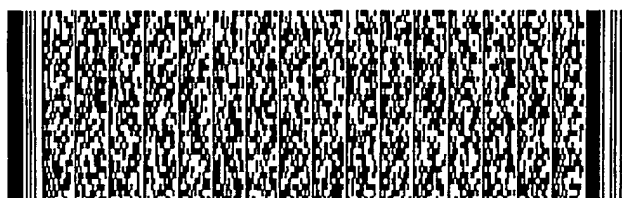


申請日期：93-4-13	IPC分類
申請案號：93110209	H01J 1/00 (2006.01)

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書

一、 發明名稱	中文	發光裝置(七)
	英文	LIGHT EMITTING DEVICES (七)
二、 發明人 (共3人)	姓名 (中文)	1. 亞歷克斯易 A. 爾恰克 2. 幽迪 E. 麥瑞夫 3. 麥可 格雷葛利 布朗
	姓名 (英文)	1. ERCHAK, Alexei A. 2. MEIRAV, Udi E. 3. BROWN, Michael GREGORY
	國籍 (中英文)	1. 美國 US 2. 以色列 IL 3. 美國 US
	住居所 (中文)	1. 美國麻薩諸塞州02139, 劍橋郡#301公寓, 朝聖街41號 2. 美國麻薩諸塞州02461, 紐頓市, 林肯街146號 3. 美國麻薩諸塞州01879, 亨斯保羅市, 捷克斯路33號
	住居所 (英文)	1. 2. 3.
三、 申請人 (共1人)	名稱或 姓名 (中文)	1. 發光裝置公司
	名稱或 姓名 (英文)	1. Luminus Devices, Inc.
	國籍 (中英文)	1. 美國 US
	住居所 (營業所) (中文)	1. 美國麻薩諸塞州01801, 屋本市X室, 新波士頓街175號 (本地址與前向貴局申請者相同)
	住居所 (營業所) (英文)	1.
	代表人 (中文)	1. 亞歷克斯易 A. 爾恰克
	代表人 (英文)	1. ALEXEI A. ERCHAK



一、本案已向

國家(地區)申請專利	申請日期	案號	主張專利法第二十四條第一項優先權
美國 US	2003/04/15	60/462,889	有
美國 US	2003/05/29	60/474,199	有
美國 US	2003/06/04	60/475,682	有
美國 US	2003/09/17	60/503,653	有
美國 US	2003/09/17	60/503,654	有
美國 US	2003/09/17	60/503,661	有
美國 US	2003/09/17	60/503,671	有
美國 US	2003/09/17	60/503,672	有
美國 US	2003/10/23	60/513,807	有
美國 US	2003/10/27	60/514,764	有

申請案號:

無

日期:

三、主張本案係符合專利法第二十條第一項 ☐ 第一款但書或 ☐ 第二款但書規定之期間

日期:

四、☐ 有關微生物已寄存於國外:

寄存國家:

寄存機構:

寄存日期:

寄存號碼:

無

☐ 有關微生物已寄存於國內(本局所指定之寄存機構):

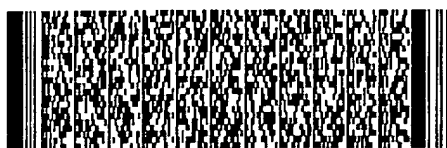
寄存機構:

寄存日期:

寄存號碼:

無

☐ 熟習該項技術者易於獲得,不須寄存。



一、本案已向

國家(地區)申請專利

申請日期

案號

主張專利法第二十四條第一項優先權

美國 US

2003/11/26

10/724, 033

有

二、☐主張專利法第二十五條之一第一項優先權：

申請案號：

無

日期：

三、主張本案係符合專利法第二十條第一項☐第一款但書或☐第二款但書規定之期間

日期：

四、☐有關微生物已寄存於國外：

寄存國家：

寄存機構：

寄存日期：

寄存號碼：

無

☐有關微生物已寄存於國內(本局所指定之寄存機構)：

寄存機構：

寄存日期：

寄存號碼：

無

☐熟習該項技術者易於獲得, 不須寄存。



五、發明說明 (2)

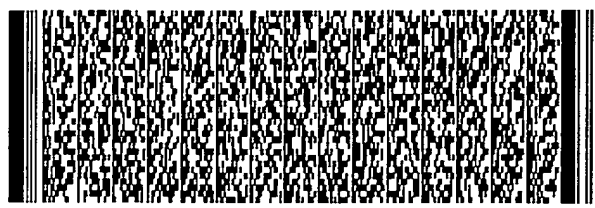
【發明所屬之技術領域】

本發明有關於一種發光裝置及其相關元件、系統及方法。

【先前技術】

相較於白熾燈或電燈(incandescent light source)及/或螢光燈(fluorescent light source)而言,發光二極體(light emitting diode, LED)所提供之光線係可具有較高的效能。此外,由於LEDs之相關設備係可提供相當高的電力效率(power efficiency),藉此已於各式各樣的照明設施之中取代了傳統的光源(light sources)。例如:LEDs係用以做為交通用燈(traffic lights)之使用、用以對於電話鍵盤(cell phone keypads)與顯示器(displays)等進行照明。

一般而言,LED係由複數層結構(multiple layers)所形成,其中,於複數層結構中之至少部分的層結構係由不同的材料所製成,並且藉由這些層結構之材質、厚度決定了LED所發出光線之波長(wavelength)。另一方面,經由對於這些層結構之化學成份(chemical composition)的選擇作用下,如此係可以對於其光動力(optical power)進行相當有效能的收縮,並且對於所射出之電載子(electrical charge carriers)進行隔離,如此以避免其進入某些特定區域(regions)(一般稱之為量子井(quantum wells))。通常,於量子井所生成位置之接面(junction)



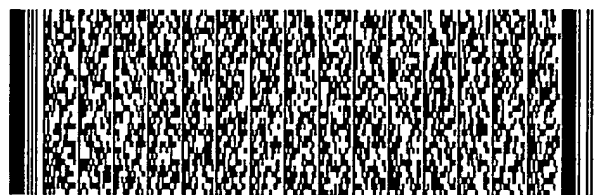
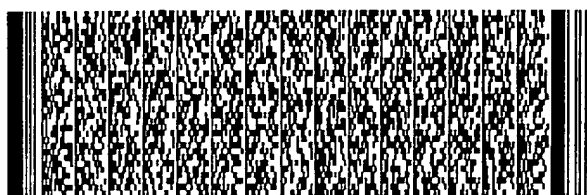
五、發明說明 (3)

之一側邊的層結構上係摻雜了給予體原子(donor atoms)，藉此以導致高電子濃度(electron concentration)(通常稱這些層結構為n型層結構(n-type layers))的產生；另外，於其相對側邊之層結構上係摻雜了受體原子(acceptor atoms)，藉此以導致相當高的電洞濃度(hole concentration)(通常稱這些層結構為p型層結構(p-type layers))。

以下將針對LED之製作方式提出說明。於晶圓(wafer)之製作過程中係形成了複數材料層。一般而言，這些層結構係藉由磊晶沉積技術(epitaxial deposition technique)所形成，例如：金屬有機化學氣相沉積(metal-organic chemical vapor deposition (MOCVD)，於其成長基底(growth substrate)之上係已預先形成了沉積層結構。隨後，藉由各種蝕刻及金屬化技術(etching and metallization techniques)對於這些外露的層結構進行電流注入用之接觸墊(contact)之製作，隨後便可對於晶圓進行切割以製作出個別LED晶片(LED chips)。通常，經切割後之個別LED晶片係利用封裝技術加以包覆。

當進行LED之操作時，一般係將電能(electrical energy)注入於LED之中，此電能隨後便可轉換為電磁輻射(electromagnetic radiation)(光線)，部分的電磁輻射或光線便可經由LED而被引出。

【發明內容】



五、發明說明 (12)

III-V 族半導體材料(III-V semiconductor materials)、有機半導體材料(organic semiconductor materials)、矽(silicon)。

於部分實施例中，圖樣係可不必延伸至光產生區域之中。

於部分實施例中，圖樣係可不必延伸至第一層之上。

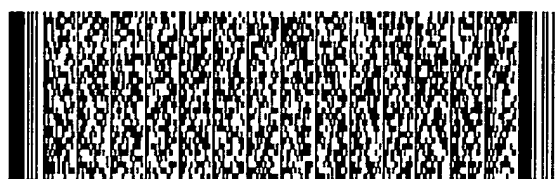
發光裝置更可包括了複數電接觸墊(electrical contact pad)，經由這些電接觸墊的設計下係可將電流注入於發光裝置。電接觸墊係可設計成可將電流以垂直注入於發光裝置。

圖樣係可局部地選自於以下各種構成方式(component)或其相互間的組合，例如：於第一層之表面上形成了孔洞(holes)、於第一層之中形成有柱體結構(pillars)、於第一層之中形成有連續脈紋(veins)。

於部分實施例中，圖樣之樣式係選自於三角圖樣(triangular pattern)、方型圖樣(square pattern)及格柵狀圖樣(grating pattern)。

於部分實施例中，圖樣之樣式係選自於非周期性圖樣(aperiodic patterns)、準晶圖樣(quasicrystalline patterns)、羅賓遜圖樣(Robinson pattern)及安曼圖樣(Amman patterns)。於部分實施例中，圖樣係為一彭羅斯圖樣(Penrose pattern)。

於部分實施例中，圖樣之樣式係選自於蜂巢狀圖樣(honeycomb patterns)、阿基米得圖樣(Archimidean



五、發明說明 (13)

patterns)。在特定實施例中，不同直徑之孔洞係可形成於圖樣(例如：蜂巢狀圖樣)之上。

於部分實施例中，圖樣係可由局部形成於第一層之表面上的孔洞所構成。

舉例而言，調變參數係可至少約為晶格常數之1%及/或25%。於部分實施例中，圖樣係可對應於經實質上任意調變之一理想圖樣(ideal pattern)。

在對於圖樣進行適當的設計下，由第一層之表面所發出之光線係具有輻射模態(radiation modes)之光譜(spectrum)，並且此輻射模態之光譜於實質上係相同於光產生區域之一特徵發射(characteristic emission spectrum)。

舉例而言，發光裝置係可為一發光二極體(light emitting diode)、雷射(laser)或一光放大器(optical amplifiers)。發光裝置係由複數有機發光二極體(organic light-emitting devices, OLEDs)、複數面射型發光二極體(flat surface-emitting LEDs)、複數高亮度發光二極體(HBLEDs)。

於部分實施例中，第一層之表面係可具有尺寸約小於 $\lambda/5$ 之特徵，其中， λ 係為可被第一層所發射之光線的波長。

於特定實施例中，發光裝置係經由封裝方式而加以包覆(例如：以封裝晶粒(packaged die)之型態呈現)。於部分實施例中，經封裝之發光裝置係可以不必採用封膠材料



五、發明說明 (14)

層(encapsulant material)。

於部分實施例中，與第一層之表面相接觸之材料係為一氣體(gas)(例如：空氣(air))，並且此氣體所具有之壓力係略小於100托(Torr)。

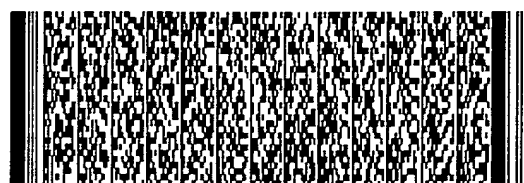
於特定實施例中，與第一層之表面相接觸之材料所具有之折射率至少約為1。

於部分實施例中，封裝LED係包括一蓋板(cover)，於蓋板中包括了磷材料。在適當設計蓋板之下，光產生區域所產生之光線便可經由第一層之表面發出且可與磷材料之間產生交互作用，並且經由第一層之表面發出且可與磷材料之間產生交互作用下，其經由蓋板所發出之光線於實質上係為白光。

於特定實施例中，發光裝置更可包括一第一薄片與一第二薄片。第一薄片之材質於實質上係為透明，藉此係可讓光線自發光裝置而發出。於第二薄片係包括了磷材料，第二薄片係鄰接於第一薄片，並且於第一薄片、第一層之表面之間係可設置了具有折射率至少約為1.5之一材質(material)。在第一薄片與第二薄片之設計下，光產生區域所產生之光線便可經由第一層之表面發出且可與磷材料之間產生交互作用，並且經由第一層之表面發出且可與磷材料之間產生交互作用下，其經由第二薄片所發出之光線於實質上係為白光。

磷材料係可設置於第一層之表面上。

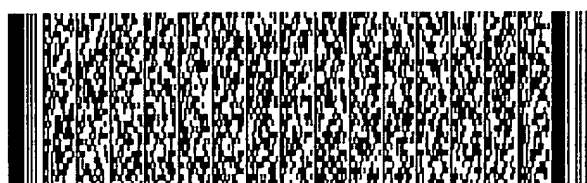
於晶圓之製作方法中，包括了利用磷材料之設置而可



五、發明說明 (16)

一部分(portion)進行分解(decompose)。對結合層進行加熱的過程中係包括了讓結合層於一雷射光(laser)所發射之輻射(radiation)之下進行曝光。對基底進行移除的過程中係包括了藉由一雷射掀去製程(laser liftoff process)對於基底進行曝光。對基底進行移除之後係造成了第一層之表面於實質上呈現出平坦狀(flat)。在將圖樣形成於第一層之表面中之前，其更包括了在將第一層移除之後、對於第一層之表面進行平坦化處理(planarizing)。對於第一層之表面進行平坦化處理中係包括了對於第一層之表面進行化學機械研磨(chemical-mechanical polishing)。對於第一層之表面進行平坦化處理係以略大於 $\lambda/5$ 的程度、降低了第一層之表面之粗糙度(roughness)，其中， λ 係為經由第一層所發射之光線的波長。製作發光裝置之方法更包括了在第一層之表面中形成了圖樣。於形成圖樣的過程中係包括了採用奈米微影(nanolithography)。圖樣係包括了複數外貌(features)，這些外貌之尺寸係略大於 $\lambda/5$ ，其中， λ 係為經由第一層所發射之光線的波長。製作發光裝置之方法更包括了將一基底設置於反射材料層之上。此外，製作發光裝置之方法更包括了將一電流散佈層(current-spreading layer)設置於第一層與光產生區域之間。

以下將藉由本發明之各實施例說明其所具有之各項優點。



五、發明說明 (17)

於特定實施例中，一LED及/或一相對大型LED晶片係可相對地發出高光引出量(light extraction)。

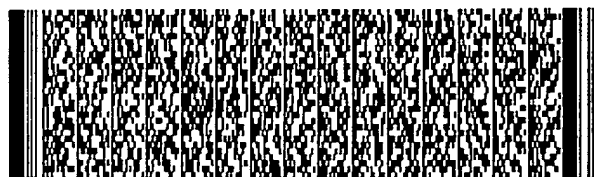
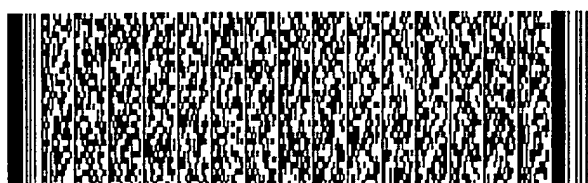
於部分實施例中，一LED及/或一相對大型LED晶片係可相對地發出高表面亮度(surface brightness)、平均表面亮度(average surface brightness)、低散熱(heat dissipation)之需求或具有高散熱率、低音域(etendue)及/或高電力效率(power efficiency)。

於特定實施例中，一LED及/或一相對大型LED晶片係可在適當的設計下，由LED/LED晶片所發出之相對少量光線係可被封裝所吸收。

於部分實施例中，一封裝LED(例如：相對大型封裝LED)係可不必藉由封膠材料以進行封裝製作，如此係可避免採用特定封膠材料時所可能產生的特定問題，例如：降低的性能(reduced performance)及/或隨著時間之函數(function of time)上的不相容性能(inconsistent performance)。在相對長時期的操作下，藉此所提供之一封裝LED係可達到相對理想及/或可靠的性能。

於特定實施例中，一LED(例如：一封裝LED，此封裝LED係可為相對大型封裝LED)係可包括了均勻的磷材料塗層。

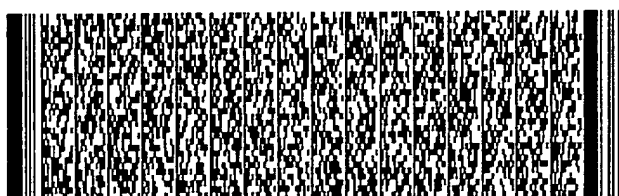
於部分實施例中，經設計後之一LED(例如：一封裝LED，此封裝LED係可在一特定角度範圍(particular angular range)內提供所需之光線輸出(desired light output)(例如：與LED表面正向(surface normal)有關之



五、發明說明 (19)

130 上係形成有多重氮化銦鎵/氮化鎵量子井(multiple InGaN/GaN quantum wells)；以及一氮化鋁鎵層(AlGaIn layer)132。一n邊接觸墊(n-side contact pad)136係設置於矽晶摻雜(n-摻雜)氮化鎵層134之上，並且一p邊接觸墊(p-side contact pad)138係設置於銀層126之上。封膠材料層(encapsulant material)(具有折射率(index of refraction)為1.5之環氧樹脂(epoxy))144係位於矽晶摻雜(n-摻雜)氮化鎵層134、一蓋玻片(cover slip)140與複數支承構件(supports)142之間。封膠材料層144並沒有延伸至各開孔150之中。

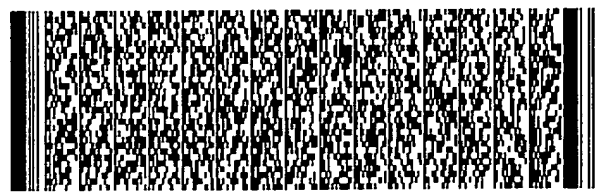
以下將針對LED 100所產生之光線(light)提出說明。相對於n邊接觸墊136，p邊接觸墊138係處於正電位(positive potential)，如此將導至電流(electrical current)輸入至LED 100之中。當電流通過了光產生區域130時，由矽晶摻雜(n-摻雜)氮化鎵層134所發出的電子(electrons)與來自鎂摻雜(p-摻雜)氮化鎵層128之孔洞(holes)便共同在光產生區域130之上結合，如此便可在光產生區域130產生了光線。此外，於光產生區域130中包含了大量的點偶極輻射源(point dipole radiation sources)，在點偶極輻射源之作用下，由光產生區域130所產生之光線(例如：等向性(isotropically))便可具備有光產生區域130之製成材料之光線波長之光譜(spectrum)的特性。在InGaIn/GaN量子井的作用下，如此便可經由光產生區域130而產生出具有約445奈米



五、發明說明 (21)

可經由矽晶摻雜(n-摻雜)氮化鎵層134之上表面110、朝向LED 100之外部發出，或是銀層126所反射之光線係可經由LED 100中之半導體材料(semiconductor material)吸收而形成了一孔洞對(electron-hole pair)，並且在孔洞對於光產生區域130之中進行結合的作用下，則於光產生區域130中便可產生光線。同樣地，由光產生區域130所產生之部分的光線係可被導引至n邊接觸墊136，並且藉由n邊接觸墊136之底側(underside)的製成材料(material)(例如：鈦(Ti)/鋁(Al)/鎳(Ni)/金(Au))係對於光產生區域130所產生之至少一部分的光線進行反射。因此，被導引至n邊接觸墊136的光線係可經由n邊接觸墊136進行反射，並且經反射後的光線係可經由矽晶摻雜(n-摻雜)氮化鎵層134之上表面110(例如：來自於銀層126所反射)、朝向LED 100之外部發出，或是被導引至n邊接觸墊136、且由n邊接觸墊136所反射之光線係可經由LED 100中之半導體材料吸收而形成了一孔洞對，並且在孔洞對於光產生區域130之中進行結合的作用下，則於光產生區域130中便可產生光線(例如：藉由或不必藉由銀層126所反射)。

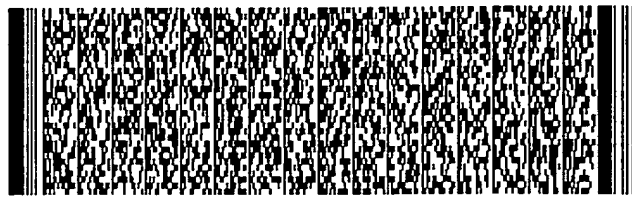
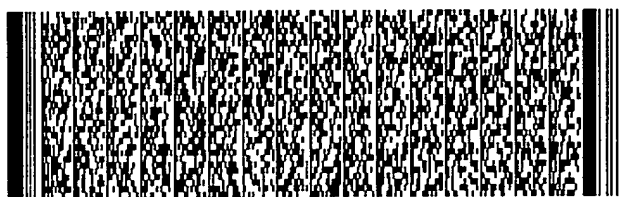
如第1、2圖所示，LED 100之表面110並非平坦狀，於此表面110上包括了由複數開孔150所構成之修正三角形圖樣(modified triangular pattern)。一般而言，開孔150之深度(depth)可為任意值，並且開孔150之直徑、相鄰開孔150之最近間隔(nearest spacing)是可以任意改變的。除非可由其它方式加以註解，否則以下便採用數值計算



五、發明說明 (22)

(numerical calculations)之結果而對於各圖式進行清楚說明：開孔150的深度146約為280nm；非零直徑(non-zero diameter)約為160nm；相鄰開孔150之最近間隔約為220nm；以及折射率為1.0。由於三角形圖樣係經過了調變處理，於相鄰圖樣150之最近中心間距(center-to-center distance)的大小係介於 $(a - \Delta a)$ 與 $(a + \Delta a)$ 之間，其中，"a"係表示三角形圖樣之晶格常數(lattice constant)，" Δa "係表示具有長度之尺度(dimensions of length)的調變參數(detuning parameter)，於此之調變係可根據任意方向(random directions)而得。為有效提高LED 100所發出之光引出量(light extraction)(請參閱以下說明)，調變參數 Δa 係約為理想晶格常數a之至少1%(one percent)(例如：至少約為2%、至少約為3%、至少約為4%、至少約為5%)，並且/或最多約為理想晶格常數之25%(例如：最多為20%、最多為15%、最多為10%)。於部分實施例中，相鄰圖樣150之最近中心間距係可採用介於 $(a - \Delta a)$ 與 $(a + \Delta a)$ 之間的任意值，於實質上便可對於圖樣150進行任意的調變。

