場中產生準直光。方法可包含：在步驟440中，自LED基板、一嵌入介質及一介電間隔物之選擇變動其中嵌入散射元件之介質，其包含部分嵌入於此基板內。方法亦可包含：在步驟450中，變動散射天線之大小及/或形狀以提供輸出光之所要效應。方法亦可包含：在步驟460中，變動散射天線之材料以提供輸出光之所要效應。

【0050】 依使得LED之遠場處之光(實質上)相較於無散射天線之一LED而準直之一方式設計散射天線。各元件可經選擇以引起散射將一特定振幅及相位賦予光。因此，可使用諸多不同設計來實施散射天線。

【0051】 散射天線可基於操作模式來大致分類為一諧振散射體或一非諧振散射體。一諧振散射體支援一組給定結構材料參數及一給定波長之一電磁諧振。例如，散射天線可支援包含電及磁偶極及四極諧振之米氏諧振(Mie resonance)。舉例而言，此等散射天線可包含支援電偶極及磁偶極兩者之矽奈米柱。

【0052】 替代地，散射天線可為一非諧振散射體。此散射元件可藉由不同方式(如(例如)藉由使用波導模式)來影響散射光之振幅及相位。在此情況中，當入射波透過散射天線傳播時，各散射元件可對入射波提供一不同相移。當入射波透過陣列傳播時，散射天線總體上調諧入射波之振幅及相位。在兩種情況中，可藉由(例如)基於一特定圖案或輪廓變動散射天線之尺寸來獲得散射場之振幅及相位變動。

【0053】 共同參考圖5來繪示應用散射天線來準直一LED之光之一系列實例。在圖5a中，LED架構可包含一半導體層502（諸如氮化鎵(GaN)）及一藍寶石基板504。儘管圖5a中未展示，但一磷光體層亦可包含於藍寶石基板504與散射天線506之間。在最終裝置中，發射光自半導體層502發射至藍寶石基板504中且最終到達周圍介質。如圖5a中所展示，散射天線506可安置於藍寶石基板504之頂部上。在圖5a中，藍寶石基板504大於半導體層502之大小。

【0054】 散射天線506可包含一高介電常數(或高折射率)及低損耗材料，諸如(例如)二氧化鈦、氮化鎵、氮化矽、近IR波長處之非晶或結晶矽及其類似者。材料之低損耗性提供裝置之高傳輸效率。二氧化鈦可用作為實施非諧振散射天線506之材料。用於實施散射天線506之材料之折射率可具有至少2.5之一折射率，其中一損耗小於 1×10^{-3} 。

【0055】 具體而言，散射天線506可包含用於450 nm及620 nm之波長處之二氧化鈦，其具有約2.5之一折射率及小於 1×10^{-3} 之損耗。替代地，矽可用作為行動裝置(諸如(例如)用於人臉辨識及虹膜辨識)中近紅外線(IR)應用之散射天線506，其具有約3.66 (3.6至3.7之範圍內)之一折射率及小於 3×10^{-3} 之損耗。

【0056】 散射元件圖案可配置為矩形或六方晶格。在圖5a之實例中，圖案可配置為一矩形晶格。晶格週期可小於400 nm。在圖5a之實例中，晶格週期可為250 nm。散射天線內之桿之半徑可自40 nm變動至110 nm。所使用之半徑之上限及下限可由製造容限指定且設計可經變動以適應製造容限。在非諧振裝置設計中，散射天線506之高度可為數百nm且受限於可透過實際方法達成之桿縱橫比。在一特定設計中，奈米結構之高度可小於700 nm。此特定設計可具有以620 nm為中心之一波長。設計概念可推廣至包含用於窄頻及寬頻(白光)兩種操作之可見光之其他波長。在實例中，藍寶石基板504之厚度可選擇為100 μm ，但應自本發明瞭解，厚度可變動且受限於製造及處置程序。不同材料及製程之選擇可允許基板504使用較薄材料。在一實例中，準直奈米結構陣列506之焦距可界定為100 μm 。焦距可經設計以結構化LED晶片之主動光區域之影像。

【0057】 在圖5之實例中，桿之半徑可依據沿藍寶石基板之位置(x, y)而變動。桿半徑可依據(x, y)而變動以使遠場中之所得光準直。替代地，半徑不是隨(x, y)變動，而是可使半徑保持恆定，且高度可依據(x, y)而變動。此設計導致散射天線陣列506充當一準直透鏡。鈦散射天線506之半徑可經選擇以提供類似於一準直透鏡之總相位分佈之結構之一總相位分佈 $\phi(x, y)$ 。可藉由選擇變動散射天線陣列506中之各桿之半徑以控制由

