

發明專利說明書

公告本

(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：97 1453 72

※ 申請日期：97.11.24

※IPC 分類：H01L 33/00(2010.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

具簡化之光擷取的降頻轉換發光二極體

DOWN-CONVERTED LIGHT EMITTING DIODE WITH SIMPLIFIED
LIGHT EXTRACTION

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

美商3M新設資產公司

3M INNOVATIVE PROPERTIES COMPANY

代表人：(中文/英文)

羅伯特 W 史普拉格

SPRAGUE, ROBERT W.

住居所或營業所地址：(中文/英文)

美國明尼蘇答州聖保羅市3M中心

3M CENTER, SAINT PAUL, MINNESOTA 55133-3427, U.S.A.

國 籍：(中文/英文)

美國 U.S.A.

三、發明人：(共 4 人)

姓 名：(中文/英文)

1. 泰瑞 李 史密斯
SMITH, TERRY LEE
2. 麥克 艾爾伯特 赫斯
HAASE, MICHAEL ALBERT
3. 湯米 威爾森 凱莉
KELLEY, TOMMIE WILSON
4. 凱瑟琳 安 麗瑟戴爾
LEATHERDALE, CATHERINE ANNE

國 籍：(中文/英文)

1. 美國 U.S.A.
2. 美國 U.S.A.
3. 美國 U.S.A.
4. 加拿大 CANADA

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12月10日；61/012,604

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：

一波長轉換發光二極體(LED)裝置具有一LED，其具有一輸出表面。將一多層半導體波長轉換器光學接合至該LED。該LED與該波長轉換器中之至少一者具有光擷取特徵。

六、英文發明摘要：

A wavelength converted light emitting diode (LED) device has an LED having an output surface. A multilayer semiconductor wavelength converter is optically bonded to the LED. At least one of the LED and the wavelength converter is provided with light extraction features.

七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(1)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

100	波長轉換LED裝置
102	LED
104	LED半導體層
106	LED基板
108	半導體波長轉換器
110	LED 102之上表面
112	量子井結構
118	電極
120	電極
122	紋理化表面/擷取特徵

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】

本發明係關於發光二極體，且更特定言之係關於包括一波長轉換器之一發光二極體(LED)，該波長轉換器係用於轉換藉由該LED發射之光之波長。

【先前技術】

在需要通常並非由一LED產生之一彩色光的照明應用中，或在一單一LED可用於製造具有通常由多個不同LED一起產生之一頻譜的光的照明應用中，波長轉換光二極體(LED)變得越來越重要。此一應用之一範例係顯示器之後照明，例如液晶顯示(LCD)電腦監視器及電視。在此類應用中，需要實質上之白光來照明LCD面板。用一單一LED產生白光之一方法係首先用該LED產生藍光，接著將一些或全部光轉換成一不同顏色。例如，當一發藍光LED係用作白光之一光源時，可使用一波長轉換器將藍光之一部分轉換成黃光。所得光係黃色與藍色之一組合，其對觀察者呈白色。

在一些方法中，該波長轉換器係一半導體材料層，其緊鄰該LED放置，使得該LED內產生的大部分光傳遞至該轉換器中。然而，存在需要將波長轉換器附著至LED晶粒之一問題。通常，半導體材料具有一相對高之折射率，而一般考慮用於將波長轉換器附著至LED晶粒之材料類型(例如膠黏劑)具有一相對低的折射率。因此，由於在相對高指數半導體LED材料與相對低指數膠黏劑之間的介面處之全

內反射程度很高，因此反射損失很高。此導致來自LED外部之光低效耦合至波長轉換器中。

需要能減少LED處之內部反射損失的替代方法以將一半導體波長轉換器耦合至一LED。亦需要確保自該轉換器有效擷取降頻轉換光。

【發明內容】

本發明之一具體實施例係針對具有一具有一輸出表面之LED之一波長轉換發光二極體(LED)。將一多層半導體波長轉換器光學接合至該LED。該LED與該波長轉換器中之至少一者具有光擷取特徵。

本發明之另一具體實施例係針對具有一多層半導體波長轉換器之一半導體波長轉換器。該波長轉換器具有光擷取特徵。在該波長轉換器之一第一側上提供一可移除保護層。該波長轉換器之一第二側係平坦的以便光學接合至另一半導體元件。

本發明之另一具體實施例係針對製造波長轉換發光二極體之一方法。該方法包括提供一發光二極體(LED)晶圓，該晶圓包括佈置在一基板上之一組LED半導體層，以及提供一多層半導體波長轉換器晶圓，其係組態成在轉換產生於該等LED層內之光之波長時有效。將該轉換器晶圓光學接合至該LED晶圓以產生一LED/轉換器晶圓。將個別轉換之LED晶粒與該LED/轉換器晶圓分離。

本發明之以上概述並非欲說明本發明之各解說的具體實施例或每個實施方案。更特定言之，以下圖式與詳細說明

例示此等具體實施例。

【實施方式】

本發明可應用於使用一波長轉換器以將由LED所發射之光的至少一部分之波長轉換成一通常更長之不同波長的發光二極體。特定言之，本發明非常適用於採用藍色或UV LED之半導體波長轉換器的有效使用方法，該等LED通常以一氮化物材料(例如AlGaInN)為主。更特定言之，本發明之一些具體實施例係針對將一多層半導體波長轉換器直接接合至一LED。該裝置之元件在晶圓級係可行的，此大大減少製造成本。

圖1中示意性地解說根據本發明之一第一具體實施例的一波長轉換LED裝置100之一範例。該裝置100包括一LED 102，其具有位於一LED基板106上之LED半導體堆疊層104。該等LED半導體層104可包括若干不同類型之層，其包括但不限於p及n型接面層、發光層(通常包含量子井)、緩衝層及頂置板層。由於一般使用一磊晶程序生長LED半導體層104之事實，因此該等LED半導體層104有時稱為磊晶層。LED基板106一般比LED半導體層104厚，且可為其上生長LED半導體層104之基板或可為在生長半導體層104後該等半導體層104所附著之一基板。將一半導體波長轉換器108光學接合至LED 102之上表面110。

當藉由接觸(有時稱為晶圓接合)將兩個半導體元件直接接合時或將其彼此附著時，將該兩個半導體元件光學接合在一起，該兩個元件之表面相隔的距離小於光自一元件通

過至另一元件的消逝距離。當使兩個具有平坦表面之不同件實體接觸時，發生直接接合。材料表面之平坦度決定接合的強度：表面越平坦，則接合越強。直接接合之一優勢係：無中間體、低折射率黏接層且因此可減少全內反射的可能性。在消逝接合中，一極薄的中間材料層有助於該接合程序。然而，中間材料如此薄使得光實質上自一半導體元件消逝性耦合至另一半導體元件而無全內反射，儘管該中間層之折射率相較於半導體元件可能較低。在為藍光LED及半導體波長轉換器之情形下，分離該兩個半導體元件的消逝距離明顯小於光之真空波長的四分之一。以下提供更詳細說明允許消逝耦合之一中間層之厚度。

雖然本發明並不限制可使用的LED半導體材料之類型及因此在該LED內所產生之光的波長，但預期本發明特定言之，可用於將位於光譜之藍色或UV部分處之光轉換成可視或紅外光譜之更長波長，使得發射光可呈現(例如)綠色、黃色、琥珀色、橙色或紅色，或藉由組合多個波長，該光可呈現一混合顏色，例如青綠色、洋紅或白色。例如，產生藍光之一AlGaInN LED可用於一波長轉換器中，其吸收一部分藍光以產生黃光。若部分藍光保持不轉換，則所得藍色與黃色光之組合對觀察者呈現白色。

美國專利申請案第11/009,217及60/978,304號中說明半導體波長轉換器108之一適合類型。一多層波長轉換器通常應用在以II至VI族半導體材料(例如各種合金硒化物，如CdMgZnSe)為主之多層量子井結構。在此類多層波長轉換

器中，量子井結構112經設計使得該結構之部分中的帶隙經選擇以便吸收LED 102所發射之至少部分激發光(pump light)。藉由吸收該激發光產生之電荷載子移動至具有一更小帶隙之該結構的其他部分(量子井層)中，其中該等載子重新組合且產生更長波長之光。此說明並不意欲限制半導體材料之類型或波長轉換器之多層結構。

美國申請案第60/978,304號中說明一適當波長轉換器之一特定範例。最初在一InP基板上使用分子束磊晶(MBE)製備一多層量子井半導體轉換器208。藉由MBE在該InP基板上首先生長一GaInAs緩衝層以製備用於第II至VI生長之表面。接著透過一超高真空傳輸系統將該晶圓移動至另一MBE室中以生長該轉換器之第II至VI磊晶層。生長轉換器208連同基板210之細節顯示於圖2中且概述於表I中。該表列出針對轉換器208中不同層之厚度、材料組成、帶隙及層說明。轉換器208包括8個CdZnSe量子井212，每一量子井均具有2.15 eV之一能量間隙(E_g)。每一量子井212係夾置在具有2.48 eV之一能量間隙的CdMgZnSe吸收層214之間，該能量間隙可吸收LED所發射之藍光。轉換器208亦包括各種視窗、緩衝及遞級層。

表 I：波長轉換器結構之細節

層編號	材料	厚度 (Å)	帶隙 (eV)	說明
212	$\text{Cd}_{0.48}\text{Zn}_{0.52}\text{Se}$	31	2.15	量子井
214	$\text{Cd}_{0.38}\text{Mg}_{0.21}\text{Zn}_{0.41}\text{Se}$	80	2.48	吸收
216	$\text{Cd}_{0.38}\text{Mg}_{0.21}\text{Zn}_{0.41}\text{Se}:\text{Cl}$	920	2.48	吸收
218	$\text{Cd}_{0.22}\text{Mg}_{0.45}\text{Zn}_{0.33}\text{Se}$	1000	2.93	視窗
220	$\text{Cd}_{0.22}\text{Mg}_{0.45}\text{Zn}_{0.33}\text{Se} -$ $\text{Cd}_{0.38}\text{Mg}_{0.21}\text{Zn}_{0.41}\text{Se}$	2500	2.93-2.48	遞級
222	$\text{Cd}_{0.38}\text{Mg}_{0.21}\text{Zn}_{0.41}\text{Se}:\text{Cl}$	460	2.48	吸收
224	$\text{Cd}_{0.38}\text{Mg}_{0.21}\text{Zn}_{0.41}\text{Se} -$ $\text{Cd}_{0.22}\text{Mg}_{0.45}\text{Zn}_{0.33}\text{Se}$	2500	2.48 - 2.93	遞級
226	$\text{Cd}_{0.39}\text{Zn}_{0.61}\text{Se}$	44	2.24	
228	$\text{Ga}_{0.47}\text{In}_{0.53}\text{As}$	1900	0.77	緩衝

