

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：

97128199

※ 申請日期：

97.7.24

※IPC 分類：

H01L33/00, G09F9/00
(2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

具有光子結晶及冷光陶瓷的光發射裝置

LIGHT EMITTING DEVICE INCLUDING A PHOTONIC CRYSTAL
AND A LUMINESCENT CERAMIC

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

美商飛利浦露明光學公司

PHILIPS LUMILEDS LIGHTING COMPANY, LLC

代表人：(中文/英文)

盧達杜克

DADOK, LOU

住居所或營業所地址：(中文/英文)

美國加州山橋市西亭伯路370號

370 W. TRIMBLE ROAD, SAN JOSE, CA 95131-1008 U. S. A.

國籍：(中文/英文)

美國 U.S.A.

三、發明人：(共 5 人)

姓 名：(中文/英文)

1. 強那森 J 威爾 二世
WIERER, JONATHAN J. JR.
2. 塞吉 拜惠森
BIERHUIZEN, SERGE
3. 奧瑞蓮 J F 大衛
DAVID, AURELIEN J. F.
4. 麥可 R 克萊米斯
KRAMES, MICHAEL R.
5. 理查 J 衛斯
WEISS, RICHARD J.

國 籍：(中文/英文)

1. 美國 U.S.A.
2. 荷蘭 THE NETHERLANDS
3. 法國 FRANCE
4. 美國 U.S.A.
5. 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07月27日；11/829,799

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。

五、中文發明摘要：

本發明係將一半導體結構與一陶瓷層組合，該半導體結構包括放置於一n型區域與一p型區域之間的一光發射層，及形成於該半導體結構內或其一表面上的一光子結晶，該陶瓷層係放置於藉由該光發射層發射之光的一路徑中。該陶瓷層係由一波長轉換材料(例如一磷光體)組成，或包括該波長轉換材料。

六、英文發明摘要：

A semiconductor structure including a light emitting layer disposed between an n-type region and a p-type region and a photonic crystal formed within or on a surface of the semiconductor structure is combined with a ceramic layer which is disposed in a path of light emitted by the light emitting layer. The ceramic layer is composed of or includes a wavelength converting material such as a phosphor.

七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 (9) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

11	介電質
60	n接點
62	反射p接點
64	接合層
66	主體基板
68	接點/層
70	磊晶層
108	n型區域
112	作用區域
116	p型區域
122	光子結晶/電洞
122-i	光子結晶區域/電洞

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)

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於波長轉換半導體光發射裝置。

本申請案是 Gerd O. Mueller 等人於 2004 年 6 月 3 日申請之美國申請案第 10/861,172 號的部分接續申請案，標題為 "Luminescent Ceramic for a Light Emitting Device(光發射裝置之冷光陶瓷)"，其內容以引用的方式併入本文中。

【先前技術】

發光二極體(LED)係廣為人知的固態裝置，其所產生的光在光譜之一特定區域內具有一峰值波長。LED通常用作照明器、指示器及顯示器。傳統上，最有效LED所發射的光在光譜之紅色區域內具有峰值波長，即紅光。然而，已開發III族氮化物LED，其可有效地發射在光譜之UV至綠色區域內具有峰值波長的光。III族氮化物LED可提供比傳統LED明顯更亮之輸出光。

此外，由於來自III族氮化物裝置之光一般具有比紅光短之波長，可以容易地轉換由III族氮化物LED所產生的光以產生具有一較長波長的光。眾所周知，在本技術中，可以使用稱為冷光/螢光的一製程，將具有一第一峰值波長的光("主要光")轉換為具有一較長峰值波長的光("次要光")。螢光製程包括藉由波長轉換材料(例如磷光體)吸收主要光，激發磷光體材料之冷光中心，其發射次要光。次要光之峰值波長將取決於磷光體材料。可選擇磷光體材料之類型以產生具有特定峰值波長之次要光。

參考圖1，顯示在美國專利第6,351,069號中描述的先前技術磷光體LED 10。LED 10包括III族氮化物晶粒12，其在活化時產生藍色主要光。III族氮化物晶粒12係位於反射器杯引線框架14上，並且與引線16及18電耦合。引線16及18將電功率傳導至III族氮化物晶粒12。III族氮化物晶粒12係由一層20(通常係透明樹脂)覆蓋，該層包括波長轉換材料22。用於形成層20之波長轉換材料的類型可根據藉由螢光材料22產生之次要光的所需光譜分佈變化。藉由透鏡24囊封III族氮化物晶粒12及螢光層20。透鏡24通常係由透明環氧樹脂或聚矽氧製成。

操作中，將電功率供應至III族氮化物晶粒12以活化該晶粒。在活化時，晶粒12從晶粒之頂部表面發射主要光。藉由層20內之波長轉換材料22吸收所發射之主要光之一部分。波長轉換材料22接著回應主要光之吸收而發射次要光，即具有較長峰值波長之轉換光。所發射之主要光的剩餘未吸收部分與該次要光一起傳送穿過波長轉換層。透鏡24將在由箭頭26指示的一般方向上未吸收之主要光及次要光引導成為一輸出光。因此，輸出光為由從晶粒12發射的主要光及波長轉換層20發射的次要光所組成的複合光。波長轉換材料亦可經組態成極少主要光或無主要光從裝置逃逸，如同發射UV主要光之晶粒與發射可見次要光之一或多個波長轉換材料組合的情形。

由於III族氮化物LED係在較高功率及較高溫度下操作，用於層20內的有機囊封物之透明度傾向於降級，其不合需

要地降低裝置之光擷取效率並可能不合需要地改變從裝置發射之光的外觀。已提出波長轉換材料之數個替代組態，例如美國專利第6,630,691號中所描述之單一結晶冷光基板上LED裝置之成長、美國專利第6,696,703號中所描述之薄膜磷光體層以及美國專利第6,576,488號中所描述的藉由電泳沈積加以沈積之保形層或美國專利第6,650,044號中所描述之模板。然而，先前解決方案之一主要缺點係磷光體/囊封物系統之光學異質性，其引起散射，其可能造成轉換效率之損失。

【發明內容】

根據本發明之具體實施例，將一半導體結構與一陶瓷層組合，該半導體結構包括放置於一n型區域與一p型區域之間的一光發射層及形成於該半導體結構內或其一表面上的一光子結晶，該陶瓷層係放置於藉由該光發射層發射之光的一路徑中。該陶瓷層係由一波長轉換材料組成或包括該波長轉換材料，例如一磷光體。

【實施方式】

上述具有薄膜或保形磷光體層的裝置可因該等磷光體層傾向於易碎而難以處置。根據本發明之具體實施例，將波長轉換材料(例如磷光體)形成於陶瓷厚板內，本文稱其為"冷光陶瓷"。該陶瓷厚板一般係與該半導體裝置分離地形成之自我支撐層，其隨後係附著於該完成之半導體裝置或對於該半導體裝置用作一成長基板。陶瓷層可為半透明或透明，其可減少與非透明波長轉換層(例如保形層)相關聯

之散射損失。冷光陶瓷層可比薄膜或保形磷光體層更強固。此外，由於冷光陶瓷層係固體，其更易於與額外光學元件進行光學接觸，例如亦係固體之透鏡以及次要光學元件。

可形成於冷光陶瓷層內之磷光體的範例包括鋁石榴石磷光體，其通式為 $(\text{Lu}_{1-x-y-a-b}\text{Y}_x\text{Gd}_y)_3(\text{Al}_{1-z}\text{Ga}_z)_5\text{O}_{12}:\text{Ce}_a\text{Pr}_b$ ，其中 $0 < x < 1$ ， $0 < y < 1$ ， $0 < z \leq 0.1$ ， $0 < a \leq 0.2$ 並且 $0 < b \leq 0.1$ ，例如 $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}$ 及 $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}$ ，其發射黃色-綠色範圍內之光；以及 $(\text{Sr}_{1-x-y}\text{Ba}_x\text{Ca}_y)_{2-z}\text{Si}_{5-a}\text{Al}_a\text{N}_{8-a}\text{O}_a:\text{Eu}_z^{2+}$ ，其中 $0 \leq a < 5$ ， $0 < x \leq 1$ ， $0 \leq y \leq 1$ 並且 $0 < z \leq 1$ ，例如 $\text{Sr}_2\text{Si}_5\text{N}_8:\text{Eu}^{2+}$ ，其發射紅色範圍內之光。合適之 $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}$ 陶瓷厚板可從北卡羅萊納州 Charlotte 市的 Baikowski International Corporation 購買。其他綠色、黃色及紅色發射磷光體亦可適用，包括 $(\text{Sr}_{1-a-b}\text{Ca}_b\text{Ba}_c)\text{Si}_x\text{N}_y\text{O}_z:\text{Eu}_a^{2+}$ ($a=0.002-0.2$ ， $b=0.0-0.25$ ， $c=0.0-0.25$ ， $x=1.5-2.5$ ， $y=1.5-2.5$ ， $z=1.5-2.5$)，例如包括 $\text{SrSi}_2\text{N}_2\text{O}_2:\text{Eu}^{2+}$ ； $(\text{Sr}_{1-u-v-x}\text{Mg}_u\text{Ca}_v\text{Ba}_x)(\text{Ga}_{2-y-z}\text{Al}_y\text{In}_z\text{S}_4):\text{Eu}^{2+}$ ，例如包括 $\text{SrGa}_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ ； $\text{Sr}_{1-x}\text{Ba}_x\text{SiO}_4:\text{Eu}^{2+}$ ；以及 $(\text{Ca}_{1-x}\text{Sr}_x)\text{S}:\text{Eu}^{2+}$ ，其中 $0 < x \leq 1$ ，例如包括 $\text{CaS}:\text{Eu}^{2+}$ 及 $\text{SrS}:\text{Eu}^{2+}$ 。

可藉由在高壓下加熱粉末磷光體形成冷光陶瓷，直至磷光體粒子之表面開始軟化及熔化。部分熔化之粒子黏結在一起，以形成粒子之剛性黏聚物。不同於在光學上表現為無光學不連續的單一、較大磷光體粒子之薄膜，冷光陶瓷表現為緊密封裝之個別磷光體粒子，使得不同磷光體粒子

間的介面存在較小光學不連續。因此，冷光陶瓷在光學上幾乎係均勻的，並且具有與形成冷光陶瓷之磷光體材料相同的折射率。不同於保形磷光體層或放置於透明材料(例如樹脂)內之磷光體層，冷光陶瓷一般不需要除磷光體本身外的黏結劑材料(例如有機樹脂或環氧樹脂)，因此個別磷光體粒子間存在極少空間或不同折射率之材料。結果，冷光陶瓷係透明或半透明的，此與保形磷光體層不同。

冷光陶瓷層可藉由(例如)晶圓接合、燒結、與已知有機黏合劑(如環氧樹脂或聚矽氧)之薄層進行膠合、與高折射率無機黏合劑進行膠合以及與若干溶膠-凝膠玻璃進行膠合而附著至光發射裝置。

高折射率黏合劑之範例包括高折射率光學玻璃，例如 Schott玻璃 SF59、Schott玻璃 LaSF 3、Schott玻璃 LaSF N18 以及其混合物。該等玻璃可從賓夕法尼亞州 Duryea 市的 Schott Glass Technologies Incorporated 獲得。其他高折射率黏合劑之範例包括高折射率硫族化合物玻璃，例如 (Ge,Sb,Ga)(S,Se) 硫族化合物玻璃、包括但不限於 GaP、InGaP、GaAs 及 GaN 之 III 至 V 族半導體、包括但不限於 ZnS、ZnSe、ZnTe、CdS、CdSe 及 CdTe 之 II 至 VI 族半導體、包括但不限於 Si 及 Ge 之 IV 族半導體以及化合物、有機半導體、包括但不限於氧化鎢、氧化鈦、氧化鎳、氧化鋯、氧化銻錫及氧化鉻之金屬氧化物、包括但不限於氟化鎂及氟化鈣之金屬氟化物、包括但不限於 Zn、In、Mg 及 Sn 之金屬、鈮鋁石榴石(YAG)、磷化合物、砷化合物、銻

化合物、氮化合物、高折射率有機化合物以及其混合物或合金。與高折射率無機黏合劑進行之膠合在2000年9月12日申請之申請案序號09/660,317以及2001年6月12日申請之09/880,204中詳細描述，兩者均以引用的方式併入本文中。

與若干溶膠-凝膠玻璃進行之膠合於美國專利第6,642,618號中詳細描述，該案以引用的方式併入本文中。在藉由一溶膠-凝膠玻璃將冷光陶瓷係附著於裝置之具體實施例中，一或多種材料(例如鈦、銻、鉛、鎵、銻、鎘、鋅、鋇或鋁之氧化物)可包括於該 SiO_2 溶膠-凝膠玻璃中，以增加該玻璃之折射率，以便將該玻璃之折射率以及該冷光陶瓷與該光發射裝置之折射率更緊密地匹配。例如， $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}$ 陶瓷層可具有大約1.75與1.8間之折射率，並且可係附著於半導體光發射裝置之藍寶石成長基板，該藍寶石成長基板具有大約1.8之折射率。需要將該黏合劑之折射率匹配該 $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}$ 陶瓷層與該藍寶石成長基板之折射率。

在某些具體實施例中，冷光陶瓷用作半導體光發射裝置之成長基板。此對於III族氮化物光發射層(例如 InGaN)尤其似真，其能夠成長於晶格失配基板(例如，藍寶石或 SiC)上，從而導致高錯位密度，但在LED內仍呈現高外部量子效率。因此，可按相似方式在冷光陶瓷上成長半導體光發射裝置。例如，使用金屬-有機化學汽相磊晶或另一磊晶技術直接在冷光陶瓷基板上沈積III族氮化物成核層，通常

係在較低溫度下($\sim 550^{\circ}\text{C}$)。接著，通常於較高溫度下在III族氮化物成核層上沈積較厚Ga₂N層("緩衝"層)並將其聚結至單一結晶膜內。增加緩衝層之厚度可減小總錯位密度並改善層品質。最後，沈積n型及p型層，兩者間包括光發射III族氮化物作用層。耐受III族氮化物成長環境(例如，高於 $1,000^{\circ}\text{C}$ 之溫度及NH₃環境)之能力將管理作為成長基板之冷光陶瓷的選擇。由於陶瓷係多結晶，並且所得III族氮化物層應係單一結晶，可應用特殊額外成長考量。例如，對於以上所描述之情況，可需要在Ga₂N緩衝層內插入多個低溫中間層，以"重設"Ga₂N成長並避免陶瓷顆粒定向效應傳播至III族氮化物裝置層內。用於在晶格失配基板上成長的該等及其他技術係本技術中所熟知的。例如，Goetz等人之美國專利第6,630,692號中描述適當的成長技術，其已讓渡給本申請案之受讓人並以引用的方式併入本文中。