桿散射之光之振幅及相位來達成此效應。

【0058】 僅舉例而言，非諧振散射天線506之設計可包含每單位單元具有一個天線之矩形及六方兩種晶格。結構可製造於藍寶石基板504之頂部上且具有一空氣環境介質。焦距可經設計以結構化LED晶片之主動發光區域之影像。例如，可存在依250 nm之一週期性設計於450 nm處之一裝置500，其使用具有自25 nm空間變動至110 nm之半徑之高度600 nm之二氧化鈦非散射天線506。620 nm處之另一設計可用於未使用磷光體之發紅光LED。此一裝置500可包含300 nm之一週期性及具有自25 nm空間變動至130 nm之半徑之高度700 nm之二氧化鈦非散射天線506。

【0059】 舉額外實例而言，諧振散射天線506之設計可包含每單位單元具有一個天線之矩形及六方兩種晶格。操作波長可為850 nm且一週期性係400 nm，其使用具有自25 nm變動至180 nm之半徑之高度150 nm之桿。可使用一玻璃基板。

【0060】 此等天線層可減少對用於準直光之外部透鏡之需要，用於使由LED發射之輻射輪廓變窄以提高將光耦合至外部光學器件之效率以藉此提高總系統效率。此技術可應用於在LED之側上使用塊狀反射材料或薄反射層之既有LED結構之應用。

【0061】 圖5b至圖5e提供併入散射天線之裝置之額外實例。在圖5b中，存在設計為具有塊狀反射材料且無磷光體層之一LED之一裝置520。裝置520包含定位於裝置520之核心之端處之一塊狀反射材料522。裝置520之核心包含位於一LED晶片526與散射天線(奈米結構層) 528之間的一藍寶石基板524。LED 520發射特定色彩/波長之光，諸如發射藍光、綠光之InGaN LED。

【0062】圖5c繪示具有一側反射塗層542且無磷光體之一LED 540。裝置540包含定位於裝置540之核心之端處之一側反射器542。側反射器542可包含(例如)一布拉格光柵、介質反射鏡、金屬反射鏡。裝置540之核心包含定位於一LED晶片546與散射天線(奈米結構層) 548之間的一藍寶石基板544。LED 540發射特定色彩/波長之光，諸如發射藍光、綠光之InGaN LED。

【0063】奈米結構層548可應用於磷光體550之頂部以準直自磷光體550發射之光。磷光體550可經選擇以發射寬頻黃光(如同白色LED之情況，白色係藍色+黃色)或完全轉換LED晶片546之所有藍光以發射一窄波長帶(例如發射琥珀光、深紅光之LED)。奈米結構層548可經設計以準直白光(黃色+藍色)或某些特定色彩/波長。

【0064】圖5d繪示具有一塊狀反射材料562及一磷光體層570之一LED 560。裝置560包含定位於裝置560之核心之端處之塊狀反射材料562。裝置560之核心包含定位於一LED晶片566與磷光體層570之間的一藍寶石基板564，且散射天線(奈米結構層) 568可在藍寶石基板564之遠端處鄰近於磷光體層570。可在磷光體層570下面利用延伸超過藍寶石基板564及LED晶片566之額外聚矽氧翼572。

【0065】奈米結構層568可應用於磷光體570之頂部以準直自磷光體570發射之光。磷光體570可經選擇以發射寬頻黃光(如同白色LED之情況，白色係藍色+黃色)或完全轉換LED晶片566之所有藍光以發射一窄波長帶(例如發射琥珀光、深紅光之LED)。奈米結構層568可經設計以準直白光(黃色+藍色)或某些特定色彩/波長。

【0066】圖5e繪示具有側反射塗層582及一磷光體層590之一LED

580。裝置580包含定位於裝置580之核心之端處之一側反射塗層582。側反射器582可包含(例如)一布拉格光柵、介質反射鏡、金屬反射鏡。裝置580之核心包含定位於一LED晶片586與磷光體層590之間之一藍寶石基板584，且散射天線(奈米結構層) 588可在藍寶石基板584之遠端處鄰近於磷光體層590。

【0067】 圖6繪示1 mm×1 mm之LED大小上方之散射天線之相位分佈 $\phi(x, y)$ 之一圖示600。圖7繪示25 μm ×25 μm 之一較小區域(比通常每邊為1 mm至2 mm之LED之尺寸(如圖6中所展示)小)上方之散射天線之相位分佈 $\phi(x, y)$ 之一圖示700。圖6及圖7共同繪示波如何在不同位置(x, y)處延遲且進一步展現存在一準直光束或否則可展現光束成形。