在將波長轉換器 208 光學接合至 LED 後，可機械磨平且用 $3\text{HCl}:1\text{H}_2\text{O}$ 之一溶液移除 InP 基板 210 之背部表面。此蝕刻劑在 GaInAs 緩衝層 228 處終止。隨後，可在一攪拌溶液中移除緩衝層 228，僅留下第 II 至第 VI 半導體波長轉換器 208 接合至 LED，該攪拌溶液包括 30 ml 氫氧化銨 (30 重量%)、5 ml 過氧化氫 (30 重量%)、40 g 脂肪酸及 200 ml 水。

如美國專利申請案第 11/009,217 號中所述，半導體轉換器 108 之上表面與下表面可包括不同類型之塗層，例如濾光層、反射器或面鏡。在該等表面之任一表面上的塗層亦可包括一防反射塗層。

可將塗層施加於 LED 102 或波長轉換器 108 上以改良在光學接合處之黏著性。該等塗層可包括 (例如) TiO_2 、 Al_2O_3 、 SiO_2 、 Si_3N_4 及其他無機或有機材料。亦可實行表面處理方法以改良黏著性，例如電暈處理、曝露於 O_2 或 Ar 電漿、曝

露於一Ar離子束，及曝露於UV/臭氧。

在一些具體實施例中，經由一可選接合層117將LED半導體層104附著於基板106，且在LED 102之下表面與上表面上分別提供電極118於120。此結構類型通常用於以氮化物材料為主之LED中：可在一基板(例如藍寶石或SiC)上生長LED半導體層104，接著將其轉移至另一基板106(例如一矽或金屬基板)。在其他具體實施例中，LED 102可應用於其上直接生長半導體層104之基板106(例如藍寶石或SiC)。

現在結合圖3A及3B討論自一半導體元件300(例如一LED或半導體波長轉換器)之光之擷取。在圖3A中，假設半導體元件300具有一折射率 n_s ，而外部環境具有折射率 n_e 。若入射角 θ 小於臨界角 $\theta_c = \sin^{-1}(n_e/n_s)$ ，則透射在該元件之表面302處入射的部分光，例如射線306。若該入射角大於臨界角，則全內反射該光，例如射線308。通常使用磊晶與微影技術製造半導體元件，其結果係該等元件表面係平行的。因此，藉由全內反射，位於擷取圓錐外(即在具有小於臨界角之入射角的光方向之圓錐外部)的光陷落在該半導體元件內。

圖3B中示意性顯示之擷取特徵310可用於改變半導體元件300內之光的方向。擷取特徵310可包括元件300之表面上或半導體元件300本身內部的特徵。因此，亦改變在下表面304處全內反射之範例性光線312之方向，使得其以小於臨界角之一角度入射在上表面302上，且因此光線312自元件300逃逸。因此，使用擷取特徵可增強自LED與/或波

長轉換器中任一者之光擷取。一擷取特徵可為蓄意提供以相對於元件300之一軸314改變半導體元件300內之至少一部分光之方向，以便增強該光擷取的任何特徵類型。例如，一擷取特徵可為該元件之表面上的紋理或佈置在該元件內的散射/擴散顆粒。

在圖1所示之具體實施例中，LED 102具有一紋理化表面形式之一擷取特徵122該紋理化表面122可為任何適當的形式，其提供與LED 102或波長轉換器108之平坦結構不平行的表面部分。例如，如美國專利第6,657,236號中所述，該紋理可為孔洞、凸塊、凹坑、圓錐、角錐、各種其他形狀及不同形狀之組合的形式。該紋理可包括隨機特徵或非隨機週期性特徵。紋理化表面122之特徵大小一般為次微米，但亦可幾微米大。週期性或相干長度亦可在次微米至微米級範圍內。在某些情形中，該紋理化表面可包括一蛾眼表面，例如由Kasugai等人在Phys. Stat. Sol.(2006)第3卷，第2165頁中及美國專利申請案第11/210,713中所述。該紋理化表面122亦含有與波長轉換器108平行且直接接合至波長轉換器108之平坦部分。因此，在此具體實施例中，光可在直接接合至波長轉換器108之紋理化表122之彼等部分處自LED 102逃逸至波長轉換器108中。

可使用各種技術紋理化一表面，例如蝕刻(包括化學濕式蝕刻、乾式蝕刻程序，例如反應離子蝕刻或電感耦合電漿蝕刻、電化學蝕刻或光蝕刻)、微影蝕刻及類似技術。亦可透過半導體生長程序(例如藉由一非晶格匹配成分之

快速生長速率以促使島化等)製造一紋理化表面。或者，在使用先前所述之任何蝕刻程序起始生長LED之前，可紋理化該生長基板本身。在無一紋理化表面的情況下，僅當一LED內之光之傳播方向位於允許擷取之角度分佈內時，可自該LED有效擷取該光。此角度分佈至少部分受限於在LED半導體層之表面處之光的全內反射。由於LED半導體材料之折射率相對較高，因此允許擷取之角度分佈變得相對窄。紋理化表面122之提供允許重新分佈在LED 102內之光的傳播方向，使得可自LED 102將一較高部分的光擷取至波長轉換器108內。

圖4中示意性地解說本發明之另一具體實施例。一波長轉換LED裝置400包括一LED 402，其具有位於一基板406上之LED半導體層404。在所示具體實施例中，經由一可選接合層416將LED半導體層404附著至基板406。可在背對LED層404之基板406之表面上提供一下部電極層418。在LED 102之上側上提供一上部電極420。

將一波長轉換器408之下表面410直接接合至LED 402。在此具體實施例中，波長轉換器408之下表面410包括一紋理化表面422，其中一些紋理處於一定角度以便重新引導波長轉換器408內的光。

由於LED 402與波長轉換器408之折射率之大小相對接近，而LED 402中之擷取圓錐具有一很大角度，因此，光可透過直接接合至LED 402之下表面410之彼等部分424，自LED 402逃逸至波長轉換器408中。若波長轉換器408之

折射率高於LED 402，且擷取圓錐具有 180° 之一頂角，則無論入射角度為多少，在LED 402內不存在全內反射。因此，可自LED 402擷取大部分光至波長轉換器內。此外，紋理化表面422亦可用於重新引導波長轉換器408內的光，從而減少藉由全內反射陷落在波長轉換器408內的光之數量。

圖5中示意性地解說本發明之另一具體實施例。一波長轉換LED裝置500包括一LED 502，其具有位於一LED基板506上之LED層504。將LED 502之上表面510直接接合至一波長轉換器508之下表面512。LED 502具有電極518及520。在此情形下，波長轉換器508之上表面522具有一紋理化表面524之形式的光擷取特徵。可使用上述任何技術形成該紋理化表面524。

圖6中示意性地解說本發明之另一具體實施例。一波長轉換LED裝置600包括一LED 602，其具有經由接合層607附著於一LED基板606之LED層604。將LED 602之上表面610直接接合至一分層半導體波長轉換器608之下表面612。LED 602具有電極618及620。在此情形下，LED層604之下表面622具有一紋理化表面624之形式的光擷取特徵。將接合層607金屬化以便反射LED層604內之光，其結果係可將沿擷取所需之角度分佈外之一方向入射在金屬化接合607處之至少一些光重新引導至該擷取角度分佈中。可使用(例如)上述任何技術形成該紋理化表面624。該金屬化接合607亦可在LED下層626與LED基板606之間提供一電

路徑。

現在結合圖7說明一波長轉換器LED 700之另一具體實施例。此具體實施例在某種程度上類似於圖4中所示之具體實施例，除在波長轉換器708與LED 702之間之光學接合處佈置越來越薄之中間層720外。中間層720足夠薄使得光自LED 702消逝性耦合至波長轉換器708中。如上所述，中間層720顯著小於一波長厚度的四分之一。中間層720之實際操作厚度係設計選擇問題且部分取決於操作波長、中間層、LED 702及波長轉換器708之折射率，且取決於透過該中間層消逝性耦合之光的可接受分數。例如，對於LED 702與波長轉換器708之折射率之間的高指數對比使得 $n_1 > 1.15 n_2$ (其中 n_1 係LED 720之折射率而 n_2 係中間層720之折射率)，且當假設在LED 702中等向性發射光且射入至前向圓錐(朝向中間層)之一半光具有大於中間層720之厚度之一消逝場穿透深度時，可顯示出，中間層720之最大厚度值 $t_{\max}$ 可由下式給出：

$$t_{\max} = \frac{\lambda_0}{2\pi\sqrt{(0.87n_1)^2 - n_2^2}}$$

其中 λ_0 係LED 702所發射之光的真空波長。如一說明性範例，對於以GaN為主之一LED 702、以ZnSe為主之一波長轉換器708(例如圖2所示)及一矽膠中間層720，該中間層720在上述標準下可具有最多50 nm之一厚度。

中間層720可在光學接合前由任何適當材料製造，該材料可保存LED 702與波長轉換器708之平坦表面。例如，可

由一無機玻璃(例如矽膠或硼磷矽酸玻璃(BPSG)、氮化矽(Si_3N_4)及其他無機材料(例如氧化鈦及氧化鋅))或由一有機聚合物製造該中間層720。在將LED 702與波長轉換器708兩個元件光學接合在一起之前，可在該兩個元件之任一或兩者上提供中間層720之材料。中間層720之材料可選擇以提供一平坦的化學性質適合層以便在與另一平坦表面接觸時接合。