儘管以下範例參考的係III族氮化物發光二極體，應瞭解本發明之具體實施例可延伸至其他光發射裝置，包括其他材料系統之裝置，例如III族磷化物及III族砷化物，以及其他結構，例如共振腔LED、雷射二極體及垂直腔表面發射雷射。

圖2及3解說包括冷光陶瓷層之III族氮化物裝置。於圖2之裝置中，一n型區域42係成長於一適當成長基板40上，接著為一作用區域43及一p型區域44。成長基板40可為(例如)藍寶石、SiC、Ga₂N或任何其他適當成長基板。n型區域42、作用區域43以及p型區域44之每一者均可包含不同組

成、厚度及摻雜物濃度之多層。例如，n型區域42及p型區域44可包括對於歐姆接觸為最佳化之接觸層以及對於包含作用區域43內載體為最佳化之包覆層。作用區域43可包括一單一光發射層，或可包括由若干阻障層所分離之多個量子井光發射層。

於圖2所解說之裝置中，p型區域44與作用區域43之一部分係予以蝕刻清除，以顯露n型區域42之一部分。一p接點45係形成於p型區域44之剩餘部分上，而一n接點46係形成於n接點46之曝露部分上。於圖2所解說之具體實施例中，接點45及46係反射型，以便透過基板40之背側從該裝置擷取光。或者，接點45及46可係透明或以p型區域44與n型區域42之表面的大部分不被接點所覆蓋之方式形成。在此類裝置中，可透過磊晶結構之頂部表面從該裝置擷取光，即於其上形成接點45及46之表面。

於圖3所解說之裝置中，磊晶層係透過p接點45接合於一主體基板49。用以促進接合之額外層(未顯示)可係包含於p型區域44及主體49間。在將磊晶層接合至主體49後，可移除該成長基板以曝露n型區域42之表面。與作用區域之p側的接觸係透過主體49提供。一n接點46係形成於n型區域42之曝露表面的一部分上。透過n型區域42之頂部表面從該裝置擷取光。成長基板之移除係在2004年3月19日申請的申請案序號10/804,810中描述，標題為"Photonic Crystal Light Emitting Device(光子結晶光發射裝置)"，其已讓渡給本發明之受讓人，並以引用的方式併入本文中。

在圖2及3所解說之裝置中，一冷光陶瓷層50(例如上述之陶瓷層)係附著至用以擷取光之裝置的表面；圖2中基板40之背面以及圖3中n型區域42之頂部。陶瓷層50可形成或附著於從該裝置擷取光之任何表面上。例如，陶瓷層50可延伸於圖2中所解說之裝置之若干側上。圖3解說一可選濾波器30，其允許來自作用區域43之光進入陶瓷層50，但反射由陶瓷層50所發射之光，以便抑制由陶瓷層50發射的光進入裝置52，在此光線可能會被吸收及損失。適當濾波器之範例包括二向色濾光片，其可從列支敦斯登的Unaxis Balzers Ltd. 或加州 Santa Rosa 市的 Optical Coating Laboratory, Inc. 獲得。

冷光陶瓷層50可包括一單一磷光體或混合在一起之多個磷光體。在某些具體實施例中，陶瓷層中的活化摻雜物之數量係漸變的。圖4解說冷光陶瓷層內之漸變摻雜分佈的一範例。圖4中之虛線代表該裝置之表面。最靠近該裝置表面之陶瓷層之部分中的磷光體具有最高的摻雜物濃度。當離該裝置表面之距離增加時，該磷光體中之摻雜物濃度從而降低。雖然圖4中顯示具有一恆定摻雜物濃度之區域的線性摻雜物分佈，應瞭解該漸變分佈可採取任何形狀，包括例如一階梯狀漸變分佈或一冪次法則分佈，且可包括多個或沒有恆定摻雜物濃度之區域。此外，在某些具體實施例中，將該漸變分佈顛倒可為有利的，使得最靠近該裝置表面之區域具有一較小摻雜物濃度，該濃度可隨離該裝置表面之距離增加。在某些具體實施例中，離該裝置表面

最遠之陶瓷層之部分可不包含任何磷光體或任何摻雜物，且可針對光擷取而加以成形(如下所示)。

在某些具體實施例中，裝置包括多個陶瓷層，如圖5中所解說之裝置。陶瓷層50a係附著至裝置52，此裝置52可例如為圖2及3所解說之任一裝置。陶瓷層50b係附著於陶瓷層50a。在某些具體實施例中，兩個陶瓷層50a及50b之一者包含所有用於該裝置中之波長轉換材料，且兩個陶瓷層中之另一者係透明，且若其係鄰近裝置52之陶瓷層則用作一間隔物層，或者若其係離裝置52最遠之陶瓷層則用作一光擷取層。在某些具體實施例中，陶瓷層50a及50b之每一者可包含一或多個不同磷光體。雖然圖5中解說兩個陶瓷層，應瞭解包括兩個以上陶瓷層及/或兩個以上磷光體之裝置皆屬於本發明之範疇內。陶瓷層50a及50b中之不同磷光體或陶瓷層50a及50b本身的配置可予以選擇，以控制於一裝置中介於多個磷光體間之相互作用，如2004年2月23日申請之申請案序號10/785,616中所描述，其以引用的方式併入本文中。雖然圖5中所示之陶瓷層50a及50b係堆疊於裝置52上，其他配置亦可能，且屬於本發明之範疇內。在某些具體實施例中，包括一或多個陶瓷層之裝置可與其他波長轉換層組合，例如圖1中所示之波長轉換材料，或描述於發明說明段落中之薄膜、保形層以及冷光基板。例如，非冷光之透明陶瓷層可係與冷光陶瓷層相同之主體材料，且不具活化摻雜物。

冷光陶瓷層之一優點係以模製、研磨、機械加工、熱壓

印或拋光使該等陶瓷層成為需要形狀(例如)以獲得增加之光擷取的能力。冷光陶瓷層一般具有高折射率，例如對於一 $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}$ 陶瓷層為1.75至1.8。為了避免高折射率陶瓷層與低折射率空氣間之界面的全內反射，可如圖6及7所解說將陶瓷層成形。在圖6內所解說之裝置中，將冷光陶瓷層54成形為透鏡，例如圓頂透鏡。可藉由隨機或(例如)以如圖7所解說之菲涅耳(Fresnel)透鏡形狀紋理化陶瓷層之頂部而進一步改善自該裝置之光擷取。在某些具體實施例中，可採用光子結晶結構紋理化該陶瓷層之頂部，例如形成於陶瓷中的週期性電洞晶格。成形陶瓷層可小於其附著的裝置52之面或與其大小相同，或者可大於其附著的裝置52之面，如圖6及7內所解說。在如圖7之裝置中，對於底部長度至少兩倍於黏著陶瓷層之裝置52之面的長度之成形陶瓷層，光擷取較有利。在某些具體實施例中，波長轉換材料係侷限於最靠近該裝置52之陶瓷層的部分。在其他具體實施例中，如圖7中所解說，波長轉換材料係提供於一第一陶瓷層50a中，隨後附著至第二經成形透明陶瓷層50b。

在某些具體實施例中，將頂部陶瓷層之表面粗糙化以增加混合光所需之散射，例如在來自光發射裝置及一或多個波長轉換層之光混合以形成白光的裝置中。在其他具體實施例中，充分混合可藉由次要光學元件完成，例如本技術中熟知的透鏡或光導。

冷光陶瓷層之另一優點係陶瓷之有利熱屬性。圖8中解

說包括冷光陶瓷層及熱擷取結構之裝置。如同圖7中，圖8包括針對光擷取加以成形之透明或冷光陶瓷層50b。將可選額外透明或冷光陶瓷層50a放置於層50b及裝置52間。將裝置52黏著於一子基板58上，例如圖2所解說之覆晶。圖3之子基板58及主體基板49可為(例如)金屬，如Cu箔、Mo、Cu/Mo及Cu/W；半導體，其具有金屬接觸，如具有歐姆接觸之Si及具有包括(例如)Pd、Ge、Ti、Au、Ni、Ag之一或多者的歐姆接觸之GaAs；以及陶瓷，如壓縮鑽石。層56為導熱材料，其將陶瓷層50b連接至子基板58，從而可能降低冷光陶瓷層50a及/或50b之溫度，藉此增加光輸出。適用於層56之材料包括上述子基板材料。圖8中所解說之配置尤其適用於從具有導電基板(例如SiC)之覆晶裝置擷取熱。

範例

下文給出擴散接合至藍寶石基板的鈾摻雜鈮鋁石榴石陶瓷厚板之範例。

擴散接合YAG藍寶石複合物因為其高機械強度及極佳光學品質而較有利。依據組成範圍 Al_2O_3 及3 Y₂O₃ 5 Al₂O₃內之氧化鈮-氧化鋁相圖，除具有33% Al之共晶體外無其他相位。因此，燒結接合YAG藍寶石複合物在YAG陶瓷($n_i=1.84$)與藍寶石基板($n_i=1.76$)間的(共析)介面處具有平均折射率，因此可獲得高品質光學接觸。此外，由於YAG與藍寶石(YAG： $6.9 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ ，Al₂O₃： $8.6 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$)之相似膨脹係數，可產生具有低機械應力之燒結接合晶圓。

可如下形成擴散接合YAG:Ce陶瓷藍寶石晶圓。

a) YAG:Ce陶瓷之產生：40 g Y_2O_3 (99.998%)，32 g Al_2O_3 (99.999%)，以及3.44 g CeO_2 ，在滾動台上採用異丙醇內之1.5 kg高純度氧化鋁球(直徑2 mm)碾磨達12小時。接著在CO大氣下於1300°C下鍛燒乾燥前驅物粉末達兩小時。然後在乙醇下採用行星磨機(瑪瑙球)解黏聚所獲得之YAG粉末。然後將陶瓷漿料注漿以在乾燥後獲得陶瓷綠色體。接著於1700°C下在石墨板間燒結綠色體達兩小時。

b) 藍寶石晶圓及YAG:Ce陶瓷之擴散接合：在單軸熱壓設備內(HUP)擴散接合研磨及拋光之藍寶石及YAG晶圓。為此目的，將藍寶石及YAG晶圓堆疊於鎢箔(厚度0.5 mm)之間並放置在藍寶石壓模內。為增加處理速度，可同時堆疊並處理數個藍寶石/YAG:Ce陶瓷/鎢箔堆疊。

在HUP設備之抽空後，首先在4小時內將溫度升高至1700°C，而不施加外部壓力。接著，施加300巴之單軸壓力並保持恆定達2小時。在停留時間後，藉由保持恆定壓力在2小時內將溫度降低至1300°C。最終在釋放壓力後於6小時內將系統冷卻至室溫。

c) 燒結接合藍寶石YAG:Ce晶圓之後處理：在燒結接合晶圓之表面的研磨及拋光後，在空氣中於1300°C下將樣本退火達2小時(加熱速率：300 K/hr)，然後在12小時內冷卻至室溫。

在本發明之某些具體實施例中，將光子結晶形成於III族氮化物裝置之n型層內，其係附著於主體基板並且已從其

移除成長基板。此類裝置可發射大約280與大約650 nm間之光，並且通常發射大約420與大約550 nm間之光。圖9係本發明之一具體實施例的斷面圖。圖10係圖9之裝置的平面圖。如圖9內解說，將光子結晶122形成於n型區域108內而非p型區域116內。N接點60係形成於n型區域108中未採用光子結晶紋理化之一區域上，儘管在其他具體實施例中可將n接點60形成於n型區域108之光子結晶區域上。由於光子結晶係形成於一n型區域中，故n型材料能夠將來自接點60之電流橫向注入至光子結晶122。可透過光子結晶122而從該裝置擷取光，因此可選擇n接點60之配置以使光子結晶之區域最大化。例如，如圖10所解說，n接點60可圍繞光子結晶區域122-i。n接點10不限於環形接點，但亦可係促進適當電流擴展的格柵或其他結構。為避免n接點60吸收光，可在n接點60下之磊晶材料上使用植入或介電質，從而防止該區域內之電流及光產生。反射p接點62係形成於p型區域116上。圖9之裝置具有形成於裝置之相對側上的p及n接點。p接點62直接或經由可選接合層64將磊晶層70連接至主體基板66。可在相對於裝置層70的主體基板66之表面上形成一可選接點68。

圖11及12A至12D解說本發明之一替代具體實施例。圖12A、12B、12C及12D分別係沿圖11之斷面圖內所解說之軸90、91、92及93的切割平面圖。在圖11之裝置中，p及n接點62及60均在裝置之主體基板側上，從而消除頂側n接點對光之吸收，如在圖9及10之裝置中。透過p型區域116

及作用區域112將一或多個通道向下蝕刻至n型區域108，以完成n接點60。以分層結構製造主體基板結構49，以將p及n接點電絕緣。由圖12A至12D解說層結構之一範例，其顯示沿圖13之軸90、91、92及93之主體基板的平面圖片斷。n金屬301及p金屬303係選路成在主體基板之底部將正及負接點分離，並且可容易地焊接至另一結構。可藉由介電質305電絕緣n金屬301及p金屬303。根據LED之區域，可能需要一或多個n接點通道以提供充分電流擴展。可使用覆晶黏結劑完成圖案化LED至圖案化主體之接合。

將裝置之磊晶層接合至主體基板然後移除成長基板允許將裝置之光子結晶結構形成於n型區域內。在一n型區域而非一p型區域內蝕刻該光子結晶結構，以避免與p型III族氮化物相關聯的類型轉換。另外，因蝕刻而引入n型區域之空位不影響材料之導電率。此外，由於n型區域108中的光子結構係與p型區域116及作用區域112分離，故可以避免因蝕刻光子結構而造成該等區域受到損壞。曝露頂部n型層允許靠近作用區域而形成光子結晶。在表面復合較低的替代具體實施例中，光子結晶可穿透作用區域及p型區域。