基於複數開孔150所構成之修正三角形圖樣可知，藉由非零調變參數係可提高LED 100之引出效率。請參閱第3圖，基於上述之關於LED 100的說明可知，當調變參數 Δa 由零(zero)增加至 $0.15a$ 左右時，於LED 100中之電磁場(electromagnetic fields)之數學模型(numerical modeling)(將於下文中提出說明)中所示之發光裝置的引



五、發明說明 (24)

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\mu \frac{\partial \vec{H}}{\partial t}, \vec{\nabla} \times \vec{H} = \epsilon_{\infty} \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} + \frac{\partial \vec{P}}{\partial t},$$

其中，經由可極化性(polarizability)

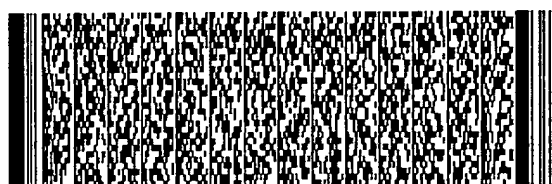
$\vec{P} = \vec{P}_1 + \vec{P}_2 + \dots + \vec{P}_m$ 係可捕捉光產生區域130之量子井區域 (quantum wells region)、p-接觸層(p-contact layer)126、於LED 100中之其它層結構的依頻響應 (frequency-dependent response)。 $\vec{P}_m$ 項目係為根據材料之各種可極化性之不同提供(different contributions)所進行實證推導(empirically)而得之數值(例如：用於束縛電子振盪(bound electron oscillations)之極化響應 (polarization response)、用於自由電子振盪(free electron oscillations)之極化響應)。特別的是，

$$\frac{d^2 \vec{P}_m}{dt^2} + \gamma_m \frac{d\vec{P}_m}{dt} + \omega_m^2 \vec{P}_m = \epsilon(\omega) \vec{E},$$

其中，極化(polarization)係相當於一介電常數 (dielectric constant)

$$\epsilon(\omega) = \epsilon_{\infty} + \sum_m \frac{S_m}{\omega_m^2 - \omega^2 - i\gamma_m \omega}.$$

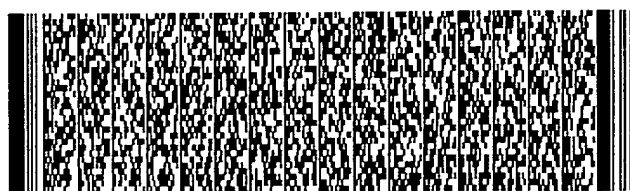
為了方便數值上的計算，於此僅考量了封膠材料層144、銀層126、以及位於封膠材料層144與銀層126之間的各層結構。由於此一估算係假設封膠材料層144、銀層126具有足夠的厚度，如此LED 100之光學性能(optical performance)將不會受到環境層(surrounding layers)之影響。於LED 100中，銀層126、光產生區域130等相關結



五、發明說明 (25)

構(relevant structure)係假設具有一依頻介電常數(frequency dependent dielectric constant)，而其它的結構則不假設具有依頻介電常數。值得注意的是，於部分實施例中之LED 100之封膠材料層144、銀層126之間係包括了複數附加金屬層(additional metal layers)，其中，各附加金屬層係分別具有其所對應之依頻介電常數。另一值得注意的是，銀層126(以及LED 100中之任何其它金屬層)係同時對於束縛電子(bound electron)、自由電子(free electron)而具有一依頻項(frequency dependent term)，但是光產生區域130卻僅對於束縛電子而具有依頻項、但卻對於自由電子卻不具有依頻項。於其它的實施例中，當進行介電常數之依頻的模型計算時，其它例如電聲子相互作用(electron-phonon interactions)、原子極化(atomic polarizations)、離子極化(ionic polarizations)及/或分子極化(molecular polarizations)等項亦可同時列入考量。

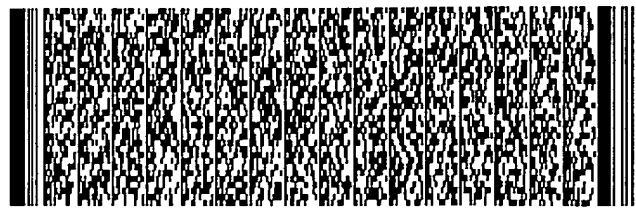
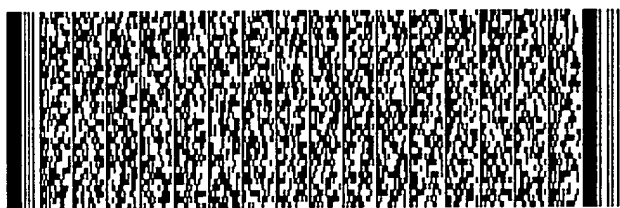
藉由將若干個處於任意位置、固定電流(randomly-placed, constant-current)之雙極聲源(dipole sources)合併於光產生區域130，如此便可完成了對於光產生區域130之量子井區域所發出之光線的模型化處理，於光譜幅寬(spectral width)之各射出短高斯脈衝(emitting short Gaussian pulses)係相等於真實量子井(actual quantum well)之射出短高斯脈衝，並且各射出短高斯脈衝係具有任意初始相位(random initial



五、發明說明 (26)

phase)、開始時間(start-time)。

為了處理LED 100之上表面110中之各開孔150所構成之圖樣，於側向(lateral direction)上係採用了一較大超級單體(supercell)，並且於超級單體中係同時搭配了周期性邊界條件(periodic boundary conditions)之使用。在上述方式作用下，除了可以協助大型(例如：邊緣(edge)大於0.01mm)裝置之尺寸上的模擬之外，當所有偶極源(dipole sources)之能量完全發出、且直到系統內完全不具任何能量之時，全演算方程(full evolution equations)仍可及時完成相關的運算。在模擬過程中，總能量(total energy)之發出、經由上表面110所引出之能量流(energy flux)、由量子井與n摻雜層所吸收之能量均被監控。在藉由傅立葉之時間(time)與空間(space)的轉換之後，除了可以得到引出能量流之頻率、角度解析資料(frequency and angel resolved data)之外，同時可對於角度、頻率解析引出效率(angle- and frequency-resolved extraction efficiency)進行計算。藉由光產生區域130所發出之總能量(total energy emitted)、光產生區域130之實驗所得發光(experimentally known luminescence)的相互配合下，如此便可得到了用於給定電性輸入(given electrical input)之單位亮度(lumen/per)、單位晶片面積之立體角度(solid angle/per chip area)之絕對角度解析引出(absolute angle-resolved extraction)。

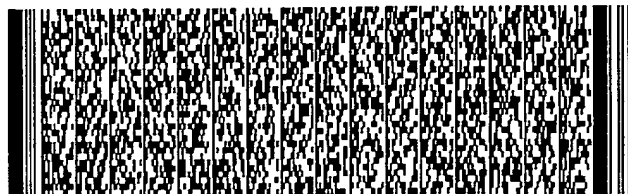


五、發明說明 (28)

用一角度(angle) θ 進行散射，其中， n 係表示散射之階數(order)，於此之 n 為一整數(integer)。然而，就具有光譜幅寬 $\Delta\lambda/\lambda$ 、且以一立體角度射入 $\Delta\theta$ 之光源而言，在藉由調變參數(detuning parameter) Δa 對於晶格部位(lattice sites)之間隔(spacing)進行調變作用下，布拉格條件係可以變得較為寬鬆。因此，在藉由光譜幅寬、空間發射源輪廓(spatial emission profile)的作用下，晶格的調變係可提高圖樣之散射有效性(scattering effectiveness)、接受角度(angular acceptance)。

基於上述說明可知，除了可藉由具有非零調變參數(non-zero detuning parameter) Δa 之修正三角形圖樣150以提高LED 100所發出的光引出量之外，其它的圖樣亦可提高LED 100所發出的光引出量。當決定是否藉由所給定圖樣(given pattern)以提高LED 100所發出之光引出量及/或採用那何種開孔圖樣是可以提高LED 100所發出之光引出量時，於進行相關的數值計算之前係必須先以物理圖像(physical insight)的方式估算出一基本圖樣(basic pattern)，藉由基本圖樣以提高LED 100所發出之光引出量。

此外，由於介電函數係可根據圖樣150而進行空間上的改變，如此便可藉由介電函數之傅立葉轉換(Fourier transformation)之考量方式以對於LED 100的引出效率進行了解。第4圖係表示針對一理想三角形晶格(ideal triangular lattice)之傅立葉轉換提出說明。沿著平面

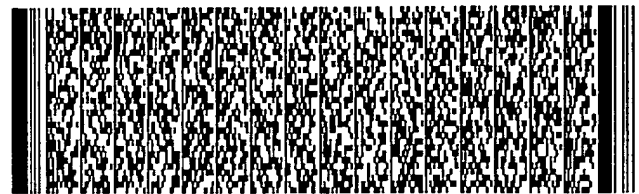


五、發明說明 (29)

內波向量(in-plane wavevector) k 之特定方向(particular direction)進入之光線的引出係與沿著平面內波向量 k' (亦即, 平行於圖樣150)進入所有輻射模態(radiation modes)之發射源(source emission) S_k 有相互的關連性, 其中, 平面內波向量 k 係可經由平面內波向量 k' 加上(addition)或扣除(subtraction)了倒晶格向量(reciprocal lattice vector) G 而得, 亦即, $k=k' \pm G$ 。引出效率係正比於其所相對之介電函數 ϵ_G 之傅立葉分量(Fourier component) F_k , 其關係式為

$$F_k = c_k \sum_G \epsilon_G S_{k-G}, \quad \epsilon_G = \int \epsilon(\vec{r}) e^{-i\vec{G}\vec{r}} d\vec{r}$$

此外, 材料層之中的光線傳播係可以滿足方程式 k^2 (平面內(in-plane))+ k^2 (法向(normal))= $\epsilon(\omega/c)^2$, 其中, 經實際所考量下所得到之倒晶格向量 G 的最大值(maximum)係固定受限於光產生區域130所發出之光線頻率(ω)、光產生區域130之介電常數。如第4圖所示, 逆格子空間群(reciprocal space)之環型(ring)係通常稱之為光能階(light line)。由於光產生區域130所具有的是有限頻寬(finite bandwidth), 其所形成之光能階則將是環狀結構(annulus), 並且為了便於說明, 於此係以單色光源(monochromatic source)之光能階提出介紹。同樣地, 光線於封膠材料層中的傳播係受限於光能階(於第4圖中之內圓(inner circle))。因此, 在增加了介電函數 ϵ_G 之傅立葉分量 F_k 的同時, 於封膠材料層內之光能階上、各平面內

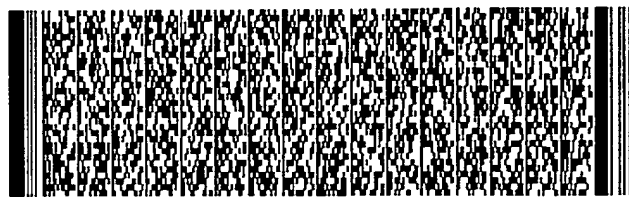
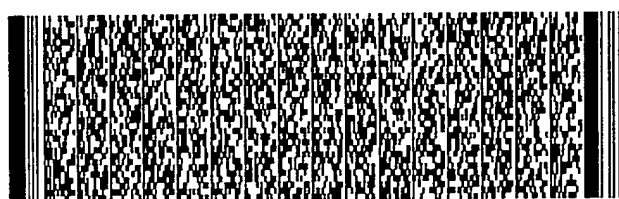


五、發明說明 (30)

波向量 k 之方向上的引出效率便可以提高，其中，於封膠材料層中的光能階係等於封膠材料層中之倒晶格向量 G 點(G points)的增量、對於封膠材料層內之光能階上之倒晶格向量 G 點之散射強度(scattering strength)(介電函數) ϵ_G 的增量之總和。當所選擇的圖樣可以提高引出效率時，則便可採用物理圖像來進行估算。

舉例而言，第5圖係表示在增加了一理想三角形圖樣(ideal triangular pattern)之晶格常數的效應(effect)。值得注意的是，於第5圖中之資料係經由第1圖中所給定參數之計算下而得，但這些參數並不包括：具有450nm之尖峰波長的射出光線，以及以最近相鄰距離" a "為比例下之 $1.27a$ 、 $0.72a$ 、 $1.27a-40\text{nm}$ 時之開孔150之深度、開孔150之直徑、與相鄰開孔150之矽晶摻雜(n -摻雜)氮化鎳層134的厚度。在晶格常數的增加下，於封膠材料層內、光能階中之倒晶格向量 G 點的數量亦可同時被增加的，並且可輕易藉由具有最近相鄰距離(NND)之引出效率的趨勢(trend)而看出。可以確信的是，當最近相鄰距離(NND)近似於在真空中之光線波長時，則於此一最近相鄰距離(NND)下係具有最大引出效率，其理由在於：由於材料所具有之均勻度提高，當最近相鄰距離(NND)遠大於光線波長時，則散射效應(scattering effect)便可降低。

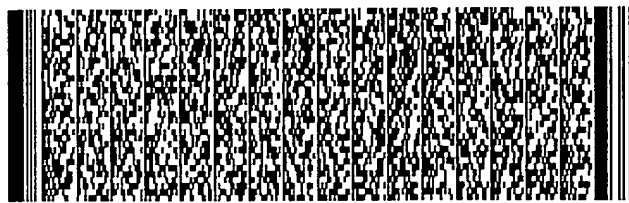
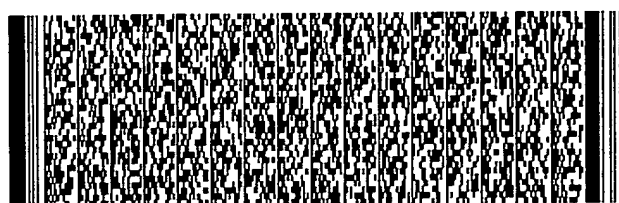
舉例而言，第6圖係表示藉由增加開孔尺寸(hole size)或填充因子(filling factor)時之效應。三角形圖樣(modified triangular pattern)之填充因子的表示式



五、發明說明 (31)

為 $(2\pi/\sqrt{3}) \cdot (r/a)^2$ ，其中， r 係為開孔之半徑(radius)。藉由第1圖中之LED 100之所使用參數的計算下以得到了第6圖所示之資料，但於這些參數中並不包括了根據 x 軸(a -axis)上之填充因子的數值而變化之開孔直徑。當散射強度(ε_g)增量下，引出效率係隨著填充因子而增加。當處於~48%之填充因子時，則此特定系統係具有最大值。於特定實施例中，LED 100所具有之填充因子係至少約為10%(例如：至少約為15%、至少約為20%)及/或至多約為90%(例如：至多約為80%、至多約為70%、至多約為60%)。

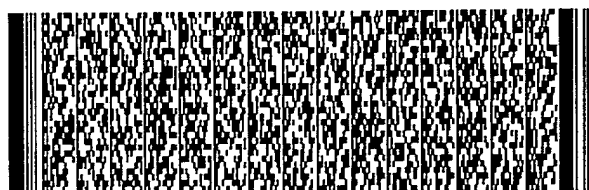
由上述所提出之修正三角形圖樣可知，於理想三角晶格(triangular lattice)的各位置之上、圖樣中之開孔的定位係與調變參數之間有關連性；此外，在將圖樣中心保持在理想三角圖樣(ideal triangular pattern)的各位置上時，則藉由對於理想三角圖樣中之開孔進行修改的作用下係仍可以得到此一修正(調變(detuned))三角形圖樣，於第7圖中之實施例所示即為此一修正(調變)三角形圖樣。於此實施例中，就光引出量中之增量(enhancement)、用以進行相對數值計算(corresponding numerical calculations)的方法(methodology)、以及對於具有第7圖之圖樣之發光二極體中所提高之引出效率的物理解釋(physical explanation)而言，均與上述方式相同。於特定的實施例中，修正(調變)圖樣中之開孔係可經由理想位置而進行倒置(displaced)，並且位於理想位置之開孔係具有直徑上的變化。



五、發明說明 (32)

於其它實施例中，藉由不同型式的圖樣係有助於發光二極體之光引出量的提昇，這些型式的圖樣包括了複雜周期性圖樣與非周期性圖樣(complex periodic patterns and nonperiodic patterns)。於複雜周期性圖樣之中，其每一單體(unit cell)係具有超過了一個以上的特徵(feature)，並且此單體係以周期性樣態(periodic fashion)進行重覆。舉例而言，複雜周期性圖樣包括了蜂巢狀圖樣(honeycomb patterns)、蜂巢基底圖樣(honeycomb base patterns)、2x2 基底圖樣(2x2)(base patterns)、環狀圖樣(ring patterns)及阿基米得圖樣(Archimidean patterns)。以下之實施例中，於複雜周期性圖樣中之部分開孔係可具有單一直徑，而其它的開孔則可具有較小直徑。另外，非周期性圖樣係為單體之上不具有平移對稱性(translational symmetry)之圖樣，其中，此單體之長度係至少為光產生區域130所產生之尖峰波長的50倍。舉例而言，非周期性圖樣包括了非周期性圖樣(aperiodic patterns)、準晶圖樣(quasicrystalline patterns)、羅賓遜圖樣(Robinson pattern)及安曼圖樣(Amman patterns)。

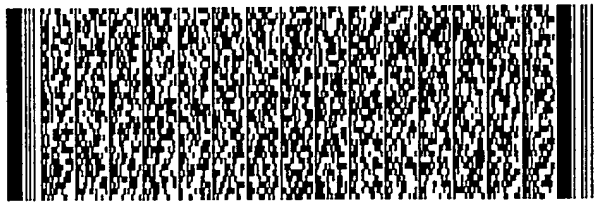
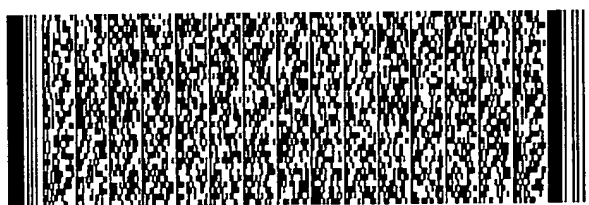
第8圖係表示針對LED 100、兩種不同的非周期性圖樣之數值計算資料，其中，於非周期性圖樣中之部分開孔係具有特定直徑(particular diameter)，而於非周期性圖樣中之其它的開孔則可具有較小直徑。於第8圖中之數值計算資料係表示了具有較小直徑之開孔(dR)、其直徑由



五、發明說明 (33)

0nm 變化至95nm時之引出效率(直徑為80nm之較大開孔)的表現(behavior)。第1圖中之LED 100之所使用參數的計算下以得到了第6圖所示之資料，但這些參數並不包括了根據圖形中之x軸上之填充因子之數值而變化的開孔直徑。為了不受到理論上的限制，在多孔尺寸(multiple hole sizes)的作用下係可允許由圖樣中之多重周期性(multiple periodicities)而產生散射，藉此以增加圖樣之接受角度、光譜有效性(spectral effectiveness)。於此實施例中，就光引出量中之增量、用以進行相對數值計算的方法、以及對於具有第8圖之圖樣之發光二極體中所提高之引出效率的物理解釋等等而言，均與上述方式相同。

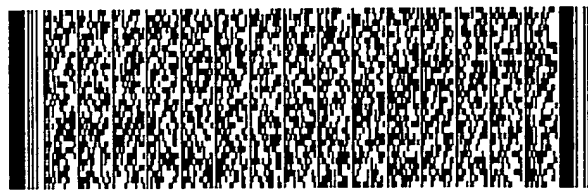
第9圖係表示對於LED 100之數值計算資料，其包括了不同的環型圖樣(ring pattern)(複雜周期性圖樣)。圍繞於中心開孔(central hole)之第一環型(first ring)的開孔數目係不同於(6、8或10個)其它不同環型圖樣的開孔數目。藉由第1圖中之LED 100之所使用參數的計算下以得到了第9圖所示之資料，但於這些參數中並不包括了具有450nm之尖峰波長的射出光線。於第9圖中，其數值計算係表示了每單位單體之環型圖樣數量由2至4時之LED 100的引出效率，其中，環型圖樣數量係以重覆方式通過了單體。於此實施例中，就光引出量中之增量、用以進行相對數值計算的方法、以及對於具有第9圖之圖樣之發光二極體中所提高之引出效率的物理解釋等等而言，均與上述方



五、發明說明 (34)