【0068】 圖8繪示散射天線之相位函數之一圖示800。圖9繪示對應於圖8之相位分佈圖800之一藍寶石基板上之10 μm ×10 μm 之一較小區域上方之散射天線之配置之一俯視圖900。桿半徑及配置已經選擇以提供具有100 μm 之一焦距之一準直透鏡之行為。圖9繪示大致實施上述相位分佈函數之桿之陣列。即，所繪示之桿陣列大致將相位延遲賦予由相位分佈函數給定之入射光。在此繪示中，桿之半徑可依據沿一基板(例如藍寶石)之位置(x, y)而變動。桿半徑依據(x, y)而變動以使遠場中之所得光準直。所得奈米結構陣列充當一準直透鏡。二氧化鈦奈米桿之半徑經選擇使得結構之總相位分佈 $\phi(x, y)$ 類似於一準直透鏡之相位分佈。此可藉由變動陣列中之各桿之半徑以控制由桿散射之光之振幅及相位來達成。

【0069】 圖10繪示散射天線之一放大影像1000。圖9繪示圖8之相位函數且描繪相位函數如何載入至散射天線之結構中。吾人藉由比較兩個圖來輕易推斷關係。

【0070】 圖11繪示散射天線之一進一步放大影像1100。圖中展示依週期性方式配置之一系列桿。圖11繪示具有空間變化尺寸及相同恆定高度之桿之一週期性配置。

【0071】 儘管上文依特定組合描述特徵及元件，但一般技術者應瞭解，各特徵或元件可單獨使用或與或不與其他特徵及元件組合使用。另外，本文所描述之方法可實施於併入一電腦可讀媒體中以由一電腦或處理器執行之一電腦程式、軟體或韌體中。電腦可讀媒體之實例包含電子信號(經由有線或無線連接傳輸)及電腦可讀儲存媒體。電腦可讀儲存媒體之實例包含(但不限於)一唯讀記憶體(ROM)、一隨機存取記憶體(RAM)、一暫存器、快取記憶體、半導體記憶體裝置、磁性媒體(諸如內部硬碟及可抽換式磁碟)、磁光媒體及光學媒體(諸如CD-ROM磁碟及數位多功能光碟(DVD))。

【符號說明】

【0072】

100	配置
110	發光二極體(LED)晶粒
120	次波長散射天線陣列
130	嵌入介質
210	LED
220	次波長散射天線陣列
230	嵌入介質
250	LED
260	次波長散射天線陣列

270	嵌入介質
280	LED
285	介電間隔物
290	次波長散射天線陣列
295	嵌入介質
310	LED
320	散射天線陣列
330	LED
340	散射天線陣列
350	LED
360	散射天線陣列/第一陣列
370	散射天線陣列/第二陣列
380	LED
385	介電間隔物
390	散射天線陣列/第一陣列
395	散射天線陣列/第二陣列
400	方法
410	步驟
420	步驟
430	步驟
440	步驟
450	步驟
460	步驟

500	裝置
502	半導體層
504	藍寶石基板
506	散射天線
520	裝置/LED
522	塊狀反射材料
524	藍寶石基板
526	LED晶片
528	散射天線/奈米結構層
540	LED/裝置
542	側反射塗層/側反射器
544	藍寶石基板
546	LED晶片
548	散射天線/奈米結構層
550	磷光體
560	LED/裝置
562	塊狀反射材料
564	藍寶石基板
566	LED晶片
568	散射天線/奈米結構層
570	磷光體層
572	額外聚矽氧翼
580	LED/裝置

582	側反射塗層/側反射器
584	藍寶石基板
586	LED晶片
588	散射天線/奈米結構層
590	磷光體層
600	圖示
700	圖示
800	相位分佈圖
900	俯視圖
1000	放大影像
1100	進一步放大影像
h	厚度
h ₁	距離



201924485

【發明摘要】

【中文發明名稱】

用於準直發光二極體之光發射之奈米結構的超材料及超表面

【英文發明名稱】

NANOSTRUCTURED META-MATERIALS AND META-SURFACES TO COLLIMATE LIGHT EMISSION FROM LEDS

【中文】

本發明揭示一種用於準直一發光二極體(LED)之輸出之系統、方法及裝置。該系統、方法及裝置包含：一LED基板，其包含光自其發射之一頂面；及一次波長散射天線陣列，其定位於該發射光路徑內，該次波長散射天線陣列經組態以選擇該LED發射光之散射方向以自該裝置提供準直光輸出。該陣列可垂直於自該LED發射之光之傳播面對準且可定位為鄰近於該頂面。該陣列可至少部分或完全定位於該LED基板內。該陣列可與該頂面間隔一距離且可使用鄰近於該頂面之一介電間隔物來達成該間隔。該陣列可定位於該介電間隔物內。