或者，除將磊晶層接合至主體然後移除成長基板外，可藉由首先在成長基板上成長p型區域，然後成長作用區域及n型區域來形成具有曝露頂部n型區域之裝置。忽略成長困難，此將如圖9內在表面上提供n型層，使得蝕刻損壞不造成問題。與p-GaN層之接點將必須藉由首先經由蝕刻台

面來曝露p型層而形成於表面上。因此，必須沿電阻p型層橫向擴展電流，從而建立具有較高操作電壓之裝置，其係在許多應用中不合需要之結果。或者，可從此結構移除基板，使得操作電壓不會較高。此係藉由首先將主體接合至頂部n型層，然後移除成長基板來完成。實行下一蝕刻以移除初始成長層並曝露p型區域。接著在已曝露p型層上實行與第二主體之第二接合步驟。移除第一主體，從而重新曝露用於光子結晶形成之n型區域。所得結構係與圖9相同。

該光子結晶結構可包括n型區域108之厚度的一週期性變更，其具有交替最大值與最小值。一範例為光柵(一維晶格)或平坦電洞晶格122(二維晶格)。該晶格的特徵為電洞直徑 d 、晶格常數 a ，其測量最鄰近電洞中心點之間的距離，電洞深度 w 、放置於電洞中的介電質之介電常數 ϵ_h 。參數 a 、 d 、 w 及 ϵ_h 影響頻帶之狀態密度，特定言之係在光子結晶的光譜之頻帶邊緣的狀態密度。因此參數 a 、 d 、 w 及 ϵ_h 會影響藉由裝置發射的輻射圖案，並可經選擇以提高裝置的擷取效率。或者，當選擇適當光子結晶參數時，可窄化所發射光之輻射圖案，從而增加LED之輻射率。此在若干應用中很有用，其中僅特定角度下之光有用。在一具體實施例中，光子結晶參數係選擇成離開裝置之大於50%的輻射係在藉由與垂直於裝置之表面之軸成45度的角度定義的出口圓錐內發射。

電洞122-i可係配置成形成三角形、正方形、六邊形、蜂

窩狀或其他熟知二維晶格類型。在某些具體實施例中，不同的晶格類型係形成於裝置的不同區域之中。電洞122-i可具有圓形、正方形、六邊形或其他斷面。在某些具體實施例中，晶格間隔 a 係在大約 0.1λ 與大約 10λ 之間，較佳係在大約 0.1λ 與大約 4λ 之間，其中 λ 係裝置中藉由作用區域發射之光的波長。在某些具體實施例中，電洞122可具有大約 $0.1 a$ 與大約 $0.5 a$ 間之直徑 d ，此處 a 為晶格常數。可採用空氣或採用介電常數 ϵ_h 通常在大約1與大約16間的可選介電質11(圖9)填充電洞122-i。可能的介電質包括氧化矽。

光子結晶122及光子結晶從反射p接點62之反射形成GaN共振腔。共振腔提供極佳光控制。由於GaN空腔薄化，光學模式體積得以減小。可在空腔內截獲更少波導模式，其會增加光離開裝置的機會。此可在以下論述中予以解釋。光子結晶可藉由將波導模式散射至結晶外而影響波導模式。隨著波導模式之數目減少，LED之光擷取變得更有效。例如，若磊晶層足夠薄至足以僅支撐一個波導模式(m)，則最初50%的光將離開GaN (L_{out})，且50%的光將在磊晶層內進行波導(L_{in})。關於此論證，吾人假定形成能夠擷取此波導光(S_{eff})之額外40%的光子結晶。擷取效率(C_{ext})可寫為：

$$C_{ext} = L_{out} + m * (L_{in} \times S_{eff})$$

因此此結構之擷取效率係 $50\% + 1 * (50\% * 40\%) = 70\%$ 。將此點與一磊晶結構相比，其再次採用 $S_{eff} = 40\%$ 之光子結晶支

撐4個波導模式。若光相等地進入所有模式，則包括一出口模式之各模式具有20%之光。此結構將僅具有 $20\%+4*(20\% * 40\%)=52\%$ 之擷取效率。在此論證中，光子結晶在散射光時非100%有效。在某些具體實施例中，光子結晶係蝕刻至足夠深並具有適當晶格尺寸，以便在禁止波導模式之LED的平面內建立光子能帶隙($S_{eff}=100\%$)。磊晶層越薄，越易於建立光子能帶隙。空腔之厚度(即磊晶層70之厚度)係選擇成使磊晶層儘可能薄，以減少波導模式之數目，但足夠厚以有效擴展電流。在許多具體實施例中，磊晶層70之厚度係小於約 $1\text{ }\mu\text{m}$ ，並且較佳係小於約 $0.5\text{ }\mu\text{m}$ 。

在某些具體實施例中，磊晶層70之厚度在大約 λ 與大約 5λ 之間，對於發射450 nm光之裝置係在大約 $0.18\text{ }\mu\text{m}$ 與大約 $0.94\text{ }\mu\text{m}$ 之間。電洞122具有大約 $0.05\text{ }\lambda$ 與n型區域108之整個厚度間的深度。一般而言，電洞122係整體形成於n型區域108內，而不穿透至作用區域內。n型區域108通常具有大約0.1微米或更大之厚度。電洞122之深度經選擇以儘可能接近作用區域而放置電洞122之底部，而不穿透作用區域。在替代具體實施例中，光子結晶穿透作用層及p型層。

可藉由改變晶格類型、作用區域與光子結晶間之距離、晶格參數a、直徑d、深度w及磊晶厚度(70)調諧從裝置發射之輻射圖案。圖13內解說晶格參數a及直徑d。在某些具體實施例中，可調整輻射圖案以優先地於選擇之方向上發射光。

在某些具體實施例中，週期性結構係一或多個選定半導體層之厚度的變更。該週期性結構可包括在半導體層之平面內沿著一方向的厚度之變更，但沿著沒有變更的第二方向延伸，基本上會形成一組平行溝槽。厚度的二維週期性變更包括各種壓痕晶格。

可藉由圖 14 內所解說之方法製造圖 9 及 10 內所解說之裝置。在階段 31 內，在傳統成長基板上成長圖 9 之磊晶層 70。接著在階段 33 內將磊晶層附著於主體基板，以便可在階段 35 內移除成長基板。可在可選階段 37 內薄化磊晶層，接著在階段 39 內將光子結晶結構形成於磊晶層之曝露表面上。

圖 15 詳細解說圖 14 之階段 31。在基板 80 上(例如藍寶石、SiC 或 GaN)成長圖 2 之裝置的磊晶層 70。首先可在基板 80 上成長可選製備層 81，例如其可包括緩衝層或成核層，以提供適當成長基板。接著可成長一或多個可選蝕刻停止層 82。蝕刻停止層 82 可促進成長基板之釋放或促進磊晶層之薄化，如下所述。磊晶層 70 係成長於蝕刻停止層 82 上，並且包括 n 型區域 108、作用區域 112 及 p 型區域 116。通常，首先成長 n 型區域，然後係作用區域及 p 型區域。在 p 型區域 116 之表面上形成 p 接點 62，其通常係反射性。p 接點 62 可係單一層或可包括多個層，例如歐姆接觸層、反射層及保護金屬層。反射層通常係銀或鋁。例如，保護金屬可包括鎳、鈦或鎢。保護金屬可經選擇以防止反射金屬層遷移，特別係在銀反射層之情形中，以及為接合層 64A 提

供黏著層，其用於將磊晶結構接合至主體基板。

圖 16 詳細解說圖 14 之階段 33，其將磊晶層附著於主體基板。通常為金屬之接合層 64A 及 64B 用作順應材料，其用於磊晶結構與主體基板間的熱壓縮或共晶接合。合適接合層之範例包括金及銀。主體基板 66 在移除成長基板後會提供對磊晶層的機械支撐，並且會對 p 接點 62 提供電性接觸。主體基板 66 係經選擇而為導電性(即小於約 0.1 Ωcm)，為導熱性，具有與磊晶層之熱膨脹係數(CTE)匹配的 CTE，以及足夠平坦(即具有小於約 10 nm 的均方根粗糙度)以形成強晶圓接合。合適的材料(例如)包括金屬，如 Cu、Mo、Cu/Mo 與 Cu/W；具有金屬接觸之半導體(圖 16 之層 86 及 68)，如具有歐姆接觸之 Si 與具有歐姆接觸之 GaAs，例如該等歐姆接觸包括 Pd、Ge、Ti、Au、Ni、Ag 中之一或多者；以及陶瓷，如壓縮鑽石。下表列出某些適當主體基板之屬性以及 GaN 及 Al_2O_3 之屬性以供比較：

材料	CTE ($10^{-6}/\text{K}$)	導熱率($\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$)	電阻(Ωcm)
GaN	2.4	130	0.01
Al_2O_3	6.8	40	極高
Si	2.7	150	0.01 加接觸電阻
GaAs	6.0	59	0.01 加接觸電阻
Mo	4.8	140	5×10^{-6}

主體基板結構 89 及磊晶結構 88 係在升高溫度及壓力下壓製在一起，以在接合層 64A 與 64B 間形成耐用金屬接合。在某些具體實施例中，在將具有磊晶結構之晶圓切割成個別裝置前，在晶圓等級上完成接合。用於接合的溫度與壓力範圍下限係由所得接合之強度限制，而上限係由主體基

板結構與磊晶結構之穩定性限制。例如，高溫及/或高壓可導致結構88內磊晶層的分解、p接點62的分層、擴散阻障(例如在p接點62內)失效或磊晶層中成分材料之除氣。例如，適當溫度範圍係大約200°C至大約500°C。例如，適當壓力範圍係大約100 psi至大約300 psi。

圖17解說移除藍寶石成長基板之方法，即圖14內之階段35。藍寶石基板80與III族氮化物層85間的介面之部分係透過藍寶石基板以步進及重複圖案曝露於高通量脈衝紫外線雷射700。該雷射之光子能係高於鄰近藍寶石(在某些具體實施例中為GaN)之III族氮化物層的能帶隙，因此脈衝能量係在鄰近藍寶石之磊晶材料的前100 nm中係有效轉換為熱能。在足夠高之通量(即大於約 1.5 J/cm^2)以及高於GaN之能帶隙且低於藍寶石之吸收邊緣的光子能(即在大約3.44與大約6 eV間)下，前100 nm內之溫度以奈秒等級上升至高於1000°C之一溫度，其高至足以使GaN解離為鎵及氮氣，從而自基板80釋放磊晶層85。所得結構包括接合至主體基板結構89之磊晶層85。

曝露於雷射脈衝造成較大溫度梯度，且從曝露區域向外行進的機械衝擊波，其在磊晶材料內造成熱及機械應力，而其足以導致磊晶材料之破裂及晶圓接合64之失效，此會限制基板移除製程之產品良率。藉由將磊晶結構向下圖案化至藍寶石基板或向下圖案化至磊晶結構之適當深度，以在晶圓上之個別裝置間形成溝渠，可減少因熱及機械應力造成之損壞。溝渠係在將晶圓接合至主體基板結構前藉由

傳統遮蔽及乾式蝕刻技術形成。接著將雷射曝光區域與晶圓上之溝渠的圖案匹配。溝渠將雷射脈衝對曝露之半導體區域的影響隔離。

可採用普通化學蝕刻劑移除除藍寶石外之成長基板，因此可不需要上述雷射曝光基板移除製程。例如，適當成長基板可包括成長或處理至Si或SiO_x厚層上之SiC薄層。Si基底層及/或氧化物層可藉由傳統矽處理技術容易地移除。剩餘SiC層可薄至足以藉由熟知蝕刻技術整體移除。接著可在磊晶層之曝露表面上形成N接點60。或者，可將N接點60形成於SiC層的孔內。

在移除成長基板後，可視需要地薄化剩餘磊晶層，以在光子結晶與p接點62間形成具有最佳深度及均勻厚度的空腔，其厚度變化通常小於約20 nm。磊晶層可藉由(例如)化學機械拋光、傳統乾式蝕刻或光電化學蝕刻(PEC)而進行薄化。圖18內解說PEC。

如圖18內所解說，將主體基板及磊晶層(結構530)浸泡在鹼性溶液500內。適當鹼性溶液500之範例係0.1 M KOH，儘管可使用許多其他適當鹼性溶液，其通常係取決於欲蝕刻之材料的組成。將結構530之磊晶表面(通常係n型GaN層)曝露於能量大於表面層之能帶隙的光。在圖18內所解說之範例中，使用具有大約365 nm之波長及大約10與大約100 mW/cm²間之強度的紫外光。曝露於光在表面半導體層內產生電子電洞對。電洞在n型半導體內電場的影響下遷移至磊晶層之表面。電洞接著與表面之GaN及鹼性溶

液 500 發生反應，以依據方程式 $2\text{GaN} + 6\text{OH}^- + 6\text{e}^+ = 2\text{Ga}(\text{OH})_3 + \text{N}_2$ 破壞 GaN 鍵。可橫跨電極 510 及 520 施加額外電位，以加速及控制蝕刻製程。

在某些具體實施例中，將蝕刻停止層併入至磊晶層內，如上述圖 14 內。蝕刻停止層可具有大於欲蝕刻之層的能帶隙。例如，蝕刻層可係 GaN，而蝕刻停止層可係 AlGaIn。用於曝露結構 530 之光源經選擇以具有大於欲蝕刻之層的能帶隙但小於蝕刻停止層的能帶隙之能量。相應地，曝露於光不會在蝕刻停止層內產生電子電洞對，一旦到達蝕刻停止層其便有效地停止蝕刻。在某些具體實施例中，InGaIn 可用作蝕刻停止層。隨 InGaIn 分解而形成之氧化銦不溶於蝕刻劑溶液，並且塗布蝕刻層之表面，從而終止蝕刻。

儘管圖 9 內所解說之具體實施例顯示厚度與光子結晶區域及接點 60 下方之區域內相同的 n 型區域，在某些具體實施例中，可在薄化期間於 n 型區域 108 上形成三維結構。例如，可將 n 型區域 108 圖案化成接點 60 下方之部分比形成光子結晶之部分更厚，以便最小化空腔之厚度，同時在接點 60 下方提供用於充分電流擴展、最佳接觸電阻及機械強度的足夠 n 型材料。