式相同。

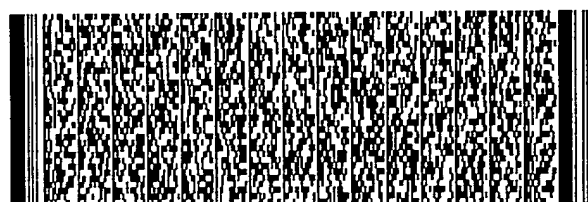
第10圖係表示具有阿基米得圖樣A7之LED 100的數值計算資料。阿基米得圖樣A7係由具有相同間隔之7個開孔(equally-spaced holes)之六角單體(hexagonal unit cells)230所構成，其相互之間隔為最近相鄰距離(NND)a。於六角單體230之中，其6個開孔係以正六角形(regular hexagon)之形狀進行排列，並且第7個開孔係位於六角型之中心位置上。隨後，將這些六角單體230以中心至中心間距(center-to-center spacing)為 $a' = a * (1 + \sqrt{3})$ 、且沿著其邊緣相互配合的方式而共同構成了LED的所有圖樣表面。此一方式即為所熟悉之A7貼圖(A7 tiling)，其利用了7開孔以構成了單體。同樣地，阿基米得貼圖(Archimidean tiling)A19係由具有最近相鄰距離(NND)a、相同間隔之19個開孔所構成，其中，6個開孔係以內六角(inner hexagon)的方式進行排列，12個開孔係以外六角(outer hexagon)的方式進行排列，並且將一中心開孔設置於內六角之中。隨後，將這些六角單體230以中心至中心間距為 $a' = a * (3 + \sqrt{3})$ 、且沿著其邊緣相互配合的方式而共同構成了LED的所有圖樣表面。於此實施例中，就光引出量中之增量、用以進行相對數值計算的方法、以及對於具有第10圖之圖樣之發光二極體中所提高之引出效率的物理解釋等等而言，均與上述方式相同。於第10圖中，A7、A19貼圖之引出效率約為77%，並且藉由第1



五、發明說明 (35)

圖中之LED 100之所使用參數的計算下以得到了第10圖所示之資料，除了於這些參數中不包括了具有450nm之尖峰波長的射出光線之外，同時這些參數亦不包括了以最近相鄰距離(NND)所定義之開孔的個別單體。

第11圖係表示具有準晶圖樣之LED 100的數值計算資料。舉例而言，於M. Senechal, Quasicrystals and Geometry (Cambridge University Press, Cambridge, England 1996)係揭露了相關準晶圖樣之技術，於此亦將其併入說明。於此係以數值計算說明了當8重級基準周期結構(class of 8-fold based quasi-periodic structure)之變化時之引出效率的表現。可以確信的是，由於準晶圖樣結構係可允許高度之平面內迴轉對稱性(due to high degree of in-plane rotational symmetries allowed by such structure)，如此便可藉由準晶圖樣以呈現出相當高的引出效率。於此實施例中，就光引出量中之增量、用以進行相對數值計算的方法、以及對於具有第11圖之圖樣之發光二極體中所提高之引出效率的物理解釋等等而言，均與上述方式相同。由第11圖所示之三維有限差分時域(FDTD)法之計算資料可知，其準晶圖樣結構所達到之引出效率約為82%。藉由第1圖中之LED 100之所使用參數的計算下以得到了第11圖所示之資料，除了於這些參數中不包括了具有450nm之尖峰波長的射出光線之外，同時這些參數亦不包括了以最近相鄰距離(NND)所定義之開孔的個別單體。



五、發明說明 (36)

基於上述所提出之各種圖樣可知，凡是滿足上述所提出之基本原則(basic principles)下的圖樣均可以提高於LED 100之引出效率。可以確信的是，藉由增加了準晶圖樣結構或複雜周期性圖樣之調變(detuning)下，引出效率是可以有效地被提高。

在部分實施例中，由LED 100所發出、且於光產生區域130所產生之總光線強度(total amount of light)的至少約為45%(例如：至少約為50%、至少約為55%、至少約為60%、至少約為70%、至少約為80%、至少約為90%、至少約為95%)係會經由上表面110而發出。

於部分的實施例中，LED 100係可相對地具有較大的剖面積，藉此仍可經由LED 100以呈現出有效能之光引出量(light extraction)。舉例而言，於LED 100中之至少或更多的邊緣係可至少約為1公釐(mm)(millimeter)(例如：至少約為1.5mm、至少約為2mm、至少約為2.5mm、至少約為3mm)，並且由LED 100所發出、且於光產生區域130所產生之光總量的至少約為45%(例如：至少約為50%、至少約為55%、至少約為60%、至少約為70%、至少約為80%、至少約為90%、至少約為95%)係會經由上表面110而發出。如此一來，LED便可相對地具有較大的剖面積(例如：至少約為1.5mm×至少約為1.5mm)，藉此以呈現出理想功率轉換效率(power conversion efficiency)。

於部分的實施例中，具有LED 100設計之LED的引出效率於實質上係與LED的邊緣的長度無關連性。舉例而言，

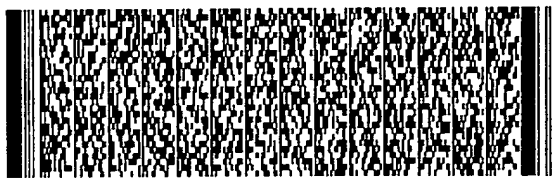
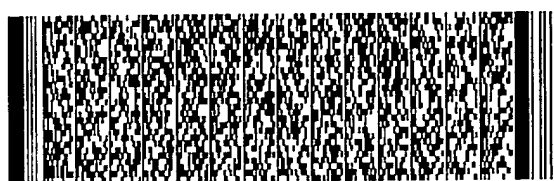


五、發明說明 (37)

相較於具有LED 100之設計且其至少一或更多邊緣約為0.25mm之LED的引出效率、具有LED 100之設計且其至少一或更多邊緣約為1mm之LED的引出效率而言，兩者之間的差別變化係約小於10%(例如：約小於8%、約小於5%、約小於3%)。LED之引出效率係為LED所發出的光線、發光裝置所產生之光線強度之間的比率(於此係可採用"能量(energy)"或"光子(photons)"來量測)。如此一來，LED便可相對地具有較大的剖面積(例如：至少約為1mm x 至少約為1mm)，藉此以呈現出理想功率轉換效率。

於部分的實施例中，具有LED 100設計之LED的量子效率(quantum efficiency)於實質上係與LED的邊緣的長度無關連性。舉例而言，相較於具有LED 100之設計且其至少一或更多邊緣約為0.25mm之LED的量子效率、具有LED 100之設計且其至少一或更多邊緣約為1mm之LED的量子效率而言，兩者之間的差別變化係約小於10%(例如：約小於8%、約小於5%、約小於3%)。於此所提出之LED的量子效率係為：LED所產生的光子數量、於LED中所發生之孔洞再結合(electron-hole recombinations)的數量之間的比率。如此一來，LED便可相對地具有較大的剖面積(例如：至少約為1mm x 至少約為1mm)，藉此以呈現出良好的性能。

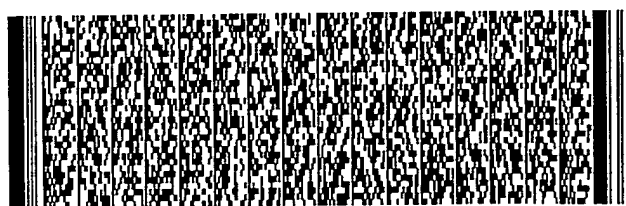
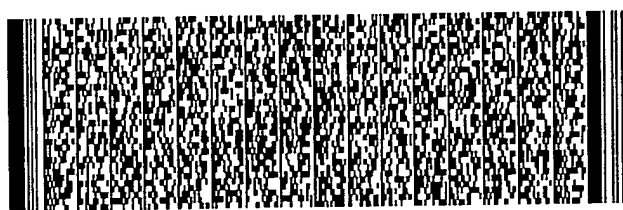
於部分的實施例中，具有LED 100設計之LED的電光轉換效率(wall plug efficiency)於實質上係與LED之邊緣的長度無關。舉例而言，相較於具有LED 100之設計且其至少一或更多邊緣約為0.25mm之LED的電光轉換效率、具



五、發明說明 (38)

有LED 100之設計且其至少一或更多邊緣約為1mm之LED的電光轉換效率而言，兩者之間的差別變化係約小於10%(例如：約小於8%、約小於5%、約小於3%)。於此所提出之LED的電光轉換效率係為：LED之注入效率(注入於發光裝置中之載子數目、發光裝置之光產生區域中所再結合之載子數目之兩者之間的比率)、LED之輻射效率(radiative efficiency)(孔洞再結合所導致之一輻射結果(radiative event)、孔洞再結合之總數目之兩者之間的比率)、以及LED之引出效率(由LED所引出之光子的數目、所形成之光子的總數目之兩者之間的比率)之乘積(product)。如此一來，LED便可相對地具有較大的剖面積(例如：至少約為1mm x 至少約為1mm)，藉此以呈現出良好的性能。

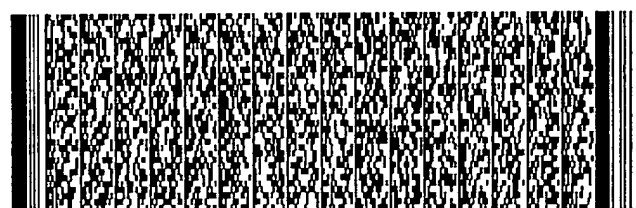
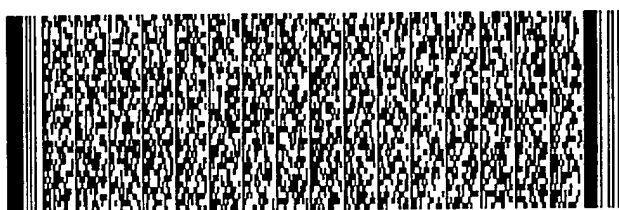
於部分的實施例中，由LED 100所發出之光的角度分佈(angular distribution)係可經由上表面110而受到巧妙的控制。為了提高進入於一給定立體角度(given solid angle)(例如：進入了圍繞在上表面110之法線方向的一立體角度)之引出效率，於此係對於可根據圖樣150(如上所述)進行空間上的變化之介電函數的傅立葉轉換進行檢查。第12圖係表示具有不同晶格常數之兩理想三角形晶格之傅立葉轉換結構(Fourier transformation construction)。為了提高引出效率，於此係增加了封膠光能階(encapsulant light line)中之倒晶格向量G點的數目、材料光能階(material light line)中之倒晶格向量G點的散射強度(ϵ_g)，此一方式係暗示了藉由最近相鄰



五、發明說明 (39)

距離(NND)之增加係可達到如第5圖中所提出之效果。然而，於此係特別留意進入了立體角度之引出效率的增加量，此立體角度係以置中對準於上表面110之法線方向。因此，在希望同時藉由減少封膠光能階之半徑以達到了限制倒晶格向量G點的引入(introduction)之下，倒晶格向量G之大小係會大於 $(\omega(n_e))/c$ ，亦即， $G > (\omega(n_e))/c$ 。由此可知，藉由減少封膠(最低需求(bare minimum)係為將所有封膠均一起移除)之折射率的作用下係可得到較大的最近相鄰距離(NND)，因而增加了在材料光能階中之倒晶格向量G點的數目，並且藉由材料光能階係可造成了於法線方向($F_k=0$)上的引出，同時可避免於封膠之中繞射(diffraction)成了較高階數(傾斜角度(oblique angles))。於第13圖中係表示了上述說明之趨勢、以及進入立體角度(由圖形中之集合半角(collection half-angle)所給定)之引出效率。

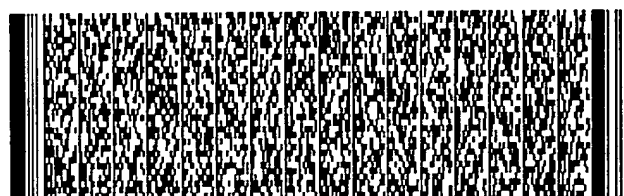
藉由第1圖中之LED 100之所使用參數的計算下以得到了第13圖所示之資料，但於這些參數中並不包括：具有530nm之尖峰波長的射出光線及34nm的頻寬、封膠之折射率為1.0、p摻雜材料層之厚度為160nm、光產生區域(light-generating layer)之厚度為30nm、如第13圖所示之對於三曲線之最近相鄰距離(NND)(a)，以及以"a"為比例下之1.27a、0.72a、1.27a+40nm時之深度、開孔直徑及n摻雜材料層之厚度。當晶格常數增加時，則在狹角(narrow angles)之引出效率、進入所有角度之總引出效



五、發明說明 (40)

率便均可增加。然而，就較大晶格常數而言，即使進入所有角度之總引出效率是增加的，但在封膠之中所繞射形成之較高階數模式係會對於狹角之引出效率造成了限制。就晶格常數為460nm之計算結果可知，其所進入於集合半角之引出效率係大於25%。換言之，僅在大約13.4%之立體角度之上半球(upper hemisphere)中之近半數的引出光線是被收集的，藉此以呈現出此圖樣之準直性效應(collimation effect)。可以確信的是，就任何可以增加材料光能階內之倒晶格向量G點之數目、但限制了於平面內波向量 $k=0$ 時之封膠光能階內之倒晶格向量G點之數目的圖樣而言，藉由這些圖樣係可提高了進入於立體角度之引出效率，其中，此立體角度係以置中對準於上表面110之法線方向。

值的注意的是，上述方式係特別可以有效降低源音域(source etendue)，此一源音域係通常正比於 n^2 ，其中， n 係表示周圍材料(surrounding material)(例如：封膠)之折射率。因此，藉由降低了LED 100中之封膠材料層之折射率的作用下，如此將會造成了更多的相互平行之發射(collimated emission)、較少的源音域及較高的表面亮度(surface brightness)(於此係將其定義為引入了來源音域之總亮度)。於部分實施例中，由空氣所形成之封膠係可減少源音域，但因而卻增加了進入於一給定集角(collection angle)、以置中對準於上表面110之法線方向。

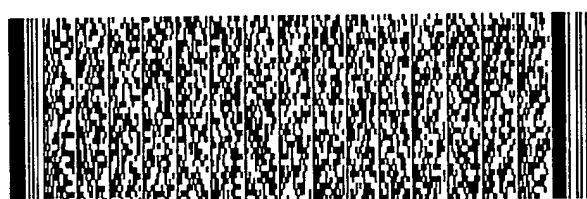


五、發明說明 (41)

於部分實施例中，當光產生區域130所產生之光線經由上表面110而自LED 100發出時，其光線分佈之相互平行性係比拉普拉斯分佈(lambertian distribution)為佳。舉例而言，當光產生區域130所產生之光線經由上表面110而自LED 100發出時，由介電層(dielectric layer)表面所發出之光線中，其至少約為40%(例如：至少約為50%、至少約為70%、至少約為90%)係以至多約30°(例如：至多約25°、至多約20°、至多約15°)的範圍內發出，而此一角度係正交於上表面110。

由此可知，就可在一指定角度(desired angle)下、相對引出高比例光線之能力，或是同時具有了相對高光線引出量之能力而言，藉此能力係可製作出具有相對高密度的LED，如此以提供作為一給定晶圓(given wafer)之使用。舉例而言，於每平方公分(per square centimeter)之晶圓中係至少具有5個LEDs。

此外，在相對於光產生區域130所產生之光線的波長而言，於部分實施例中係可針對封裝LED 100所發出之光線的波長進行修正。於第14圖所示之例子中，一LED 300係具有一含磷材料層(layer containing a phosphor material)180，此含磷材料層180係設置於上表面110，藉由磷材料係可與光產生區域130所產生之具有既定波長之光線之間達到交互作用，如此以產生出所需之指定波長。於部分實施例中，由封裝LED 100所發出的光線於實質上是可以為白光(white light)的。此外，於特定之實施例

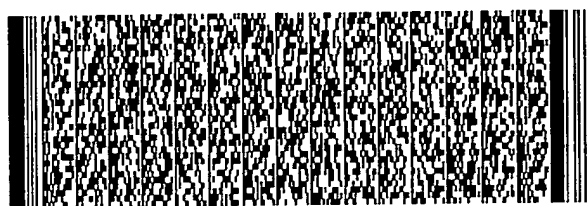


五、發明說明 (42)

中，含磷材料層180中之磷材料係可由(Y, Gd)(Al, Ga)G:Ce³⁺或鈮鋁石榴石磷光體("YAG"(yttrium, aluminum, garent))所製成。當經由光產生區域130發出之藍光(blue light)所激發時，則便可對於含磷材料層180中之磷材料進行活化，同時藉由磷材料係可發出了具有寬光譜、置中對準於黃光波長(yellow wavelengths)之光線(例如：等向性)。經由封裝LED 100所發出之總光譜(total light spectrum)之觀察器(viewer)係可看出黃光磷材料寬發射光譜(yellow phosphor broad emission spectrum)、藍光氮化鎵鎵窄發射光譜(blue InGaN narrow emission spectrum)，此通常係為兩光譜(spectra)與感受白光(perceive white)之混合。

於部分實施例中，含磷材料層180於實質上係可以均勻方式設置於上表面110之上。舉例而言，於圖樣150之頂部(top)151、含磷材料層180之頂部181之間的距離係可以通過上表面110且略少於20%(例如：略少於10%、略少於5%、略少於2%)的方式進行變更。

相較於LED 100之表面110之剖面尺寸，含磷材料層180係通常具有較小的厚度，其大小約為1mm×1mm。此外，含磷材料層180於實質上係以均勻方式沉積於表面110之上，於含磷材料層180中之磷材料於實質上係可均勻地經由表面110所發出之光線所泵送。在相較於LED 100之表面110之剖面尺寸可知，由於含磷材料層180之厚度相當的薄，由光產生區域130所發出之光線便可在LED 100之整個

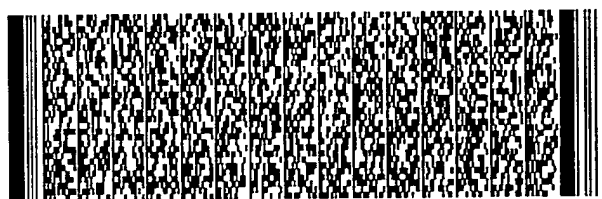
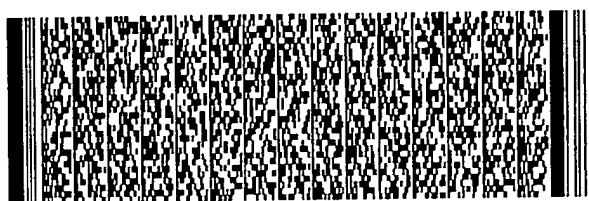


五、發明說明 (44)

圓之晶粒切割作業之前，藉由數個晶圓尺度製程步驟 (wafer scale processing steps) 將鎂摻雜 (p-摻雜) 氮化鎵層 128 定位在與光產生區域 130 所在位置之同一側，藉此以做為鏡面層 (mirror layer) 126。

請參閱第 16 圖，一相對薄鎳層 (relatively thin nickel layer) 520 係於沉積 (例如：利用電子束蒸鍍 (electron-beam evaporation)) 於 p-摻雜鎂：氮化鎵層 512 之上，如此便可對於 p-摻雜鎂：氮化鎵層 512 進行 p 型歐姆式接觸 (p-type ohmic contact)。一銀層 522 係沉積 (例如：利用電子束蒸鍍) 於鎳層 520 之上。一相對厚鎳層 (relatively thick nickel layer) 524 係於沉積 (例如：利用電子束蒸鍍) 於銀層 522 之上。鎳層 524 係可用以做為擴散阻層 (diffusion barrier)，如此以減少污染物 (contaminants) 擴散進入銀層 522 之中。一金層 (gold layer) 526 係於沉積 (例如：利用電子束蒸鍍) 於鎳層 524 之上。隨後，於氮氣、氬氣、空氣或成型氣體 (forming gas) 之中對於 LED 晶圓 500 進行了介於溫度 400-600 °C (Celsius) 之間、30 與 300 秒之間的退火處理，如此以達到了歐姆式接觸。

請參閱第 17 圖，一載具晶圓 (submount wafer) 600 係藉由將一鋁接觸層 (aluminum contact layer) 604 依序地沉積 (例如：利用電子束蒸鍍) 於 p-摻雜矽晶圓 (p-doped silicon wafer) 602 之上。一金層 608 係沉積於鋁接觸層 604 之上，並且一金錫結合層 (AuSn bonding layer) 610 係

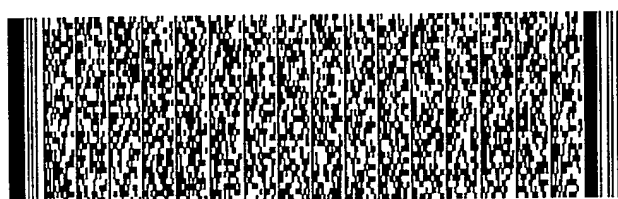


五、發明說明 (45)

沉積(例如：利用電子束蒸鍍)於金層608之上。隨後，載具晶圓600係於氮氣、氬氣、空氣或成型氣體之中、以介於溫度350-500℃之間、30與300秒之間進行退火處理，如此以達到了歐姆式接觸。

於壓力介於0至0.5MPa、溫度200-400℃之間的作用下，藉由將LED晶圓500之金層526接觸於載具晶圓600之金錫結合層610時，如此便可達到LED晶圓500、載具晶圓600之間的結合(例如：利用熱壓機械(thermal-mechanical press))。氮化銦鎵/氮化鎵多量子井光產生區域510、金錫結合層610係形成了共晶結合(eutectic bond)。隨後，對於相互結合之晶圓夾層(wafer sandwich)進行冷卻，並且將熱壓機(press)之上的相互結合之夾層(sandwich)進行移除。

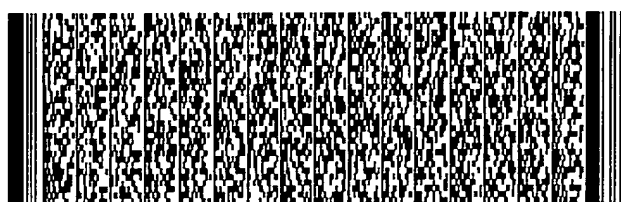
在完成了結合作業之後，藍寶石基底502便可藉由雷射掀去製程(laser liftoff process)而自相互結合之晶圓結構進行移除。舉例而言，美國專利第6,420,242、6,071,795案中係揭露了相關雷射掀去製程之技術，於此係將此兩案參照併入於本案之中。於部分實施例中，一248nm之雷射光束係以照射通過了藍寶石基底502、且接近於n-摻雜矽：氮化鎵層506與藍寶石基底502之介面的方式而對於n-摻雜矽：氮化鎵層506進行局部加熱，藉此以對於n-摻雜矽：氮化鎵層506之子層(sublayer)進行解離(decomposing)處理。隨後，將晶圓夾層加熱至超過了鎵(gallium)之熔點(melting point)之上的溫度，此時便可