光可透過接合區域724自LED 702逃逸至波長轉換器708。波長轉換器708之下表面上的紋理722重新分佈在該波長轉換器內傳播之光的方向以增加光擷取。

應明白，除圖7所示之具體實施例外，波長轉換LED之其他具體實施例亦可使用一中間層。

圖8中示意性地解說一波長轉換LED裝置800之另一具體實施例。裝置800包括由附著於一LED基板806之LED半導體層804形成的一LED 802。將LED 802之上表面810光學接合至一多層半導體波長轉換器808之下表面812。在LED 802上提供電極818及820。

在此具體實施例中，光擷取特徵824包括藉由一配置形成的一散射層，該配置擴散佈置在一高指數內嵌層828中之顆粒826以形成波長轉換器808之上表面830。該散射層824可藉由施加一低指數奈米顆粒層826至該半導體元件之表面，且接著將該等顆粒826埋入一高指數內嵌層中來製造。

現在關於圖9A至9D說明用於形成一散射層之一範例性

程序。圖9A顯示一半導體元件900，其可為任何類型之半導體元件，例如一LED或一半導體波長轉換器。將奈米顆粒902施加至半導體元件900之表面904，該等顆粒通常具有比半導體元件900低之一折射率。該等顆粒之直徑通常小於1000 nm且可能更小，例如小於500 nm或小於100 nm。奈米顆粒902可由折射率不同於元件900之任何適當材料形成。範例性材料包括無機材料(例如矽膠、氧化鋅或氧化銦錫(ITO))或有機材料，例如氟聚合物，如四氟乙烯(PTFE)。

圖9B示意性解說沈積在顆粒902上以形成散射層908之一嵌入層906。嵌入層906可由(例如)一半導體材料形成。在一些具體實施例中，允許光自半導體元件900自由通過至散射層908可能有利，反之亦然，在此情形下，嵌入層906之折射率可選擇類似或接近於半導體元件900之折射率。例如，當半導體元件900由II至VI族ZnCdSe半導體材料形成時，嵌入層906可由ZnSe或ZnCdSe材料形成。當半導體元件900係一InGaN LED時，嵌入層可由InGaN形成。

在其他具體實施例中，嵌入層908之折射率與半導體元件900之折射率可能需要不同。例如，當在一波長轉換器(如圖8所示)之輸出側上提供散射層908時，嵌入層906之折射率可能需要高於波長轉換器之折射率。在此一情形下，由於在嵌入層與波長轉換器之間的介面處之全內反射，折射率差異可減少自嵌入層906傳回至波長轉換器之光的數量。

針對完成裝置內需要的散射程度，選擇在表面904上之奈米顆粒902之密度。例如，可能僅需要用奈米顆粒覆蓋表面904的大約30%，在此情形下，穿過表面904之剩餘70%的光未藉由該等奈米顆粒直接散射。亦可藉由嵌入層906之外表面910散射光，該外表面由於顆粒的存在可變成紋理化。應明白，根據半導體裝置之特定設計，可應用顆粒覆蓋密度的其他值。

在一些具體實施例中，當散射層為與另一元件形成一直接接合之元件900之層時，可能需要散射層908之外表面910為平坦的。如圖9C所示，可使用化學機械拋光技術拋光外表面910。

如圖9D所示，可將另一半導體元件920直接接合至第一半導體元件900之散射層908。例如，該第一半導體元件900可為一LED，而第二半導體元件920可為一波長轉換器，反之亦然。

在一些具體實施例中，鄰近該裝置之結構內的一材料表面提供奈米顆粒。例如，奈米顆粒902可與散射層908與第二半導體元件920之間之介面922具有一消逝耦合距離。

應明白，可在將一半導體元件光學接合至另一元件之後，實行在該半導體元件上提供一散射層之上述方法。例如，可在已光學接合至一LED的一波長轉換器上提供一散射層。在此情形下，若發現此一步驟並非必需，則不必拋光該嵌入層。

現在參考圖10A至10G說明在一半導體元件上提供一散

射層之另一方法。在此具體實施例中，在靜態附著於一基板1006之一波長轉換器1000之上表面1004上提供奈米顆粒1002，如圖10A所示。使用一嵌入層1008覆蓋表面1004以形成一散射層1010，如圖10B所示。接著將該波長轉換器附著於一可移除蓋1012，例如一基板1016及一臨時膠黏劑材料1014，如圖10C所示。該基板可為任何適合的基板類型，例如一載玻片、拋光矽膠板、一矽晶圓或其類似物。臨時膠黏劑材料可為任何類型的膠黏劑或用於將波長轉換器1000臨時附著至基板的其他材料。例如，該臨時膠黏劑可為蠟、熱塑性膠黏劑(例如從賓夕法尼亞州Hatfield EMS公司獲得之Crystalbond™或Wafer-Mount™)、可溶性材料或自波長轉換器1000很容易移除之其他材料。在此特定具體實施例中，將可移除蓋1012附著至具有光擷取特徵之波長轉換器1000之側。

接著，可移除基板1006，如圖10D所示。在製備中，可拋光波長轉換器1000之曝露表面1018以用於光學接合。接著可將波長轉換器1000光學接合至一LED 1020，如圖10E所示。接著，如圖10F所示，可移除可移除蓋1012以製造一波長轉換LED裝置。

可移除蓋1012不必定位於波長轉換器之散射層側上，亦可將該可移除蓋1012附著於波長轉換器1000之基板側上，如圖11示意性所示。在圖11所示之具體實施例中，將散射層1010之上表面1118拋平坦以適用於光學接觸另一表面，例如一LED之拋光上表面。

不希望本揭示內容之範疇限制在裝置級之製造。事實上，本發明非常適用於在晶圓級上製造波長轉換LED裝置。圖12A至12D示意性地解說在晶圓級上一次製造若干波長轉換LED裝置之一適合方法。圖12A示意性解說具有位於一LED基板1206上之LED半導體層1204之一LED晶圓1200。在一些具體實施例中，在基板1206上直接生長LED半導體層1204，而在其他具體實施例中，經由一可選接合層1216將LED半導體層1204附著於基板1206(如圖所示)。LED層1204之上表面係適用於光學接觸另一拋光表面之一拋光表面1212。基板1206之下表面可具有一金屬化層1218。

將一轉換器基板1218上生長之一多層半導體波長轉換器晶圓1208光學接合至LED晶圓1200之拋光表面1212，如圖12B所示。LED晶圓1200或波長轉換器晶圓1208均可具有光擷取特徵。在所示具體實施例中，該等光擷取特徵包括位於波長轉換器1208之下側的一散射層1220，其面朝LED晶圓1200。

接著可蝕刻掉轉換器基板1218以產生圖12C所示之接合晶圓結構。

接著透過波長轉換器1208蝕刻通孔1226以曝露LED晶圓1200之上表面，且在LED晶圓1200上沈積金屬化部分1228以用作LED電極，如圖12D所示。可使用(例如)一品圓鋸沿虛線1230切割該接合晶圓，以產生分離的波長轉換LED裝置。其他方法亦可用於自一品圓分離個別裝置，例如雷

射劃線及水射劃線。除蝕刻通孔外，在使用晶圓鋸或其他分離方法之前，沿切割線蝕刻以減少在切割步驟期間在波長轉換器層上的應力將會有用。

應明白，一波長轉換LED裝置並不限制於具有一擷取特徵類型，而可具有在裝置內之不同位置處的多個擷取特徵類型。例如，可在下列任一位置或所有位置提供擷取特徵：背對波長轉換器之LED層之側、面朝波長轉換器之半導體層之側、面朝LED之波長轉換器之側及背對LED之波長轉換器之側。亦可在LED及波長轉換器內的其他位置提供光擷取特徵。

圖13示意性地解說在一個以上位置處具有光擷取特徵之一波長轉換LED裝置1300之一範例。裝置1300係由光學接合至一波長轉換器1308之一LED 1302形成，該LED 1302在一LED基板1306上具有LED半導體層1304。在此特定具體實施例中，面朝波長轉換器1308之LED 1302之上側具有一第一光擷取特徵1310，而該波長轉換器1308之上側具有一第二光擷取特徵1312。光擷取特徵1310與1310可為紋理化表面、散射層或兩者之一組合，或在從LED 1302及波長轉換器1308擷取光時有效的任何其他適合的光擷取特徵類型。

不應將本發明視為限於以上說明的特定範例，而應將其瞭解為涵蓋如所附申請專利範圍中清楚陳述的本發明之所有方面。在回顧本說明書之後，與本發明有關的熟悉此項技術者將輕易地明白本發明可應用之各種修改、等效程序

及許多結構。希望申請專利範圍涵蓋此類修改與裝置。例如，雖然上述說明已討論以Ga₂N為主之LED，但本發明亦可用於使用其他III至V族半導體材料製造之LED，及使用II至VI族半導體材料之LED。

【圖式簡單說明】

結合附圖，考量本發明之各具體實施例的詳細說明，可更全面地瞭解本發明，其中：

圖1示意性解說依據本發明之原理之一波長轉換發光二極體(LED)的一具體實施例；

圖2示意性解說一多層半導體波長轉換器之一具體實施例；

圖3A及3B示意性解說一半導體元件中之全內反射及使用光擷取特徵以減少全內反射效應；

圖4示意性解說依據本發明之原理之一波長轉換LED的另一具體實施例；

圖5示意性解說依據本發明之原理之一波長轉換LED的另一具體實施例；

圖6示意性解說依據本發明之原理之一波長轉換LED的另一具體實施例；

圖7示意性解說依據本發明之原理，使用波長轉換器與LED之間的一中間層的一波長轉換LED之另一具體實施例；

圖8示意性解說依據本發明之原理，其中一散射層用作一光擷取特徵之一波長轉換LED之另一具體實施例；

圖 9A 至 9D 示意性解說依據本發明之原理，用於形成一散射層作為一光擷取特徵之製造步驟；

圖 10A 至 10F 示意性解說依據本發明之原理，用於形成一波長轉換 LED 之製造步驟；

圖 11 示意性解說依據本發明之原理，具有一光擷取特徵之一波長轉換器的一具體實施例；

圖 12A 至 12D 示意性解說依據本發明原理之晶圓級製造步驟；及

圖 13 示意性解說具有兩個分離光擷取特徵之一光轉換 LED。

雖然本發明可採用各種修改及替代形式，其細節在圖式中係以示例形式說明，上文已詳細說明。然而應瞭解，不希望將本發明限於所說明的特定具體實施例。相反，希望本發明涵蓋在由所附申請專利範圍定義的本發明之精神及範疇內的所有修改、等效具體實施例與替代具體實施例。