薄化後，在磊晶層之曝露表面上形成光子結晶結構。圖 19 至 22 解說製造圖 9 之裝置的光子結晶結構之方法。在磊晶層之頂部表面上形成一或多個光阻、金屬或介電層 202，如圖 19 內所解說。使用高解析度微影技術，例如電

子束微影、奈米壓印微影、深X射線微影、干涉微影、熱壓紋或微接觸印刷，來圖案化光阻層202以形成圖20內之開口的晶格。在圖21中，使用熟知的蝕刻技術蝕刻磊晶層200。可藉由後續短暫濕式化學蝕刻、退火、二者之組合或其他表面鈍化技術來減輕乾式蝕刻造成的損壞。接著在圖22內移除剩餘光阻層202。其他技術可用於形成光子結晶，例如磊晶橫向過成長。如圖9內所解說，可不採用光子結晶紋理化曝露n型層之表面的一部分，以便可在平坦層上形成n接點60。形成光子結晶後，藉由傳統技術沈積n接點60。

圖23A及23B解說用於形成光子結晶之替代方法。除了在移除成長基板後蝕刻光子結晶外，在磊晶成長期間形成埋入式光子結晶。在圖23A中，在成長作用層前停止磊晶成長。接著在n型區域108內形成光子結晶，例如藉由如圖19至22內所解說之蝕刻。然後將材料放回至成長反應器內，並首先成長平滑n型層310，通常係Ga_{0.5}N_{0.5}。光子結晶電洞之深度係大於電洞之直徑。平滑層310之成長參數經選擇成橫向成長比垂直成長快，從而確保未填充光子結晶電洞。一旦在n型區域108內之光子結晶電洞上關閉平滑層310，便成長作用區域112及p型區域116。接著可在p型區域116上形成接點，並如上所描述移除成長基板。

在圖17所解說之製程中，將裝置之晶圓連接至底座之晶圓，然後移除基板並將晶圓切割成個別裝置。或者，可在移除基板前將裝置之晶圓切割成個別裝置。然後相對於成

長方向翻轉各裝置並黏著於底座上；接著從各個別裝置移除基板。在此類情形中，底座可具有大於裝置之橫向範圍。可藉由互連(例如焊料或金凸塊)將裝置黏著於底座上。在黏著前或後可在裝置與底座間提供剛性側填滿，以在基板移除期間支撐半導體層並防止破裂。在移除成長基板後，可將光子結晶形成於半導體之曝露表面內。在形成光子結晶前，可薄化半導體結構，例如藉由乾式或濕式蝕刻。

在某些具體實施例中，將冷光陶瓷與在半導體結構之表面上或其內併入折射率變化之裝置組合。在某些具體實施例中，折射率變化係隨機特徵配置，並且各特徵之橫向範圍係大於或小於光發射層之峰值發射波長的兩倍。在某些具體實施例中，折射率變化係週期性特徵配置，其具有大於光發射層之峰值發射波長的兩倍之週期。在某些具體實施例中，折射率變化係光子結晶。例如，如圖9內所示，可將光子結晶形成於圖3之n型區域42內。可將冷光陶瓷50放置成緊鄰區域42內之光子結晶，或者可藉由可選插入結構30與光子結晶分離。

圖24、25、26、27、28及29解說包括半導體結構與光子結晶、冷光陶瓷及光閥406之裝置。光閥406通常係介電堆疊，例如分散式布拉格(Bragg)反射器(DBR)或一二向色濾光片；二維光子結晶；或者三維光子結晶。光閥傳送藉由作用區域(圖24內之光子600A及600B)發射之光子並反射已藉由冷光陶瓷(光子601A及601B)轉換之光子，從而將轉換

之光子引導離開半導體結構並將其逐出裝置(光子602A、601B及602B)。光閥因此防止轉換之光子被半導體結構吸收，從而可能增加系統之轉換效率。

以接近垂直於光閥之表面之角度(0°)撞擊光閥之介面的藉由半導體結構之作用區域發射的光子被傳送(光子600A及600B)；以相對於光閥之表面之較高角度撞擊光閥之介面的光子被反射(光子605A及605B)。光閥之反射及透光特性因此係取決於撞擊光閥之各光子的入射角。當放置於光發射層與冷光陶瓷間時，光閥亦可反射藉由冷光陶瓷轉換並朝半導體結構行進之光。

如上所描述，共同光閥係介電堆疊，其通常包括具有變化折射率之交替材料的多個層。適當介電堆疊之一範例包括六對 SiO_2 及 TiO_2 。在一較佳具體實施例中，適當介電堆疊傳送藉由半導體結構發射之大於90%的藍光，並反射藉由冷光陶瓷發射之大於90%的黃光，以獲得儘可能寬之角度範圍。

圖30解說可從加州San Jose市Bookham獲得之最新介電堆疊的角度相依性。關於藍色波長，對於小於 70° 之入射角此介電堆疊之透光率係大於90%。在較高入射角下，介電堆疊對藍色波長透射性減小。黃色波長之透光率對於小於 70° 之入射角較低。

圖33解說與用於兩個系統之波長成一函數關係的總光(即在所有角度下發射的光之和)之透光率百分比。圖33內之實線解說透過圖30內所解說之光閥的透光率，當與半導

體結構組合時其發射Lambertian圖案的光。圖32內顯示按Lambertian圖案發射之光的範例。擷取光之表面較粗糙的LED可按Lambertian圖案發射光。如圖33內解說，關於透光率從高改變至低的一較寬波長範圍(460至550 nm)，透光率在藍色(<460 nm)內較高，而在黃色(>550 nm)內較低。為獲得最佳性能，需要選擇在轉變波長範圍(460至550 nm)外部的波長下發射之半導體結構及冷光陶瓷。轉變波長範圍越寬，可能半導體結構及冷光陶瓷之集用場越小。由於最好係半導體發射波長及冷光陶瓷發射波長較接近，較佳的係限制光閥之轉變波長範圍。

圖33內之虛線解說透過圖30內所解說之光閥的透光率，當與半導體結構組合時其發射窄輻射圖案的光。圖31內顯示按窄輻射圖案發射之光的範例。包括光子結晶之LED可發射窄輻射圖案之光。如圖33內之虛線所解說，採用發射窄輻射圖案之裝置，透光率在比發射Lambertian圖案之光的裝置(由實線顯示)窄甚多之波長範圍上從高改變至低。透光率對於Lambertian裝置改變的較寬波長範圍可不合需要地減小系統之效率。用於窄輻射圖案裝置之轉變的窄波長範圍允許半導體發射波長及冷光陶瓷發射波長之較大集用場的有效使用。可選擇在冷光陶瓷內給出最佳轉換效率的半導體發射波長，其可增加系統之效率並增加發射波長之可能範圍。

可針對特定光閥調適自光子結晶402(其係形成於半導體結構內或其表面上)之發射、角度發射。例如，圖34解說

光閥之性能，該光閥係由與四個可能LED裝置組合之介電堆疊、將光發射至 $\pm 30^\circ$ 、 $\pm 45^\circ$ 及 $\pm 60^\circ$ 之窄發射圓錐內的裝置以及按Lambertian圖案(對應於 $\pm 90^\circ$ 之發射圓錐)發射光之裝置組成。從圖34內可清楚，發射圓錐越窄，透光率從高改變至低之波長範圍越小。減小透光率從高改變至低的波長範圍可改善裝置之效率，特別係在包括波長轉換材料(例如冷光陶瓷)之裝置內。

在圖24至29內所解說之裝置的每一者中，可採用如圖9內所解說的半導體結構之頂部表面上的第一接點及放置於主體基板與半導體結構間之第二接點，或者採用如圖11內所解說的放置於半導體結構與主體基板間之兩個接點將半導體結構連接至主體基板。

如圖24內所解說之裝置，將包括形成於表面內之光子結晶404的半導體結構402連接至主體400。將光閥406連接至冷光陶瓷408，例如藉由在冷光陶瓷上沈積介電堆疊層。光閥406及冷光陶瓷408之組合係放置於從半導體結構402之光發射層發射的光之路徑中，使得光先於冷光陶瓷408撞擊光閥406。可(例如)藉由空氣間隙410將光閥406與包括光子結晶404之半導體結構402之表面分離。例如，可將結構放置於光閥406與半導體結構402間，以維持間隙410。或者，可將光閥406及冷光陶瓷408連接至第一封裝元件，例如一蓋子或透鏡，並且可將半導體結構402及主體400連接至第二封裝元件，例如一底座，以便當將兩個封裝元件連接在一起時，在光閥406與半導體結構402間維持間隙。

410。藉由冷光陶瓷408散射回至半導體結構402的光可由光閥406反射，如圖24內所示之光子601A及601B所解說。

在圖25所解說之裝置中，如圖24內將光閥406連接至冷光陶瓷408。藉由一層黏合劑412層將光閥406連接至半導體結構402之光子結晶表面。例如，黏合劑412可為一聚矽氧層，其厚度在微米等級上，例如大約3微米。聚矽氧可經選擇以具有特定折射率，以便黏合劑412造成從半導體結構發射之輻射圖案內的所需變化，或者不會顯著改變輻射圖案。例如，III族氮化物結構402可具有大約2.4之折射率。形成於結構內之光子結晶404可具有大約2.0之折射率。黏合劑412可經選擇以具有1.3與1.7間之折射率。在某些具體實施例中，黏合劑412至少部分填充電洞404；在其他具體實施例中則不會。在某些具體實施例中，黏合劑412係保持較薄(例如，小於1微米)，以最小化對輻射圖案之效應。

可將圖25內所示之可選反射器409放置於冷光陶瓷408上，其係在圖24及25所示之裝置內。反射器409防止光透過裝置之頂部逃逸。反射器409及光閥406可建立一波導，以便光僅可透過冷光陶瓷408之側面離開裝置，從而產生側面發射裝置。反射器409可係鏡面或擴散型。適當鏡面反射器之範例包括DBR，其係由有機或無機材料層組成，例如氧化鈦、一鋁層、銀或其他反射金屬或者DBR及金屬層之組合。適當擴散反射器之範例包括沈積於粗糙化表面上之金屬或擴散材料，例如適當白漆。其他適當反射器包

括上述二向色濾光片，或者形成於冷光陶瓷408之頂部表面內的光子結晶。

在圖26內所解說之裝置中，光閥406及冷光陶瓷408與半導體結構402隔開，如圖24內所解說。光閥406及半導體結構402可表現為參考圖24之上述情形。可將透鏡414黏著於冷光陶瓷408上方。透鏡414之側面反射入射光，其最終透過頂部415逃逸，如圖26內所示之射線所解說。透鏡414減小從較大區域 A_1 至較小區域 A_2 的裝置之發射區域。藉由裝置產生的總光數量不可改變，但減小發射區域可產生較大輻射裝置，因為輻射率與功率除以發射區域成一函數關係。圖26內之區域 A_1 與 A_2 間的關係係由輸入角 θ (定義於空氣內)及透鏡之折射率 n 決定：

$$A_2 = \frac{A_1 \sin^2 \theta_1}{n^2}$$

可針對藉由半導體結構發射之輻射圖案最佳化透鏡414，其亦稱為介電集中器。例如，調整光子結晶以將光發射至窄輻射圓錐內可減小區域 A_1 ，其可增加區域 A_2 內之亮度。

例如，透鏡414可為玻璃透鏡，以便光藉由全內反射或藉由從施加於側面之可選反射塗層反射而從側面反射。或者，透鏡414可包括包圍以空氣填充之空間的反射側壁。光可在頂部透過反射側壁內之開口逃逸。可紋理化或粗糙化透鏡414之頂部表面415，以增加光擷取。可藉由傳統黏合劑(例如環氧樹脂或聚矽氧)將透鏡414連接至冷光陶瓷408。

在圖 27 所解說之裝置中，如圖 24 內將光閥 406 與半導體結構 402 隔開。放置於光閥 406 上之冷光陶瓷 416 成形為從較小區域發射光。冷光陶瓷 416 轉換波長並且改變藉由半導體結構 402 發射之光的發射區域。或者，可將冷光陶瓷 416 成形為不同形狀，例如圓頂透鏡，或者菲涅耳透鏡，以發射所需輻射圖案。可在接合至光閥 406 前或後將冷光陶瓷 416 成形為所需形狀。

在圖 28 所解說之裝置中，將光閥 406 接合至冷光陶瓷 408。光閥及冷光陶瓷在半導體結構 402 內係藉由透鏡 414 與光子結晶 404 隔開。藉由半導體結構 402 發射之光係經由透鏡 414 從較小區域發射至冷光陶瓷 408 內。上文參考圖 26 描述之透鏡 414 可藉由高折射率黏合劑連接至半導體結構 402，如上文參考圖 25 所描述。

在圖 29 所解說之裝置中，DBR 406 係藉由透鏡與冷光陶瓷 408 隔開，如上文參考圖 26 所描述。可藉由高折射率黏合劑將 DBR 406 接合至半導體結構 402 之光子結晶表面，如上文參考圖 25 所描述。

較佳光學系統具有半導體光發射裝置(例如 LED)、光閥(例如介電堆疊)、以及冷光陶瓷。在某些具體實施例中，LED 經組態以在所需圓錐內發射大部分光，例如其係藉由包括光子結晶、共振腔或任何其他適當表面紋理化或晶片成形。冷光陶瓷波長轉換由 LED 發射的至少某些光。光閥傳遞由 LED 發射的大部分光並從冷光陶瓷反射大部分轉換光。將 LED 之輻射圖案調適至光閥之反射及透光特性，以

便從LED有效擷取光至冷光陶瓷內，並從LED有效反射轉換光。儘管以上範例參考發射藍光之半導體裝置以及發射黃光、綠光及/或紅光之冷光陶瓷，應瞭解本發明之具體實施例延伸至發射從UV至IR之任何顏色的半導體結構及冷光陶瓷，包括發射白色或任何顏色之單色光的任何組合。在光閥內從低至高透光率之轉變並不限於如圖33內所解說之大約500 nm，而可根據半導體發射波長及所需冷光陶瓷發射波長發生於從UV至IR之任何波長下。為獲得增加之輻射率，可組合使用透鏡，從而減小系統之發射區域。

本發明既經詳細說明，熟悉本技術人士便應明白，依所給出之本揭示內容，可不脫離本文中所說明之本發明概念的精神來對本發明進行修改。例如，可省略上述不同裝置之不同特徵或與其他裝置之特徵加以組合。因此，本發明之範疇無意限制於所解說及描述的特定具體實施例。