五、發明說明 (47)

粗糙的表面結構(roughened surface texture)700。粗糙的表面結構700係可經由平坦化、薄型化處理(planarized and thinned)(例如：採用化學機械製程(chemical-mechanical process))，如此便可使得n-摻雜矽：氮化鎵層506達到了一最終厚度(final thickness)，並且可以使得粗糙的表面結構700之表面粗糙度(surface smoothness)之均方根(root mean square, rms)小於5nm。另外，一非平坦化介面(non-planar interface)係可以局部方式引入於LED 100之中，藉此方式作用下便可經由粗糙的表面結構700以提高LED 100之引出效率。相較於顯微化之光滑表面之下，當光射線(light ray)以數次(multiple times)方式撞擊於表面結構700之時，其最終會以小於Snell's定律之臨界角(critical angle)的角度撞擊在表面結構700之上，而粗糙的表面結構700係可大幅度地增加了此種情況發生的可能性。

在完成了蝕刻程序之後，便可在n-摻雜矽：氮化鎵層506之中進行一介電函數圖樣(dielectric function pattern)之製作。首先，將一材料(例如：聚合物(polymer))之平坦化層(planarization layer)702設置於(例如：採用旋轉塗佈(spin-coating))n-摻雜矽：氮化鎵層506之上，並且將一阻層(resist layer)704設置於(例如：旋轉塗佈)平坦化層702之上。隨後，藉由一奈米刻印蝕刻(nanoimprint lithography)及蝕刻製程的方式便可將用以形成LED之中的光晶格(photonic lattice)之一圖

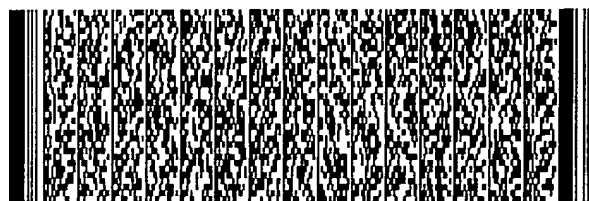


五、發明說明 (48)

樣建立於n-摻雜矽：氮化鎵層506之中。首先，用以定義出所需圖樣之部分係被壓印在阻層704之中，並且以階段性方式逐步地(portion-by-portion)形成在晶圓的所有表面之上，除了可以印出圖樣150之各種特徵之外，同時提供了後續製作過程中之n接觸墊(n-contact)之沈積用之區域。於上述製作過程中，n-摻雜矽：氮化鎵層506之表面於實質上係呈現平坦狀為佳。舉例而言，X光微影(X-ray lithography)或深紫外光微影(deep ultraviolet lithography)亦可用以在阻層704之中建立出相關的圖樣。當阻層形成於晶圓之上、且於晶圓的阻層之上建立了相關圖樣之後，一預沉積蝕刻光罩(predeposited etch mask)便可設置於n-摻雜矽：氮化鎵層506的表面之上。

在藉由阻層704做為一光罩之作用下，另一圖樣係可藉由阻層704而傳送至平坦化層702之中(例如：活性離子蝕刻製程(reactive-ion etching process))。隨後，藉由平坦化層702做為一光罩，利用平坦化層702將圖樣傳送至n-摻雜矽：氮化鎵層506之中，並且在完成了n-摻雜矽：氮化鎵層506的蝕刻製作之後，便可進行平坦化層702之移除作業(例如：氧基活性離子蝕刻(oxygen-based reactive-ion etching))。

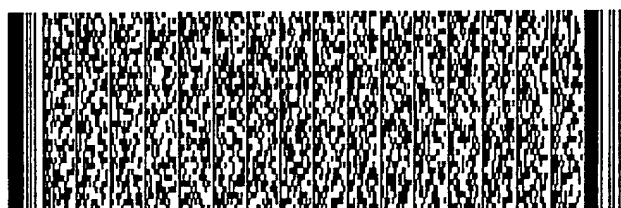
當圖樣被轉移至n-摻雜矽：氮化鎵層506之後，含磷材料層便以可選擇方式設置於(例如：採用旋轉塗佈)n-摻雜矽：氮化鎵層506之圖樣表面之上。於部分實施例中，磷係可以相當一致性的方式塗覆於圖樣表面(沿著圖樣表



五、發明說明 (49)

面中之開孔的底部、側壁上的塗覆層係實質上並不存在有空孔(voids))之上。另一方面，封膠材料層係可被設置於n-摻雜矽：氮化鎵層506之表面上(例如：藉由化學氣相沉積(CVD)、濺鍍(sputtering)、以隨後之蒸鍍方式所形成之液態黏結劑(liquid binder)進行懸浮(suspension))。於部分實施例中，封膠材料係可包含了一種或多種磷材料。於部分實施例中，經壓縮後之磷材料所可達到厚度均勻性(thickness uniformity)之值係約小於磷材料之平均厚度(average thickness)的20%、15%、10%、5%或2%。於部分實施例中，含磷之封膠材料層係可均勻地塗覆於圖樣表面之上。

當介電函數圖樣已經被建立在n-摻雜矽：氮化鎵層506之中時，則便可自晶圓開始進行個別之LED晶粒的切割。當完成了晶圓製程(wafer processing)與晶圓測試(wafer testing)之後，個別的LED晶粒便可進行分離作業，隨後並進行個別LED晶粒之封裝與測試。此外，於晶圓之切割作業之中，對於圖樣化LED之電及/或光性質之可能潛在之損壞係可藉由側壁鈍化步驟(sidewall passivation step)及/或預分離深斜角蝕刻步驟(pre-separated deep mesa etching step)以有效降低。個別LED晶粒之大小係可根據晶圓之尺寸而決定，但一般LED晶粒之形狀係採用了正方形或矩形，同時其邊長係介於0.5mm-5mm。標準光微影(standard photolithography)係用以定義出晶圓上之晶粒位置，藉由所製作之晶粒以對

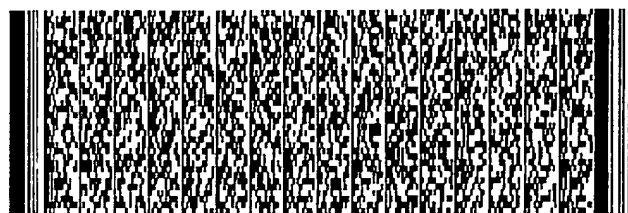
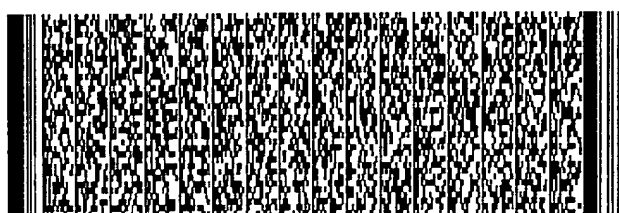


五、發明說明 (50)

於製作發光裝置進行激發，並且藉由蒸鍍(例如：利用電子束蒸鍍)方式於指定位置上形成了歐姆式接觸。

若LED晶粒係已完成了封裝作業、且對於LED晶粒進行機械、環境之相關防護措施之後，藉此封裝方式係可加速光接收的能力。舉例而言，當不採用封膠時，藉由一透明蓋板(transparent cover)覆蓋於LED晶粒之上，如此便可以對於n-摻雜矽：氮化鎵層506之表面圖樣進行保護。蓋玻片140係藉由全熔或半熔之玻璃粉料(glassy frit)而貼附於支承構件142之上，此玻璃粉料係於熔爐(furnace)之中進行熔化作業。舉例而言，於複數支承構件142之相對的端部之間係藉由邊蓋焊接(cap weld)或環氧樹脂而達到相互的連接。一般而言，支承構件142係具有鍍鎳(Ni-plated)層，藉此以加速其焊接至封裝之鍍金表面(Au plated surface)之上。可以確信的是，在LED 100之封裝層的作用下，其係可以在單位面積下容許較高電力負載(tolerable power loads)。此外，對於標準LEDs而言，通常係將封裝層之劣化(degradation)視為破壞機制(failure mechanism)，如此便可避免封裝層之使用。

由於LEDs係經由大面積之平坦化晶圓所進行切割而得，其每單位之光輸出(light output)並不會隨著面積而降低。此外，由於晶圓所切割之個別LEDs的斷面係僅略大於LED之發光表面積(light-emitting surface area)，這些個別且分離之可定址LEDs係可採用陣列(array)方式進行緊密的封裝。再者，若在複數LEDs中之一者失效(例



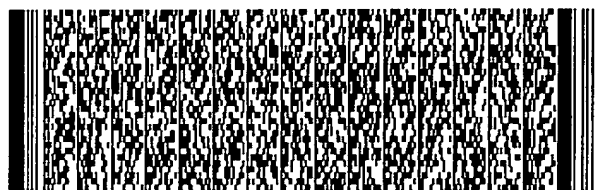
五、發明說明 (52)

500nm、至多約為250nm)。於部分實施例中，光產生區域130之厚度係可至少約為10nm(例如：至少約為25nm、至少約為50nm、至少約為100nm)及/或至多約為500nm(例如：至多約為250nm、至多約為100nm)。

由其它例子可知，雖然於上述說明中揭露了相關於發光二極體(light-emitting diodes)之各項特徵，然其並非用以做為限制，其它的發光二極體亦可具有相同的特徵，類似的裝置包括了雷射及光學放大器(laser and optical amplifiers)。

由其它例子可知，上述所提出之氮化鋁鎵層132係可做為矽晶摻雜(n-摻雜)氮化鎵層134之一分離層(separate layer)；於部分實施例中，電流散佈層係可一體成型於矽晶摻雜(n-摻雜)氮化鎵層134之上。於部分實施例中，電流散佈層係可為相對於相鄰層之間、相對高之矽晶摻雜(n-摻雜)氮化鎵層134或異質接面，藉此以形成二維電子氣體(2D electron gas)。

如另一例子可知，雖然於上述說明中揭露了相關於半導體材料之使用，然其並非用以做為限制，其它的半導體材料亦可應用在各實施例之中。一般而言，任何半導體材料(例如：第III-V族半導體材料(III-V semiconductor materials)、有機半導體材料(organic semiconductor materials)、矽(silicon))係可應用在發光裝置之中，其它的光產生材料(light-generating material)包括了：銦鎵砷磷(InGaAsP)、鋁銦氮化鎵(AlInGaN)、鋁鎵砷



五、發明說明 (53)

(AlGaAs)、銦鎵氮化鋁(InGaAlP)。有機發光材料(organic light-emitting materials)包括了三-8-羥基奎琳化鋁(電子轉移材料(Alq3))(aluminum tris-8-hydroxyquinoline(Alq3))之小分子、聚[2-甲氧基-5-(2-乙基己氧基)-1, 4-對位苯乙二烯]【poly[2-methoxy-5-(2-ethylhexyloxy)-1, 4-vinylene-phenylene]】或對苯乙炔(MEH-PPV)之共軛聚合物(conjugated polymers)。

又如另一例子可知，雖然於上述說明中揭露了具有大面積之LEDs，然其並非用以做為限制，小面積LEDs亦同樣可達到相同的特徵(例如：LEDs之邊緣係以300微米小於標準值(standard))。

又如另一例子可知，雖然於上述說明中揭露了介電函數係可根據具有孔洞之圖樣而進行空間改變，然其並非用以做為限制，圖樣亦可採用其它樣式來達成，例如：於適當的層結構中，圖樣係可採用連續脈紋(veins)及/或不連續脈紋的方式來形成。另外，在不採用孔洞或脈紋之情況下亦可對於介電函數進行改變。例如：具有不同介電函數之材料係可被圖樣化於一適當層結構之中。此外，藉由將此類型圖樣進行組合(combinations)下亦可達到介電函數的改變。

又如另一例子可知，雖然於上述說明中揭露了利用銀來形成層結構126，然其並非用以做為限制，層結構126亦同樣可採用其它材料來形成。於部分實施例中，層結構



五、發明說明 (55)

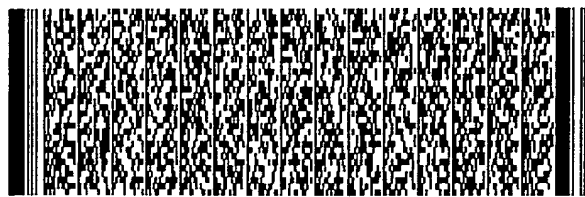
能)。於部分實施例中，藉由延伸超過了矽晶摻雜(n-摻雜)氮化鎵層134的方式亦可改變介電函數中的圖樣(例如：延伸進入氮化鋁鎵層132、光產生區域130及/或鎂摻雜(p-摻雜)氮化鎵層128)。

又如另一例子可知，雖然於上述實施例中提出了可將空氣設置於上表面110、蓋玻片140之間，於其它實施例中係可將其它材料及/或空氣設置於上表面110、蓋玻片140之間。一般而言，此類型之材料之折射率係必須至少約為1、至少約小於1.5(例如：至少約小於1.4、至少約小於1.3、至少約小於1.2、至少約小於1.1)，其材質係包括了氮(nitrogen)、空氣，或是其它具高導熱性(thermal conductivity)之氣體。於此實施例中，上表面110係可或不必被圖樣化處理，例如：上表面110係可為粗糙化處理之非圖樣(non-patterned)表面(例如：可為具有任意分佈、各式尺寸及形狀之外貌，其波長係小於 $\lambda/5$)。

於部分實施例中，發光裝置係可包括了磷材料層(layer of a phosphor material layer)，此磷材料層係塗覆於上表面110、蓋玻片140及支承構件142之上。

於部分實施例中，發光裝置中之蓋玻片140之中係可設置有磷材料，其上表面110係可或不必被圖樣化處理。

於另一種實施方式中，由光產生區域130所發出之光線係可為UV(或紫(violet)或藍(blue))，並且於含磷材料層180之中係包括了紅色磷材料(red phosphor material)(例如： $L_2O_2S:Eu^{3+}$)、綠色磷材料(green phosphor



五、發明說明 (56)

material)(例如: $\text{ZnS} : \text{Cu, Al, Mn}$)、藍色磷材料(blue phosphor material)(例如: $(\text{Sr, Ca, Ba, Mg})_{10}(\text{PO}_4)_6\text{Cl} : \text{Eu}^{2+}$)。



圖式簡單說明

第1圖係表示具有圖樣表面(patterned surface)之一發光二極體(LED)的側視圖。

第2圖係表示根據第1圖之發光二極體(LED)之圖樣表面的上視圖。

第3圖係表示相關於具有圖樣表面之一發光二極體(LED)之引出效率(extraction efficiency)的圖形，其中，圖樣表面係用以作為一調變參數(detuning parameter)。

第4圖係表示一發光二極體(LED)之圖樣表面的示意圖(schematic representation)。

第5圖係表示具有圖樣表面之一發光二極體(LED)之引出效率的圖形，其中，圖樣表面係用以作為一最近相鄰距離(nearest neighbor distance)。

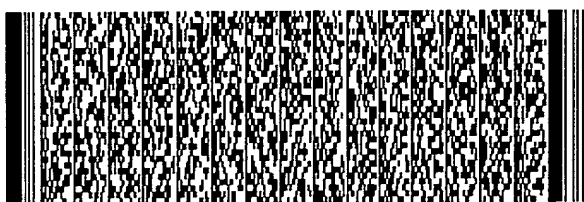
第6圖係表示具有圖樣表面之一發光二極體(LED)之引出效率的圖形，其中，圖樣表面係用以作為一填充因子(filling factor)。

第7圖係表示一發光二極體(LED)之圖樣表面的上視圖。

第8圖係表示具有不同圖樣表面之複數發光二極體(LEDs)之引出效率的圖形。

第9圖係表示具有不同圖樣表面之複數發光二極體(LEDs)之引出效率的圖形。

第10圖係表示具有不同圖樣表面之複數發光二極體(LEDs)之引出效率的圖形。



圖式簡單說明

第11圖係表示具有不同圖樣表面之複數發光二極體(LEDs)之引出效率的圖形。

第12圖係表示具有不同圖樣表面之兩發光二極體(LEDs)之傅立葉轉換的示意圖，其中，此不同的圖樣表面係相比較於兩發光二極體(LEDs)之輻射發射光譜(radiation emission spectrum)而得。

第13圖係表示具有不同圖樣表面之複數發光二極體(LEDs)之引出效率的圖形，其中，此不同的圖樣表面係用以作為一角度(angle)。

第14圖係表示具有圖樣表面之一發光二極體(LED)、且在圖樣表面上形成有一磷層(phosphor layer)的側視圖。

第15圖係表示經由磊晶層前驅物(epitaxial layer precursor)之製作下所形成之具有圖樣表面之一發光二極體(LED)的側視圖。

第16圖係表示經由磊晶層前驅物之製作下所形成之具有圖樣表面之一發光二極體(LED)的側視圖。

第17圖係表示經由磊晶層前驅物之製作下所形成之具有圖樣表面之一發光二極體(LED)的側視圖。

第18圖係表示經由磊晶層前驅物之製作下所形成之具有圖樣表面之一發光二極體(LED)的側視圖。

第19圖係表示經由磊晶層前驅物之製作下所形成之具有圖樣表面之一發光二極體(LED)的側視圖。



圖式簡單說明

ϵ_g ~ 介電函數(散射強度) ; ω ~ 光線頻率 ;
 134 ~ 矽晶摻雜(n-摻雜)氮化鎵層 ;
 a ~ 晶格常數(最近相鄰距離(NND)) ;
 126 ~ 銀層(層結構、鏡面層或p-接觸層) ;
 510 ~ 氮化銦鎵/氮化鎵多量子井光產生區域。



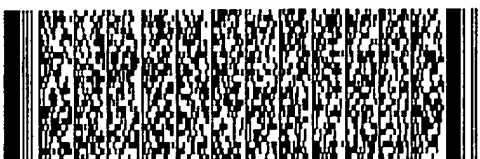
四、中文發明摘要 (發明名稱：發光裝置(七))