【主要元件符號說明】

100	波長轉換 LED 裝置
102	LED
104	LED 半導體層
106	LED 基板
108	半導體波長轉換器
110	LED 102 之上表面
112	量子井結構
118	電極

120	電極
122	紋理化表面/擷取特徵
208	量子井半導體轉換器
210	基板
212	量子井
214	吸收層
216	吸收層
218	視窗層
220	遞級層
222	吸收層
224	遞級層
228	GaInAs緩衝層
300	半導體元件
308	射線
310	擷取特徵
312	光線
314	軸
400	波長轉換LED裝置
402	LED
404	LED半導體層
406	基板
408	波長轉換器
410	下表面
416	接合層

418	下部電極
420	上部電極
422	紋理化表面
424	部分
500	波長轉換LED裝置
502	LED
504	LED層
506	LED基板
508	波長轉換器
510	上表面
512	下表面
518	電極
520	電極
522	上表面
524	紋理化表面
600	波長轉換LED裝置
602	LED
604	LED層
606	LED基板
607	接合層
608	分層半導體波長轉換器
610	LED 602之上表面
612	下表面
618	電極

620	電極
622	下表面
624	紋理化表面
626	LED下層
700	波長轉換器LED
702	LED
708	波長轉換器
720	中間層
722	紋理
724	接合區域
800	波長轉換LED裝置
802	LED
804	LED半導體層
806	LED基板
808	多層半導體波長轉換器
810	上表面
812	下表面
818	電極
820	電極
824	光擷取特徵
826	顆粒/奈米顆粒
828	內嵌層
830	上表面
900	半導體元件

902	奈米顆粒
904	表面
906	嵌入層
908	散射層
910	外表面
920	第二半導體元件
922	介面
1000	波長轉換器
1002	奈米顆粒
1004	上表面
1006	基板
1008	嵌入層
1010	散射層
1012	可移除蓋
1014	臨時膠黏劑材料
1016	基板
1018	曝露表面
1020	LED
1118	上表面
1200	LED晶圓
1204	LED半導體層
1206	LED基板
1208	多層半導體波長轉換器晶圓
1212	拋光表面

1216	接合層
1218	轉換器基板
1220	散射層
1226	通孔
1228	金屬化部分
1230	虛線
1300	波長轉換LED裝置
1302	LED
1304	LED半導體層
1306	LED基板
1308	波長轉換器
1310	第一光擷取特徵
1312	第二光擷取特徵

十、申請專利範圍：

1. 一種波長轉換發光二極體(LED)裝置，其包括：
 - 一LED，其具有一輸出表面；及
 - 一多層半導體波長轉換器，其係光學接合至該LED，該波長轉換器具有光擷取特徵。
2. 如請求項1之裝置，其中該等光擷取特徵包括一紋理化表面。
3. 如請求項1之裝置，其中該等光擷取特徵包括複數個光散射顆粒。
4. 如請求項1之裝置，其中該波長轉換器係直接接合至該LED。
5. 如請求項1之裝置，其中該波長轉換器係經由一消逝接合層接合至該LED。
6. 如請求項1之裝置，其中在該裝置內之一材料介面之一消逝耦合距離內提供該等光擷取特徵。
7. 一種半導體波長轉換器裝置，其包括：
 - 一多層半導體波長轉換器，該波長轉換器包括光擷取特徵；及
 - 一可移除保護層，其位於該波長轉換器之一第一側上，該波長轉換器之一第二側係平坦的以便光學接合至另一半導體元件。
8. 如請求項7之裝置，其中該等光擷取特徵包括一紋理化表面。
9. 如請求項7之裝置，其中該等光擷取特徵包括一散射

層。

10. 如請求項7之裝置，其中在該波長轉換器之該第一側上提供該等光擷取特徵。
11. 如請求項7之裝置，其中在該波長轉換器之該第二側上提供該等光擷取特徵。
12. 一種波長轉換發光二極體(LED)裝置，其包括：
 - 一LED，其具有一輸出表面；及
 - 一多層半導體波長轉換器，其係光學接合至該LED之該輸出表面，其中該LED之該輸出表面包括光擷取特徵，該光擷取特徵包括一紋理化表面，其中該紋理化表面包括直接接合至該多層半導體波長轉換器之平坦部分。
13. 一種波長轉換發光二極體(LED)裝置，其包括：
 - 一LED，其具有一輸出表面；及
 - 一多層半導體波長轉換器，其係光學接合至該LED，該LED與該波長轉換器中之至少一者具有光擷取特徵，
其中在該裝置內之一材料介面之一消逝耦合距離內提供該等光擷取特徵。
14. 如請求項13之裝置，其中該波長轉換器係經由一消逝接合層接合至該LED。
15. 如請求項13之裝置，其中該等光擷取特徵包括複數個光散射顆粒。
16. 如請求項15之裝置，其中該LED包括該等光散射顆粒。
17. 如請求項15之裝置，其中該波長轉換器包括該等光散射