【圖式簡單說明】

圖1解說一先前技術磷光體轉換半導體光發射裝置。

圖2解說包括陶瓷磷光體層之覆晶半導體光發射裝置。

圖3解說包括一接合之主體基板與一陶瓷磷光體層之半導體光發射裝置。

圖4解說陶瓷磷光體層內之摻雜分佈的一範例。

圖5解說包括多個陶瓷層之半導體光發射裝置。

圖6解說包括成形陶瓷磷光體層之半導體光發射裝置。

圖7解說一半導體光發射裝置，其包括寬於該裝置中之

磊晶層的陶瓷磷光體層。

圖8解說包括一陶瓷磷光體層與一熱擷取結構之半導體光發射裝置。

圖9係缺少成長基板之光子結晶光發射裝置之一具體實施例的斷面圖。

圖10係圖9之裝置的平面圖。

圖11解說本發明之一替代具體實施例。

圖12A至12D係圖11之裝置的切割平面圖。

圖13係包含平坦電洞晶格之光子結晶結構的平面圖。

圖14解說製造圖9之裝置的方法。

圖15解說接合至主體基板前的磊晶結構。

圖16解說將磊晶結構接合至主體基板的方法。

圖17解說從III族氮化物磊晶結構移除藍寶石基板之方法。

圖18解說在成長基板移除後對薄磊晶層的光電化學蝕刻。

圖19至22解說形成光子結晶結構的方法。

圖23A及23B解說形成光子結晶結構的方法。

圖24解說包括光閥及與包括光子結晶之半導體結構隔開的冷光陶瓷之裝置。

圖25解說包括光閥及黏附於包括光子結晶之半導體結構的冷光陶瓷之裝置。

圖26解說包括光閥、冷光陶瓷及與包括光子結晶之半導體結構隔開的透鏡之裝置。

圖 27 解說包括光閥及成形為與包括光子結晶之半導體結構隔開的透鏡之冷光陶瓷之裝置。

圖 28 解說包括光閥及藉由透鏡與包括光子結晶之半導體結構隔開的冷光陶瓷之裝置。

圖 29 解說包括光閥及藉由透鏡分離並連接至包括光子結晶之半導體結構的冷光陶瓷之裝置。

圖 30 係關於以數個入射角撞擊光閥之光的透光率百分比對波長之曲線圖。

圖 31 解說從(例如)包括光子結晶之半導體光發射裝置發射的窄輻射圖案。

圖 32 解說從(例如)包括粗糙表面之半導體光發射裝置發射的 Lambertian 輻射圖案。

圖 33 係關於從 Lambertian 光源及從窄輻射圖案來源撞擊光閥之光的透光率百分比對波長之曲線圖。

圖 34 係關於從以各種窄輻射圖案發射光的數個光源撞擊光閥之光的透光率百分比對波長之曲線圖。

【主要元件符號說明】

10	磷光體 LED
11	介電質
12	III 族氮化物晶粒
14	反射器杯引線框架
16	引線
18	引線
20	層

22	波長轉換材料
24	透鏡
26	箭頭
30	濾波器
40	成長基板
42	n型區域
43	作用區域
44	p型區域
45	接點
46	接點
49	主體基板
50	冷光陶瓷層
50a	陶瓷層
50b	陶瓷層
52	裝置
54	冷光陶瓷層
56	層
58	子基板
60	n接點
62	反射p接點
64	接合層
64A	接合層
64B	接合層
66	主體基板

68	接點/層
70	磊晶層
80	基板
81	製備層
82	蝕刻終止層
85	III族氮化物層/磊晶層
86	層
88	磊晶結構
89	主體基板結構
90、91、92、93	軸
108	n型區域
112	作用區域
116	p型區域
122	光子結晶/電洞
122-i	光子結晶區域/電洞
200	磊晶層
202	光阻層
301	n金屬
303	p金屬
305	介電質
310	平滑n型層
400	主體
402	半導體結構
404	光子結晶/電洞

406	光 閥 /DBR
408	冷 光 陶 瓷
409	反 射 器
410	空 氣 間 隙
412	黏 合 劑
414	透 鏡
415	頂 部
416	冷 光 陶 瓷
500	鹼 性 溶 液
510	電 極
520	電 極
530	結 構
600A	光 子
600B	光 子
601A	光 子
601B	光 子
602A	光 子
602B	光 子
700	高 通 量 脈 衝 紫 外 線 雷 射

103年8月19日修正替換頁

十、申請專利範圍：

1. 一種裝置，其包含：

一半導體結構，其包含：

一光發射層，其係安置(disposed)於一n型區域與一p型區域之間；以及

一折射率變化(variation in refractive index)，其係形成於該半導體結構內(within)或其一表面上；以及

一陶瓷層，其係安置於藉由該光發射層發射之光的一路徑中，該陶瓷層包含一波長轉換(converting)材料，該陶瓷層包含一自我支撐板(self-supporting slab)，其中該陶瓷層的一表面係經紋理化的(textured)。

2. 如請求項1之裝置，其中該陶瓷層包含磷光體粒子之一剛性黏聚物。

3. 如請求項1之裝置，其中該折射率變化係一光子結晶。

4. 如請求項1之裝置，其中該裝置內之半導體層之一總厚度係小於約1 μm 。

5. 如請求項1之裝置，其進一步包含一主體基板，其中將該半導體結構附著於該主體基板，且該陶瓷層係放置在靠近於與該主體基板相對的該半導體結構之一表面。

6. 如請求項1之裝置，其進一步包含放置於該半導體結構與該陶瓷層之間的一光閥。

7. 如請求項6之裝置，其中該光閥包含一介電堆疊、一分散式布拉格反射器、一二向色濾光片、一二維光子結晶及一三維光子結晶之一者。

8. 如請求項6之裝置，其中該折射率變化經組態以按一預定角度發射分佈而發射光，以及其中該光閥經組態以傳送按該預定發射分佈發射並且入射至該光閥上之大部分的光。
9. 如請求項8之裝置，其中從該半導體結構逃逸之60%以上的光係發射至一圓錐內，其與該半導體結構之一主要表面的一法線成 45° ，並且發射至該 45° 圓錐內的90%以上的該光係經由該光閥傳送。
10. 如請求項9之裝置，其中藉由該陶瓷發射之小於10%的該光係經由該光閥傳送。
11. 如請求項1之裝置，其進一步包含一介電集中器，其放置於藉由該光發射層發射之光的一路徑中。
12. 如請求項11之裝置，其中該介電集中器係一玻璃透鏡。
13. 如請求項11之裝置，其中該折射率變化經組態以按一預定角度發射分佈而發射光，以及其中該介電集中器經組態為使按該預定發射分佈發射之大部分的光經發射至該介電集中器內。
14. 如請求項1之裝置，其進一步包含一反射層，其中將該陶瓷層放置於該反射層與該半導體結構之間。