【英文】

A system, method and device for collimating the output of a light emitting diode (LED) are disclosed. The system, method and device include an LED substrate including a top surface from which the light is emitted, and an array of subwavelength scattering antennas positioned within the emitted light path, the array of subwavelength scattering antennas configured to select directions of scatter of the LED emitted light to provide collimated light output from the device. The array may

be aligned perpendicular to the plane of propagation of the light emitted from the LED and may be positioned adjacent to the top surface. The array may be at least partially, or completely, positioned within the LED substrate. The array may be spaced a distance from the top surface and the spacing may be achieved using a dielectric spacer adjacent to the top surface. The array may be positioned within the dielectric spacer.

【指定代表圖】

圖5a

【代表圖之符號簡單說明】

- 500 裝置
- 502 半導體層
- 504 藍寶石基板
- 506 散射天線

【發明申請專利範圍】

【第1項】

一種用於準直一發光二極體(LED)之輸出之裝置，該裝置包括：

一LED基板，其包含光自其發射之一頂面；

一次波長散射天線陣列，其定位於該發射光路徑內，該次波長散射天線陣列經組態以選擇該LED發射光之散射方向以自該裝置提供準直光輸出；及

一第二次波長散射天線陣列，其定位於該發射光路徑內且與該陣列隔開一距離，該第二次波長散射天線陣列經組態以選擇該LED發射光之散射方向以自該裝置提供準直光輸出。

【第2項】

如請求項1之裝置，其中該陣列垂直於自該LED發射之該光之傳播面。

【第3項】

如請求項1之裝置，其中該陣列定位為鄰近於該頂面。

【第4項】

如請求項1之裝置，其中該第二陣列垂直於自該LED發射之該光之該傳播面。

【第5項】

如請求項1之裝置，其中該第二陣列定位為鄰近於該頂面。

【第6項】

如請求項1之裝置，其進一步包括該陣列定位於其內之一嵌入介質。

【第7項】

如請求項1之裝置，其進一步包括該第二陣列定位於其內之一嵌入介質。

【第8項】

如請求項1之裝置，其中該陣列至少部分定位於該LED基板內。

【第9項】

如請求項1之裝置，其中該陣列定位於該LED基板內。

【第10項】

如請求項1之裝置，其中該陣列與該頂面間隔一距離。

【第11項】

如請求項1之裝置，其中該第二陣列與該頂面間隔一距離。

【第12項】

如請求項1之裝置，其進一步包括鄰近於該頂面之一介電間隔物，該介電間隔物提供該陣列在光傳播之方向上與該頂面之一間隔。

【第13項】

如請求項8之裝置，其中該陣列定位於該介電間隔物內。

【第14項】

如請求項8之裝置，其中該第二陣列定位於該介電間隔物內。

【第15項】

如請求項10之裝置，其中該陣列及該第二陣列隔開一距離。

【第16項】

一種用於準直一發光二極體(LED)之輸出之方法，該方法包括：

自一LED基板之一頂面發射光；

使用定位於該發射光路徑內之一次波長散射天線陣列來選擇該LED

發射光之散射方向以提供裝置之準直光輸出；

變動該陣列嵌入其中之介質；

變動該散射天線陣列之形狀及大小；及

變動該散射天線陣列之材料。

【第17項】

如請求項16之方法，其進一步包括：進一步使用定位於該發射光路徑內且與該陣列隔開一距離之一第二次波長散射天線陣列來選擇該LED發射光之散射方向以提供該裝置之準直光輸出。

【第18項】

如請求項17之方法，其進一步包括：變動該第二陣列嵌入其中之介質；變動該第二散射天線陣列之形狀及大小；及變動該第二散射天線陣列之材料。

【第19項】

如請求項17之方法，其中該第二陣列在該光傳播方向上與該陣列間隔一距離。

【第20項】

一種用於準直一發光二極體(LED)之輸出之裝置，該裝置包括：

一LED基板，其包含光自其發射之一頂面；及

一次波長散射天線陣列，其定位於該發射光路徑內，該次波長散射天線陣列經組態以選擇該LED發射光之散射方向以自該裝置提供準直光輸出。