顆粒。

18. 一種波長轉換發光二極體(LED)裝置，其包括：

一LED，其具有一輸出表面；及

一多層半導體波長轉換器，其係光學接合至該LED，
該LED與該波長轉換器中之至少一者具有光擷取特徵，

其中該波長轉換器係經由一消逝接合層接合至該
LED。

19. 如請求項18之裝置，其中該等光擷取特徵包括複數個光
散射顆粒。

20. 如請求項19之裝置，其中該LED包括該等光散射顆粒。

21. 如請求項19之裝置，其中該波長轉換器包括該等光散射
顆粒。

十一、圖式：

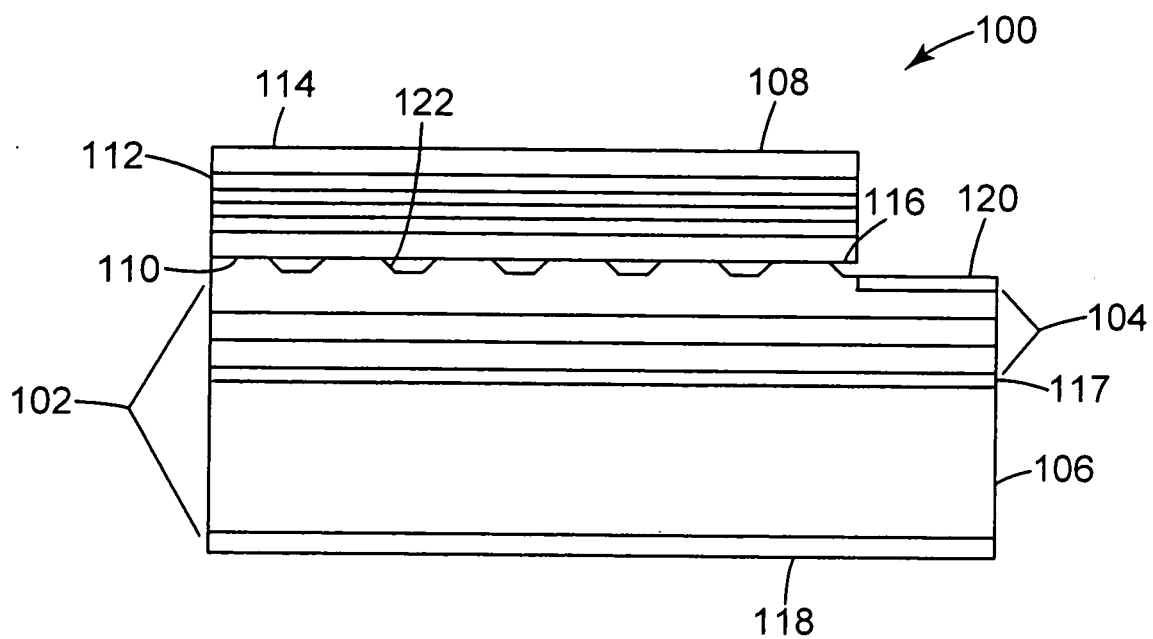


圖 1

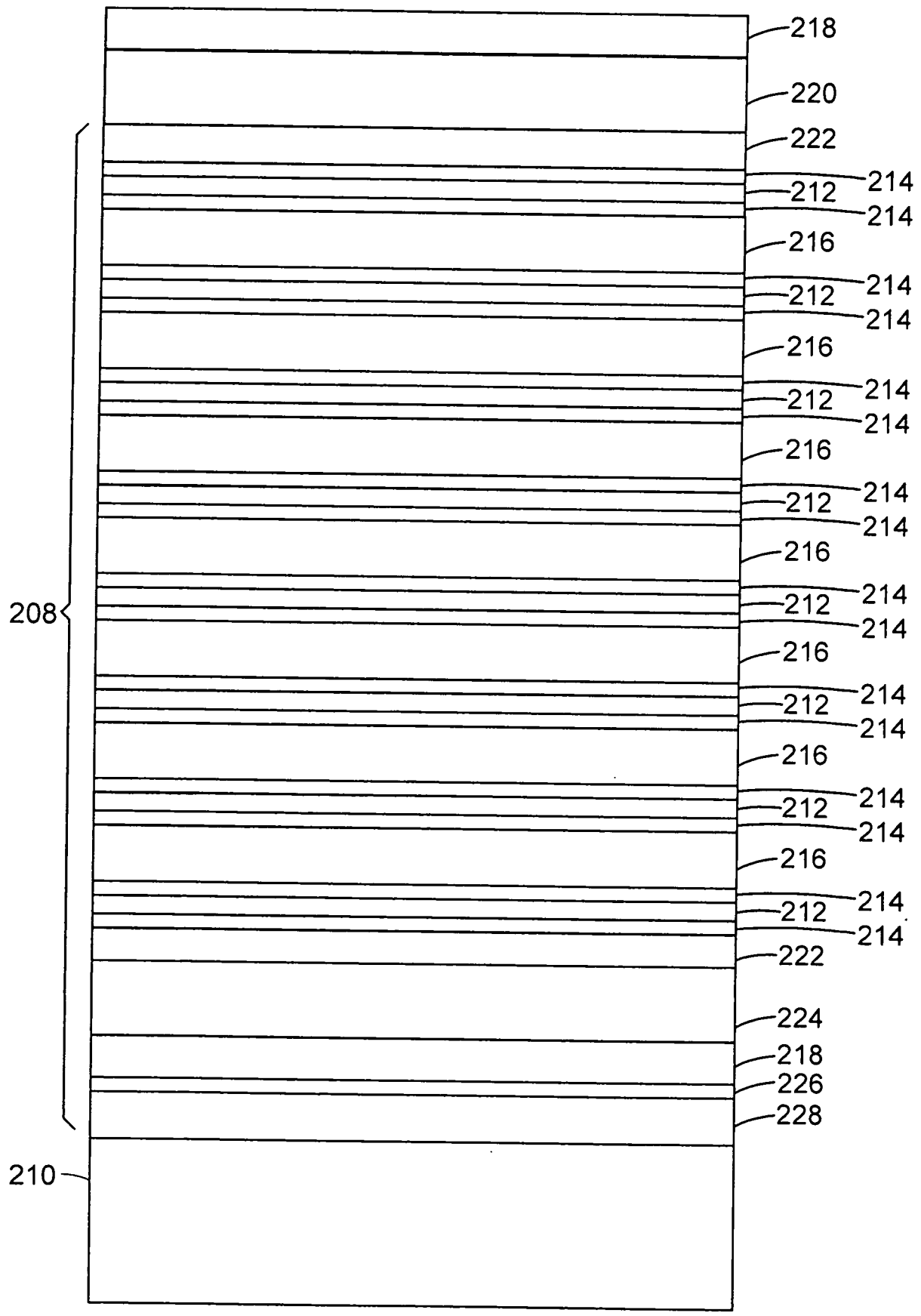


圖2

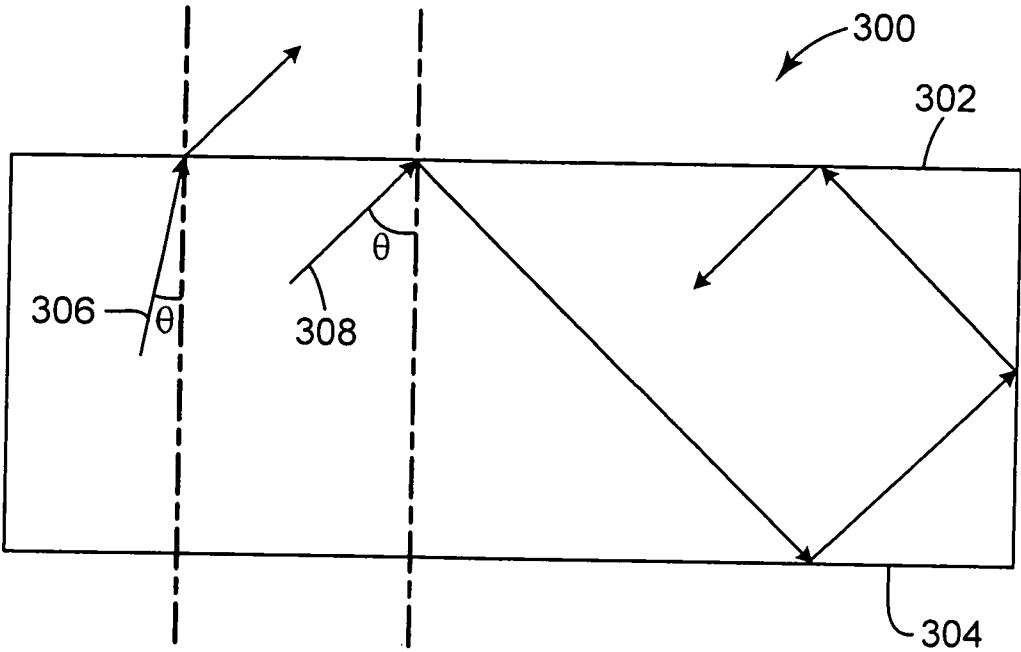