十一、圖式：

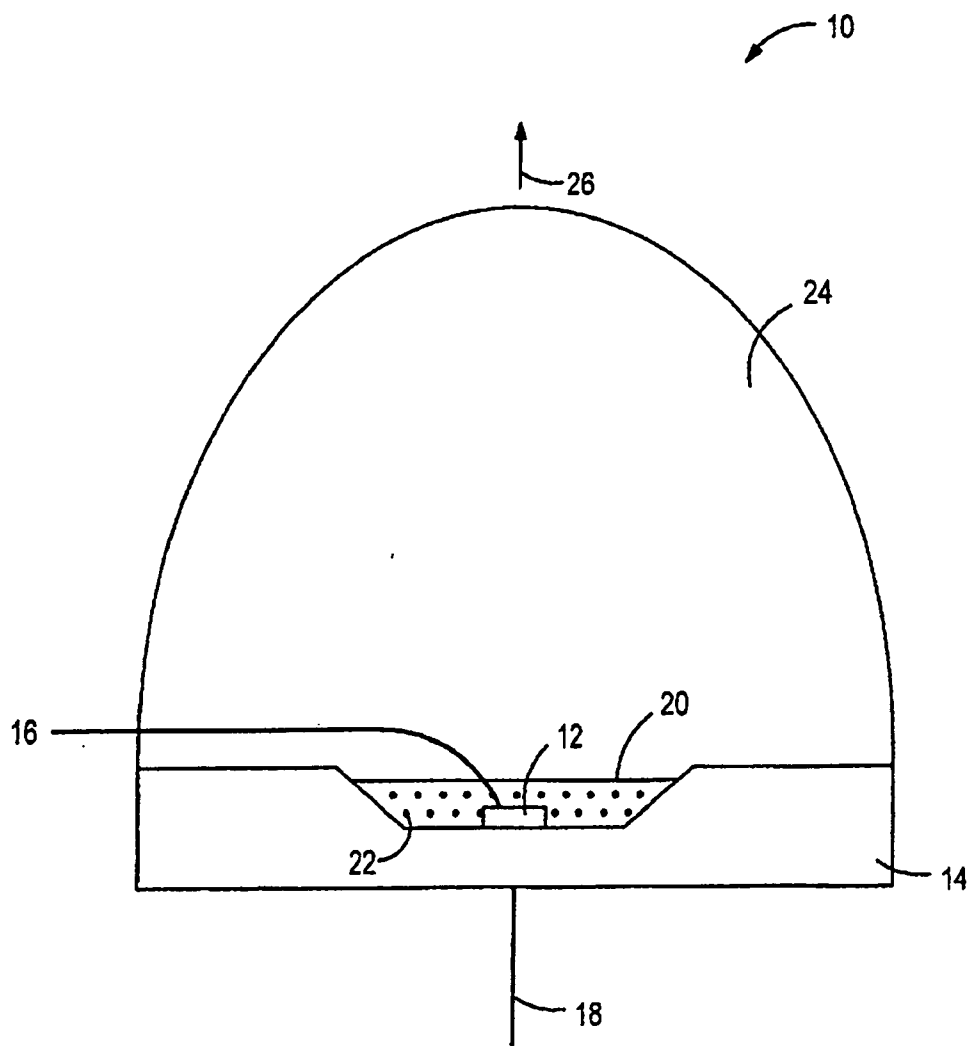


圖 1

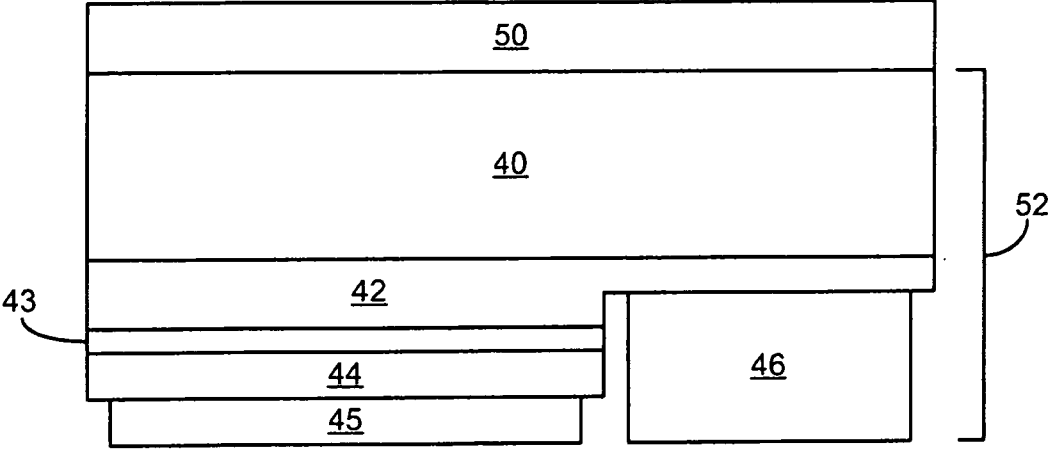


圖 2

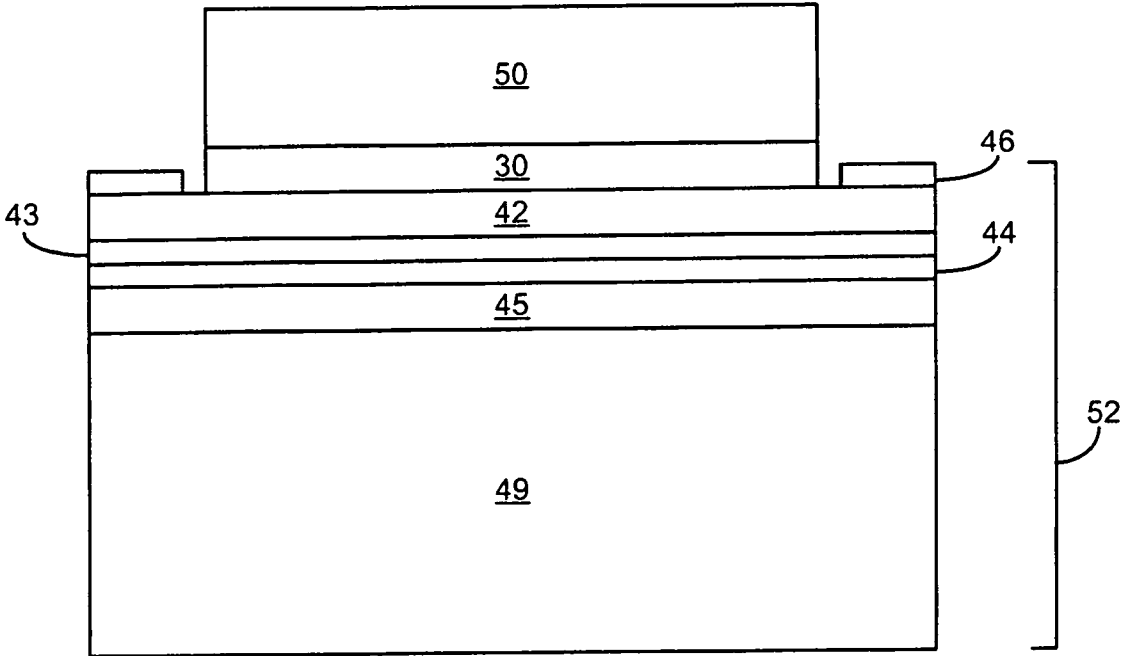


圖 3

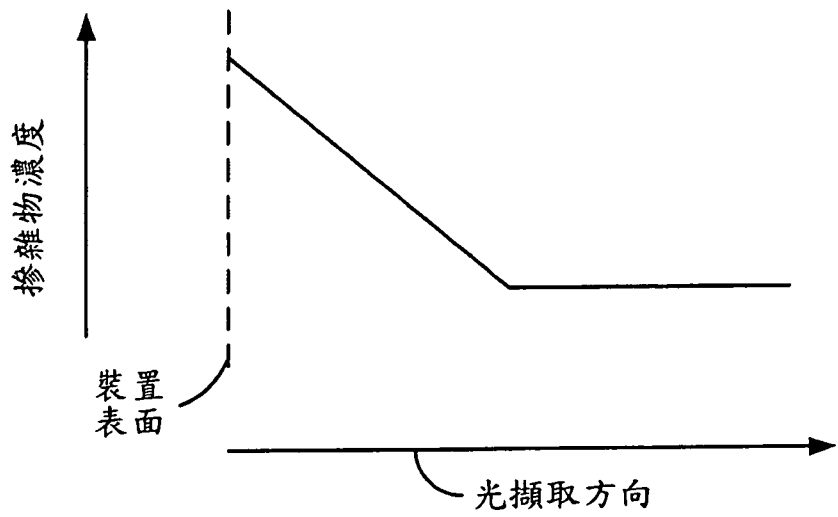


圖 4

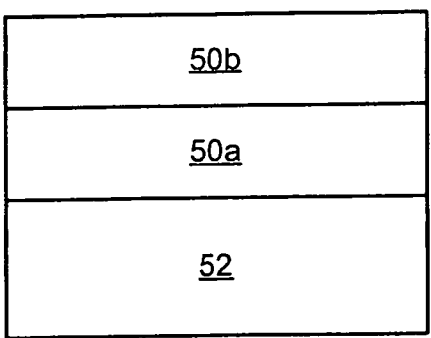


圖 5

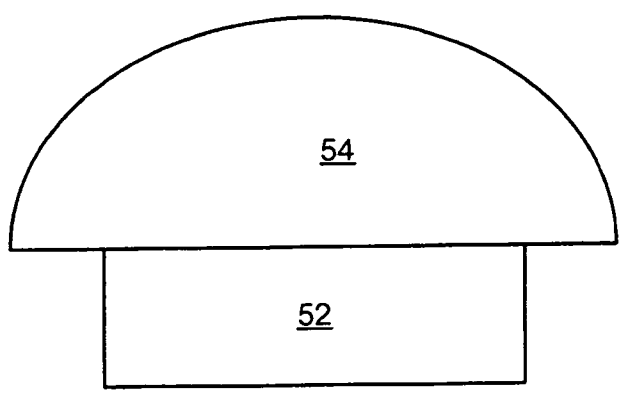


圖 6

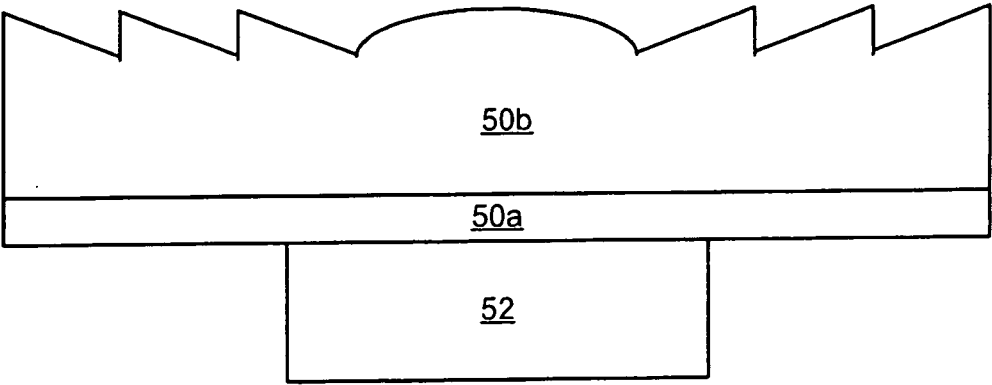


圖 7

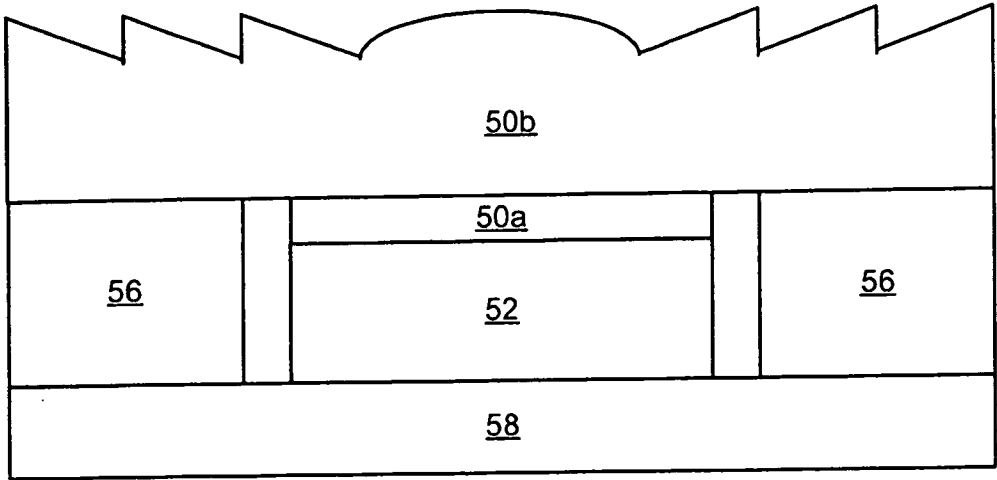


圖 8

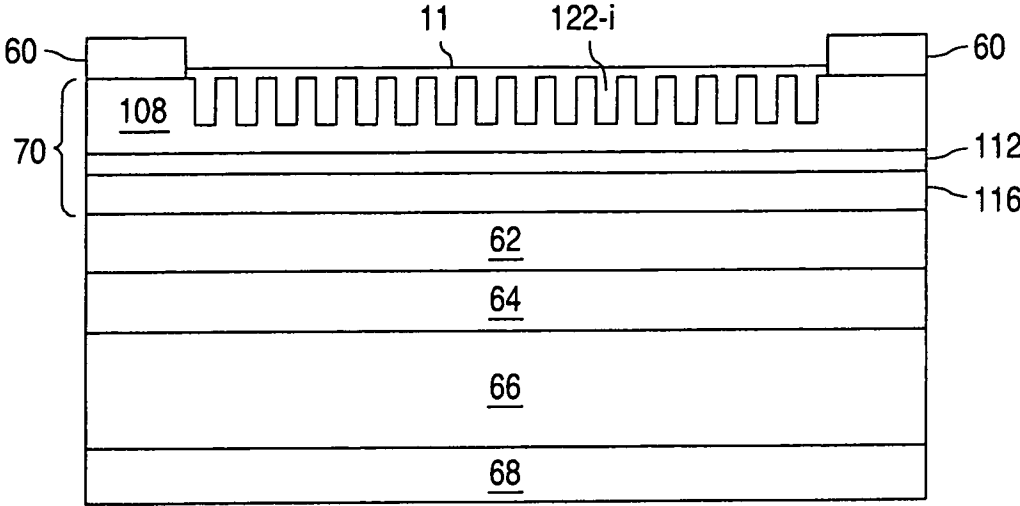


圖 9

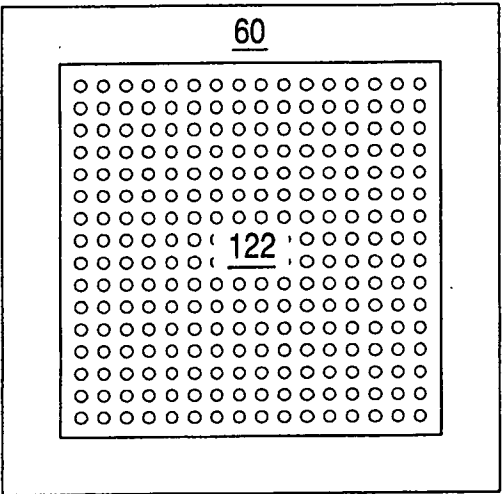


圖 10

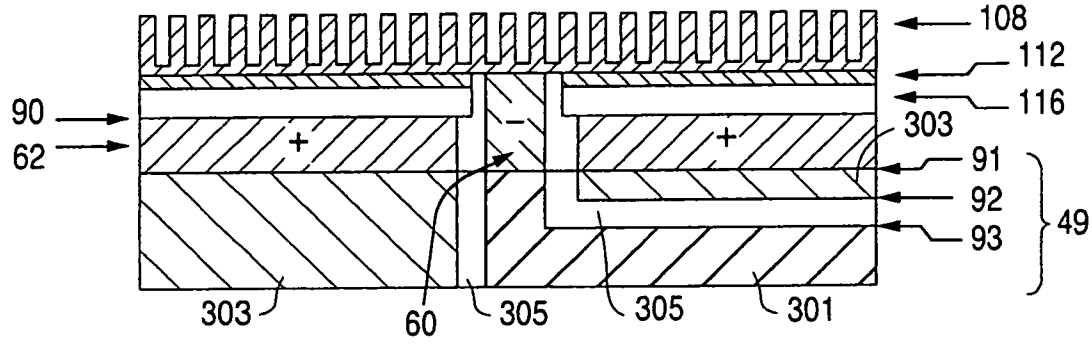


圖 11

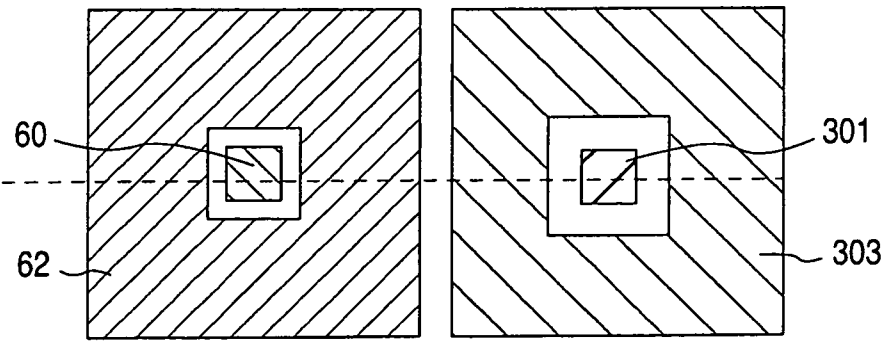


圖 12A 圖 12B