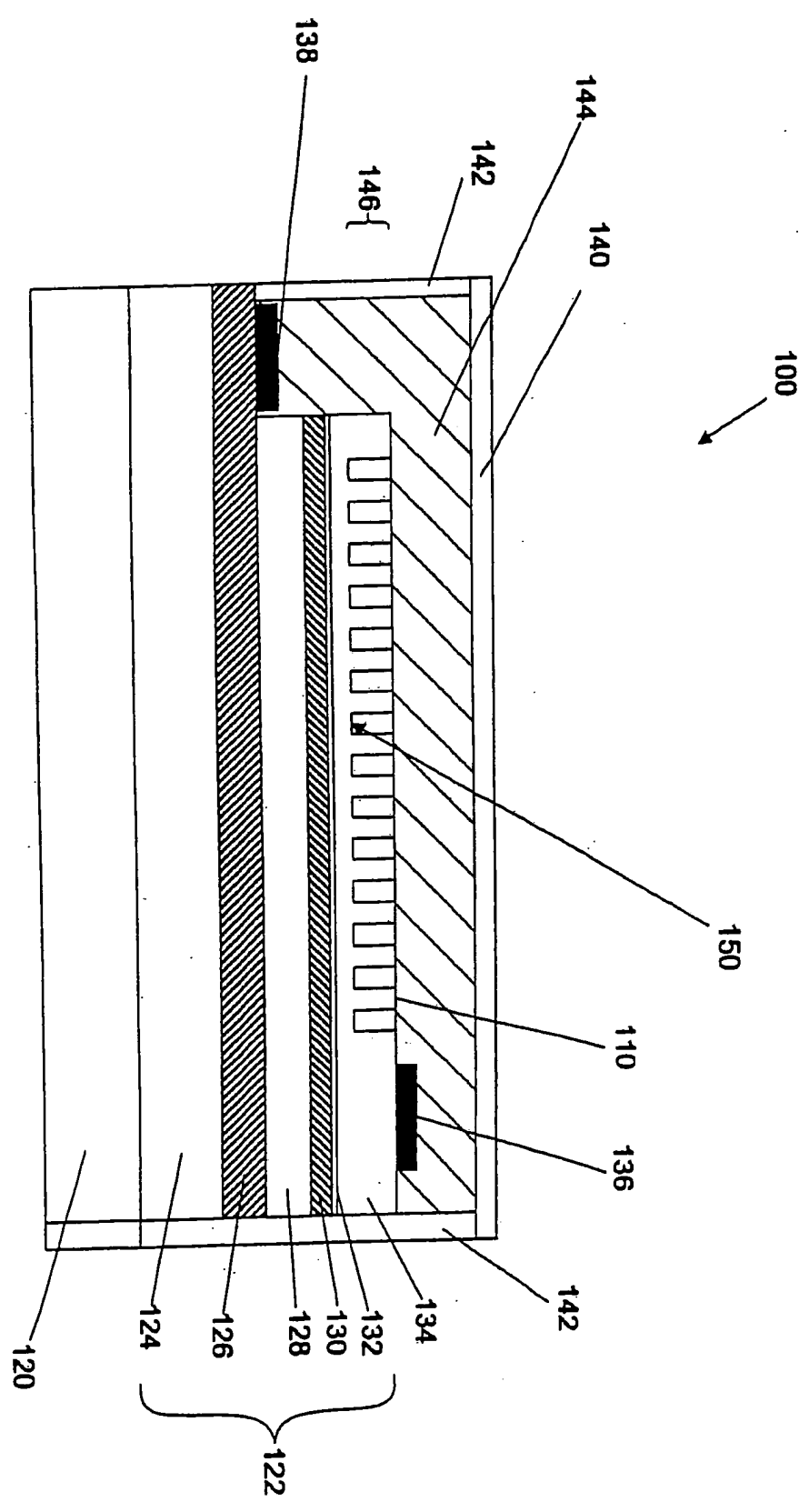
本發明係揭露了發光裝置及其相關元件、系統及方法。

本案若有化學式，請揭示最能顯示發明特徵的化學式
無

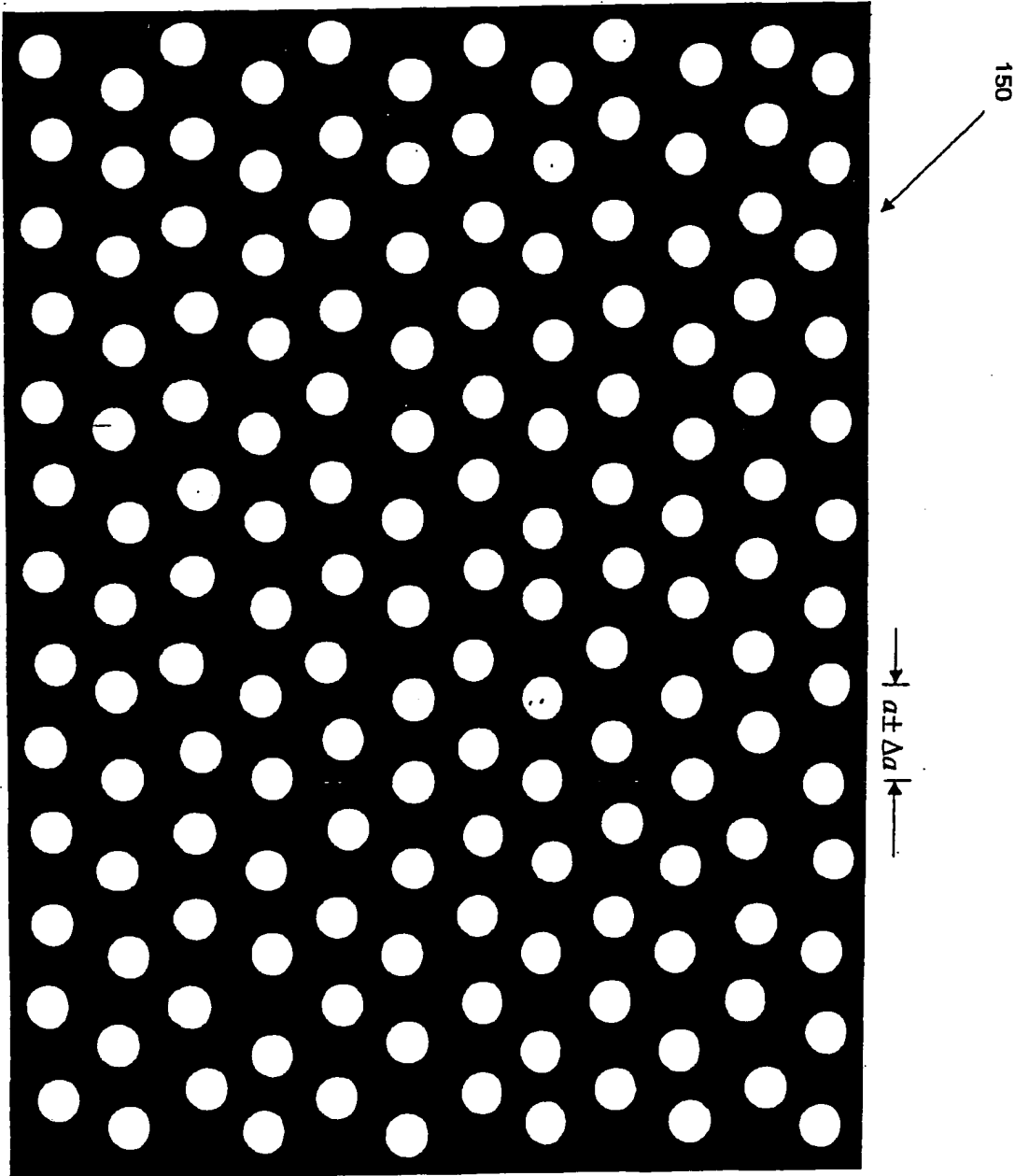
五、英文發明摘要 (發明名稱：LIGHT EMITTING DEVICES (七))

Light-emitting devices, and related components, systems and methods are disclosed.

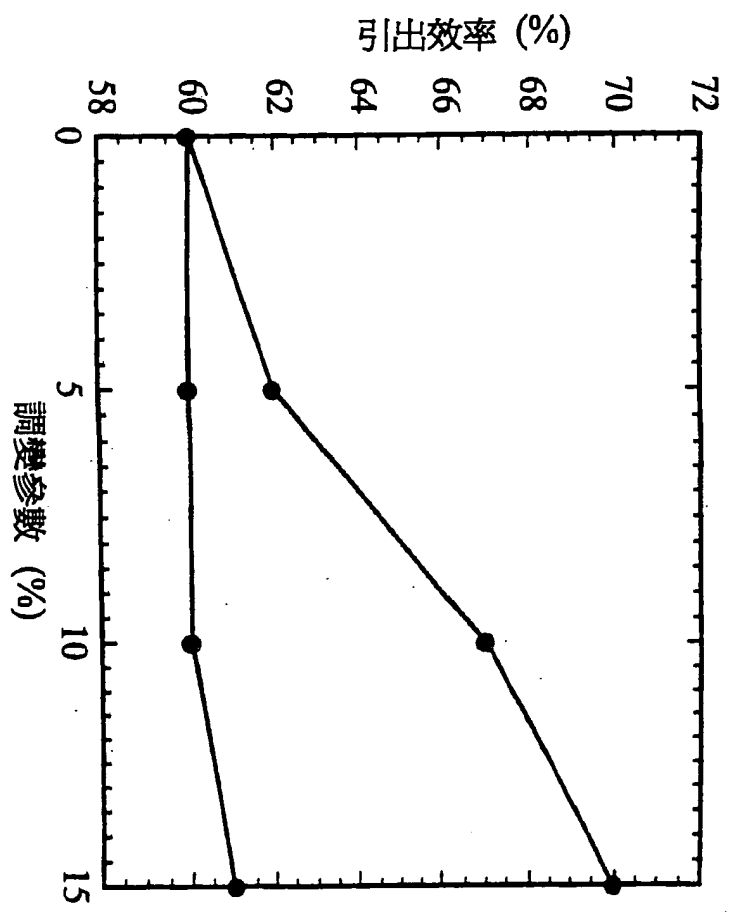




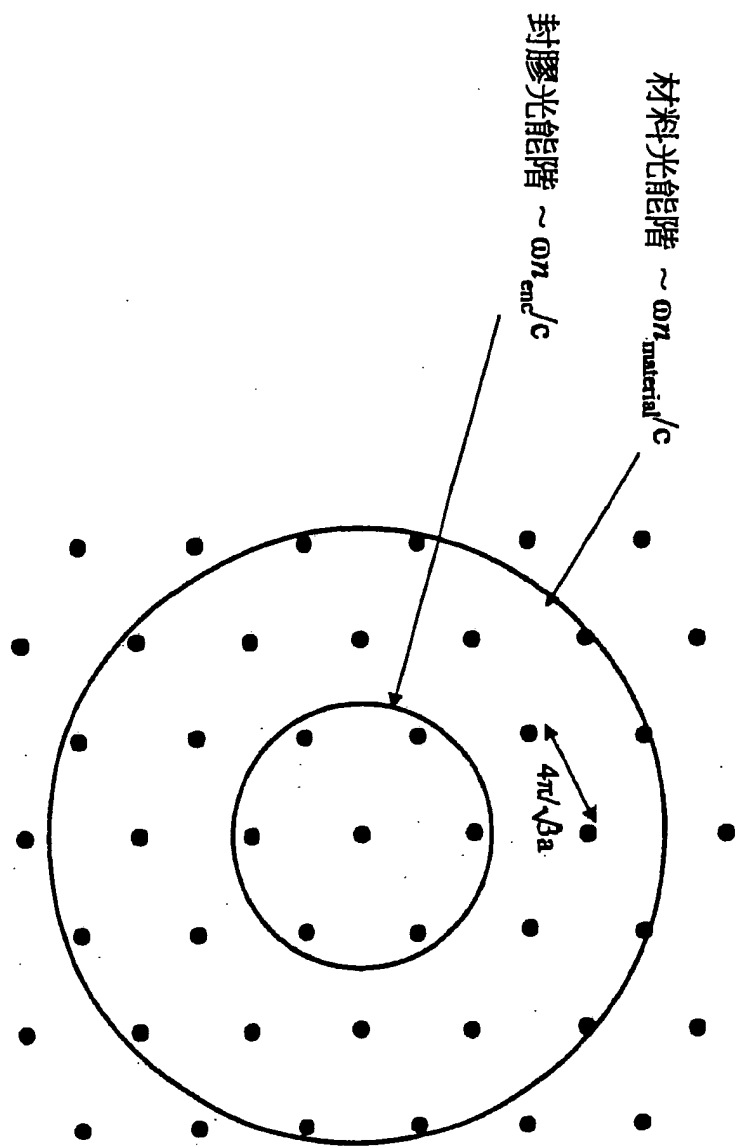
第1圖



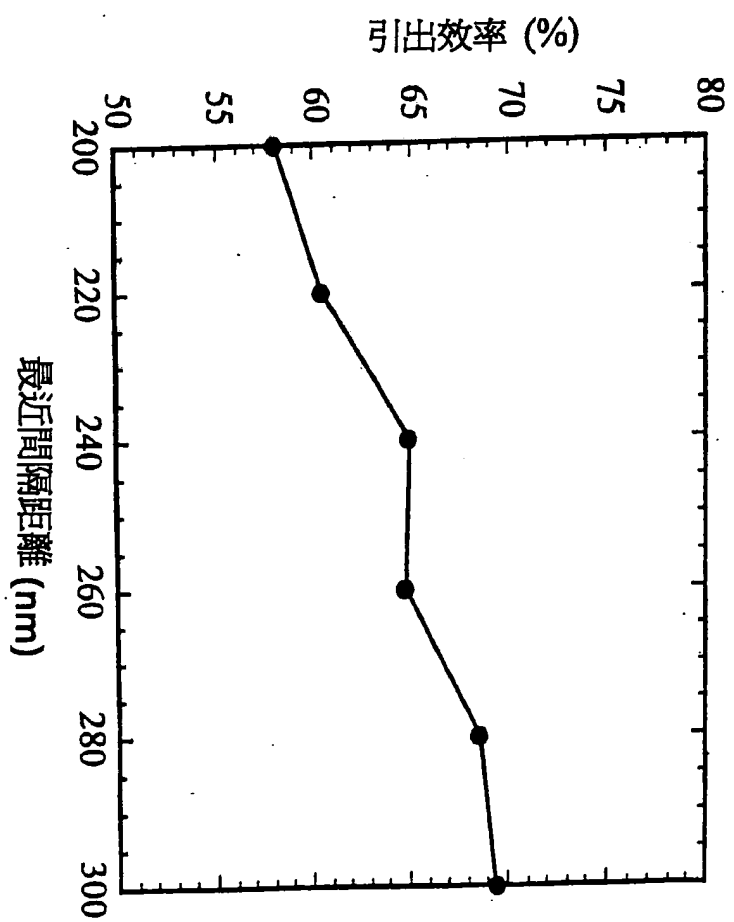
第2圖



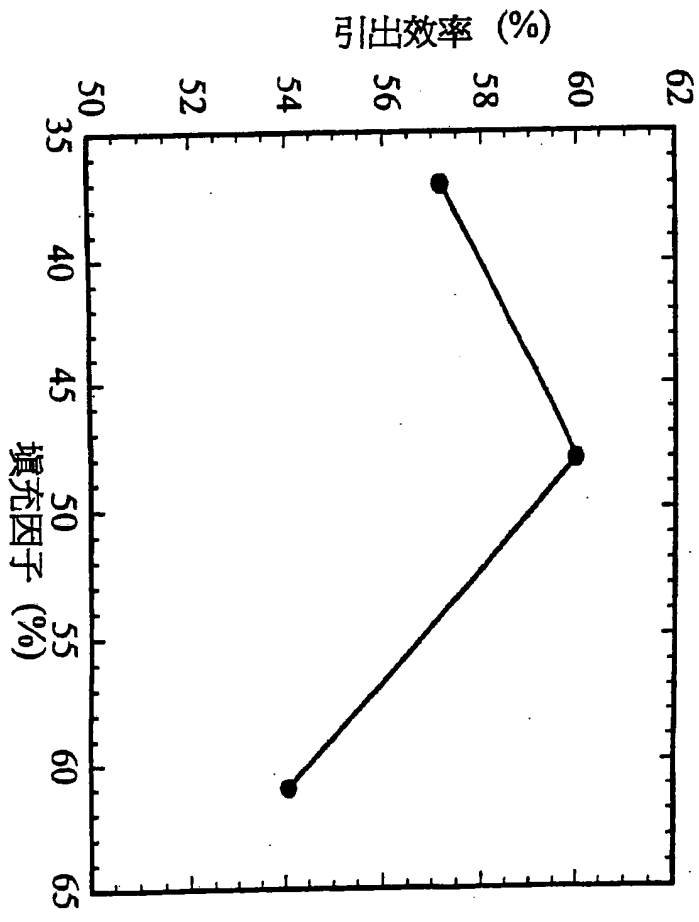
第3圖



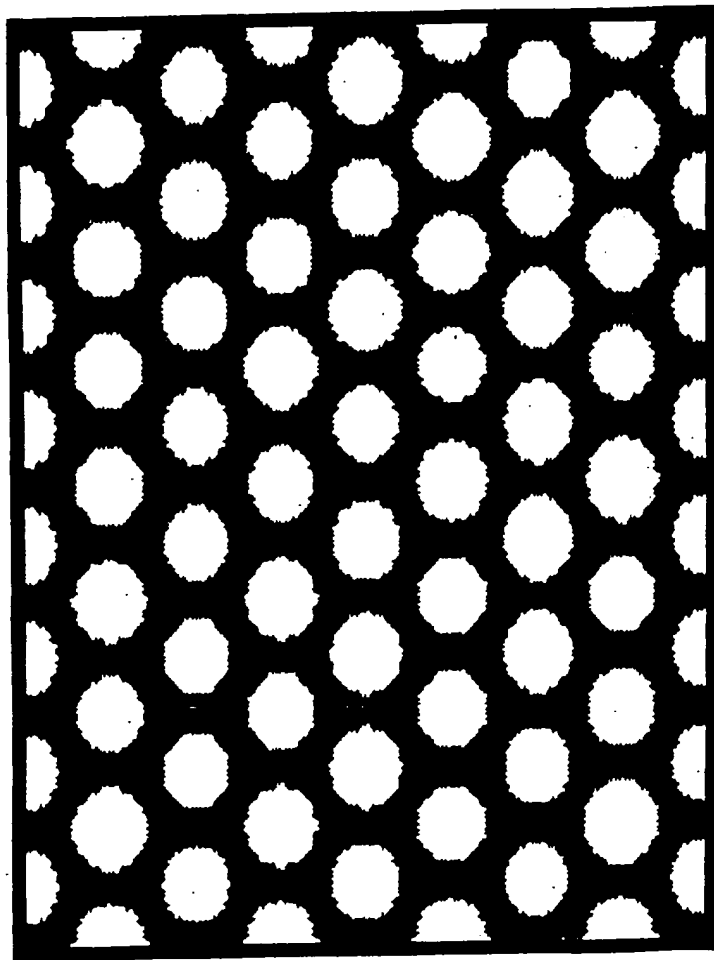
第4圖



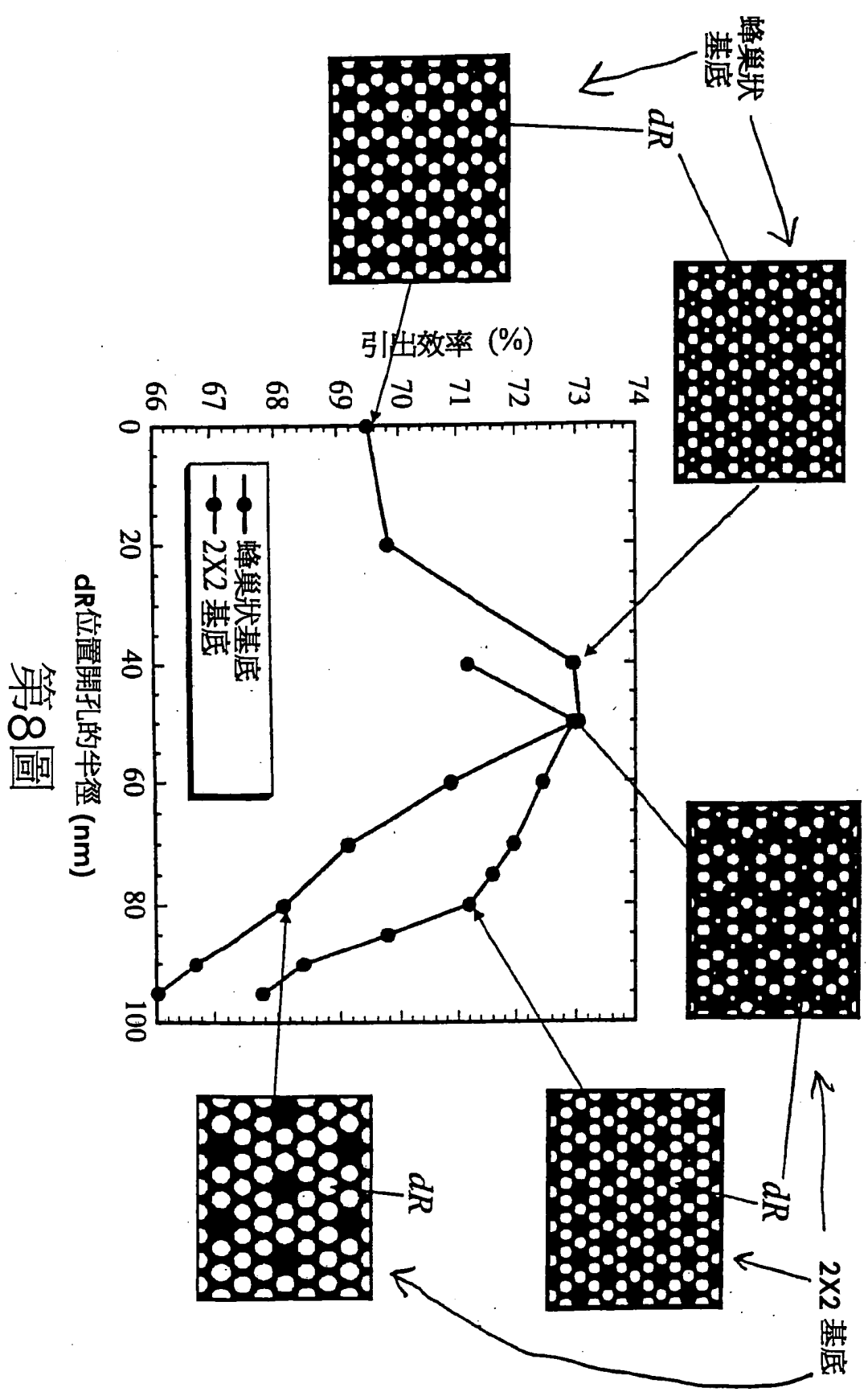
第5圖



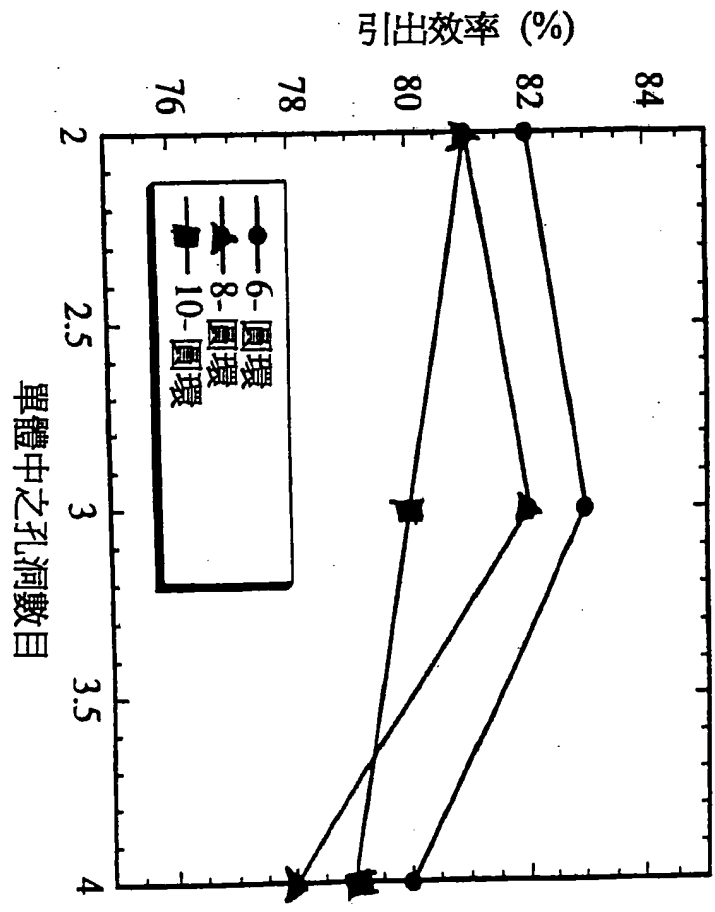
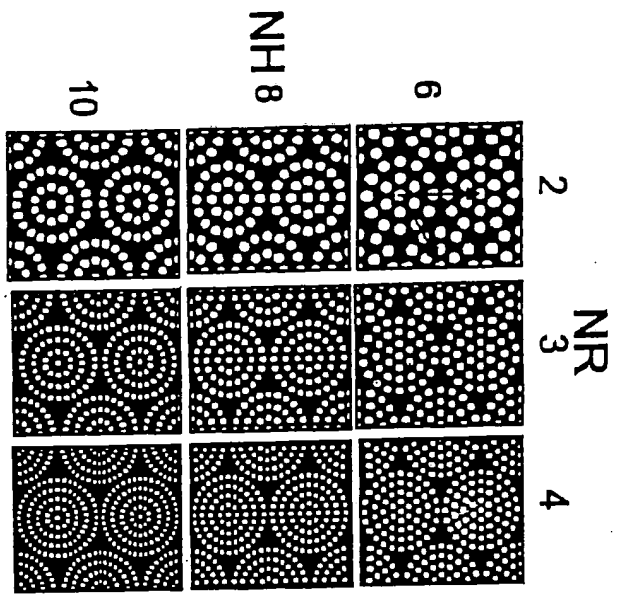
第6圖