圖 3A

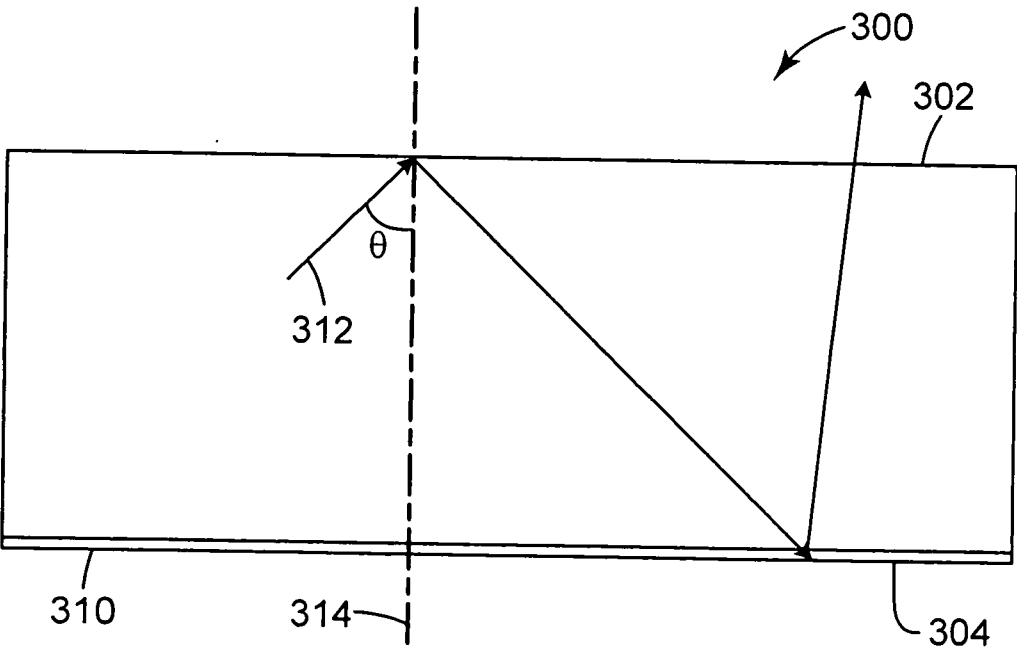


圖 3B

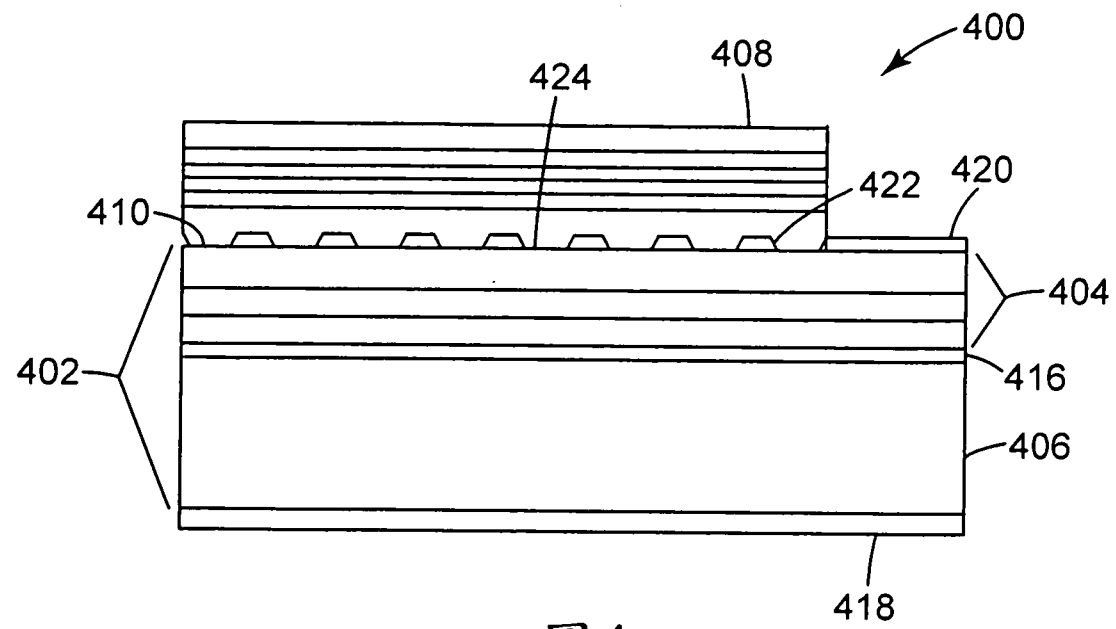


圖 4

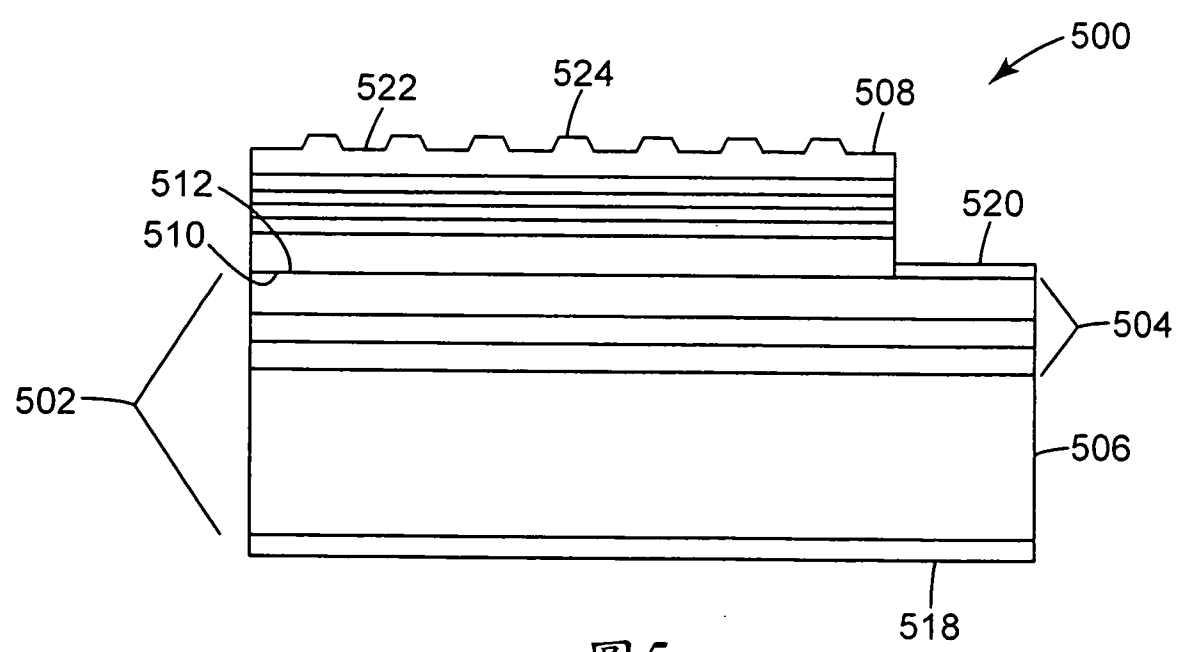


圖 5

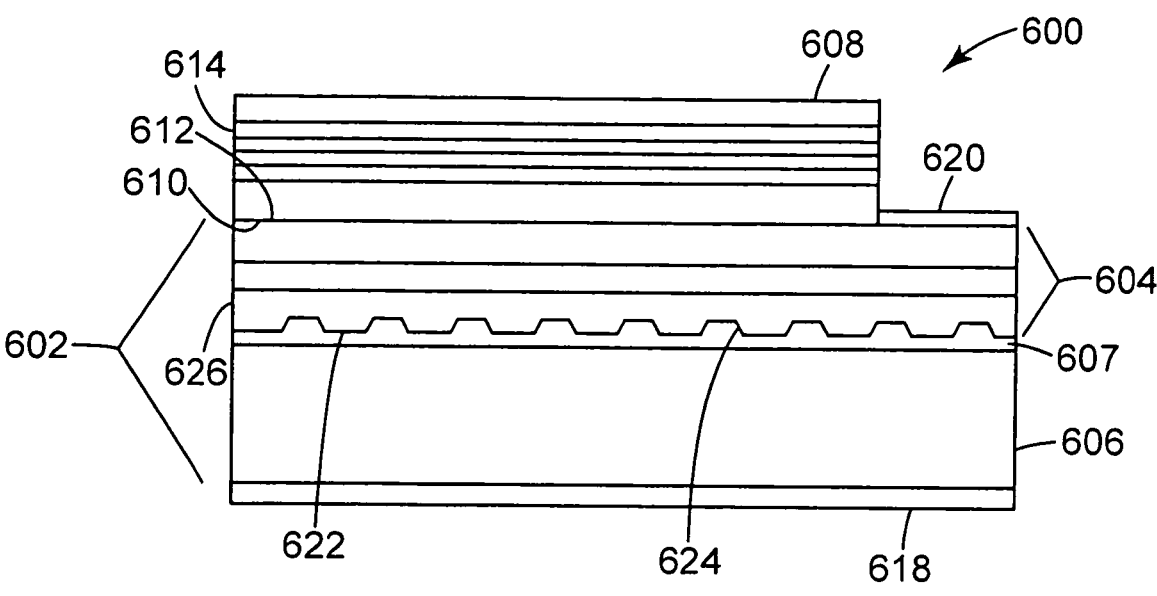


圖6

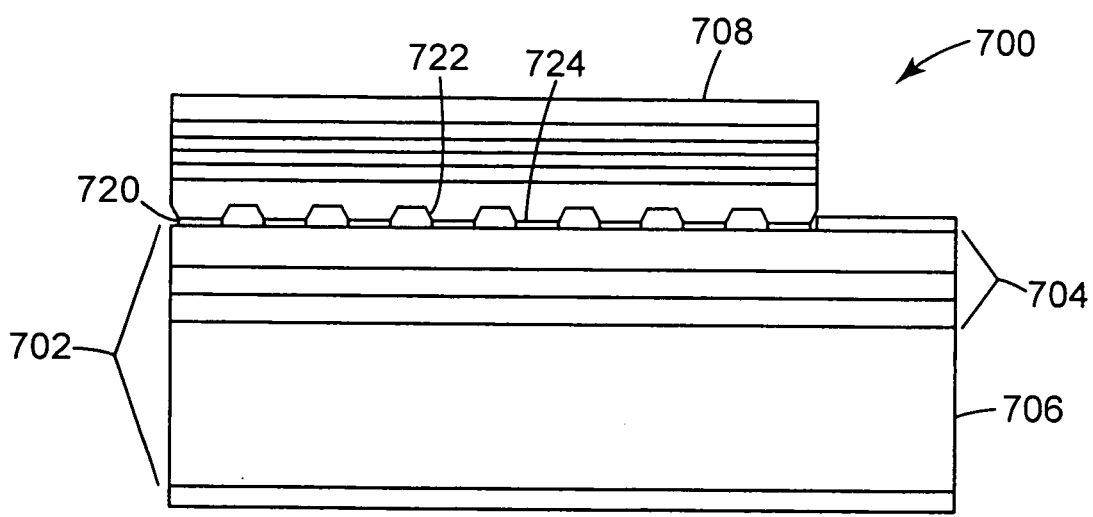


圖7

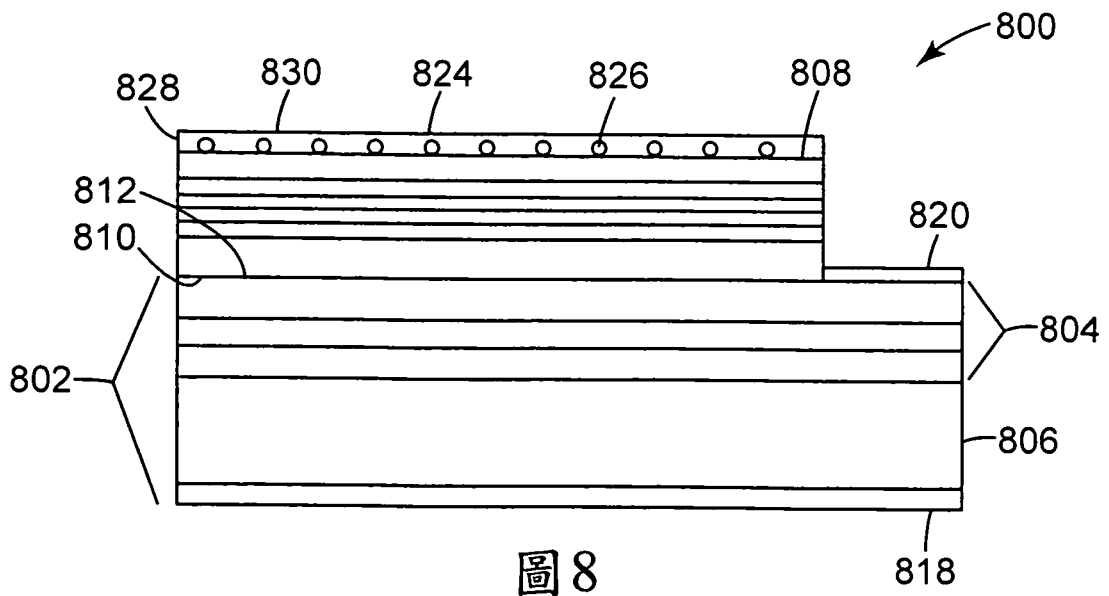


圖8

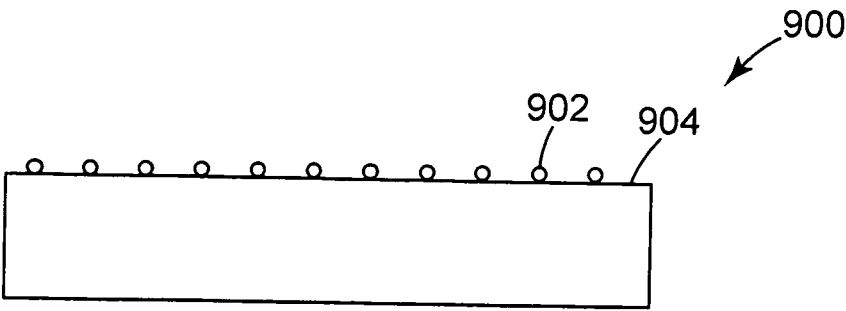


圖 9A