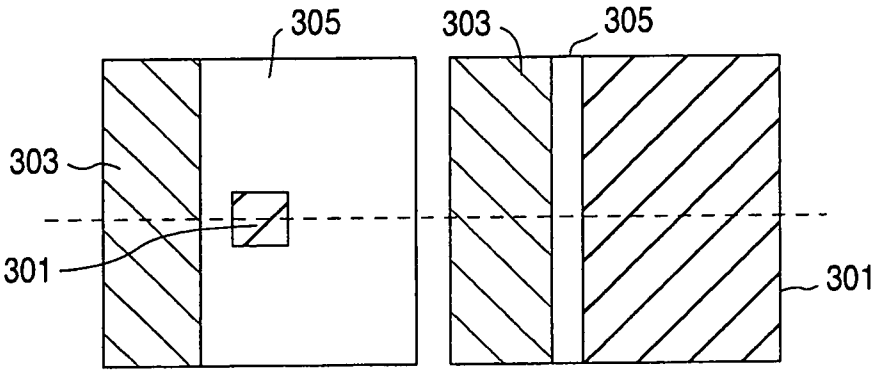


圖 12C 圖 12D

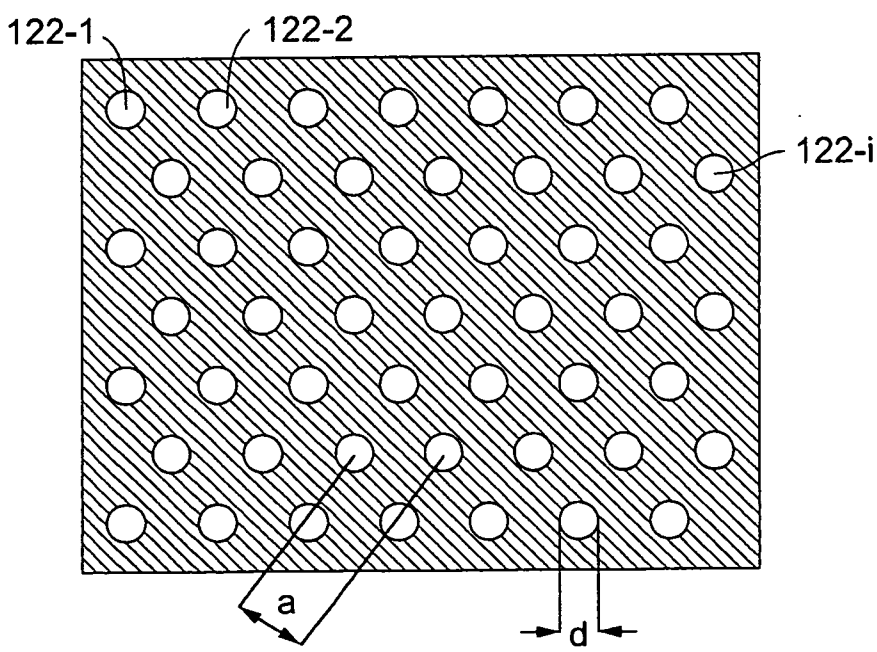


圖 13

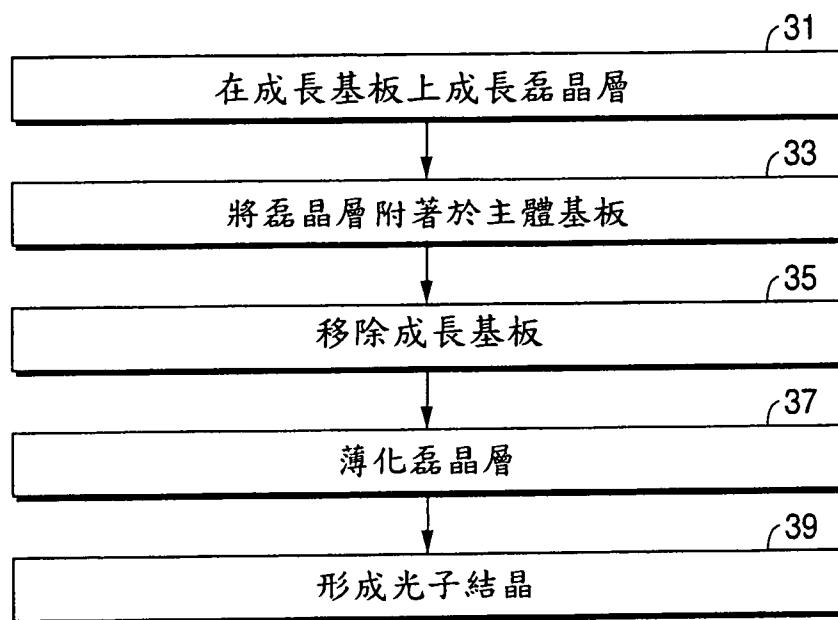


圖 14

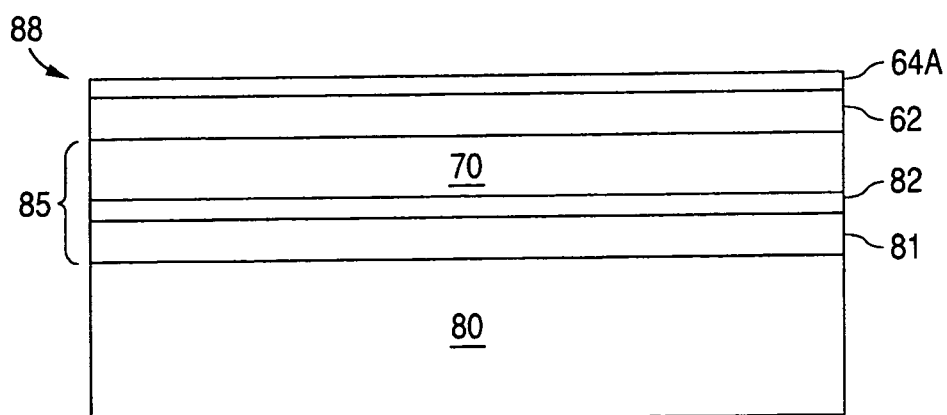


圖 15

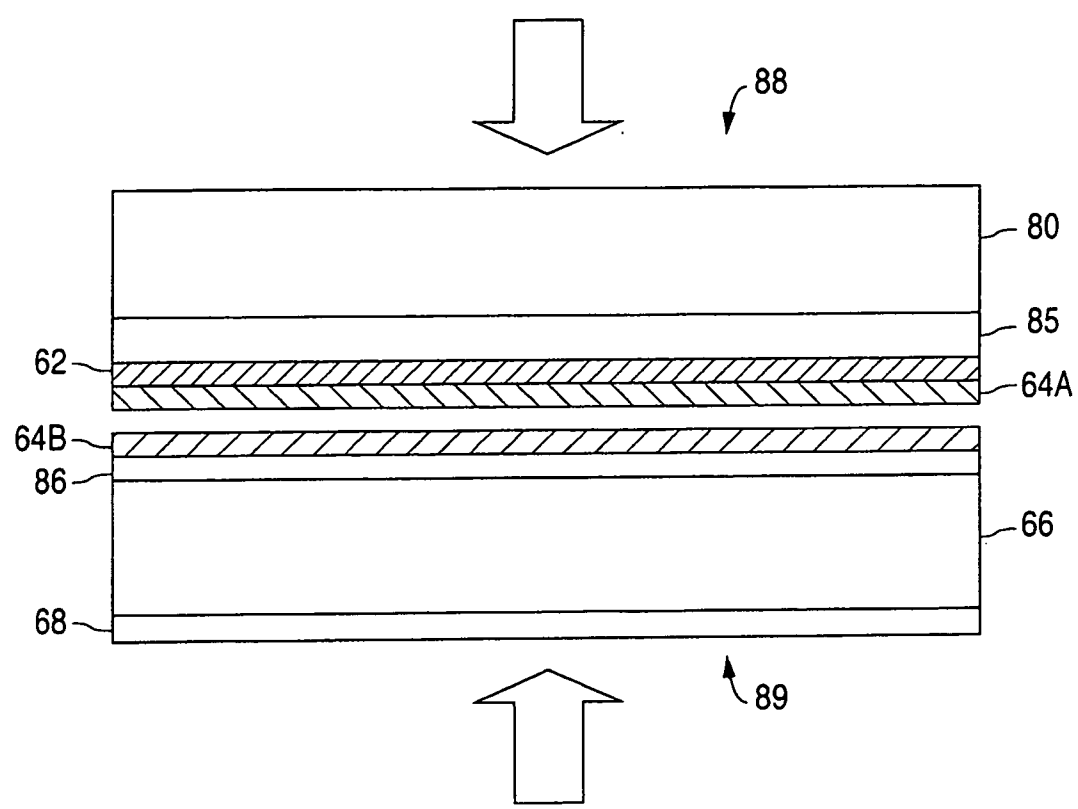


圖 16

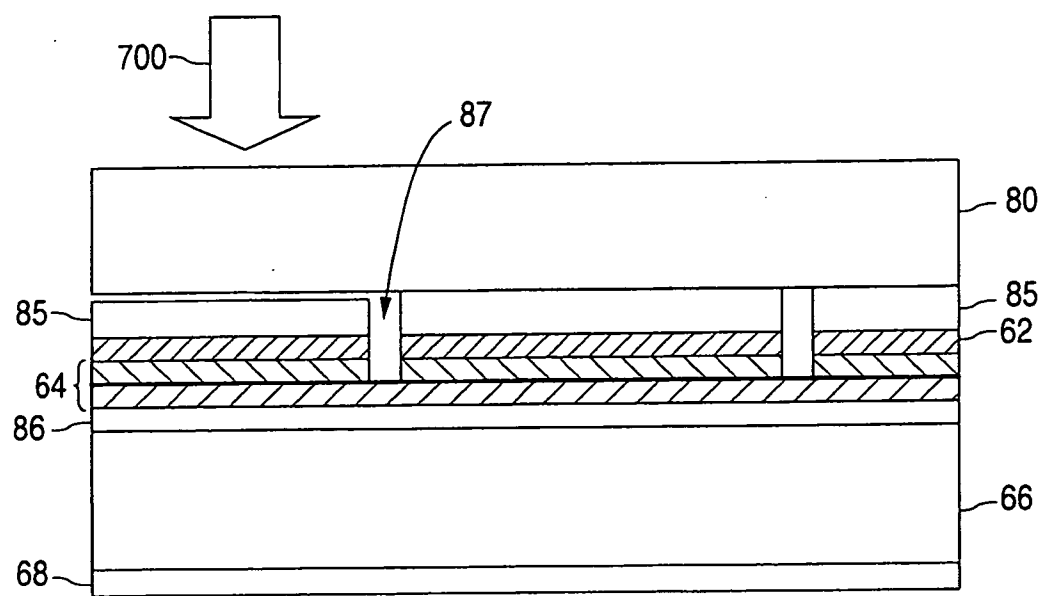


圖 17

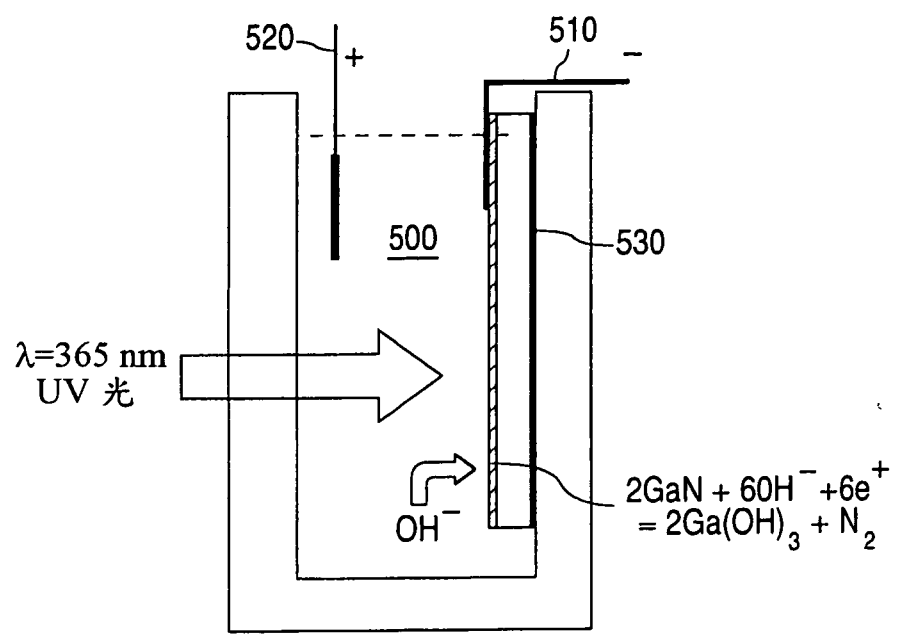


圖 18

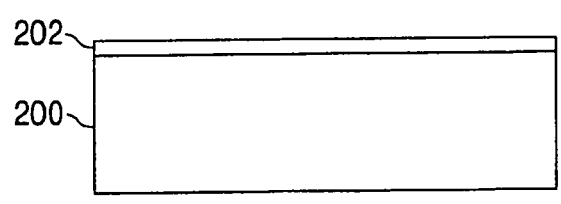


圖 19

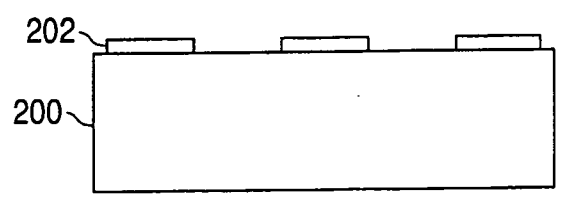


圖 20

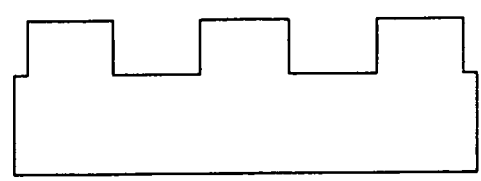


圖 22

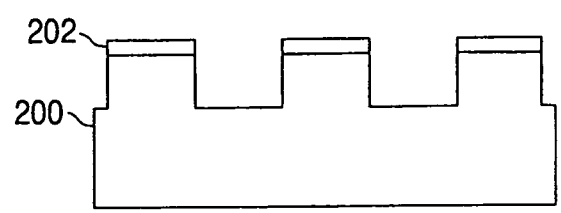


圖 21

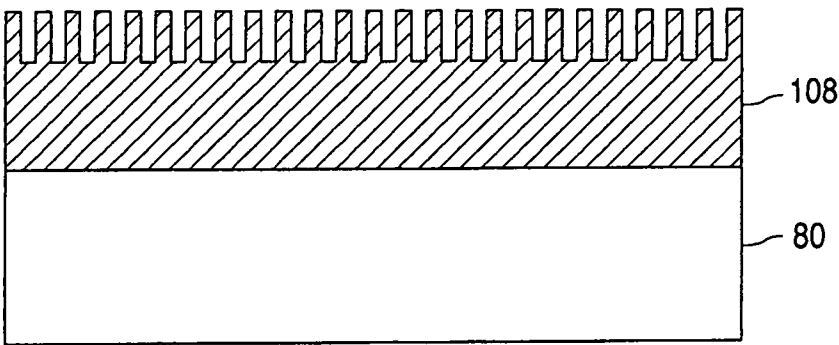


圖 23A