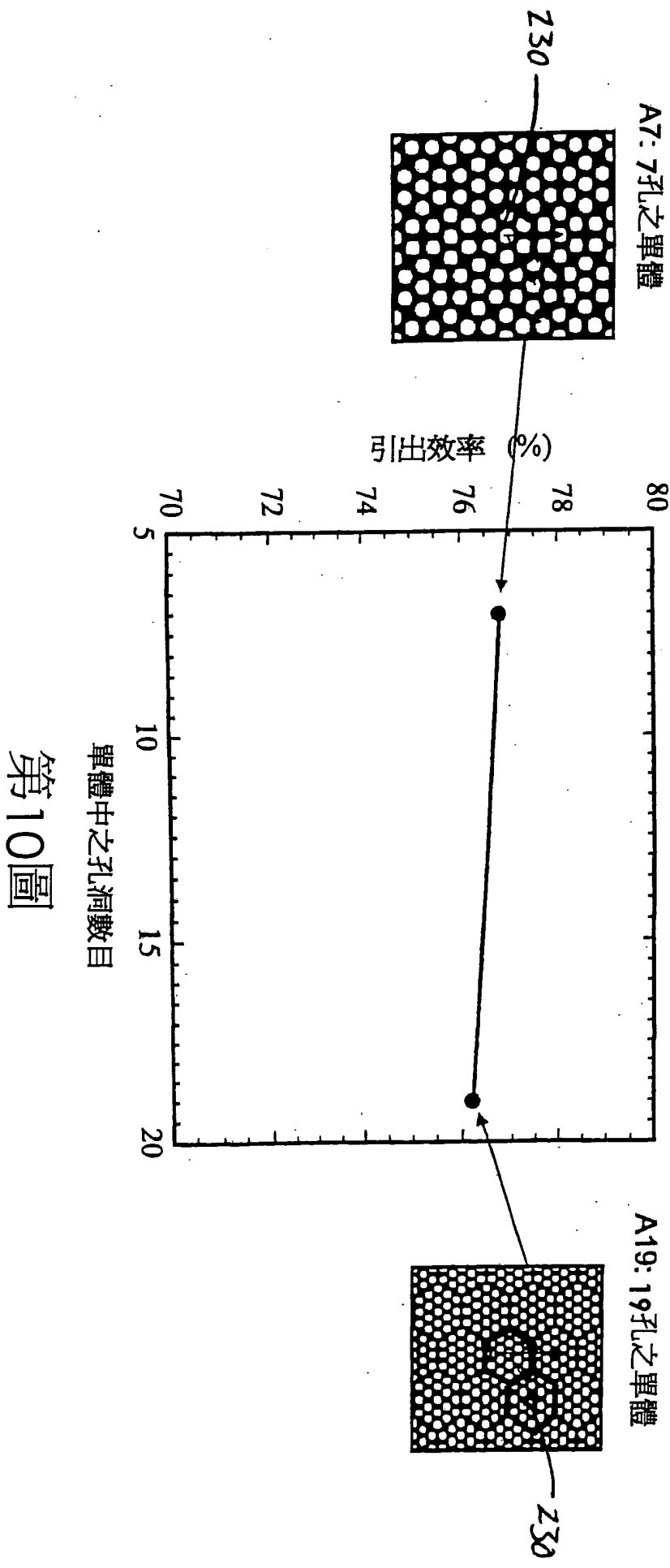
第7圖



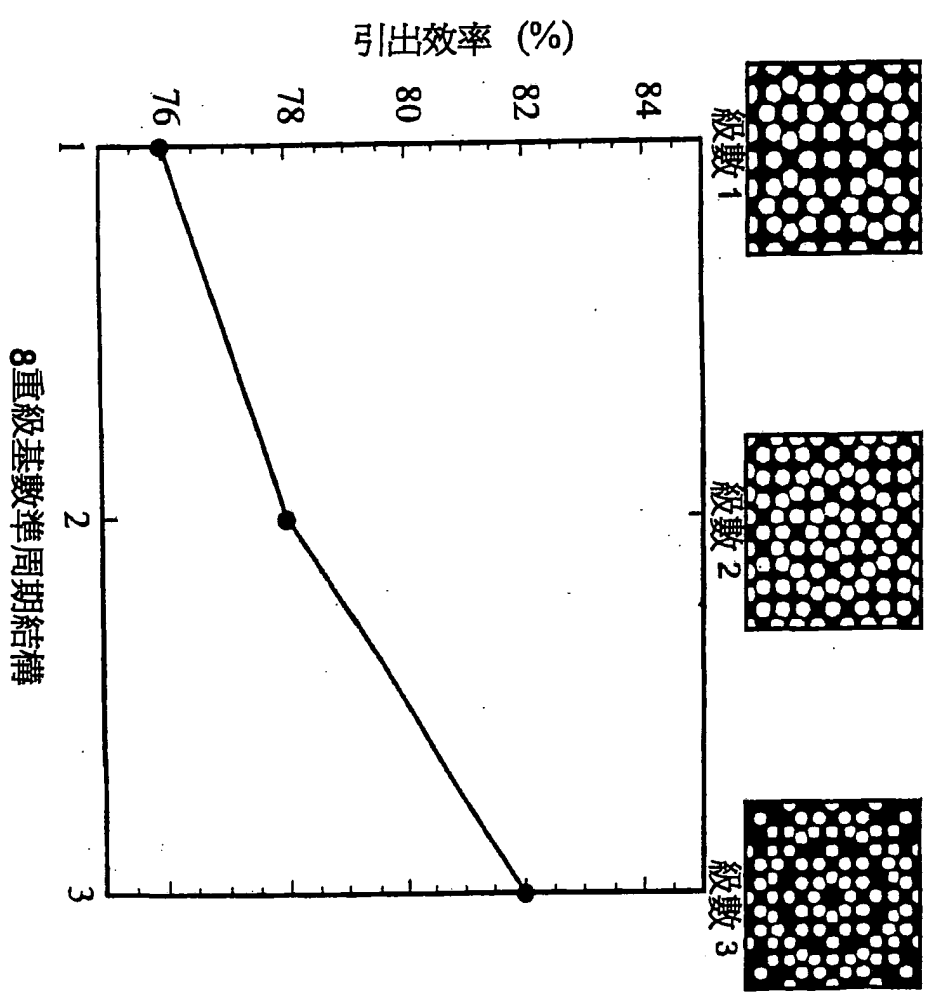
第8圖



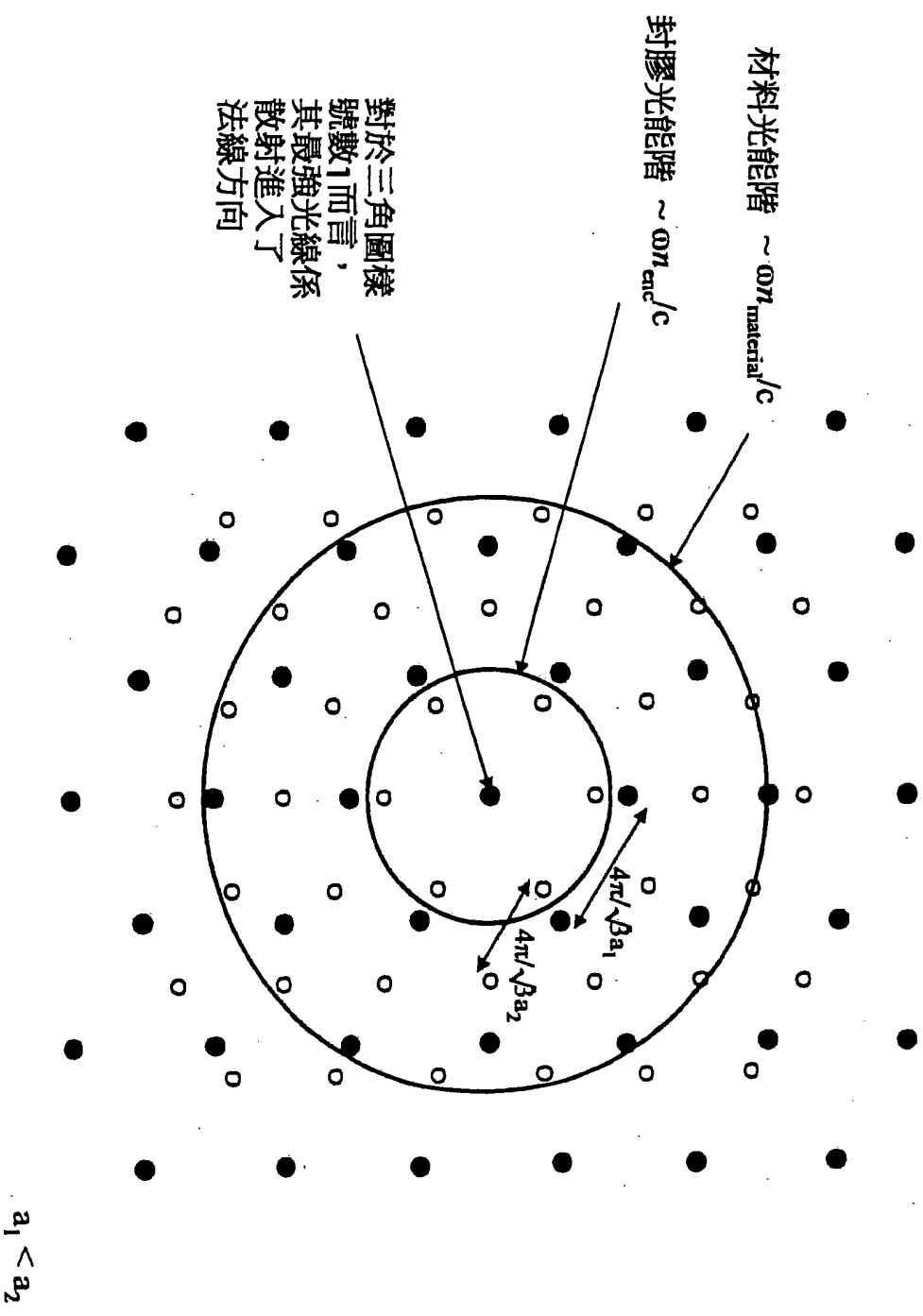
第9圖



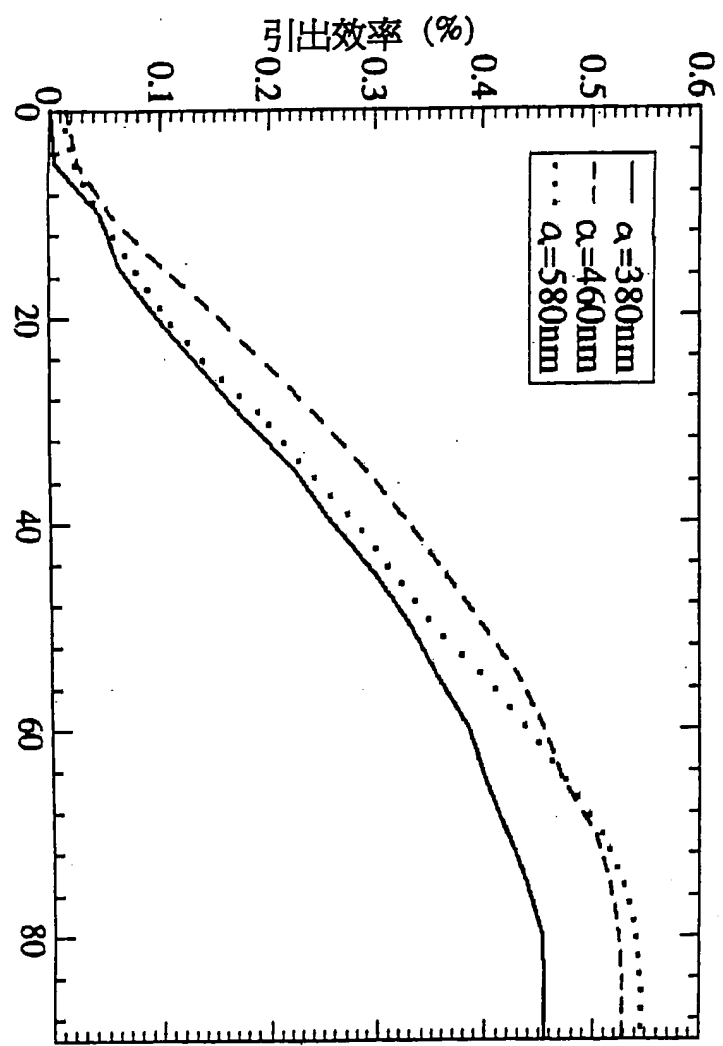
第10圖



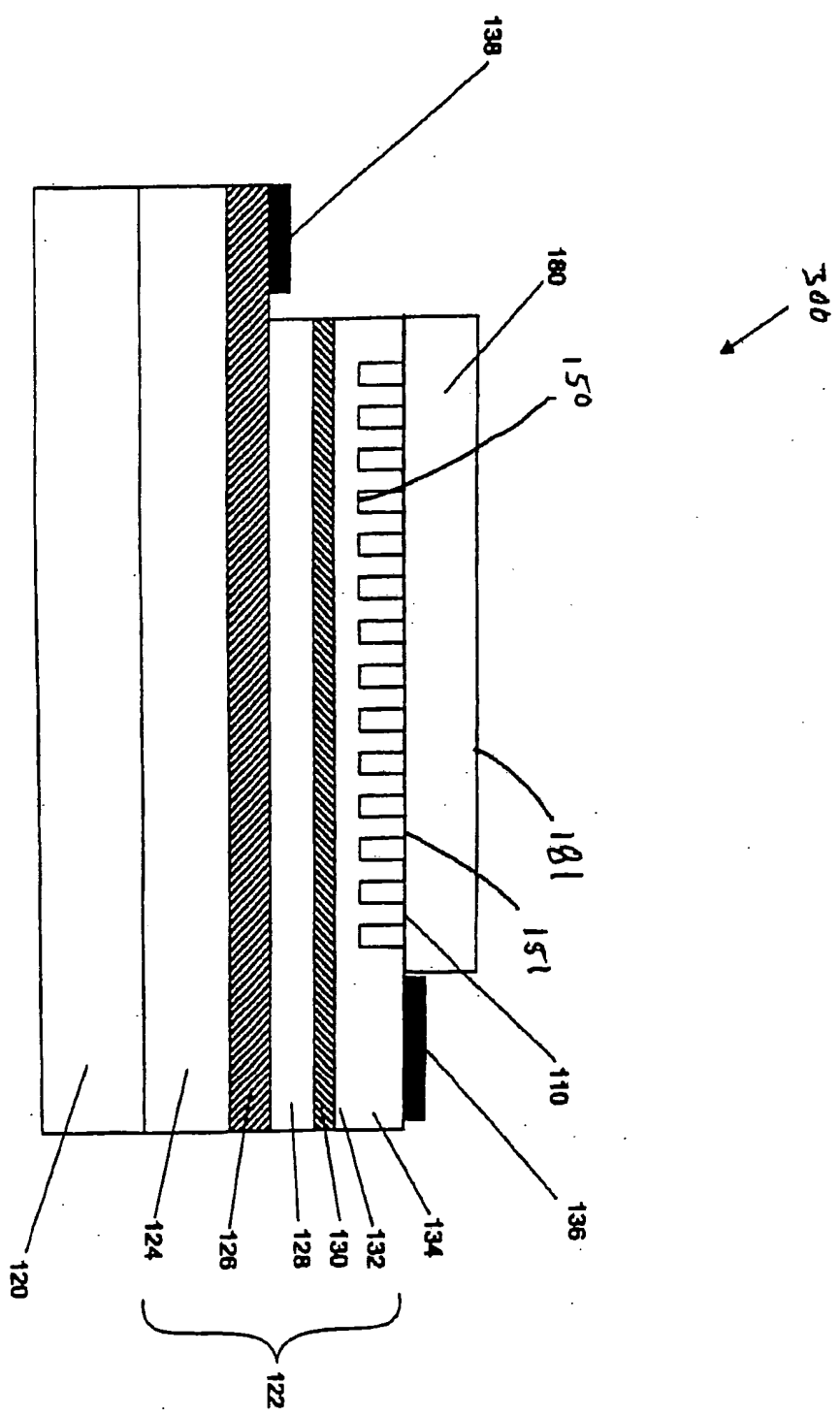
第11圖



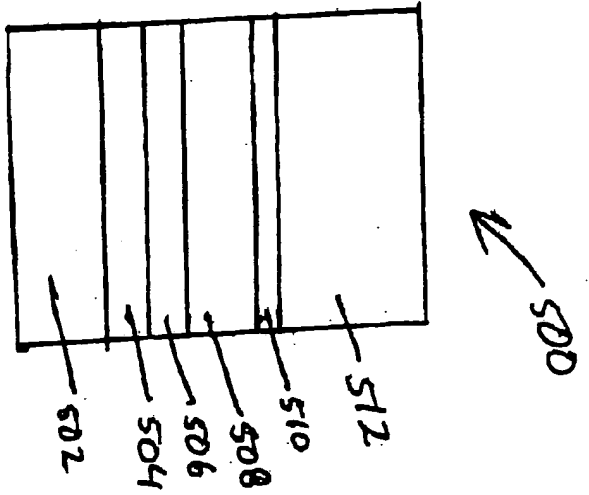
第12圖



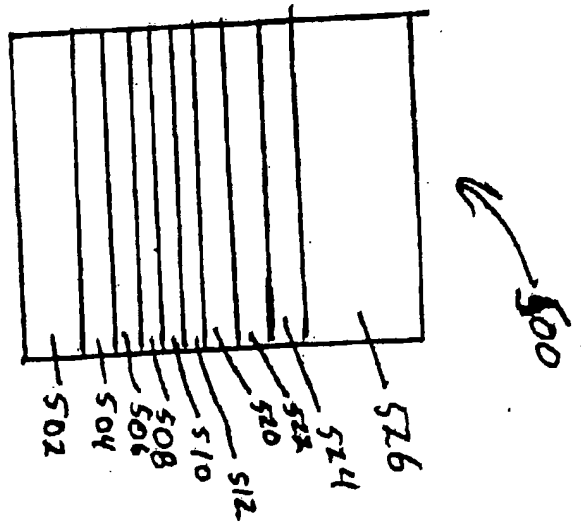
第13圖



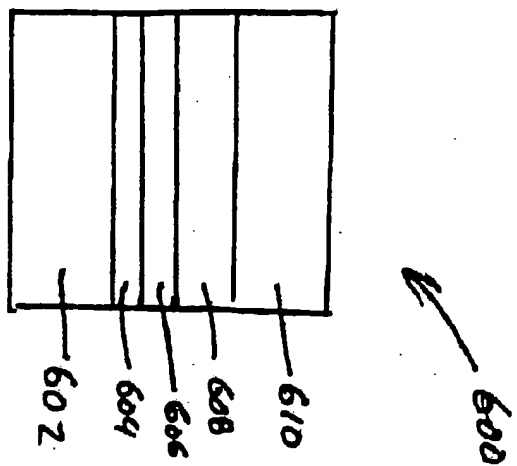
第14圖



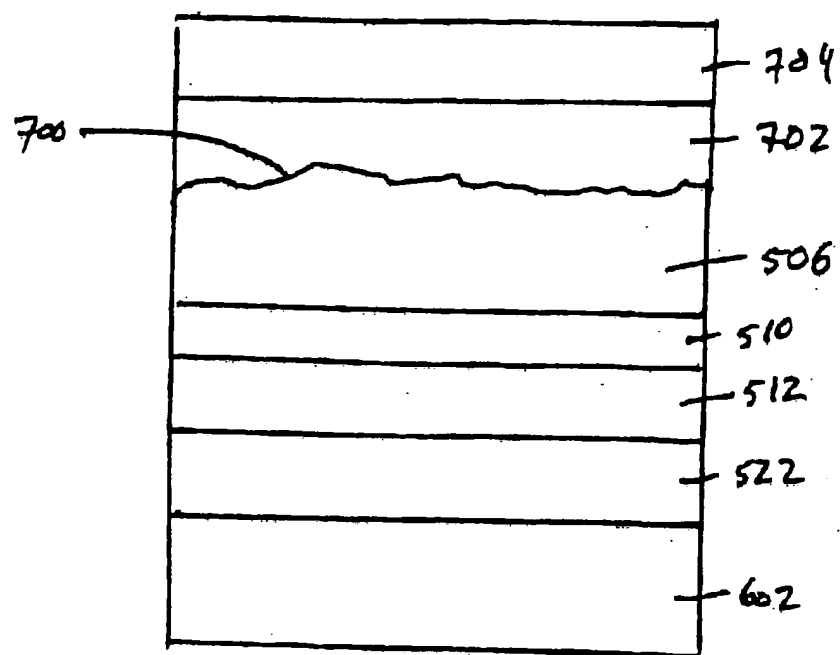
第15圖



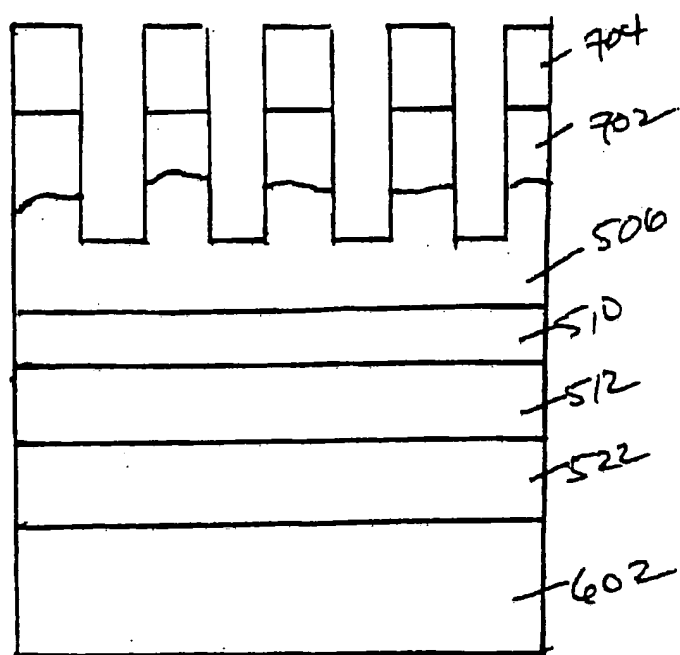
第16圖



第17圖



第18圖



第19圖

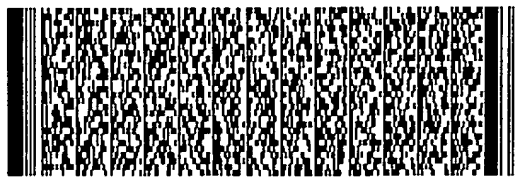
五、發明說明 (4)