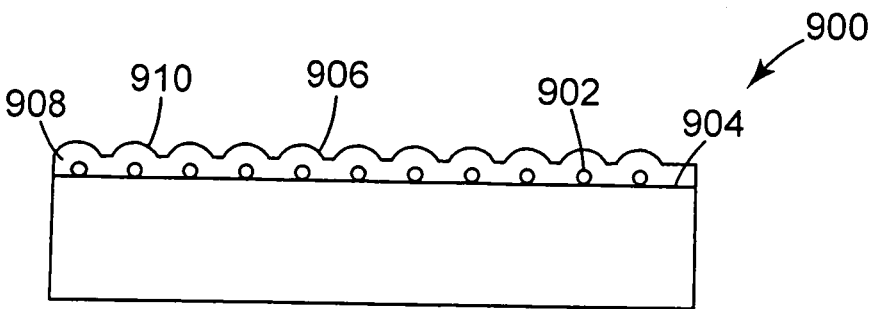


圖 9B

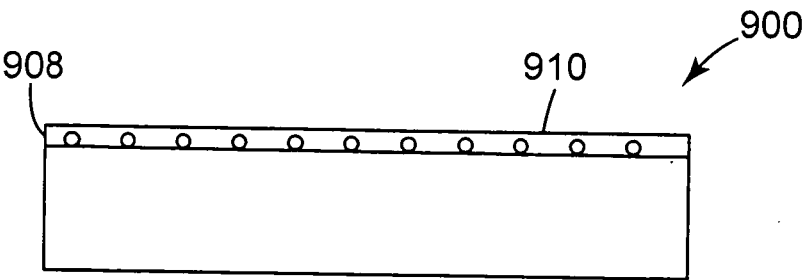


圖 9C

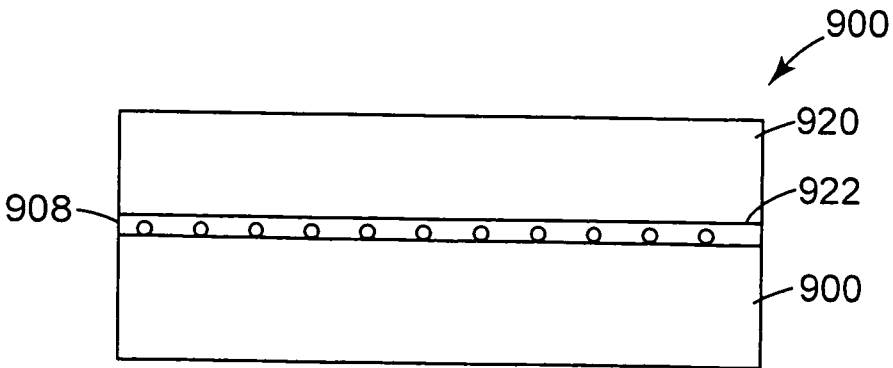


圖 9D

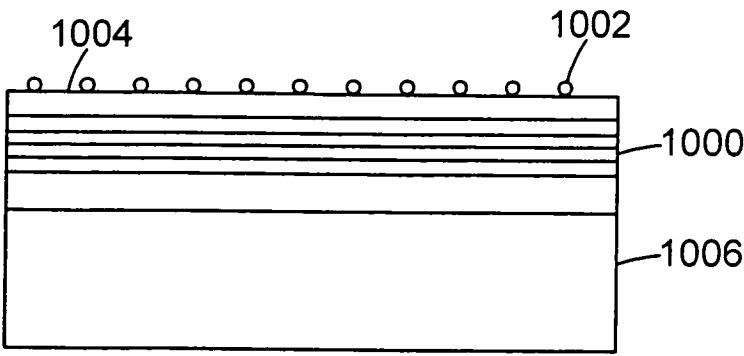


圖 10A

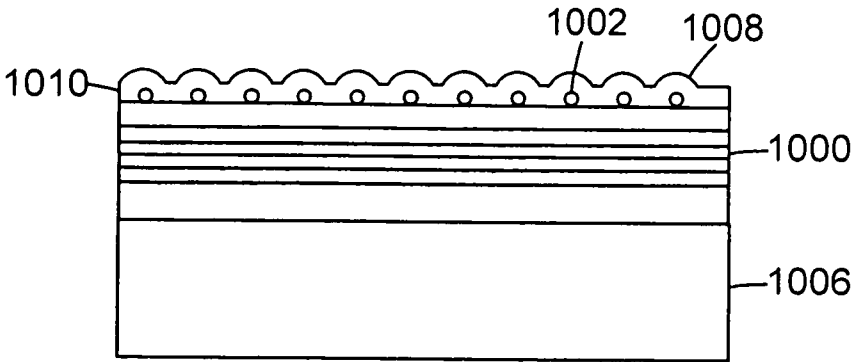


圖 10B

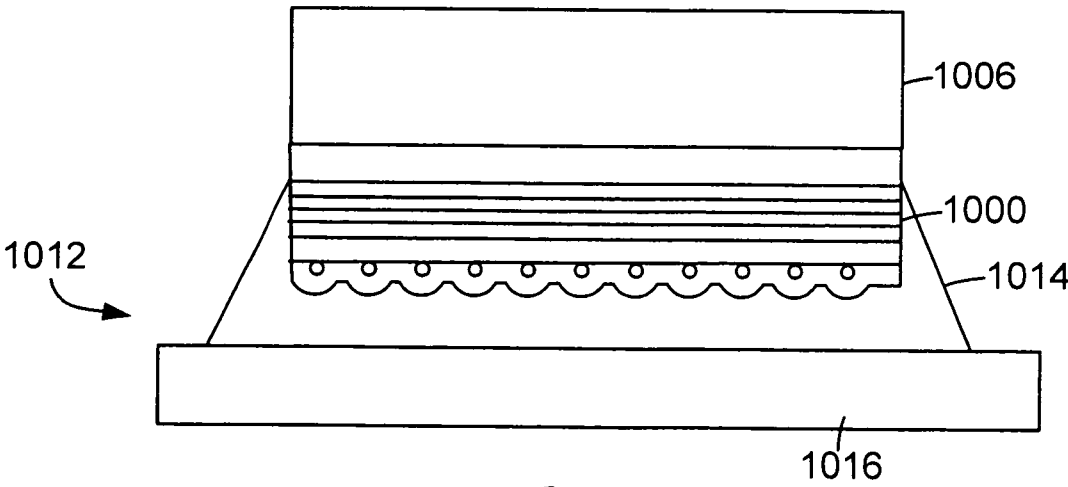


圖 10C

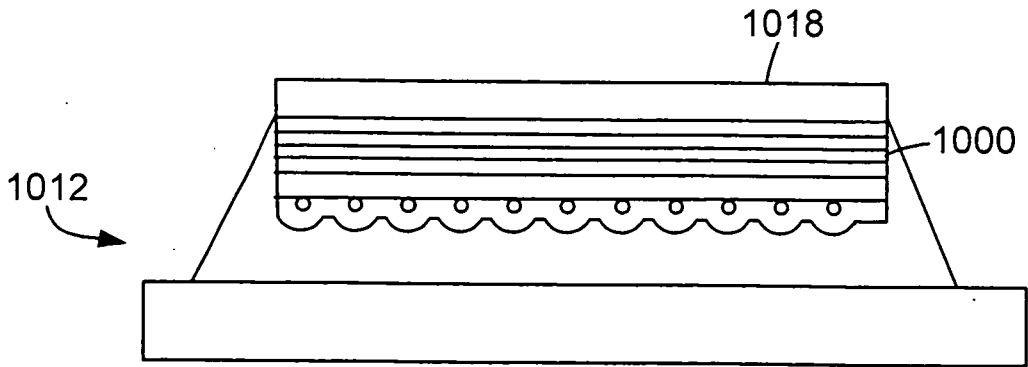


圖 10D

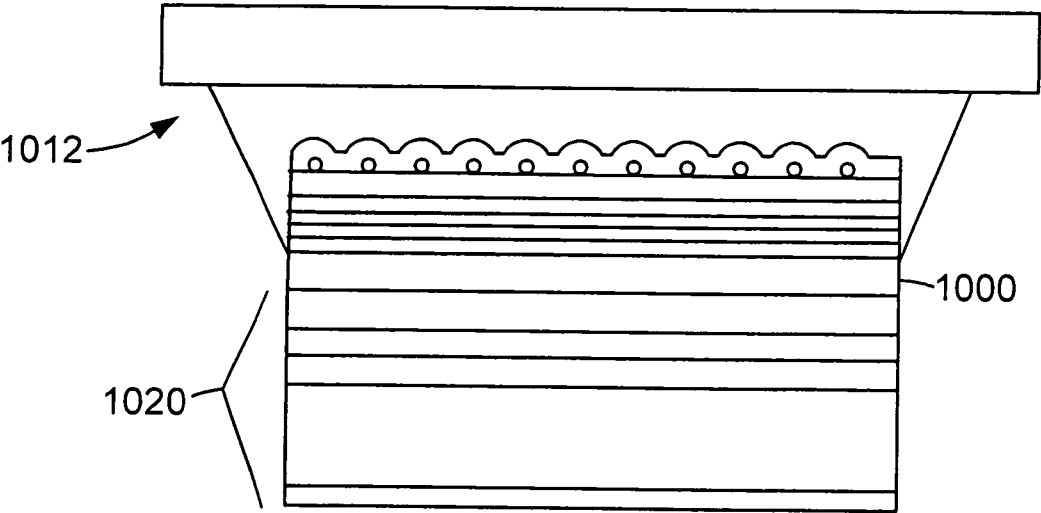