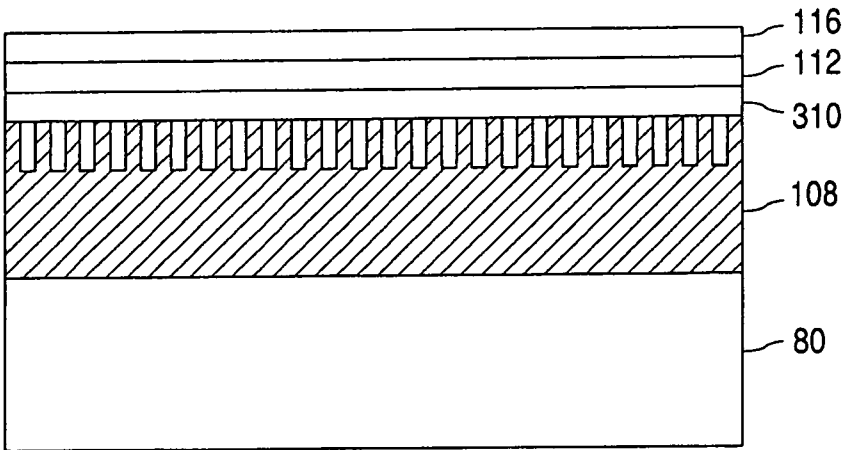


圖 23B

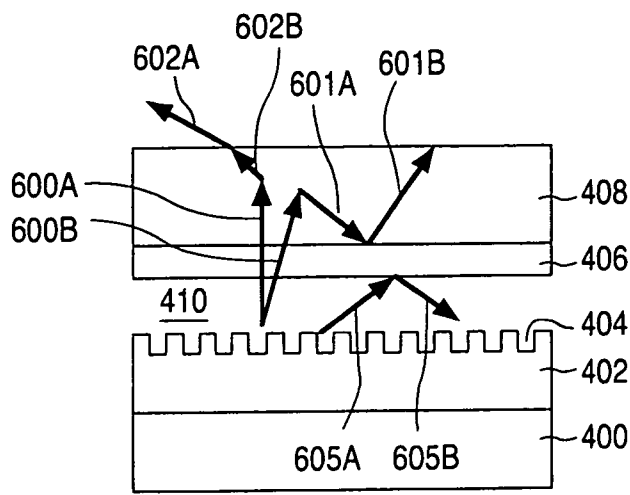


圖 24

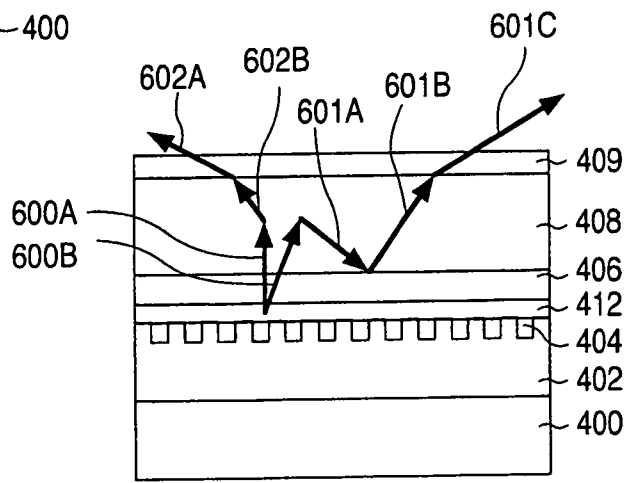


圖 25

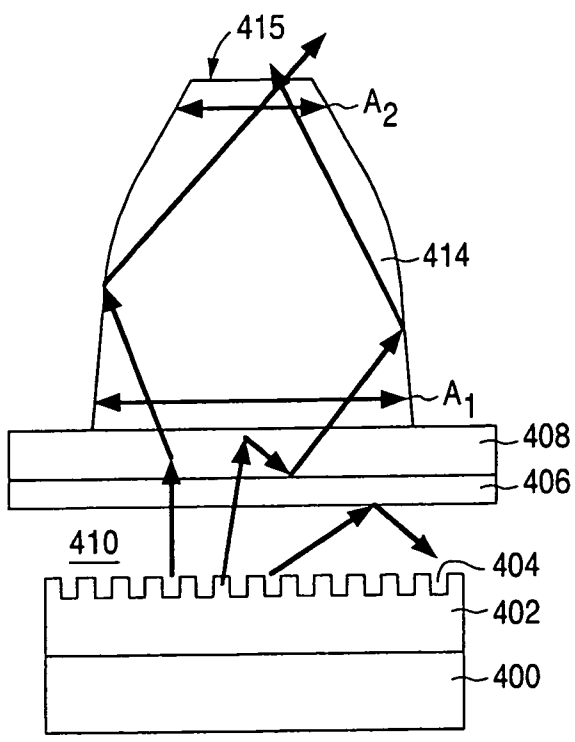


圖 26

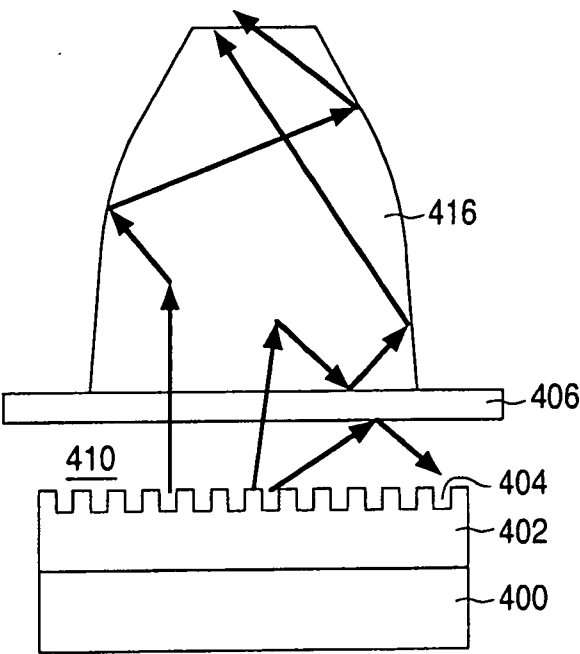


圖 27

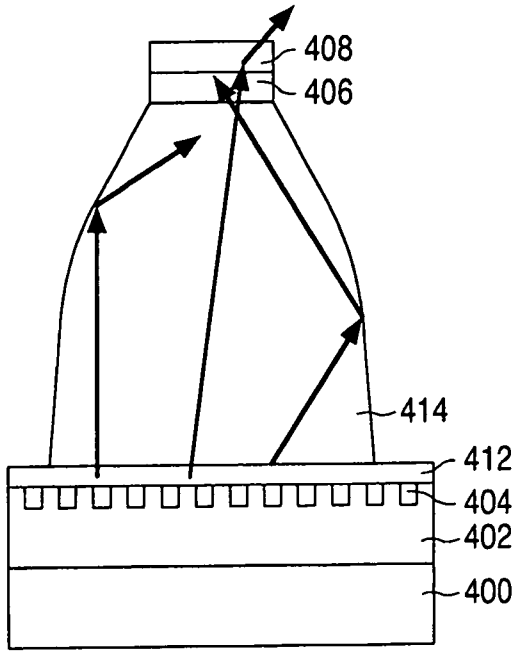


圖 28

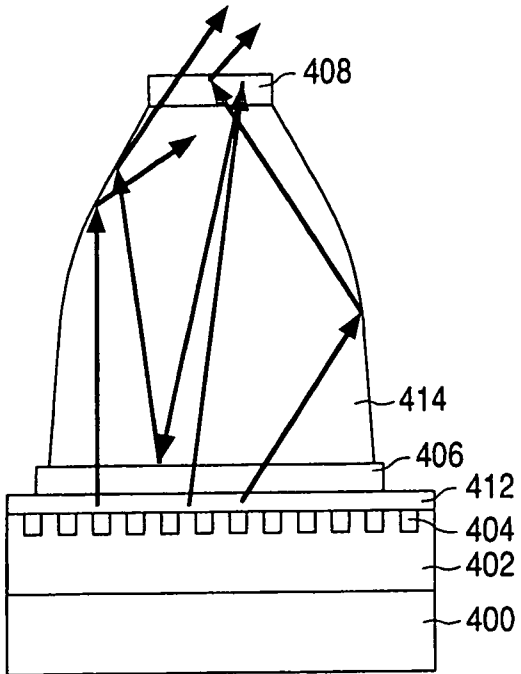


圖 29

新寬角塗層之透光(0 至 80 度)

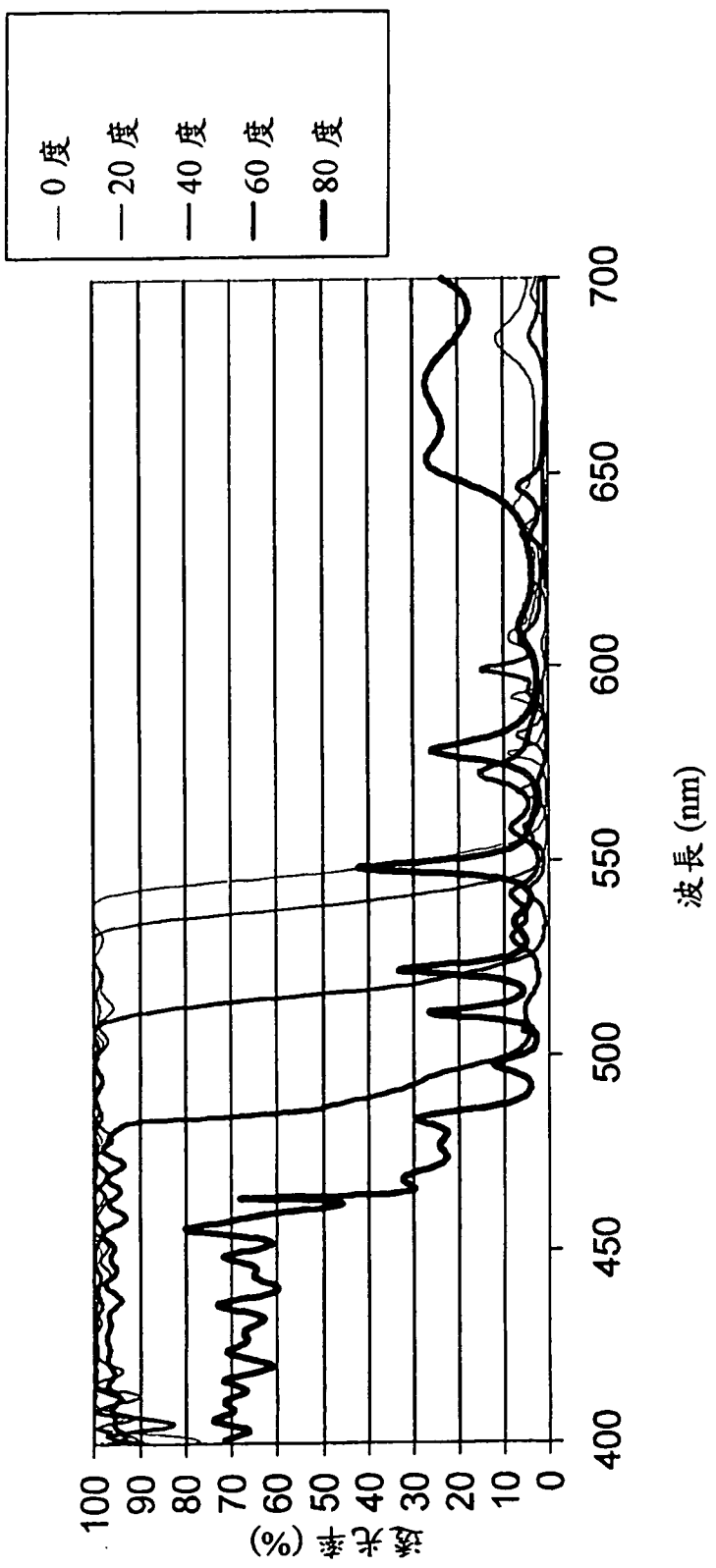


圖 30

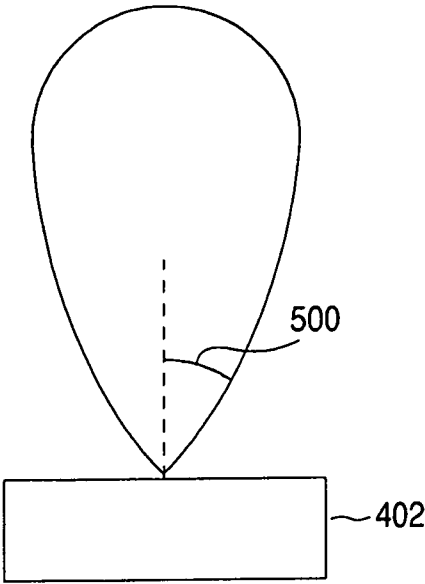


圖 31

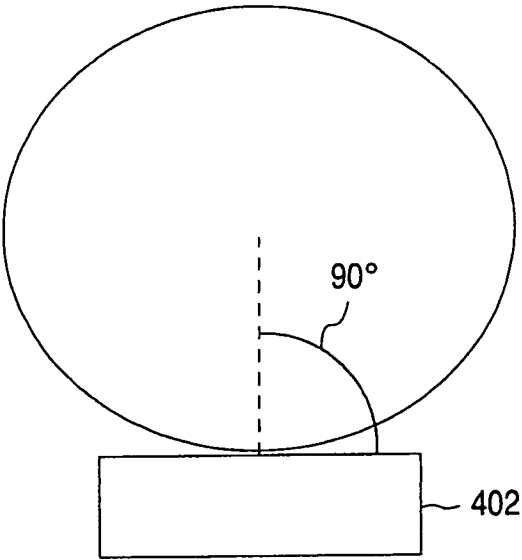


圖 32

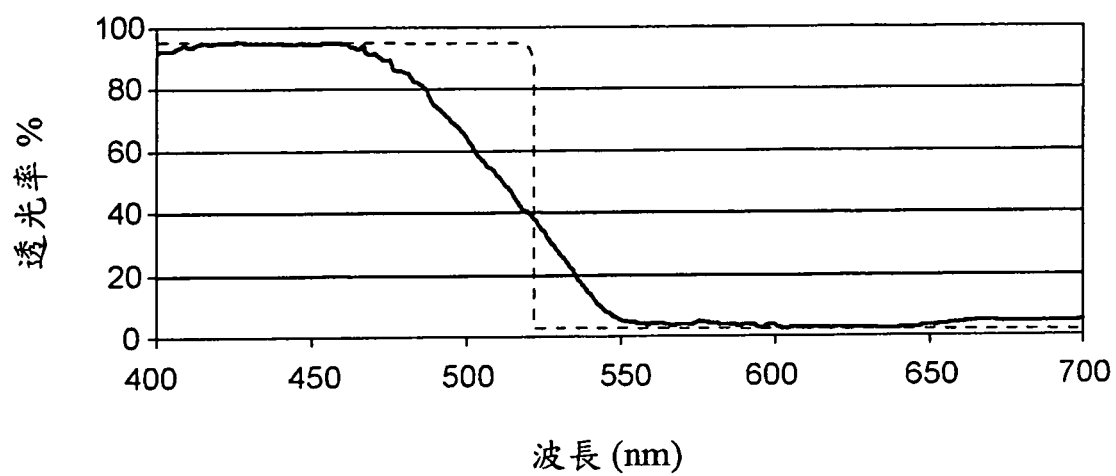


圖 33

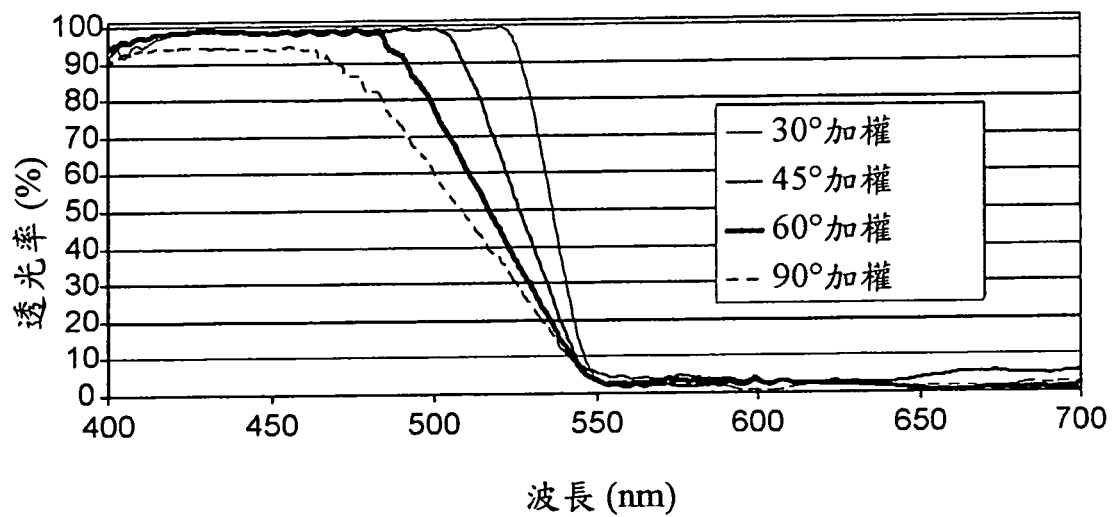


圖 34