有鑑於此，本發明之目的就在於提供一種發光裝置及其相關元件、系統及方法。

於一實施例中，本發明發光裝置之特徵在於其包括一多重堆疊材料層(multi-layer stack of material)，其中，多重堆疊材料層包括一光產生區域(light-generating region)及一第一層(first layer)，第一層係由光產生區域所支承。第一層包括一表面(surface)，由光產生區域所產生之光線便可經由第一層之表面而自發光裝置發出。於此表面係具有一介電函數(dielectric function)，介電函數係根據一圖樣(pattern)而進行空間上的改變，並且圖樣係具有理想晶格常數(lattice constant)及大於零之調變參數(detuning parameter)。

於另一實施例中，本發明發光裝置之特徵在於其包括一多重堆疊材料層，其中，多重堆疊材料層包括一光產生區域與一第一層，第一層係由光產生區域所支承。第一層包括一表面，由光產生區域所產生之光線便可經由第一層之表面而自發光裝置發出。於此表面係具有一介電函數，介電函數係根據一非周期性圖樣(nonperiodic patterns)而進行空間上的改變。

於又一實施例中，本發明發光裝置之特徵在於其包括一多重堆疊材料層，其中，多重堆疊材料層包括一光產生區域與一第一層，第一層係由光產生區域所支承。第一層包括一表面，由光產生區域所產生之光線便可經由第一層



五、發明說明 (5)

之表面而自發光裝置發出。於此表面係具有一介電函數，介電函數係根據一複雜周期性圖樣(complex periodic patterns)而進行空間上的改變。

於又一實施例中，本發明發光裝置之特徵在於其包括一多重堆疊材料層，其中，多重堆疊材料層包括一n摻雜材料層(a layer of n-doped material)、一p摻雜材料層(a layer of p-doped material)及一光產生區域。發光裝置另外包括一反射材料層(a layer of a reflective material)，由光產生區域所產生、且撞擊在具有反射材料層上之至少約50%之光線(light)係會被反射材料層之反射材料所反射。在n摻雜材料層之表面之作用下，由光產生區域所產生之光線便可經由n摻雜材料層之表面而自發光裝置發出。n摻雜材料層之表面係具有一介電函數，此介電函數係根據一圖樣而進行空間上的改變，並且於p摻雜材料層與反射材料層之間的距離係小於n摻雜材料層與反射材料層之間的距離。

於又一實施例中，本發明發光裝置之特徵在於其包括一多重堆疊材料層，其中，多重堆疊材料層包括一光產生區域與一第一層，第一層係由光產生區域所支承。第一層包括一表面，由光產生區域所產生之光線便可經由第一層之表面而自發光裝置發出。於此表面係具有一介電函數，介電函數係根據一圖樣而進行空間上的改變。發光裝置另外包括一反射材料層，光產生區域所產生、且撞擊在具有反射材料層上之光線的至少約50%係會被反射材料層之反



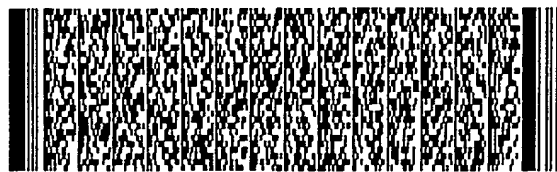
五、發明說明 (6)

射材料所反射。光產生區域係位於反射材料層與第一層之間，並且圖樣係不會延伸超過了第一層。

於另一實施例中，本發明發光裝置之特徵在於其包括一多重堆疊材料層，其中，多重堆疊材料層係包括一光產生區域與一第一層，第一層係由光產生區域所支承。第一層包括一表面，由光產生區域所產生之光線便可經由第一層之表面而自發光裝置發出。發光裝置另外包括了折射率(index of refraction)小於1.5之材料，藉此以接觸於第一層之表面。發光裝置係經由封裝方式而加以包覆。

於又一實施例中，本發明發光裝置之特徵在於其包括一多重堆疊材料層，其中，多重堆疊材料層包括一光產生區域與一第一層，第一層係由光產生區域所支承。第一層包括一表面，由光產生區域所產生之光線便可經由第一層之表面而自發光裝置發出。於此表面係具有一介電函數，介電函數係根據一圖樣而進行空間上的改變。發光裝置另外包括一磷材料(phosphor material)，此磷材料係由第一層之表面所支承。發光裝置之側壁(sidewall)於實質上係完全不具有磷材料。

於又一實施例中，本發明之特徵在於提供了製作品圓之方法，此方法係包括了將一磷材料設置於晶圓之表面上，於此晶圓之中係包括了複數發光裝置，各發光裝置包括一多重堆疊材料層，其中，多重堆疊材料層包括一光產生區域與一第一層，第一層係由光產生區域所支承。第一層包括一表面，由光產生區域所產生之光線便可經由第一

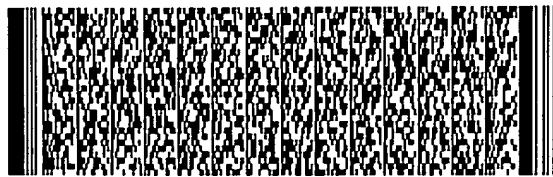


五、發明說明 (7)

層之表面而自發光裝置發出。於此表面係具有一介電函數，介電函數係根據一圖樣而進行空間上的改變。

於又一實施例中，本發明發光裝置之特徵在於其包括一多重堆疊材料層，其中，多重堆疊材料層包括一光產生區域與一第一層，第一層係由光產生區域所支承。第一層包括一表面，由光產生區域所產生之光線便可經由第一層之表面而自發光裝置發出。於此表面係具有一介電函數，介電函數係根據一圖樣而進行空間上的改變。發光裝置另外包括一磷材料，由光產生區域所產生之光線便可經由第一層之表面發出，並且與磷材料之間產生交互作用，使得經由磷層(phosphor layer)所發出之光線於實質上係為白光(white light)。發光裝置之高度(height)與其面積(area)之間的比值(ratio)係小到足以允許白光可以任何方向進行延伸。

於一實施例中，本發明發光裝置之特徵在於其包括一多重堆疊材料層，其中，多重堆疊材料層包括一光產生區域與一第一層，第一層係由光產生區域所支承。第一層包括一表面，由光產生區域所產生之光線便可經由第一層之表面而自發光裝置發出。發光裝置另外包括一第一薄片(first sheet)與一第二薄片(second sheet)，其中，第一薄片之材質於實質上係為透明(transparent)，藉此係可讓光線自發光裝置而發出；第二薄片係包括了磷材料，並且第二薄片係鄰接於第一薄片。發光裝置係經由封裝方式而加以包覆，並且第一薄片、第二薄片係共同構成了用



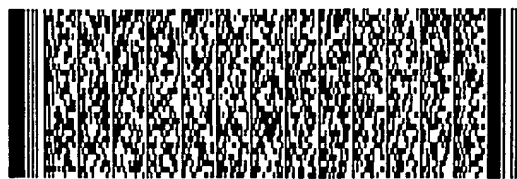
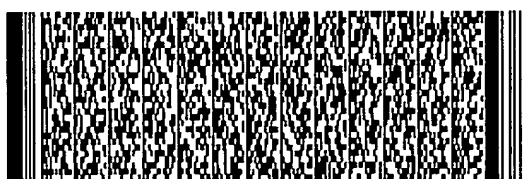
五、發明說明 (8)

以對於發光裝置進行包覆之封裝(package)的一部分。

於另一實施例中，本發明發光裝置之特徵在於其包括一多重堆疊材料層，其中，多重堆疊材料層包括一光產生區域與一第一層，第一層係由光產生區域所支承。第一層包括一表面，由光產生區域所產生之光線便可經由第一層之表面而自發光裝置發出。於此表面係具有一介電函數，介電函數係根據一圖樣而進行空間上的改變。在圖樣之作用下，由光產生區域所產生、且自發光裝置之第一層之表面所發出光線之光線分佈的相互平行性係比光線之拉普拉斯分佈(lambertian distribution)為佳。

於又一實施例中，本發明之特徵在於晶圓包括了複數發光裝置，其中，至少一部分之發光裝置係包括一多重堆疊材料層，其中，多重堆疊材料層包括一光產生區域與一第一層，第一層係由光產生區域所支承。第一層包括一表面，由光產生區域所產生之光線便可經由第一層之表面而自發光裝置發出。於此表面係具有一介電函數，介電函數係根據一圖樣而進行空間上的改變。在圖樣之作用下，由光產生區域所產生、且自發光裝置之第一層之表面所發出光線之光線分佈的相互平行性係比光線之拉普拉斯分佈為佳。於每平方公分之晶圓包括了至少5個(例如：至少25個、至少50個)發光裝置。

於一實施例中，本發明之特徵在於晶圓包括了複數發光裝置，其中，至少一部分之發光裝置係包括一多重堆疊材料層，其中，多重堆疊材料層包括一光產生區域與一第

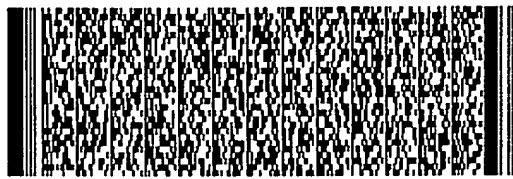


五、發明說明 (9)

一層，第一層係由光產生區域所支承。第一層包括一表面，由光產生區域所產生之光線便可經由第一層之表面而自發光裝置發出。於此表面係具有一介電函數，介電函數係根據一圖樣而進行空間上的改變，並且由光產生區域所產生、且由發光裝置所發出之光總量之至少約為45%(例如：至少約為50%、至少約為60%、至少約為70%)係會經由發光裝置之上表面而發出。

於另一實施例中，本發明之特徵在於發光裝置係包括一多重堆疊材料層，其中，多重堆疊材料層包括一光產生區域與一第一層，第一層係由光產生區域所支承。第一層包括一表面，由光產生區域所產生之光線便可經由第一層之表面而自發光裝置發出。發光裝置係具有一邊緣(edge)，此一邊緣的長度係可至少約為1公釐(mm)(millimeter)(例如：至少約為1.5mm、至少約為2mm、至少約為2.5mm)；此外，在適當之設計下，發光裝置之引出效率(extraction efficiency)於實質上係與邊緣的長度無關。

於又一實施例中，本發明之特徵在於發光裝置係包括一多重堆疊材料層，其中，多重堆疊材料層包括一光產生區域與一第一層，第一層係由光產生區域所支承。第一層包括一表面，由光產生區域所產生之光線便可經由第一層之表面而自發光裝置發出。發光裝置係具有一邊緣，此一邊緣的長度係可至少約為1mm(例如：至少約為1.5mm、至少約為2mm、至少約為2.5mm)；此外，在適當的設計下，



五、發明說明 (10)

發光裝置之電光轉換效率(wall plug efficiency)於實質上係與邊緣的長度無關。

於一實施例中，本發明之特徵在於發光裝置係包括多重堆疊材料層，其中，多重堆疊材料層包括一光產生區域與一第一層，第一層係由光產生區域所支承。第一層包括一表面，由光產生區域所產生之光線便可經由第一層之表面而自發光裝置發出。發光裝置係具有一邊緣，此一邊緣的長度係可至少約為1mm(例如：至少約為1.5mm、至少約為2mm、至少約為2.5mm)；另外，在適當地對於發光裝置進行設計下，其量子效率(quantum efficiency)於實質上係與邊緣的長度無關。

於另一實施例中，本發明之特徵在於製作發光裝置之方法，其係將具有一反射材料層結合至一p摻雜材料層，其中，發光裝置包括一多重材料堆疊層，多重材料堆疊層包括p摻雜材料層、一光產生區域與一第一層。第一層包括一表面，表面係具有一介電函數，介電函數係根據一圖樣(pattern)而進行空間上的改變，由光產生區域所產生、且撞擊在具有反射材料層上之光線中的至少約50%係會被反射材料層之反射材料所反射。

於又一實施例中，本發明之特徵在於製作發光裝置之方法，其係對於與一第一層結合之一基底進行剝離(disbonding)。於第一層係形成了一多重材料堆疊層之一部分，多重材料堆疊層包括一光產生區域，並且於其所形成之發光裝置中之第一層之一表面具有一介電函數，介電



五、發明說明 (11)

函數係根據一圖樣而進行空間上的改變。

以下將藉由本發明之各實施例說明其所具有之各項優點。

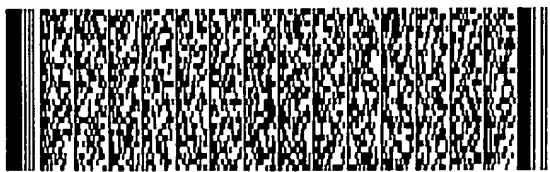
一多重材料堆疊層係可由一多重半導體材料堆疊層(multi-layer stack of semiconductor material)所製成。第一層係可為一n摻雜半導體材料層(a layer of n-doped semiconductor material)，並且多重堆疊材料層更可包括一p摻雜半導體材料層(a layer of p-doped semiconductor material)。光產生區域係可位於n摻雜半導體材料層、p摻雜半導體材料層之間。

發光裝置更可包括一支承構件(support)，藉此以支承多重堆疊材料層。

發光裝置另外包括一反射材料層，光產生區域所產生、且撞擊在具有反射材料層上之光線的至少約50%係會被反射材料層之反射材料所反射。反射材料層係可位於支承構件、多重堆疊材料層之間。於p摻雜材料層與反射材料層之間的距離係小於n摻雜材料層與反射材料層之間的距離。發光裝置更可包括一p型歐姆式接觸(p-type ohmic contact)，其中，p型歐姆式接觸係位於p摻雜材料層與反射材料層之間。

發光裝置更可包括一電流散佈層(current-spreading layer)，其中，電流散佈層係位於第一層、光產生區域之間。

多重材料堆疊層係可由半導體材料所製成，例如：



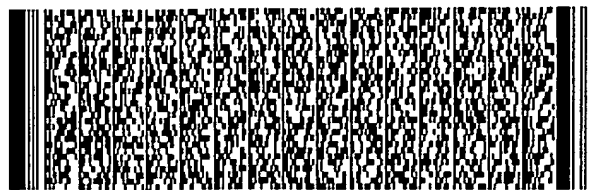
五、發明說明 (15)

形成了厚度的變化約小於20%之層結構，並且包括了可對於磷材料層進行平坦化，如此使得磷材料層之厚度的變化約小於20%。另外，此方法亦包括了可對於已設置於第一層之表面之磷材料進行平坦化。舉例而言，磷材料係可採用旋轉塗佈(spin-coating)的方式而形成於晶圓之表面上。此方法包括了由晶圓形成了複數發光裝置，並且對於至少一部分的發光裝置之間進行相互之間的分離。

於部分實施例中，當光產生區域所產生之光線經由第一層之表面而自發光裝置發出時，則由第一層之表面所發出至少40%的光線係以正交於第一層之表面、且角度至多約30°的方式傳送。

於特定實施例中，發光裝置之填充因子(filling factor)係至少約為10%及/或至多約為75%。

在將具有反射材料層結合至p摻雜材料層之前，製作發光裝置之方法更包括了將第一層結合至一基底(substrate)、且結合至位於基底與反射材料層之間的多重材料堆疊層。此外，製作發光裝置之方法亦可包括了將一結合層(bonding layer)形成於第一層與基底之間。此外，製作發光裝置之方法亦可包括了移除基底。此外，在移除了基底之後，製作發光裝置之方法更包括了研磨(lapping)步驟與拋光(polishing)步驟。在將反射材料層結合至第一層之後，進而移除基底。對基底進行移除的過程中係包括了對於第一層、基底之間的一結合層(bonding layer)進行加熱。對結合層進行加熱係對於結合層之至少



五、發明說明 (18)

一 特定角度範圍)。

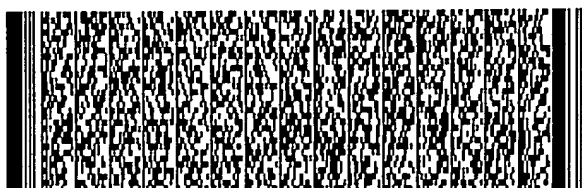
於部分實施例中，一LED及/或一相對大型LED晶片係可以一相對便宜之製程以進行製作。

於特定實施例中，一LED及/或一相對大型LED晶片係可在不增加成本之下、經由一工業規模(commercial scale)之方式而進行相關的製作，並且不會造成經濟上之不可實行。

為了讓本發明之上述和其他目的、特徵、和優點能更明顯易懂，下文特舉一較佳實施例，並配合所附圖示，作詳細說明如下：

【實施方式】

第1圖係表示以封裝晶粒(packaged die)型態呈現之一發光二極體(LED)100的側視圖。LED 100包括一多重堆疊層(multi-layer stack)122，其中，多重堆疊層122係設置在一載具(submount)120之上。多重堆疊層122中係包括了：厚度為320nm之一矽晶摻雜(n-摻雜)氮化鎵層(silicon doped, (n-doped) GaN layer)134，於矽晶摻雜(n-摻雜)氮化鎵層134之上表面(upper surface)110形成了複數開孔(openings)150之圖樣；一結合層(bonding layer)124；厚度為100nm之一銀層(silver layer)126；厚度為40nm之一鎂摻雜(p-摻雜)氮化鎵層(magnesium doped, (p-doped) GaN layer)128；厚度為120nm之一光產生區域(light-generating region)130，於光產生區域

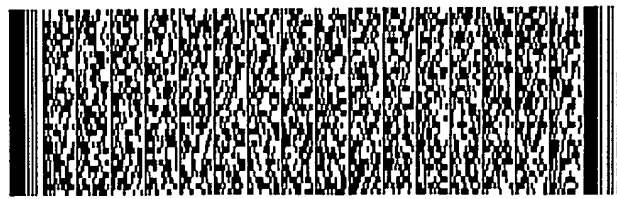


五、發明說明 (20)

(nanometers (nm))之尖峰波長(peak wavelength)、約30nm之半高全寬(full width at half maximum)(FWHM)之光線波長的光譜。

值得注意的是，在相較於矽晶摻雜(n-摻雜)氮化鎵層134中之載子(charge carriers)之下，鎂摻雜(p-摻雜)氮化鎵層128係相對地具有較低的載子移動率(mobility)。如此一來，藉由將銀層126(為導電的)以沿著鎂摻雜(p-摻雜)氮化鎵層128之表面進行設置的作用下，由p邊接觸墊138至鎂摻雜(p-摻雜)氮化鎵層128、光產生區域130之電荷注入(charge injection)的均勻度(uniformity)是可以有效地被提高的，同時亦可減少LED 100之電阻(electrical resistance)及/或提高LED 100之注入效率(injection efficiency)。此外，由於矽晶摻雜(n-摻雜)氮化鎵層134具有較高之載子移動率(carrier mobility)，則電子便可自n邊接觸墊136而快速通過氮化鎵層132、矽晶摻雜(n-摻雜)氮化鎵層134，於實質上便可使得在產生區域130之中、且通過產生區域130之任何位置上的電流密度(current density)處於均勻狀態。再者，由於銀層126具有相對較高的導熱性(thermal conductivity)，如此便可藉由銀層126做為LED 100之熱沉(heat sink)(將熱量經由多重堆疊層122、以垂直的方式而傳遞至載具120)。

由光產生區域130所產生之至少一部分的光線係可被導引至銀層126之上。隨後，經由銀層126所反射的光線係

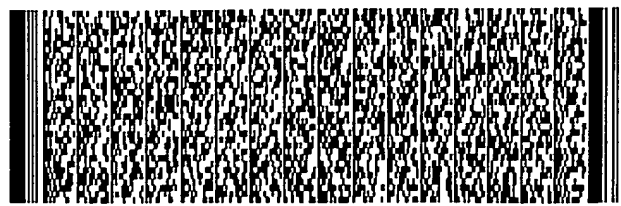
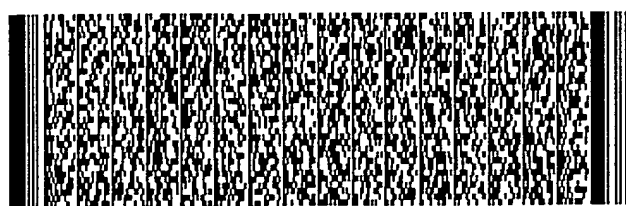