圖 10E

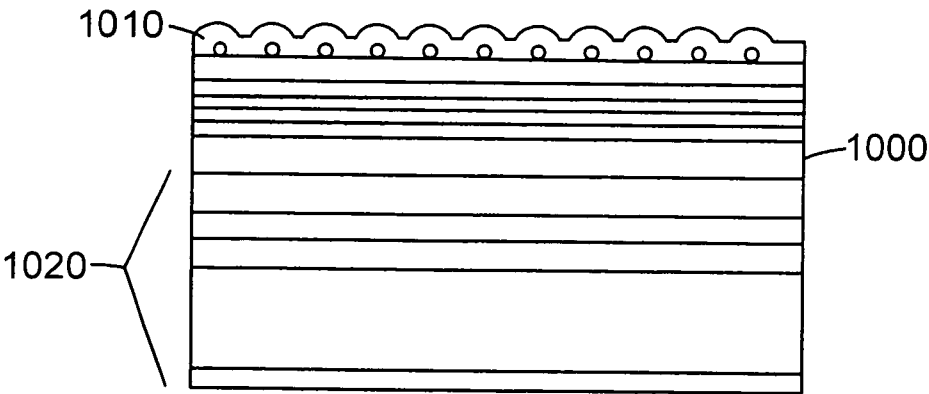


圖 10F

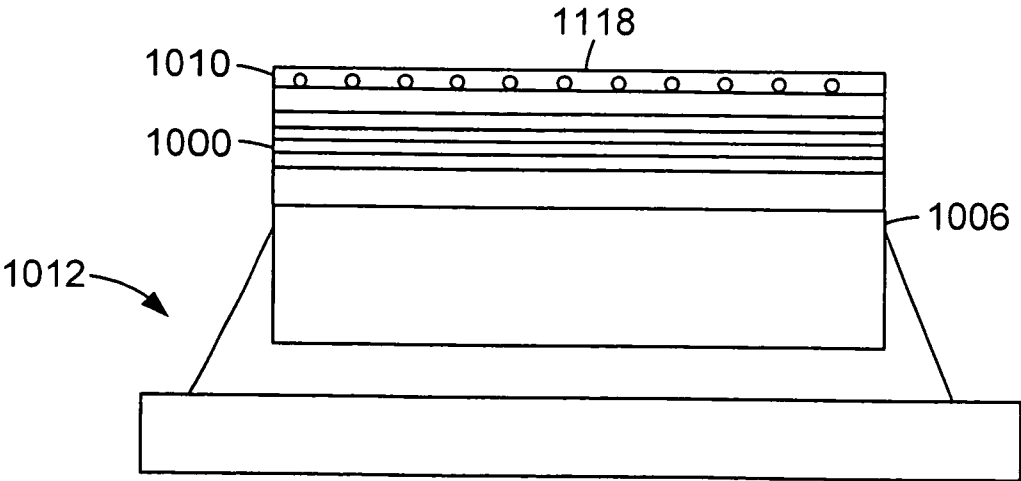


圖 11

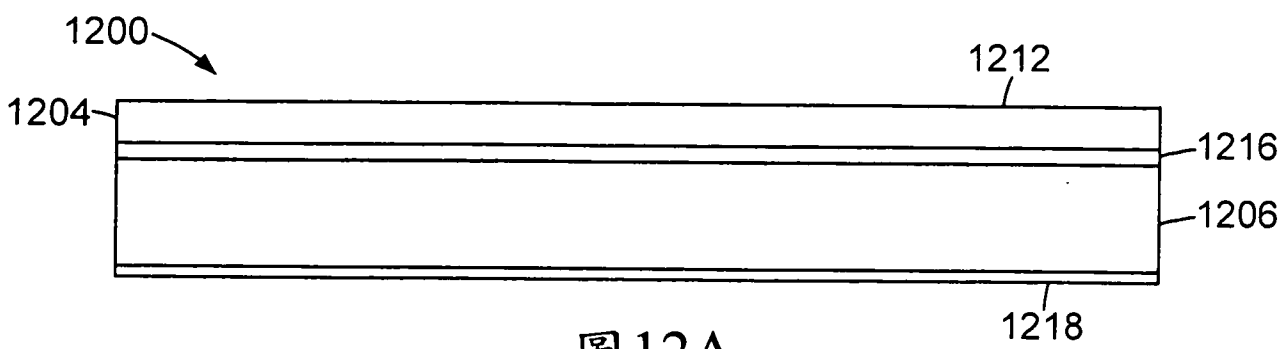


圖 12A

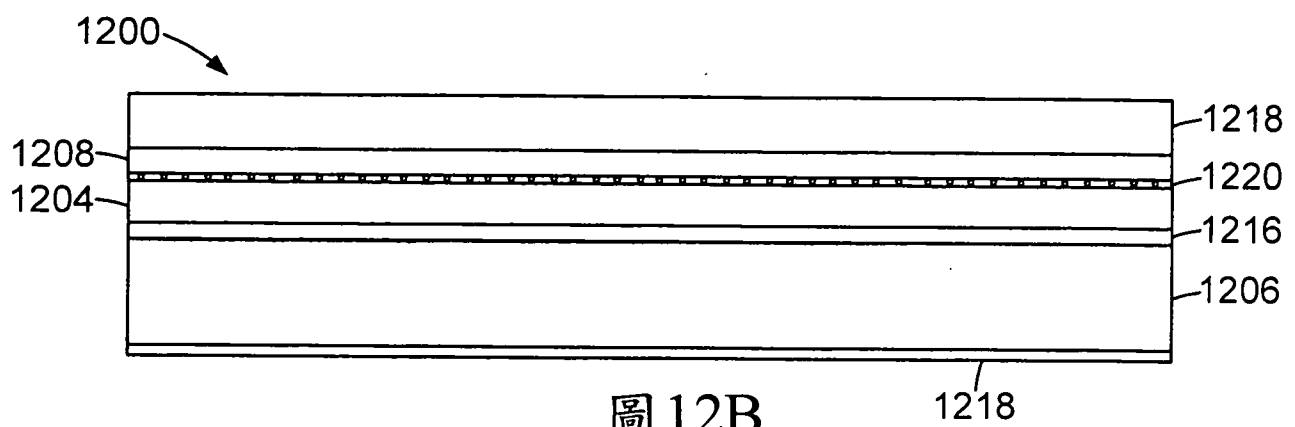


圖 12B

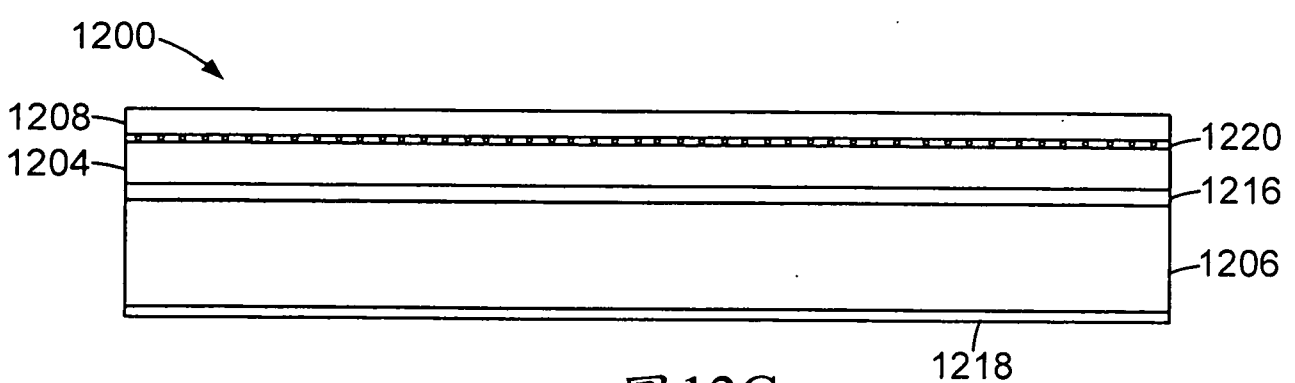


圖 12C

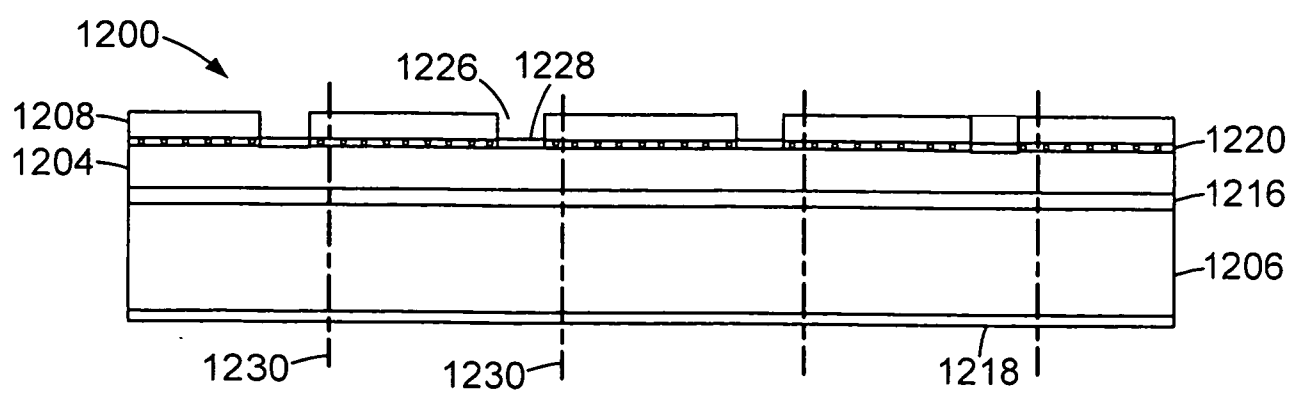


圖 12D

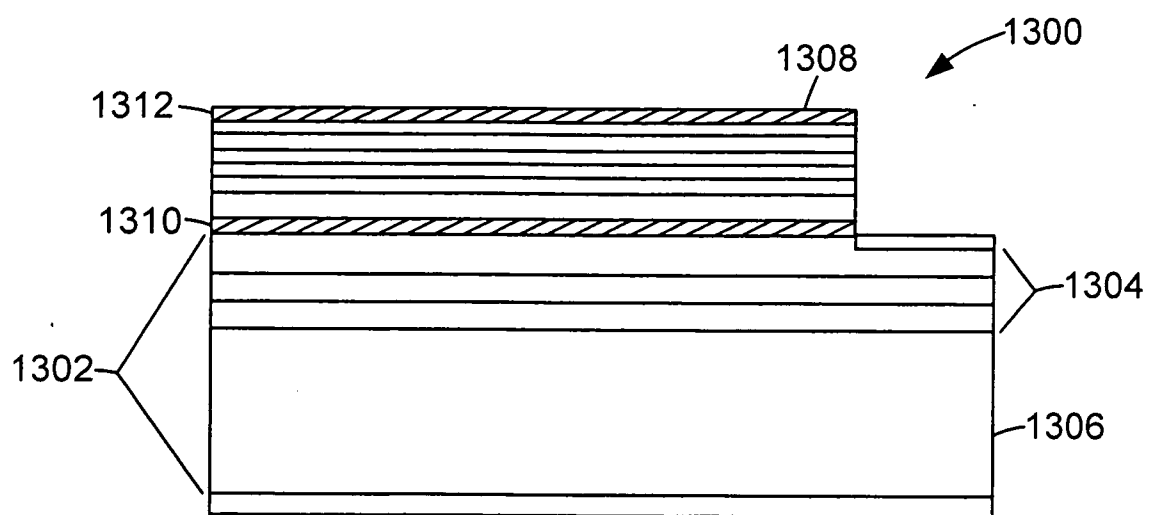


圖 13