五、發明說明 (23)

出效率係由0.60增加至0.70。

於第3圖中，引出效率係經由三維有限差分時域(FDTD)法(three-dimensional finite-difference time-domain (FDTD) method)以估算出在馬克士威方程(Maxwell's equations)下之LED 100之內部光線、外側光線之大小。舉例而言：K.S. Kunz and R.J. Luebbers, The Finite-Difference Time-Domain Methods (CRC, Boca Raton, FL, 1993)、A. Taflove, Computational Electrodynamics: The Finite-Difference Time-Domain Method (Artech House, London, 1995)等已在本發明中參考併入。為了呈現出具有特定圖樣150之LED 100的光學行為(optical behaviour)，於FDTD計算中之輸入參數(input parameters)包括了中心頻率(center frequency)、於光產生區域130中之點偶極輻射源所發射之光線的頻寬(bandwidth)、於多重堆疊層122中之各層結構之尺寸與介電特性(dimension and dielectric properties)，以及位於圖樣150中之各開孔之間的直徑、深度、最近相鄰距離(NND)(nearest neighbor distances (NND))。

於特定的實施例中，LED 100所使用之引出效率資料(extraction efficiency data)係採用了如下所示之FDTD法而加以計算。FDTD法係用以解決全向量時間依賴馬克士威方程(full-vector time-dependent Maxwell's equations)：



五、發明說明 (27)

可以確信的是，經由調變後之圖樣(detuned pattern)150的作用下，光產生區域130所產生、且經由LED 100之上表面110所發出之光線的引出效率是可以被提高，同時由於各開孔150可以根據圖樣型態而建立一介電函數(dielectric function)，藉此介電函數係可以在矽晶摻雜(n-摻雜)氮化鎵層134之中進行空間上的改變。基於上述可知，實際結果並不同於根據理論(theory)下之計算結果。再者，根據上述之結果亦會改變了輻射模態(radiation modes)(亦即，由上表面110所發出的發光模式(light modes))、導引模態(guided modes)(亦即，限制於多重堆疊層122之中的發光模式)之密度。另外，在不具有圖樣150之作用、且經由上述之輻射模態與導引模態的改變下，於LED 100中之部分光線係以散射方式(例如：布拉格散射(Bragg scattered))射入於導引模態之中，同時這些散射模式亦可能滲漏至輻射模態之中。於特定的實施例中，圖樣150係可消除所有位於LED 100之中的導引模態。

可以確信的是，晶格(lattice)的調變效應(effect of detuning)係可藉由具有點散射部位(point scattering sites)之水晶(crystal)的布拉格散射(Bragg scattering off)方式而加以了解。以距離d相互間隔之複數晶格平面(lattice planes)中之完美晶格(perfect lattice)而言，波長 λ 之單色光(monochromatic light)係根據布拉格條件(Bragg condition) $n\lambda = 2d\sin\theta$ 、而採

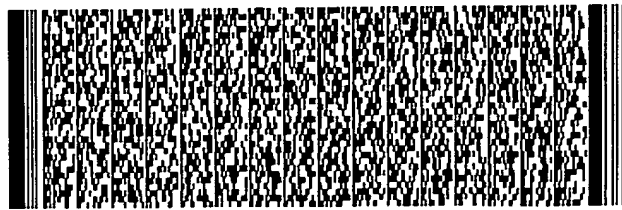
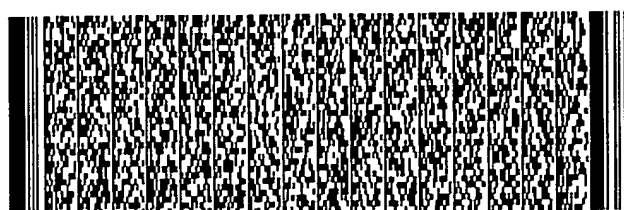


五、發明說明 (43)

表面110上、以幾近均勻地的方式而在含磷材料層180之中被轉換成了較低波長光線。因此，藉由相對薄且均勻之含磷材料層180之作用下，如此便可經由LED 100發射出具有均勻光譜之白光，藉此以做為表面110上之位置的函數。

一般而言，LED 100係可根據不同需求而進行製作。LED 100之製作通常包括了各種的沉積(deposition)、雷射製程(laser processing)、微影微微影技術(lithography)、蝕刻(etching)等步驟。

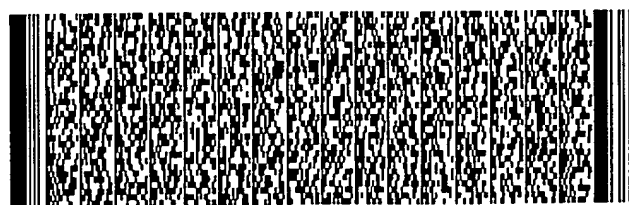
請參閱第15圖，於一發光二極體晶圓(LED wafer)500之中，LED材料堆疊層(LED layer stack of material)係沉積於一藍寶石基底(sapphire substrate)502之上，此LED晶圓500係可由經銷商(commercial vendor)購買後直接使用。於藍寶石基底502之上係依序設置了緩衝層(buffer layer)504、一n-摻雜矽：氮化鎵層(n-doped Si : GaN layer)506、氮化鋁鎵/氮化鎵異質接面(AlGa_N/Ga_N heterojunction)或超晶格(superlattice)，其中，氮化鋁鎵/氮化鎵異質接面或超晶格係包括一電流散佈層(current-spreading layer)508、氮化銦鎵/氮化鎵多量子井光產生區域(InGa_N/Ga_N multi-quantum well light-generating region)510、一p-摻雜鎂：氮化鎵層(p-doped Mg : Ga_N layer)512。就一般商業上所使用之LED晶圓之直徑係約為2-3吋，並且當晶圓完成製程處理之後，藉由切割晶圓係可形成了複數個LED晶粒(LED dice)，這些LED晶粒係可用以製作個別的裝置。在進行晶



五、發明說明 (46)

藉由一橫向力(lateral force)將藍寶石基底502自晶圓夾層之中進行移除(例如：採用棉花棒(cotton swab))。隨後，對於外露的GaN表面進行清潔處理(例如：採用氫氯酸浴(hydrochloric acid bath))，藉此方式以移除表面之液態鎔(liquid gallium)。通常，當氮化鎔磊晶堆疊層(GaN epitaxial layer stack)之上的藍寶石基底502被移除之後，存在於氮化鎔磊晶堆疊層之中的應力(strain)(例如：由於藍寶石基底502與氮化鎔磊晶堆疊層之間的晶格差異(lattice mismatch))係可同時被移除。此外，由於結合至藍寶石基底502之氮化鎔磊晶堆疊層係可能持續形成了翹曲或彎曲，在上述方式作用下係可使得氮化鎔磊晶堆疊層自翹曲或彎曲而達到鬆馳的效果，並且可假設在n-摻雜矽：氮化鎔層506之外露表面上具有相對平坦形狀(relatively flat shape)。當藉由載具(submount)120以防止在雷射掀去製程中產生裂痕時，則熱膨脹係數(coefficient of thermal expansion)係必須加以考量。此外，在步驟中進行電磁場之實質重疊、重覆製程的作用下，於雷射掀去製程中之裂痕的數量係可被減少。

請參閱第18圖，藉由對於n-摻雜矽：氮化鎔層506之外露表面進行蝕刻作用下，其所形成之具有既定厚度(desired thickness)之層結構係可用提供做為最終裝置(final device)(第19圖)之使用。在蝕刻作業之後，於n-摻雜矽：氮化鎔層506之表面上便可在蝕刻作用下形成了

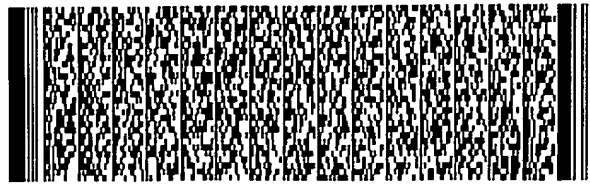
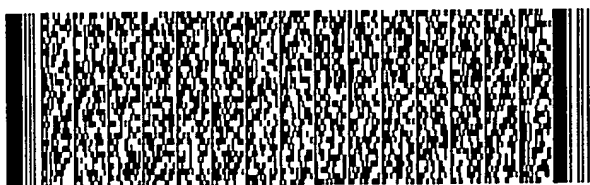


五、發明說明 (51)

如：由於大型缺陷(large defect))，但由於個別發光裝置之間係以相當緊密的陣列方式進行排列，其效能將不會受到明顯的影響。

由此可知，於上述實施例中所提出之特徵係同樣可以在其它實施例中呈現。

舉例而言，雖然於上述發光裝置及其相關層結構之中揭露了特定的厚度，然其並非用以做為限制，發光裝置及其相關層結構亦可採用其它的厚度值來進行成型。一般而言，發光裝置係可採用任何所需的厚度，並且於發光裝置之中的個別層結構亦可採用任何所需的厚度。傳統上，在所指定選用之多重堆疊層122中之層結構的厚度的作用下，於光產生區域130之光學模式(optical modes)的空間重疊(spatial overlap)係可被增加，同時係可增加光產生區域130之光輸出量。於部分實施例中，發光裝置中之特定層結構的厚度大小包括了：矽晶摻雜(n-摻雜)氮化鎵層134之厚度係可至少約為100nm(例如：至少約為200nm、至少約為300nm、至少約為400nm、至少約為500nm)及/或至多約為10微米(microns)(例如：至多約為5微米、至多約為3微米、至多約為1微米)。於部分實施例中，鎂摻雜(p-摻雜)氮化鎵層128之厚度係可至少約為10nm(例如：至少約為25nm、至少約為40nm)及/或至多約為1微米(例如：至多約為500nm、至多約為100nm)。於部分實施例中，銀層126之厚度係可至少約為10nm(例如：至少約為50nm、至少約為100nm)及/或至多約為1微米(例如：至多約為



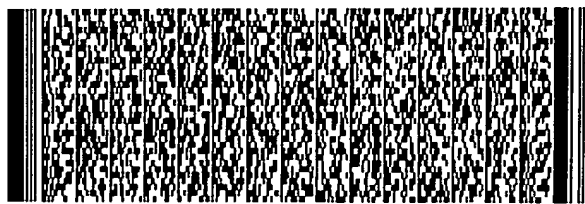
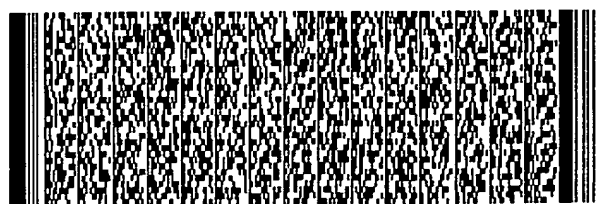
五、發明說明 (54)

126係由可反射光線之材料所製成，藉由此一層結構126係對於光產生區域所產生之50%的光線進行反射，隨後被反射之光線係衝擊在一反射材料層(a layer of a reflective material)之上，其中，反射材料層係位於支承構件與一多重材料堆疊層(multi-layer stack of material)之間。此類型之材料包括：布拉格反射鏡疊層(distributed Bragg reflector stacks)、各種金屬與合金，例如：鋁、含鋁合金。

又如另一例子可知，載具120係可由各種材料所製成，這些材料包括了銅(copper)、銅鎢(copper-tungsten)、氮化鋁(aluminum nitride)、碳化矽(silicon carbide)、氧化鈹(beryllium-oxide)、鑽石(diamonds)、TEC、鋁。

又如另一例子可知，雖然於上述說明中之層結構126係以熱沈材料所製成，但於其它實施例中之發光裝置係可由包括了分離層(例如：設置於層結構126、載具120之間)之材料所製成，藉此以做為一熱沈。值得注意的是，此實施例中之層結構126係可或不必經由熱沈用之材料所製成。

又如另一例子可知，除了上述說明中所提出之利用整個光產生區域的方式以改變介電函數中的圖樣之外，僅藉由延伸至矽晶摻雜(n-摻雜)氮化鎳層134之中的方式以改變介電函數中的圖樣(於實質上係具有降低表面再結合載子損失(surface recombination carrier losses)之可



圖式簡單說明

【符號說明】

100~發光二極體(LED)；	110~上表面；
120~載具；	122~多重堆疊層；
128~鎂摻雜(p-摻雜)氮化鎵層；	124~結合層；
130~光產生區域；	132~氮化鋁鎵層；
136~接觸墊；	138~p邊接觸墊；
140~蓋玻片；	142~支承構件；
144~封膠材料層；	146~深度；
150~開孔；	151~頂部；
180~含磷材料層；	181~頂部；
230~六角單體；	300~LED；
500~發光二極體晶圓；	502~藍寶石基底；
506~n-摻雜矽：氮化鎵層；	504~緩衝層；
512~p-摻雜鎂：氮化鎵層；	508~電流散佈層；
520~鎳層；	522~銀層；
524~鎳層；	526~金層；
600~載具晶圓；	602~p-摻雜矽晶圓；
604~鋁接觸層；	608~金層；
610~金錫結合層；	700~表面結構；
702~平坦化層；	704~阻層；
a'~中心至中心間距；	A7、A19~貼圖；
F_k ~傅立葉分量；	G~倒晶格向量；
k、k'~平面內波向量；	n~階數；
S_k ~發射源；	Δa ~調變參數；



六、申請專利範圍

1. 一種發光裝置，包括：

一多重堆疊材料層，包括一光產生區域及一第一層，該第一層係由該光產生區域所支承，該第一層之一表面經由設計下，由該光產生區域所產生之光線便可經由該第一層之該表面而自該發光裝置發出；

一材料係接觸於該第一層之該表面，接觸於該第一層之該表面之該材料之折射率至少為1.5；以及

一反射材料層，在該反射材料層的作用下，經由該光產生區域所產生、且撞擊在具有該反射材料層上之至少50%之光線係會被該反射材料層之該反射材料所反射，其中，該光產生區域係位於該反射材料層、該第一層之間，其中，該發光裝置係經由封裝方式而加以包覆。

2. 如申請專利範圍第1項所述之發光裝置，其中，該第一層之該表面具有介電函數，該介電函數係根據一圖樣進行空間上的改變。

3. 如申請專利範圍第1項所述之發光裝置，其中，該第一層之該表面係具有尺寸小於 $\lambda/5$ 之特徵，其中， λ 係為經由該光產生區域所產生、且可經由該第一層發出之光線的波長。

4. 如申請專利範圍第1項所述之發光裝置，其中，該發光裝置係為一封裝晶粒之型式。

5. 如申請專利範圍第1項所述之發光裝置，其中，該材料包括一氣體。

6. 如申請專利範圍第5項所述之發光裝置，其中，該



六、申請專利範圍

氣體包括空氣。

7. 如申請專利範圍第5項所述之發光裝置，其中，該氣體所具有之壓力係小於100托。

8. 如申請專利範圍第1項所述之發光裝置，其中，該材料之折射率至少為1。

9. 如申請專利範圍第1項所述之發光裝置，其中，該發光裝置係不具有一封膠。

10. 如申請專利範圍第1項所述之發光裝置，更包括一蓋板，於該蓋板、該第一層之該表面之間的該材料之折射率至少為1.5。

11. 如申請專利範圍第10項所述之發光裝置，其中，該蓋板包括一磷材料。

12. 如申請專利範圍第11項所述之發光裝置，其中，在該蓋板之設計下，由該光產生區域所產生之光線係經由該第一層之該表面而發出且與該磷材料之間產生交互作用，使得經由該磷層所發出之光線於實質上係為白光。

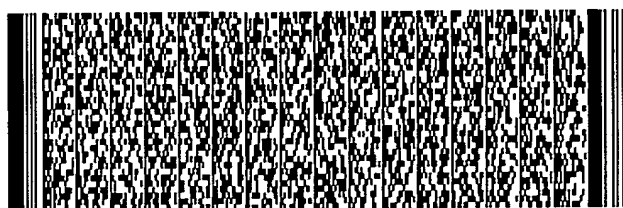
13. 如申請專利範圍第1項所述之發光裝置，更包括：

一第一薄片，包括一材質，該第一薄片之該材質於實質上係為透明且可讓光線自發光裝置而發出；以及

一第二薄片，包括一磷材料，該第二薄片係鄰接於該第一薄片，

其中，於該第一薄片、該第一層之該表面之間的該材料之折射率至少為1.5。

14. 如申請專利範圍第13項所述之發光裝置，其中，



六、申請專利範圍

在該第一薄片、該第二薄片係設計下，由該光產生區域所產生之光線係經由該第一層之該表面而發出、且與該磷材料之間產生交互作用，使得經由該第二薄片所發出之光線於實質上為白光。

15. 如申請專利範圍第1項所述之發光裝置，更包括一支承構件，該支承構件係用以支承該多重堆疊材料層。

16. 如申請專利範圍第15項所述之發光裝置，更包括一反射材料層，由該光產生區域所產生、且撞擊在具有該反射材料層上之至少50%之光線係會被該反射材料層之該反射材料所反射，該反射材料層係位於該支承構件與該多重材料堆疊層之間。

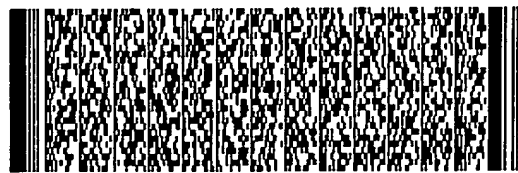
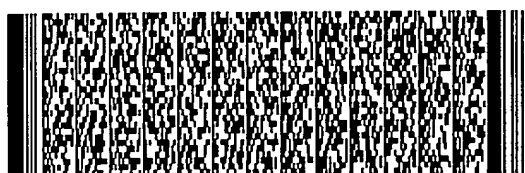
17. 如申請專利範圍第16項所述之發光裝置，其中，該反射材料層係為一熱沈材料。

18. 如申請專利範圍第17項所述之發光裝置，其中，在該熱沈材料之設計下，於該發光裝置之使用過程中係使得該熱沈材料具有一垂直熱梯度。

19. 如申請專利範圍第16項所述之發光裝置，更包括一熱沈材料，該熱沈材料係鄰接設置於該支承構件。

20. 如申請專利範圍第19項所述之發光裝置，其中，於該發光裝置之使用期間，在該熱沈材料之設計下，於該發光裝置之使用過程中係使得該熱沈材料具有一垂直熱梯度。

21. 如申請專利範圍第1項所述之發光裝置，更包括一電流散佈層，該電流散佈層係位於該第一層、該光產生區



六、申請專利範圍

域之間。

22. 如申請專利範圍第1項所述之發光裝置，更包括複數電接觸墊，經由該等電接觸墊之設計下係可將電流注入於該發光裝置。

23. 如申請專利範圍第22項所述之發光裝置，其中，經由該等電接觸墊之設計下係可將該電流垂直注入於該發光裝置。

24. 如申請專利範圍第1項所述之發光裝置，其中，該發光裝置係由複數發光二極體、複數雷射、複數光放大器及其複數組合件所構成之群組中選出。

25. 如申請專利範圍第1項所述之發光裝置，其中，該發光裝置係包括一發光二極體。

26. 如申請專利範圍第1項所述之發光裝置，其中，該發光裝置係由複數有機發光二極體、複數面射型發光二極體、複數高亮度發光二極體及其複數組合件所構成之群組中選出。

27. 如申請專利範圍第1項所述之發光裝置，其中，該第一層之該表面係具有介電函數，該介電函數係根據一圖樣進行空間上的改變，該圖樣係具有理想晶格常數及調變參數，該調變參數係大於零。

28. 如申請專利範圍第1項所述之發光裝置，其中，該第一層之該表面係具有介電函數，該介電函數係根據一圖樣進行空間上的改變，該圖樣係不會延伸進入該光產生區域。



六、申請專利範圍

29. 如申請專利範圍第1項所述之發光裝置，其中，該第一層之該表面係具有介電函數，該介電函數係根據一圖樣進行空間上的改變，該圖樣不會延伸超過了該第一層。

30. 如申請專利範圍第1項所述之發光裝置，其中，該第一層之該表面係具有介電函數，該介電函數係根據一圖樣進行空間上的改變，該圖樣係延伸超過了該第一層。

31. 如申請專利範圍第1項所述之發光裝置，其中，該第一層之該表面係具有介電函數，該介電函數係根據一非周期性圖樣進行空間上的改變。

32. 如申請專利範圍第1項所述之發光裝置，其中，該第一層之該表面係具有介電函數，該介電函數係根據一複雜周期性圖樣進行空間上的改變。

33. 如申請專利範圍第2項所述之發光裝置，其中，該第一層之該表面係具有尺寸小於 $\lambda/5$ 之特徵，其中， λ 係為可經由該第一層之該表面而自該發光裝置發出之光線的波長。



六、指定代表圖

(一)、本案代表圖為：第1圖

(二)、本案代表圖之元件代表符號簡單說明：

- | | |
|------------------------|------------|
| 100~發光二極體(LED)； | 110~上表面； |
| 120~載具； | 122~多重堆疊層； |
| 128~鎂摻雜(p-摻雜)氮化鎵層； | 124~結合層； |
| 130~光產生區域； | 132~氮化鋁鎵層； |
| 134~矽晶摻雜(n-摻雜)氮化鎵層； | 136~接觸墊； |
| 138~p邊接觸墊； | 140~蓋玻片； |
| 142~支承構件； | 144~封膠材料層； |
| 146~深度； | 150~開孔； |
| 126~銀層(層結構、鏡面層或p-接觸層)。 | |

